



Lech SUBOCZ

Politechnika Szczecińska, Instytut Elektrotechniki

Awaryjność izolatorów trakcyjnych

Streszczenie. Od pewnego czasu obserwuje się systematycznie zmniejszającą się ilość awarii izolatorów trakcyjnych. W dużym stopniu jest to związane z coraz szerszym instalowaniem w sieci trakcyjnej izolatorów kompozytowych. Szczególnie w odniesieniu do izolatorów sekcyjnych notuje się duży postęp w polepszeniu ich konstrukcji.

Abstract. (Failure of traction composite isolators). Decrease of amount of failures of traction insulators is observed from certain time. It is related to application of composite insulators.

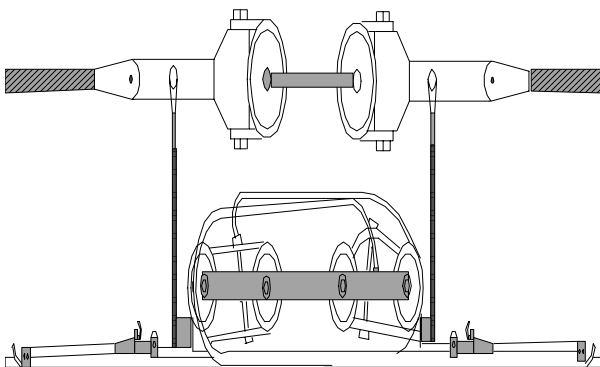
Słowa kluczowe: izolatory trakcyjne kompozytowe, awaryjność.

Keywords: traction composite insulators, failure

Izolatory stanowią niewątpliwie element kolejowej sieci trakcyjnej. Ich eksploatacja odbywa się w znacznie trudniejszych warunkach, w porównaniu z izolatorami energetyki zawodowej lub przemysłowej. Pracują one, podobnie jak cała sieć jezdna, pod ciągłym ruchem pociągów. Z tego względu wykonywanie na nich zabiegów konserwacyjnych jest utrudnione, a w wielu przypadkach wręcz niemożliwe. Należy dodać, że Izolatory sieci trakcyjnej pracują w warunkach zmiennych naprężeń mechanicznych spowodowanych czynnikami związanymi z ruchem na trakcji to jest :

- ruchami sieci jezdnej wywołanymi kompensacją wzdłużną przewodów jezdnych i lin nośnych,
- drganiami przenoszonymi się z podtorza poprzez konstrukcje wsporcze w czasie przejazdu pociągów,
- drganiami pochodzącymi od współpracy pantografów z siecią jezdnią, zwłaszcza przy dużych prędkościach,
- ruchem sieci spowodowanym przez wiatr.

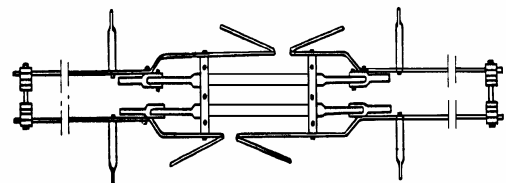
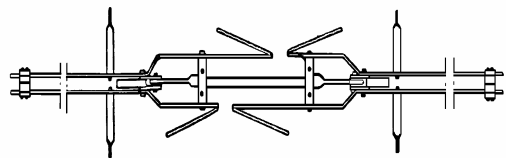
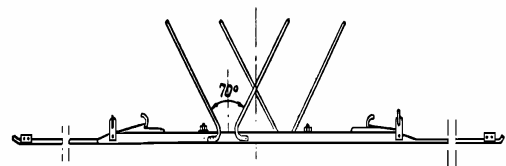
W celu uzyskania tzw. przerwy powietrznej pomiędzy sekcjami sieci stosuje się izolatory sekcyjne. Ich konstrukcja jest przystosowana do zwierania izolacji sekcyjnej przez odbieraki prądu przejeżdżającego taboru. Do połowy lat siedemdziesiątych powszechnie stosowany był izolator sekcyjny rolkowy ceramiczny (rys.1). Obecnie stosowany jest izolator sekcyjny skonstruowany z tworzyw organicznych (rys.2) [1-6],



Rys.1. Izolator sekcyjny ceramiczny

Dobór izolatorów, w tym izolatorów trakcyjnych, polega na spełnieniu następujących wymagań:

- wytrzymałości mechanicznej,
- wytrzymałości elektrycznej,
- wytrzymałości elektrycznej zabrudzeniowej,

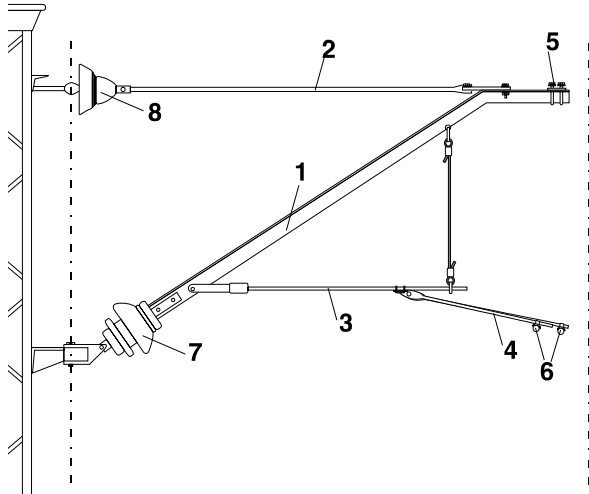


Rys.2. Izolatory sekcyjne z tworzyw organicznych

W zagadnieniach dotyczących wytrzymałości mechanicznej podkreśla się, że izolatory trakcyjne pracujące w ekstremalnych warunkach muszą przenosić obciążenia zginające, rozciągające, skręcające, drgania, znaczne mechaniczne naprężenia dynamiczne. Doświadczenia wielu krajów wykazują w tym względzie znaczną konkurencyjność izolacji ceramicznej. Mimo stosowania w wielu krajach w liniach trakcyjnych izolacji kompozytowych, w dalszym ciągu obserwuje się zapotrzebowanie na izolatory ceramiczne.

Wytrzymałość elektryczna i wytrzymałość zabrudzeniowa związane są ze źródłami zabrudzeń, które mogą być bardzo liczne i różnorodne. Ogólnie można je podzielić na źródła naturalne, wynikające z działania przyrody oraz sztuczne, spowodowane działalnością człowieka. Najgroźniejsze są sztuczne źródła zabrudzenia. Uszkodzenia izolatorów sieci trakcyjnej wywoływane tymi powodami mogą mieć następujące następstwa:

a) utrata izolacji międzybiegunowej spowodowana zanieczyszczeniami porcelanowej lub tworzywowej części izolacyjnej,
 b) starzenie, jako splot czynników elektrycznych, mechanicznych i atmosferycznych, objawiającym się powstawaniem na powierzchni izolacji drobnych pęknięć, rys i porów, w których zbierająca się wilgoć i zanieczyszczenia powodują zmniejszenie wytrzymałości elektrycznej izolacji.



Rys.3. Wysięg sieci skompensowanej – miejsce wielu awarii trakcji:
 1. ukośnik, 2. odciąg, 3. wysięg pomocniczy, 4. ramiona odciągowe, 5. uchwyt przelotowy liny nośnej, 6. uchwyt przegubowy przewodu jezdnego, 7. izolator ukośnika wysięgu, 8. izolator odciagu ukośnika wysięgu. Po pęknięciu izolatora ukośnik opada, wchodząc swymi częściami w obszar, w którym przemieszcza się odbierak prądu. Podczas przejazdu pociągu następuje połamanie odbieraka prądu, a w konsekwencji dalsze uszkodzenie sieci, niejednokrotnie powoduje bardzo poważne szkody na dużej przestrzeni sieci.



Rys.4. Przykład zniszczenia izolatora wysięgu sieci skompensowanej wskutek nadmiernego ogrzania prądami upływu (wytopienie spoiwa do okuć - widoczne ślady) mylnie interpretowany jako zerwanie izolatora

W 1991r. zamontowano na sieci pierwszą serię próbną izolatorów kompozytowych. Izolatory te charakteryzują się następującymi cechami:

- zmniejszenie masy w stosunku do izolatorów ceramicznych lub szklanych o około 80 %,
- elastyczność i odporność na drgania,
- odporność na uderzenia (strzały karabinowe, wandalizm, kamienie),
- właściwość samogaszenia materiału,

- odporność na wpływy atmosferyczne (śnieg, deszcz) oraz podatność na promieniowanie UV,
- szeroki zakres temperatur pracy ($-40^{\circ}\text{C} \div +100^{\circ}\text{C}$),
- wysoka odporność mechaniczna izolatora w związku z dużą wytrzymałością pręta nośnego, dokładność wykonania z możliwością kształtowania powierzchni
- znacznie mniejszy odsetek uszkodzeń podczas transportu, składowania i montażu.

Obecnie w sieciach trakcyjnych PKP stosowane są następujące izolatory kompozytowe:

- izolator wsporczy z okuciami wewnętrznymi (nr kat. 7921),
- trakcyjny ciągnowy (7150),
- izolator liniowy trakcyjny do ukośnika wysięgnika rurowego (7600),
- izolator liniowy trakcyjny do ukośnika wysięgnika teownikowego (7610),
- izolator liniowy trakcyjny do odciagu wysięgnika (7620),
- izolator liniowy trakcyjny podwieszonowy (7630),
- izolator sekcyjny.

Z prowadzonych statystyk wynika, że uszkodzenia izolatorów stanowią 32% wszystkich uszkodzeń sieci trakcyjnej powodujących zakłócenia w prowadzeniu ruchu pociągów. Uszkodzenia izolatorów mogą być natury elektrycznej lub mechanicznej. Uszkodzenia elektryczne wynikają ze zmniejszenia się stopnia izolacji spowodowanego zanieczyszczeniami powierzchniowymi, starzeniem się materiałów, działaniem przepięć pochodzenia atmosferycznego lub mogą wynikać z wad konstrukcyjno-produkcyjnych.

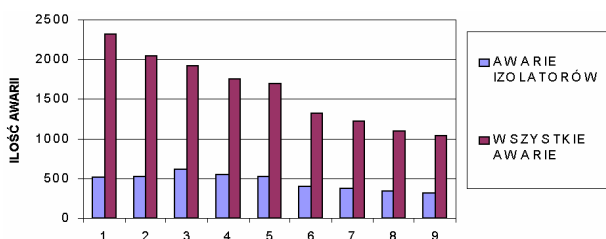
W celu przeciwdziałania ujemnym skutkom zanieczyszczania powierzchni izolatorów, zabrudzenia muszą być okresowo usuwane przez czyszczenie. Częstość czyszczenia zależna jest od intensywności oraz rodzajów zabrudzeń. W strefach charakteryzującym się czystym powietrzem obejmujących tereny wiejskie, zalesione i górskie oraz w strefach zurbanizowanych bez przemysłu ciężkiego, wystarczające jest czyszczenie izolatorów w odstępach dwuletnich, tj. w czasie przeglądów sieci trakcyjnej. Czyszczenie pod napięciem polega na myciu izolatorów za pomocą zwartego strumienia wody pod dużym ciśnieniem, wyrzucanego z prądownicy zamontowanej na wagonie kolejowym. Typową awarią zabrudzeniową jest zjawisko pęknięcia izolatorów wysięgu sieci skompensowanej (rys.3)

Równie częste są awarie izolatorów ciągnowych, które ulegają najczęściej uszkodzeniom mechanicznym. Przy niedokładnym zaprasowaniu okuć (wada w procesie produkcyjnym) następuje wysuwanie się pręta epoksydowego i zerwanie osłony izolatora. Znacznie radsze są awarie epoksydowych izolatorów wsporczych z okuciami wewnętrznymi, chociaż zanotowano przypadek przecięcia izolatora przez łuk elektryczny prądu stałego w rejonie Polic k. Szczecina w warunkach bardzo silnych zabrudzeń.

Podczas pracy pod naciągami mogą wystąpić obciążenia skręcające - dotyczy to najczęściej izolatorów montowanych w linii i kotwionych na środku. Dla izolatorów kompozytowych występuje wówczas pęknięcie osłony i wyciekanie pasty silikonowej. Pod wpływem działania czynników atmosferycznych następuje wysuszenie i kruszenie się pręta nośnego (szkło-epoksydowego), a następnie zerwanie izolatora. Izolatory ciągnowe z żywicy organicznych są również mało odporne na działanie promieniowania słonecznego. Po 10-12 latach eksploatacji następują zmiany w strukturze osłony z żywicy epoksydowej (zmiana koloru na biały), a następnie pęknięcie osłony i wyciekanie pasty silikonowej (niektóre izolatory

pracują ponad 30 lat). W czasie eksploatacji wytrzymałość dielektryczna i mechaniczna izolatorów zmniejsza się. Po tym okresie następuje szybki wzrost liczby uszkodzeń. Spowodowane to jest obciążeniami ściskającymi. Zaobserwowano, że po kilku latach eksploatacji tworzywo organiczne zmienia barwę z brązowej na białą, pęka i wykrusza się, co prowadzi do zerwania izolatora. Z tych względów zaprzestano ich stosowania w kolejowej sieci trakcyjnej [9-12].

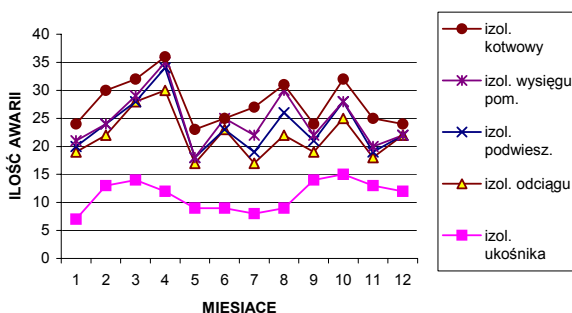
Natomiast dla izolatorów porcelanowych uszkodzeniom ulegają najczęściej izolatory ukośnika i odciagu oraz izolatory kotwowe. Izolatory ciągnowe wykonane z żywicy organicznych ulegają najczęściej uszkodzeniom mechanicznym. Stwierdzono, że przyczyną tych uszkodzeń jest niewłaściwe zaprasowanie okuć w procesie produkcyjnym. Powoduje to wysuwanie się pręta epoksydowego i zerwanie izolatora. Najważniejszym narażeniem mechanicznym dla kompozytowych izolatorów sekcyjnych są siły skręcające (dotyczy to najczęściej izolatorów montowanych w linii kotwienia środkowego) powodujące pęknięcie osłon i wyciekanie pasty.



Rys.5. Częstość awarii izolatorów trakcyjnych w latach 1994 - 2003 (9 lat) na tle wszystkich awarii

Roczna ilość wszystkich awarii na trakcji PKP maleje systematycznie. W roku 1994 zanotowano około 2300 awarii a w roku 2003 – około 1000. Podobna tendencja występuje dla izolatorów. Należy jednak pozbyć się nadmiernego optymizmu w stosunku do izolatorów. Nadal nie są one praktycznie myte i konserwowane. Wydaje się konieczna rezygnacja z izolatorów porcelanowych na rzecz nowoczesnych izolatorów z osłoną silikonową, EPDM lub ostatecznie epoksydową. Należy wypróbować materiały pochodzące z recyklingu materiałowego, których właściwości elektryczne wydają się obiecujące.

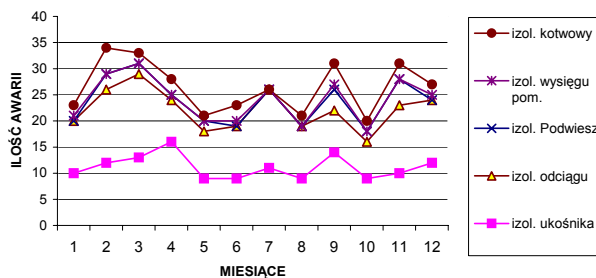
AWARIE IZOLATORÓW W ROKU 1998



Rys.6. Częstość awarii różnych typów porcelanowych izolatorów trakcyjnych w roku 1998

Za najważniejsze przyczyny awarii izolatorów, poza wypadkami losowymi, należy uznać powierzchniowe wyładowania zabrudzeniowe. Występują one w większości w miesiącach wiosennych przy dużych opadach deszczu padającego na zabrudzoną powierzchnię (rys. 6,7). Opanowanie przeskoku zabrudzeniowego na powierzchni izolatora trakcyjnego jest bardzo trudne z uwagi na duże moce zwarciowe sieci trakcyjnej prądu stałego. Szczególnie podatne na te wyładowania są izolatory porcelanowe. Natomiast dla izolatorów kompozytowych istotne jest, aby materiał osłony odznaczał się dużą hydrofobowością a izolator taki winien mieć dodatkowo odpowiednie żebra [8, 13,14].

AWARIE IZOLATORÓW W ROKU 1999



Rys.7. Częstość awarii różnych typów porcelanowych izolatorów trakcyjnych w roku 1999

LITERATURA

- [1] Dąbrowski T., Sieci i podstacje trakcyjne, Wkił. Warszawa, (1982)
- [2] Egert M., Eksploatacja izolatorów trakcyjnych 3 kV prądu stałego, *Prace Naukowe Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wrocławskiej*, (2000) nr.11, 227-235
- [3] Katalog Izolatory trakcyjne, GEISMAR, (1998)
- [4] Katalog Izolatory trakcyjne, RIE (Włochy), (1998)
- [5] Katalog Izolatory trakcyjne, Zakład Porcelany Elektrotechnicznej, CIECHÓW S.A. (1997)
- [6] Katalog, Izolatory trakcyjne porcelanowe, SIEMENS, (1998).
- [7] Małczyńska B., Problemy wprowadzenia trakcji elektrycznej na terenie RPK Słupsk. *Konferencja Naukowo- Techniczna – SITK Szczecin*, (1987)
- [8] Michalski J., Roślaniec Z., Materiał osłonowy izolatorów kolejowych nowej generacji, *Elektroenergetyka Kolejowa ELKOL* Puławy, (1999), 127-131
- [9] BN-75 9317-108, Izolatory trakcyjne, *Ministerstwo Komunikacji*, Warszawa, (1975)
- [10] BN-82 9319-01, Izolatory sekcyjne, *Ministerstwo Komunikacji*, Warszawa, (1982)
- [11] ZN-99/ILK-1, Izolatory liniowe kompozytowe, *Zakład Doświadczalny Międzylesie*, (1999).
- [12] PN-87/E-91112, Izolatory liniowe pniowe na napięcia 3 kV, PKNiJ, Warszawa, (1987)
- [13] Subocz L., Trwałość izolatorów epoksydowych, *Prace Naukowe Instytutu Elektrotechniki Politechniki Szczecińskiej*, (1991), 5-23
- [14] Subocz L., Zmiany właściwości izolacyjnych porcelanowych izolatorów trakcyjnych podczas eksploatacji, *Prace Naukowe Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wrocławskiej*, (1997), nr 9, 89-93

Autor: dr hab. inż. Lech SUBOCZ prof. PS, Politechnika Szczecińska, Instytut Elektrotechniki, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, E-mail: lsubocz@ps.pl