

Florian KRASUCKI

Michał CYROŃ

Roman PILORZ

**DODATKOWA OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH
ZAKŁADÓW PRZERÓBKI MECHANICZNEJ WĘGLA**

Streszczenie. Referat dotyczy budowy i stosowania sieci ochronnej w urządzeniach o napięciu 500 V zakładów przerobczych węgla kamiennego. Zakłady te charakteryzują się dużym zagęszczeniem urządzeń o napędzie elektrycznym, w których występują obzary o dużym zapyleniu i wilgotności. Stwarza to zwiększone zagrożenie elektryczne, w tym duże niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym. W opracowaniu scharakteryzowano warunki środowiskowe i sieciowe mające decydujący wpływ na bezpieczeństwo rażeniowe. Sieć ochronna jest podstawowym środkiem dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej, stosowanym w sieciach izolowanych zakładów przerobczych. W pracy przedstawiono stosowane sposoby wykonania sieci ochronnych w zakładach przerobczych nowych i budowanych dawniej. Analiza skuteczności działania sieci ochronnych wykazała, że najczęściej nieprawidłowości (brak ciągłości obwodu) występuje w zakładach "starych", w których budowa sieci ochronnej nie jest ujednoczona. Przedstawiono wyniki pomiarów rezystancji pomiędzy metalową konstrukcją nośną zakładu, a obudowami urządzeń elektrycznych, przy przyłączonym i odłączonym przewodzie ochronnym. Wyniki pomiarów wykazały, że w większości przypadków, nawet przy braku przyłączonego przewodu ochronnego, rezystancja pomiędzy obudową urządzenia elektrycznego a konstrukcją nośną zakładu nie jest większa niż 1 om. Oznacza to, że samo zamocowanie urządzenia elektrycznego do podłoża przy obecności wody i pyłu węglowego stwarza naturalne i korzystne warunki uzyskania małych wartości rezystancji. Na podstawie przeprowadzonych badań przedstawiono wnioski dotyczące budowy i stosowania sieci ochronnej w urządzeniach o napięciu 500 V oraz wykazano możliwości wykorzystania konstrukcji nośnej zakładu jako składnika sieci ochronnej.

1. WSTĘP

Zakład przeróbki mechanicznej węgla (ZPMW) stanowi kilka wydziałów związanych procesem technologicznym. Ponad 90% silników napędzających maszyny ciągów technologicznych zasilanych jest z sieci trójfazowej o izolowanym punkcie zerowym transformatora i napięciu znamionowym 500 V. Najczęściej w ZPMW jest jedna rozdzielnica główna 500 V, z której zasilane są rozdzielnice pośrednie i stycznikownie na poszczególnych wydziałach. Sieć wykonywana jest w układzie promieniowym o rozległości do kilku kilometrów. Liczba odbiorników (głównie silników asynchronicznych) zainstalowanych w jednej sieci najczęściej nie przekracza stu. Stosuje się kable

i przewody oponowe, głównie 4 żyłowe (a także 3 żyłowe) o przekrojach żył w zakresie od 1,5 do 240 mm² [3].

Istotne znaczenie dla bezpiecznej eksploatacji urządzeń elektrycznych mają warunki środowiskowe. Na terenie ZPMW występują obszary o dużym zapyleniu i zawartości wilgoci. Wilgotność względna w większości pomieszczeń technologicznych przekracza 75%, a miejscowo, w zależności od rodzaju procesu technologicznego, osiąga wartości ponad 90%. Spotykane zapylenie nie przekracza dolnej granicy wybuchowości (45 g/m³) i jest na ogół nie większe od 100 mg/m³ [1, 3]. Pył, osiadając na urządzeniach, posadzce i innych elementach, w połączeniu z wodą w wielu pomieszczeniach tworzy warstwę o dobrej przewodności elektrycznej.

Niekorzystne warunki środowiskowe, duża koncentracja maszyn i urządzeń elektrycznych oraz powszechna obecność konstrukcji metalowych stwarzają warunki wpływające na:

- zmniejszenie odporności organizmu na działanie prądu elektrycznego,
- zwiększenie prawdopodobieństwa porażenia ze względu na możliwość dotknięcia elementów przewodzących prąd.

Czynniki te powodują zwiększenie niebezpieczeństwa porażenia, a więc niezbędna jest ochrona przeciwporażeniowa podstawowa i dodatkowa.

2. BADANIA SIECI OCHRONNEJ W ZPMW

Uwzględniając warunki pracy, sposób połączenia sieci 500 V z ziemią oraz możliwości wykonawcze, praktycznie można brać pod uwagę dwa środki dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej: uziemienie ochronne i sieć ochronną.

Z uwagi na dużą liczbę odbiorników zainstalowanych na niewielkim obszarze ZPMW, wykonanie uziemień ochronnych indywidualnie dla każdego odbiornika jest trudne a w wielu przypadkach praktycznie niemożliwe. Uzasadnia to konieczność stosowania sieci ochronnej.

Stosowanie sieci ochronnej nie jest jednakowe we wszystkich zakładach przerobczych. Spotyka się 3 sposoby jej realizacji:

- a) stosowanie w całej sieci przewodów 3 lub 4 żyłowych, w których jedna z żył (tzw. ochronna) stanowi składnik sieci ochronnej, tworząc sieć ochronną wewnętrzną - prowadzoną wewnątrz kabli (przewodów). Rozwiązanie takie jest stosowane w ZPMW, budowanych pod koniec lat siedemdziesiątych i później,
- b) stosowanie w sieci przewodów 2 lub 3 żyłowych (do zasilania odbiorników 1- lub 3-fazowych) i łączenie elementów urządzeń elektrycznych podlegających ochronie za pomocą oddzielnych przewodów ochronnych z elementami metalowymi konstrukcji nośnej zakładu - tzw. sieć ochronna zewnętrzna wykonana płaskownikami stalowymi cynkowanymi lub linkami miedzianymi,

c) sieć ochronna mieszana, tzn. stosowanie rozwiązań, jak w pkt. a i b.

Sposoby przedstawione w pkt. b i c stosowane są w ZPMW budowanych na początku lat siedemdziesiątych i wcześniej lub modernizowanych częściowo w okresie późniejszym.

W tabeli 1 podano aktualny stan sieci ochronnej, typowy dla większości starych ZPMW, uzyskany na podstawie wyników badań w jednej z KWK.

Tabela 1

Sposoby wykonania sieci ochronnej w ZPMW

| Sposób wykonania sieci ochronnej | Udział stosowanego sposobu wykonania sieci ochronnej % |
|---|--|
| Wykorzystanie 4 żyły kabli, jako żyły ochronnej | 2,5 |
| Stosowanie "zewnętrznego" przewodu ochronnego | 54,5 |
| Brak sieci ochronnej lub przerwa w jej obwodzie | 43,0 |

Na podstawie badań można stwierdzić, że:

- jako przewody ochronne, poza żyłami ochronnymi wewnątrz kabli i przewodów oponowych, stosowane są najczęściej płaskowniki stalowe cynkowe: sporadycznie stosuje się linkę miedzianą lub drut miedziany,
- w wielu przypadkach stwierdzono korozję lub złe przymocowanie przewodu ochronnego do chronionego urządzenia - silnika, co powodowało znaczny wzrost rezystancji, a nawet przerwę w obwodzie chronionym.

Skuteczność działania sieci ochronnej zależy również od wartości rezystancji uziemienia tej sieci. ZPMW mieszczą się w budynkach wielokondygnacyjnych, w których żelbetowe fundamenty stalowej konstrukcji nośnej zakładu i nierozbieralne elementy stalowych urządzeń ciągu technologicznego stanowią uziom naturalny. Jako uziemienie podstawowe uważane jest na ogół połączenie z uziomem sztucznym.

Uziemienia poszczególnych obiektów są zawsze połączone między sobą za pomocą stalowych płaskowników lub żył ochronnych kabli elektroenergetycznych łączących rozdzielnice obiektów oraz przez metalowe konstrukcje przenośników. Uziemienie ochronne jest na ogół połączone z uziemieniem roboczym transformatora 6/0,525 kV.

Wartości rezystancji uziemień, mierzone metodą techniczną przy znacznym oddaleniu sond pomiarowych, nie przekraczają $0,1 \Omega$, natomiast mierzone miernikiem IMU wykazują wartości większe, jednak nie przekraczające $0,4 \Omega$.

Na terenie ZPMW przeprowadzono pomiary rezystancji R_u pomiędzy metalową konstrukcją nośną zakładu a korpusami - obudowami urządzeń elektrycz-

nych o napięciu 500 V. W tabeli 2 przedstawiono wyniki uzyskane w ZPMW jednej z kopalń, przy podłączonym i odłączonym przewodzie ochronnym.

Z badań wynika, że w większości przypadków wartość rezystancji R_U nie przekraczała $0,1 \Omega$. Zastosowanie przewodu ochronnego nie zawsze powoduje znaczne obniżenie wartości rezystancji R_U . Oznacza to, że samo zamocowanie silnika do podłoża, przy obecności wody i pyłu węglowego, stwarza naturalne, korzystne warunki uzyskania małych wartości R_U .

Stwierdzono jednak również przypadki, w których wartość R_U mierzona bez przewodu ochronnego była duża - 2 do $2,5 k\Omega$. W skrajnym przypadku stwierdzono zmianę R_U z $0,03 \Omega$ na $62,5 k\Omega$ po odłączeniu przewodu ochronnego od korpusu silnika.

Tabela 2

Podział względny wartości rezystancji R_U

| R_U | Udział wyników pomiarów | |
|--------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | z podłączonym przewodem ochronnym | bez przewodu ochronnego |
| m Ω | % | % |
| < 5 | 76,0 | 56,0 |
| 5,1 - 10 | 9,2 | 16,0 |
| 10,1 - 20 | 7,4 | 5,3 |
| 20,1 - 50 | 3,7 | 12,0 |
| 50,1 - 100 | 3,7 | 0,0 |
| 100,1 - 200 | 0,0 | 1,3 |
| 200,1 - 500 | 0,0 | 1,3 |
| 500,1 - 1000 | 0,0 | 2,7 |
| 1010 - 5000 | 0,0 | 2,7 |
| > 5000 | 0,0 | 2,7 |

Przypadki te potwierdzają konieczność stosowania przewodu ochronnego dla wszystkich urządzeń elektrycznych, dla których jest wymagana dodatkowa ochrona przeciwporażeniowa oraz wykazują, że sprawdzając okresowo prawidłowość pracy - wykonania uziemienia, należy oprócz pomiarów R_U dokonywać dokładnych oględzin sieci ochronnej.

3. UWAGI I WNIOSKI W ZAKRESIE BUDOWY I STOSOWANIA SIECI OCHRONNEJ W ZPMW

Stosowanie maszyn i urządzeń elektrycznych w ZPMW regulują odpowiednie przepisy [5, 7], w których określono także rodzaj ochrony przeciwporażeniowej oraz ogólne zasady jej wykonania i stosowania.

W "Wymaganiach przy doborze urządzeń elektrycznych w zakładach przeróbki mechanicznej węgla" stanowiących załącznik nr 2 do wytycznych [7], zalecono stosowanie następujących układów sieci i środków ochrony przeciwporażeniowej:

- w sieciach izolowanych o napięciu znamionowym 220 V i 500 V, należy stosować urządzenia do samoczynnej i ciągłej kontroli stanu izolacji, które powinny sygnalizować optycznie i akustycznie stan zagrożenia sieci,
- w sieciach trójfazowych o napięciu znamionowym 500 V, należy stosować kable i przewody wielożyłowe, w których jedną z żył (żyłę ochronną) należy włączyć do systemu uzimniających przewodów ochronnych.

Zgodnie z PBUE [5] wymaga się w sieciach izolowanych z siecią ochronną zapewnienia dostępu stałej obsługi do urządzeń będących pod napięciem i bezwzględnego usuwania każdego ujawniającego się zwarcia doziemnego. Spełnienie tego warunku w sytuacji techniczno-ruchowej zakładu przerobczego jest trudne do realizacji. Z prowadzonych przez ponad 3 lata badań na wielu kopalniach wynika, że doziemienia w sieciach 500 V stanowią najczęściej przypadków uszkodzenia izolacji. Konieczność zapewnienia ciągłości pracy zakładu oraz trudności w lokalizacji miejsca uszkodzenia izolacji powodują często utrzymywanie się doziemienia przez dłuższy okres czasu. Istniejące urządzenia kontroli stanu izolacji w większości kopalń sygnalizują stan i zmianę izolacji doziemnej. Bardzo pomocne w tej sprawie byłoby zastosowanie na każdym odpływie do silnika odpowiedniego czujnika sygnalizującego doziemienie i pozwalającego na szybką reakcję obsługi.

Analizując podstawowe przepisy określające zasady budowy i wymagania stawiane sieciom ochronnym oraz na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że sieci te spełniają prawidłowo rolę dodatkowego środka ochrony przeciwporażeniowej, mimo że ich stosowanie jest jednakowe we wszystkich ZPMW.

W celu ujednoczenia zasad budowy i stosowania tego środka ochronnego, można przykładowo wysunąć następujące wnioski i uwagi w zakresie budowy i stosowania sieci ochronnej w ZPMW:

1. Stalowe części konstrukcyjne budynku ZPMW spełniają warunki § 133 PBUE [5], pozwalając wykorzystać je jako główne przewody ochronne.

2. Stosowanie połączeń wyrównawczych między stałymi elementami obiektu ZPMW w większości przypadków nie jest konieczne, gdyż rolę tę spełnia stalowa konstrukcja nośna obiektu, wyrównująca rozkład potencjałów.

3. Jako przewody ochronne można stosować:

- jedną z żył przewodu elektroenergetycznego wielożyłowego (tzw. żyłę ochronną), którą przyłącza się do zacisków ochronnych wewnątrz skrzynki zaciskowej odbiornika i skrzynki połączeniowej,
- przewód goły lub izolowany przyłączany do zacisku ochronnego, śrubowego na obudowie odbiornika i na obudowie skrzynki przyłączeniowej,
- metalową konstrukcję nośną ZPMW, pod warunkiem zapewnienia ciągłości metalicznej.

4. Przewody elektroenergetyczne łączące rozdzielnice (lub stycznikownie) ze skrzynkami połączeniowymi nie muszą mieć żyły ochronnej. W stosunku do odbiorników zaleca się stosowanie żyły ochronnej przewodu elektroenergetycznego wielożyłowego i przewodu ochronnego gołego lub izolowanego przyłączonego do zewnętrznego zacisku ochronnego odbiornika.

5. Jeżeli przewód wielożyłowy ma żyłę ochronną, to powinna ona zawsze być włączona do sieci ochronnej (nie można jej użyć do innych celów).

6. Skrzynki połączeniowe należy umieszczać na stałych, metalowych elementach konstrukcji zakładu przerobczego w pobliżu maszyn i urządzeń elektrycznych oraz łączyć z konstrukcją w sposób metaliczny. Każda skrzynka połączeniowa powinna być dodatkowo połączona z siecią ochronną (stalową konstrukcją nośną ZPMW) przewodem gołym lub izolowanym, dołączonym do zewnętrznego zacisku ochronnego skrzynki.

7. Przewód ochronny odbiornika, ulegającego podczas pracy drganiom lub wibracjom, powinien być wykonany z miedzi o giętkości nie gorszej niż giętkość żył roboczych.

8. Wszystkie obiekty zakładu przerobczego powinny mieć uziomy lub uziemienia połączone ze sobą za pomocą przewodu gołego lub izolowanego. Na każdej kondygnacji zakładu przerobczego powinno się stosować główny przewód ochronny, przyłączony na stałe do elementów konstrukcyjnych.

4. ZAKOŃCZENIE

Przeprowadzone analizy i badania sieci ochronnych i warunków środowiskowych zakładów przerobczych węgla kamiennego wykazały, że w zakładach tych istnieją duże zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym. Problem ochrony przeciwporażeniowej na terenie ZPMW dotychczas uważano jako mniej "ważny" w porównaniu z podziemiami kopalń. Sposoby ochrony dodatkowej w zakładach przerobczych są niejednorodne i zależą między innymi od okresu budowy zakładu. Niniejsze opracowanie ma na celu podanie ogólnych wniosków, które mogą być uwzględnione przy opracowywaniu ogólnych wytycznych budowy i stosowania środków ochrony przeciwporażeniowej w zakładach przerobczych węgla kamiennego.

LITERATURA

- [1] Krasucki F.: Zagrożenia elektryczne w górnictwie. Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1984.
- [2] Analiza i badania zjawisk towarzyszących doziemnieniom w elektroenergetycznych sieciach kopalnianych. Praca badawcza NB-48/RG-1/81, IEiAG Politechniki Śląskiej, Gliwice 1982 (niepublikowana).
- [3] Badania sieci ochronnej w ZPMW, opracowanie wytycznych ich budowy i stosowania oraz badania i określenie indukcyjności jednostkowych kabli i przewodów górniczych. Praca badawcza NB-176/RG-1/84, IEiAG Politechniki Śląskiej, Gliwice 1985 (niepublikowana).
- [4] BN-81/E-05023. Oznaczenie barwami gołych przewodów i szyn oraz żył kabli i przewodów izolowanych.
- [5] Przepisy Budowy Urządzeń Elektrycznych. Zarządzenie MG1E z dnia 20 kwietnia 1960 wraz z późniejszymi zmianami i uzupełnieniami. Wydawnictwo "NEMA", Warszawa 1980.
- [6] Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny. MG1E, Katowice 1984.
- [7] Wytyczne stosowania maszyn i urządzeń elektrycznych w zakładach przeróbki mechanicznej węgla. MG1E - Departament Spraw Energomechanicznych..., Katowice 1974.

Recenzent: Doc. mgr inż. Eligiusz MATYJA

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1987 r.

ДОБАВОЧНАЯ ЗАЩИТА ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЯХ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Р е з ю м е

Реферат касается устройства и применения защитной сети для токоприемников напряжением 500 В, на углеобогажительных фабриках. для этих фабрик характерна большая концентрация устройств с электроприводом, а также существование зон с большой запыленностью, влажностью. Это создает повышенную электроопасность, в том большую опасность поражения электрическим током.

В разработке дается характеристика среды сетевых условий оказывающих решающее влияние на опасность по поражению.

Защитная сеть является основным средством добавочной защиты от поражения электрическим током, применяемым в сетях с изолированной нейтралью.

В статье приводятся применяемые способы включения защитных сетей на современных и устаревших углеобогажительных фабриках. Анализ эффективности работы защитных сетей показал, что большинство неисправностей отсутствие непрерывности цепи выступает на "устаревших" фабриках, где защитная сеть недостаточно унифицированная.

Приведены результаты измерений резистанции R_U между несущей металлоконструкцией фабрики и кожухами токоприемников при подключенном и отключенном защитном проводе. Результаты измерений показали, что в большинстве случаев даже при отключенном защитном проводе резистанция R_U не превышает 1Ω . Это обозначает, что уже само крепление двигателя к основанию при наличии воды, угольной пыли способствует получению малого значения R_U .

На основании проведенных испытаний сделаны выводы касательно устройства и применения защитной сети для токоприемников напряжением 500 В, а также показана возможность использования несущей металлоконструкции фабрики как элемент защитной сети.

ADDITIONAL ELECTRIC SHOCK PROTECTION IN ELECTRIC ENERGY NETWORKS OF MECHANICAL PROCESSING OF CARBON PLANTS

Summary

This article refers to the construction and application of protection networks in devices with an electrical supply voltage of 500 V in mechanical processing of hard coal plants. Such plants are characterized by a high grade of concentration of devices driven by electric energy motors where areas of a high degree of dustiness and humidity occur.

This causes and increased electric danger associated by an increased electric shock danger.

In our work we try to characterize the environmental and network conditions which have a deciding influence on the electric shock protection.

The protection network is the basic system of electric shock protection applied in insulated networks of mechanical processing of carbon plants.

In our work we present applied methods of performing of protection networks in mechanical processing of new built carbon plants as well as in older ones.

The analysis of the working effectiveness of protection networks has shown that most of all irregularities (interrupted circuits) occur in "old" plants in which the protection networks have not been built unified. The measuring results of the resistance value R_U between a metal carrying structure and casings of electrical devices at either connected or disconnected protection lead have been presented.

The measurement results show that in the majority of such cases even at a disconnected protection lead the resistance value R_U does not overstep 1 ohm.

That means that just the fastening of the electrical motor to the ground leads to natural and advantageous conditions in the attempt to obtain low resistance values at the presence of dust and humidity.

Basing on the carrying out of researches and investigations corollaries concerning the erection and application of protection networks in devices supplied by electrical energy at a voltage of 500 V have been presented as well as the possibility to use the carrying structure of plant as part of the protection network.

L. WSPR

Dodatkowa ochrona przeciwporażeniowa... w zakładach... jest wysoce istotnym zagadnieniem... należy do podstawowych obowiązków... w tym celu należy wykonać... w tym celu należy wykonać...

Każdy... w tym celu należy wykonać... w tym celu należy wykonać... w tym celu należy wykonać... w tym celu należy wykonać...