

Mgr inż. Henryk Karolewski

## OBWODY ISKROBEZPIECZNE W KOPALNIANYCH ŁĄCZNIKACH STYCZNIKOWYCH

**Streszczenie:** Przeprowadzono analizę iskrobezpiecznych obwodów sterowania i kontroli stanu izolacji stosowanych w łącznikach kopalnianych typu KWSO.

Porównano układy sterowania stosowane w łącznikach produkcji krajowej i zagranicznej.

Wykazano wady i nakreślono niezbędne poczynania celem zwiększenia niezawodności eksploatacyjnej i bezpieczeństwa przeciwwybuchowego iskrobezpiecznych obwodów zdalnego sterowania i kontroli stanu izolacji.

### 1. Wstęp

Eksploatacja nowych pokładów, charakteryzujących się węglem wysokiej klasy lecz o dużej gazowości przy jednoczesnym wprowadzeniu koncentracji wydobywania z jednoczesną automatyzacją urabiania, ładowania i transportu jest realizowana w oparciu o energię elektryczną.

Szerokie wprowadzenie energii elektrycznej do przodków węglowych o dużym prawdopodobieństwie występowania metanu przyczynia się do zwiększenia niebezpieczeństwa pracy. Celem zmniejszenia możliwości wybuchu mieszaniny powietrze-metan, oprócz urządzeń elektrycznych budowy ognioszczelnej, coraz szerzej stosuje się urządzenia elektryczne budowy iskrobezpiecznej o wyższym stopniu bezpieczeństwa względem mieszanin wybuchowych.

Istota budowy iskrobezpiecznej polega na takim doborze parametrów obwodu elektrycznego (prądu, napięcia, indukcyjności, pojemności, oporu), aby energia iskry elektrycznej, która może powstać w obwodzie była niewystarczająca do zapalenia mieszaniny wybuchowej.

Osiągnięcie wewnętrznego bezpieczeństwa obwodu elektrycznego jest możliwe jedynie w technice prądów słabych, a więc w sieciach teletechnicznych, sygnalizacyjnych, kontrolnych, sterujących itp.

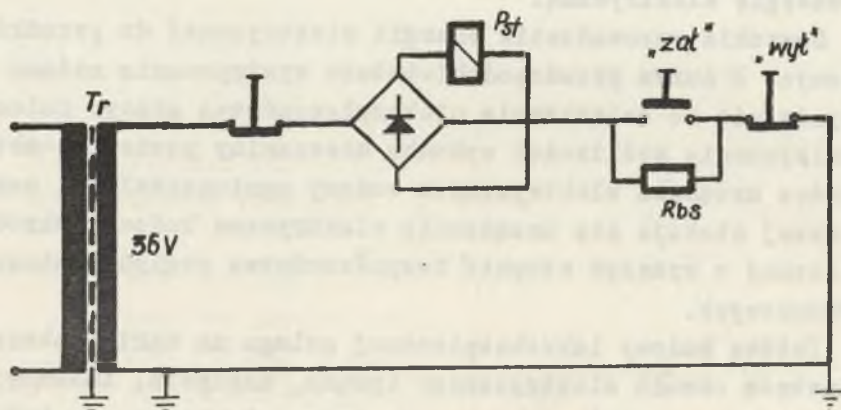
W kopalnianych łącznikach stycznikowych typu KWSO jako obwody iskrobezpieczne można było zrealizować obwody zdalnego sterowania i kontroli stanu izolacji.

## 2. Obwody zdalnego sterowania

Obwodom zdalnego sterowania w KWSO stawia się coraz większe wymagania dotyczące niezawodności działania i bezpieczeństwa obsługi.

Oprócz iskrobezpieczeństwa obwody zdalnego sterowania winny spełniać m.in. następujące wymagania:

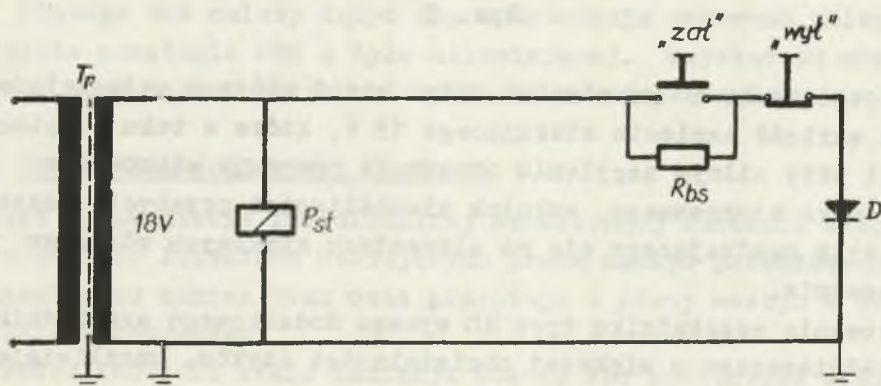
- schemat układu sterowania powinna charakteryzować maksymalna prostota,
- sterowanie maszyną powinno odbywać się jak najmniejszą ilością przewodów i przekaźników,
- układ musi chronić przed przypadkowym uruchomieniem maszyny, jeżeli nastąpi zwarcie lub doziemienie żył sterujących,
- układ powinien zapewnić kontrolę ciągłości i oporu żyły uziemiającej,



Rys. 1

W Polsce prace nad iskrobezpiecznymi obwodami zdalnego sterowania zaczęto prowadzić stosunkowo późno, bo dopiero około r. 1960. W ZSRR pierwszy układ iskrobezpiecznego sterowania powstał w 1950 roku w Mak NII (rys. 1). Wadą tego układu była możliwość samoczynnego włączenia przekaźnika przy zwarciu pętli sterującej.

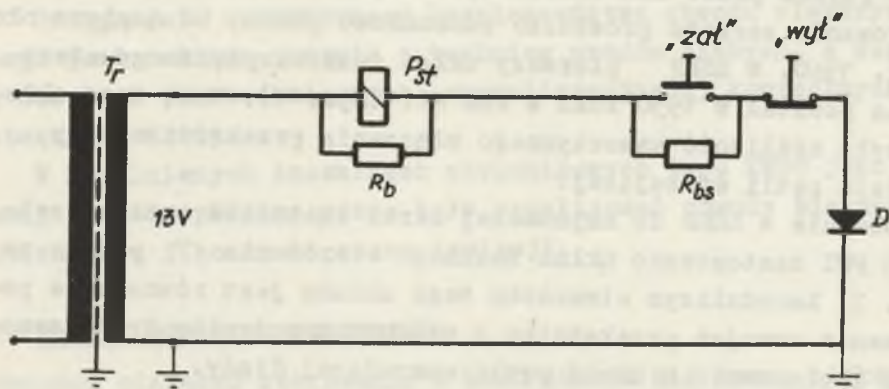
Obecnie w ZSRR do najnowszej serii łączników ognioszczelnych PWI zastosowano układ zdalnego sterowania 7 podany na rys. 2. Zasadniczym elementem tego układu jest równoległe połączenie uzwojeń przekaźnika z wtórnym uzwojeniem transformatora i włączenie w obwód pętli sterującej diody.



Rys. 2

Dzięki równoległemu połączeniu uzwojenia przekaźnika obniża się znacznie indukcyjność obwodu sterowania, co przy odpowiednich parametrach transformatora pozwala na stosowanie w obwodzie sterowania dostatecznie dużej wartości prądu, zabezpieczającej efektywną kontrolę przewodu uziemiającego. Taki układ pozwala również na sterowanie zespołami wielonapędowymi o wzajemnym uzależnieniu.

W polskim przemyśle węglowym wprowadzony został do KWSO układ zdalnego sterowania przedstawiony na rys. 3. Układ taki jest obecnie stosowany w KWSOI - 40, 160, 350. Układ spełnia wymagania iskrobezpieczeństwa kl. III BI wg PN/E-08107.



Rys. 3

Rozwiązanie to ma również wady, wśród których najważniejszą jest wartość napięcia sterującego 13 V, które w toku eksploatacji przy silnym zapyleniu otoczenia powoduje wibrowanie stycznika sterowanego, wskutek niemożliwości przebycia warstewki pyłu osadzającego się na elementach stykowych zdalnego sterowania.

Stosowanie przekaźnika typu RL wymaga dodatkowego przekaźnika pośredniczącego o większej obciążalności styków, umożliwiającego sterowanie cewką elektromagnesu stycznika.

Przez przekaźnik płynie prąd prostowany jednopółkowo, zadziałanie przekaźnika jest możliwe po zwarceniu oporu  $R_{bs}$  przez przycisk "zał", lub też przy wzroście napięcia.

W czasie badań stwierdzono, że przekaźnik zadziałał bez impulsu sterowniczego już przy  $1,35 U_N$ .

W Pomorskim Ośrodku Rozwoju Aparatury Przeciwybuchowej przy BZEM "Belma" prowadzono próby zastosowania tranzystorów w obwodach zdalnego sterowania.

Przy zastosowaniu tranzystorów można uzyskać znaczny wzrost mocy iskrobezpiecznej, dzięki wyeliminowaniu indukcyjności z obwodu pętli sterowania.

Uzyskanie korzyści ze stosowania tranzystorów jest jednak związane z poważnymi trudnościami do których należy konieczność stosowania stabilizacji termicznej, ze względu na wysoką temperaturę występującą w obwodach KWSO. Pomierzone w Kopalni

Doświadczalnej "Barbara" przyrosty temperatur wewnątrz obudowy łącznika typu KWSO w warunkach znamionowego obciążenia (bez przełączeń) są rzędu 30-50°C, co ma już duży wpływ na poprawną pracę tranzystorów.

Na iskrobezpieczeństwo układu zdalnego sterowania, duży wpływ może mieć również SEM indukowana w żyłę uziemiającej, będącej zarazem częścią obwodu pętli sterującej [5]. Wartość SEM indukcji wzajemnej może być duża, ponieważ zarówno żyła uziemiająca jak i przewody sterujące, w większości przewodów górniczych są położone niesymetrycznie względem żył prądowych.

Dlatego też należy dążyć aby konstrukcja przewodu uniemożliwiła powstanie SEM w żyłę uziemiającej. Uzyskać to można przez usytuowanie żyły uziemiającej w osi przewodu.

### 3. Obwody kontroli stanu izolacji

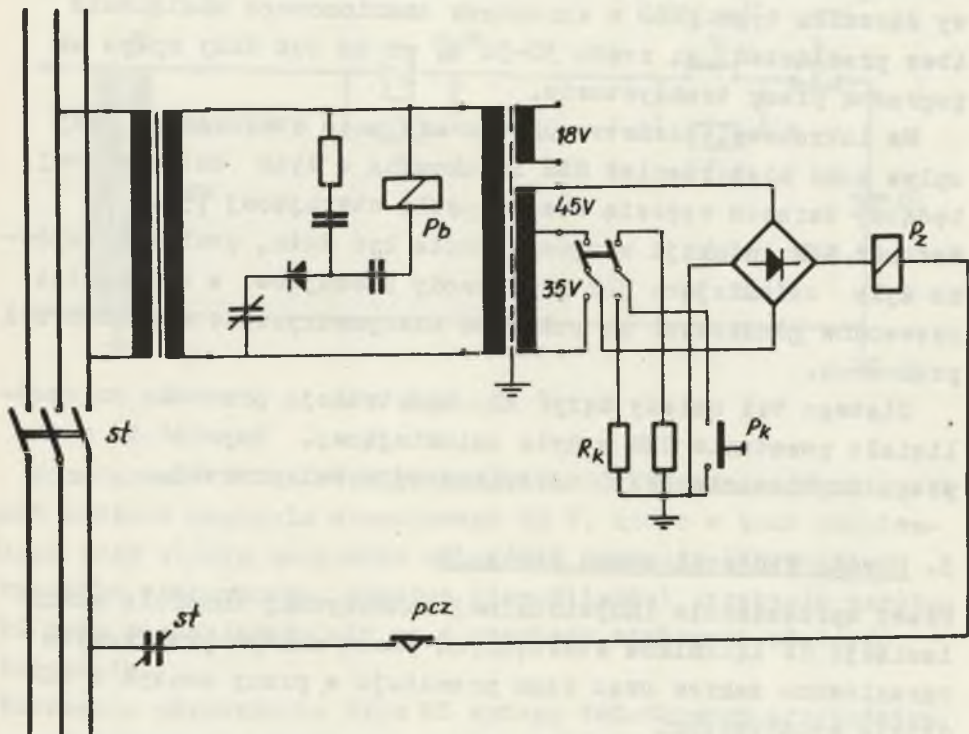
Przez wprowadzenie indywidualnej samoczynnej kontroli stanu izolacji do łączników sterujących pracą maszyn przodkowych ograniczono zakres oraz czas przestoju w pracy maszyn w odziale wydobywczym.

Układowi kontroli stanu izolacji stawia się podstawowe wymagania

- układ powinien reagować na zadaną wartość oporu czynnego izolacji wyłączzonego odcinka sieci między wyłącznikiem a maszyną,
- układ powinien być iskrobezpieczny,
- SEM wybiegu silnika nie może wywierać wpływu na prawidłowość pracy zabezpieczenia.

Układ na rys. 4 jest układem stosowanym w łącznikach górniczych produkowanych w ZSRR [6].

Przy otwartym styczniku przekaźnik Pz jest podłączony do jednej z żył zasilających odbiornik. Jeden biegun układu prostującego jest połączony z ziemią, a drugi z uzwojeniem przekaźnika, w ten sposób, że obwód prądu zamyka się przez izolację przewodu i silnika.



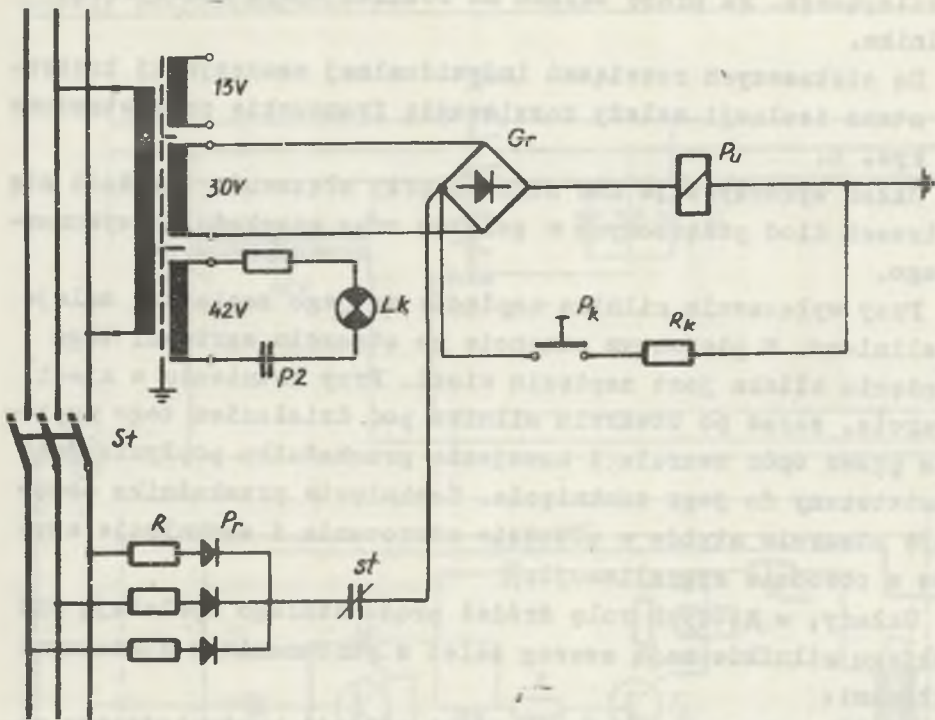
Rys. 4

Przy obniżeniu oporu izolacji do wartości granicznej, przekaźnik zadziała otwierając swoimi stykami obwód sterowania stycznika i zamykając obwód lampy sygnalizacyjnej.

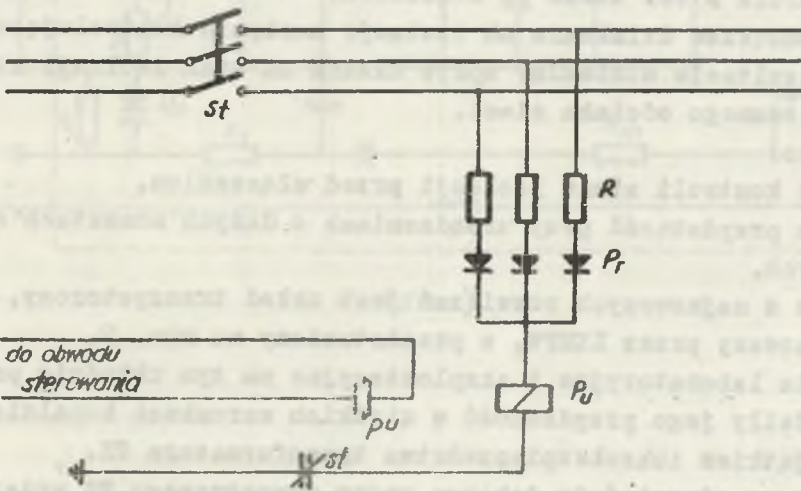
W celu wyeliminowania wpływu SEM wybiegu silnika na pracę układu kontroli, przy jego wyłączeniu zastosowano przekaźnik czasowy włączający swoimi stykami układ kontroli do fazy po czasie  $2,5 \pm 3$  s. - od wyłączenia stycznika.

Włączenie zabezpieczenia do jednej fazy sieci nie zezwala na kontrolę wszystkich żył prądowych kabla przy odłączonym silniku. Wady tej nie ma układ stosowany w polskich łącznikach KWSOI przedstawiony na rys. 5.

Obwód kontroli jest włączony do badanej sieci przy pomocy trzech diod. W odróżnieniu do układu z rys. 4 posiadającego stabilizację napięcia, układ jest zależny od wahań napięcia



Rys. 5



Rys. 6

zasilającego. Na pracę układu ma również wpływ SEM wybiegu silnika.

Do ciekawszych rozwiązań indywidualnej samoczynnej kontroli stanu izolacji należy rozwiązanie francuskie przedstawione na rys. 6.

Układ wykorzystuje SEM silnika przy włączeniu i składa się z trzech diod połączonych w gwiazdę oraz przekaźnika wykonawczego.

Przy wyłączeniu silnika napięcie na jego zaciskach maleje nieliniowo. W pierwszym momencie po otwarciu wartości tego napięcia bliska jest napięciu sieci. Przy istnieniu w sieci zwarcia, zaraz po otwarciu silnika pod działaniem tego napięcia przez opór zwarcia i uzwojenie przekaźnika popłynie prąd dostateczny do jego zamknięcia. Zamknięcie przekaźnika powoduje otwarcie styków w obwodzie sterowania i zamknięcie styków w obwodzie sygnalizacji.

Układy, w których rolę źródeł prądu stałego spełniają SEM wybiegu silników mają szereg zalet w porównaniu z normalnymi układami:

- bliska, robocemu napięciu sieci wartość kontrolującego napięcia stałego,
- kontrola sieci zaraz po włączeniu,
- krótki czas działania na izolację napięcia kontrolującego i w rezultacie minimalny wpływ układu na stan izolacji kontrolowanego odcinka sieci.

Wady to:

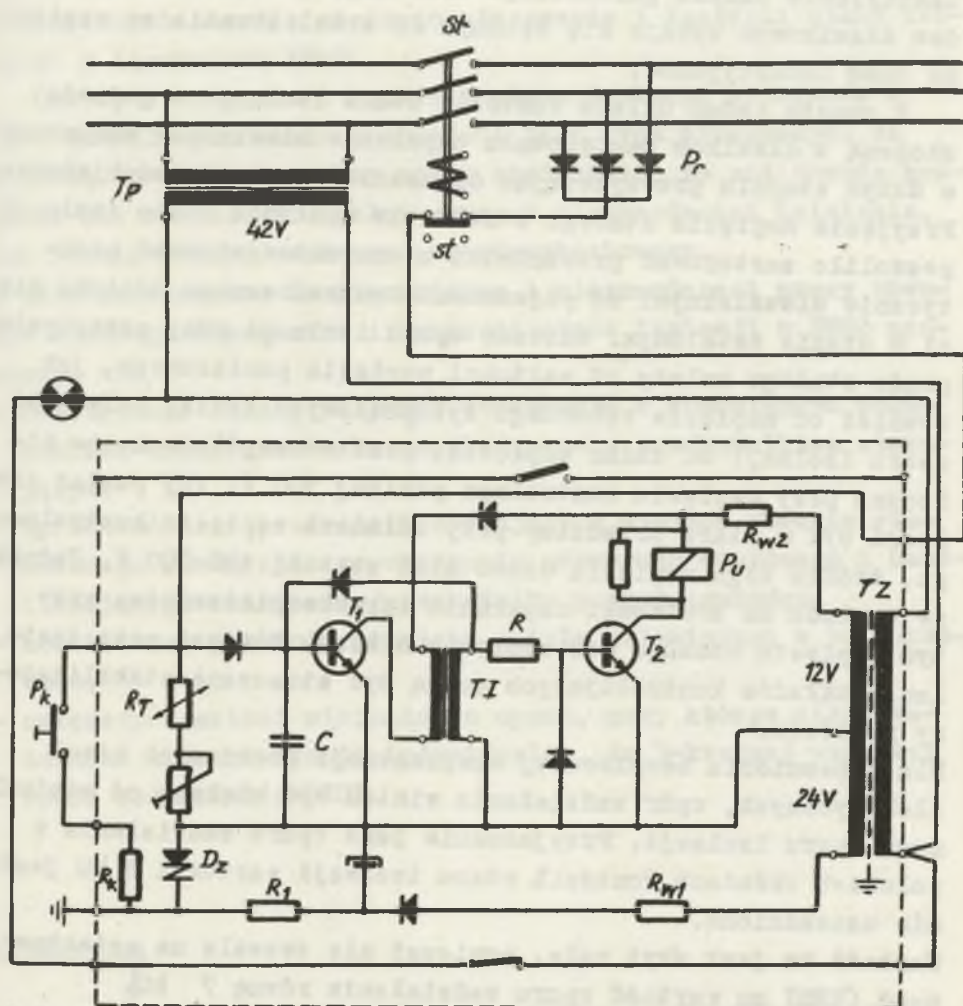
- brak kontroli stanu izolacji przed włączeniem,
- mała przydatność przy urządzeniach o dużych momentach oporowych.

Jednym z najnowszych rozwiązań jest układ tranzystorowy, zaproponowany przez ZKMPW, a przedstawiony na rys. 7.

Badania laboratoryjne i eksploatacyjne na tym układzie potwierdziły jego przydatność w ciężkich warunkach kopalnianych, za wyjątkiem iskrobezpieczeństwa transformatora TZ.

Jednak po odpowiednim doborze oporu wewnętrznego TZ wydaje się, że układ ten będzie spełniał wszystkie wymagania mu stawiane i zastąpi układy stosowane obecnie w KWSOI.





Rys. 7

Zastąpienie układu gwiazdowego złożonego z trzech diod, układem dławikowym wydaje się trudnym do zrealizowania ze względu na dużą indukcyjność.

W czasie badań układu kontroli stanu izolacji z gwiazdą złożoną z dławików następowało zapalenie mieszaniny wybuchowej w dużym stopniu przewyższając dopuszczalne prawdopodobieństwo. Przyjęcie napięcia stałego w obwodzie kontroli stanu izolacji pozwoliło zastosować przekaźniki z charakterystykami praktycznie niezależnymi od pojemności kontrolowanego odcinka sieci w stanie ustalonym. Wartość oporu izolacji przy przepływie prądu stałego zależy od wartości napięcia pomiarowego, jak również od napięcia roboczego żył prądowych kabla. Zależność oporu izolacji od zmian napięcia, jest szczególnie mocno widoczna przy napięciu kontrolnym poniżej 100 V. Aby pomiar izolacji był w miarę prawdziwy przy zmianach napięcia kontrolnego, źródło tego napięcia winno mieć wartość 150–200 V. Jednak ze względu na trudności uzyskania iskrobezpieczeństwa przy tym napięciu stosuje się napięcie niższe. Wówczas przy zasilaniu układów kontrolujących muszą być stosowane stabilizatory napięcia.

Dla zapewnienia bezpiecznej eksploatacji górniczych sieci elektrycznych, opór zadziałania winien być większy od minimalnego oporu izolacji. Przyjmowanie jako oporu zadziałania w polskich układach kontroli stanu izolacji wartości 8 k $\Omega$  jest nie uzasadnione.

Wartość ta jest zbyt mała, ponieważ nie zezwala na selektywność (UKSI ma wartość oporu zadziałania równą 7 k $\Omega$ ).

Układ indywidualnej kontroli stanu izolacji bada stan izolacji na odcinku maksymalnie dochodzącym do 200–300 m (włączony stycznik w KWSO ogranicza odcinek badany do odległości i łącznik – maszyna).

Na tak krótkim odcinku opór izolacji jest praktycznie większy dlatego też przyjęcie oporu zadziałania dwu a nawet trzykrotnej wartości oporu zadziałania UKSI, pozwoli na prawidłową współpracę tych dwóch zabezpieczeń, a z drugiej strony zwiększy bezpieczeństwo rażeniowe i przeciwwybuchowe w od-dziale wydobywczym.

#### 4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Celem referatu było przeprowadzenie analizy stosowanych iskrobezpiecznych obwodów zdalnego sterowania i kontroli stanu izolacji w łącznikach KWSO.

Obwody sterowania i kontroli stanu izolacji stosowane w KWSO zostały porównane z obwodami tego typu stosowanymi za granicą. W wyniku analizy można stwierdzić, że ani obwody kontroli nie spełniają w pełni wymagań niezawodności działania, jak również bezpieczeństwa przeciwwybuchowego.

W celu zwiększenia bezpieczeństwa i niezawodności pracy obwodów zdalnego sterowania i kontroli stanu izolacji w KWSO proponuje się

- konstruować układy zdalnego sterowania z równoległym połączeniem transformatora zasilającego z przekaźnikiem sterującym,
- opracować nowy przekaźnik sterujący w miejsce obecnie stosowanego spełniającego wymagania przemysłu węglowego i umożliwiającego eliminację przekaźnika pośredniczącego,
- konstruować przewody górnicze z żyłą uziemiającą w osi przewodu,
- zwiększyć wartość minimalnego oporu, przy którym winno zadziałać zabezpieczenie indywidualne, do 3-krotnej wartości oporu zadziałania UKSI.

#### LITERATURA

- [1] Gluziński W.: Elektryfikacja podziemi kopalń. Część II. Wyd. "Śląsk" Katowice, 1965.
- [2] Kałodoczka P.A.: Rozrobotka nowej iskrobezpiecznej schemy distancjonowo uprawienia szachtyni maszynami i mechanizmami. "Woprosy gornoj elektromechaniki" Tom IX Trudy MakNII 1959.
- [3] Kotljarewski A., Rimons S.: Niektoryje woprosy rozrobutki elementow iskrobezopasnych schem distancjonowo uprawienia.
- [4] PKN: PN/E-08107 "Urządzenia i obwody elektryczne iskrobezpieczne w kopalniach węgla".

- [5] Sumin J.: Isledowanie opasnych posledstwi projawlenia elektrodwizuszczej sily, nawodimoj w zazemlajuszczej žyle gibkowo kabiela. "Woprosy gornoj elektromechaniki", Trudy MakNII Tom IX, 1959.
- [6] Simonow N., Pisockaja T., Diki T.: Blokirowka protiv wkluczenia szachtnowo elektro oburodowania s prowreždiennoj izolacii Wypusk IV. Energia 1966.
- [7] Swietlicznyj P.L.: Elektropriwod i elektrosnobizenie gornych maszin. "Nedra" Moskwa 1968 r.