

Stefan GIERLOTKA

KWK "Wujek" w Ketowicach

#### AWARYJNOŚĆ GÓRNICZYCH PRZEWOŹNYCH STACJI TRANSFORMATOROWYCH

**Streszczenie.** W referacie omówiono sprawy związane z awaryjnością przewoźnych stacji transformatorowych, które zasilają sieć elektroenergetyczną rejonów wydobywczych kopalni. Przedstawiono typowe uszkodzenia stacji transformatorowych oraz przyczyny ich występowania. Przeanalizowano uszkodzenia w stacjach ognioszczelnych jak i okapturzonych o napięciu dolnym 1000 V oraz 500 V. Materiał opracowano w oparciu o zaistniałe awarie i przeprowadzone obserwacje na kopalni Wujek.

Przewoźne stacje transformatorowe stanowią na dole kopalni podstawę zasilania sieci 500 V i 1000 V. Mimo że udział awarii i uszkodzeń stacji transformatorowych w zawadności układu elektroenergetycznego na dole kopalni jest stosunkowo mały, to jednak w przypadku ich obecności występują postoje spowodowane brakiem napięcia większej liczby maszyn górniczych. Czas potrzebny na przywrócenie sprawności oraz usunięcie uszkodzeń stacji niekiedy jest długi. Dlatego też sprawy związane z awaryjnością stacji transformatorowych jak i ich przyczyny są z punktu widzenia ruchu elektrycznego kopalni zagadnieniem ważnym. W zależności od pomieszczenia i jego stopnia niebezpieczeństwa wybuchu metanu stosuje się na dole kopalni stacje ognioszczelne typu: IT3Sb oraz okapturzone typu: ITb, ITc, ITd, ITe, ITf, ITp.

Na podstawie obserwacji uszkodzeń występujących w stacjach można określić, że stacje transformatorowe w wykonaniu okapturzonym posiadają większą liczbę uszkodzeń niż w wykonaniu ognioszczelnym. Awarie występujące w stacjach można zlokalizować i rozdzielić na: rozłącznik wysokiego napięcia, transformator mocy oraz konstrukcję stacji wraz z aparaturą dolnego napięcia.

Rozłącznik wysokiego napięcia OKR6/6 pozwala załączać i wyłączać nieobciążoną stację transformatorową. Obciążalność znamionowa rozłącznika OKR6/6 wynosi 630 A. Rozłącznik ma budowę dwuprzerwową o prostoliniowym ruchu styków. Styki ruchome wykonane w formie dwóch równoległych noży są umocowane na izolacyjnej trawersie, która przez równoległoboczny układ dźwigni podnoszona jest przy obrocie wału napędowego. Układ gaszący rozłącznika składa się z płaskiej komory umocowanej do styku stałego i opalnego połączonego sworzniem z zespołem styków ruchomych.

W stanie zamkniętym styki ruchome zwierają styki stałe, a styki opalne zostaną zaryglowane w komorach gaszących. W początkowej fazie otwierania rozłącznika główne styki rozsuwają się, a styki opalne pozostają zaryglowane w komorach gaszących, przewodząc dalej płynący prąd. Po rozsunięciu się styków głównych na 3/4 pełnej przerwy izolacyjnej ryglowanie styków opalnych ustępuje, po czym otwierają się one z dużą szybkością powodując zgaszanie powstałego łuku elektrycznego.

Najbardziej awaryjnym elementem rozłączników są styki, które ulegają częstym wypaleniom. Powodowane to jest głównie przez złe domknięty rozłącznik przy załączaniu.

Nagrzewanie się styków przez przepływający prąd zależy od jego oporności przejścia. Przy znacznym zmniejszeniu się docisku styków oporność przejścia może wzrosnąć do tego stopnia, że powstaną łuki wypalające styki, a nawet spotyka się przypadki, gdzie konsekwencją jest zwarcie międzyfazowe. Zachodzą również przypadki zniszczenia izolacji żyły przyłączonej do zacisku stałego spowodowanego wysoką temperaturą styków. Na oporność przejścia ma również wpływ utlenienie i zanieczyszczenie powierzchni styków. Przy prawidłowym docisku i stanie styków spadek napięcia na nich nie powinien być większy niż 6 mV, a ich temperatura nie powinna przekraczać 358 °K [4].

Główną przyczyną wypalania się styków i niszczenia rozłączników jest nieprawidłowe jego załączenie przez obsługę, polegające na zbyt słabym docisku jego styków. Inną przyczyną niszczenia rozłączników jest pozostawienie dźwigni załączającej w gnieździe stacji transformatorowej, która poprzez swoją masę i drgania stacji powoduje samootwieranie styków, a w konsekwencji wypalenie ich.

Transformator mocy posiada izolację uzwojeń wykonaną w klasie H z włókna szklanego impregnowanego lakierem elektroizolacyjnym silikonowym, a w przypadku stacji typu IT3Sb o mocy 400 kVA oraz 630 kVA wykonaną w klasie C. Rdzeń transformatora wykonany jest z blachy o niskiej stratności izolowanej ceramicznie. Temperatura rzeczywista uzwojeń transformatora zasilającego sieć dołową nie stwarza zagrożenia dla termicznego zniszczenia jego izolacji. Stacje transformatorowe eksploatowane w podziemiach kopalni, a szczególnie o napięciu dolnym 1000 V zasilające kombajn i przenośnik ścianowy są w większości przypadków mocowo niedociążone. Podczas nienormalnych sytuacji eksploatacyjnych jak przeciążenia i przewzburzenia mogą wystąpić w transformatorze lokalne przegrzania magnetycznych maszynowych elementów konstrukcyjnych wskutek nadmiernego wzrostu strat mocy w miejscach koncentracji strumienia magnetycznego. Przegrzania te powodują osłabienie izolacji, a przy częstym powtarzaniu się mogą doprowadzić do uszkodzenia transformatora. Jedną z przyczyn przeciążeń transformatora są zwarcia występujące na szynach pomiędzy uzwojeniem dolnego napięcia a wyłącznikiem. Zwarcia te często występują w stacjach typu IT nad wyłącznikiem WIS. Zwarcie takie może trwać nawet kilka sekund, gdyż

przed skutkami tego zwarcia po stronie dolnego napięcia zabezpieczenia nie ma. Zostaje ono wyłączane dopiero przez zabezpieczenie przeciążeniowe w polu rozdzielczym 6 kV. Największy dopuszczalny czas trwania zwarcia dla stacji transformatorowej typu IT o napięciu zwarcia  $u_z = 3\%$  wynosi 1,2 s, zaś dla stacji ognioszczelnych o napięciu zwarcia  $u_z = 4,5\%$  czas wynosi 2 s [2]. Inną przyczyną uszkodzeń transformatora mocy podczas zwarcia może być powstająca siła oddziaływania dynamicznego na cewki uzwojeń oraz układ połączeń. Przyczyną sił niszczących karkas wraz z uzwojeniem i układem konstrukcyjnym jest oddziaływanie pola rozproszenia magnetycznego na uzwojenie z prądem podczas zwarcia. Prąd zwarcia powoduje wzrost pola magnetycznego przez zwiększający się strumień rozproszenia. W wyniku działania tych sił po zaistniałym zwarciu są ślady przemieszczania się karkasu z uzwojeniem względem układu konstrukcyjnego. Innymi spotykanymi zvarciami w transformatorze są zwarcia wewnętrzne w cewce. Są one groźniejsze od poprzednich pod względem cieplnym i dynamicznym. Wynika to z tego, że przy zvarciami wewnętrznych występują w elementach zwartych uzwojenia większe gęstości prądu niż przy zvarciami zewnętrznych.

Najbardziej narażona na częste uszkodzenia jest konstrukcja i osłona stacji okapturzonych. Przez nieszczelności oraz niedomknięcie drzwi do środka wnika pył węglowy, który między innymi osadza się nad wyłącznikiem 500 V typu WIS. W chwili pojawienia się łuku podczas pracy wyłącznika następuje zapalenie się pyłu i występuje wspomniane wyżej zwarcie dwu- lub trójfazowe. Podczas takiego zwarcia aparatura dolnego napięcia znajdująca się w pobliżu oraz konstrukcja ulegają zniszczeniu. Powstający łuk wypala dziurę w osłonie stacji nad wyłącznikiem niszcząc jej konstrukcję, a wewnątrz powstały pożar niszczy osprzęt.

Występują na dole kopalni także przypadki zalania stacji transformatorowych wodą lub emulsją dla obudów zmechanizowanych, mimo że są usytuowane w specjalnych wnękach ociosowych. Takie zalania powodują występowanie zwarć doziemnych głównie po stronie dolnego napięcia.

Innymi przypadkami uszkodzeń stacji, gdzie zniszczeniu ulega konstrukcja i wewnętrzna aparatura, jest nie zawsze prawidłowy sposób transportu. Zdarzają się przypadki spadnięcia stacji z wciągarki, czy pęknięcie łańcucha podczas transportu. Powoduje to pęknięcie izolatorów, obrywanie aparatury oraz pogięcie osłon. Uszkodzenia z winy transportu stanowią 20% udziału w awaryjności stacji transformatorowych.

Awaryjność stacji transformatorowych oraz wyniki z tego przerwy w dostawie energii do maszyn górniczych powinny być rozpatrzone z punktu ich niezawodności. Dla pełnej analizy uszkodzeń należy się posłużyć teorią niezawodności opartą na statystyce i rachunku prawdopodobieństwa. Uzyskanie pełnej informacji niezawodnościowej w praktycznych zagadnieniach inżynierskich jest skomplikowane i pracochłonne, dlatego dla przeprowadzenia analiz awaryjności stacji transformatorowych wystarczy rozpatrzyć średnią częstotliwość uszkodzeń. Przeprowadzając uproszczoną analizę awa-

ryjności można założyć, że rozkład niezawodności jest rozkładem wykładniczym o stałej intensywności uszkodzeń [3].

Oszacowanie średniej częstości uszkodzeń drogą badań statystycznych jest możliwe za pomocą estymatorów wyznaczonych z zaobserwowanych awarii w określonym przedziale czasu.

$$\lambda_{\text{śr}} = \frac{2m}{(n_p + n_k) \Delta t}$$

gdzie:

$\lambda_{\text{śr}}$  - średnia częstość uszkodzeń,

$m$  - liczba uszkodzeń,

$n_p$  - liczba zainstalowanych stacji transformatorowych na początku okresu obserwacji,

$n_k$  - liczba zainstalowanych stacji transformatorowych na końcu okresu obserwacji,

$\Delta t$  - przedział czasu, w którym prowadzono obserwacje.

Przykładowo, można podać, że w kopalni "Wujek" o wydobyciu 10 000 ton na dobę średnia częstość uszkodzeń, względem których zachodziła potrzeba wymiany na nową stację, wynosi: dla stacji ognioszczelnych  $\lambda_{\text{śr}} = 0.02$  1/a oraz dla okapturzonych  $\lambda_{\text{śr}} = 0.07$  1/a, gdzie  $a = 8760$  godzin.

#### WNIOSKI

1. Stacje transformatorowe okapturzone wykazują większą częstość uszkodzeń od stacji w wykonaniu ognioszczelnym.
2. Transformator mocy w sieci dołowej jest zazwyczaj niedociążony i nie obserwuje się przypadków spalania izolacji uzwojeń w wyniku przeciężenia.
3. Najbardziej niebezpieczne w skutkach dla stacji jest zwarcie pomiędzy wyłącznikiem dolnego napięcia a transformatorem. Celowe by było opracowanie zabezpieczenia przed takimi zwarciami, które oddziałują na stronę górnego napięcia transformatora.
4. Duży udział awarii stacji transformatorowych wynika z braku systematycznej kontroli i niewłaściwej obsługi przez elektromonterów.

## LITERATURA

- [1] Gierlotka S.: Określenie zagrożenia dołowych stacji transformatorowych wywołanego przeciążeniem prądowym. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 143 10/1980.
- [2] Gluziński W.: Elektryfikacja podziemi kopalń. Część 1. Wyd. Śląsk, Katowice 1977.
- [3] Sozański J.: Niezawodność zasilania energią elektryczną. WNT, Warszawa 1982.
- [4] Ognioszczelne stacje transformatorowe o mocy 200-630 kVA. Instrukcja techniczno-ruchowa MEFTA 1979.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Florian KRASUCKI

Wpłynęło do Redakcji w październiku 1984 r.

## АВАРИЙНОСТЬ ШАХТНЫХ ПЕРЕВОЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

## Резюме

В работе приводятся типовые отказы трансформаторных подстанций и причины их возникновения. Дан анализ отказов для огнезащитных подстанций и подстанций с масками с нижним напряжением 1000 в и 500 в. Обработанный материал включает отказы и наблюдения полученные в шахте "Вуек".

## THE SUSCEPTIBILITY TO FAILURE OF THE MOBILE TRANSFORMER STATIONS

## Summary

In the paper are discussed the matters connected with the susceptibility to failure of mobile transformer stations which energize the electroenergetic network of the mining regions of mines. The typical damages of the transformer stations and the causes of their occurrence have been presented. The damages in fire-proof stations as well as the hooded ones with the low voltage 1000 V and 500 V have been analyzed. The material has been prepared on the basis of failures and observation conducted in the "Wujek" coal mine.