

Piotr GAWOR
Michał CYRÓN
Jan BŁAZ

OCENA WPŁYWU UZIOMÓW NATURALNYCH W PODZIEMIACH KOPALŃ NA REZYSTANCJĘ UZIEMIENIA SYSTEMU UZIEMIAJĄCYCH PRZEWODÓW OCHRONNYCH

Streszczenie. Podstawowym środkiem dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej w podziemiach kopalń jest system uziemiających przewodów ochronnych. O skuteczności działania tego systemu decyduje między innymi wartość jego rezystancji uziemienia. Zakłada się, że wymaganą wartość rezystancji uziemienia systemu uziemiających przewodów ochronnych powinny zapewnić: co najmniej jeden uziom centralny oraz uziomy lokalne instalowane w pobliżu większych skupisk urządzeń elektrycznych i wszędzie tam, gdzie istnieją dogodne warunki do wykonania uziomu o małej rezystancji. Niezależnie od wymienionych rodzajów uziomów (tzn. uziomów sztucznych), występują uziomy naturalne wynikające ze specyfiki instalowania maszyn górniczych i urządzeń elektrycznych w podziemiach kopalń (pośredni lub bezpośredni kontakt ze skałami, czyli z ziemią). W artykule podjęto próbę oceny wpływu uziomów naturalnych na wypadkową wartość rezystancji uziemienia systemu uziemiających przewodów ochronnych. Podano wyniki pomiarów rezystancji uziemienia uziomów sztucznych i naturalnych, występujących w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Przeprowadzono próbę analitycznej oceny udziału uziomów naturalnych w rezystancji wypadkowej uziemienia systemu uziemiających przewodów ochronnych oraz wskazano na inne możliwości wykorzystania uziomów naturalnych.

1. WSTĘP

Dodatkowym środkiem ochrony przeciwporażeniowej, stosowanym w podziemiach kopalń, jest system uziemiających przewodów ochronnych (SUPO), polegający na połączeniu metalowych korpusów silników i urządzeń elektrycznych z kopalnianym systemem uziomów, za pośrednictwem sieci przewodów ochronnych.

W skład systemu uziomów kopalnianych wchodzi:

- co najmniej jeden uziom centralny, instalowany zwykle w rzepiu szybu,
- uziomy lokalne instalowane w pobliżu większych skupisk urządzeń elektrycznych, a więc przy rozdzielnicach wysokiego napięcia, przewoźnych stacjach transformatorowych, przewoźnych stacjach prostownikowych itp., a także wszędzie tam, gdzie istnieją dogodne warunki do wykonania uziomu o stosunkowo małej rezystancji uziemienia.

Wymienione wyżej uziomy, zakładane w wodzie (rzępa szybów), na granicy woda - skała (ścieki w chodnikach), lub też bezpośrednio w skałach, są uziomami sztucznymi, celowo wykonywanymi.

Niezależnie od uziomów sztucznych, można mówić o istnieniu uziomów naturalnych, wynikających ze specyfiki instalowania maszyn górniczych i urządzeń elektrycznych w wyrobiskach.

Cechą charakterystyczną większości maszyn i urządzeń górniczych, a więc i połączonych z nimi konstrukcyjnie korpusów elektrycznych silników napędowych, jest bezpośredni lub pośredni kontakt ze skałami, czyli z ziemią. Dotyczy to również urządzeń elektrycznych, takich jak: łączniki, stacje transformatorowe, rozdzielnice, niezależnie od tego, czy są one instalowane bezpośrednio na spągu, na konstrukcjach wsporczych, fundamentach, czy też na przewoźnych lub przesuwanych platformach.

Oprócz uziomów sztucznych i naturalnych, przyłączonych celowo do SUPO, występują w podziemiach powszechnie konstrukcje metalowe stykające się ze skałami, jak elementy obudowy wyrobisk, rurociągi, szyny torów nieelektryfikowanych. Konstrukcje te nie są wprawdzie celowo łączone z SUPO, ale bliskie sąsiedztwo urządzeń elektrycznych nakazuje traktować je jako rodzaj uziomów naturalnych, które z jednej strony obniżają rezystancję przejścia do ziemi osób znajdujących się w pobliżu urządzeń elektrycznych, a z drugiej strony - odpowiednio wykorzystane - mogłyby się przyczynić do poprawy stanu SUPO [3].

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyników badań i ocena wpływu uziomów naturalnych na wypadkową rezystancję uziemienia SUPO.

2. WYNIKI POMIARÓW REZYSTANCJI UZIEMIENIA SUPO

System uziemiających przewodów ochronnych w podziemiach kopalń charakteryzuje się:

- znaczną liczbę uziomów sztucznych (rząd kilkudziesięciu do ponad stu) zakładanych często w warunkach niekorzystnie wpływających na ich rezystancję uziemienia,
- powszechność występowania uziomów naturalnych,
- skomplikowanym i zmieniającym się w czasie układem połączeń poszczególnych uziomów z sobą,
- różnorodnością wykonania połączeń między uziomami w poszczególnych fragmentach sieci,
- rozległością przestrzenną, odpowiadającą rozległości sieci elektroenergetycznej.

Cechy te stanowią o specyfice kopalnianego SUPO i odróżniają go od podobnych środków dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej stosowanych na powierzchni. Ujawnia się ta specyfika między innymi przy wykonywaniu pomiarów rezystancji uziemienia. Rozległość SUPO sprawia, że znane z praktyki

powierzchniowej metody pomiaru rezystancji uziemienia [4], [7] stają się dyskusyjne w warunkach kopalnianych. Przykładowo, podczas pomiarów rezystancji uziemienia nie ma możliwości umieszczenia uziomów pomocniczych w określonej odległości od SUPO, gdyż zajmuje on swym zasięgiem praktycznie cały obszar wyrobisk. Nie ma w związku z tym pewności, czy uziomy pomocnicze znajdują się poza strefą zmienności potencjału powierzchni skał, do których te pomocnicze uziomy są wbijane. W zgodzie z zasadami pomiarów przyjętymi w praktyce powierzchniowej, można wykonać jedynie pomiary pojedynczych uziomów sztucznych (centralnego, lokalnych, odłączonych od SUPO).

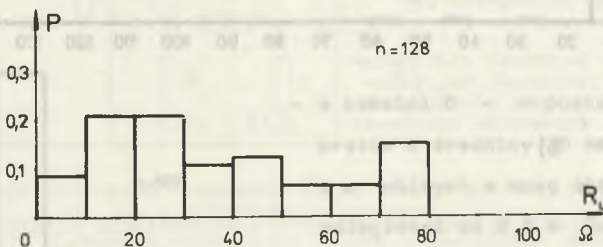
W celu przeprowadzenia analizy wartości rezystancji wypadkowej uziemienia w poszczególnych punktach SUPO, przeprowadzono pomiary w trzech kopalniach [1], [5], [6]. Objęto pomiarami wszystkie uziomy połączone galwanicznie na danym poziomie wydobywczym.

W miejscu przyłączenia do SUPO każdego uziomu sztucznego wykonano dwa zasadnicze pomiary:

- a) rezystancji uziemienia uziomu sztucznego odłączonego od SUPO,
- b) wypadkowej rezystancji uziemienia SUPO w miejscu włączenia rozpatrywanego uziomu sztucznego.

Dodatkowo wykonano pomiar trzeci (kontrolny) - rezystancji uziemienia SUPO, przy odłączonym rozpatrywanym uziemiu sztucznym.

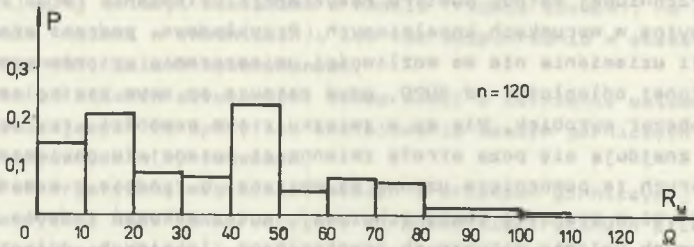
Wyniki pomiarów zasadniczych w postaci histogramów przedstawiono na rysunkach 1 do 6, przy czym w przypadku rys. 3, ze względu na zagęszczenie wyników w zakresie do 15Ω , sporządzono histogram dodatkowy (rys. 3b).



Rys. 1. Histogram rezystancji uziemienia uziomów lokalnych w kopalni A
Fig. 1. Histogram of the resistance of the local earth electrodes in the mine A

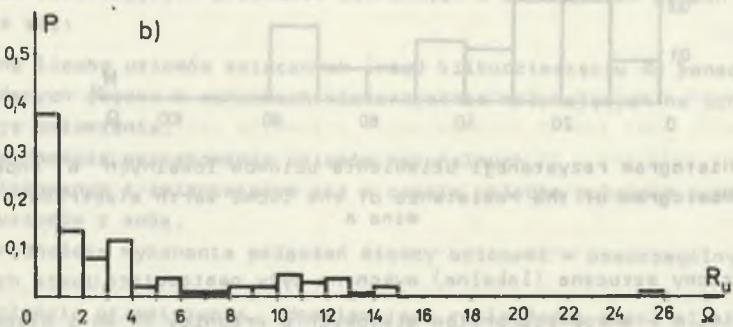
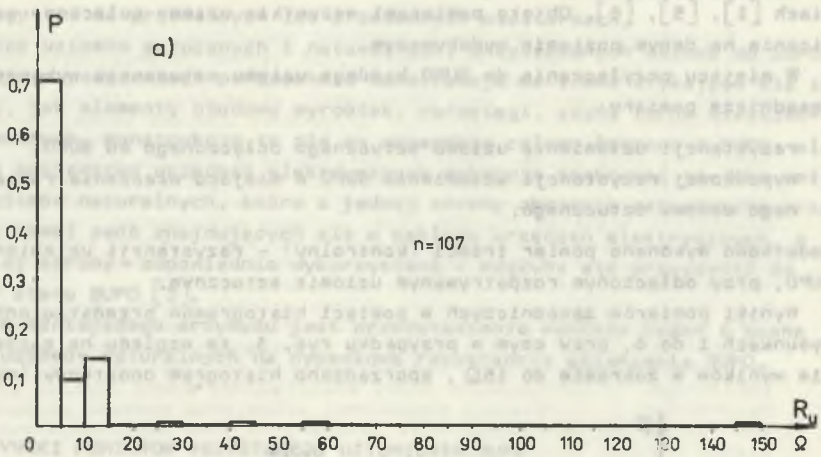
Badane uziomy sztuczne (lokalne) wykonane były następująco:

- w kopalni A - w postaci prętów stalowych o średnicy 30 mm i długości (0,5 - 0,75) m wbitych w spąg na głębokość 0,5 m lub płyt stalowych o grubości 10 mm i długości 0,5 m, umieszczonych w ściekach wodnych (szerokość płyt dostosowana była do szerokości ścieku),
- w kopalni B - w postaci prętów stalowych o średnicy (20-30) mm i długości (0,8 - 1,0) m wbijanych w spąg.



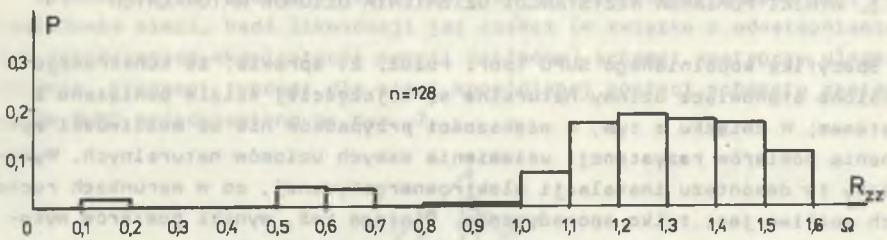
Rys. 2. Histogram rezystancji uziemienia uziońdów lokalnych w kopalni B

Fig. 2. Histogram of the resistance of the local earth electrodes in the mine B



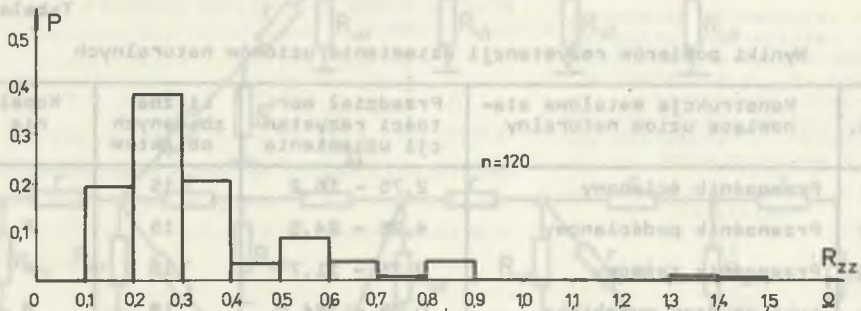
Rys. 3. Histogram rezystancji uziemienia uziońdów lokalnych w kopalni C

Fig. 3. Histogram of the resistance of the local earth electrodes in the mine C



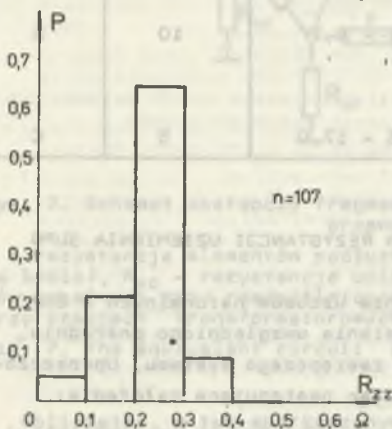
Rys. 4. Histogram wypadkowej rezystancji uziemienia SUPO w kopalni A

Fig. 4. Histogram of the earth resistance of system of protective earth leads in the mine A



Rys. 5. Histogram wypadkowej rezystancji uziemienia SUPO w kopalni B

Fig. 5. Histogram of the earth resistance of system of protective earth leads in the mine B



Rys. 6. Histogram wypadkowej rezystancji uziemienia SUPO w kopalni C

Fig. 6. Histogram of the earth resistance of system of protective earth leads in the mine C

- w kopalni C - w postaci trzech prętów o średnicy 30 mm i długości 1 m wbitych w spąg obok siebie w odległości co 0,2 m lub elementów stalowych (rury, szyny jezdne, płyty) o powierzchni (0,4 - 0,6) m² umieszczonych w ściekach wodnych.

3. WYNIKI POMIARÓW REZYSTANCJI UZIEMIENIA UZIOMÓW NATURALNYCH

Specyfika kopalnianego SUPO (por. rozdz. 2) sprawia, że konstrukcje metalowe stanowiące uziomy naturalne są najczęściej ściśle powiązane z systemem. W związku z tym, w większości przypadków nie ma możliwości wykonania pomiarów rezystancji uziemienia samych uziomów naturalnych. Wymagałoby to demontażu instalacji elektroenergetycznej, co w warunkach ruchomych możliwe jest tylko sporadycznie. Dlatego też, wyniki pomiarów wykonanych w kopalniach mają charakter orientacyjny. Wyniki te zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Wyniki pomiarów rezystancji uziemienia uziomów naturalnych

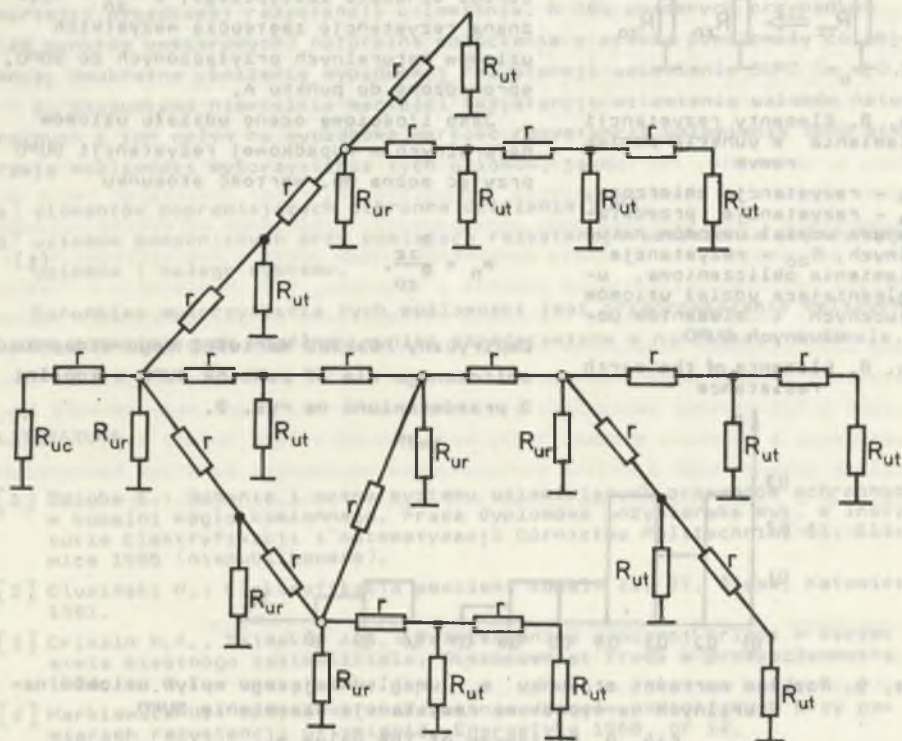
Lp.	Konstrukcja metalowa stanowiąca uziom naturalny	Przedział wartości rezystancji uziemienia	Liczba zbadanych obiektów	Kopalnia
1	Przenośnik ścianowy	2,75 - 16,2	15	B
2	Przenośnik podścianowy	4,25 - 24,5	15	B
3	Przenośnik taśmowy	0,75 - 11,7	10	A
4	Łuki obudowy wyrobiska	0,25 - 154,0	18	B
		0,12 - 8,0	10	A
5	Rurociąg wodny	0,19 - 3,8	10	A
6	Rurociąg sprężonego powietrza	0,32 - 8,7	10	A
7	Obudowy urządzeń elektrycznych przodkowych NN, połączonych żyłami ochronnymi kabli i przewodów oponowych	0,15 - 17,0	5	C

4. OCENA UDZIAŁU UZIOMÓW NATURALNYCH W REZYSTANCJI UZIEMIENIA SUPO

Z uwagi na brak możliwości wyodrębnienia uziomów naturalnych z SUPO, udział ich w rezystancji wypadkowej uziemienia uwzględniono pośrednio, dokonując analizy uproszczonego schematu zastępczego systemu. Uproszczony schemat zastępczy sporządzono, przyjmując następujące założenia:

- jedyny rodzaj uziomów stanowią uziomy sztuczne (centralne i lokalne),
- przewody ochronne łączące uziomy z sobą są izolowane od ziemi,
- w przypadku, gdy pomiędzy kolejnymi uziomami sztucznymi przewód ochronny składa się z różnych elementów (np. linka uziemiająca, pancierz kabla i powłoka ołowiana kabla), przyjęto, że elementy te są ciągłe, a rezystancja zastępcza rozpatrywanego odcinka przewodu ochronnego wynika z równoległego połączenia rezystancji składowych.

Uzyskano w ten sposób schemat zastępczy o parametrach skupionych. Przy rozbudowie sieci, bądź likwidacji jej części (w związku z udostępnieniem lub zakończeniem eksploatacji partii pokładów) schemat zastępczy ulegnie zmianie. Fragment typowej dla sieci kopalnianej postaci schematu zastępczego SUPO przedstawiono na rys. 7.



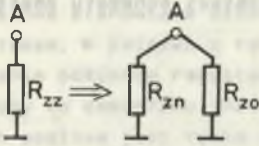
Rys. 7. Schemat zastępczy fragmentu kopalnianej systemu uziemiających przewodów ochronnych

r - rezystancja elementów podłużnych (linka uziemiająca, pancerz, powłoka kabla), R_{uc} - rezystancja uziomu centralnego, R_{ur} - rezystancja uziomów lokalnych przy rozdzielnicach WN, R_{ut} - rezystancja uziomów lokalnych przy stacjach transformatorowych lub stacjach prostownikowych

Fig. 7. The equivalent circuit of systems of protective earth leads

Obliczając, w tak sporządzonym schemacie zastępczym, rezystancję zastępczą widzianą z punktu przyłączenia dowolnego uziomu sztucznego, uzyskamy wartość rezystancji uziemienia w rozpatrywanym punkcie z pominięciem udziału uziomów naturalnych - R_{zo} . Dysponując jednocześnie wartością rezystancji zastępczej uziemienia zmierzoną w punkcie przyłączenia rozpatrywanego uziomu sztucznego (a więc uwzględniającą wpływ uziomów naturalnych) - R_{zz} , można ocenić jaki jest wpływ uziomów naturalnych na wypad-

kową wartość rezystancji uziemienia SUPO. Poglądowo można to przedstawić na rys. 8. Na tym rysunku tym R_{zz} przedstawia zastępczą rezystancję uziemienia SUPO widzianą z dowolnego punktu A (uzyskaną z pomiarów). R_{zo} oznacza zastępczą rezystancję obliczeniową przekształconego schematu zastępczego, a R_{zn} - nieznaną rezystancję zastępczą wszystkich uziołów naturalnych przyłączonych do SUPO, sprowadzoną do punktu A.



Rys. 8. Elementy rezystancji uziemienia w punkcie pomiarowym

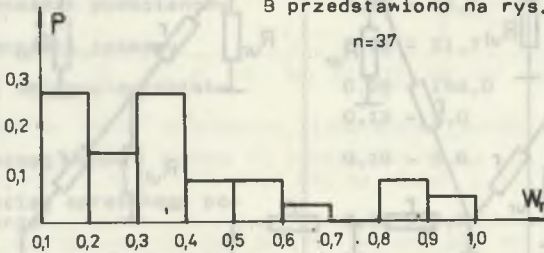
R_{zz} - rezystancja zmierzona, R_{zn} - rezystancja przedstawiająca udział uziołów naturalnych, R_{zo} - rezystancja uziemienia obliczeniowa, uwzględniająca udział uziołów sztucznych i elementów podłużnych SUPO

Fig. 8. Elements of the earth resistance

Jako ilościową ocenę udziału uziołów naturalnych w wypadkowej rezystancji SUPO przyjąć można np. wartość stosunku

$$w_n = \frac{R_{zz}}{R_{zo}} \quad (1)$$

Empiryczny rozkład wartości tego stosunku obliczonego dla 37 punktów SUPO w kopalni B przedstawiono na rys. 9.



Rys. 9. Rozkład wartości stosunku w_n uwzględniającego wpływ uziołów naturalnych na wypadkową rezystancję uziemienia SUPO

Fig. 9. Histogram of the value w_n

5. WNIOSKI

1. Wartości rezystancji uziemienia uziołów lokalnych zawierają się w bardzo szerokich granicach, przy czym w zasądzie rozkłady empiryczne różnią się od znanych rozkładów teoretycznych. Świadczy to o istotnej roli warunków lokalnych (skała) w miejscu wykonania uziołu.

2. Zakres, w którym zawierają się wartości rezystancji wypadkowych uziemienia SUPO jest wąski, przy czym w dwóch przypadkach (rys. 5 i rys.6) można wyraźnie zauważyć jednomodalność rozkładu.

3. Nie zauważono wyraźnej zależności rezystancji uziemienia uziołów lokalnych od ich wykonania.

4. Wartości rezystancji uziemienia zbadanych wyrywkowo uziomów naturalnych w podziemiach kopalń są tego samego rzędu, co wartości rezystancji uziemienia uziomów sztucznych zakładanych w skałach lub w ściekach kopalnianych.

5. Uziomy naturalne powstające w wyniku niezamierzonego, przypadkowego uziemienia elementów wchodzących w skład SUPO, powodują znaczne obniżenie wartości wypadkowej rezystancji uziemienia. W 76% zbadanych przypadków (28 punktów pomiarowych) naturalne połączenia z ziemią powodowały co najmniej dwukrotne obniżenie wypadkowej rezystancji uziemienia SUPO ($w_n \leq 0,5$).

6. Stosunkowo niewielkie wartości rezystancji uziemienia uziomów naturalnych i ich wpływ na wypadkową wartość rezystancji uziemienia SUPO stwarzają możliwości wykorzystania tych uziomów, jako:

- a) elementów poprawiających ochronne działanie SUPO,
- b) uziomów pomocniczych przy pomiarach rezystancji uziemienia pojedynczych uziomów i całego systemu.

Warunkiem wykorzystania tych możliwości jest przeprowadzenie dalszych badań pozwalających uogólnić wyniki przedstawione w niniejszym artykule.

LITERATURA

- [1] Dziuba E.: Badanie i ocena systemu uziemiających przewodów ochronnych w kopalni węgla kamiennego. Praca dyplomowa inżynierska wyk. w Instytucie Elektryfikacji i Automatykacji Górniczej Politechniki Śląskiej Gliwice 1985 (niepublikowana).
- [2] Gluziński W.: Elektryfikacja podziemi kopalń cz. II, Śląsk, Katowice 1981.
- [3] Griszyn W.A., Kajmakow A.A.: Primenienije arocnoej kriepi w kacze-
stwie miestnogo zaziemlitieja. Biezopasnost truda w promyszlenosti 1984, nr 7.
- [4] Markiewicz H.: Optymalne rozstawienie uziomów pomocniczych przy pomiarach rezystancji uziemienia. Energetyka 1968, nr 12.
- [5] Michalski H.: Analiza oraz badania systemu uziemiających przewodów ochronnych. Praca dyplomowa magisterska wykonana w Instytucie Elektryfikacji i Automatykacji Górniczej Politechniki Śląskiej Gliwice 1985, (niepublikowana).
- [6] Radomski M.: Analiza i badanie uziemień elektroenergetycznych w kopalni węgla kamiennego. Praca dyplomowa inżynierska wykonana w Instytucie Elektryfikacji i Automatykacji Górniczej Politechniki Śląskiej Gliwice 1985 (niepublikowana).
- [7] Wołkowiński K.: Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych. WNT, Warszawa 1967.

Recenzent: Prof. Władysław GLUZIŃSKI

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1987 r.

УЧЁТ ДЕЙСТВИЯ СЛУЧАЙНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Резюме

Основным средством дополнительной электрозащиты в угольных шахтах становится защитная заземляющая система. О правильности действия этой системы решает, между другими, величина сопротивления ее заземления. Принимается, что требующие значение сопротивления заземления защитной заземляющей системы должно выполняться: минимум одним центральным заземлителем и многими локальными заземлителями построенными в близости крупнейших электроустановок, а также там, где существуют удобные условия для построения заземляющего устройства о малой величине сопротивления. Кроме приведенных типов заземлителей (т.е. искусственных заземлителей) существуют случайные заземлители вытекающие с особенности инсталляции горных машин и электроустановок в шахтах (косвенный или прямой контакт с породами, т.е. с землей). В статье уделяется внимание влиянию случайных заземлителей на результирующие значение сопротивления заземления защитной заземляющей системы. Представлено результаты исследований защитных заземляющих систем. Указано результаты изменений сопротивления заземления искусственных и случайных заземлителей выступающих в угольных шахтах. Предложено аналитическую оценку влияния случайных заземлителей в полном сопротивлении заземления защитной заземляющей системы а также указано на другие возможности использования случайных заземлителей.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF NATURAL EARTH ELECTRODES IN THE UNDERGROUND OF PITS ON THE EARTH RESISTANCE OF SYSTEMS OF PROTECTIVE EARTH LEADS

Summary

The basic measure of additional electrical shock protection in the underground of pits is the earthing system of protection leads.

The working effectiveness of those systems is dependent upon, among others, the resistance value of the earthing system.

It is to assume that the necessary earthing value of the system of protection earthing leads should be ensured by at least one central earth electrode and local earth electrodes arranged in the environment of larger groups of electric energy consumers and every-where there where there are good conditions to install earth electrodes of a low resistance value.

Independant of those so called artificial earth electrodes there are natural earth electrodes which result from specific conditions of installing of mining machines and electrical devices in the underground of pits (immediate or indirect contact with rocks, i.e. earth).

In the article we try to evaluate the influence of natural earth electrodes on the resultant value of the earth resistance of a system of protection earthing leads.

The result of the earthing resistance value measurements of artificial and natural earth electrodes occurring in the underground of hard coal pits have been published.

We also try to evaluate in an analytical way the participation of natural earth electrodes in the resulting earthing resistance in an earthing system of protection conductors and to pay attention to other possibilities of making use of natural earth electrodes.

W artykule starannie oceniamy wpływ uziomów naturalnych na wartość rezystancji uziemiającej układu przewodów uziemiających w systemie uziemiających przewodów ochronnych.

Wyniki pomiarów wartości rezystancji uziemiającej uziomów sztucznych i naturalnych występujących w podziemiu kopalni węgla kamiennego zostały opublikowane.

Staramy się także w sposób analityczny ocenić udział uziomów naturalnych w wartości rezystancji uziemiającej układu przewodów uziemiających w systemie przewodów ochronnych i zwrócić uwagę na inne możliwości wykorzystania uziomów naturalnych.

W artykule starannie oceniamy wpływ uziomów naturalnych na wartość rezystancji uziemiającej układu przewodów uziemiających w systemie uziemiających przewodów ochronnych.

Wyniki pomiarów wartości rezystancji uziemiającej uziomów sztucznych i naturalnych występujących w podziemiu kopalni węgla kamiennego zostały opublikowane.

Staramy się także w sposób analityczny ocenić udział uziomów naturalnych w wartości rezystancji uziemiającej układu przewodów uziemiających w systemie przewodów ochronnych i zwrócić uwagę na inne możliwości wykorzystania uziomów naturalnych.

Publikacja wydana w ramach serii "Prace naukowe i techniczne" Instytutu Energii Elektrycznej, Warszawa, 1978, 112 str., 1 zł 50 gr.

- 1. PRACA WYKONANA W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA
- 2. WYKONANO W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA
- 3. WYKONANO W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA
- 4. WYKONANO W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA
- 5. WYKONANO W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA
- 6. WYKONANO W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA
- 7. WYKONANO W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA
- 8. WYKONANO W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA
- 9. WYKONANO W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA
- 10. WYKONANO W ZAKŁADZIE BADAŃ I ROZWOJU PRACOWNIKA