**ДОСЛІДЖУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СХЕМ ІСКРОБЕЗПЕЧНИХ ПРИСТРОЇВ
ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ ГІРНИЧИМИ МАШИНАМИ****М. В. Загірняк, В. С. Дзюбан**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: mzagirn@kdu.edu.ua**П. В. Артёмов**АТ «ДТЕК Донецькі електромережі», вул. Комерційна, 8, м. Краматорськ, 84302, Україна.
E-mail: ArtemovPV@dtek.com

Іскробезпечні пристрої дистанційного управління гірничими машинами принципово відрізняються від звичайних електричних пристроїв дистанційного управління чотирма специфічними вимогами. Перша вимога – обмежувати вихідні параметри до іскробезпечних значень. Друга вимога – забезпечити захист від втрати керованості унаслідок замикання або обриву жил лінії зв'язку пристрою з постом дистанційного управління. Третя вимога – контролювати опір лінії зв'язку і запобігати увімкненню машини у разі збільшення цього опору вище значення 50 Ом. Це потрібно у випадку, коли одна із жил кабелю лінії зв'язку застосовується як заземлююча корпусу пересувної гірничої машини, якою керує пристрій дистанційного управління і таким чином виконує функцію захисту персоналу від ураження електричним струмом. Четверта вимога – забезпечити автоматичний контроль справності елементів схеми та ліній їх зв'язку між собою і блокування роботи пристрою у разі їх пошкодження. Це повинно гарантувати неможливість неконтрольованого увімкнення гірничої машини та навпаки – можливість її вимкнення у разі виходу з ладу елементів блока або лінії зв'язку блока з постом дистанційного управління.

Мета роботи – проаналізувати принципові електричні схеми іскробезпечних пристроїв дистанційного управління гірничими машинами типів БУ, БДУ, БДУ-4-2, які експлуатувалися та експлуатуються сьогодні на шахтах України, а також нових блоків БДУ-У, розроблених авторами цієї статті, та надати рекомендації щодо вибору електричної схеми вимірювального вузла для розробки нових блоків. У статті запропоновано принципові електричні схеми вищенаведених блоків дистанційного управління, схеми вимірювальних вузлів цих блоків, а також результати теоретичних та експериментальних досліджень вихідних параметрів вимірювальних вузлів. Оскільки методи розрахунку вихідних параметрів вимірювальних схем сучасних іскробезпечних пристроїв дистанційного управління, а також експериментальні дані та залежності вихідних параметрів вимірювальних вузлів відсутні – це суттєво ускладнює розробку вказаних пристроїв. Тому наведені у статті результати досліджень є актуальними.

У роботі розглянуто два варіанти сучасних схем з'єднання вимірювального вузла схеми з лінією зв'язку пристрою з постом управління: паралельне та послідовне. З'ясовано, що ці варіанти схеми не переважають одна одну між собою щодо чутливості до зміни опору лінії зв'язку. Тому необхідність застосування тієї чи іншої схеми слід оцінювати щодо її сумісності з виконавчою частиною іскробезпечного пристрою дистанційного управління гірничими машинами.

Ключові слова: іскробезпечні пристрої дистанційного управління, гірничі машини, вимірювальні схеми, опір заземлювальних кіл.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СХЕМ ИСКРОБЕЗОПАСНЫХ УСТРОЙСТВ
ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМИ МАШИНАМИ****М. В. Загирняк, В. С. Дзюбан**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: mzagirn@kdu.edu.ua**П. В. Артёмов**АО «ДТЭК Донецкие электросети», ул. Коммерческая, 8, г. Краматорск, 84302, Украина.
E-mail: ArtemovPV@dtek.com

Искробезопасные устройства дистанционного управления горными машинами принципиально отличаются от обычных устройств дистанционного управления четырьмя специфическими требованиями. Во-первых, они должны ограничивать выходные параметры до искробезопасных значений. Во-вторых, они должны обеспечить защиту от потери управляемости при замыкании или обрыве линии связи устройства с постом дистанционного управления. В-третьих, они должны контролировать сопротивление линии связи и не допускать возможности включения машины при росте этого сопротивления выше значения 50 Ом. Это нужно в случае, когда одна из жил кабеля линии связи применяется как заземляющая корпуса передвижной горной машины, которой управляет устройство дистанционного управления и таким образом выполняет функцию защиты персонала от поражения электрическим током. В-четвертых, они должны обеспечить автоматический контроль исправности элементов схемы и их связей между собой и блокировать работу устройства при их выходе из строя. Это должно гарантировать невозможность неконтролируемого включения горной машины и наоборот – возможность ее выключения при выходе из строя элементов блока или линии его связи с постом

дистанційного управління.

Целью работы является проанализировать принципиальные электрические схемы искробезопасных устройств дистанционного управления горными машинами типов БУ, БДУ, БДУ-4-2, которые эксплуатировались и эксплуатируются сейчас в шахтах Украины, а также новых блоков БДУ-У, разработанных авторами этой статьи, и дать рекомендации по выбору электрической схемы измерительного узла при разработке новых блоков. В статье приведены принципиальные электрические схемы указанных выше блоков дистанционного управления, схемы измерительных узлов этих блоков, а также результаты теоретических и экспериментальных исследований выходных параметров указанных измерительных узлов. Поскольку методы расчета выходных параметров измерительных схем современных искробезопасных устройств дистанционного управления, а также экспериментальные данные и зависимости выходных параметров измерительных узлов отсутствуют – это существенно усложняет разработку указанных устройств. Поэтому приведенные в статье результаты исследований являются актуальными.

В работе рассмотрены два варианта соединения измерительного узла схемы устройства с линией связи устройства с постом управления: параллельное и последовательное. Показано, что эти варианты схемы не имеют преимуществ между собой с точки зрения чувствительности к изменению сопротивления линии связи. Поэтому необходимость применения той или иной схемы следует оценивать с точки зрения ее совместимости с исполнительной частью искробезопасного устройства дистанционного управления горными машинами.

Ключевые слова: искробезопасные устройства дистанционного управления, горные машины, измерительные схемы, сопротивление заземляющих цепей.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. У різні роки у вугільній промисловості застосовувалися різні схеми іскробезпечних пристроїв дистанційного керування гірничими машинами. З кінця 60-х років минулого сторіччя в усіх вибухозахищених апаратах управління застосовувалися блоки дистанційного управління типу БУ, у яких вимірювання вхідного сигналу виконувалося за допомогою електромагнітних реле, обмотки яких вмикалися паралельно джерелу живлення і лінії зв'язку цього джерела з постом управління. Такі схеми не дозволяли забезпечити надійність точного контролю опору кола заземлення гірничої машини і були замінені на схеми на базі напівпровідникових елементів. Дослідження таких схем недостатньо висвітлені в літературі, що ускладнює вибір вимірювальних схем під час розробки нових пристроїв дистанційного управління.

Мета роботи – проведення досліджень схем іскробезпечних пристроїв дистанційного управління гірничими машинами, які застосовувалися і експлуатуються на сьогодні у шахтах України, а також вимірювальних схем таких пристроїв і надання рекомендацій щодо їх вибору для розробки нових пристроїв.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Електрична схема пристроїв дистанційного управління гірничими машинами типу БУ, яка застосовувалася у шахтах України до кінця 70-х років минулого століття, була заснована на базі електромагнітного реле [1]. Принципова електрична схема таких блоків наведена на рисунку 1.

Живлення схеми здійснювалося від вторинної обмотки трансформатора TV1, яка відокремлювалася від первинної обмотки та магнітопроводу заземленим екраном. Для забезпечення іскробезпеки між лінією зв'язку з постом управління і вторинною обмоткою трансформатора TV1 вмикався опір R_6 , який обмежував струм у лінії зв'язку до безпечного рівня.

Обмотка реле K1, яка здійснює функцію вимірювального елемента, а також і виконавчого реле, вмикалася паралельно лінії зв'язку і джерелу живлення змінного струму. Еквівалентна схема (фізична модель) цієї схеми наведена на рисунку 2.

Рисунок 1 – Принципова електрична схема блоків дистанційного управління БУ

Рисунок 2 – Фізична модель схеми блоків дистанційного управління БУ

Принцип дії цієї схеми заснований на тому, що з натисненням кнопки «Пуск» обмотка реле K1 шунтується відкритим діодом VDk. При цьому протягом періоду, коли діод VDk закритий, струм в

обмотці електромагніта реле K1 змінюється за таким законом:

$$i_{1p} = i_1(0)e^{-\frac{x}{R}\omega t} + \frac{E_m}{Z} \sin(\omega t + \phi_1 - \varphi) - \frac{E_m}{Z} \sin(\phi_1 - \varphi)e^{-\frac{x}{R}\omega t},$$

де $i_1(0)$ – значення струму в обмотці електромагніта реле K1 у момент закриття діода VDK;

$$R = R_\delta + R_p;$$

R_δ – активний опір струмообмежуючого резистора;

R_p – активний опір обмотки електромагніта реле K1 (на рис. 1 не показано);

$$X = \omega L;$$

ω – кутова частота;

L – індуктивність обмотки електромагніта реле K1;

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2};$$

E_m – амплітудне значення напруги на вторинній обмотці трансформатора TV1;

ϕ_1 – початкове значення фази напруги на вторинній обмотці трансформатора TV1, за якого діод VDK закривається;

φ – фаза напруги вторинної обмотки трансформатора TV1;

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R};$$

Коли діод VDK відкривається, він шунтує обмотку електромагніта реле K1, струм у ній не зникає, а, не змінюючи напрямку, замикається через діод VDK. Цей струм обумовлений дією електрорухомої сили (ЕРС) обмотки електромагніта реле K1. Закон зміни цього струму в зазначеній частині періоду (коли діод VDK відкритий), такий:

$$i_{2p} = i_2(0)e^{-\frac{x}{R}\omega t},$$

де $i_2(0)$ – початкове значення струму в обмотці електромагніта реле K1 у момент, коли відкривається VDK.

Можна показати, що середнє значення струму в обмотці реле визначається за формулою:

$$I_{cp} = \frac{E_m}{Z_1 2\pi} \left\{ A - \left(1 - e^{-\frac{\pi - \phi_1 - \phi_2}{\operatorname{tg} \alpha_1}} \right) \operatorname{tg} \alpha_1 \frac{Z_2}{R_\delta} \times \right. \\ \times \sin(\alpha_1 - \alpha_3 + \phi_2) + \left(1 - e^{-\frac{\pi + \phi_1 + \phi_2}{\operatorname{tg} \alpha_2}} \right) \operatorname{tg} \alpha_2 \times \\ \left. \times \left[i_2(0) - \frac{R_3 Z_1}{(R_\delta + R_3) Z_2} \sin(\alpha_2 + \phi_2) \right] \right\},$$

де

$$A = 2 \cos \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} \left[\cos \left(\alpha_1 - \frac{\phi_1 - \phi_2}{2} \right) - \frac{R_3 Z_1}{(R_\delta + R_3) Z_2} \times \right. \\ \left. \times \cos \left(\alpha_2 - \frac{\phi_1 - \phi_2}{2} \right) \right];$$

E_m – амплітудне значення напруги вторинної обмотки трансформатора TV1;

$$z_1 = \sqrt{(R_\delta + R_p)^2 + \omega^2 L^2};$$

$$z_2 = \sqrt{R_\Sigma^2 + \omega^2 L^2};$$

$$R_\Sigma = R^I + R_p;$$

$$R^I = \frac{R_\delta R_3}{R_\delta + R_3};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\omega L}{R_\delta + R_p};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\omega L}{R_\Sigma};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{\omega L}{R_p};$$

ϕ_1 – фаза напруги вторинної обмотки трансформатора TV1, коли діод запирається;

ϕ_2 – фаза напруги вторинної обмотки трансформатора TV1, коли діод відкривається.

Залежність середнього значення струму через обмотку реле від опору R_3 кола заземлення гірничої машини зображена на рисунку 3 [2].

Рисунок 3 – Залежність середнього значення струму в обмотці електромагніта реле від опору заземлювального кола

Суттєвими недоліками таких схем була значна залежність опору R_3 (за якого схема не дозволяла увімкнути гірничу машину і вимикала її) від параметрів поворотальної пружини якоря електромагніта, пружини на контактах і повітряного зазору магнітної системи. Тому схема не дозволяла надійно контролювати параметри R_3 і від неї вимагалось забезпечити запобігання увімкнення гірничої машини зі збільшенням опору кола її заземлення вище 100 Ом. Кожні півроку експлуатації необхідно було виконувати параметризацію цих блоків.

пошкодження самих блоків. У такому випадку порушується синхронність роботи в обох схемах і пристрій блокується. Включення керованої машини в такому режимі неможливо, доки не буде усунено помилку та елементи (реле) обох схем не опиняться в початковому (відключеному) стані.

Електрична схема блока дистанційного управління БДУ наведена на рисунку 6.

Блок складається з двох вимірювальних схем, які містять схему порівняння струмів, посилювачі та вихідні реле. Контакти вихідних реле включені в логічну схему, яка здійснює управління проміжним

реле. Для прикладу розглянемо роботу однієї з вимірювальних схем. Друга працює аналогічно. Вхідний ланцюг являє собою схему порівняння струмів і складається з резисторів R9, R17, R18, R21, R13, R19, конденсаторів C10, C11, діодів VD6, VD7, VD10. Порівняння струмів відбувається на базі транзистора VT7 і резистора R16. У ланцюг транзистора VT7 з резистором R16 увімкнена схема захисту від помилкових спрацювань, яка складається з транзисторів VT3, VT4, резисторів R2, R5, R6, R16, конденсаторів C4, C6, діода VD4, стабілітрона VD1.

Рисунок 6 – Електрична схема блока дистанційного управління БДУ

До вхідного ланцюга схеми порівняння струмів до затискувачів 10 і 20 підключений пост дистанційного управління, який складається з кнопки «Пуск» та шунтуючого резистора (на схемі не вказані). Послідовно з кнопкою «Пуск» увімкнена кнопка «Стоп» і кінцевий діод (на схемі не вказані).

Під час подавання напруги на схему протягом позитивного напівперіоду струм від джерела напруги протікає по двох паралельних гілках – R13, VD7, R19, VD10, кнопковий пост, кінцевий діод. Протягом негативного напівперіоду струм протікає по ланцюгу VT7, R21, R18, R17, VD6, R9. На базі транзистора VT7 відбувається порівняння струмів. При розімкнутій кнопці «Пуск» транзистори VT7 і VT1 закриті, реле K1 знеструмлено. При замиканні

кнопки «Пуск» відбувається шунтування ланцюга R13, VD7, R19, VD10, що призводить до перевантаження в ланцюгу VT7, R21, R18, R17, VD6, R9.

Унаслідок цього відкриваються транзистори VT7, VT1 і спрацьовує реле K1. Зі збільшенням опору в ланцюгу дистанційного управління струм у ланцюгу R13, VD7, R19, VD10 підвищується, що призводить до закриття транзисторів VT7, VT1 і відключення реле K1.

У разі замикання дротів дистанційного управління відбувається шунтування обох ланцюгів, що призводить до закриття транзисторів VT7, VT1 і відключення реле K1.

Схема захисту слугує для забезпечення стійкої роботи під час перехідних процесів у ланцюгах

управління.

Контакти вихідних реле двох вимірювальних схем включені в логічну схему таким чином, що реле K4 під час подавання напруги на схему включається та замикає контакт K4.2 в ланцюгу реле K5. За наявності сигналу керування в ланцюгах дистанційного управління контакти реле K1.2 і K2.2 перемикаються. При цьому реле K4 залишається включеним, окрім цього, включається реле K5, яке своїми контактами включає проміжне реле. Якщо робота контактів K1.2 і K2.2 неузгоджена, відбувається знеструмлення котушки реле K4,

розмикання контакту K4.2 та відключення проміжного реле. Іскробезпека блока забезпечується резисторами R4, R16, R20.

Наявність двох однакових схем у блоці суттєво ускладнювала схему та конструкцію блоків БДУ. Тому виникла необхідність розробки нових вимірювальних схем. До них належать блоки БДУ-4 з різними подальшими індексами (БДУ-4-2, БДУ-4-3, БДУ-Т).

Електрична схема блока дистанційного управління БДУ-4-2 наведена на рисунку 7.

Рисунок 7 – Електрична схема блока дистанційного управління БДУ-4-2

Підключення блока БДУ-4-2 до джерела живлення схеми управління апарата здійснюється за допомогою з'єднувача, встановленого на печатній платі блока. Напруга 18 В з вторинної обмотки розподільного трансформатора (на схемі не показано) подається на контакти 3, 15, а лінія зв'язку блока з пультом дистанційного управління приєднується до контактів 3, 20. Струмобмежувальний опір здійснюється двома резисторами R8, R9. Схема вимірювального вузла утворена резисторами R4–R7 і конденсаторами C1–C3, за допомогою яких згладжуються пульсації напруги на резисторах R8, R9. Вихідна напруга на вимірювальній схемі подається на вхід 7 мікросхеми (таймера) DD1. На входи 4, 8 мікросхеми DD1 подається опорна постійна напруга через діод VD2 та згладжувальний конденсатор C6, яка пропорційна напрузі між контактами 3, 15.

Принцип дії цієї схеми ґрунтується на порівнянні напруги на вході 7 мікросхеми DD1 і відповідно на виході вимірювальної схеми з напругою на входах 4, 8 мікросхеми DD1. Коли напруга на вході 7 мікросхеми DD1 менша за напругу на входах 4, 8,

мікросхема DD1 зачинена та напруга на її виході 3 відсутня. При цьому струм у обмотці електромагніта виконавчого реле K1.1 дорівнює нулю, реле вимкнено, контакт K1.2 розімкнений і гірнична машина вимкнута. Коли контакт кнопки «Пуск» (на схемі не вказаний, він підключений по лінії зв'язку до контактів 3, 20) у пості дистанційного управління замкнений, напруга на вході 7 мікросхеми DD1 перевищує напругу на її входах 4, 8, мікросхема починає генерувати імпульси на її виході 3. До того ж, ці імпульси підсилюються підсилювачем на транзисторах VT1–VT3 і за допомогою трансформатора TV1 через спрямляючий міст VD6 спрямляються та подаються на обмотку електромагніта виконавчого реле K1.1. При цьому замикаючий контакт виконавчого реле K1.2 замикається, контактор (на схемі не вказаний, підключений до контактів 1, 2 блока) і гірнична машина вмикаються. З натисненням кнопки «Стоп» (на схемі не вказана) у пості дистанційного управління напруга на вході 7 мікросхеми DD1 різко знижується та мікросхема вимикається, контактор і гірнична машина також вимикаються.

Така побудова схеми дозволяє забезпечити четверту вимогу до іскробезпечних пристроїв дистанційного управління гірничими машинами – забезпечити автоматичний контроль справності елементів схеми та ліній їх зв'язку між собою і блокування роботи пристрою у разі їх пошкодження.

Спрощені (еквівалентні) електричні схеми (фізичні моделі) вимірювального вузла блоку БДУ-4-2 і нових блоків БДУ-У показані на рисунках 8, 9. На рисунку 10 наведені залежності напруги на виходах вимірювальних схем від опору R_3 .

Рисунок 8 – Спрощена електрична схема (фізична модель) вимірювального вузла блоку дистанційного управління БДУ-4-2

Рисунок 9 – Спрощена електрична схема (фізична модель) дистанційного управління нових блоків БДУ-У

Рисунок 10 – Залежність напруги від заземлювального опору

Ці залежності показують, що між ними немає суттєвої різниці щодо їхньої чутливості до зміни опору R_3 і тому вони не мають переваги між собою. Ця залежність показує, що їх крутизна значно менша, ніж у попередніх схемах, але вони мають різний напрямок зміни вихідного сигналу у разі виходу з ладу елементів пристрою та сигналів, які залежать від положення контактів кнопок «Пуск» і «Стоп». Тому на базі них є можливість розробити пристрої, які можуть забезпечити неможливість несанкціонованого увімкнення гірничої машини у разі виходу з ладу елементів і кіл їх зв'язку між собою.

ВИСНОВКИ. Електричні схеми блоків дистанційного управління БДУ-4-2 та запропонованого авторами БДУ-У (наведені на рис. 7, 8) щодо чутливості до зміни опору лінії зв'язку з постом дистанційного управління не мають переваг між собою і можуть застосовуватися залежно від того, яка з них більше придатна для виконавчої частини схеми. Водночас вони надають можливість розробити пристрої, які здійснюють функцію автоматичного контролю справності їх елементів і кіл з'єднання між собою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дзюбан В. С., Риман Я. С., Маслий А. К. Принципиальная электрическая схема пускателя ПВИ 320Б: Справочник Энергетика угольной шахты. Москва : «Недра», 1983. 343 с.
2. Дзюбан В. С., Котляревский А. П. Исследование схем с индуктивной нагрузкой, зашунтированной вентилем. *Электротехника*. 1972. № 2. С. 6–9.
3. Блок дистанционного управления БДУ-4-2. Руководство по эксплуатации. ПИЖЦ 656115.033 РЭ.
4. Дзюбан В. С. Блоки дистанционного управления (БДУ). Взрывозащищенные аппараты низкого напряжения. Москва : Энергоатомиздат, 1993.
5. Блок дистанционного управления БДУ-4-2. Паспорт БДУ.00.000.ПС.
6. Блок управления типа БДУ. Паспорт ИМШБ. 656111.010 ПС.
7. Нефедов В. И. Основы радиоэлектроники Москва : «Высшая школа», 2000. С. 276–290.
8. Атабеков Г. И. Линейные электрические цепи : учебник для вузов. 5-е изд., испр. и доп. Москва : Энергия, 2008. 592 с.
9. Кичак В. М., Крушевський Ю. В., Гаврілов Д. В. Основы радиоэлектроники : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 368 с.
10. Загірняк М. В., Дзюбан В. С., Артьомов П. В. Блоки дистанційного управління гірничими машинами та комплексами БДУ-У. *Електромеханічні системи, методи оптимізації та моделювання*. 2019. Вип. 3 (47). С. 21–27.

THE RESEARCH OF THE MEASURING CIRCUITS OF THE SPARK-SAFE DEVICES FOR MINING MACHINE REMOTE CONTROL

M. Zagirnyak, V. Dziuban

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: mzagirn@kdu.edu.ua

P. Artomov

JSC "DTEK Donetsk electromerzhi", vul. Komertsiiina, 8, Kramatorsk, 84302, Ukraine.

Email: ArtemovPV@dtek.com

Introduction. Spark-safe devices for mining machine remote control fundamentally differ from conventional electric remote control units on four specific requirements. The first requirement is to limit the output parameters to the spark-safe values. The second requirement is to provide protection against loss of control due to the short circuit or breakage of the lines of communication of the device with the remote control post. The third requirement is to control the resistance of the communication line and prevent the machine from switching on if this resistance is increased above 50 Ohms. This is required when one of the lines of the communication cable is used as a grounding grid of the body of the mobile mining machine operated by a remote control and thus performs the function of protecting personnel against electric shock. The fourth requirement is to ensure the automatic control of the operability of the circuit elements and their lines of communication and blocking the device operation in the event of damage. This should ensure that the mining machine cannot be switched on uncontrollably and vice versa – it can be switched off if the block elements or the line of communication of the block and the remote control unit fails. **Purpose.** To analyze the schematic circuits of spark-safe devices for the remote control of BU, BDU, BDU-4-2 mining machines that were used and are being used in Ukrainian mines as well as new BDU-U blocks, developed by the authors of this paper, and to provide recommendations as to the choice of the electric circuit of the measuring unit for the development of new blocks. **Results.** The schematic circuits of the above-mentioned remote control blocks, the circuits of measuring units of these blocks, as well as the results of theoretical and experimental research of the initial parameters of measuring units are proposed in the paper. The absence of the methods for calculating the output parameters of the measuring circuits of modern spark-safe devices of remote control, as well as the experimental data and dependences of the output parameters of the measuring units significantly complicates the development of these devices. Therefore, the research results presented in the paper are topical. **Originality.** The paper deals with the analysis of two variants of the modern circuits of connection of the circuit measuring unit with the line of communication of the unit with the control post: parallel and series. It is found that these variants of the circuit do not outweigh each other in the sensitivity to the change of the resistance of the communication line. Therefore, the need to apply a particular circuit should be assessed from the point of view of its compatibility with the executive part of the spark-safe device for the mining machine remote control. References 10, figures 10.

Key words: spark-safe devices for remote control, mining machines, measuring circuits, resistance of grounding circuits.

REFERENCES

1. Dziuban, V. S., Riman, Ya. S., & Maslii, A. K. (1983). *Printsipialnaya elektricheskaya shema puskatelya PVI 320B: Spravochnik Energetika ugolnoy shahty [The schematic circuit of PVI 320B actuator: Reference book Mining power engineering]*. Moscow: Nedra. [in Russian]
2. Dziuban, V. S., & Kotliarevskii, A. P. (1972). Issledovanie skhem s induktivnoy nagruzkoy, zashuntirovannoy ventilem [The research of inductive load circuits bypassed by a valve]. *Elektrotehnika*, 2, 6–9. [in Russian]
3. Remote control block BDU-4-2. Operation manual. PIZhTs 656115.033 RE.
4. Dziuban, V. S. (1993). *Bloki distantsionnogo upravleniya (BDU). Vzryvobezopasnyye apparaty nizkogo napryazheniya [Remote control blocks (BDU). Low-voltage explosion-proof devices]*. Moscow: Energoatomizdat. [in Russian]
5. Remote control block BDU-4-2. Registration certificate BDU.00.000.PS.
6. BDU-type control block. Registration certificate IMShB. 656111.010 PS.
7. Nefedov, V. I. (2000). *Osnovy radioelektroniki [Fundamentals of radio electronics]*. Moscow: Vysshaia shkola. [in Russian]
8. Atabekov, G. I. (2008). *Lineynye elektricheskie tsepi: uchebnik dlya vuzov [Linear electric circuits: textbook for HEI. 5-th ed.]*. Moscow: Energiia. [in Russian]
9. Kychak, V. M., Krushevskiy, Yu. V., & Havrilov, D. V. (2010). *Osnovi radioelektroniki: navchalnyi posibnik [Fundamentals of radio electronics: textbook]*. Vinnytsia: VNTU. [in Ukrainian]
10. Zagirnyak, M. V., Dziuban, V. S., & Artomov, P. V. (2019). Bloki distantsiynogo upravlinnya girnichnimi mashinami ta kompleksami BDU-U [Blocks of remote control for mining machines and complexes BDU-U]. *Elektromekhanichni sistemi, metodi optimizatsii ta modelyuvannya*, 3(47), 21–27. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 28.02.2020.