mgr inż. JANUSZ NADOLNY – sztygar oddziałowy,
Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów
mgr inż. JANUSZ ROPA
Elektromontaż –Lublin Sp. z o. o.
dr hab. inż. CZESŁAW KARWAT, prof. PL
Politechnika Lubelska, Katedra Urządzeń Elektrycznych i TWN

Stacje transformatorowe średniego napięcia dla kopalni odkrywkowych

W artykule podano warunki pracy stacji, wymagania dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu, zabezpieczenia przeciwpożarowego, automatyki zabezpieczeniowej oraz budowę stacji dla odkrywkowych zakładów górniczych.

1. WSTĘP

W kopalniach odkrywkowych niezbędne jest przemieszczanie stacji transformatorowych za urządzeniami, które zasilają. Jest oczywistym, że podczas przemieszczania zarówno wyposażenie stacji nie może ulec uszkodzeniu jak i nie powinno występować przesuwanie się ziemi. Dlatego urządzenia stacji montowane są w stalowych kontenerach posadowionych na metalowych pontonach z uchwytami umożliwiającymi przesuwanie stacji w dowolnym kierunku. Kontener taki jest ocieplany, wyposażony w odpowiedni system wentylacyjny i ogrzewanie, oświetlenie podstawowe i awaryjne wnętrza, oświetlenie zewnętrzne i ewentualnie sygnalizację zewnętrzną wyłączenia awaryjnego.

Ze względu na instalowane w kopalni różnego rodzaju urządzeń występują napięcia 6; 1; 0,5 i 0,4 kV.

Stacje przeznaczone są do pracy w klimacie umiarkowanym w terenie otwartym do 1000 m nad poziomem morza, w temperaturze otoczenia od – 50°C do + 70°C [1].

Wykonanie obudowy, zastosowanie urządzeń i aparatów oraz systemów zabezpieczeń i automatyki zgodnie z obowiązującymi przepisami umożliwia bezawaryjną i bezpieczną pracę stacji w warunkach kopalni odkrywkowych.

2. STAWIANE WYMAGANIA

Poza ogólnymi wymaganiami stawianymi przez normy dla stacji elektroenergetycznych pracujących w kopalni odkrywkowej, przepisy górnicze [2] stawiają tym stacjom kilka dodatkowych specyficznych wymagań.

Stacje przesuwne, mianowicie o budowie przystosowanej do okresowej zmiany miejsca pracy powinny mieć główne szyny uziemiające połączone ze stałym uziomem stacji stałej. Powinny ponadto posiadać dodatkowe połączenia z drugim uziomem stałym lub naturalnym, przy czym za uziom naturalny można uznać konstrukcje maszyny, przenośnika, metalowe elementy systemu odwadniania, jeżeli zmierzone wartości napięć rażeniowych są niższe od wartości dopuszczalnych. Dlatego też kontenery stacyjne i rozdzielnie posiadają między innymi odpowiedni układ połączeń uziomowych i wyprowadzone z różnych stron zaciski uziomowe.

Ze względu na trudne warunki pracy i związane z tym zagrożenia, odpowiednie przepisy [2] wymagają, aby rozdzielnie w stacji posiadały wykonanie łukoochronne. Nie są więc dopuszczalne zestawy otwarte, ogrodzone, umieszczone poza zasięgiem i inne nie spełniające warunku łukoochronności. Wymóg ten dotyczy wszystkich rozdzielnic, w tym niskonapięciowych, komór transformatorów itp.

Wymienione przepisy formułują też zakaz stosowania w tych stacjach wyłączników olejowych. Ponieważ stacje te pracują w sieciach o układzie IT, z przepisów wynika ponadto konieczność stosowania transformatorów żywicznych. W przeciwnym razie trzeba stosować bezpieczniki iskiernikowe dla ochrony przed możliwością i skutkami przerzutu napięcia strony pierwotnej ([2], zał. 2, pkt. 3.4). W stacjach więc 30/0,5 kV, 6/1 kV i 6/0,5 kV dla transformato-

rów o mocy 630 kVA stosuje się głównie izolację żywiczną. Dobór wartości mocy transformatorów w tych stacjach wynika z wielkości i charakteru odbiorów zasilanych z tych stacji. Są nimi zazwyczaj silniki pomp głębinowych. Dla pojedynczej pompy o mocy silnika np. 300 kW zapewniony powinien być w takim przypadku niezakłócony rozruch. W przypadku zaś grupy czterech pomp mocy silnika każdej 110 kW, przy trzech pracujących możliwy powinien być rozruch czwartej. Podane moce są typowe dla górnego zakresu mocy stosowanego typoszeregu pomp.

Przepisy, o których mowa, formułują też nakaz takiej realizacji układów sterowania maszyn, aby możliwe było bezzwłoczne ich wyłączenie, a układy automatyki lub zdalnego sterowania powinny mieć również sterowanie lokalne, mające priorytet nad pozostałymi rodzajami sterowania. Przepisy [2] formułują także wymagania w zakresie ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach do 1 kV i powyżej 1 kV. Zgodnie z tymi wymaganiami konstrukcje, a także ogrodzenia, bariery, osłony, żyły ochronne, pancerze kabli stacji zasilających oraz rozdzielni, uzwojenia wtórne przekładników powinny być uziemione. Ochronę przeciwporażeniową uznaje się za spełnioną, jeżeli został spełniony jeden z poniższych warunków:

1. przewidywane wartości napięć rażeniowych dotykowych nie przekraczają wartości dopuszczalnych, określonych w tabeli w zależności od czasu trwania rażenia (np. dla czasu rażenia 0,3 s dopuszczalne napięcie wrażeniowe dotykowe wynosi 275 V).
2. przewidywane wartości napięcia uziomowego nie przekroczą półtorakrotnej wartości dopuszczalnego napięcia wrażeniowego, dotykowego ustalonego jak w punkcie 1, jeżeli do układu uziomowego przyłączone są tylko urządzenia wchodzące w skład sieci elektroenergetycznej.

Ponieważ mierzone wartości napięć rażeniowych dotykowych zazwyczaj wynoszą kilka, kilkanaście a rzadko kilkadziesiąt woltów, to ochrona przeciwporażeniowa stacji jest w praktyce prawie zawsze spełniona. Kryterium skuteczności ochrony przeciwporażeniowej dla stacji określa się następująco:

$$U_F = r \times I_C \times R_P \leq U_{dop}$$

gdzie:

I_C – prąd pojemnościowy sieci,

R_P – wypadkowa rezystancja uziemienia ochronnego,

r – współczynnik redukcyjny uwzględniający zmniejszenie prądu płynącego poprzez uziom. Dla stacji zasilanych przewodem oponowym przyjmuje się $r = 1$.

Stacje 6/0,5; 6/1; 30/0,5 kV zasilają sieci niskiego napięcia z izolowanym punktem zerowym. Dlatego charakterystycznym zabezpieczeniem w tych stacjach jest urządzenie do ciągłej kontroli stanu izolacji, sygnalizujące obniżenia poziomu izolacji przy wartości 40 kΩ i wyłączające napięcie podczas obniżenia się rezystancji izolacji do wartości 10 kΩ. Ponadto urządzenie kontroluje poziom izolacji sieci wyłączonej i blokuje możliwość załączenia zasilania przy obniżonym poziomie izolacji.

3. ROZWIĄZANIA STACJI TRANSFORMATOROWO-ROZDZIELCZYCH

Niżej podano przykładowe rozwiązania dwóch stacji. W sieci 30 kV i 6 kV zastosowano izolowany punkt zerowy ze względu na małe napięcie rażenia.

Urządzeniem stosowanym do kontroli poziomu izolacji sieci w omawianych stacjach jest Isometr IRDH 375 B wraz z przystawką do szybkiego wykrywania zwarć AGH 505-5 [3].

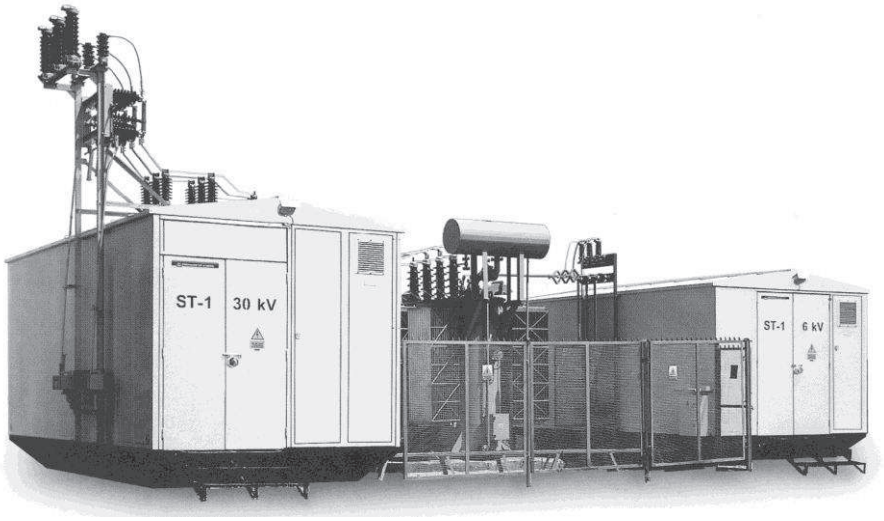
3.1. Stacja typu SPp 30/6 kV

Stacja może być podłączona do linii napowietrznej lub kablowej 30 kV i przeznaczona jest do zasilania urządzeń na napięcie 30 kV, stacji przenośnikowych 6 kV oraz stacji transformatorowych 6/1 kV i 6/0,5 kV, które zasilają główne pompy odwadniające na poszczególnych poziomach roboczych maszyn urabiających [4].

Stacja ta składa się z dwóch kontenerów umieszczonych na oddzielnych pontonach. Pomiędzy kontenerami znajduje się transformator główny 30/6 kV o mocy 10 MVA (rys. 1).

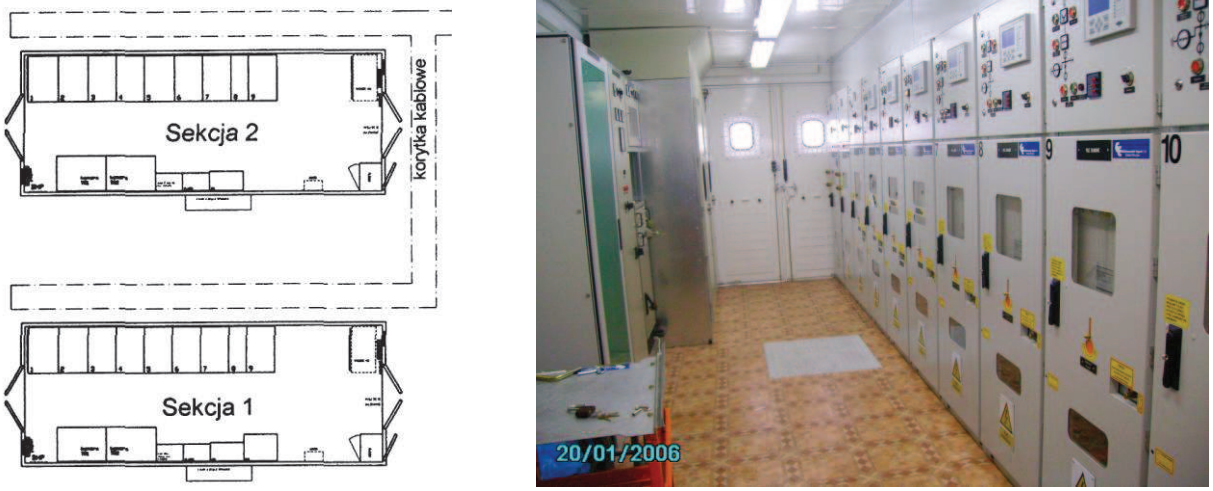
W pierwszym kontenerze zamontowana jest od strony transformatora głównego trójpolowa rozdzielnica 30 kV. W drugim kontenerze – urządzenia siedmiopolowej rozdzielnicy 6 kV oraz bateria kondensatorów 6 kV o mocy 2400 kVAr, rozmieszczone dwustronnie.

W stacji zastosowano rozdzielnice średniego napięcia łukoochronne, wyłączniki próżniowe 30 kV (stacjonarne), 6 kV (wysuwane), izolatory z pojemnościowym dzielnikiem napięcia i sygnalizatorem kontroli obecności napięcia, zabezpieczenia cyfrowe, sygnalizacji i automatyki pól średniego napięcia; blokady mechaniczne i elektryczne w rozdzielnicach 30 kV i 6 kV; elektroniczne termostaty i czujniki do automatycznego sterowania temperaturą w kontenerach w okresie letnim i zimowym.



Rys. 1. Widok stacji SPp 30/6 kV, 10 MVA

a) b)



Rys. 2. Stacja Smp PP-1S, 6 kV. a) rozmieszczenie sekcji, b) widok wnętrza jednej sekcji

Stacja może być przystosowana do realizacji zdalnego nadzoru nad stacją SN/nn w systemie SCADA, który wspomaga pracę dyspozytora. Do sygnalizacji stanu pracy urządzeń w stacji przewidziano sygnalizację lokalną oraz docelowo – telesygnalizację do punktu nadzoru. Stacja ta jest przystosowana do zastosowania w niej telesygnalizacji i telesterowania, umożliwia jej rozbudowę w dowolnej chwili i wprowadzenie zdalnego nadzoru nad stacją za pomocą np. systemu SCADA Ex-SN lub SYNDIS oraz innych systemów umożliwiających zdalny nadzór nad stacją.

3.2. Stacja typu Smp PP-1S

Stacja tego typu przeznaczona jest do zasilania dziesięciu agregatów pompowych o napięciu 6 kV i mocy 500 kW każdy [5]. Mieści się ona w dwóch kontenerach ustawionych na metalowych pontonach przesuwnych (rys. 2a). Poszczególne kontenery stanowią oddzielne sekcje. Obie sekcje posiadają jedno pole silnikowe rezerwowe kompletnie wyposażone oraz pole kondensatorowe bez wyposażenia, w którym można zainstalować dwa zestawy kondensatorów 6 kV o mocy ok. 80 kVAr każdy.

Konstrukcja kontenera posiada zabezpieczenie antykorozyjne, zgodnie z normą przedmiotową [6], i przeznaczona jest do pracy w środowisku o umiarkowanej agresywności. Odporna jest ona na silne zapylenie i gazy działające korozyjnie.

Każdy dziesięciopolowy kontener stacyjny składa się z rozdzielni 6 kV, w wykonaniu dwuczłonowym, dwóch komór transformatorów potrzeb własnych wraz z transformatorami żywicznymi o mocy 100 kVA i 63 kVA, rozdzielni potrzeb własnych

400/230 V, rozdzielni potrzeb własnych 500 V, rozdzielni 220/24V DC wraz z zespołem zasilania rezerwowego 220/24V DC, szafy automatyki i szafy zdalnego nadzoru oraz korytarza dla obsługi pośrodku (rys. 2b). Stopień ochrony stacji wynosi IP55 [1]. Stacja wyposażona jest w urządzenie zabezpieczeniowe typu MUPASZ. W stacji Smp PP1-S zasilającej pompownię powierzchniową realizowane są złożone algorytmy sterowania automatycznego w funkcji poziomu wody, wielkości dopływów, stanów pomp i pompowni, szczytów energetycznych, wielkości opadów itp. Automatyka, sterowanie i zdalny nadzór, w tym wszystkie wymienione wymogi przepisów, realizowane są poprzez system sterowania i zdalnego nadzoru OSA-2.

Samoczynne szybkie wyłączanie zasilania zastosowano w sieci 500 V o izolowanym punkcie neutralnym typu IT, sieci rozdzielczej 400/230 V typu TN-S, 220 V oraz sieci prądu stałego typu IT.

4. WNIOSKI

- Przedstawione rozwiązania stacji transformatorowo-rozdzielczych na różne napięcia znamionowe gwarantują niezawodność zasilania urządzeń technologicznych w kopalniach odkrywkowych. Dostosowanie stacji do zdalnego sterowania umożliwia optymalną obsługę urządzeń znajdujących się w eksploatacji.
- Stopień ochrony IP oraz wartość temperatury w kontenerze zapewnia właściwą i bezpieczną eksploatację stacji. System zabezpieczeń, sterowania i sygnalizacji pozwala na szybką lokalizację i usunięcie ewentualnej awarii. Dzięki zastosowaniu w stacji zabezpieczeń ziemnozwarciowych czas trwania rażenia nie jest przekroczony.
- Zastosowane w omawianych stacjach rozwiązania spełniają wymagania odpowiednich przepisów.
- O bezpieczeństwie w sieciach IT i skuteczności urządzenia do kontroli stanu izolacji może świadczyć fakt, że nie zanotowano ani jednego przypadku porażenia w ciągu 35-letniej działalności kopalni w Bełchatowie.

Literatura

1. Certyfikat zgodności Nr Z/12/23/08. BBJ SEP Warszawa 2008.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w odkrywkowych zakładach górniczych wydobywających kopaliny podstawowe (Dz. U. Nr 96 poz. 858).
3. Karta katalogowa. Zabezpieczenie typu IRDH 375.
4. Karta katalogowa Elektromontaż-Lublin Sp. z o. o.: S.A. Oddział Lublin: Stacja transformatorowo-rozdzielcza kontenerowa przemieszczalna typu SPp.
5. Elektromontaż-Lublin Sp. z o. o.: Dokumentacja techniczna wykonawcza. Stacja transformatorowo-rozdzielcza kontenerowa przemieszczalna 6/0,5/0,4 kV, pompownia PP-1S.
6. Norma PN-71/H- 04651 Ochrona przed korozją. Klasyfikacja i określenie agresywności korozyjnej środowisk.

Recenzent: dr inż. Andrzej Tomczyk

MEDIUM VOLTAGE TRANSFORMER STATIONS FOR OPENCASTS

Operating conditions of a transformer station, requirements of health and safety at work, operating mode, fire protection means, protecting automation and construction of transformer stations designed for opencast have been presented in the paper.

ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ СТАНЦИИ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ РУДНИКОВ

В статье поданы условия работы станции, требования касающиеся безопасности гигиены работы, управления ходом работы, противопожарной защиты, защитной автоматики и построение станции для открытых рудников.