



Dominik Adamski, Łukasz Zawadka

Instytut Kolejnictwa Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki

Badania Zakłóceń pochodzących od przebiegów w sieci trakcyjnej i wyładowań atmosferycznych

Research on disturbances generated by commutation surges and atmospheric discharges to catenary.

Wprowadzenie

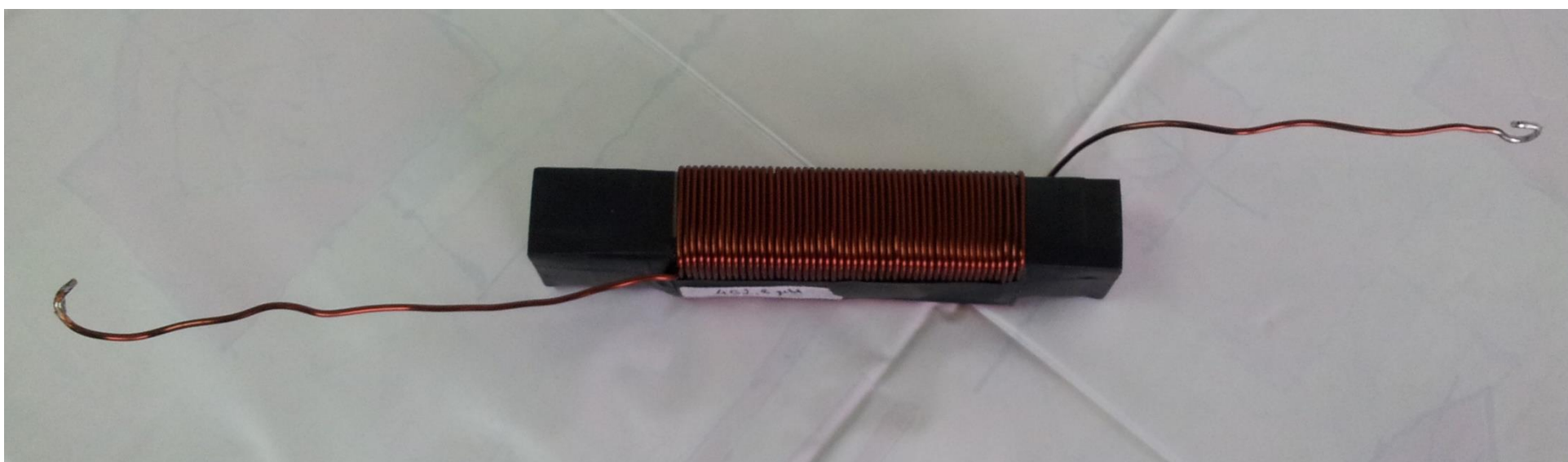
Występowanie przebiegów w sieci trakcyjnej spowodowane jest procesami komutacyjnymi, w wyniku przełączeń dokonywanych w obwodach podstacji trakcyjnej i w obwodach pojazdów trakcyjnych oraz wyładowaniami atmosferycznymi. Generowane przebiegi są bardzo często źródłem napięciowych oraz prądowych sygnałów zakłócających, które mogą spowodować uszkodzenie urządzeń połączonych z torem. Obecnie na liniach zarządzanych przez PKP PLK S.A. urządzeniem, które chroni sieć trakcyjną przed przebiegami jest odgromnik rożkowy, instalowany na konstrukcjach wsporczych sieci trakcyjnej w odstępach wynoszących około 1200m lub w obszarach zwiększonej aktywności burzowej - około 600m. Ze względu na wysoki próg zadziałania odgromnika rożkowego, który w warunkach eksploatacyjnych mieści się w granicach 20-30kV, wyraźnie uwidoczniła się potrzeba ograniczania przebiegów na znacznie niższym poziomie niż dotychczas. Ma to głównie związek z zapewnieniem odpowiedniego poziomu ochrony dla rozbudowanych urządzeń elektronicznych, które coraz częściej instalowane są na liniach kolejowych.

Problem badawczy i metoda badawcza

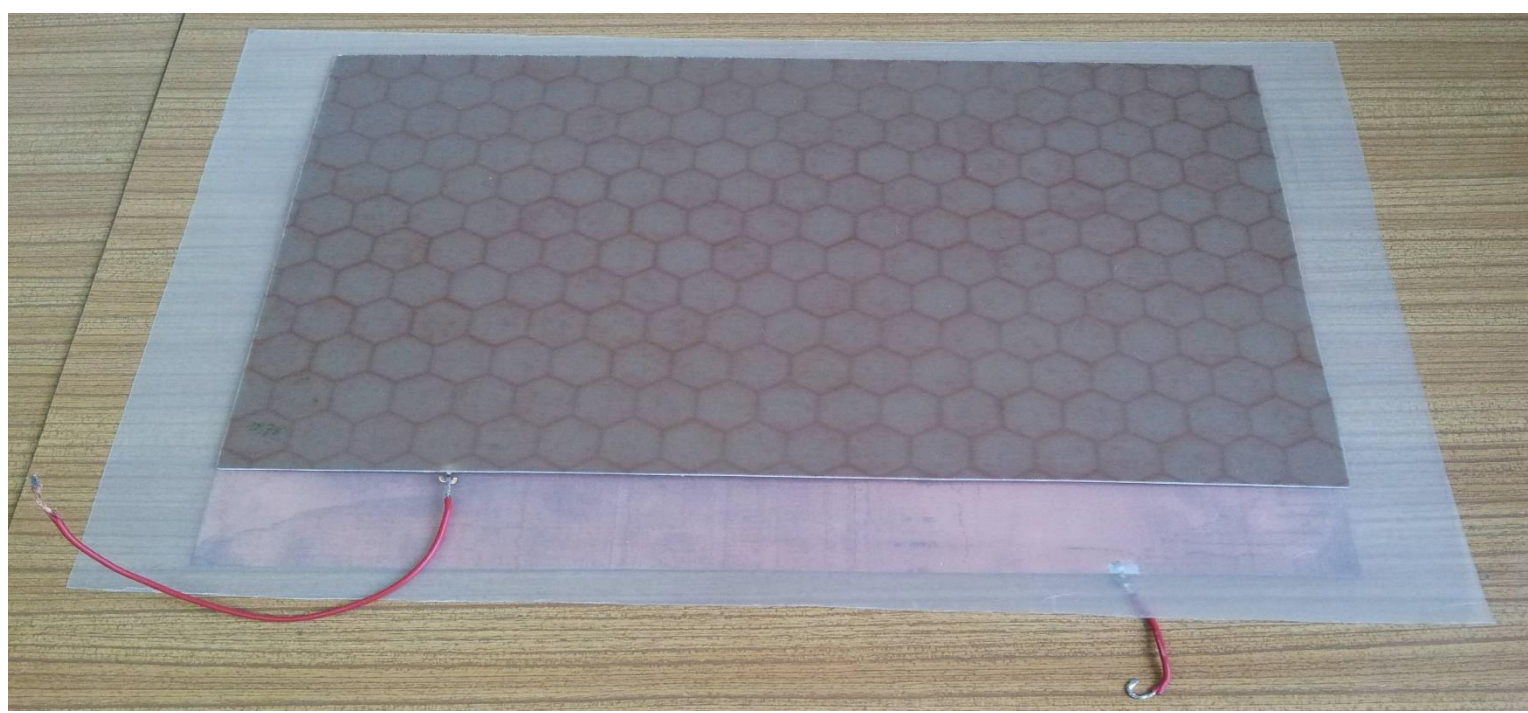
Obszar i poziom oddziaływania tego typu zakłóceń nie jest w pełni rozpoznany i w związku z tym w Instytucie Kolejnictwa przeprowadzono badania o charakterze nowatorskim, mające na celu: określenie warunków propagacji przebiegów w tokach szynowych toru kolejowego, określenie tłumienności przebiegów w sieci trakcyjnej w funkcji drogi, opracowanie nowego systemu ochrony sieci trakcyjnej przed przebiegami.

Pomiary tłumienności przebiegów w sieci trakcyjnej przeprowadzono dla trzech konfiguracji: odcinek sieci bez obciążenia (sieć otwarta), odcinek sieci obciążony rezystancją 240Ω i 120Ω, odcinek sieci obciążony warystorem niskonapięciowym. Badania polegały na wprowadzaniu impulsów udarowych z generatora udarów do sieci trakcyjnej i rejestracji amplitud impulsów napięcia oraz prądu w charakterystycznych miejscach, między generatorem a końcem odcinka pomiarowego, zlokalizowanego na Okręgu Doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa w Żmigrodzie.

Następnym zadaniem było ustalenie optymalnej odległości pomiędzy kolejnymi warystorami instalowanymi na sieci trakcyjnej w celu jej ochrony przed przebiegami. W tym celu opracowano fizyczny model 8 km odcinka sieci trakcyjnej, zbudowanego z elementów o stałych skupionych, który w pełni odzwierciedlał zjawiska w dziedzinie propagacji przebiegów analogicznie, jak na rzeczywistej sieci trakcyjnej. Model ten składał się z 8 elementów indukcyjnych i 8 pojemności doziemnych (rysunki 1 i 2).



Rysunek 1 Sposób wykonania elementu indukcyjnego ($L \approx 460 \mu H$)



Rysunek 2 Sposób wykonania elementu pojemnościowego ($C \approx 10,5 nF$)

Dokładne zbadanie obszaru wzajemnego oddziaływania na siebie warystorowych ograniczników przebiegów wymagało przeprowadzania pomiarów dla różnych konfiguracji, w których zmieniana będzie odległość pomiędzy warystorami a także miejsce doprowadzeń impulsów udarowych. W związku z tym przyjęto dwa warianty występowania udaru w stosunku do usytuowania warystorów w opracowanym modelu: udar w środku pomiędzy warystorami przy zmiennej odległości rozstawienia warystorów tj. 2, 4 i 6 km oraz udar podany na wejście modelu, gdzie jeden z warystorów zainstalowany był na końcu modelu linii przy odległości pomiędzy warystorami 4 km.

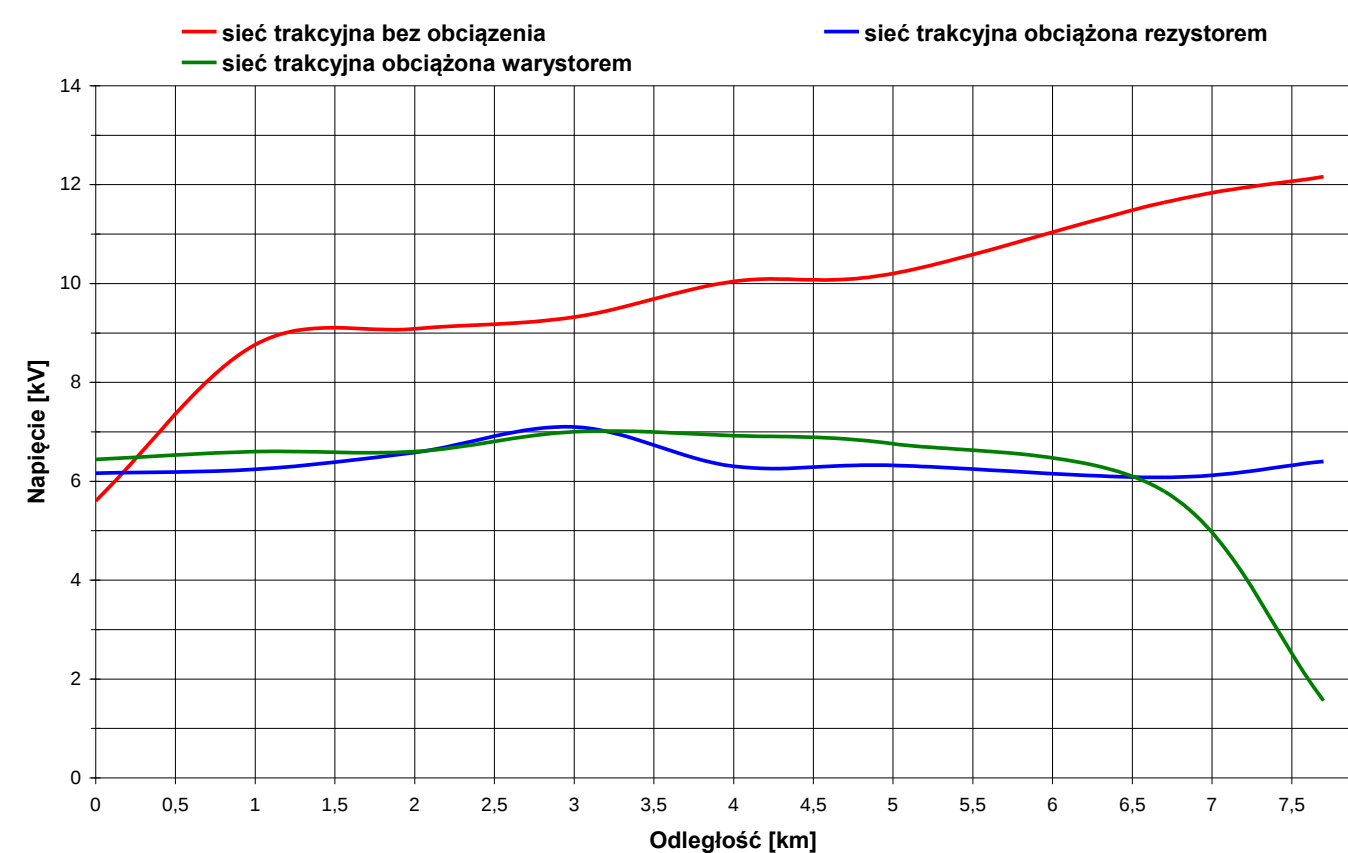
Ostatnim etapem było zweryfikowanie wyników na rzeczywistej sieci trakcyjnej, przy zastosowaniu generatora udarowego o amplitudzie około 15kV i warystorów, których parametry są dostosowane do pracy na sieci trakcyjnej. Należało również opracować założenia niezbędne do przeprowadzenia prób eksploatacyjnych nowego systemu ochrony sieci trakcyjnej przed przebiegami na sieci PKP PLK.

Abstract

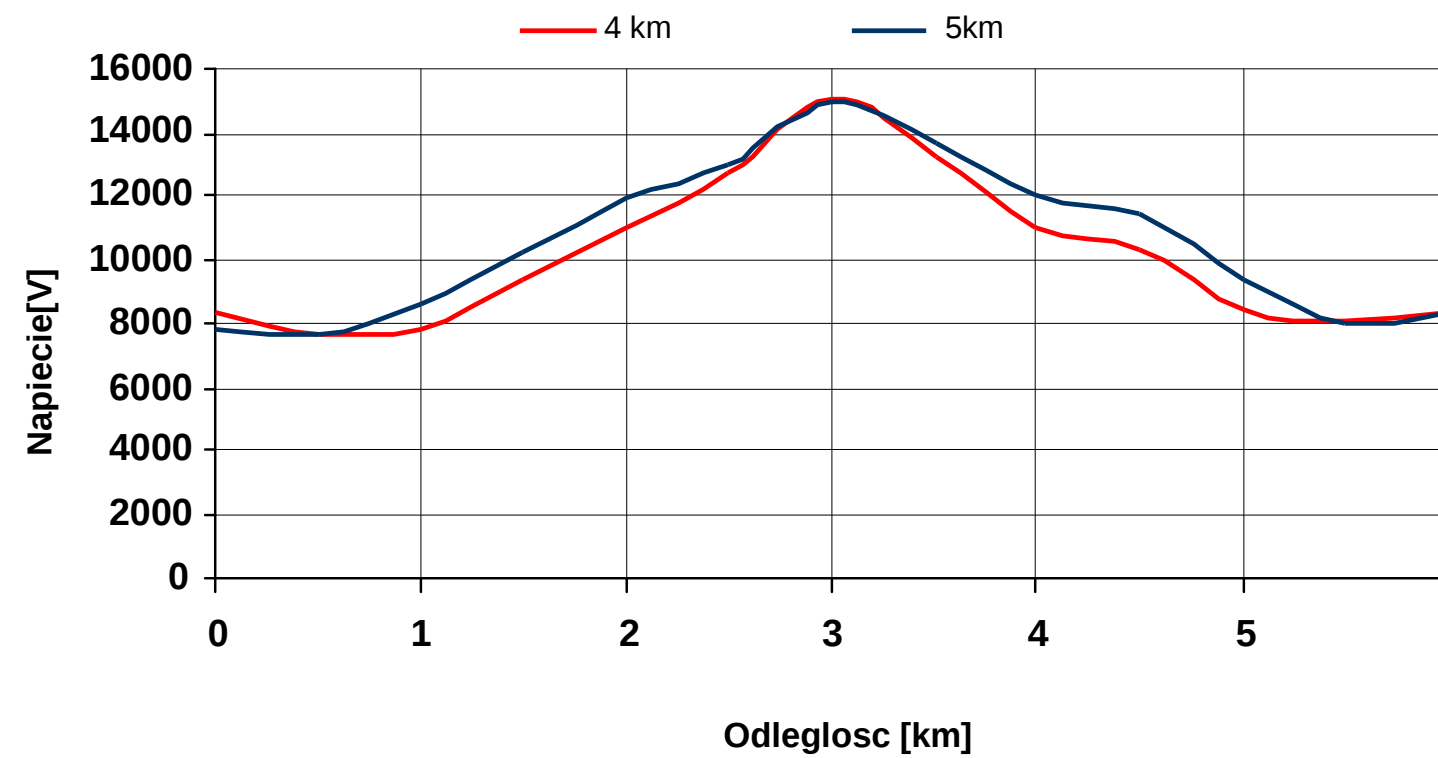
The article presents an issue of determining an optimal distance between varistors located on 3 kV DC catenary. Line attenuation as a function of distance has been determined during preliminary tests for the following measurement configurations: catenary network unloaded (open), catenary network charged by a value of resistance close to the value of wave impedance of the catenary network test section, catenary network charged by a low voltage varistor. The results allowed to estimate the optimal distance between the varistors and they were verified on the catenary network on Żmigrod Test Ring using a surge generator with an amplitude of about 15 kV and varistors designed to work in railway environment. The methodology and results of these studies were presented and analyzed in this paper.

Wyniki

Na podstawie zarejestrowanych oscylogramów napięciowych impulsów udarowych dla trzech konfiguracji opracowano charakterystyki tłumienności amplitud tych impulsów przez badany odcinek sieci trakcyjnej w funkcji drogi (rysunek 3). Wynik tłumienia impulsów udarowych dla 1 wariantu występowania udaru, otrzymany na rzeczywistej sieci trakcyjnej przedstawia rysunek 4.



Rysunek 3 Rozkład amplitud impulsów udarowych w funkcji drogi dla badanego odcinka sieci trakcyjnej



Rysunek 4 Charakterystyki tłumienia impulsów udarowych w sieci trakcyjnej przy rozstawieniu warystorów 4 i 5 km dla pierwszego wariantu występowania udaru

Wnioski

Analizując charakterystyki przedstawione na rysunku 3 można stwierdzić, że badany odcinek sieci trakcyjnej zachowuje się jak typowa linia długa dla propagowanych sygnałów. W skutek interferencji impulsu napięciowego odbitego od nieobciążonego końca odcinka sieci z impulsem generatora, następuje wzrost amplitud impulsów udarowych w funkcji drogi. Przedstawione charakterystyki pozwalają stwierdzić, że sieć trakcyjna jednorodna (tzn. bez skrzyżowań, rozjazdów, odgałęzień itp.) w niewielkim stopniu tłumia napięciowe impulsy udarowe. Natomiast charakterystyki tłumienia impulsów udarowych w sieci trakcyjnej przy rozstawieniach warystorów w odległości 4 lub 5 km między sobą (rysunek 4) mają podobny przebieg, jak charakterystyki otrzymane w badaniach laboratoryjnych. Przy takim rozstawieniu warystorów obserwuje się szybki wzrost tłumienia amplitudy przebiegów w funkcji odległości. Tłumienie impulsu udarowego od miejsca udaru do miejsca przyłączenia warystorów do sieci ma przebieg liniowy. W prawej części charakterystyki (km 4,5) widać nieznacznie nieliniowość spowodowaną niejednorodnością sieci trakcyjnej, jako linii długiej.

Podsumowanie

Przedstawiona metoda laboratoryjna określająca optymalne odległości rozmieszczania warystorowych ograniczników przebiegów na sieci trakcyjnej, w oparciu o rzeczywisty model odcinka sieci trakcyjnej zbudowany z elementów o stałych skupionych jest unikalnym rozwiązaniem. Rozwiązanie to znacznie uprościło całą procedurę badawczą i zostało opublikowane, jako własne osiągnięcie Zakładu Sterowania Ruchem i Teleinformatyki IK. Na podstawie analiz przeprowadzonych podczas realizacji opisywanych prac stwierdzono, że optymalna odległość rozstawienia warystorowych ograniczników przebiegów względem siebie na sieci trakcyjnej w badaniach eksploatacyjnych powinna wynosić około 4 km. Docelowym rozwiązaniem ochrony sieci trakcyjnej przed przebiegami komutacyjnymi i od udarów piorunowych powinien być układ ochrony z warystorowymi ogranicznikami przebiegów. Układ ten zapewni bardziej skuteczny i stabilny poziom ochrony sieci trakcyjnej oraz poprawi efektywność działania systemu zasilania. Przeprowadzone badania wskazują również na konieczność instalowania w warystorowych ogranicznikach przebiegów, stosowanych do ochrony sieci trakcyjnej, elementu zabezpieczającego przed trwałym zwarcie sieci trakcyjnej do obwodu powrotnego, który jednocześnie umożliwi łatwą identyfikację uszkodzenia warystora.