

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

**ІНЖИНІРИНГ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ГІРНИЧИХ І МЕТАЛУРГІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

**методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт**

Запоріжжя 2025



УДК 621.311.21:658.5(072)
М54

Рекомендовано Науково-методичною
радою ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 1 від «24» жовтня 2025 р.)

Укладачі:

Рухлов А.В., канд. техн. наук, доцент

М54 **Методичні** рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інжиніринг систем електропостачання гірничих і металургійних комплексів» / уклад. А. В. Рухлов. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 95 с.

Методичні рекомендації включають тематику лабораторних робіт відповідно до робочої програми навчальної дисципліни. Складаються з теоретичної та практичної частини, містять критерії оцінювання та детальний хід виконання лабораторних робіт, а також контрольні питання для самоперевірки знань здобувачів.

Рекомендовано для студентів спеціальностей 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / G3 Електрична інженерія першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

УДК 621.311.21:658.5(072)



ЗМІСТ

ВСТУП		4
Лабораторна робота №1	Дослідження рівнів та видів вибухозахисту рудникового електрообладнання	6
Лабораторна робота №2	Дослідження конструкції, принципу дії та характеристик вибухозахищених трансформаторних підстанцій	18
Лабораторна робота №3	Дослідження конструкції, принципу дії та характеристик пристрою АЗУР	30
Лабораторна робота №4	Дослідження конструкції, принципу дії та характеристик рудникових пускачів	40
Лабораторна робота №5	Дослідження конструкції, принципу дії та характеристик рудникових автоматичних вимикачів	53
Лабораторна робота №6	Дослідження конструкції, принципу дії та характеристик шахтних пускових агрегатів	69
Лабораторна робота №7	Дослідження конструкції, принципу дії та характеристик рудникових світильників	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		94



ВСТУП

Лабораторний практикум з дисципліни «Інжиніринг систем електропостачання гірничих і металургійних комплексів» передбачає закріплення здобувачами отриманих теоретичних знань щодо основних методів та набуття практичних навичок їхнього застосування для вирішення задач, які постають при розробці систем електропостачання та виборі їх основного обладнання для підприємств гірничо-металургійної галузі. Обов'язковим для виконання лабораторних робіт є наявність базових знань з теоретичних основ електротехніки, електроніки, електричних апаратів та систем електропостачання підприємств.

Під час виконання лабораторних робіт студенти самостійно здійснюють лабораторні дослідження, у тому числі за допомогою персональних ЕОМ, аналізують отримані результати, формулюють висновки щодо умов забезпечення оптимальних режимів роботи та захисних властивостей рудникового електрообладнання.

Правила виконання лабораторних робіт:

1. Лабораторні роботи виконуються згідно із затвердженим семестровим графіком, який викладається в Moodle.

2. До виконання лабораторної роботи допускаються студенти, які завчасно ознайомилися із її змістом і методикою виконання, та які вивчили відповідні розділи теоретичного курсу.

3. Роботи виконуються у послідовності, поданої в методичних вказівках. Прикінцевими етапами кожної роботи є обробка і аналіз отриманих результатів, формулювання висновків і рекомендацій.

4. У разі виконання роботи до закінчення заняття здобувачі приступають до оформлення звіту.

5. Звіт про виконання лабораторної роботи прикріплюється здобувачем до відповідного завдання у Moodle наприкінці поточної або перед початком наступної практичної роботи. Викладач перевіряє та оцінює звіт відповідно до наведених критеріїв оцінювання.

6. За необхідності (наприклад, у разі спірної оцінки звіту або бажання здобувача її підвищити) проводиться захист лабораторної роботи, під час якого здобувач має продемонструвати знання щодо основних теоретичних положень та методики виконання даної роботи, вміти обґрунтувати висновки з отриманих результатів досліджень.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт:


- 4-5 балів – повна відповідність оцінці 3 бали, а також ініціативність студента у роботі над проблемою, логічність та структурованість вербальної відповіді під час навчальної дискусії, здатність комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, у т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним;



- 3 бали – всі досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів повний та обґрунтований, звіт оформлений акуратно;
- 2 бали – досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів неповний, або звіт оформлений неохайно;
- 1 бал – у досліді/розрахунках присутні певні помилки, аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно.

Зміст звіту з лабораторної роботи:

- Титульний лист;
- Зміст;
- Тема та мета лабораторної роботи;
- Виконані розрахунки/відповіді на запитання згідно прийнятого варіанту завдання;
- Висновки;
- Перелік використаних джерел.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНІВ ТА ВИДІВ ВИБУХОЗАХИСТУ РУДНИКОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Мета лабораторної роботи: закріпити отримані теоретичні знання та набути практичних умінь щодо визначення принципів виконання та сфер застосування рудникового вибухозахищеного електрообладнання, а також способів забезпечення його вибухозахисту.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості щодо вибухозахисту електрообладнання

В підземних виробках не допускається застосування електрообладнання у загальнопромисловому виконанні, тому що в підземних умовах таке електрообладнання стає небезпечним для персоналу, а також скорочується термін його експлуатації. Основною небезпекою при використанні електрообладнання в підземних виробках є наявність вибухонебезпечного середовища.

Вибухонебезпечне середовище – це середовище, яке містить вибухонебезпечні речовини у такій кількості, і в такому стані, при якому вони можуть утворювати з повітрям або іншим окислювачем *вибухонебезпечні суміші*. На підприємствах гірничої галузі вибухонебезпечне середовище утворюється через наявність в повітрі метану та вугільного пилу у вугільних шахтах або водню на калійних рудниках. Іскріння, яке виникає в електрообладнанні за нормальної роботи (при розмиканні силових контактів) або при несправності (коротке замикання), здатне спричинити запалювання суміші повітря та рудникового газу, наслідком чого стає вибух. З цієї причини рудникове електрообладнання оснащується засобами вибухозахисту, які запобігають запалюванню рудникового газу та поширенню вибуху за межі корпусу електрообладнання.

Вибухонебезпечні середовища зустрічаються не тільки в гірничій промисловості, але й в інших галузях. Будь-які органічні речовини, подрібнені до тонкого порошку, стають вибухонебезпечними. Таким чином, вибухонебезпечним є не тільки *вугільний пил*, а ще й, наприклад, *борошно або текстильні волокна*.

Також вибухонебезпечне середовище може утворюватися через випари легкозаймистих речовин, які зустрічаються в хімічній промисловості, в лакофарбових цехах та на підприємствах паливної галузі. В усіх цих випадках використовується вибухозахищене електрообладнання.

Всі речовини, які використовуються у промисловості, за горючістю можуть бути поділені на:



- *негорючі* – не здатні горіти та розповсюджувати горіння;
- *важкогорючі* – речовини та матеріали, які горять тільки в зоні дії джерела запалювання, а після його ліквідації не горять;
- *горючі* – після підпалювання горять самостійно та розповсюджують горіння.

За температурою підпалювання їх можна поділити на *важкоспалахуючі* (загораються важко) та *легкоспалахуючі* (легко загораються від короточасної дії відносно слабких джерел запалювання та сприяють швидкому розповсюдженню горіння).

Вибухонебезпечне середовище за концентрацією вмісту горючих речовин характеризується межами вибуховості. **Межа вибуховості** – це співвідношення концентрації газів чи парів легкоспалахуючих рідин та повітря або іншого окислювача, при якому суміш втрачає здатність вибухати від джерела підпалювання. При досягненні нижньої межі запалювання не буде через недостатність горючої речовини, а при досягненні верхньої – через недостатність окислювача. Чим менше нижня межа концентрації вибуховості, та чим більший діапазон між нижньою та верхньою межею, тим небезпечнішим є газ, тому що ймовірність утворення вибухонебезпечної концентрації збільшується [1, 2].

1.2 Вибухонебезпечні суміші газів і парів

Вибір всіх видів електроустановок, які розміщуються у вибухонебезпечному середовищі, здійснюється на основі класифікації *вибухонебезпечних зон* та *вибухонебезпечних сумішей*. За рівнем вибухонебезпечності суміші газів або парів з повітрям підрозділяються на категорії: I; IIA; IIB та IIC. До категорії I відноситься рудниковий метан. Розподіл решти промислових газів та парів між категоріями IIA; IIB та IIC залежить від таких показників [3]:

- *безпечна експериментальна мінімальна щілина* (БЕМЩ);
- співвідношення між *мінімальним струмом запалювання* (МСЗ) вибухонебезпечної суміші та метану.

Під БЕМЩ мається на увазі мінімальний проміжок між фланцями оболонки, через який не передається вибух з оболонки в навколишнє середовище за будь-якої концентрації горючих газів у повітрі. МСЗ – це мінімальний струм, який викликає запалювання вибухонебезпечної суміші з імовірністю 10^{-3} . Розподілення газів/парів категорії II залежно від значення БЕМЩ та співвідношення МСЗ наведено в табл. 1.1.

Для класифікації більшості газів або парів достатньо використовувати один із зазначених параметрів. У деяких випадках необхідно визначати обидва параметри.

Залежно від рівня температури самозаймання вибухонебезпечні суміші газів або парів підрозділяються на групи згідно з табл. 1.2.

Таблиця 1.1 – Розподілення вибухонебезпечних сумішей газів та парів з повітрям

Категорія суміші	Назва суміші	БЕМЩ, мм	Співвідношення МСЗ
I	Рудниковий метан	Більше 1,0	1
II	Промислові гази та пари	–	–
IIА		Більше 0,9	Більше 0,8
IIВ		Більше 0,5 до 0,9	Від 0,4 до 0,8 включно
IIС		До 0,5	Менше 0,45

Таблиця 1.2 – Групи вибухонебезпечних сумішей газів та парів за температурою самозаймання

Група	Температура самозаймання суміші, °С	Група	Температура самозаймання суміші, °С
T1	Більше 450	T4	Більше 135 до 200 включно
T2	Більше 300 до 450 включно	T5	Більше 100 до 135 включно
T3	Більше 200 до 300 включно	T6	Більше 85 до 100 включно

Рудниковий метан відноситься до групи T1.

1.3 Класифікація електроустаткування

Усе вибухозахищене електрообладнання залежно від сфери застосування, підрозділяється на групи згідно з табл. 1.3 [3].

Таблиця 1.3 – Групи вибухозахищеного електрообладнання залежно від сфери його використання

Електрообладнання	Позначення групи
Рудникове, яке призначено для підземних виробок шахт та рудників	I
Для внутрішнього та зовнішнього встановлення (крім рудникового)	II

Розподіл вибухозахищеного електрообладнання за рівнями та видами вибухозахисту, за групами та температурними класами показано у табл. 1.4 та 1.5.

Позначення видів вибухозахисту електрообладнання здійснюється згідно з табл. 1.6.

Таблиця 1.4 – Рівні вибухозахисту електрообладнання та їх позначення

Рівень вибухозахисту електрообладнання	Позначення рівнів вибухозахисту	
	Група I	Група II
Рудникове нормальне	РН	–
Підвищеної надійності проти вибуху	РП	2
Вибухобезпечне	РВ	1
Особливовибухобезпечне	РО	0

Примітка. У деяких випадках позначення електрообладнання групи I виконується так само як і групи II.

Таблиця 1.5 – Температурні класи електрообладнання (тільки для групи II)


Позначення температурного класу	Гранична температура, °С	Група вибухонебезпечної суміші, для якої електрообладнання є вибухозахищеним
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1...T3
T4	135	T1...T4
T5	100	T1...T5
T6	85	T1...T6

Таблиця 1.6 – Види вибухозахисту електрообладнання та їх позначення

Вид вибухозахисту	Позначення видів вибухозахисту	
	Група I	Група II
Вибухонепроникна оболонка	1В, 2В, 3В, 4В	d
Іскробезпечне електричне коло	Иа, Ив, Ис	ia, ib, ic
Захист виду „е”	П	e
Заповнення або продування оболонки під надмірним тиском захисним газом	–	p
Кварцове заповнення оболонки зі струмоведучими частинами	1К, 2К, 2КЕ	q
Масляне заповнення оболонки зі струмоведучими частинами	1М, 2М, 3М, 4М	o
Спеціальний вид вибухозахисту	С	s
Автоматичне захисне вимикання	А	–

Примітка. У деяких випадках позначення виду вибухозахисту електрообладнання групи I виконується так само як і групи II.

Отже, залежно від області застосування, вибухонепроникне електрообладнання поділяють на рудникове вибухозахищене і



вибухозахищене для зовнішньої і внутрішньої установки на підприємствах з вибухонебезпечним виробництвом (табл. 1.3).

Рівень вибухозахисту визначає ступінь вибухозахисту (наскільки надійним є вибухозахист), а вид — сукупність конструктивних заходів по виключенню чи ускладненню можливості запалювання вибухонебезпечного навколишнього середовища й забезпеченню необхідного рівня вибухозахисту. Відповідно до ДСТУ 12.1.010-76, припустима імовірність виникнення вибуху повинна бути не більше 10^{-6} .

За рівнем вибухозахисту рудникове електроустаткування поділяють на (і відповідно маркують):

– **рудникове нормальне (РН)**, у якому відсутні засоби вибухозахисту, але виконане з урахуванням специфічних вимог гірничого виробництва. Таке електроустаткування застосовується в шахтах без рудникового газу, в гірничих виробках, які добре провітрюються, та на будівництві метрополітену;

– **рудникове підвищеної надійності проти вибуху (виконання “е”) РП** – вибухозахист забезпечується лише в нормальному режимі роботи, використовується для електроустаткування, що не має іскрячих елементів в нормальному режимі;

– **рудникове вибухобезпечне (РВ)** — вибухозахист забезпечується як за нормального режиму роботи, так і за ймовірних ушкоджень (у тому числі при дуговому короткому замиканні), крім ушкоджень засобів вибухозахисту;

– **рудникове особливовибухобезпечне (РО)** – електроустаткування, у якому порівняно з вибухозахищеним прийняті додаткові засоби, що забезпечують вибухобезпеку при будь-яких ушкодженнях, крім ушкоджень засобів вибухозахисту.

Розрізняють наступні **види вибухозахисту**:

В – розташування електроустаткування у вибухонепроникній оболонці. Є чотири підгрупи електроустаткування в даному виконанні (табл. 1.7);

І – іскробезпечне електричне коло – іскріння допустиме, але коло розраховане таким чином, що енергії іскри недостатньо для запалювання рудникового газу. Іскробезпечними також є кола керування, в яких допускається іскріння між контактами кнопок керування, але запалювання рудникового газу не відбувається. Існує три рівні виконання іскробезпечних кіл: I_A – особливовибухобезпечний; I_B – вибухобезпечний; I_C – підвищена надійність проти вибуху;

П – захист виду “е” (підвищена надійність) – електрообладнання спроектовано таким чином, щоб повністю виключити іскріння;

М – масляне заповнення оболонок (залежно від напруги та струму к. з. існує чотири рівня виконання 1М, 2М, 3М, 4М). Цей вид вибухозахисту використовується в високовольтних масляних вимикачах, наприклад, в складі комплектного розподільчого пристрою (комірки) РВД-6;



К – кварцове заповнення оболонки (в залежності від струму к. з. та наявності екрану існує три рівні виконання 1К, 2К, 2КЭ). Цей вид вибухозахисту передбачає заповнення оболонки кварцовим піском. У випадку короткого замикання кварцовий пісок плавиться під дією електричної дуги, внаслідок чого утворюється скляна капсула, яка ізолює місце пошкодження;

А – автоматичне захисне відключення. Прикладом такого виду вибухозахисту є захист кабелю від механічних пошкоджень, при якому в кабелі передбачені два металеві екрани розділені шаром ізоляції. У випадку механічного пошкодження кабелю відбувається замикання екранів між собою, що розпізнається схемою захисту і напруга вимикається до того, як відбудеться запалювання рудникового газу;

С – спеціальні види вибухозахисту (всі інші види), до яких належать:

- повна герметичність оболонки електроустаткування;
- заповнення оболонки інертним газом;
- заповнення оболонки компаундом (синтетичною смолою);
- нейтралізація рудникового газу на каталізаторі – реакція окиснення відбувається за нормальних умов без нагрівання та полум'я;
- використання інгібіторів горіння – речовин, які сповільнюють хімічні реакції.

Таблиця 1.7 – Підгрупи електрообладнання за вибухонепроникними оболонками

Підгрупа	Номинальна напруга, В	Сила струму металевого к.з., А
1В	не нормується	до 100
	до 100	не нормується
2В	понад 100 до 220	понад 100 до 450
3В	понад 220 до 1140	понад 100
4В	понад 1140	понад 100

Принципи, на яких базується вибухозахист, а також заходи та засоби, що його забезпечують представлені на рис. 1.1 [1].



Рисунок 1.1 – Принципи забезпечення вибухозахисту

1.4 Маркування вибухозахищеного електрообладнання

Вибухозахищене електрообладнання маркується згідно з ГОСТ 18620-86, а за вибухозахистом – згідно з ГОСТ 12.2.020-76. Маркування вибухозахисту для електрообладнання групи I має дві частини. У першій (коло) позначається рівень вибухозахисту, в другій (прямокутник) – вид вибухозахисту.

Наприклад, маркування $\textcircled{\text{PB}}$ $\boxed{\text{ЗВІа}}$ означає:

рудникове вибухобезпечне електрообладнання (PB) з вибухозахистом виду „вибухонепроникна оболонка” (ЗВ) та „іскробезпечне електричне коло” (Іа).

Маркування за вибухозахистом електрообладнання групи II та в деяких випадках групи I виконується у такій послідовності:

- позначення рівня вибухозахисту електрообладнання (2, 1, 0) – тільки для групи II;
- позначення Ex – указує на відповідність електрообладнання міжнародним стандартам на вибухозахищене електрообладнання;
- позначення виду вибухозахисту (d, i, q, o, s, e) – табл. 6;
- позначення групи або підгрупи електрообладнання (I, II, IIA, IIB, IIC) – табл. 1.1;
- позначення температурного класу електрообладнання (T1, T2, T3, T4, T5, T6) – табл. 2, тільки для групи II.

Наприклад:

- 1ExedIIBT3 означає: електрообладнання вибухобезпечне (1), відповідає стандартам на вибухозахищене електрообладнання (Ex), з

видами вибухозахисту: виду „е” (е) та „вибухонепроникна оболонка” (d), відноситься до підгрупи ІІВ і температурного класу ТЗ;

- Exdibl – електрообладнання вибухозахищене, відповідає стандартам на вибухозахищене електрообладнання (Ex), з видами вибухозахисту „іскробезпечне електричне коло” (ib) та „вибухонепроникна оболонка” (d), група І (рудникове).

Можливість використання електрообладнання різного виконання у вугільних шахтах відображена в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Використання електрообладнання різного виконання у вугільних шахтах

Шахти, безпечні за газом та пилом		Шахти, небезпечні за газом або пилом		
Ствол у стадії проходки або експлуатації	Усі підземні виробки, у тому числі стволи	Ствол у стадії проходки та експлуатації з вихідним струменем повітря	Ствол у стадії експлуатації зі свіжим струменем повітря	
			Поблизу немає суфлярного виділення метану або шахта не відноситься до небезпечних за раптовими викидами	Поблизу є суфлярне виділення метану або шахта відноситься до небезпечних за раптовими викидами
Загального призначення зі ступенем захисту не нижче IP-54	Рудникове нормальне	Рудникове вибухобезпечне; рудникове особливовибухобезпечне	Загального призначення зі ступенем захисту IP-54	Рудникове вибухобезпечне; рудникове особливовибухобезпечне

Шахти, небезпечні за газом або пилом				
Приствольні виробки, що обдуваються свіжим струменем повітря за рахунок загальношахтної депресії		Основні виробки (крім приствольних), що обдуваються свіжим струменем повітря за рахунок загальношахтної депресії	Очисні та підготовчі виробки, крім вибоїв крутих пластів, небезпечних за раптовими викидами, а також виробки з вихідним струменем повітря, крім стволів	Вибой крутих пластів, небезпечних за раптовими викидами
Поблизу немає суфлярного виділення метану або шахта не віднесена до небезпечних за раптовими викидами	Поблизу є суфлярне виділення метану або шахта віднесена до небезпечних за раптовими викидами			
Загального призначення зі ступенем захисту не нижче IP-33; рудникове, нормальне	Рудникове вибухобезпечне; рудникове особливовибухобезпечне	Рудникове підвищеної надійності проти вибуху для стаціонарних установок; рудникове вибухобезпечне і рудникове особливовибухобезпечне для пересувних установок (для робіт з проведення виробок, ремонту тощо)	Рудникове вибухобезпечне; рудникове особливовибухобезпечне	Рудникове особливовибухобезпечне


1.5 Особливості вибухозахисту за допомогою вибухонепроникних оболонок

Вибухонепроникна оболонка повинна відповідати наступним вимогам [1]:

- *вибухостійкості* — здатності витримати тиск вибуху всередині оболонки без руйнувань і небезпечних деформацій;

- *вибухонепроникності* - здатності не передавати в навколишнє середовище вибух в оболонці через сполучення її елементів з імовірністю не більш 10^{-8} у нормальному режимі та 10^{-4} у режимі дугового короткого замикання;

- *механічної міцності* — здатності без порушення вибухозахисних властивостей витримати обвалення покрівлі, скидання тощо;



– нагрівання зовнішніх поверхонь при короткому замиканні не повинне перевищувати 450 °С.

Тиск вибуху всередині оболонки

Тиск вибуху всередині оболонки залежить від того, яким джерелом було здійснено запалювання суміші газів – *електричною іскрою або електричною дугою*.

Тиск в оболонці при запалюванні суміші малопотужним джерелом (*іскровим*) визначається складом суміші, її початковим тиском та ін. При цьому енергія електричної іскри є незначною порівняно з кількістю теплової енергії, яка виділяється під час згоряння суміші газів. Тиск зменшується в оболонках малого об'єму внаслідок збільшення відносної поверхні охолодження стінок. Завдяки росту теплових втрат знижується тиск вибуху в оболонках кубічної (на 15 %), циліндричної (на 24 %) і прямокутної (на 29 %) форм в порівнянні зі сферичною оболонкою.

При запалюванні суміші всередині оболонки потужним джерелом підпалювання (*дуговим коротким замиканням*) максимальний тиск вибуху значно збільшується, тому що при цьому замиканні електрична дуга виробляє кількість теплової енергії, яка співрозмірна з кількістю теплової енергії від згоряння суміші газів. Внаслідок цього в оболонці зростає нагрів газів і, отже, їхній тиск; під впливом високих температур з полімерних і органічних матеріалів (ізоляції, конструкційних деталей, їх пластмас, заливальних смол, антикорозійних покриттів, вологи) виділяються пари і горючі гази.

Таким чином, за інших рівних умов запалювання суміші газів електричною дугою призводить до більшого тиску вибуху, порівняно з запалюванням електричною іскрою.

Різниця тисків вибуху при запалюванні суміші газів різними джерелами залежить від *вільного об'єму оболонки*. Вільним об'ємом називається різниця внутрішнього об'єму оболонки та об'єму встановленого в оболонці обладнання. Для визначення вільного об'єму оболонки враховують лише фактичний об'єм повітря всередині зібраних і готових до роботи виробів.

Вибухонепроникні з'єднання

У більшості випадків вибухонепроникні оболонки спеціально *роблять негерметичними*, тому що під час вибуху всередині герметичної оболонки тиск значно підвищується та може спричинити руйнування оболонки. Негерметичність забезпечується за рахунок спеціальної конструкції фланцевого з'єднання між корпусом та кришкою оболонки, в якому передбачений проміжок для проходження газоподібних продуктів вибуху назовні оболонки. Після вибуху в оболонці полум'я, що проходить через вузькі канали (щілини, фланці, різьблення і т.п.), при певних розмірах останніх, може гаснути. Явище загасання полум'я пов'язане з відводом тепла в стінки каналу. Цей принцип покладений в основу забезпечення *вибухонепроникності* оболонок.

Вибухонепроникність характеризується вибухонепроникним зазором, через який може прориватися полум'я чи розжарені продукти вибуху, не викликаючи запалювання вибухонебезпечної суміші зовні оболонки. Вибухонепроникний зазор характеризується шириною (висотою), довжиною, конфігурацією і чистотою обробки вибухозахисних поверхонь.

Ширина критичного зазору залежить від довжини зазору – ширини фланців на оболонці, тобто від часу контактування продуктів горіння зі стінками фланців. Тому ширину зазору регулюють разом з його довжиною. При коротких замиканнях через щілини вилітають металеві частки, нагріті до високої температури. Плaskі фланцеві з'єднання при цьому не забезпечують необхідного охолодження часток. Так, дія метаноповітряної суміші при малопотужному джерелі підпалювання ширина вибухонепроникного зазору з плоскими фланцями складає 0,5 мм, а при дуговому короткому замиканні залежно від об'єму вона знижується до 0,1...0,2 мм. У разі болтового кріплення кришок виконати з'єднання з таким зазором неважко. Однак виконання з швидковідкривними кришками з зазором 0,1...0,2 мм технологічно складно. Для цього використовуються фланцеві з'єднання різної конфігурації (лабіринтне, бар'єрне, різьбове, комбіноване), що ускладнює вільний виліт нагрітих часток під час вибуху (рис. 1.2).

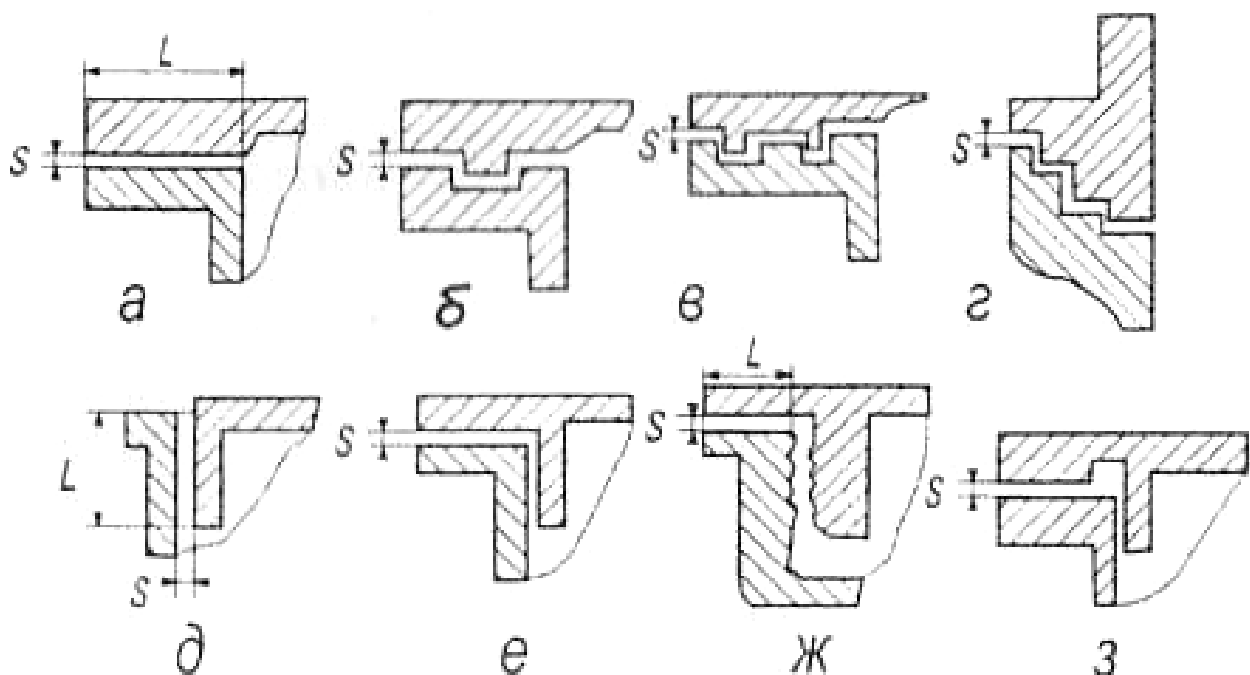


Рисунок 1.2 – Вибухонепроникні з'єднання: а – пласке; б – лабіринтне одноступінчатне; в – лабіринтне двогребінчатне; г – лабіринтне багатоступінчатне; д – циліндричне; е – плоско-циліндричне (комбіноване); ж – різьбове; з – бар'єрне

Особливу небезпеку в режимі дугових коротких замикань являють собою частки алюмінію, що вилітають з оболонки. Процес їх окислювання,



що призводить до згоряння, починається при нижчих температурах, ніж окислювання мідних часток. Тому вмонтовані в оболонки 2В, 3В, 4В виробу з алюмінієвих сплавів (конденсатори, реле, тиристори й ін.) повинні розміщатися на відстані не менше 200 мм від внутрішнього краю плоских фланців.

При застосуванні різьбових вибухонепроникних з'єднань різьблення повинне бути метричним, із кроком не менш 0,7 мм і осьовою довжиною не менш 5...8 мм.

Вибухонепроникне введення кабелю в оболонку забезпечується еластичним ущільнювальним кільцем чи заповнювачем. Невикористані кабельні введення закриваються спеціальною заглушкою. Кабельне введення не має такої надійності стосовно вибухонепроникності, як фланцевий захист. Тому безпосереднє введення кабелів (без вступного відділення з прохідним ізолятором) допускається, якщо електроустаткування групи 1В у нормальному режимі не має іскрячих або нагрітих частин, або номінальна потужність електроприймача не перевищує 250 В·А.

Наявність на вибухозахисних поверхнях корозії призводить до порушення вибухонепроникності за рахунок вилітаючих у режимі дугового короткого замкнення розпечених до температури плавлення часток окисів заліза, що відшаровуються від поверхні фланців. Тому вибухонепроникні поверхні покриваються цинком чи іншими лугостійкими матеріалами.

2 ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ


В рамках виконання лабораторної роботи здобувачу пропонується скористатися наступним алгоритмом:

– опрацювати навчально-методичний матеріал цих вказівок і, за необхідності, літературних джерел вільного доступу, а саме:

- вивчити класифікацію рудникового вибухозахищеного електроустаткування і його маркування;
- ознайомитися з принципами забезпечення вибухозахисту електроустаткування;
- вивчити вимоги, що ставляться до електроустаткування у виконанні “вибухонепроникна оболонка”;
- дослідити вибухонепроникні з'єднання рудникового устаткування;

– розгорнуто відповісти на одне контрольне запитання із переліку нижче (на вибір здобувача, але організуватися так, щоб не було дублювань);

– підготувати звіт згідно запропонованих вимог, а також коротке повідомлення щодо загальних висновків по роботі та отриманих результатів;



– презентувати підготовлене повідомлення іншим учасникам освітнього процесу.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте рівні вибухозахисту електроустаткування – назви, літерні позначення, технічні особливості виконання.
2. У чому полягають основні відмінності між рівнями вибухозахисту рудникового обладнання?
3. Охарактеризуйте види вибухозахисту електроустаткування – назви, літерні позначення, технічні особливості виконання.
4. У чому полягають основні принципи забезпечення вибухозахисту?
5. Яким чином забезпечується іскробезпека електричних ланцюгів?
6. Наведіть спеціальні види вибухозахисту.
7. Поясніть принципи маркування вибухозахищеного електроустаткування.
8. Охарактеризуйте вимоги до вибухонепроникності оболонки.
9. Чим характеризується вибухостійкість оболонок?
10. Яким чином на тиск всередині оболонки під час вибуху впливає джерело підпалювання суміші (іскрове, дугове)?
11. Що розуміють під вільним об'ємом оболонки? Як він впливає на характер вибуху?
12. Чим характеризується вибухонепроникність оболонки?
13. Розкрийте сутність поняття «вибухонебезпечне середовище».
14. Яким чином забезпечується вибухонепроникність з'єднань?



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИК

ВИБУХОЗАХИЩЕНИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

Мета лабораторної роботи: закріпити отримані компетентності щодо конструкції, принципу дії та робочих характеристик рудникових вибухозахищених трансформаторних підстанцій на прикладі підстанції ТСВП-250/6.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення та область застосування шахтних підстанцій

Шахтні пересувні трансформаторні підстанції призначені для живлення змінним струмом (50 Гц) електроприймачів напругою 380, 660 і 1140 (3000) В на дільницях вугільних шахт, небезпечних за газом та пилом. Основною особливістю цих підстанцій є відсутність маслонаповнених апаратів, у зв'язку з чим немає необхідності у спорудженні для них спеціальних камер. Конструкція підстанцій дозволяє їх пересування по шахтних рейках або по спеціальних пристроях слідом за посуванням гірничих робіт. Застосування пересувних підстанцій дозволяє скоротити довжину низьковольтних кабельних мереж, забезпечити на затискачах вибійних електродвигунів нормальну напругу, зменшити ємнісний струм витoku низьковольтної мережі, тим самим підвищити електробезпеку відносно ураження електричним струмом.

Для електропостачання *електроприймачів очисних та підготовчих дільниць вугільних шахт* виготовляють пересувні комплектні трансформаторні підстанції типів ТСВП і КТПВ у вибухозахищеному виконанні.

Для живлення підземних приймачів вугільних шахт, що розробляють *круті пласти, небезпечні за раптовими викидами вугілля та газу*, застосовуються два типорозміри підстанцій – ТСВП-160/6-КП та ТСВП-400/6-КП.

Для безперебійного живлення *пріоритетних споживачів (вентиляторів місцевого провітрювання (ВМП), газовідсмоктуючих установок тощо)* вугільних шахт, небезпечних за газом та вугільним пилом, розроблено трансформаторну підстанцію ТСВПВ-630/6. У розподільному пристрої нижчої напруги підстанції розташовано два автоматичних вимикача – один на 630 А у технологічній лінії та один на 250 А у лінії ВМП.

Найбільше поширення на вугільних шахтах одержали пересувні підстанції типу ТСШВП, ТСВП і КТПВ, де букви означають:

Т – трансформаторна;

С – з сухим трансформатором;

Ш – шахтна;
 В – вибухобезпечна;
 П – пересувна;
 К – комплектна.

Основні технічні дані шахтних пересувних трансформаторних підстанцій ТСВП, КТПВ та ВСТП наведені у табл. 2.1 [3].

Таблиця 2.1 – Технічні дані шахтних пересувних трансформаторних підстанцій

Тип	Номинальна потужність, кВ·А	Напруга обмоток, кВ		Втрати, Вт		Напру- га КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВН	НН	КЗ	ХХ		
ТСВП-100/6	100	6	0,4;0,69	1270	940	3,5	5,0
ТСВП-160/6	160	6	0,4;0,69	1900	1160	3,5	3,6
ТСВП-250/6	250	6	0,4;0,69	2490	1590	3,5	3,5
ТСВП-400/6	400	6	0,69	3600	2070	3,5	2,2
ТСВП-630/6	630	6	0,69	4700	2690	3,5	1,5
ТСВП-630/6-1,2	630	6	1,2	4350	2050	3,5	1,5
ТСВП-160/6-КП	160	6	0,4;0,69	1850	1250	3,5	4,0
ТСВП-400/6-КП	400	6	0,69	3600	2000	3,5	3,6
ТСВПВ-630/6	630	6	0,69			3,5	1,1
КТПВ-100/6	100	6	0,4;0,69	1920	520	3,0	2,5
КТПВ-160/6	160	6	0,4;0,69	2100	670	3,6	2,1
КТПВ-250/6	250	6	0,4;0,69	2930	950	3,5	1,5
КТПВ-400/6	400	6	0,69	3950	1300	3,4	1,2
КТПВ-630/6	630	6	0,69	5100	1950	3,6	1,1
КТПВ-1000/6	1000	6	1,2	7250	2800	5,0	1,0
КТПВ-1250/6	1250	6	0,4;0,69	7700	3200	5,2	0,95
КТПВ-1600/6	1600	6	0,4;0,69	8500	4200	6,0	0,95
ТВПШ-100/6	100	6	0,4;0,69; 1,2	1950	550	2,8	2,5
ТВПШ-160/6	160	6	0,4;0,69; 1,2	2550	700	3,6	2,1
ТВПШ-250/6	250	6	0,4;0,69; 1,2	3300	1100	3,9	1,6
ТВПШ-400/6	400	6	0,4;0,69; 1,2	3800	1450	3,3	1,2
ТВПШ-630/6	630	6	0,4;0,69; 1,2	5400	2200	4,0	1,1
ТВПШ-1000/6	1000	6	0,69; 1,2	7250	2800	5,0	1,0
ВСТП-630/6	630	6	0,69; 1,2	5160	1950	3,5	1,1
ВСТП-1000/6	1000	6	1,2	6500	2800	5,0	1,0

Примітки. 1. Схема та група з'єднань обмоток: У/У-0 – при нижчій напрузі 690 В, У/Д-11 – при напрузі 400 та 1200 В;

2. Підстанції ТСВП з 2000 року замінюються підстанціями КТПВ.

1.2 Конструкція та електричні схеми підстанцій

Конструкції вибухобезпечних підстанцій різних серій дуже схожі між собою, тому розглянемо їх на прикладі серії ТСВП. Трансформаторна підстанція типу ТСВП-250/6 (номінальна повна потужність $S_{ном} = 250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, первинна напруга $U_{1ном} = 6 \text{ кВ}$) складається з трьох основних частин, об'єднаних у єдиний пересувний агрегат:

- відсіку трифазного сухого трансформатора;
- комірки розподільного пристрою високої напруги (РПВН) з триполюсним високовольтним роз'єднувачем з ручним моментним приводом (сучасні підстанції можуть комплектуватися вимикачем навантаження, вакуумним вимикачем тощо);
- комірки розподільного пристрою низької напруги (РПНН) з автоматичним повітряним вимикачем АЗ722У на струм 250 А, реле витоку АЗПБ, освітлювальним трансформатором ТБС-3 та комплектом приладів для виміру напруги та струму (також сучасні підстанції можуть комплектуватися більш сучасним комутаційним електрообладнанням з покращеними технічними характеристиками).

Принципова схема електричних з'єднань підстанції серії ТСВП наведена на рис. 2.1.

Трансформатор

Магнітопровід трансформатора тристержневий, набирається з високоякісної холоднокатаної трансформаторної сталі з високою магнітною проникністю та низькими питомими втратами (рис. 2.2).

Обмотки трансформатора виготовляються з проводу з нагрівостійкою ізоляцією. Тип обмоток: високої напруги (ВН) – безперервна, низької напруги (НН) – циліндрична. Для поліпшення охолодження в обмотках трансформатора передбачені канали. Розташування обмотки на магнітопроводі – концентричне. Для зміни коефіцієнта трансформації на $\pm 5\%$ на первинній обмотці трансформатора є відпайки, з'єднані з клемними затискачами регульованих відводів. Начала та кінці обмотки НН виведені за допомогою відводів у комірку РПНН, де шляхом переставлення може бути виконане з'єднання обмоток у трикутник або в зірку для одержання напруги холостого ходу відповідно 400 або 690 В. При цьому необхідно, щоб апаратура РПНН відповідала даній напрузі.

Для захисту трансформатора від надмірного перегріву усередині кожуха на верхній консолі з боку введів ВН встановлюється температурне реле типу ДТР-3М, що вимикає трансформатор при досягненні температури усередині кожуха неприпустимих значень. Передбачена можливість встановлення з боку НН температурного реле, яке діє на котушку автоматичного вимикача, що вимикає його при перегріві. Виймальна частина трансформатора встановлена у звареному кожусі циліндричної форми, розрахованому на тиск 1 МПа.

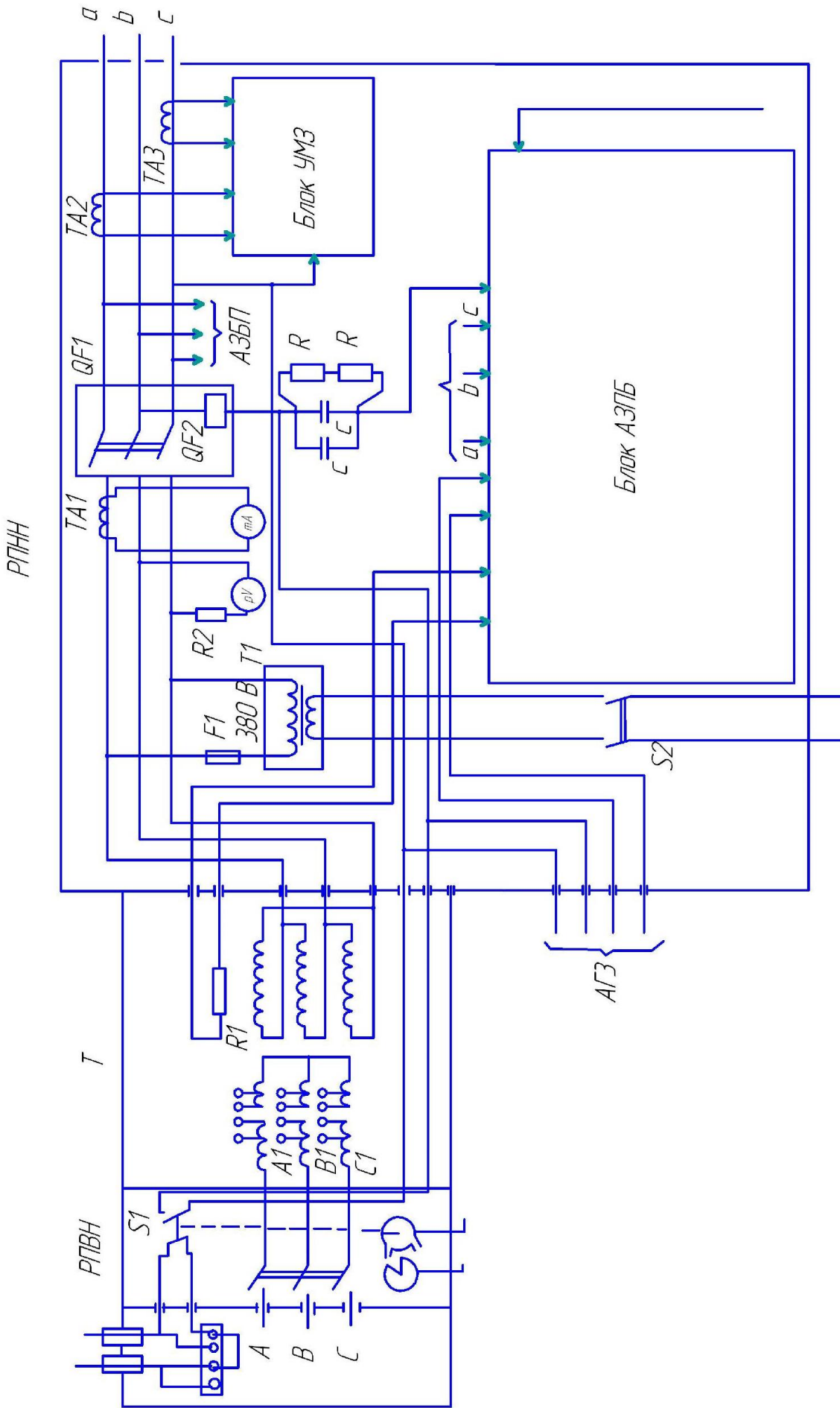


Рисунок 2.1 – Електрична схема підстанції ТСВП



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд сухого трансформатора

Для збільшення поверхні охолодження кожух обладнаний зовнішніми та внутрішніми ребрами. Для доступу до панелі регульованих відводів на боковій стороні кожуха передбачений люк. Для спуска вологи, що конденсується, з кожуха передбачені спеціальні спускні пробки, заповнені дрібним кварцитом, через які видаляється конденсат, не порушуючи при цьому вибухозахисту підстанції (рис. 2.3).

Фланцеві з'єднання для кріплення до кожуха комірки високовольтного роз'єднувача, автоматичного вимикача та кришки клемної панелі виконані з урахуванням необхідного вибухового шляху і мають ущільнення з теплостійкої гуми.

Комірка високовольтного роз'єднувача

Триполюсний роз'єднувач (вимикач навантаження або вакуумний вимикач) на 6 кВ з моментним ручним приводом вбудований у вибухонебезпечну сталеву оболонку, що за допомогою фланцевого з'єднання кріпиться до кожуха трансформатора (рис. 2.3).

Кришки роз'єднувача (вимикача) мають ущільнення з теплостійкої гуми, що запобігають проникненню пилу. Для приєднання та розведення кабелів у верхній частині комірки роз'єднувача передбачена ввідна коробка з кабельними муфтами. Для проведення монтажу, огляду, ремонту та регулювання роз'єднувача на торцевому боці корпусу встановлена відкидна кришка з оглядовими вікнами для візуального спостереження за положенням ножів роз'єднувача.



а




б



в



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд вибухозахищеної підстанції (а), РПВН із вимикачем навантаження (б) та РПНН із сучасним автоматичним вимикачем (в)



Механічне блокування не дозволяє відкрити передню кришку корпусу комірки роз'єднувача при увімкненому роз'єднувачі.

Триполюсний роз'єднувач (вимикач) складається з трьох контактних ножів, установлених на прохідних ізоляторах. Валик при-вода роз'єднувача механічно зв'язаний з валиком блокувальних контактів спеціального виконання за допомогою вирізаного кулачка, що розташований на валику та на півдиску. Вимикання та вмикання роз'єднувача допускається тільки при повороті ручки блок-контактів у положення "вимкнуте" і, навпаки, поворот ручки блокувальних контактів можливий тільки при вимкнутому роз'єднувачі. Більш детальний опис роботи цього блокування наведено у п. 1.3.

Комірка автоматичного вимикача

Комірка автоматичного вимикача являє собою комплект апаратури та приладів, змонтованих усередині вибухобезпечної оболонки, розрахованої на тиск 1 МПа.

РПНН підстанції серії ТСВП містить таку апаратуру та прилади:

– автоматичний повітряний вимикач типу АЗ722У з двома максимальними й одним незалежним розчеплювачем;

– реле витоку типа АЗПБ;

– вольтметр малогабаритний типу Э-421;

– додатковий опір до вольтметра типу Р-102;

– амперметр малогабаритний типу Э-421;

– трансформатор струму ТШП-0,5т;

– освітлювальний трансформатор ТБС-3;

– запобіжники типу ПР-2.

Комірка автоматичного вимикача має коробку виводів з кабельними муфтами, з яких дві призначені для підмикання силових кабелів, одна – для підмикання освітлення підстанції (одного світильника типу РВЛ-20) та одна для додаткового заземлення. Для зручності експлуатації коробка виводів дозволяє приєднувати силові кабелі як з боків, так і з торця, для чого необхідно поміняти кабельні муфти з кришками на коробці виводів.

На передній кришці є оглядові вікна для спостереження за показаннями вольтметра, амперметра та кілоомметра, а також кнопка "Перевірка" для перевірки роботи реле витоку. *Механічне блокування* не допускає відкриття передньої кришки при вмикнутому вимикачі, будова якого аналогічна описаному вище (у комірці роз'єднувача).

1.3 Електричне блокування та захист підстанції

Електричне блокування допускає операції *вимикання роз'єднувача (вимикача) у РПВН підстанції тільки* при вимкнутому положенні вимикача комірки високовольтного комплектного розподільчого пристрою (КРП) 6 кВ (наприклад, типу КРУВ-6), що живить підстанцію, та вимкнутому

автоматичному вимикачі у РПНН. Вмикання роз'єднувача можливо при вимкненому положенні апарата у комірці КРП, що живить підстанцію.

Для захисту трансформатора від недопустимих перевантажень усередині його кожуха встановлено температурне реле типу ДТР-3М (або більш сучасне), нормально закриті контакти якого повинні бути увімкнуті в коло котушки вимикача високовольного КРП, який живить підстанцію.

Електричні блокування підстанції серії ТСВП мають два кола (рис. 2.4). Коло №1 з'єднує послідовно котушку вимикання КВ автоматичного вимикача QF в РПНН із замикаючими блок-контактами РБ1 роз'єднувача QS, що підключені паралельно контактам Р2 реле витоку. Коло №2 з'єднує блок-контакти роз'єднувача РБ2, що розмикають, і контакти теплового реле ДТР-3М з мінімальним захистом вимикача високовольної комірки КРП. Коло №2 при вимкнутій підстанції знаходиться постійно під струмом, що необхідно для забезпечення надійної роботи блокування. При спрацьовуванні реле ДТР-3М, а також при обриві контрольного кабелю підстанція вимикається мінімальним захистом комірки КРП 6 кВ.

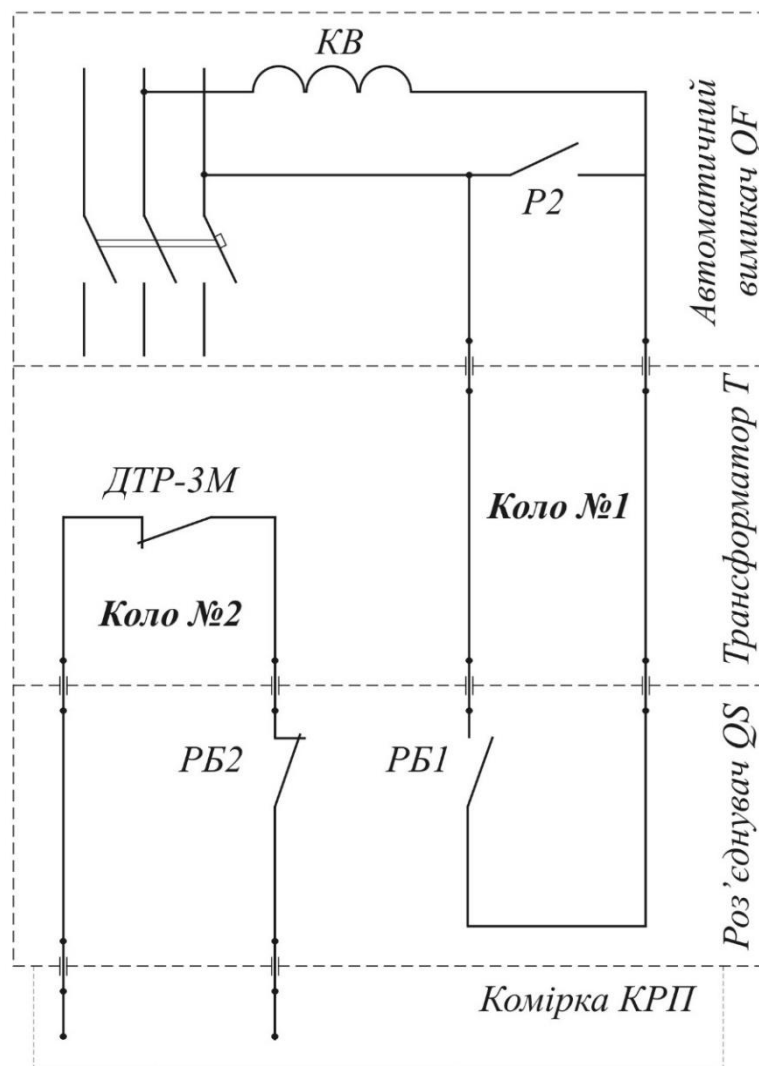


Рисунок 2.4 – Електрична схема блокувальних кіл підстанції ТСВП



При повороті ручки блок-контактів у комірці роз'єднувача підстанції в положення "Вимкнуте" блок-контакти *PБ1* замикаються, а *PБ2* розмикаються. Це спричиняє вимкнення вимикача у високовольтному КРП та автоматичного вимикача у РПНН підстанції.

При перевантаженні підстанції відбувається розмикання контактів температурного реле ДТР-3М і вимикач високовольтної комірки КРП на розподільчому пункті або центральній підземній підстанції вимикає підстанцію.

Захист від замикань на землю в низьковольтній мережі та контроль стану її ізоляції здійснюється за допомогою реле витоку типу АЗПБ. При зниженні опору ізоляції низьковольтної мережі нижче допустимого рівня реле витоку спрацьовує, замикаються контакти *P2* і подається напруга на котушку вимикання *KB* повітряного автомата *QF*, який вимикає мережу.

Захист від коротких замикань та недопустимих поштовхів струму в низьковольтній мережі здійснюється максимальними розчеплювачами автомата АЗ722У.

Приєднання підстанції до загальної заземлювальної шахтної мережі здійснюється жилою кабелю, що заземлює, або свинцевою оболонкою (бронєю) кабелю 6 кВ.

Для приєднання підстанції до місцевого заземлювача на обох боках кожуха трансформатора є болти, що заземлюють, над якими прикріплені таблички з написом "Земля". Варто використовувати болт на тому боці підстанції, що доступний для огляду.

Для приєднання *додаткового заземлення* реле витоку в коробці виводів РПНН підстанції є затискач з маркуванням "ДЗ", звідки через кабельну муфту провідник заземлення виводиться до додаткового місцевого заземлювача, що встановлюється на відстані не менш 5 м від заземлювача підстанції.

1.4 Порядок вмикання підстанції

Вмикання підстанції виконується у такій послідовності:

- переконатися в тому, що фідерний автомат *QF* у РПНН вимкнута;
- увімкнути рукояткою роз'єднувач *QS* (вимикач), установивши її в положення "Вмикнуте";
- рукоятку блок-контактів роз'єднувача перевести у положення "Вмикнуте";
- увімкнути вимикач високовольтної комірки КРП типу КРУВ-6. Після чого вольтметр підстанції повинний показувати напругу холостого ходу трансформатора. Підстанція повинна бути освітлена;
- увімкнути автоматичний вимикач *QF* у РПНН підстанції.

При першому вмиканні підстанції (при її вводі в експлуатацію) необхідно перевірити роботу реле витоку за допомогою кнопки



"Перевірка", а також вимкнення вимикачів у комірці КРП та РПНН підстанції при переведенні блокувальної рукоятки роз'єднувача QS у положення "Вимкнута". При перевірці вимикання автомата QF у РПНН підстанції блокувальний провід до вимикача високовольної комірки КРП необхідно тимчасово від'єднати.

Вимкнення підстанції виконується у порядку, зворотному вмиканню:

- вимкнути рукояткою автомат QF у РПНН підстанції;
- рукоятку блок-контактів роз'єднувача QS перевести у положення "Вимкнуте";
- переконатися по вольтметру у вимкненні електричним блокуванням високовольного вимикача комірки КРП, а при неспрацьовуванні блокування вимкнути вимикач вручну;
- вимкнути рукояткою роз'єднувач QS (вимикач), установивши її в положення "Вимкнуте".

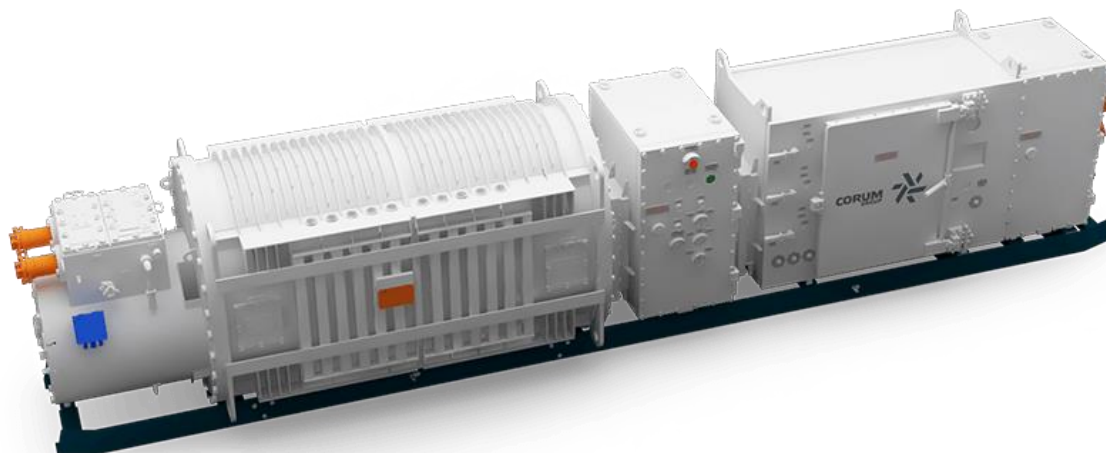
1.5 Особливості підстанцій серії КТПВ-ЕП

Українською промисловістю виготовляються вибухозахищені підстанції серії КТПВ різних типів на сучасній апаратній базі [8]. Наприклад, підстанція типу КТПВ-ЕП призначена для електрозабезпечення трифазним струмом електроприймачів, що встановлюються в підземних виробках, небезпечних за газом (метаном) та/або пилом, а також для забезпечення захисту від струмів витоку та максимального струмового захисту ліній нижчої напруги, *забезпечують живлення до десяти струмоприймачів* трифазним змінним струмом частотою з номінальним струмом до 630 А, а також для управління, захисту від струмів витоку та максимального струмового захисту цих струмоприймачів у підземних виробках, небезпечних за газом (метаном) та/або пилом (рис. 2.5).

Такі *енергопоїзди* розроблені на базі сучасних комплектуючих провідних виробників. Модульна побудова, яка включає безліч модифікацій, дозволяє реалізувати будь-які вимоги замовника з функціоналу. Застосування енергопоїзда дозволяє значно скоротити довжину розподільчого пункту ділянки, спростити схему енергопостачання ділянки та знизити трудомісткість робіт під час експлуатації електрообладнання.

Автоматика забезпечує безперервний автоматичний тестовий контроль (у процесі робочого функціонування обладнання, що живиться) та періодичний (в режимі обслуговування, ремонту та налагодження) із забезпеченням заходів безпеки (без включення в роботу забійних машин та ін.). Контролює функціонування блоків та вузлів системи перед включенням.

Система керування має кілька рівнів доступу до керуючої програми: високий (параметри безпеки), середній (технічні параметри обладнання), низький (статистичний дані та дані, необхідні для розслідування аварій).



Номінальна потужність, кВ·А	1000
Номінальна напруга сторона ВН, В	6000 або 10000
Номінальна напруга сторона НН, В	3300 або 1200 або 1200/660
Діапазон регулювання	±5% або ±10%
Напруга к.з, %	5
Втрати холостого ходу, Вт	2800
Ширина, м	1,17
Довжина, м	6,65
Висота, м	1,475
Маса, т	10

Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд та параметри підстанції типу КТПВ-ЕП

2 ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ


В рамках виконання лабораторної роботи здобувачу пропонується скористатися наступним алгоритмом:



- опрацювати навчально-методичний матеріал цих вказівок і, за необхідності, літературних джерел вільного доступу, а саме:
 - вивчити класифікацію рудникових вибухозахищених підстанцій та ознайомитися із їх технічними характеристиками;
 - розібрати електричну схему підстанції та принципи роботи її електричних та механічних блокувань;
 - ознайомитися із конструкцією та основними апаратами підстанцій;
 - дослідити сучасні розробки вітчизняної промисловості у галузі вибухозахищених підстанцій;
- розгорнуто відповісти на одне контрольне запитання із переліку нижче (на вибір здобувача, але організуватися так, щоб не було дублювань);
- підготувати звіт згідно запропонованих вимог, а також коротке повідомлення щодо загальних висновків по роботі та отриманих результатів;
- презентувати підготовлене повідомлення іншим учасникам освітнього процесу.

Контрольні запитання

1. З яких вузлів складається шахтна пересувна трансформаторна підстанція серії ТСВП?
2. Які механічні й електричні блокування передбачає конструкція підстанції ТСВП?
3. Який апарат забезпечує захист від тривалого перевантаження?
4. Які засоби регулювання напруги передбачає схема підстанції ТСВП та в яких межах?
5. Які види захистів має підстанція? Чим вони забезпечуються?
6. Які апарати та прилади розташовані в РПНН підстанції? Їх призначення.
7. Визначте конструктивні особливості РПВН підстанції та призначення апаратів, які розташовані у ньому.
8. Що означають втрати холостого ходу та втрати короткого замикання трансформатора?
9. Визначте галузь застосування та основні технічні характеристики вибухозахищених підстанцій.
10. Охарактеризуйте конструкцію відсіку трансформатора підстанції.
11. Наведіть порядок вмикання та вимикання підстанції.
12. Визначте технічні особливості підстанції типу КТПВ-ЕП.
13. Поясніть принцип роботи та призначення основних елементів електричної схеми підстанції.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ПРИСТРОЮ АЗУР

Мета лабораторної роботи: закріпити отримані теоретичні знання та набути практичних умінь щодо реалізації принципу контролю ізоляції та компенсації ємнісної провідності мережі апарату захисту АЗУР, а також дослідження його захисних характеристик.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення та галузь використання

Апарат захисту від струмів витоку на землю – *уніфікований рудниковий АЗУР*, призначений для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом та інших шкідливих наслідків (вибухів, пожеж та ін.) витоків струму на землю в електричних мережах трифазної змінної напруги 380, 660 та 1140 В з ізолюваною нейтраллю трансформатора, які використовуються у підземних виробках та на поверхні вугільних та гірничорудних підприємств.

Апарат, що виготовляється вітчизняною промисловістю (ТОВ «ІТЕП» і «НВП-Рудпроматоматика»), має декілька варіантів виконання [10, 11]:

АЗУР.1МК – конструктивно виконаний у вигляді мікроконтролерного виємного блока, який встановлюється в розподільний пристрій низької напруги (РПНН) 380 або 660 В шахтних пересувних підстанцій ТСШВП, ТСВП замість апаратів АЗПБ та АЗШ-І. Він може впливати на розмикач нульової напруги і на незалежний розмикач, а також на два розмикача одночасно автоматичного вимикача АВ-3700;

АЗУР.4МК – виконаний у вигляді мікроконтролерного блока, який встановлюється в РПНН 380, 660 або 1140 В шахтних пересувних підстанцій різних типів (включно з КТПВ) замість апаратів БЗО, БЗП-1А та АЗШ-2. Він може впливати на автоматичний вимикач аналогічно апарату АЗУР.1МК або на незалежний розмикач автоматичного вимикача АВ або АВМ;

АЗУР.4 – за функціоналом ідентичний АЗУР.4МК, однак у релейному виконанні (рис. 3.1);

АЗУР.4ПП – на відміну від мікроконтролерних апаратів, які не рекомендується застосовувати в мережах за наявності частотно-регульованого електроприводу, АЗУР.2ПП призначений для захисту людей від витоків струму на землю в електричних мережах трифазного змінного струму частотою 50 Гц напругою 660 і 1140 В з ізолюваною нейтраллю трансформатора саме з винесеним частотно-регульованим приводом подачі вугільних комбайнів;

АЗУР-РПА – мікроконтролерний аналог попередніх апаратів, який автоматично адаптується до напруги контрольованої мережі.

1.2 Технічні характеристики

За систематичним трифазним витоком на землю (критичний опір ізоляції) апарат спрацьовує в разі опору ізоляції на фазу не менше ніж 10 кОм при нарузі 380 В та 30 кОм при нарузі 660 В (табл. 3.1).

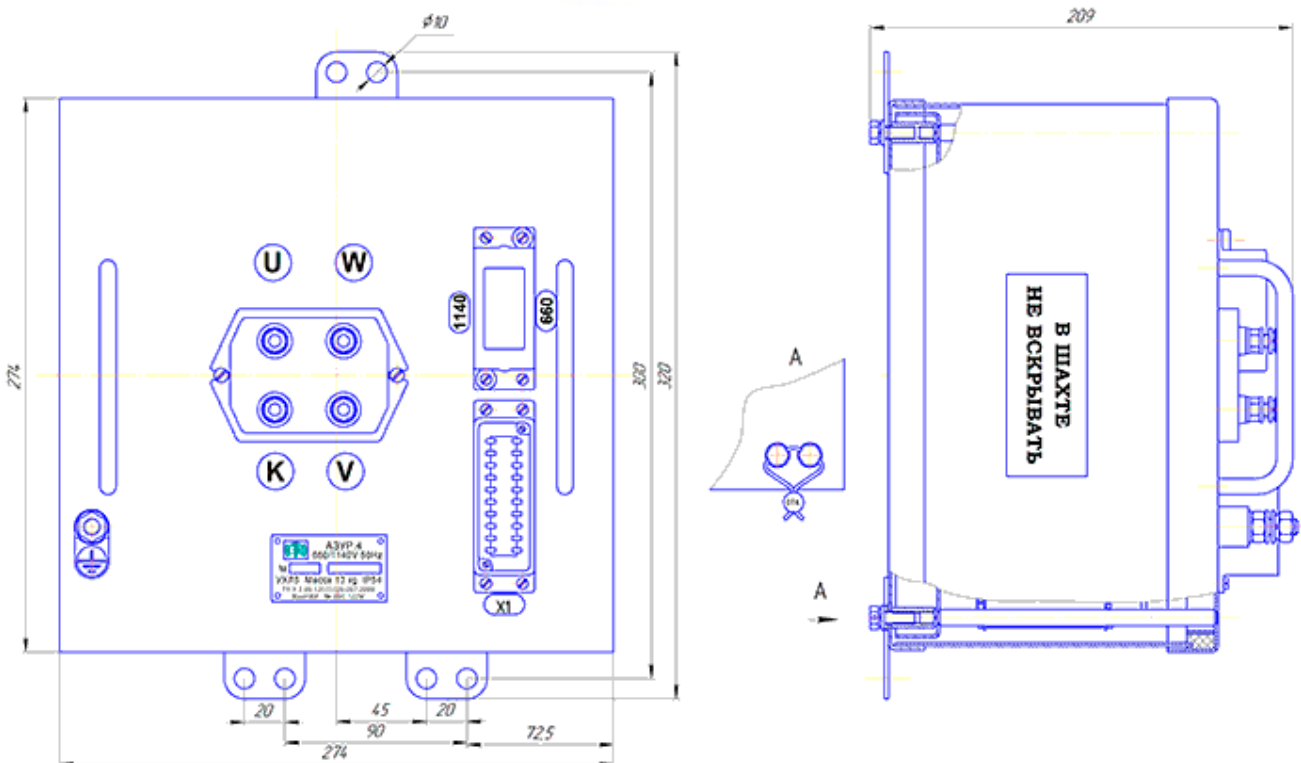


Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд та габаритні розміри апарата АЗУР.4

В разі однофазного витоку на землю опір спрацьовування становить не більше як 20 кОм при напрузі 660 В і не більш ніж 50 кОм при напрузі 1140 В.

Споживана потужність апарата – 25 ВА, власний час спрацьовування не більш як 0,07 с.

В разі зміни ємності мережі від 0 до 1 мкФ на фазу тривалий струм витоку на землю не перевищує 0,025 А, а короткочасний струм через однофазний виток на землю опором 1 кОм (розрахунковий опір людини) не перевищує 0,1 А.

Таблиця 3.1 – Технічні параметри АЗУР.4


номінальна напруга трифазної мережі змінного струму, що захищається, частотою 50 Гц, В	660/1140
споживана потужність, В·А, не більше	25
опір спрацьовування при симетричному трифазному витоку, кОм на фазу, не менше	
при напрузі мережі 660 В	30
при напрузі мережі 1140 В	60
опір спрацьовування при однофазному витоку, кОм, не більше	
при напрузі мережі 660 В	20
при напрузі мережі 1140 В	50
зміна ємності мережі, мкФ на фазу	від 0 до 1,0
величина тривалого струму витоку при зміні ємності мережі від 0 до 1 мкФ на фазу, А, не більше	0,025
опір спрацьовування в режимі попереджувального контролю ізоляції, не менш	опіри спрацьовування в режимі реле витоку
пристрій компенсації ємнісної складової струму витоку та шунтування пошкодженої фази малим опором на землю в діапазоні зміни ємності мережі від 0,1 до 1 мкФ має знижувати короткочасний струм до величини, А, не більше	0,1
власний час спрацьовування апарата захисту від струмів витоку при опорі однофазного витоку 1,0 кОм та ємності мережі від 0 до 1,0 мкФ на фазу, с, не більше	
основного захисту	0,07
резервного захисту	0,2
власний час спрацьовування апарата захисту від струмів витоку при зниженні напруги на затискачах до 0,6 номінальної напруги мережі, обумовленого виникненням міжфазних дугових замикань з торканням дугою стінок оболонок електрообладнання, не більше	0,1
час шунтування пошкодженої фази на землю з моменту появи однофазного витоку та ємності мережі від 0 до 1,0 мкФ на фазу, с, не більше	0,17
опір автоматичного деблокування в режимі попереджувального контролю та блокування, від опору спрацьовування, %, не більше	150
середній термін служби до списання, років, не менше	5
Габарити, мм	274x320x209
Маса, кг	13

Крім режиму контролю ізоляції та захисного відмикання апаратури АЗУР працюють також у режимі *блокуючого реле витоку на землю* (БРВ).

При цьому апарати живляться напругою 127 В від трансформатора, який живить кола освітлення та контролю пересувних підстанцій.

Гранична сумарна протяжність кабельних ліній, які захищає апарат, має бути обмежена виходячи з загальної ємності мережі відносно землі – не більш ніж 1 мкФ на фазу (не більш як 3 км).

Схему контролю ізоляції та захисного вимикання складено так, щоб у разі пошкодження елементів кола контролю здійснювалось вимикання



мережі або зміна опору спрацьовування, яка приводить до зберігання значення тривалого струму витoku на землю не більше ніж 0,025 А, тобто в апараті реалізовано *принцип самоконтролю справності схеми* та забезпечення безпеки в разі пошкодження елементів схеми.

На лицьовій панелі апарата захисту встановлено штепсельний роз'єм, струмопровідні та заземлюючі затискачі для підключення апарата до трансформаторної підстанції.

Візуальний контроль стану ізоляції контрольованої мережі здійснюється за допомогою кілоомметра.

Індикація спрацьовування апарата захисту здійснюється за допомогою світлової індикації, що підключається до контактів реле вихідного апарата захисту.

1.3 Функціональна схема апарата АЗУР

Апарат АЗУР складається із пристрою контролю опору ізоляції та пристрою автоматичної компенсації ємнісної складової струму витoku на землю.

Принцип дії апарата АЗУР полягає у прикладанні постійної оперативної напруги між землею та фазами мережі. При цьому виникає постійний оперативний струм, що проходить через ізоляцію мережі в землю, силу якого вимірює АЗУР. У випадку зниження опору ізоляції сила оперативного струму зростає, що і призводить до спрацювання апарата захисту.

На рис. 3.2 показана спрощена функціональна схема АЗУР. На цій схемі можна виділити декілька частин. Далі буде наведений опис роботи кожної частини схеми незалежно від інших частин, після чого буде розглянуте функціонування апарату АЗУР в цілому.

Першою частиною схеми є *джерело оперативної напруги*, що складається з двох послідовно з'єднаних джерел постійної напруги Е1 та Е2. За відсутності пошкоджень ізоляції оперативний струм проходить по колу: "+" джерела Е2 — R26 — R25 — емітерний перехід VT5 (або колекторний перехід VT7) — заземлювач — земля — допоміжний заземлювач Дз — R22 — дросель L1 — "-" джерела Е1.

У випадку пошкодження ізоляції частина оперативного струму прямує до місця пошкодження шляхом заземлювач — земля — місце пошкодження ізоляції — фаза мережі — трансформатор TV2, і опір ізоляції виявляється приєднаним паралельно до R22. Відповідно, зі зменшенням опору ізоляції оперативний струм зростає [1].

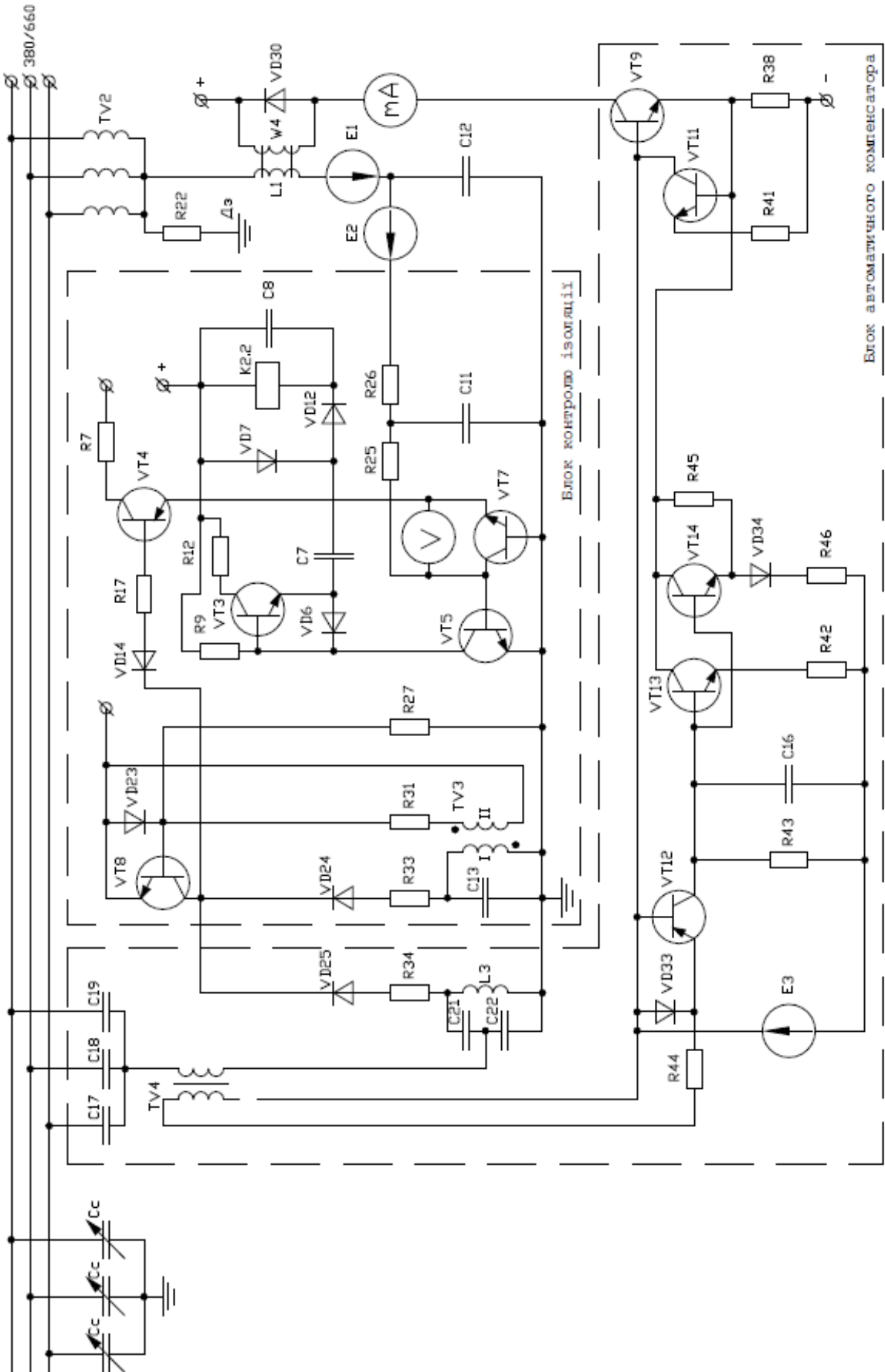


Рисунок 3.2 – Функціональна схема апарата АЗУР



Другою частиною схеми є *виконавча частина*, основним елементом якої є виконавче реле K2.2. Замикання контактів реле K2.2 вказує на справність ізоляції мережі. Якщо реле K2.2 відпускає контакти, то це сигналізує про пошкодження ізоляції. Обмотка K2.2 живиться від конденсатора C7. Конденсатор заряджається по колу: “+” джерела живлення — VD7 — C7 — VD6 — колектор VT5 — емітер VT5 — заземлювач. Якщо транзистор VT5 закритий, то C7 розряджається по колу: “+” конденсатора C7 — VD12 — обмотка реле K2.2 — R12 — колектор VT3 — емітер VT3 — “-” конденсатора C7, і реле K2.2 спрацьовує поки конденсатор C7 не розрядиться. Для повторної зарядки конденсатора необхідно знову відкрити транзистор VT5, після чого закрити VT5 для подачі струму на обмотку реле K2.2.


Тобто для того, щоб реле K2.2 спрацювало, необхідно щоб транзистор VT5 відкривався та закривався. Якщо VT5 постійно відкритий або постійно закритий, то реле K2.2 відпускає контакти.

Третьою частиною схеми є *генератор підвищеної частоти*, основними елементами якого є коливальний контур, що складається з конденсатора C13 та обмотки I трансформатора TV3, та транзистора VT8. Обмотка II трансформатора TV3 приєднана паралельно до емітерного переходу VT8, завдяки чому забезпечується зворотній зв'язок в схемі. За наявності напруги живлення в коливальному контурі виникають незатухаючі коливання, і транзистор VT8 відкривається та закривається. Вихід генератора підвищеної частоти приєднаний до бази транзистора VT4, що виконує формування прямокутних імпульсів. Якщо VT8 відкритий, то виникає струм в колі: емітер VT4 — база VT4 — R17 — VD14 — колектор VT8 — емітер VT8 — “-” джерела живлення, і VT4 також відкривається. Відповідно, якщо VT8 закритий, то і VT4 закривається. Під час відкриття VT4 виникає струм в колі: заземлювач — база VT7 — емітер VT7 — емітер VT4 — колектор VT4 — R7 — “-” джерела живлення. Завдяки цьому транзистор VT7 періодично відкривається та закривається.

Контроль опору ізоляції відбувається за рахунок порівняння величини еталонного струму $I_{етал}$ в колі емітера транзистора VT7 та оперативного струму $I_{опер}$.

За відсутності пошкоджень ізоляції, коли $I_{опер} < I_{етал}$, оперативний струм, що надійшов на базу VT5, проходить через емітерний перехід і VT5 відкривається. Коли відкривається VT7, оперативний струм починає проходити через його колекторний перехід, а VT5 закривається. Коли VT7 закривається оперативний струм знову проходить через емітерний перехід VT5 і він відкривається. Таким чином VT5 постійно відкривається та закривається і тому реле K2.2 спрацьовує.

У випадку пошкодження ізоляції сила оперативного струму зростає ($I_{опер} > I_{етал}$), через що при відкритті VT7 різниця оперативного та еталонного струму проходить через емітерний перехід VT5. Внаслідок цього VT5 постійно відкритий, і реле K2.2 відпускає контакти.



Поріг спрацьовування підсилювача на транзисторах VT5, VT6 та значення контрольного опору ізоляції регулюються резистором R10 (660 В) або R11 (380 В). Реле напруги K4.1 приєднано через випрямляючий міст VD17...VD22 до обмоток трифазного дроселя-трансформатора TV2.

1.4 Компенсація ємнісної складової струму витоку на землю

В існуючих електричних мережах шахт і кар'єрів, які мають ємність відносно землі, струм через людину, що доторкнулася фази, здебільшого визначається ємнісною складовою повного опору ізоляції мережі. В підземних дільничних мережах Правила Безпеки обмежують ємність мережі значенням 1 мкФ/фазу, в підземних розподільчих мережах ємність мережі досягає 8...10 мкФ/фазу, а в кар'єрних розподільчих мережах 1...3 мкФ/фазу. Тому одним із принципів захисту від враження електричним струмом є компенсація ємнісної складової струму, що протікає через людину.

Принцип компенсації ємнісного струму витоку полягає в підключенні до мережі дроселя з індуктивністю, яка налаштована в резонанс з ємністю мережі. Однак на практиці умова резонансу не може бути виконана через зміни ємності під час роботи мережі (підключення та відключення окремих приєднань). В більшості сучасних засобів захисного відключення приймають автоматичні пристрої компенсації ємності мережі, в функції яких закладено принцип зміни індуктивності компенсуючого дроселя в залежності від ємності мережі [1].

Схема пристрою автоматичної компенсації ємності мережі з налаштованими в резонанс дроселями з підмагнічуванням показана на рис. 3.3. Параметри дроселя L підбираються так, щоб була пропорційність між струмом підмагнічування та індуктивною провідністю робочої обмотки дроселя, щоб підмагнічуючий струм визначався ємністю мережі. При цьому використовується оперативна напруга підвищеної частоти від генератора Г. *В якості компенсаційного дроселя* використовується трьохстержневий магнітопровід. На крайніх стержнях магнітопроводу розміщується робоча обмотка дроселя, яка поділена на дві обмотки змінного струму. Вони мають однакову кількість витків і намотані зустрічно. На середньому стержні розміщують обмотку керування ω_k і обмотку зворотного зв'язку $\omega_{зз}$.

Обмотка керування ω_k призначена для створення магнітного потоку підмагнічування. Постійний магнітний потік підмагнічування накладається на змінний потік на крайніх стержнях, в результаті в одному з крайніх стержнів магнітні потоки складаються, що викликає насичення цього стержня і відповідну зміну індуктивності дроселя. Для отримання лінійної характеристики дроселя в схемі використовують обмотки зворотного зв'язку $\omega_{зз}$.

В апараті АЗУР (рис. 3.2) пристрій автоматичної компенсації ємнісної складової струму витоку на землю складається з дроселя-трансформатора TV2, компенсуючого дроселя L1, роздільного конденсатора С12 та електронної схеми настроювання. Компенсуючий дросель L1 являє собою дросель насичення, який через приєднувальний трансформатор TV2 та роздільний конденсатор С12 приєднується паралельно до ємності мережі, створюючи з останньою паралельний коливальний контур.

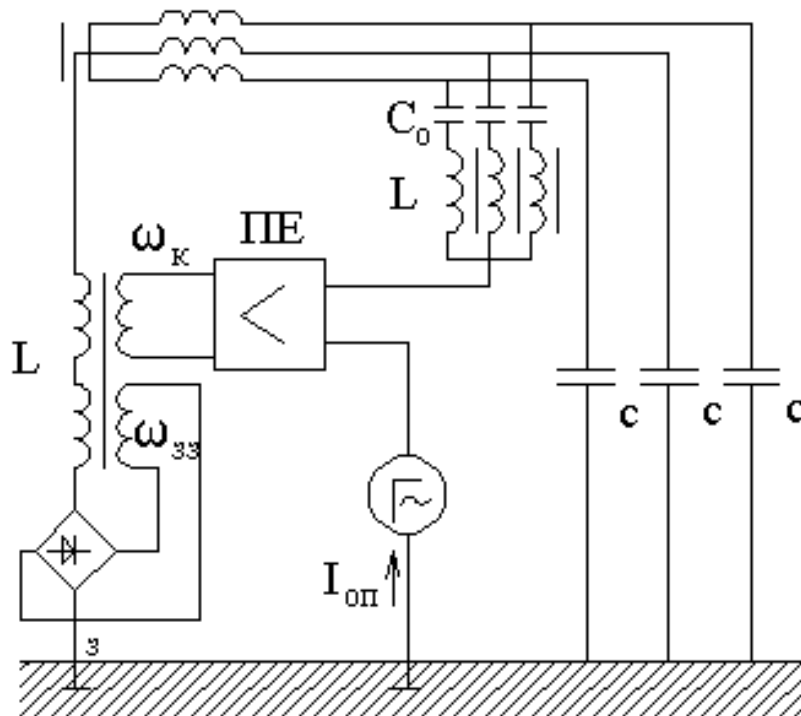


Рисунок 3.3 – Структурна схема пристрою автоматичної компенсації ємності мережі з використанням струму підвищеної частоти

Індуктивність дроселя L1 регулюється зміною постійного струму підмагнічування в обмотці управління, яке здійснюється електронною схемою настроювання.

Настроєний у резонанс паралельний коливальний контур забезпечує зниження ємнісної складової струмів витоку на землю.

Електронна схема настроювання містить блок вимірювання ємності мережі та підсилувач постійного струму (ППС). Останній зібрано на транзисторах VT9, VT11, у вихідне коло якого ввімкнено обмотку управління W4, яка зашунтована діодом VD30.

Блок вимірювання ємності мережі складається з генератора підвищеної частоти, трансформатора TV4, приєднувальних фільтрів С17, С18, С19 та котушки індуктивності L3. Приєднувальний фільтр підключений до виходу генератора підвищеної частоти, вторинну обмотку TV4 – до емітерного переходу VT12.



Струм, пропорційний напрузі на контурі TV4, проходить через емітерний перехід VT12, до колекторного переходу якого підключено входи емітерних повторювачів VT13, VT14. Струм від джерела живлення генератора E3 проходить через емітерний перехід VT9 і відкритий колекторний перехід емітерного повторювача VT13.

Вибором співвідношень резисторів R45, R46 регулюється відкривання другого (VT14) емітерного повторювача. Струм через вхід ППС збільшується у зв'язку зі зменшенням опору в колі джерела генератора підвищеної частоти, тому що резистори R42, R46 вмикаються паралельно між собою.

В разі зміни ємності мережі змінюється власне частота коливального контуру, створеного приєднувальним фільтром C17, C18, C19, з первинною обмоткою TV4.

При наближенні власної частоти коливального контуру до частоти задавального генератора VT8 напруга на вторинній обмотці TV4 зростає. Ця напруга випрямляється, надходить до ППС, на виході якого ввімкнено обмотку керування дроселем L1.

2 ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ


В рамках виконання лабораторної роботи здобувачу пропонується скористатися наступним алгоритмом:

- опрацювати навчально-методичний матеріал цих вказівок і, за необхідності, літературних джерел вільного доступу, а саме:
 - вивчити типи та галузі застосування апаратів захисту АЗУР;
 - ознайомитися з технічними характеристиками апарату;
 - засвоїти призначення основних елементів функціональної схеми АЗУР;
 - дослідити пристрій автоматичної компенсації ємності мережі з використанням струму підвищеної частоти;
- розгорнуто відповісти на одне контрольне запитання із переліку нижче (на вибір здобувача, але організуватися так, щоб не було дублювань);
- підготувати звіт згідно запропонованих вимог, а також коротке повідомлення щодо загальних висновків по роботі та отриманих результатів;
- презентувати підготовлене повідомлення іншим учасникам освітнього процесу.



Контрольні запитання

1. Розтлумачте призначення та галузь застосування АЗУР.
2. Охарактеризуйте основні відмінності між варіантами виконання апарата АЗУР.
3. За якої ємності мережі відносно землі забезпечуються захисні властивості АЗУР?
4. Наведіть основні технічні характеристики АЗУР.
5. Поясніть, як відбувається протікання оперативного струму в схемі апарата АЗУР за нормальної роботи та у випадку витоку струму на землю?
6. Розкрийте принцип дії виконавчої частини схеми апарата АЗУР.
7. Як відбувається генерування прямокутних імпульсів в схемі апарата АЗУР? Як взаємопов'язані генератор підвищеної частоти та транзистор VT4?
8. Поясніть, як працює схема вимірювання при опорі ізоляції $R_{iz} \rightarrow \infty$?
9. Як працює схема вимірювання при зниженні опорі ізоляції?
10. З чого складається та як працює генератор підвищеної частоти?
11. Обґрунтуйте необхідність автоматичної компенсації ємності мережі.
12. Розкрийте спосіб компенсації ємності мережі за допомогою дроселя з підмагнічуванням.
13. Розтлумачте принцип дії пристрою автоматичної компенсації ємнісної складової струму витоку на землю в складі апарата АЗУР. Як регулюється індуктивність компенсуючого дроселя зі зміною ємності мережі відносно землі?



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИК РУДНИКОВИХ ПУСКАЧІВ

Мета лабораторної роботи: закріпити отримані теоретичні знання щодо призначення, конструкції та технічних характеристик рудникових магнітних пускачів, а також дослідити їх функціональні та пускозахисні властивості.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні вимоги та призначення рудникових магнітних пускачів

Порівняно з пускачами у загальнопромисловому виконанні, рудникові магнітні пускачі повинні відповідати додатковим вимогам, які зводяться до забезпечення безпеки їх експлуатації (пожежо- та вибухобезпеки, електробезпеки), високої надійності та зручності експлуатації. Останні категорії визначаються комплексом властивостей конструктивного та схемного виконання, надійністю використаних елементів, властивостями матеріалів, гнучкістю використання в різноманітних умовах, зручністю транспортування, монтажу, демонтажу, ремонту. Умови експлуатації пускачів в підземних виробках вимагають відповідного використання з підвищеною міцністю оболонок, мінімальних ваги та габаритів, пило-, вологозахисного та антикорозійного виконання.

Найбільш важливими вимогами до конструкції рудникових магнітних пускачів можна назвати [1, 2]:

1. Забезпечення високої механічної та електричної зносостійкості контакторів, необхідність якої вимагають повторно-короткочасні режими роботи споживачів, їх часті й тяжкі пуски та гальмування. Механічний знос магнітної системи вузлів з тертям контактів викликається внаслідок ударів, тряски, вібрації при частих включеннях. Підвищення механічної зносостійкості досягається амортизацією всіх елементів, які піддаються ударам, та ін. Електричний знос визначається спрацюванням контактів під дією дуги, як під час вмикання (струм $6I_H$), так і при вимиканні. Зниження електричного зносу досягається покращенням кінематики рухомої частини якоря, зменшенням швидкості та збільшенням притиснення контактів, полегшенням контактних мостиків тощо.

2. Стійкість проти вібрації. При недостатній продуманості конструкції, невірному монтажі, в результаті силових ударів при вмиканні та вимиканні контактора можливі спрацювання реле, порушення кріплення елементів, пошкодження ізоляції.

3. Нахилостійкість, яка виключає самоввімкнення контактора при похилому положенні пускача. Це досягається використанням відповідних



пружин, але це, в свою чергу, вимагає підвищення потужності котушки контактора. Контактори поворотного типу шахтних пускачів допускають нахил до 15° , а прямоходового типу – до 30° .

4. Швидкоз'ємність кришки пускача та окремих елементів, що важливо при аварійних режимах для швидкого огляду та ремонту.

5. Блоковість конструкції та широке використання штепсельних приєднань блоків дозволяє значно зменшити простої машини та обладнання при виході з ладу окремих елементів чи блоку пускача, за рахунок їх швидкої заміни.

6. Можливість з'єднання пускачів між собою та формування розподільчого пункту необхідної в конкретних випадках конфігурації, забезпечується завдяки наявності транзитного вводу пускача (2 вводи) та одного виводу. Крім цього рудникові пускачі мають додаткові вводи для контрольних, сигнальних кабелів та кабелів блокування пускачів між собою.

7. Універсальність арматури вводів дозволяє застосування як броньованих, так і гнучких кабельних введень.

8. Використання роз'єднувача на вході пускача (реверсивного в нереверсивних пускача та не реверсивного – в реверсивних) дозволяє забезпечити зняття напруги з камери контактора при відкриванні кришки (блокування роз'єднувача з кришкою) та полегшує монтаж кабелю за рахунок можливості реверсування двигуна без зміни схеми приєднання кабелю до двигуна.

9. Використання комплексу конструктивних заходів, що забезпечують безпеку експлуатації пускача (вибухозахист оболонки, камери вводів, розділення камер з іскрячими та неіскрячими елементами, блокування відкриття кришки під напругою, болтові з'єднання під спеціальний ключ та інші).

Отже, магнітні пускачі вибухобезпечні з іскробезпечними колами керування, які призначені для використання в підземних виробках вугільних шахт, небезпечних за газом та пилом, *мають виконання* за вибухозахистом РВ 3В Ia (Exial) та ступінь захисту від впливу зовнішнього середовища IP54 [3].

У позначенні рудникових вибухобезпечних пускачів після назви серії вказується значення номінального струму. Літера Р у кінці позначення вказує на виконання пускача з можливістю дистанційного реверсу електродвигуна, літера В – на використання вакуумного контактора, Ш – штепсельний вивід. Можлива також наявність інших додаткових літер, які вказують на особливість виконання або виконуваних функцій.

Пускачі серії ПВИ-М можуть виконуватися з глухим та штепсельним виводами для приєднання до струмоприймача. Такі пускачі на номінальний струм 125...250 А виконуються з електромагнітними і вакуумними контакторами, а на струм більше 250 А – тільки з вакуумними. Пускачі ПВИ-515МВ та ПВИ-630МВ мають цифрову індикацію



максимально-струмового захисту та захисту від перевантажень і при необхідності дозволяють одночасно керувати двома електродвигунами. За своїми технічними параметрами (струм та час на вимикання) вони дозволяють об'єднати функції пускача та автоматичного вимикача, що дає можливість виключити із використання автоматичний вимикач у системі електропостачання.

Існує можливість виконання заводського ремонту пускачів застарілих серій ПВИ-63БТ, ПВИ-125БТ, ПРВ-М-125, ПВИ-250БТ і виготовлення на їх базі пускачів ПВИ-63РЕМ, ПВИ-125РЕМ, ПРВ-М-125РЕМ, ПВИ-250РЕМ шляхом капітального ремонту оболонки зі збереженням взаємозамінюваності деталей та складових частин, а також з використанням нових комплектуючих.

Пускачі серії ПРВИ-М відносяться до нової серії рудникових пускачів з розширеними можливостями. Вбудований у пускач інформаційний блок дозволяє відображати поточне значення споживаного струму, напругу мережі, стан захистів і блоку керування та здійснювати автоматичну діагностику основних блоків пускача, що дозволяє скоротити час на усунення виниклих несправностей.

На відміну від автоматичних вимикачів, які більшу частину часу залишаються увімкненими, пускачі використовуються разом із електроприймачами, яких потрібно часто вмикати та вимикати, в тому числі й дистанційно. Пускачі електромагнітні вибухобезпечні ПВИ з іскробезпечною схемою дистанційного керування призначені для роботи в трифазних мережах змінного струму з ізольованою нейтраллю трансформатора напругою 380/660/1140 В у вугільних і сланцевих шахтах, у яких існує небезпека появи газу метану і вугільного пилу.

Для монтажу та експлуатації пускачів необхідні наступні умови:

- а) температура навколишнього повітря – від -5°C до $+36^{\circ}\text{C}$;
- б) відносна вологість навколишнього середовища – до 98-100 % при температурі 35°C ;
- в) вміст вугільного пилу в навколишній атмосфері – до 1200 мг/м^3 ;
- г) відсутність різких поштовхів, ударів і сильної тряски;
- д) висота над рівнем моря – не більш 1000 м;
- е) нормальне робоче положення пускача із салазками на горизонтальній площині, дозволяється нахил площини до 30° у будь-якому напрямку.

Пускачі нормально працюють при коливаннях напруги в електричній мережі від 85 до 110 % номінальної.

1.2 Технічні характеристики

Технічні характеристики рудникових вибухобезпечних пускачів з іскробезпечними колами керування наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні параметри вибухозахищених пускатрів

Тип	Номинальна напруга, В	Номинальний струм, А	Комутаційна здатність:		Габаритні розміри, мм (ширина×висота×довжина)	Маса, кг
			на вимикання (ефективне значення)	на вмикання (амплітудне значення)		
Нереверсивні пускатрі						
ПВИ-32М	1140/660;	32	1100	1900	620×910×750	190
ПВИ-32МШ	660/380				880×910×750	220
ПРВИ-32М	1140/660;	32	3000/3750		620×700×380	140
ПРВИ-63М	660/380	63				
ПВИ-63М		63	1500	2700	620×910×750	190
ПВИ-63МШ					880×910×750	220
ПВИ-63РЕМ	660	63	2500	4600	700×775×700	175
ПРВИ-63						230
ПВИ-125М	1140/660; 660/380	125	2500	4600	620×910×750	190
ПВИ-125МШ					880×910×750	220
ПВИ-125МВ					620×910×750	190
ПВИ-125МВШ					880×910×750	220
ПВИ-125РЕМ	660	125	2500	4600	700×775×700	175
ПРВ-М-125РЕМ						
ПРВИ-125В	1140/660	125				230
ПРВИ-125М	1140/660;	125	3000/3750		620×700×380	140
ПРВИ-160М	660/380	160				
ПВИ-160М	1140/660; 660/380	160	3120	5750	620×910×750	190
ПВИ-160МШ					880×910×750	220
ПВИ-160МВ					620×910×750	190
ПВИ-160МВШ					880×910×750	220
ПРВИ-160	1140; 660	160				230
ПВИ-250М	1140/660; 380	250	3000/3750; 3750	5600/6900; 6900	900×890×875	290
ПВИ-250МШ					900×1320×875	330
ПВИ-250МВ					900×890×875	290
ПВИ-250МВШ					900×1320×875	330
ПВИ-250РЕМ					660	3750
ПРВИ-250М	1140/660; 660/380	250	3000/3750		620×700×380	140
ПРВИ-250	1140/660; 380	250	3000/4000 4000	5600/7000 7000		230
ПРВИ-320	1140/660;	320	3200/4800; 4800	6000/8800; 8800		240
ПРВИ-400	380	400				
ПВИ-320МВ	1140/660;	320	3200/4800; 4800	6000/8800; 8800	900×890×875	290
ПВИ-320МВШ	380				900×1320×875	330
ПВИ-515МВ	1140/660;	515	12500	30000	900×890×875	290
ПВИ-630МВ	660/380	630				

Продовження табл. 1

Тип	Номинальна напруга, В	Номинальний струм, А	Комутаційна здатність		Габаритні розміри, мм (ширина×висота×довжина)	Маса, кг
			на вимкнення (ефективне значення)	на вмкання (амплітудне значення)		
Реверсивні пускачі						
ПВИ-80МР ПВИ-80МРШ	1140/660; 380	80	1185/1800; 1800	1950/3200 3200	620×910×750 880×910×750	190 220
ПРВИ-80Р ПРВИ-125Р ПРВИ-250Р	1140/660; 660/380	80; 125; 250				250
ПВИ-250МР ПВИ-250МРШ	660; 380	250	3750	6900	900×880×875 900×1320×875	290 330
ПВИ-250МВР ПВИ-250МВРШ	1140/660;		3000/3750; 3750	5600/6900; 6900	900×880×875 900×1320×875	290 330
ПВИ-320МВР ПВИ-320МВРШ	380		320	3200/4800; 4800	6000/8800; 8800	900×890×875 900×1320×875

Пускачі забезпечують надійну роботу в тривалому, переривчастотривалому, короткочасному і повторно-короткочасному режимах. У повторно-короткочасному режимі нормальних комутацій пускач допускає роботу у категоріях А3 і А4 з частотою, що не перевищує 1200 циклів ввімкнення–вимкнення на годину за відносної тривалості включень не більш 40%.

Категорія А3 – категорія застосування, що передбачає пуск асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором із шестикратним пусковим струмом і їхнє вимкнення за номінального струму (обертів). Категорія А4 – категорія застосування, що передбачає пуск асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, вимкнення нерухомих електродвигунів та електродвигунів, що повільно обертаються, а також їх реверсування.

Комутаційна зносостійкість головних контактів контактора складає не менш 10^6 циклів ввімкнення–вимкнення у разі роботи у повторно-короткочасному режимі в категорії застосування А4.

Механічна зносостійкість пускача становить не менш $2,5 \cdot 10^6$ циклів ввімкнення-вимкнення; роз'єднувача – не менш 6300 циклів.

Вхідні і вихідні пристрої для силових кіл допускають приєднання і вибухобезпечне ущільнення як гнучкого кабелю, так і броньованого із сухою обробкою чи заливанням кабельною масою місця оброблення [1].

1.3 Конструктивні особливості вибухозахищених пускачів

Конструктивно майже усі серії вибухозахищених пускачів дуже схожі між собою (рис. 4.1). Розглянемо їх конструкцію на прикладі вибухобезпечного пускача серії ПВИ.

Отже, пускач ПВИ складається з набору електричної апаратури, змонтованої у вибухонепроникній оболонці. Корпус є зварною конструкцією, складається з чотирьох відділень, розділених вибухонепроникними перегородками.

Мережне відділення призначено для вводу, транзитного виводу та приєднання до пускача силового гнучкого або броньованого кабелю. Відділення виводів служить для вводу та приєднання кабелю струмоприймача та кабелів контрольних кіл. У відділенні роз'єднувача розміщені блокувальний реверсивний роз'єднувач та трансформатори струму максимального струмового захисту. У контакторному відділенні розташовані висувний контакторний блок з контактором та апаратурою захисту, керування та сигналізації, кнопки перевірок та механічне блокування роз'єднувача з кнопкою "Стоп". Відділення обладнане кришкою, що швидко відкривається, з шарнірною підвіскою.



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд вибухобезпечних пускачів серій (зліва направо, згори униз): ПРВИ-М, ПРВИ, ПРВИ-Р та ПВР



Блоки керування БК та максимального струмового захисту УМЗ пускачів регулюються на заводі-виготівнику і пломбуються з боку контактної панелі.

Механічне блокування в пускачах призначено для забезпечення безпечного обслуговування та монтажу пускача в підземних виробках шахт. Воно виконане таким чином, що кришку контакторного відділення, що обслуговується, неможливо відкрити при вмикнутому роз'єднувачі, а також вимкнути роз'єднувач при відкритій кришці відділення, що обслуговується. Крім того, блокування не дозволяє вимкнути роз'єднувач при вмикнутому контакторі.

Для відкривання кришки, що швидко відкривається, слід:

- кнопкою "Стоп" вимкнути пускач;
- рукояткою вимкнути роз'єднувач;
- розблокувати привід замка кришки;
- повернути привід замка кришки, що швидко відкривається, за годинниковою стрілкою та відкрити кришку.

Запирання кришки та вмикання роз'єднувача виконується у зворотній послідовності. Стик кришки з корпусом ущільнений гумовим шнуром.

1.4 Електрична схема пускача серії ПВИ

Принципова електрична схема пускача ПВИ наведена на рис. 4.2. *Схема пускача складається з силового кола, схем керування, блокувань та захисту.*

Електрична схема пускачів забезпечує *наступні види захистів, електричних блокувань та перевірок:*

- захист від струмів короткого замикання силових кіл, що відходять від пускача та сигналізацію про спрацьовування захисту (сигнальна лампа з червоним світлофільтром);
- захист від втрати керуваності при обриві або замиканні жил дистанційного керування між собою та із заземлювальною жилою;
- захист від обриву або збільшення опору кола заземлення понад 100 Ом;
- нульовий захист;
- захист від самовмикання пускача при підвищенні напруги в живильній електричній мережі до 150 % номінальної;
- електричне блокування, котре перешкоджає вмиканню пускача при зниженні опору ізоляції в ділянці мережі, яка відходить, нижче 30 кОм для мереж з напругою 660 В та 18 кОм для мереж з напругою 380 В і сигналізацію про спрацьовування блокування;
- перевірку справності роботи електричного блокування від витоку та максимального струмового захисту;

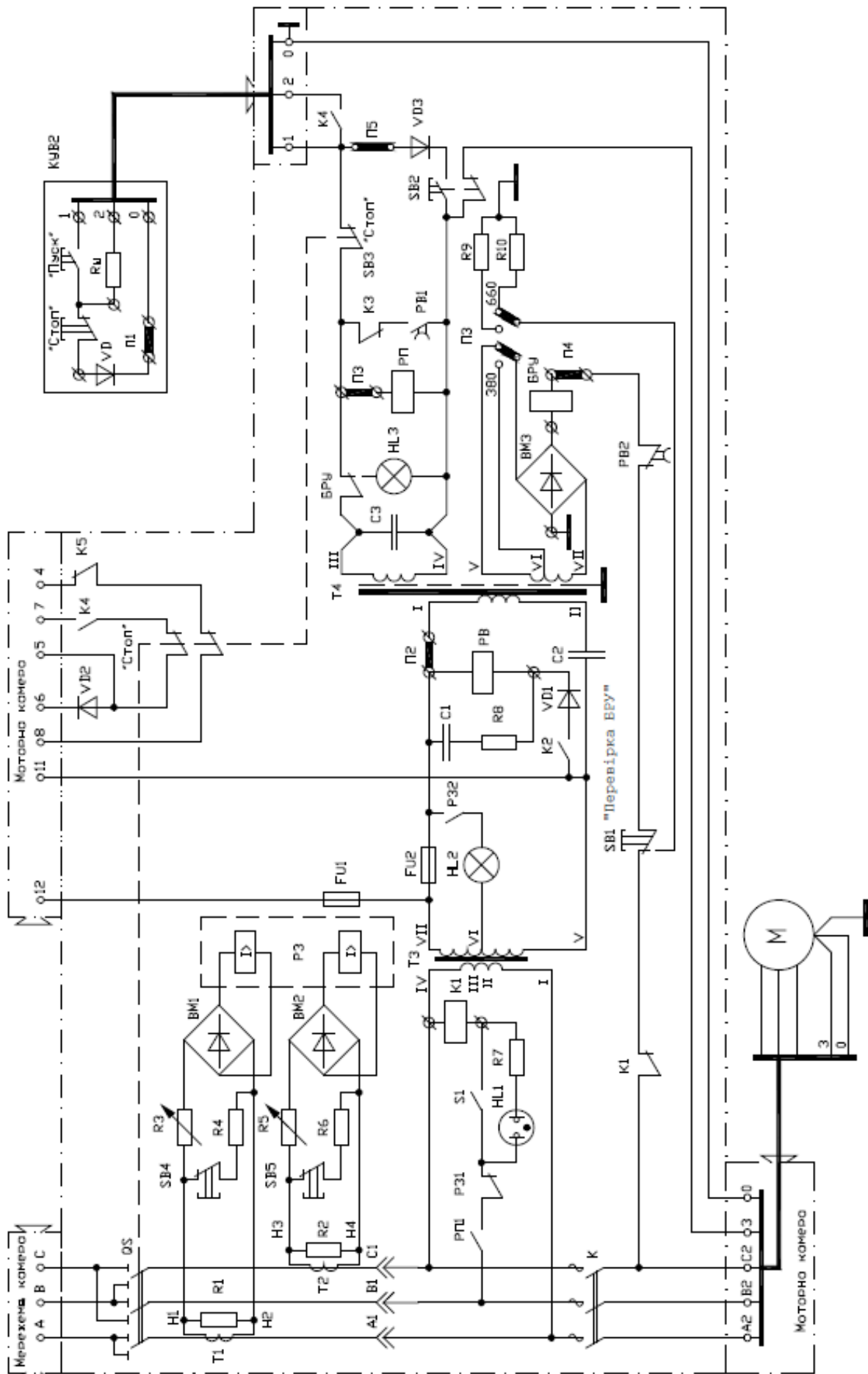


Рисунок 4.2 – Електрична схема пускача ПВИ



– перевірку справності схеми керування та кола котушки, яка втягує, контактора.

Електрична схема забезпечує *такі види керування пускачем*:

– дистанційне за допомогою кнопкових постів керування, вбудованих у робочі машини або встановлених окремо;

– дистанційне автоматичне від замикаючого допоміжного контакту іншого пускача або датчика;

– місцеве вимикання за допомогою вбудованої в пускач кнопки "Стоп".

Електрична схема виключає можливість одночасної роботи пускача з декількома видами керування.

Знижувальний трансформатор пускача допускає під'єднання до вторинної обмотки навантаження потужністю до 75 ВА (світильника місцевого освітлення, кіл автоматизації та ін.).

Дистанційне керування по силовому кабелю

При натисканні на кнопку "Пуск", встановлену на робочому механізмі, один півперіод змінного струму проходить по колу: "Вивід III трансформатора Т4 – розмикаючий контакт БРУ – кнопка SB3 "Стоп" – затискач 1 у відділенні контрольних виводів – жила керування силового кабелю – кнопка "Пуск" – кнопка "Стоп" – діод VD – затискач «0» моторної камери – заземлююча жила силового кабелю – заземлюючі затискачі робочого механізму – допоміжна жила силового кабелю – прохідний затискач 3 моторної камери – вивід IV трансформатора Т4". Другий півперіод проходить через обмотку реле РП. Через реле проходить однопівперіодний випрямлений струм, воно спрацьовує і своїм контактом РП1 замикає ланцюг котушки контактора К. У разі відпускання кнопки "Пуск" коло залишається замкненим через допоміжний замикаючий контакт контактора К4 і резистор RШ. При натисканні на кнопку "Стоп" коло діода VD у кнопковому посту розмикається, через реле РП тече змінний струм, воно відключається, розмикаючи коло котушки контактора [1].


Застосування проміжного реле

Використання в якості проміжного реле РП електромагнітного реле постійного струму і включення його в коло дистанційного керування, забезпечує *захист від втрати керуваності* під час замикання між жилами керування кабелю. У цьому випадку через реле РП приходять змінний струм, на який воно не реагує, та розмикає свій контакт у колі котушки контактора К.

Цілісність заземлюючої жили кабелю контролюється за рахунок використання заземлюючої жили в колах керування та відповідного вибору параметрів схеми дистанційного керування.

Контроль опору ізоляції

Блокувальне реле витoku БРУ призначене для запобігання подачі напруги на пошкоджений елемент мережі, тобто для контролю опору ізоляції відносно землі ділянки мережі, що підключається пускачем і



блокування пускача у вимкненому стані, якщо опір ізоляції цієї ділянки знизився нижче допустимого.

Для контролю опору ізоляції між фазою мережі та землею прикладається постійна напруга. Якщо опір ізоляції знижується то зростає сила струму через ізоляцію, що призводить до спрацювання БРУ. Схема БРУ складається з випрямляючого моста, ВМЗ, підключеного до вторинної обмотки (затискачі V–VII) трансформатора Т4, переминок ПЗ реле БРУ і перевірочних резисторів R9 та R10. Джерелом постійної напруги для БРУ є діодний міст ВМЗ, змінна напруга на який подається від вторинної обмотки трансформатора Т4. Перемикач ПЗ використовується для вибору напруги мережі – за напруги понад 380 В діодний міст приєднується до виводу V обмотки трансформатора Т4, за напруги до 380 В – до виводу VI.

Струм в схемі БРУ протікає по колу: "+" діодного моста ВМЗ – обмотка БРУ – розмикаючий контакт реле часу РВ2 – кнопка SB1 – допоміжний контакт контактора К1 – фаза мережі – ізоляція – земля – "-" діодного моста ВМЗ. В разі зниження опору ізоляції сила струму зростає, БРУ спрацьовує та своїм контактом розриває коло живлення проміжного реле РП. Відповідно, при вимкненому проміжному реле РП вмикання пускача кнопкою "Пуск" стає неможливим. Одночасно контакт БРУ вмикає сигнальну лампу НЛ3 з білим світлофільтром.

Робота схеми контролюється замиканням кола БРУ кнопкою SB1 "Перевірка БРУ" через резистор R9 чи R10.

Реле часу

Реле часу складається з реле РВ, конденсатора С1, резистора R8 і діода VD1 і виконує дві функції. По-перше, контактор К має обмежену максимальну допустиму кількість увімкнень на годину, при перевищенні якої контактор швидко виходить з ладу. Після вимкнення пускача реле часу впродовж декількох секунд не дозволяє увімкнути пускач, тим самим обмежуючи частоту вмикань контактора. По-друге, після вимкнення пускача електродвигун впродовж декількох секунд обертається за інерцією та створює ЕРС, яка може спричинити помилкове спрацювання БРУ. Реле часу сповільнює вмикання БРУ для запобігання його помилковому спрацюванню.

Реле часу працює наступним чином. У разі вмикання контактора його допоміжний контакт К2 вмикає реле часу РВ, що замикає свій контакт РВ1 у колі, що шунтує проміжне реле РП, і розмикає свій контакт РВ2 у колі реле БРУ. При цьому вимикається реле БРУ, а проміжне реле РП не вимикається, тому що допоміжний контакт К3 розмикається до замикання контакту реле часу РВ1. У випадку відключення контактора розмикається допоміжний контакт К2 і припиняється живлення реле часу РВ, але його якір залишається в притягнутому стані за рахунок протікання через обмотку реле струму розряду конденсатора С1 через резистор R8. Через 2-3 с (час розряду конденсатора), коли ЕРС електродвигуна практично



знизиться до нуля, реле часу РВ вимикається, розмикаючий контакт РВ2 замикається і включає в роботу коло БРУ. Відразу після вимикання пускача допоміжний контакт К3 та контакт реле часу РВ1 одночасно замкнені, тому проміжне реле РП виявляється шунтованим і увімкнуті пускач кнопкою "Пуск" стає неможливим. За декілька секунд реле часу РВ вимикається, контакт РВ1 розмикається, тим самим дозволяючи увімкнуті пускач.

Максимальний струмовий захист

Схема УМЗ забезпечує відключення пускачем електричної мережі, що відходить від нього, і нормальну експлуатацію приєднаних до неї електродвигунів у випадку виникнення в будь-якій точці мережі трифазного чи двофазного короткого замикання.

Схема складається з двох однакових електричних кіл, що включають трансформатори Т1, Т2, перевірочні резистори R4, R6 тумблери SB4, SB5, змінні резистори R3 і R5, випрямляючі мости ВМ1, ВМ2 і виконавче реле Р3, обидві обмотки якого діють на спільний виконавчий механізм із розмикаючим контактом Р31 в колі котушки контактора К та замикаючим контактом Р32 в колі сигнальної лампи HL2.

Під час виникнення короткого замикання струм вторинної обмотки трансформаторів струму Т1, Т2 створює на резисторах напругу, що випрямляється і надходить на обмотки виконавчого реле Р3. Реле спрацьовує, розмикає свій контакт Р31 в колі котушки контактора К1, в результаті чого контактор К вимикається. Одночасно реле Р3 замикає свій другий контакт Р32 в колі сигнальної лампи HL2, яка вказує на спрацювання максимального струмового захисту. Пристрій УМЗ має механізм однократної дії, тому навіть після вимикання напруги на обмотках реле Р3 його контакт Р31 залишається розімкненим, через що увімкнуті пускач стає неможливо. Після усунення короткого замикання для увімкнення пускача потрібно спочатку звести механізм УМЗ за допомогою натискання на кнопку "Взведено", розміщену на лицьовій панелі блока УМЗ.

Виконавче реле Р3 підключене в схемі як реле напруги. Струм в обмотці реле змінюється за законом експоненти. За нормальних комутацій магнітний потік у магнітопроводі реле не встигає досягти потоку спрацювання реле, що дає можливість практично налагодити захист за фактичним пусковим струмом електродвигуна. Регулювання уставок спрацювання виконується за допомогою змінних резисторами R3 і R5. Тумблери SB4, SB5 використовуються для перевірки працездатності схеми УМЗ. В разі перемикавання тумблерів від'єднуються резистори R4, R6, опір паралельно з'єднаних резисторів R1-R4 (або R2-R6) збільшується, напруга на обмотці реле Р3 зростає, реле Р3 спрацьовує, що приводить до спрацювання захисту.

Блокування послідовності вмикання двох або декількох пускачів може бути здійснено при будь-якому виді керування. Для цього в колі керування



пускатча, який повинен вмикатися другим, паралельно кнопці "Пуск" вводиться допоміжний контакт К1.7 контактора К, вмикнутий послідовно з кнопкою "Стоп" другого пускатча.

2 ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

В рамках виконання лабораторної роботи здобувачу пропонується скористатися наступним алгоритмом:

– опрацювати навчально-методичний матеріал цих вказівок і, за необхідності, літературних джерел вільного доступу, а саме:

- вивчити типи та галузі застосування рудникових пускатчів;
- ознайомитися з технічними характеристиками пускатчів різних серій;
- засвоїти призначення основних конструктивних елементів рудникових пускатчів;
- дослідити роботу електричної схеми вибухозахищеного пускатча у нормальному режимі та при спрацьовуванні захистів у випадку виникнення нештатних ситуацій;

– розгорнуто відповісти на одне контрольне запитання із переліку нижче (на вибір здобувача, але організуватися так, щоб не було дублювань);

– підготувати звіт згідно запропонованих вимог, а також коротке повідомлення щодо загальних висновків по роботі та отриманих результатів;

– презентувати підготовлене повідомлення іншим учасникам освітнього процесу.

Контрольні запитання

1. Поясніть, у чому полягають основні відмінності між пускатчем та автоматичним вимикачем?

2. Наведіть основні вимоги до рудникових магнітних пускатчів.

3. Визначте призначення та область застосування рудникових пускатчів різних серій.

4. Наведіть основні використовувані серії рудникових пускатчів та розтлумачте їх позначення.


5. Поясніть поняття категорій застосування пускатчів. До яких категорій відносяться рудникові вибухозахищені пускатчі?

6. Класифікуйте види та призначення електричних захистів, якими обладнаний пускатч серії ПВИ.

7. Поясніть принцип дії схеми дистанційного керування пускатча серії ПВИ.



8. Яким чином забезпечується захист від втрати керування при короткому замиканні в колах дистанційного керування і контроль цілісності заземлюючої жили?
9. Розтлумачте принцип дії схеми БРУ пускача серії ПВИ.
10. Поясніть принцип дії максимального струмового захисту пускача серії ПВИ.
11. Охарактеризуйте призначення та принцип дії реле часу пускача серії ПВИ.
12. Що таке нульовий захист та чим він забезпечується у пускачах серії ПВИ?
13. Як здійснити реверсування двигуна, керованого пускачем серії ПВИ?
14. Наведіть особливості елементів конструкції рудникових вибухозахищених пускачів.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИК РУДНИКОВИХ АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ

Мета лабораторної роботи: закріпити отримані теоретичні знання щодо призначення, конструкції та технічних характеристик рудникових автоматичних вимикачів, а також дослідити їх функціональні та пускозахисні властивості.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Типи та призначення рудникових автоматичних вимикачів

Рудникові вибухобезпечні автоматичні вимикачі призначені для застосування у трифазних мережах з ізолюваною нейтраллю трансформатора вугільних шахт, небезпечних за газом або пилом. Вони використовуються для нечастих оперативних вмикань та вимикань підземних електричних установок і магістральних ліній, а також здійснюють захист від струмів КЗ, захисти нульовий та від втрати керованості, а також блокування при зниженні опору ізоляції мережі, що приєднується. Ці комутаційні апарати використовуються також для вимикання мережі при спрацьовуванні апаратури захисту від струмового витоку, газового контролю та іншої апаратури захисту, яка встановлюється в підземних виробках шахт.

За особливостями системи керування рудникові автоматичні вимикачі можуть бути з ручним керуванням (Р), ручним керуванням та дистанційним вимиканням, з дистанційним керуванням (ДО), з пристроєм автоматичного повторного вмикання (АПВ).

Автоматичні вимикачі типів АВ250Р, АВ-315Р, АВ400Р, АВД400Р, АВВ400/250 мають ручне керування, а типів АВ200ДО, АВ320ДО, АВ320ДО1, АВ320ДО2, АВ400ДО, АВ400ДО1, АВ400ДО2, АВ400ДО4, АВД400ДО АВВ400/250ДОМ додатково мають ще іскробезпечний пристрій дистанційного вимикання за двома жилами кабелю.

Автоматичний вимикач типу АБВ-250 оснащений комплектом швидкодіючого захисту від аварійних режимів, який спрацьовує за 0,0025 с і вимикає пошкоджену електричну мережу. Такий вимикач разом з короткозамикачами на електродвигунах забезпечує вибухобезпечність кабельних мереж і використовується на видобувних та підготовчих дільницях на крутих пластах, небезпечних за раптовими викидами [3].

Вимикач типу АВ-320АПВ забезпечує автоматичне повторне вмикання після спрацьовування реле витоку струму, якщо опір ізоляції приєднання відносно землі перевищує 30 кОм.

Вимикачі типів АВВ400/250РМ, АВВ400/250ДОМ, АВД400Р та АВД400ДО мають два діапазони уставок максимального захисту на

номінальні струми 250 та 400 А, а також додатково обладнані світловою індикацією наявності напруги після вмикання роз'єднувача. Для них можна переключатися у шахті з одного номінального струму на інший.

В усіх виконаннях вимикачів АВ як комутаційні апарати використовуються автоматичні вимикачі загальнопромислового призначення серії А3700У. Вимикачі АВ з дистанційним відключенням мають нульовий і незалежний розчеплювачі, розраховані на напругу 110 В постійного струму. Вимикачі АВ з ручним керуванням оснащені незалежним розчеплювачем.

1.2 Технічні характеристики

Технічні характеристики рудникових вибухобезпечних автоматичних вимикачів наведено в табл. 5.1 [3].

Рудникові автоматичні вимикачі призначені для роботи при температурі навколишнього середовища від -10 до $+35$ °С і відносній вологості повітря 98% при температурі 35 °С. Режим роботи – тривалий.

Гранична комутаційна здатність вимикачів дорівнює від 17 до 23 кА (діюче значення) залежно від напруги і сили номінального струму апарата.

1.3 Конструктивні особливості вибухозахищених автоматичних вимикачів

Конструктивно майже усі серії вибухозахищених автоматичних вимикачів дуже схожі між собою (рис. 5.1). Розглянемо їх конструкцію на прикладі вибухобезпечного пускача серії АВ-200ДО. Всі елементи електричної схеми автоматичного вимикача АВ-200 ДО розміщені у вибухонепроникній оболонці 1, яка складається з трьох відсіків – *автоматичного вимикача, роз'єднувача та кабельних введів* [1].

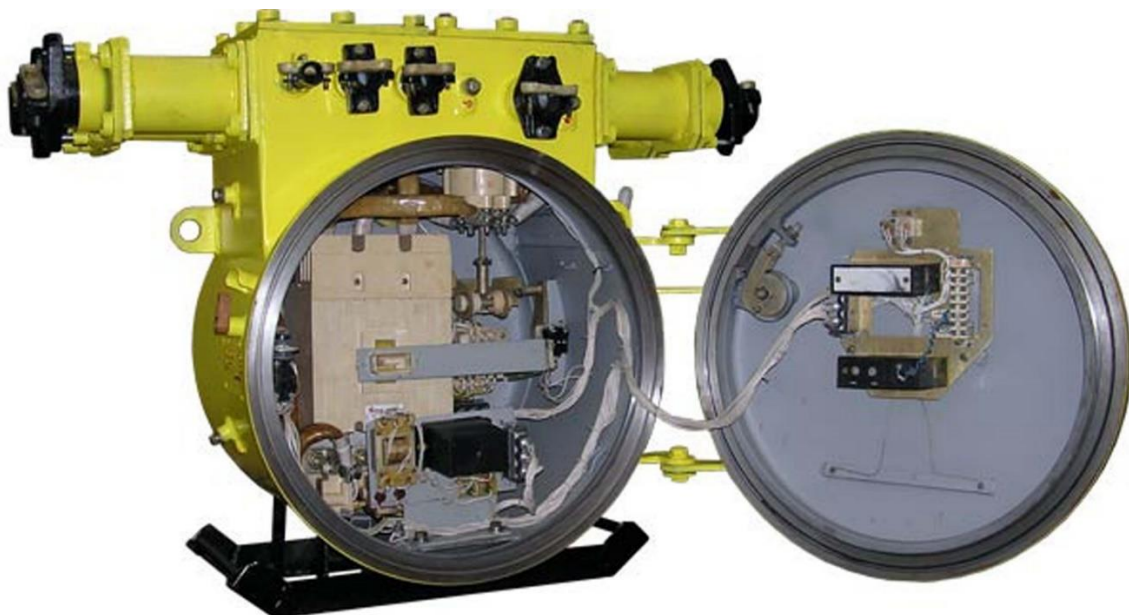


Рисунок 5.1 – Конструкція рудникових пускачів серії АВ-ДО, лист 1

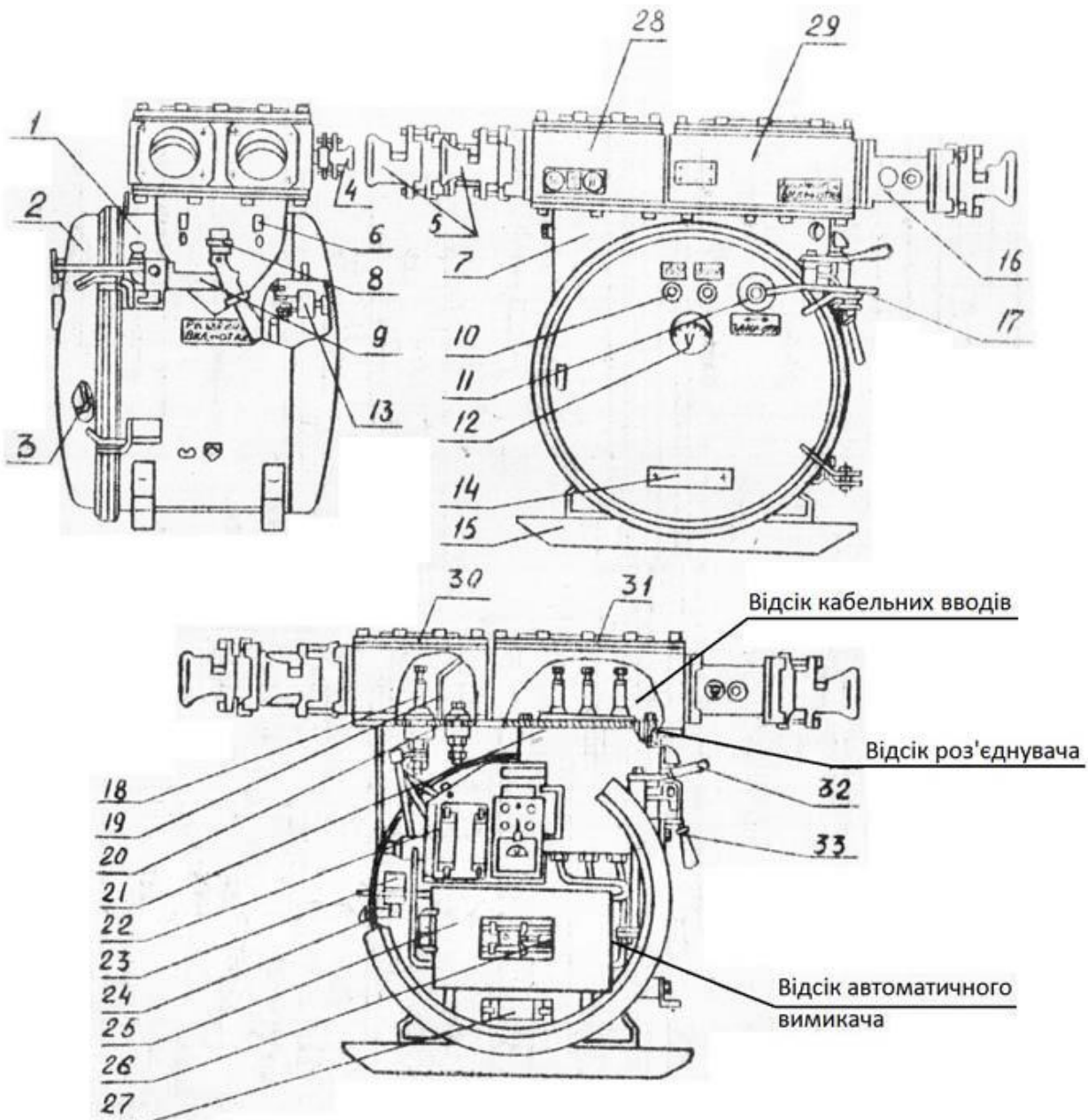



Рисунок 5.1 – Конструкція рудникових пускачів серії АВ-ДО, лист 2:

1 – вибухонепроникна оболонка; 2 – кришка, що швидко відкривається; 3 – табличка зі схемою вимикача; 4 – ввід контрольного кабелю; 5 – кабельні муфти; 6 – затискач заземлення; 7 – корпус; 8 – пристрій для встановлення замка у вимкненому положенні роз'єднувача; 9 – механічне блокування; 10 – оглядове вікно сигнальних ламп; 11 – привід ексцентрика; 12 – оглядове вікно вольтметра; 13 – трансформатор струму; 14 – скоба для таблички запису призначення вимикача; 15 – салазки; 16 – труба під заливку; 17 – блокувальна скоба; 18 – набір силових прохідних затискачів; 19 – перегородка; 20 – набір контрольних затискачів; 21 – блокувальний роз'єднувач; 22 – панель апаратури керування та сигналізації; 23 – кнопки "Перевірка БРУ" та "Зведення захисту"; 24 – ручка приводу кнопок "Перевірка БРУ" та "Зведення захисту"; 25 – автоматичний вимикач А3732У5; 26 – механічний привід вимикача; 27 – блок ПМЗ; 28 – відсік виводів; 29 – відсік вводів; 30 – кришка камери виводів; 31 – кришка камери вводів; 32 – рукоятка приводу вимикача; 33 – рукоятка приводу роз'єднувача

Таблиця 5.1 – Технічні параметри вибухозахищених автоматичних вимикачів

Тип	Номинальний струм, А	Номинальна напруга, В	Комутаційна здатність, кА (діюче значення)	Межа регулювання уставок максимального струмового захисту, А	Розміри (ширина×глибина×висота), мм	Маса, кг
АВВ-250	250		9; 5,5		850×980×870	420
АВ200ДО	200		20; 17	400...1200	1200×910×790	340
АВ250Р	250	380; 660			900×610×840	210
АВ315Р	315		23; 20		935×990×850	290
АВ320ДО					1200×910×820	355
АВ320ДО1	320		10		1200×790×910	340
АВ320ДО2			20		1050×790×910	355
АВ320АПВ		660	22	800...2400	1200×910×820	
АВ400Р			23; 20			
АВ400ДО	400	380; 660	12,5		935×950×850	330
АВ400ДО1		1140	11			
АВ400ДО2		660; 1140	22; 12		990×935×850	340
АВ400ДО4			22/25		–	240
АВД400Р	400/250	660/380; 1140/660	12/22	800...2800	900×890×820	300
АВВ400/250РМ	400/250	380; 660; 1140	25; 22; 12	800...2400	900×890×875	270
АВВ400/250ДОМ						
АВД500Р	500	660/380; 1140/660	22/25	1000...3500	900×890×820	300
АВД500ДО			12/22			
ВРВ-160	160	=300	–	–	–	160

Примітка. Вид та рівень вибухозахисту вимикачів – РВ 3В Iaа (ExdIaI)



Відсік автоматичного вимикача має циліндричну форму та закривається круглою кришкою 2, яка з'єднується з корпусом через вибухонепроникний фланець. В кришці є три оглядові вікна – для вольтметра 12 та двох сигнальних ламп 10. Також на кришці є привід механізму відкриття кришки 11. У відсіку автоматичного вимикача розміщений безпосередньо вимикач загальнопромислового призначення серії АЗ700У (25), який є основним комутаційним апаратом в складі АВ-200 ДО, та допоміжні блоки ПМЗ (27), ДО, БРУ (22).

У *відсіку роз'єднувача* встановлений роз'єднувач 21, який використовується для повного вимкнення напруги перед відкриттям кришки 2. З правого боку корпусу автоматичного вимикача розташовані важелі вмикання вимикача (32) та роз'єднувача (33). З метою забезпечення вибухобезпеки кнопки 23 для повернення блокування ПМЗ та для перевірки БРУ розташовані всередині відсіку АВ і з лівого боку корпусу виведений важіль 24, поворотом якого можна натискати кнопки.


Відсік кабельних вводів розташований в верхній частині корпусу автоматичного вимикача. На бічних сторонах відсіку кабельних вводів є отвори для введення кабелів в автоматичний вимикач. Кожний кабель утримується за допомогою кабельної муфти 5, яка не дозволяють вирвати кабель з автоматичного вимикача. Через те, що складно забезпечити вибухозахист вводів, відсік кабельних вводів відділений від відсіку автоматичного вимикача перегородкою 19 з прохідними затискачами 18. До автоматичного вимикача можуть приєднуватися три силові кабелі – вхід напруги від джерела живлення, вихід напруги до споживача та транзитний вихід. Фази транзитного виходу приєднуються до фаз входу без будь-яких комутаційних апаратів.

У підземному розподільчому пристрої автоматичні вимикачі та пускачі встановлюються поруч один з одним і транзитний вихід одного апарата приєднується до входу сусіднього апарата. Завдяки цьому всі апарати виявляються приєднаними до джерела живлення без використання додаткових шин, трійників та ін.

Автоматичний вимикач оснащений *механічним блокуванням*, яке запобігає вимиканню роз'єднувача при увімкненому вимикачі та відкриттю кришки при увімкненому роз'єднувачі.

1.4 Електрична схема вимикача серії АВ-ДО

Схема автоматичних вимикачів з дистанційним вимиканням серії АВ-ДО (рис. 5.2) містить: блокувальний роз'єднувач QS, автоматичний вимикач QF з незалежним KQF1, нульовим KQF2 і максимальним KQF3 розчеплювачами; блок максимального струмового захисту А1 (ПМЗ); трансформатори струму ТА1 –ТА3; блок випрямляча А2 для живлення нульового розчеплювача (110 В); блок дистанційного відключення А3 (ДО); блок А4, що містить діод і резистор; блок А5 блокувального реле



витоку БРУ; блок діодів приєднання БРУ до трифазної мережі за схемою 3В; трансформатор живлення вторинних кіл TV: сигналізації – 12 В (клеми 5-7); блоку ДО – 18 В (клеми 10-11 і 12-13); блоку БРУ – 36 В (клеми 8-9); кола повернення блокування ПМЗ – 36 В (клеми 5-7); нульового розчеплювача – 110 В (клеми 4-6) [1].

Крім того, у схемі передбачені кнопки SB1 «Перевірка БРУ» і SB2 повернення максимального струмового захисту ПМЗ; лампи Н1, Н2 і Н3, що сигналізують відповідно про спрацювання БРУ, ПМЗ і про включення АВ QF; вольтметр PV з додатковим резистором R напругою 660/380 В.

Електрична схема вимикачів забезпечує захист від струмів короткого замикання відходячих приєднань, обриву кіл дистанційного відключення, втрати керованості при короткому замиканні в колі ДО; нульовий захист (вимикання в разі зникнення напруги живлення вимикача); електричне блокування, реалізоване за допомогою БРУ, що виключає вмикання АВ при зниженні опору ізоляції кабельної мережі до 30 кОм і нижче; електромагнітне блокування, що запобігає включення АВ при спрацюванні максимального струмового захисту ПМЗ; світлову сигналізацію про спрацювання БРУ, ПМЗ і включення АВ; перевірку справності ПМЗ та БРУ.

Під час роботи автоматичного вимикача АВ-200 ДО елементи його схеми виконують наступні функції. Основним елементом схеми є *автоматичний вимикач* QF, який виконує з'єднання фаз мережі А1, В1, С1 та фаз споживача А14, В14, С14. В якості автоматичного вимикача QF використовується загальнопромисловий автоматичний вимикач серії А3700У, який встановлений всередині вибухонепроникної оболонки для забезпечення можливості його експлуатації в шахтних умовах. Назовні вибухонепроникної оболонки виведений важіль, який дозволяє вручну вмикати або вимикати автоматичний вимикач [1].

В автоматичному вимикачі встановлені три електромагнітні розчеплювачі – КQF1, КQF2, КQF3. *Незалежний розчеплювач* КQF1 використовується для вимкнення автоматичного вимикача при подачі на обмотку електромагніта струму від зовнішнього джерела (у випадку автоматичного вимикача АВ-200 ДО – від блока ПМЗ). *Нульовий розчеплювач* КQF2 виконує вимкнення автоматичного вимикача при зникненні напруги на обмотці електромагніта (нульовий захист).

Призначення *нульового захисту* – гарантоване вимикання автоматичного вимикача в разі зникнення зовнішнього електропостачання для запобігання самовільному увімкненню споживачів при поновленні електропостачання. В автоматичному вимикачі АВ-200 ДО нульовий розчеплювач додатково використовується для реалізації блокувань увімкнення у випадку спрацювання блоків ПМЗ та БРУ. *Максимальний розчеплювач* КQF3 реалізує функцію максимального струмового захисту (захисту від короткого замикання) у випадку використання АВ серії А3700У в загальнопромислових умовах. При використанні АВ серії А3700У в складі АВ-200ДО функцію максимального захисту виконує блок ПМЗ.

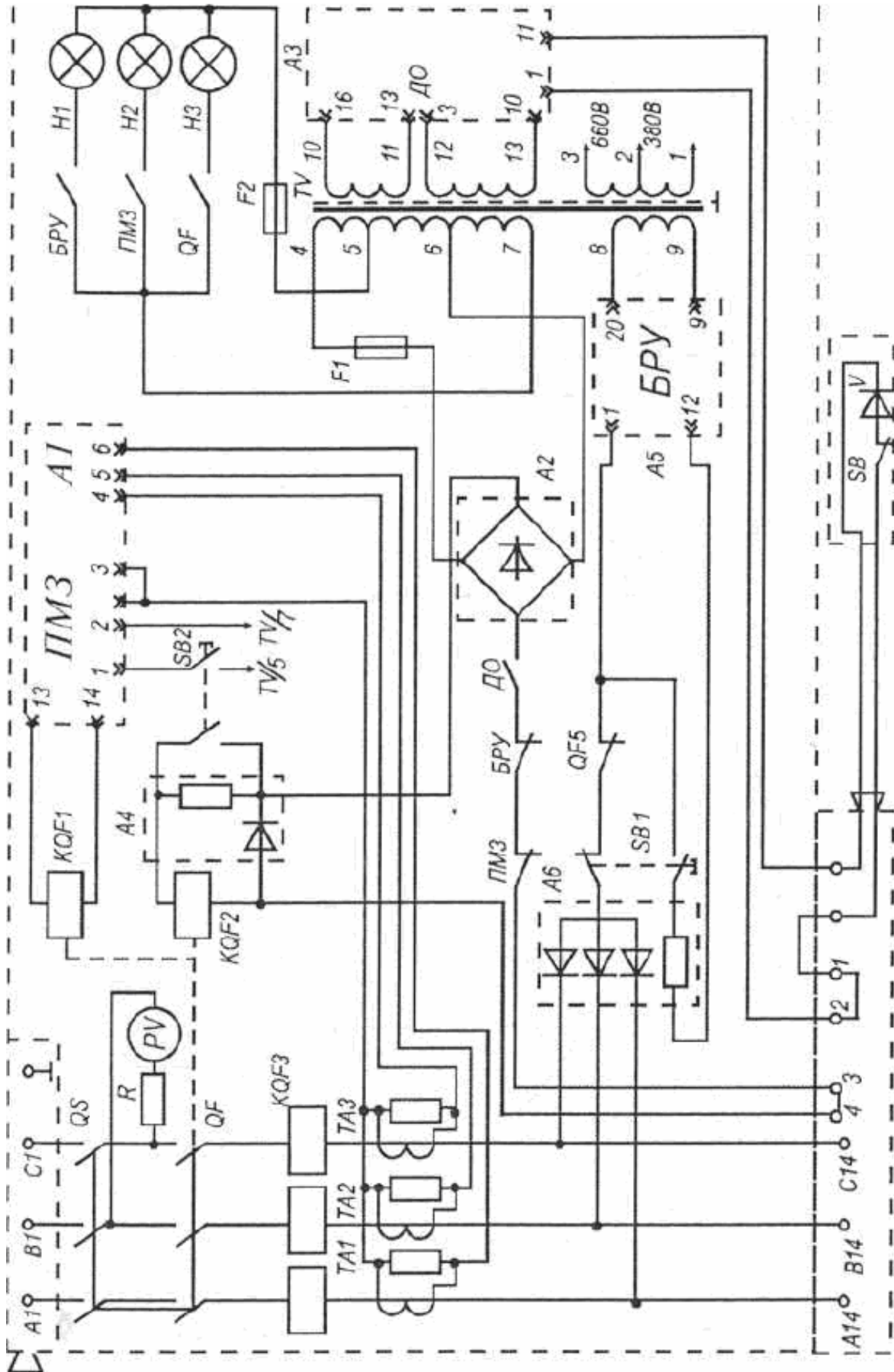


Рисунок 5.2 – Електрична схема вимикача серії АВ-ДО




Перед автоматичним вимикачем QF на схемі встановлений роз'єднувач QS, призначення якого – повне вимкнення напруги на всіх елементах схеми на час ремонту автоматичного вимикача. При цьому, роз'єднувач може розірвати електричне коло тільки, якщо струм вже був вимкнений, а спроба вимкнути струм навантаження роз'єднувачем призводить до виходу роз'єднувача з ладу. З цієї причини передбачено *механічне блокування* – важелі керування автоматичним вимикачем QF та роз'єднувачем QS механічно з'єднані таким чином, що роз'єднувач неможливо вимкнути, поки автоматичний вимикач увімкнений і для вимкнення роз'єднувача потрібно спочатку вимкнути автоматичний вимикач.

Блок ПМЗ реалізує максимальний струмовий захист. Блок ПМЗ живиться від трансформаторів струму ТА1-ТА3, які виконують зниження сили струму перед його подачею на вимірювальну схему. Якщо сила струму в мережі перевищує уставку спрацювання ПМЗ, то ПМЗ подає струм на незалежний розчеплювач автоматичного вимикача, що забезпечує його вимикання. Для зміни уставки спрацювання ПМЗ з його корпусу виведена ручка потенціометра. Під час спрацювання блока ПМЗ відбувається його блокування, тому під час наступного увімкнення автоматичного вимикача потрібно натиснути кнопку SB2 для скидання блокування ПМЗ.

Блок ДО з'єднаний з виносною кнопкою SB та призначений для дистанційного вимикання автоматичного вимикача. При натисканні на кнопку SB блок ДО виконує вимкнення автоматичного вимикача. При цьому не передбачено кнопки дистанційного увімкнення автоматичного вимикача, тому що більшу частину часу автоматичний вимикач увімкнений, а вимикається він тільки планово (вручну або за допомогою кнопки SB) або автоматично у випадку несправностей. У всіх цих випадках наступне увімкнення автоматичного вимикача здійснюється тільки вручну за допомогою важеля на корпусі. Для електроприймачів, яких потрібно часто вмикати та вимикати, в тому числі й дистанційно, замість АВ використовується пускач (лабораторна робота №4).

Блокувальне реле витоку БРУ призначене для виявлення зниження опору ізоляції кабелю. На відміну від ПМЗ, БРУ не вимикає автоматичний вимикач, а працює, поки вимикач вимкнений і у випадку виявлення несправності не дозволяє його увімкнути. БРУ має дві уставки, вибір між яким здійснюється за допомогою тумблера на корпусі блока. БРУ приєднується до фаз мережі через блок діодів А6. Для перевірки БРУ призначена кнопка SB1, при натисканні на яку до БРУ приєднується перевірювальний резистор, який імітує низький опір ізоляції.

Трансформатор TV – трансформатор власних потреб, який знижує напругу мережі для живлення блоків ДО, БРУ та сигнальних ламп. Сигнальна лампа Н1 вказує на спрацювання БРУ, а сигнальна лампа Н2



– на спрацювання ПМЗ. Сигнальна лампа НЗ вказує на нормальне увімкнення автоматичного вимикача. Вольтметр РV призначений для контролю напруги мережі.

Напівпровідниковий максимальний струмовий захист ПМЗ

Електрична схема захисту ПМЗ показана на рис. 5.3. Вона складається з встановлених у трьох фазах трансформаторів струму ТА1, ТА2, ТА3 і блоку захисту, в якому розміщені інші елементи схеми. Вторинні обмотки трансформаторів струму з'єднані в зірку, паралельно кожній обмотці підключені резистори R, що виключають роботу трансформаторів струму в режимі холостого ходу та пробій їх ізоляції. Між початками вторинних обмоток трансформаторів струму і нульовим проводом приєднані вимірювальна і виконавча частини схеми захисту ПМЗ. У разі такого складання схеми трансформатор струму є не тільки датчиком струму, але і джерелом живлення кола виконавчого органа захисту, що складається з послідовно включених трифазного випрямного моста, зібраного на діодах V1, V3, V5 і діода V18, обмотки незалежного розчеплювача KQF1 автоматичного вимикача, тиристора V14 і діода V17.

Паралельно обмотці незалежного розчеплювача KQF1 приєднано одну з обмоток двохобмоткового електромагнітного реле К з магнітною засувкою.

Вимірювальна частина схеми містить трифазний випрямляючий міст, зібраний на діодах V7, V8 і V9, дільник напруги на резисторах R8-R11 і напівпровідникове реле короткого замикання, вхід якого приєднаний до дільника напруги, а вихід – до керуючого електроду тиристора V14. Напівпровідникове реле короткого замикання складається зі стабілітрона V11, діода V12, конденсатора С1, резисторів R13 і R14, тиристора V13, конденсатора С2. Щоб перевірити дію захисту, паралельно вимірювальній частині схеми через перемикач SA приєднується трифазний випрямляч, послідовно з вентилями якого V2, V4 і V6 включені резистори R1-R6.

Уставку спрацювання захисту ПМЗ регулюють змінним резистором R9, розміщеним в одному з плечей дільника напруги.

У разі виникнення в мережі аварійного струму, що перевищує уставку захисту, напруга з резисторів R, пропорційна вторинному струму трансформаторів струму (ТА1-ТА3), подається на електроди силового тиристора V14, а напруга з паралельно з'єднаних резисторів R1-R6 – на дільник напруги. Якщо сила струму в мережі така, що напруга на плечі дільника з резисторами R10 і R11 перевищує напругу стабілізації стабілітрона V11, то сигнал подається на керуючий електрод тиристора V10, викликаючи його відкриття і подачу струму зміщення на керуючий електрод тиристора V14. У цьому випадку тиристор V14 відкривається, що викликає спрацювання незалежного розчеплювача. Замикаючий контакт реле К2 вмикає коло сигналізації про спрацювання максимального струмового захисту ПМЗ, а контакт, що розмикається К1, розриваючи коло живлення нульового розчеплювача АВ, блокує його включення.

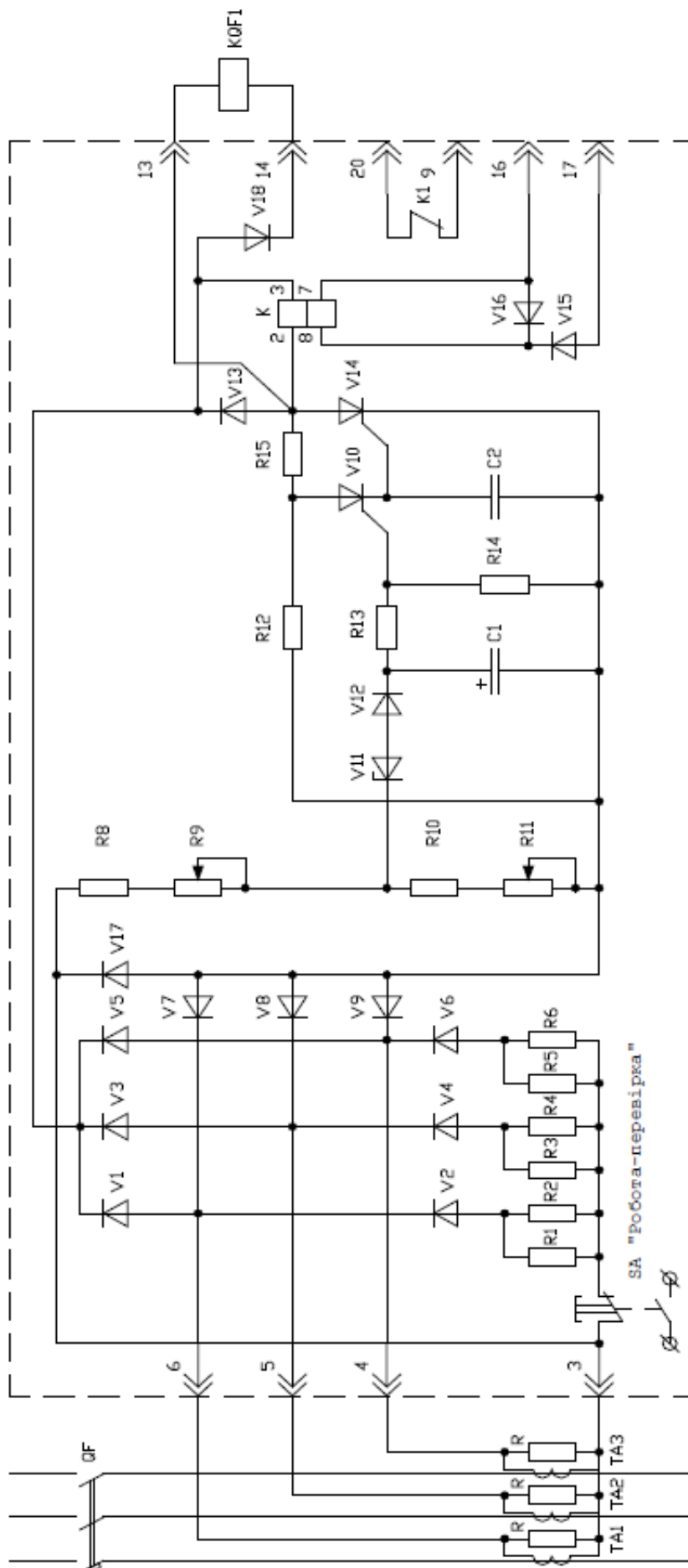



Рисунок 5.3 – Принципова електрична схема блоку ПМЗ



Для перевірки дії максимального струмового захисту ПМЗ перемикач SA встановлюється в положення "Перевірка", при якому загальна точка випрямляча, зібраного на діодах V1, V4 і V6 з резисторами R1, R2 і R3, виявляється відімкненою від вторинних обмоток трансформаторів струму ТА1, ТА2 і ТА3. У результаті цього у разі виникнення струму в первинному колі на вимірювальну частину схеми напруга подається не з паралельно з'єднаних резисторів R і R1-R2, R3-R4, R5-R6, а тільки з резисторів R. Тому чутливість схеми захисту ПМЗ підвищується. *Дію захисту перевіряють при пуску електродвигуна.* Якщо уставка захисту обрана, виходячи з умови налаштування від пускових струмів, приєднаного до вимикача електродвигуна, захист ПМЗ спрацьовує. Після перевірки дії захисту ПМЗ перемикач SA встановлюють у положення "Робота". Діапазон регулювання уставок спрацьовування максимального струмового захисту – від $2I_{ном}$ до $6I_{ном}$ автоматичного вимикача.

Блок дистанційного вимикання ДО

Блок ДО призначений для дистанційного вимикання АВ і для зняття напруги з електроприймачів, приєднаних до відходячої від вимикача ділянки мережі, при виникненні аварійних ситуацій. Крім того, за допомогою ДО контролюється цілісність і значення опору кола заземлення. Принципова схема блока ДО показана на рис. 5.4.

Блок ДО складається з корпусу з контактною вилкою, усередині якого на платах із друкованим монтажем встановлені елементи схеми. Живиться він від двох вторинних обмоток трансформатора TV. Напруга кожної обмотки – 18 В змінного струму (рис. 5.2).

Через контакти штепсельних роз'ємів 11 та 1, та прохідні затискачі відділення виводів вимикача кола блоку ДО з'єднуються контрольним кабелем з винесеним кнопковим постом КУВ-1 дистанційного вимикання, у якому встановлені кнопковий елемент SB і діод VD8.

Довжина кабелю, при якій не знижується надійність функціонування блоку ДО, повинна бути такою, щоб загальний опір двох жил кола дистанційного вимикання не перевищував 25 Ом.

Блок ДО складається з *вимірювальної і виконавчої частин*. *Вимірювальна частина* містить міст постійного струму, плечима якого є резистори R2, R5, R6 й опір кола дистанційного відключення. У вимірювальну діагональ моста послідовно з резистором R4 приєднано емітерний перехід транзистора VT1, включеного за схемою з загальним емітером. *Виконавча частина* схеми містить колекторний перехід транзистора VT1, обмотку К виконавчого реле і конденсатор C2. Замикаючий контакт включений у коло нульового розчеплювача автоматичного вимикача. Виконавча частина схеми живиться постійною напругою від діодного моста VD4-VD7.

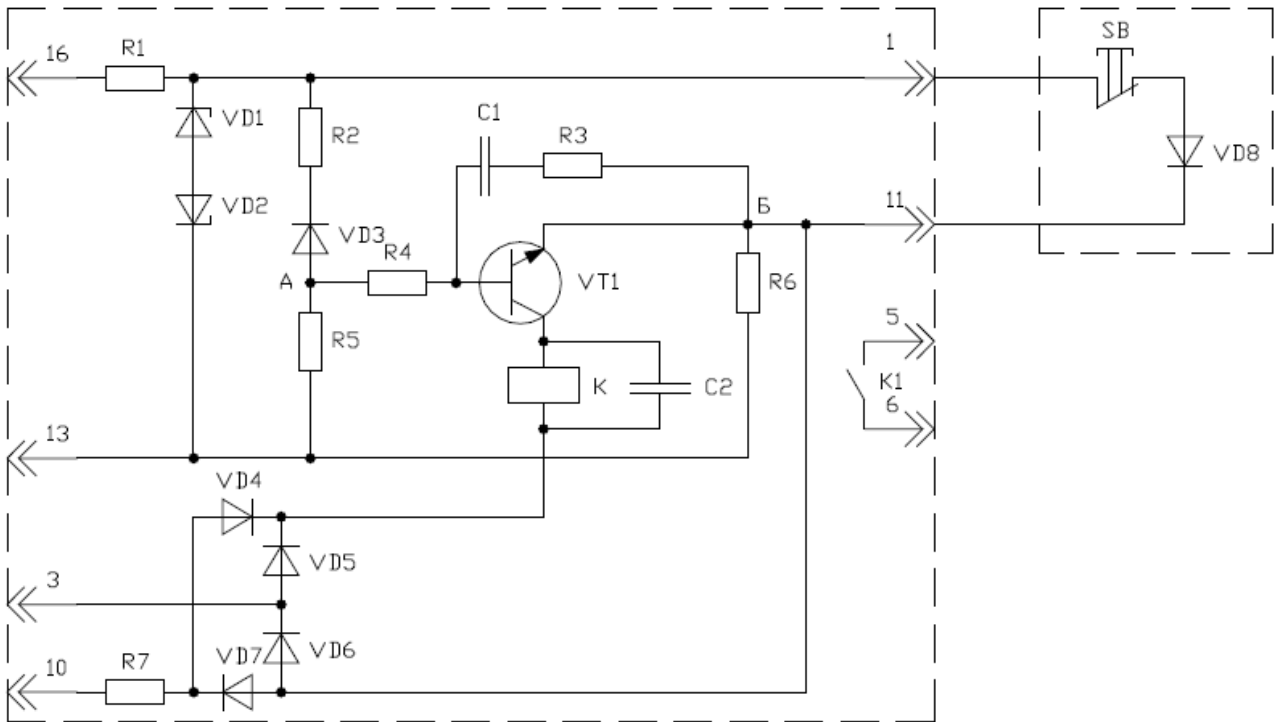


Рисунок 5.4 – Принципова електрична схема блока ДО

Для забезпечення іскробезпеки кіл дистанційного вимикання у блоці ДО встановлені резистори R1, R7 і стабілітрони VD1 і VD2. Параметри резисторів мосту вибрані таким чином, що в нормальному режимі роботи схеми з замкнутим колом дистанційного відключення (кнопка SB замкнута) точка А знаходиться під позитивним потенціалом відносно точки Б. Отже, до емітерного переходу прикладена пряма, тобто відкриваюча напруга транзистора VT1. Це призводить до спрацювання реле К і замикання контакту К1 в колі нульового розчеплювача. У разі збільшення опору кола дистанційного вимикання вище припустимого рівня точка А буде знаходитися під негативним потенціалом відносно точки Б, тобто до емітерного переходу буде прикладена закриваюча напруга, що забезпечує надійне закриття транзистора. Внаслідок цього реле К відключиться і його контакт К1 розімкне коло нульового розчеплювача автоматичного вимикача. Реле К також відключається при обриві кола дистанційного відключення, чи при натисканні кнопки SB.

Пристрій ДО забезпечує струмовий захист у разі короткого замикання кола дистанційного вимикання, за допомогою діода VD8, винесеного до кнопкового посту. Тому в колі буде проходити змінний струм, а не випрямлений, як у нормальному режимі.

Пристрій блокування від струмів витоку (БРУ)

В автоматичних вимикачах серії АВ-ДО (рис. 5.2) застосовується пристрій блокування від струмів витоку БРУ, призначений для запобігання подачі напруги на пошкоджену ділянку мережі, що контролює при відключеному вимикачі опір ізоляції відносно землі ділянки мережі, що

відходить від вимикача, не допускаючи включення вимикача, якщо зазначений опір знизився до неприпустимого рівня.

Пристрій БРУ (рис. 5.5) складається з джерела оперативного живлення – трансформатора напруги TV, встановленого у вимикачі, і блоку БРУ, у якому розміщені елементи схеми. Блок БРУ складається з корпусу з контактною вилкою, всередині якого на платі з друкованим монтажем встановлені елементи схеми. На лицьову частину блоку виведено рукоять тумблера перемикачання уставки спрацювання. Оперативна напруга контролю опору ізоляції – 50 В. Уставки спрацювання не менші: попереджувальна – 200 кОм; аварійна – 30 кОм.

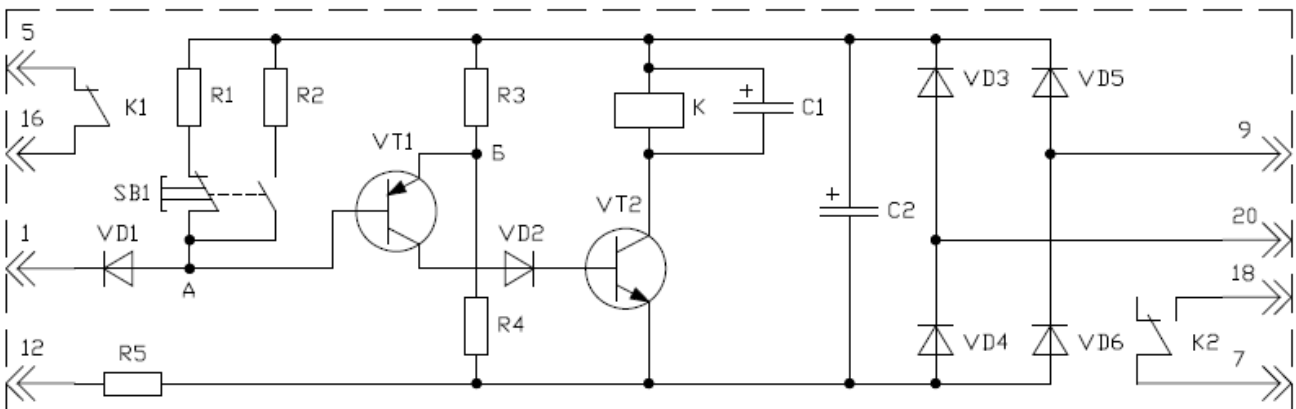



Рисунок 5.5 – Принципова електрична схема блоку БРУ

Основною частиною схеми БРУ є міст опорів, плечами якого є резистори R1 (R2), R3, R4 та ізоляція мережі, приєднана між контактами 1-12. Під час роботи БРУ через ізоляцію протікає постійний струм по колу (рис. 5.2): контакт 1 БРУ – допоміжний контакт вимикача QF5 – кнопка SB1 "Перевірка БРУ" – блок діодів А6 – фази мережі – ізоляція – земля – контакт 12 БРУ. В діагональ моста ввімкнений емітерний перехід транзистора VT1. Опори плечей моста вибрані так, що коли опір ізоляції більший за уставку БРУ потенціал точки А більший за потенціал точки Б, і транзистор VT1 закритий. В разі зниження опору ізоляції потенціал точки А стає меншим за потенціал точки Б, через емітерний перехід протікає струм і транзистор VT1 відкривається. Колекторний струм VT1 проходить через діод VD2 та емітерний перехід транзистора VT2. Транзистор VT2 відкривається, викликаючи спрацювання виконавчого реле К. При цьому розмикається контакт К1 в колі нульового розчеплювача вимикача, що дозволяє його включити. Одночасно замикається контакт К2 в колі сигнальної лампи.

Схема БРУ живиться постійною напругою від випрямляча, що складається з діодного моста VD3-VD6 та згладжуючого конденсатора C2. Перемикач SB1 використовується для вибору уставки спрацювання БРУ. Для перевірки працездатності БРУ в схемі автоматичного вимикача (рис. 5.2) передбачена кнопка SB1. При натисканні кнопки SB1 контакти 1-



12 БРУ замикаються через резистор, встановлений в блоці діодів А6, що призводить до спрацювання БРУ.

1.5 Особливості швидкодіючих вимикачів серії АБВ

Для видобувних і підготовчих дільниць на пластах, небезпечних за раптовими викидами породи, вугілля або газу, розроблений вибухобезпечний швидкодіючий автоматичний вимикач серії АБВ, призначений для роботи в системах електропостачання з автоматичним випереджувальним вимиканням (2,5 мс).

Конструктивно вимикач відрізняється тільки наявністю головного короткозамикача, імпульсного трансформатора, блоку конденсаторів та фільтра приєднання (рис. 5.6).

Електрична схема швидкодіючого вимикача забезпечує усі види керування та захисту, викладені у п.1.4, а також:

- подачу вимикального імпульсу на моторні короткозамикачі тільки при спрацюванні швидкодіючих захистів, при цьому кількість моторних короткозамикачів не повинна перевищувати десяти;
- закорочування відхідного кабелю тільки при спрацюванні швидкодіючих захистів головними напівпровідниковим і механічним короткозамикачами ГК автоматичного вимикача.

Швидкодіючий максимальний захист реагує на швидкість зростання струму di/dt у мережі. При швидкості зростання струму більше граничного значення подається сигнал на розряд батареї конденсаторів блока БК через котушку QF індукційно-динамічного привода. Одночасно подається сигнал на спрацювання головного короткозамикача ГК і моторних напівпровідникових короткозамикачів. У блоці БМЗ встановлено двообмоткове реле з магнітною заціпкою, яке блокує повторне вмикання вимикача при спрацюванні БМЗ.

Пристрій швидкодіючого захисту від замикань на землю УБЗ реагує на напругу нульової послідовності. При зниженні опору ізоляції електричної мережі нижче уставки спрацювання захисту УБЗ видає сигнал на розряд батареї конденсаторів БК, що спричиняє вимкнення вимикача і вмикання головного та моторних короткозамикачів.

При ввімкненому вимикачі та зниженні опору ізоляції електричної мережі до граничного значення спрацює реле витоку РУ, що спричиняє вимкнення вимикача QF без спрацювання коротко-замикачів ГК і МК.

При вимкнутому вимикачі QF у разі зниження опору ізоляції електричної мережі нижче граничного значення спрацює БРУ та вимикач блокується.

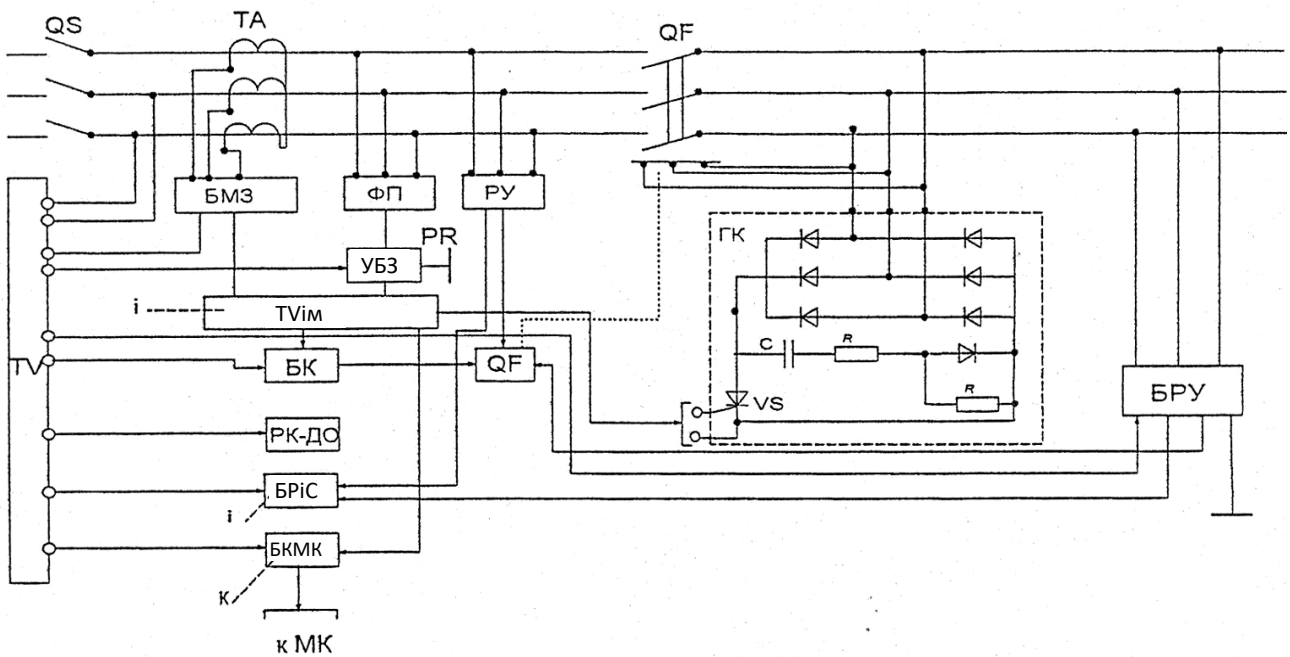


Рисунок 5.6 – Схема автоматичного швидкодіючого вимикача серії АБВ: ФП – фільтр приєднання, ТВім – імпульсний трансформатор, БК – блок конденсаторів, БРіС – блок реле і сигналізації, БКМК – блок керування моторними короткозамикачами МК

Блок реле контролю дистанційного вимикання РК-ДО контролює збільшення активного опору кола керування, обрив і замикання між жилами кола дистанційного керування. При обриві або збільшенні активного опору кола дистанційного керування більше 40 Ом подається сигнал на розмикання електромагнітного розчіплювача.

Головний короткозамикач ГК призначений для короткого за-микання жил відхідного кабелю при спрацюванні швидкодіючих захистів. Для роботи спільно з автоматичним вимикачем серії АБВ у трифазних мережах змінного струму використовують швидкодіючі короткозамикачі типів ПМК і ПМКБ, які замикають жили живильної лінії з боку електродвигунів.

2 ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

В рамках виконання лабораторної роботи здобувачу пропонується скористатися наступним алгоритмом:

– опрацювати навчально-методичний матеріал цих вказівок і, за необхідності, літературних джерел вільного доступу, а саме:

- вивчити типи та галузі застосування рудникових автоматичних вимикачів;
- ознайомитися з технічними характеристиками автоматичних вимикачів різних серій;
- засвоїти призначення основних конструктивних елементів рудникових автоматичних вимикачів;



- дослідити роботу електричної схеми вибухозахищеного автоматичного вимикача у нормальному режимі та при спрацьовуванні захистів у випадку виникнення нештатних ситуацій;
 - розгорнуто відповісти на одне контрольне запитання із переліку нижче (на вибір здобувача, але організуватися так, щоб не було дублювань);
 - підготувати звіт згідно запропонованих вимог, а також коротке повідомлення щодо загальних висновків по роботі та отриманих результатів;
 - презентувати підготовлене повідомлення іншим учасникам освітнього процесу.

Контрольні запитання

1. Визначте призначення та область застосування рудникових автоматичних вимикачів різних серій.
2. Наведіть основні використовувані серії автоматичних вимикачів та розтлумачте їх позначення.
3. Класифікуйте види та призначення електричних захистів і сигналізацій, якими обладнаний вимикач серії АВ-ДО.
4. Розтлумачте основні технічні характеристики рудникових автоматичних вимикачів.
5. Охарактеризуйте основні конструктивні блоки вимикача та їх призначення.
6. Розтлумачте принцип дії блоку ПМЗ у вимикачі серії АВ-ДО.
7. Поясніть принцип дії блоку ДО у вимикачі серії АВ-ДО.
8. Поясніть принцип дії блоку БРУ у вимикачі серії АВ-ДО.
9. Класифікуйте типи розчеплювачів, що містяться в АВ, та їх призначення.
10. Поясніть принцип дії механічного блокування автоматичних вимикачів серії АВ-ДО?
11. Поясніть, за рахунок чого забезпечується вибухозахист рудникових вимикачів?
12. Як функціонує захист від струмів короткого замикання типу ПМЗ?
13. Назвіть причини, завдяки яким при вмиканні вимикача серії АВ-ДО може не засвітитися сигнальна лампа НЗ.
14. Наведіть особливості конструкції та електричної схеми швидкодіючого автоматичного вимикача АБВ від інших рудникових вимикачів.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ШАХТНИХ ПУСКОВИХ АГРЕГАТІВ

Мета лабораторної роботи: закріпити отримані теоретичні знання щодо призначення, конструкції та технічних характеристик вибухозахищених шахтних пускових агрегатів, а також дослідити їх функціональні та пускозахисні властивості.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення та галузь застосування рудникових пускових агрегатів

Шахтні пускові агрегати та джерела живлення призначені для перетворення змінного трифазного струму напругою 1140, 660 та 380 В у напругу 133 В, живлення та захисту від аварійних режимів двох ручних електросвердел трифазного змінного та світильників місцевого освітлення загальною потужністю не більше 4 (6) кВА. За відсутності електросвердел усю потужність можна використати для живлення освітлювальної мережі. При цьому керування агрегатами повинно здійснюватися від винесеного двохкнопового посту керування за трипровідною схемою.

Пускові агрегати забезпечують такі види захисту та блокування:

- від струмів короткого замикання (КЗ) у колах живлення електросвердел та місцевої освітлювальної мережі (максимальний захист);
- від струмів витоку у мережі 127 В;
- від струмів КЗ у колах дистанційного керування (захист від втрати керування);
- від самовмикання при підвищенні живильної напруги у мережі до 1,5 номінальної;
- при обриві або збільшенні опору кола заземлення ручних електросвердел до значення більше 100 Ом;
- при зниженні напруги до 0,6 ... 0,7 номінальної;
- від подачі напруги на пошкоджений кабель на боці 127 В (блокування вмикання агрегату при небезпечному зниженні опору ізоляції мережі 127 В);
- нульовий захист кіл, що відходять від вторинної обмотки силового трансформатора;
- блокування, яке перешкоджує подачу напруги на відхідні від вторинної обмотки силового трансформатора кола, якщо реле витоку вимкнено.

Пускові агрегати забезпечують такі види світлової сигналізації:

- про вмикнутий автоматичний вимикач (якщо напруга подана до входу силового трансформатора);
- про спрацювання кожного з двох реле максимального струму;
- про спрацювання реле витоку.

Агрегати мають рівень вибухозахисту РВ із іскробезпечними колами керування Іа та призначений для роботи у шахтах, небезпечних за газом та пилом.

1.2 Технічні характеристики

Технічні характеристики рудникових вибухобезпечних пускових агрегатів наведено у табл. 6.1, а джерел живлення – у табл. 6.2 [3].

Таблиця 6.1 – Технічні параметри пускових агрегатів

Параметр	АП-4	АПШ-2	АБК-2,5	АБК-4	АББК-2,5	АПВИ-1140
Номінальна потужність, кВ·А	4	4	2,5	4	2,5	4
Номінальна напруга мережі живлення, В	380; 660	660; 1140	380; 660	380; 660	380; 660	660; 1140
Номінальна напруга вторинного кола, В	133±5	133±5	133±5	133±5	133±5	133±5
Номінальний струм, А:						
– первинного кола	6,1; 3,5	6,76; 3,9	4,95 2,85	6,6; 3,8	4,95 2,85	3,9; 2,25
– вторинного кола	17,4	17,4	14,8	18,5	14	17,4
ККД		0,92		0,92		0,92
Найбільша довжина екранованого відхідного кабелю, м:	0,94					
– з перерізом 2,5 мм ²	140	90		100		115
– з перерізом 4,0 мм ²	220	140		150		190
– з перерізом 6,0 мм ²	340	210		240		260
Рівень та вид вибухозахисту	РВ, ИВ	РВ, ЗВ ИВ		РВ, ЗВ ИВ		РВ, ЗВ ИВ
Маса, кг	200	200	135	220	150	

1.3 Конструктивні особливості вибухозахищених пускових агрегатів

Конструктивно майже усі серії вибухозахищених пускових агрегатів та джерел живлення дуже схожі між собою (рис. 6.1). Розглянемо їх конструкцію на прикладі шахтного пускового агрегату серії АПШ-2 [14].

Основними елементами агрегату є: корпус 1, силовий трансформатор 2, панель керування 3, автоматичний вимикач 4, блок

реле витоку 5. Корпус 1 складається зі зварювальної оболонки, яка поділена на чотири вибухонепроникливі відділення (камери): пускової та захисної апаратури (відділення обслуговування), відділення вимикача, відділення введення кабелю та виведення кабелів (рис. 6.2).

Таблиця 6.2 – Технічні параметри джерел живлення

Параметр	ИПШ-1М	ИПШ-2М	АПШД-4	АПШД-6
Сумарна потужність навантаження, що підключається, кВ·А	4	4	4	6
Максимальна потужність струмоприймачів			2×1,8	2×2,6
Номинальна напруга мережі живлення, В	380; 660	660; 1140	1140/660; 660/380	
Номинальна напруга вторинного кола, В:				
– канал 1	133±5	133±5	230/133	230/133
– канал 2	230/133±5	230/133±5	230/133	230/133
– канал 3	230/133±	230/133±	–	–
Номинальний струм вторинного кола, А:				
– напругою 127 В	8,2	8,2		
– напругою 220/127 В	5,8/10	5,8/10	10/17,3	14/24
Можливість реверсу ручного електроінструменту	–	–	так	так
Рівень та вид вибухозахисту	РВ, 3В Ив	РВ, 3В Ив	РВ, 3В Ив	РВ, 3В Ив
Маса, кг	220	220	300	320



Рисунок 6.1 – Зовнішній вигляд вибухобезпечних джерела живлення ИПШ-М та пускового агрегату АПШ-2

У відділенні обслуговування розміщені силовий трансформатор 2, панель керування 3, блок реле витоку 5, затискач 14 для перемикавання обмоток трансформатора, панель сигнальних ламп, панель запобіжників. Відділення закрито передньою кришкою 6, а з боку трансформатора – задньою кришкою 7. Відділення поділене перегородкою для зменшення нагріву пускової та захисної апаратури від силового трансформатора. Відділення вимикача закрито кришкою 8.

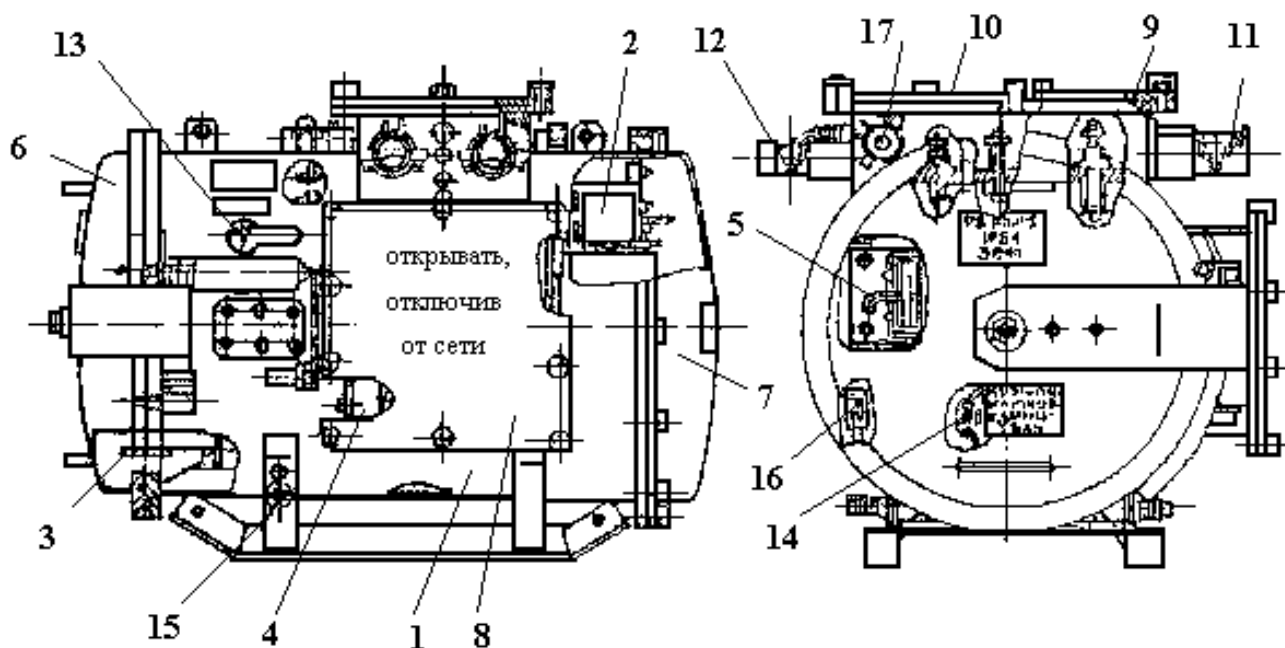



Рисунок 6.2 – Конструкція пускового агрегату АПШ-2

Відділення введення кабелю від мережі забезпечено двома кабельними уводами 11, діаметром 32 мм, один з яких використовується як транзитний, і закрито кришкою 9.

Відділення виведення кабелів з боку навантаження забезпечене двома кабельними уводами 12 діаметром 32 мм для підмикання електросвердел та трьома кабельними уводами 13 діаметром 20 мм для підмикання додаткового заземлення реле витоку, місцевого освітлення та кнопочного поста дистанційного керування. Відділення закрито кришкою 10. Електричний зв'язок між елементами схеми і зовнішніми комунікаціями здійснюється через контактні клеми, які розраховані для підмикання кіл напругою 18, 127 і 660 В.

Для місцевого заземлення корпусу передбачені заземлювальні затискачі 15. Назовні корпусу виведені валик з важелем 13 для повернення реле максимального струму після їх спрацювання без відкривання кришки, три штоки для вмикання кнопки перевірки реле витоку РУ, кнопки перевірки одночасно двох реле максимального струму КА1, КА2 та кнопки для роз'єднання кола живлення незалежного розчеплювача автоматичного вимикача SF.



Передня кришка відділення 6 швидко відкривається і блокується з рукояткою привода вимикача. *Блокування дозволяє* відкрити передню кришку тільки тоді, коли вимикач вимкнений, і запобігає вмиканню вимикача при відкритій передній кришці. Для відкривання передньої кришки передбачено спеціальний зубчатий ключ.

З'єднання обмоток високої напруги силового трансформатора зіркою або трикутником залежно від напруги мережі 660 або 380 В здійснюється перемичкою на клемнику 14. Реле витоку виконано окремим блоком у пластмасовому пилозахисному корпусі з швидковідкриваємим роз'ємом.

На панелі керування 3 розташовані два пускачі КМ1, КМ2, два проміжних реле КЛ1, КЛ2, два реле максимального струму КА1, КА2, іскробезпечний стабілізуючий трансформатор.

1.4 Електрична схема пускового агрегату АПШ

Принципова електрична схема пускового агрегату з колами живлення одного електросвердла наведена на рис. 6.3. Основними елементами електричної схеми є: силовий трансформатор Т1, стабілізуючий трансформатор Т2 напругою 18 В для живлення кіл керування, окрема вторинна обмотка Т3 напругою 36 В у одній з фаз силового трансформатора, від якої живляться [14]:

- стабілізуючий трансформатор Т2 через замикальний контакт К5.2 реле витоку;
- котушка незалежного розчеплювача *автоматичного вимикача* SF через розмикальний контакт К5.1 реле витоку та кнопки SB1;
- утягувальні котушки пускачів КМ1 та КМ2 через замикальні контакти проміжних реле КЛ1 і КЛ2;
- перевірочні котушки максимальних реле КА1 та КА2 через замикальний контакт кнопки SB2;
- кола живлення сигнальних ламп HL1, HL2 та HL3 через резистори R1, R2, R3 та замикальні контакти максимальних реле КА1.2 та КА2.2.

Вмикання АПШ

Натиснути на кнопку SB1. При цьому розмикається коло котушки незалежного розчеплювача автоматичного вимикача SF. Ручкою вмикання вмикають автоматичний вимикач SF. Подається напруга мережі на вхід (первинну обмотку) силового трансформатора Т1, отже на усі елементи, які приєднані до вторинної обмотки. Після запалення сигнальної лампи HL1 кнопку SB1 *треба відпустити*. Якщо напруга на вторинну обмотку силового трансформатора Т1 подана, вмикається реле витоку, спрацьовує виконавче реле К5, яке своїм розмикальним контактом К5.1 розмикає коло живлення котушки незалежного розчеплювача вимикача SF, а замикальним контактом К5.2 підмикає первинну обмотку стабілізуючого трансформатора Т2 до джерела напруги – окремій обмотки Т3 напругою 36 В силового трансформатора Т1. Кнопка SB1 призначена

для запобігання вимикання вимикача SF власним незалежним розчеплювачем під час вмикання агрегату.

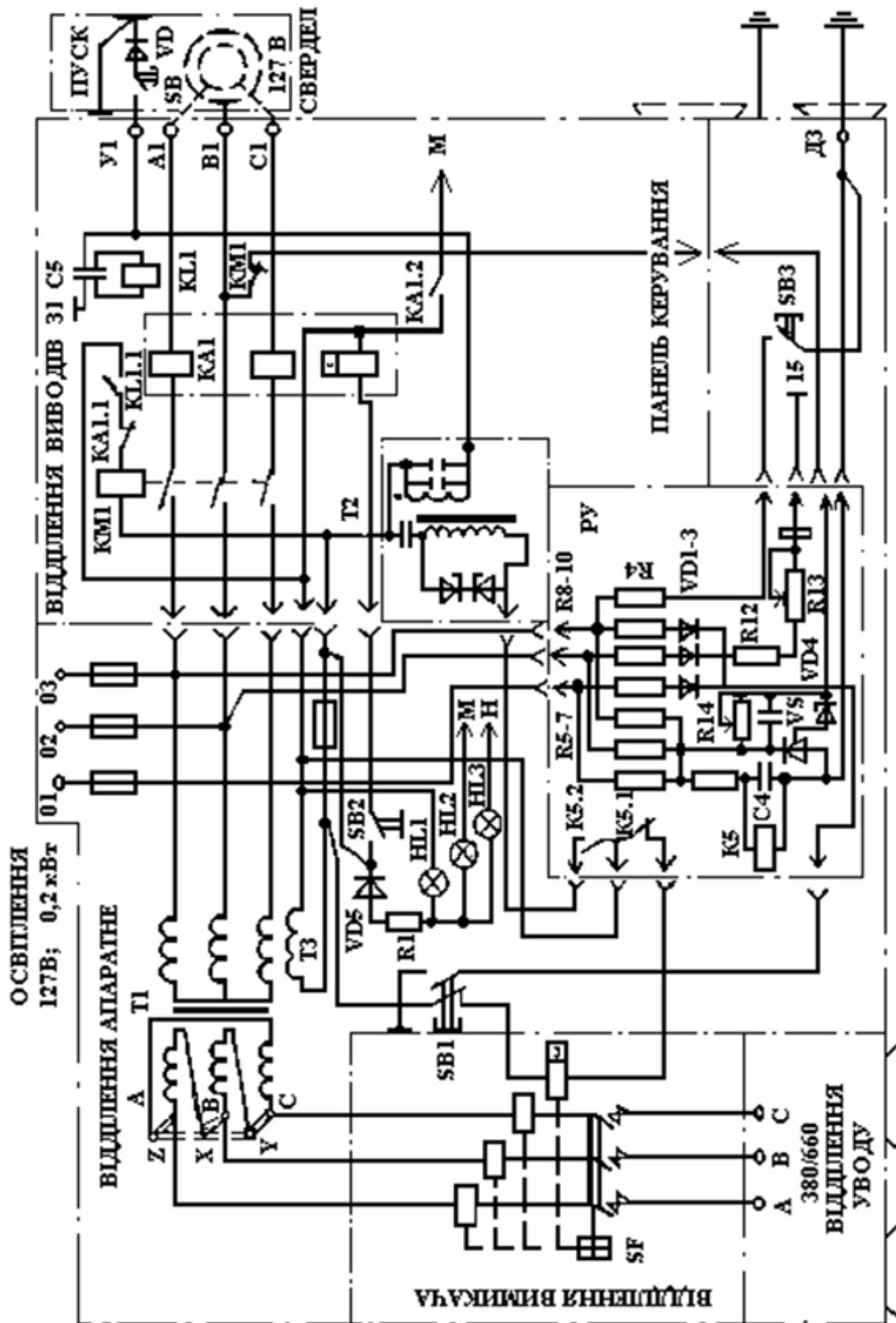



Рисунок 6.3 – Електрична схема пускового агрегату АПШ-2



Для надійного спрацьовування реле витоку замикальним контактом кнопки SB1 шунтуються резистори R12 та R13, струм у обмотці реле K5 збільшується і реле надійно спрацьовує.

Дистанційне керування агрегатом здійснюється вмиканням кнопки SB на свердлі. При цьому обмотка проміжного реле KL1 шунтується на протязі одного півперіоду діодом VD у пульті керування по колу: ізолюваний від корпусу кінець вторинної обмотки трансформатора T2, кнопка SB, діод VD, корпус свердла, заземлювальна жила кабелю, корпус пускового агрегату, другий кінець вторинної обмотки трансформатора T2. Таким чином, по обмотці проміжного реле KL1 протікає випрямлений струм у колі: з'єднаний з корпусом кінець вторинної обмотки трансформатора T2, корпус (точка 31) агрегату, проміжне реле KL1, ізолюваний від корпусу другий кінець обмотки трансформатора T2. Реле KL1 спрацьовує і замикає свій контакт KL1.1 у колі живлення котушки пускача KM1, пускач спрацьовує та подає напругу на свердло. Вимикання свердла здійснюється відпусканням (роз'єднанням) кнопки SB на свердлі.

Захист від струмів K3 у відхідних колах, які живляться від вторинної обмотки силового трансформатора здійснюється за допомогою реле максимального струму KA1 та KA2 без самоповернення (з поверненням натисканням кнопки) із струмом уставки 50 ± 5 А.


При спрацьовуванні реле максимального струму KA1 своїм розмикальним контактом KA1.1 розмикає кола живлення котушки пускача (контактора) KM1 і відхідне від нього коло вимикається, а замикальним контактом KA1.2 замикає коло живлення сигнальної лампи HL2. Захист від струмів K3 у силових колах на ділянці між автоматичним вимикачем SF та реле KA1, KA2 здійснюється електромагнітними реле в колі первинної обмотки трансформатора T1.

Захист від струмів K3 у колі живлення місцевого освітлення здійснюється запобіжниками F1 ... F3.

Перевірка роботи реле максимального струму виконується натисканням кнопки SB2, яка замикає коло живлення перевірних котушок, електромагнітна система яких діє на механізм вільного розчеплення реле. У початковий робочий стан реле повертають з допомогою рукоятки деблокування, яка розміщена на корпусі агрегату. Важіль цієї рукоятки зводить кнопку реле.

Захист від струмів витоку на землю відхідних кіл, які живляться від вторинної обмотки силового трансформатора з попереднім контролем опору ізоляції цих кіл, здійснюється за допомогою реле витоку.

За відсутності значних струмів витоку у колі, що захищається, оперативний струм протікає у колі: "плюс" діодів VD1 ... VD3, резистори R12 та R13, корпус, заземлення корпусу, земля, додаткове заземлення і його затискач ДЗ, який ізолюваний від корпусу, котушка двообмоткового виконавчого реле K5, резистори R11, R5 ... R7, резистори R8 ... R10, "мінус" діодів VD1 ... VD3. Частина оперативного струму протікає через



опір захищаємої мережі паралельно обмотці реле К5 у колі: "плюс" діодів VD1 ... VD3, резистори R12, R13, корпус агрегату, земля, ізоляція мережі, силова мережа, резистори R8 ... R10, "мінус" діодів VD1 ... VD3. Якщо опір мережі великий, то струм у обмотці виконавчого реле К5 буде максимальним і його якір притягнутий, коло живлення обмотки незалежного розчеплювача АВ SF розірвано розмикальним контактом К5.1, а замикальний контакт К5.2 подає напругу на первинну обмотку стабілізуючого трансформатора Т2.


При зниженні опору ізоляції мережі частина оперативного струму відгалужується паралельно обмотці реле К5 по вищевказаному колу, і струм у його обмотці зменшується. При зменшенні опору ізоляції до значення уставки спрацьовування реле витоку К5, воно вимикається, розмикає замикальним контактом К5.2 коло живлення первинної обмотки трансформатора Т2 та замикає розмикальним контактом К5.1 коло живлення обмотки незалежного розчеплювача автоматичного вимикача SF. Останній спрацьовує і знімає напругу з входу силового трансформатора Т1, сигнальна лампа HL1 "Вмикнуто" гасне.

Попередній контроль ізоляції (**робота у режимі БРВ**) кіл, відхідних від вторинної обмотки силового трансформатора Т1, якщо контактори КМ1, КМ2 вимкнуті, здійснюється шунтуванням обмотки реле К5 та резистора R11 електричним колом: "мінус" діодів VD1 ... VD3, резистори R8 ... R10, R5 ... R7, загальна точка резисторів R5 ... R7, резистор R14, розмикальні контакти контакторів КМ1, КМ2, фаза "В", затискачі В1, В2 електросвердел, "земля" у місці зниження опору ізоляції, заземлення агрегату, корпус агрегату (точка 15), резистори R13, R12, загальна точка діодів VD1 ... VD3. При шунтуванні обмотки реле К5 струм в останній не досягає значення спрацьовування і реле К5 не спрацьовує. Розмикальний контакт К5.1 у колі незалежного розчеплювача автоматичного вимикача SF залишається замкнутим.

Таким чином, у разі пошкодження ізоляції або зниження її опору до нормованого значення та нижче у відхідних від вторинної обмотки силового трансформатора колах при вимкнутих контакторах під час вмикання і подачі напруги на первинну обмотку силового трансформатора Т1 вимикач SF миттєво спрацьовує та знімає напругу. Сигнальна лампа HL1 "Вмикнуто" гасне. Значення уставки при роботі у режимі БРВ складає не більше 4 кОм.

Перевірка спрацьовування реле витоку здійснюється короточасним замиканням фази А1 вторинної обмотки силового трансформатора Т1 кнопкою SB3 через перевірний резистор R4 на додаткове заземлення ДЗ.

Захист від струмів КЗ у колах дистанційного керування здійснюється проміжними реле КЛ1, КЛ2 постійного струму та діодом, що розміщений у ручці електросвердла. При замиканні у колах дистанційного керування діод, який увімкнений послідовно з пусковою кнопкою, шунтується і реле КЛ1, яке було вмикнуто, вимикається.



Захист від самовмикання при підвищенні напруги у мережі до 1,5 номінальної забезпечується стабілізуючим трансформатором Т2.

Нульовий захист електросвердла забезпечується пусковою кнопкою SB із самоповерненням, а при підмиканні освітлення замість електросвердел – застосуванням трипроводної схеми керування контакторами агрегату (блок-контакт контактора в колі керування).

Захист від обриву або збільшення опору кола заземлення здійснюється проміжними реле KL1 і KL2, що настроєні на відпускання при опорі жили заземлення 100 Ом і більше.

Блокування, що запобігає подачі напруги у відхідні від вторинної обмотки силового трансформатора кола, якщо реле витоку вимкнено, досягається тим, що буде розірвано коло живлення первинної обмотки стабілізуючого трансформатора Т2 контактом К5.2.

Для підмикання пускового агрегату до мережі використовується шахтний кабель на напругу 660 В, зовнішнім діаметром не більше 30 мм та перерізом жил 6 мм². Допускається використання кабелю з перерізом жил до 10 мм².

Для підмикання електросвердел до агрегату повинен використовуватися особливо гнучкий кабель зовнішнім діаметром не більше 30 мм та перерізом силових жил до 6 мм².

Залежно від перерізу жил довжина кабелю, що приєднується, не повинна перевищувати:

- 90 метрів при перерізі 2,5 мм²;
- 140 метрів при перерізі 4 мм²;
- 210 метрів при перерізі 6 мм².

Для освітлювальної мережі використовують кабелі зовнішнім діаметром не більше 17 мм та перерізом жил 6 мм². Найбільша довжина іскробезпечного кола керування не повинна перевищувати 250 м.

1.5 Пристрій комутаційний вибухозахищений типу КУВ-II-Т

Вітчизняною промисловістю на заміну морально застарілим агрегатам АПШ випускається пристрій комутаційний вибухозахищений типу КУВ-II-Т (трансформаторний), який призначений для живлення споживачів напругою 127 або 220 В, а також 36 В, ручного інструменту, ланцюгів автоматики та сигналізації, а також для живлення ліній освітлення в мережах змінного струму частотою 50 Гц із ізольованою нейтраллю трансформатора в підземних виробках небезпечних по газу (метану) та вугільного пилу [15].

Пристрій забезпечує роботу в тривалому, уривчасто-тривалому, повторно-короткочасному режимах.

Пристрої виготовляються у двох виконаннях (рис. 6.4, табл. 6.3):

- призначені для живлення ліній освітлення та автоматики;

– призначені для живлення ручного інструменту, ліній освітлення та автоматики.



Рисунок 6.4 – Зовнішній вигляд пристрою КУВ-II-Т

Кліматичне виконання та категорія розміщення – Т5, УХЛ5.

Ступінь захисту оболонки – IP54.

Маркування вибухозахисту – РВ 3ВІа (РВ Exdial).

Таблиця 6.3 – Технічні параметри пристрою КУВ-II-Т

	КУВ-II-Т-4,0/Ф3	КУВ-II-Т-6,0/Ф3	КУВ-II-Т-4,0/Ф2	КУВ-II-Т-6,0/Ф2
1 Номінальна потужність трансформатора, кВА	4	6	4	6
2 Номінальна напруга первинного ланцюга, В	1140/660, 660/380	1140/660, 660/380	1140/660, 660/380	1140/660, 660/380
3 Номінальна напруга вторинних ланцюгів, В	230/130 (2вивід) 36 (1 вивід)	230/130 (2вивід) 36 (1вивід)	230/130 (2вивід) 36 (1вивід)	230/130 (2вивід) 36 (1вивід)
4 Максимальна потужність струмоприймачів, що підключаються, кВт	2x1,6; 1x3,2	2x2,8; 1x5,6	2x1,6; 1x3,2	2x2,8; 1x5,6
На напругу 230/133В	0,35	0,35	0,35	0,35
На напругу 36В				
5 Номінальний струм первинного ланцюга, А				
При 1140	2,2	3,2	2,2	3,2
При 660	3,9	5,6	3,9	5,6
При 380 В	6,8	9,5	6,8	9,5
6 Номінальний струм вторинних ланцюгів,				
При 230 В	10	14	10	14
При 133 В	17,3	24	17,3	24
При 36 В	10	10	10	10

2 ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

В рамках виконання лабораторної роботи здобувачу пропонується скористатися наступним алгоритмом:

– опрацювати навчально-методичний матеріал цих вказівок і, за необхідності, літературних джерел вільного доступу, а саме:

- вивчити призначення та галузь застосування рудникових пускових агрегатів;
- ознайомитися з технічними характеристиками пускових шахтних агрегатів та джерел живлення різних серій;
- засвоїти призначення основних конструктивних елементів пускового шахтного агрегату;
- дослідити роботу електричної схеми вибухозахищеного пристрою АПШ у нормальному режимі та при спрацюванні захистів у випадку виникнення нештатних ситуацій;

– розгорнуто відповісти на одне контрольне запитання із переліку нижче (на вибір здобувача, але організуватися так, щоб не було дублювань);


– підготувати звіт згідно запропонованих вимог, а також коротке повідомлення щодо загальних висновків по роботі та отриманих результатів;

– презентувати підготовлене повідомлення іншим учасникам освітнього процесу.



Контрольні запитання

1. Визначте призначення та область застосування рудникових пускових агрегатів і джерел живлення різних серій.
2. Поясніть основні технічні параметри шахтних пускових агрегатів та джерел живлення.
3. Класифікуйте види та призначення електричних захистів, якими обладнаний пусковий агрегат серії АПШ.
4. Поясніть принцип дії схеми вмикання АПШ.
5. Яким чином забезпечується захист від втрати керування при короткому замиканні в колах дистанційного керування і контроль цілісності заземлюючої жили?
6. Розтлумачте принцип дії схеми реле витоку агрегату АПШ.
7. Поясніть принцип дії схеми дистанційного керування АПШ.
8. Розтлумачте принцип дії схеми БРВ агрегату АПШ.
9. Поясніть принцип дії максимального струмового захисту агрегату АПШ.
10. Поясніть призначення механічних та електричних блокувань агрегату АПШ.
11. У яких випадках обмотка ВН силового трансформатора АПШ з'єднується трикутником (зіркою)? Нульовий захист та його реалізація у агрегаті АПШ.
12. Яким чином виконується перевірка працездатності максимальних реле та захисту від витоку струму?
13. Охарактеризуйте конструктивні та технічні особливості пристрою КУВ-II-Т.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИК РУДНИКОВИХ СВІТИЛЬНИКІВ

Мета лабораторної роботи: закріпити отримані теоретичні знання щодо призначення, конструкції та технічних характеристик вибухозахищених рудникових світильників, а також дослідити їх функціональні та освітлювальні властивості.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення та сфера застосування рудникових світильників

Розрізняють *загальне, місцеве та комбіноване* штучне освітлення. Загальне освітлення слугує для освітлення всієї території зони роботи або приміщення, створюючи майже однакову освітленість. Місцеве освітлення передбачається тільки на робочих місцях (його виконують разом із загальним), комбіноване передбачає встановлення загального та місцевого освітлення. Світильники загального освітлення мають створювати освітленість не менш ніж 10% нормативної освітленості. Загальне та комбіноване освітлення відноситься до робочого освітлення. На випадок аварійного відімкнення робочого освітлення передбачається аварійне освітлення. У підземних виробках *аварійне освітлення забезпечується індивідуальними світильниками робітників.*

Освітлювальні прилади прийнято розділяти на наступні дві групи:

- освітлювальні прилади ближньої дії – **світильники**;
- освітлювальні прилади далекої дії – **прожектори**.

Найбільшого застосування на практиці отримали світильники, призначені для освітлення об'єктів, розташованих на невеликому віддаленні, що зазвичай не перевищує 20÷30м.

Світильник складається з *джерела світла* та *арматури* – елементів, призначених для: раціонального розподілу світлового потоку, захисту очей від надмірної його яскравості, оберігання джерела світла від механічних ушкоджень та забруднення, а також для кріплення і підведення до джерела електричного струму. Для освітлення виробок шахт використовуються світильники спеціальних конструкцій, що називаються рудниковими.

Рудникові мережеві світильники підрозділяються на:

- а) люмінесцентні та з лампою розжарювання (залежно від джерела світла);
- б) стаціонарні та переносні (за характером і місцем використання);
- в) рудникові нормального виконання (РН), підвищеної надійності (РП), вибухобезпечні (РВ).



Світильники в рудниковому *нормальному виконанні* (РН) допускаються до використання в шахтах, безпечних по газу та пилу. У шахтах I і II категорій або небезпечних по пилу допускається застосування стаціонарних світильників у рудниковому нормальному виконанні (в головних відкочувальних виробках, омиваних свіжим струменем повітря, за відсутності небезпеки скупчення в них газу і пилу, з дозволу технічного директора виробничого об'єднання).

Рудникові світильники у виконанні *підвищеної надійності* (РП) допускаються до застосування в усіх виробках шахт I та II категорії, за винятком виробок, що провітрюються вентиляторами місцевого провітрювання.

Дозволяється застосовувати рудникові світильники у виконанні РП у пересувних навантажувальних пунктах, розташованих на свіжому струмені повітря, в шахтах, небезпечних по газу та/або пилу (за винятком шахт з суфлярними виділеннями і небезпечних по раптових викидах вугілля та газу).

Світильники у виконанні РВ допускаються до застосування в усіх виробках шахт усіх категорій.

1.2 Електричні джерела світла

За характером перетворення електричної енергії джерела світла поділяються на *теплові та розрядні*. До теплових джерел світла відносяться *лампи розжарювання*, до розрядних – *люмінесцентні, натрієві, металево-галогенні та ксенонові*. Літери в маркуванні ламп загального призначення: В – вакуумні, Г – газонаповнені, Б – біспіральні газонаповнені, БК – біспіральні криптонові. Для джерел світла найбільш важливі такі *показники* (табл. 7.1): світлова віддача (лм/Вт), термін служби (год), напруга (В), спектральний склад випромінювання (кольоровість), потужність лампи (Вт) і світловий потік (лм) [3].

Лампи розжарювання. Принцип роботи, оснований на тепловому випромінюванні розжареного вольфрамового волоска, згорнутого в спіраль та вміщеного в скляну колбу. Прагнення до підвищення ефективності ламп за рахунок зниження теплових витрат та підвищення світловіддачі призвело до застосування подвійних спіралей (біспіральні лампи). Для зменшення розпилування вольфраму та підвищення робочої температури тіла розжарювання лампа наповнюється інертними газами та їх сумішами. За потужності до 60 Вт лампи бувають вакуумними (В), а за більшою потужності (60...1000 Вт) колбу поповнюють аргоном із додатком азоту (Г) або криптону (К). Видимі випромінювання становлять 10–12% витраченої енергії. Світловіддача ламп розжарювання низька і дорівнює 6...20 лм/Вт [1, 2].

Дуже перспективні *галогенні лампи розжарювання* у кварцовій колбі. Лампа заповнена інертним газом з додаванням йоду. Вольфрам, що

випарувався з нитки розжарювання, реагує з йодом, утворюючи йодистий вольфрам (WJ_2). При контакті з ниткою розжарювання йодистий вольфрам розкладається і вольфрам відкладається на нитці розжарювання. В результаті відбувається безперервна регенерація вольфрамового волоска та збільшення світловіддачі (21...29 лм/Вт), терміну роботи (2000 год.) та потужності ламп (1, 2, 5, 10, 20 кВт).

Таблиця 7.1 – Технічні параметри електричних джерел світла

Лампа	Тип	Потужність, Вт	Світловий потік, клм	Світлова віддача, лм/Вт	Середній термін служби, годин
Розжарювання загального призначення	Б220-100-1	100	1,4	13,5	1000
	Б220-150-1	150	2,1	14,0	
	Б220-200	200	2,9	14,6	
	Г220-300-1	300	4,6	15,3	
	Г220-500-1	500	8,3	16,6	
	Г220-750	750	13,1	17,5	
	Г220-1000-1	1000	18,6	18,6	
Розжарювання прожекторна	ГЖ220-500	500	10,5	21,0	160
	ГЖ220-1000 ГЖ220-1000-2	1000	21,0		150
	Розжарювання галогенна	КГ220-1000-5	1000	22,0	22,0
КГ220-1500		1500	33,0		
КГ220-2000-4		2000	44,0		
КГ220-5000-1		5000	110,0	3000	
КГ220-10000-1 КГ220-20000-1		10000 20000	220,0 440,0		
Люмінесцентна біла	ЛБ40-4	40	3,0	75,0	10000
	ЛБ80-4	80	5,2	65,3	
Ртутна високого тиску з виправленою кольоровістю	ДРЛ-250	250	12,5	55,0	10000
	ДРЛ-400	400	22,0		
	ДРЛ-700	700	38,5		
Натрієва високого тиску	ДНаТ-400-ХЛ2	400	46,0	115,0	7000
Металевогалогенна	ДРИ400-1	400	25,2	63,0	1000
	ДРИ1000-1	1000	80,0	80,0	
	ДРИ1000-2	1000	65,0	65,0	
	ДРИ2000-1	2000	170,0	85,0	
	ДРИ3500-1	3500	300,0	86,0	
Ксенонова в трубчастій колбі	ДКсТ5000	5000	98,0	19,0	300
	ДКсТ10000	10000	260,0	26,0	750
	ДКсТ20000	20000	694,0	34,7	500
	ДКсТ50000	5000	2230,0	44,6	600



Принцип дії *газорозрядних ламп* заснований на випромінюванні світла в результаті розряду в газі, парах металів або в суміші газів з парами металів. Для підвищення світловіддачі внутрішню поверхню скла ламп покривають *люмінофорами*, які перетворюють невидимі ультрафіолетові випромінювання у видимі, а застосовуючи комбінований склад люмінофорів, можна отримати будь-яку кольоровість ламп. Поширення набули дві групи розрядних ламп: низького тиску (400...500 Па) – *люмінесцентні*, та високого (0,5...1 МПа) – *ртутні, натрієві*.

Люмінесцентна лампа складається з скляної трубки, покритої всередині люмінофором. У трубці міститься розріджений аргон та крапельки ртуті. На кінцях трубки розміщені цоколі, які містять ізоляційну колодку, контакти та вольфрамовий волосок розжарювання. При подачі напруги в лампі виникає дуговий розряд в парах ртуті. Розряд створює ультрафіолетове випромінювання. Шар люмінофору на внутрішній поверхні трубки перетворює ультрафіолетове випромінювання на видиме світло. Для запалювання лампи необхідно нагріти електроди до 800...1000 °С, для чого через них пропускається струм. Інший спосіб запалювання люмінесцентної лампи – за допомогою подачі підвищеної напруги між електродами, що потребує застосування пускорегулюючого апарата (ПРА), в якому втрачається 20...30% енергії, знижується коефіцієнт потужності ламп (0,5...0,6). Середній строк служби люмінесцентних ламп – 10000 год, світловіддача – 40...75 лм/Вт.

Газорозрядні лампи високого тиску частіше представлені *дуговими ртутними лампами* (ДРЛ), які випускаються двоелектродними (250...1000 Вт) та чотириелектродними (80...1000 Вт). Для двоелектродної лампи необхідний складний запалюючий пристрій, який створює імпульс напруги до 3000 В. Тому більш поширені чотириелектродні лампи. Джерело випромінювання у цій лампі (рис. 7.1) – кварцова трубка Г, наповнена парами ртуті з двома робочими електродами 1-2 та двома електродами запалювання 3-4. Розрядна лампа міститься в скляній колбі, покритій всередині шаром люмінофора Л і заповненій вуглекислим газом. При ввімкненні лампи напруга 220 В надходить до робочих електродів безпосередньо, а до електродів запалювання – через резистори R. У підсумку між розміщеними поряд основним та запалювальним електродами з'являється тліючий розряд, який після цього переходить у дуговий між робочими електродами.

1.3 Технічні характеристики рудникових світильників

Технічні характеристики рудникових світильників наведено у табл. 7.2 [3].

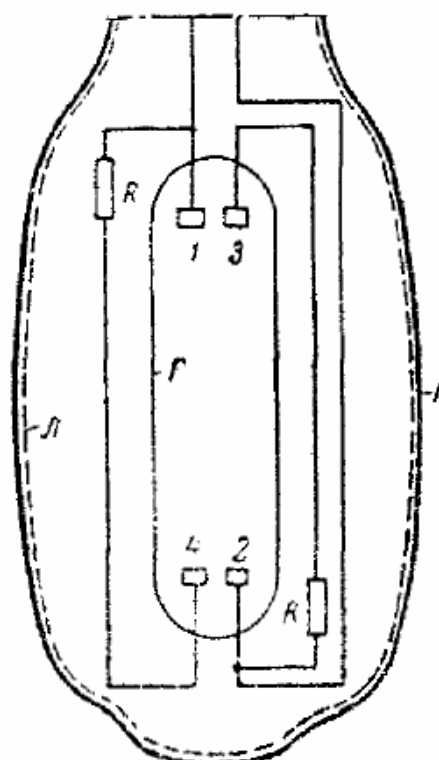


Рисунок 7.1 – Конструкція та зовнішній вигляд дугової ртутної лампи

Таблиця 7.2 – Технічні параметри рудникових світильників

Тип світильника	Напруга, В	Потужність, Вт	Тип лампи	Світловий потік, лм	ККД	Виконання
РН-2-200	127	200	Б127-200	3200	0,6	РН
РП-100М		100	Б127-100	1380	0,5	РП
РП-200		200	Г127-200	2700		
“Свет-4”		300	НЗК127-300	4250	0,7	
СЗВ-60		60	С127-60-1	740	0,5	РВ, 1В
РПЛ-01-20	220	20	ЛБ20	980	0,65	РП
РПЛ-01-40		40	ЛБ40	2480		
РВЛ-20, РВЛ-20М	127	20	ЛБ20	980	0,8	РВ, 1В
РВЛ-15		15	ЛБ15	630		
РВЛ-40, РВЛ-40М	220	40	ЛБ40	2480	0,68	РВ, 1В
РВЛ-80, РВЛ-80М		80	ЛБ80	4320		
Луч-2М	127	25	ЛБ15	630	0,4	РВ, 1В, И
СКВ-2/8У		8×2	ЛБУ8	240		
СШС1.1М	127, 220	60, 100	Б127-100	1500	0,6	РП
СШС2.1М			Б127-200	2000, 2800		
НСРО1	220	150, 200	Б220-200	2000, 2800	0,75	РН
СВЛ36/127В	36, 127	8	ЛБУ8	124	0,5	РВ, 1В

1.4 Конструктивні особливості вибухозахищених світильників

До конструкції рудникових світильників у *нормальному виконанні* висуваються наступні вимоги:

- 1) арматура світильника має бути непроникна для вологи та пилу, та особливо міцна в механічному відношенні;
- 2) захисний світлопропускний ковпак, що виготовляється з механічно і термічно стійкого матеріалу, має бути захищений металевую міцною сіткою від випадкових поштовхів та ударів;
- 3) конструкція світильника повинна передбачати можливість зняття захисного ковпака тільки за допомогою спеціального інструменту;
- 4) стаціонарні світильники з живленням від мережі мають бути забезпечені прохідними муфтами для броньованого кабелю; переносні – повинні мати глухі або штепсельні муфти для гнучкого кабелю; кабельні вводи повинні забезпечити вологонепроникність і розвантаження жил від натягу;
- 5) усі металеві частини світильника мають бути надійно захищені від корозії;
- 6) конструкція світильника повинна передбачати захист від сліпучого впливу (блискучості);
- 7) для кращої експлуатації конструкція світильника повинна мати найменш можливі розміри і малу вагу;
- 8) в арматурі світильника, призначеного для ламп напругою понад 40 В, має бути передбаченим пристрій для заземлення.

Рудникові світильники *підвищеної надійності і вибухобезпечні* повинні задовольняти усім вимогам, що пред'являються до світильника в нормальному виконанні. Крім того, за нормальних умов роботи, а також при руйнуванні лампи або іскрінні в електричному колі світильника, вони не повинні викликати займання рудникового газу.

Підвищена надійність світильника досягається застосуванням спеціальних блокувальних пристроїв для автоматичного відключення лампи при знятті або руйнуванні скляного ковпака. Принцип дії блокування заснований на використанні пружин, які при руйнуванні скляного ковпака розмикають контакти в колі лампи, тим самим відключають її від мережі. Іскріння розмикаючих контактів в даному випадку відбувається у просторі вибухонепроникної камери (рис. 7.2).

Для *стаціонарного освітлення* в підземних виробках шахт використовують світильники РП-100М, РП-200, СШСІ-1М, СШС2-1М з лампами розжарювання у виконанні РП та світильники РВЛ-20М, РВЛ-40М з люмінесцентними лампами у виконанні РВ. Для освітлення *очисних вибоїв* застосовують вибухобезпечні світильники "Луч-2М" з люмінесцентною лампою та СЭЗ-60 – із лампою розжарювання.

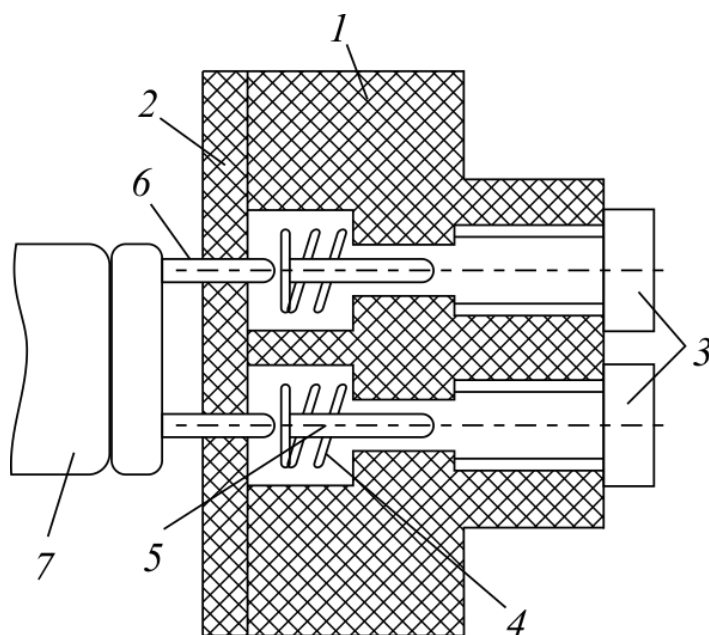


Рисунок 7.2 – Принципова схема конструктивного пристрою для автоматичного відключення лампи при ушкодженні світильника

Світильник РП-100М (рис. 7.3) складається з корпусу 5, кришки 2, лампи 6, скляного ковпака 7 та захисної решітки 8 із фланцем для кріплення решітки та ковпака на корпусі. Всередині корпусу кріпиться патрон 9, а зовні знаходяться два пристрої для підводу кабелю живлення 4 та відхідного кабелю до наступного світильника. Скоба 1 служить для підвішування світильника. Лампа втримується у патроні гребінчастим контактом; усередині патрона розміщено вибухозахисну камеру [1].

Світильник РВЛ-20М (рис. 7.4) складається з двох корпусів 1 та 4, з'єднаних трубою 2, яка виконує функцію з'єднуючого елемента між оболонками корпусів. У корпус 1 вмонтований ПРА, а в корпуси 1 та 4 – патрони 3 для лампи 7. Всередині патронів 3 встановлені пружини, які в разі розбиття лампи 7 виштовхують цоколі. Таким чином запобігається займання рудникового газу в разі подачі напруги на світильник з розбитою лампою. Лампу захищає труба з органічного скла 8, яка також захищається металевою решіткою 9. Труба ущільнюється гумовим кільцем та притискнутою гайкою 6. У корпусі ввідного пристрою 5 є два кабельні вводи, що дає змогу монтувати освітлювальну мережу без трійникових муфт. Ущільнення кабелю забезпечується гумовим ущільнюючим кільцем 11 за допомогою фланця 10 [1].

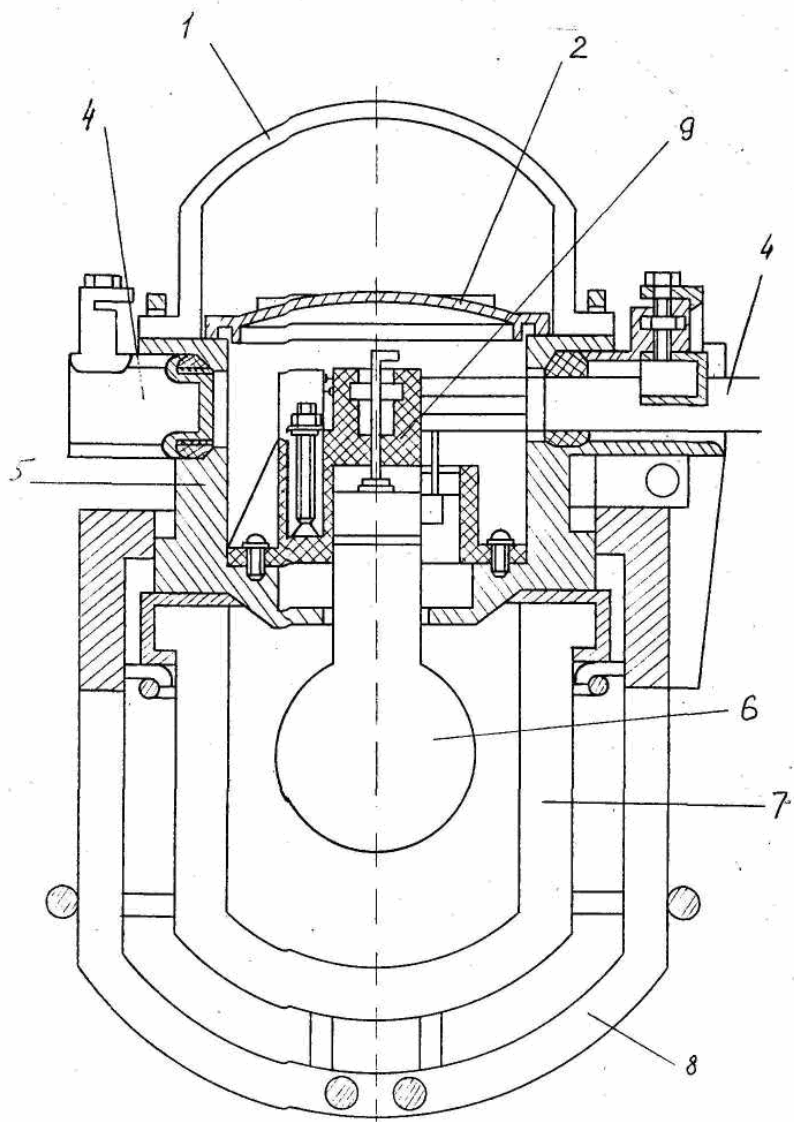


Рисунок 7.3 – Конструкція світильника РП-100М: 1 – скоба; 2 – кришка; 4 – пристрої для підводу кабелю живлення та відхідного кабелю наступного світильника; 5 – корпус; 6 – лампа; 7 – скляний ковпак; 8 – захисна решітка; 9 – патрон

1.5 Електричні схеми запалювання розрядних ламп

За способом запалювання ламп схеми ПРА поділяються на три групи: *стартерні, безстартерні миттєвого запалювання за допомогою імпульсу напруги до 500...600 В та безстартерні з запалюванням за допомогою розжарювального трансформатора.*

Стартерна схема запалювання застосовується у рудникових світильниках РВЛ-20 (рис. 7.5). Схема складається зі стартера і дроселя, увімкнених послідовно з люмінесцентною лампою, конденсаторів 7 (ємністю 4-6 мкф для підвищення коефіцієнта потужності лампи) і 6 (для зменшення радіозавад).

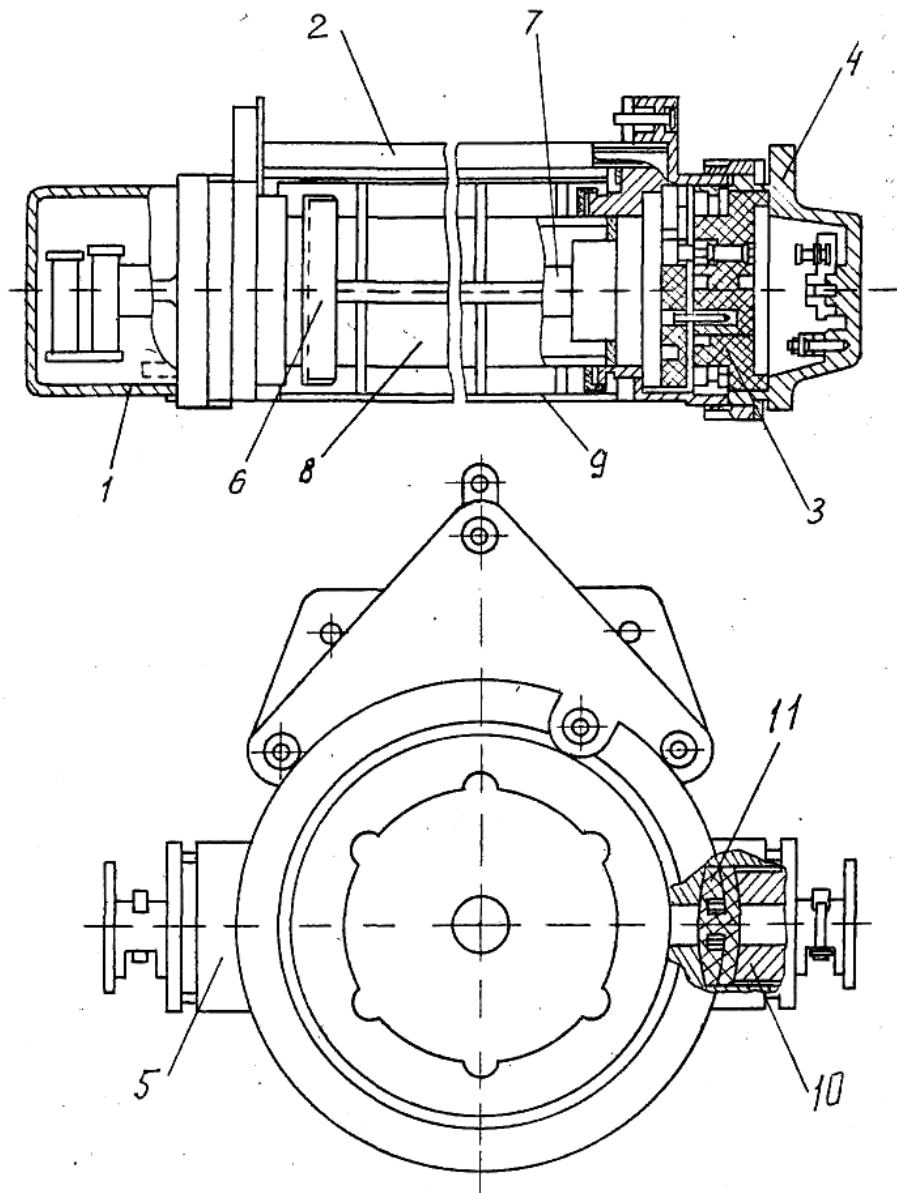


Рисунок 7.4 – Конструкція світильника РВЛ-20М:

1, 4 – корпус; 2 – з'єднувальна труба; 3 – патрон; 5 – ввідний пристрій; 6 – гайка; 7 – лампа; 8 – труба з органічного скла; 9 – металева решітка; 10 – фланець; 11 – ущільнююче кільце

Стартер призначено для розігріву електродів люмінесцентної лампи до температури 800–1000 °С, оскільки при цій температурі починається процес термоемісії, тобто електроди починають випромінювати електрони. В якості стартера застосовується лампа тліючого розряду з двома електродами, один з яких біметалічний. Дросель 2 служить для створення на електродах люмінесцентної лампи імпульсів напруги (600–800 В), достатньої для виникнення дугового розряду і його світіння в лампі. Крім того, дросель є одночасно і стабілізатором струму в лампі.

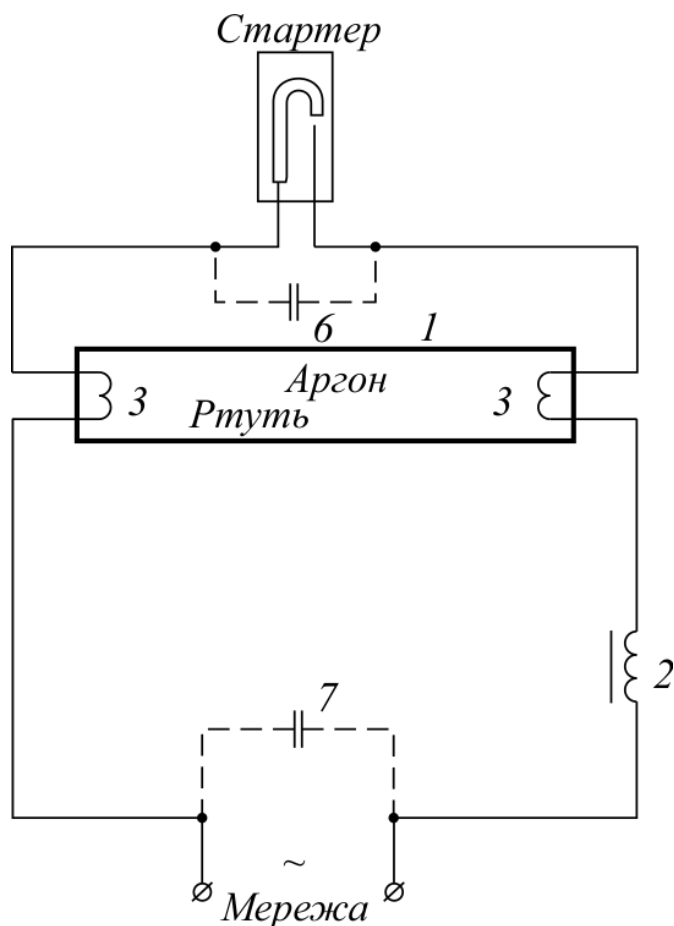


Рисунок 7.5 – Стартерна схема пуску люмінесцентної лампи:

1 – трубка скляна, покрита всередині люмінофором; 2 – дросель; 3 – електроди, покриті емісійним шаром (солі барію, стронцію); 4 – біметалічний контакт стартера; 5 – нерухомий контакт стартера; 6 та 7 – конденсатори.

Процес підігрівного способу запалення протікає таким чином: оскільки мережева напруга 127 В для запалення лампи недостатня, то в схему вмикають стартер і дросель. Мережева напруга в стартері викликає поява тліючого розряду між його електродами. Біметалічний електрод 4 нагрівається і, згинаючись, стикається з іншим електродом стартера 5 – коло запалення замикається. В результаті цього опір кола значно зменшується і, відповідно, збільшується струм. Струм нагріває електроди лампи до температури 800–1000 °С, та вони починають випускати потік електронів, іонізуючий нейтральні молекули газової суміші в трубці.

Замикання електродів стартера триває не більше 7-8 сек. Після припинення тліючого розряду в стартері його електроди охолоджуються і розходяться, розмикаючи коло. У момент розмикання кола енергія магнітного поля, яка накопичено у дроселі, створює імпульс напруги близько 600–800 В. У результаті такого імпульсу між електродами люмінесцентної лампи виникає дуговий розряд. У перший момент розряд виникає в атмосфері аргону (тліючий розряд), а потім при випарі ртуті розряд протікає в парах ртуті. За рахунок видимих випромінювань пари



ртуті і невидимих ультрафіолетових променів (60%), перетворених за допомогою люмінофорів, лампа починає світитися.

У світильниках РВЛ-40М і РВЛ-80М (рис. 7.6) застосовано **безстартерний спосіб запалення із розжарювальним трансформатором.**

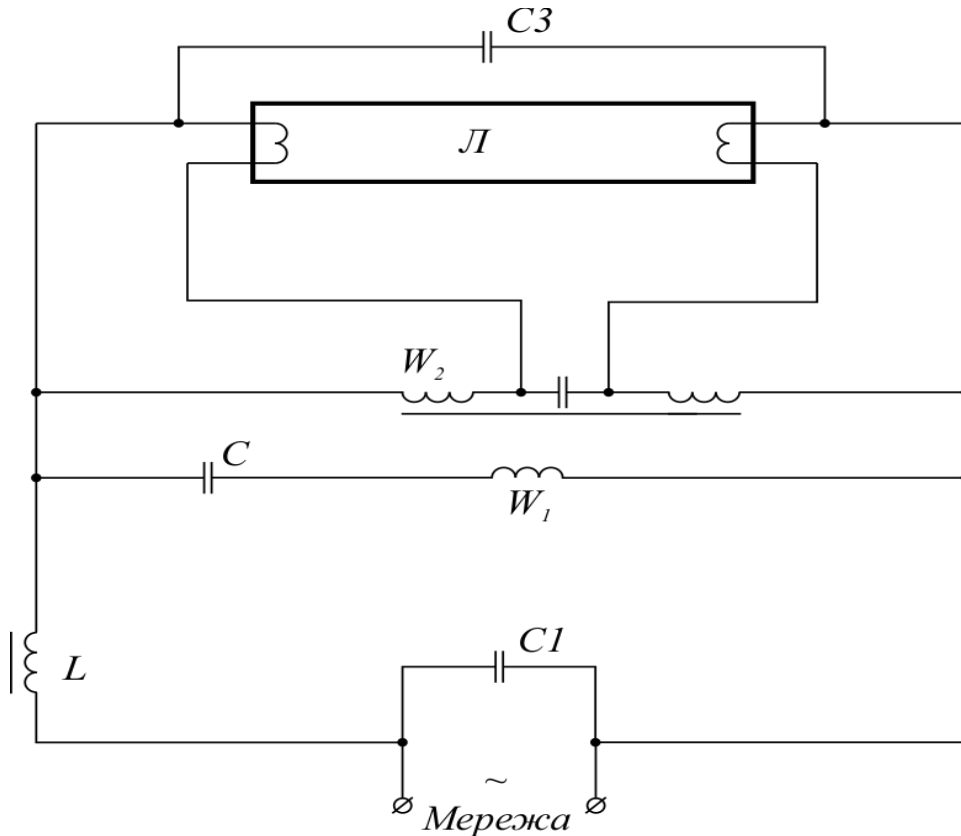


Рисунок 7.6 – Принципова схема безстартерного запалення люмінесцентних світильників РВЛ-40М і РВЛ-80М

Електрична схема складається з лампи L , дроселя L , розжарювального трансформатора з двома вторинними обмотками W_2 і W_3 , які живлять електроди лампи як при пуску, так і при нормальній роботі, і конденсаторів. Після увімкнення світильника до затискачів лампи подається напруга, котра дещо перевищує напругу мережі ($1,05-1,3U_M$), але недостатня для запалення холодної лампи. Одночасно через розжарювальний трансформатор на електроди лампи подається напруга, що також дещо перевищує нормальну. Це прискорює їх попередній нагрів. Підвищення напруги при пуску досягається завдяки застосуванню в схемі конденсатора C , увімкненого послідовно з W_1 .

Після того, як лампа спалахне, струм, що протікає через дросель L , збільшується, внаслідок чого зростає падіння напруги на дроселі L . Тому зменшується напруга на первинній обмотці трансформатора і струм знизиться до номінальної величини. При безстартерній схемі електроди лампи піддаються значно меншому зносу, ніж при схемі зі стартером,



оскільки відсутні багатократні увімкнення, неминучі при пуску стартера, і термін служби лампи збільшується.

Для освітлення забоїв очисних виробок випускається вибухобезпечний люмінесцентний світильник "Луч-2", у якому застосовано **безпідігрівну резонансну схему запалення** (рис. 7.7).

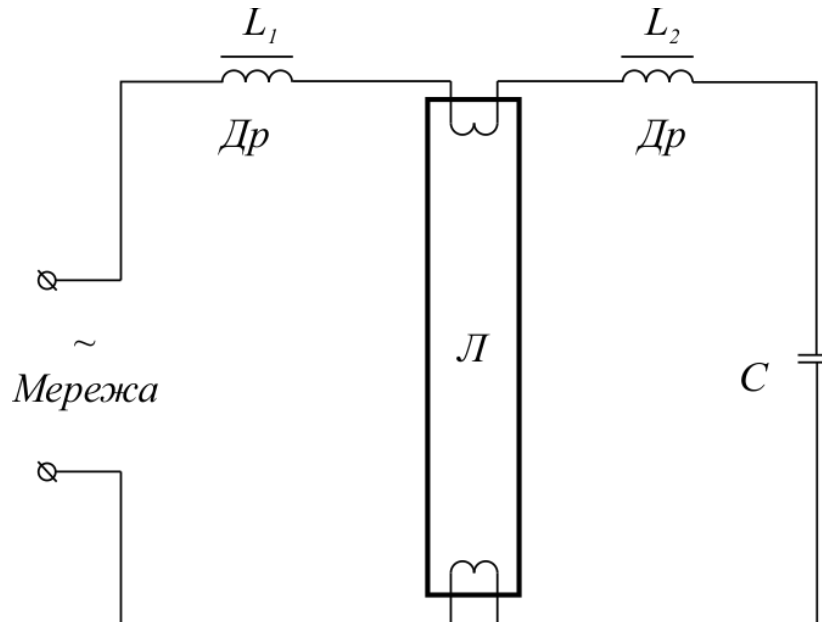


Рисунок 7.7 – Принципова схема запалення світильника "Луч-2М"

Електрична схема цього світильника складається з двообмоткового дроселя L_1 , L_2 і конденсатора C . Обидві обмотки дроселя, конденсатор C і електроди лампи з'єднані послідовно. Величини індуктивності, дроселя і ємності конденсатора цього кола підібрані так, що при увімкненні виникає резонанс напруги і між електродами виявляється прикладена напруга 450-500 В, достатня для запалення холодної лампи. Після того, як лампа спалахне (опір її відносно невеликий), обмотка L_2 дроселя і конденсатор C виявляться зашунтованими і резонанс напруги припиниться. На затискачах лампи, що горить, виявиться при цьому її номінальна напруга ≈ 60 В.

2 ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

В рамках виконання лабораторної роботи здобувачу пропонується скористатися наступним алгоритмом:

– опрацювати навчально-методичний матеріал цих вказівок і, за необхідності, літературних джерел вільного доступу, а саме:

- вивчити призначення та галузь застосування рудникових світильників;
- ознайомитися із технічними характеристиками електричних джерел світла та рудникових світильників;



- засвоїти призначення основних конструктивних елементів рудникових світильників різних типів;
- дослідити роботу електричних схем запалення рудникових світильників різних типів;
 - розгорнуто відповісти на одне контрольне запитання із переліку нижче (на вибір здобувача, але організуватися так, щоб не було дублювань);
 - підготувати звіт згідно запропонованих вимог, а також коротке повідомлення щодо загальних висновків по роботі та отриманих результатів;
 - презентувати підготовлене повідомлення іншим учасникам освітнього процесу.


Контрольні запитання

1. Визначте призначення та область застосування рудникових світильників різних типів.
2. Поясніть основні технічні параметри та принцип дії ламп розжарювання.
3. Поясніть основні технічні параметри та принцип дії газорозрядних ламп.
4. Визначте основні технічні параметри рудникових світильників різних типів.
5. Розтлумачте вимоги до рудникових світильників щодо рівнів вибухозахисту.
6. Наведіть конструктивні особливості рудникових світильників із лампами розжарювання.
7. Наведіть конструктивні особливості рудникових світильників із люмінесцентними лампами.
8. Наведіть конструктивні особливості рудникових світильників із світлодіодними лампами.
9. Поясніть принцип дії резонансної схеми запалення люмінесцентної лампи.
10. Поясніть принцип дії стартерної схеми запалення люмінесцентної лампи.
11. Розтлумачте принцип дії схеми запалення люмінесцентної лампи із розжарювальним трансформатором.
12. Визначте технічні особливості сучасних вибухозахищених світильників із світлодіодними лампами.



СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мейта О. В., Осадчук М. П. Електрообладнання та електропостачання машин і установок електротехнічних комплексів. Лабораторний практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 102 с.
2. Рябенко І. С., Шевчук С. П., Мейта О. В. Електрообладнання та електропостачання машин і установок геотехнічних виробництв : підручник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 613 с.
3. Півняк Г. Г., Білий М. М., Бажін Г. М. Електропостачання гірничих підприємств : довідковий посібник. Дніпропетровськ : Нац. гірн. ун-т, 2008. 550 с.
4. Електрифікація гірничого виробництва : підручник для ВНЗ : у 2-х т. Вид. 2-ге, перероб. та допов. / за ред. Л. О. Пучкова, Г. Г. Півняка. Дніпропетровськ : Нац. гірн. ун-т, 2010.
5. Білий М. М. Електрообладнання та електропостачання підземних гірничих робіт : навч. посіб. Дніпропетровськ : Нац. гірн. ун-т, 2010.
6. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок - Класифікація і маркування вибухозахищеного електрообладнання : Електроенергетика : веб-сайт. URL: <https://forca.com.ua/knigi/pravila/pravila-budovi-elektroustanovok.-elektroobladnannya-specialnih-ustanovok> (дата звернення: 26.09.2025).
7. Пересувні шахтні трансформаторні підстанції : YouTube : веб-сайт. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=V1opSCV9VuI> (дата звернення: 26.09.2025).
8. Рудникові підстанції серії КТПВ : Corum Group : веб-сайт. URL: <https://corum.com/ru/equipment/electrical/> (дата звернення: 26.09.2025).
9. Гірничодобувний трансформатор : Varelen Electric Co., Ltd : веб-сайт. URL: <https://surl.li/excwei> (дата звернення: 26.09.2025).
10. Апарат захисту уніфікований типу АЗУР-РПА : ТОВ «НВП-РУДПРОМАВТОМАТИКА» : веб-сайт. URL: <https://rpa.ua/katalog-produkcziyi/bloky-zahystu-bzu/apparat-zahystu-unifikovanogo-typu-azur-2rpa/> (дата звернення: 26.09.2025).
11. Апарати захисту : ІТЕП (Інженерні Технології, Електротехнічне Підприємство) : веб-сайт. URL: <https://itep.com.ua/ua/catalogue/defence/> (дата звернення: 26.09.2025).
12. Пускачі (ПВІТ, ПВІ, ПВР, ПМВІР та їх аналоги) : ТОВ «НВП-РУДПРОМАВТОМАТИКА» : веб-сайт. URL: <https://rpa.ua/katalog-produkcziyi/remont-ta-modernizacziya/puskachi-pvit-pvi-pvr-pmvir-ta-yih-analogy/> (дата звернення: 26.09.2025).



13. Пристрій комутаційний вибухозахищений типу КУВ-II-B (вимикач) : ТОВ «НВП-РУДПРОМАВТОМАТИКА» : веб-сайт. URL: <https://rpa.ua/katalog-produkcziyi/vybuhozahyshhene-obladnannya-rv/prystrij-komutaczijnyj-vybuhozahyshhenyj-typu-kuv/prystrij-komutaczijnyj-vybuhozahyshhenyj-kuv-ii-v-vumykach/> (дата звернення: 26.09.2025).

14. Методичні вказівки до виконання дослідницької лабораторної роботи ЕГР-18 "Вивчення та дослідження шахтного пускового агрегату АПШ" / Уклад.: М.М. Білий. Дніпропетровськ: НГУ, 2010. 15 с.

15. Пристрій комутаційний вибухозахищений типу КУВ-II-T (трансформаторний) : ТОВ «НВП-РУДПРОМАВТОМАТИКА» : веб-сайт. URL: <https://rpa.ua/katalog-produkcziyi/vybuhozahyshhene-obladnannya-rv/prystrij-komutaczijnyj-vybuhozahyshhenyj-typu-kuv/prystrij-komutaczijnyj-vybuhozahyshhenyj-kuv-ii-t-transformatornyj/> (дата звернення: 26.09.2025).

16. Агрегат пусковий шахтний АПШ.2 : Червоний металіст : веб-сайт. URL: <https://krasnyimetalist.com/girnichy-shahtne-obladnannya/agregat-puskovij-shahtnij-apsh-2/> (дата звернення: 26.09.2025).

17. Світильники вибухозахищені : E.Next : веб-сайт. URL: https://enext.ua/uk/catalog/svitilniki_vibukhozakhishcheni/ (дата звернення: 26.09.2025).

18. Світлодіодні світильники: вибухозахищені : Світлотехніка : веб-сайт. URL: <https://sveto.org.ua/uk/product-category/led-lamps-uk/explosion-proof-uk/> (дата звернення: 26.09.2025).



Навчально-методичне видання

Артем Володимирович Рухлов

**ІНЖИНІРИНГ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ГІРНИЧИХ І МЕТАЛУРГІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт

самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції