

ADAMSKI Dominik¹
 BIAŁOŃ Andrzej²
 FURMAN Juliusz³
 KAZIMIERCZAK Andrzej⁴
 LASKOWSKI Mieczysław⁵
 ZAWADKA Łukasz⁶

Problematyka tłumienności przepięć w sieci trakcyjnej 3kV DC

Przepięcia, sieć trakcyjna, tłumienność

Streszczenie

W artykule opisano problematykę tłumienności przepięć w sieci trakcyjnej 3KV DC. Badania przeprowadzono na okręgu doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa w Żmigrodzie i polegały one na wprowadzaniu przy pomocy generatora impulsów udarowych bezpośrednio w sieć trakcyjną. Zarejestrowane przebiegi amplitud impulsów napięcia oraz prądu przedstawiono, a następnie przeanalizowano w tej publikacji.

EXAMINATION OF SURGE ATTENUATION IN THE 3KV DC CATENARY

Abstract

The article describes issues of surge attenuation in the 3KV DC catenary. The survey took place on the Railway Institute's Test Track Centre in Żmigrod. Surge was sent directly to the catenary from pulse generator. Recorded waveforms of current and voltage pulse amplitudes were presented and analysed hereunder.

1. WSTĘP

Zjawisko występowania przepięć w sieci trakcyjnej spowodowane jest głównie procesami komutacyjnymi i wyładowaniami atmosferycznymi. Pierwszy czynnik powstaje w wyniku przełączeń dokonywanych w obwodach podstacji trakcyjnych oraz w obwodach głównych lokomotyw elektrycznych i elektrycznych zespołów trakcyjnych. Drugi zaś jest wynikiem bezpośredniego uderzenia pioruna w sieć trakcyjną, bądź zjawiskiem indukowania się przepięć od odpowiednio bliskich uderzeń pioruna w stosunku do sieci trakcyjnej.

W obu przypadkach fala przepięciowa rozprzestrzenia się w dwóch kierunkach od źródła ulegając stopniowemu wytłumieniu. Na podstawie przeprowadzonych studiów z dostępnej literatury wiadomo, że parametry jednostkowe sieci trakcyjnej cechuje znaczna niejednorodność. Zatem rozprzestrzeniająca się fala przepięciowa ulegać będzie odbiciu od niejednorodności takich, jak np. kotwienia sieci trakcyjnej, rozjazdy sieciowe, przyłącza kabin sekcyjnych itp. Należy zwrócić uwagę, iż przypadki przedstawione w literaturze nie opisują w sposób jednoznaczny występujących zjawisk, w tym przede wszystkim stopnia tłumienia przepięć przez sieć trakcyjną w funkcji odległości od źródła.

W związku z powyższym na odcinku sieci trakcyjnej okręgu doświadczalnego Instytutu Kolejnictwa w Żmigrodzie przeprowadzono badania, mające na celu określenie tłumienności przepięć w sieci trakcyjnej w funkcji drogi. Badania takie zostały przeprowadzone po raz pierwszy w Polsce.

2. METODYKA BADAŃ

Długość odcinka sieci trakcyjnej okręgu doświadczalnego IK, na którym przeprowadzono badania wynosiła 7760m (2 typy sieci: 2C120-2C-1 9 sekcji 7,28 tkm z izolacją 25 kV; YC150-2C150 jedna sekcja 1,09 tkm z izolacją 25kV). Pomiar tłumienności przepięć w sieci trakcyjnej przeprowadzono dla dwóch konfiguracji: odcinek sieci bez obciążenia oraz odcinek sieci obciążony rezystancją 240Ω i 120Ω.

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 (co jeden kilometr). Rezystancja wyjściowa użytego generatora wynosiła 2Ω, maksymalny poziom napięcia impulsu udarowego wynosił 6,9kV, impuls udarowych standardowy 1,2/50μs.

¹ Instytut Kolejnictwa, 04-275 Warszawa, ul. Chłopickiego 50, Tel. +48 22 4731054, fax. +48224731036, e-mail: dadamski@ikolej.pl

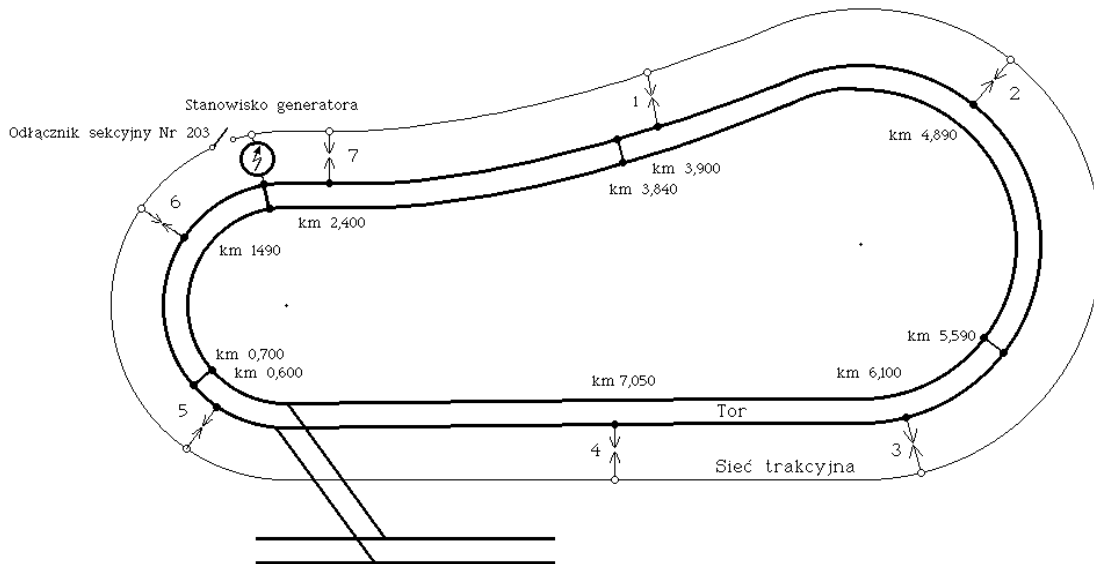
² Instytut Kolejnictwa, 04-275 Warszawa, ul. Chłopickiego 50, Tel. +48 22 4731453, fax. +48 22 4731036, e-mail: abialon@ikolej.pl

³ Instytut Kolejnictwa, 04-275 Warszawa, ul. Chłopickiego 50, tel. +48 22 4731054, fax. +48224731036, e-mail: furman@ikolej.pl

⁴ Instytut Kolejnictwa, 04-275 Warszawa, ul. Chłopickiego 50, tel. +48 22 4731459, fax. +48224731036, e-mail: akazimierzak@ikolej.pl

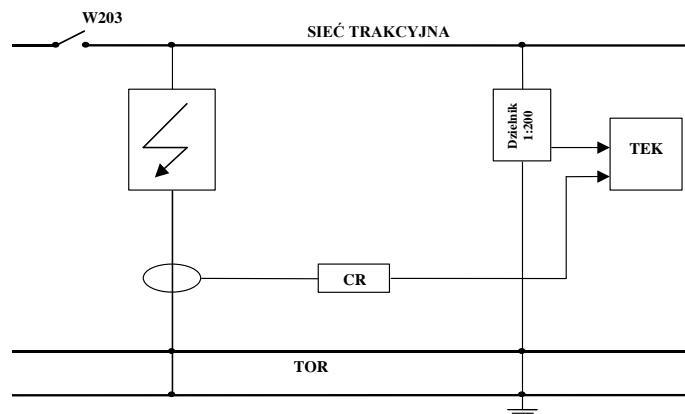
⁵ Instytut Kolejnictwa, 04-275 Warszawa, ul. Chłopickiego 50, tel. +48 22 4731458, fax. +48224731358, e-mail: mlaskowski@ikolej.pl

⁶ Instytut Kolejnictwa, 04-275 Warszawa, ul. Chłopickiego 50, tel. +48 22 4731054, fax. +48224731036, e-mail: lzawadka@ikolej.pl

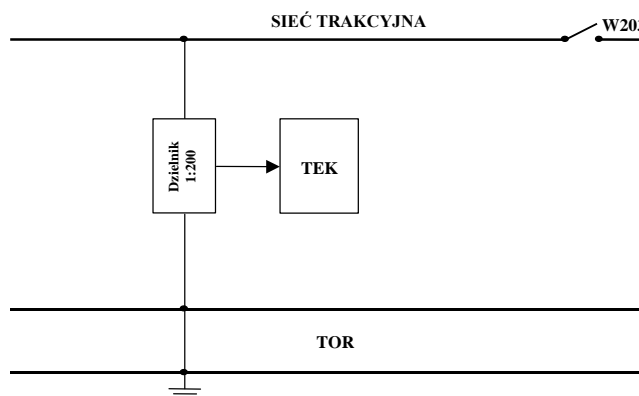


Rys.1. Schemat sieci trakcyjnej okręgu doświadczalnego Instytutu Kolejnictwa

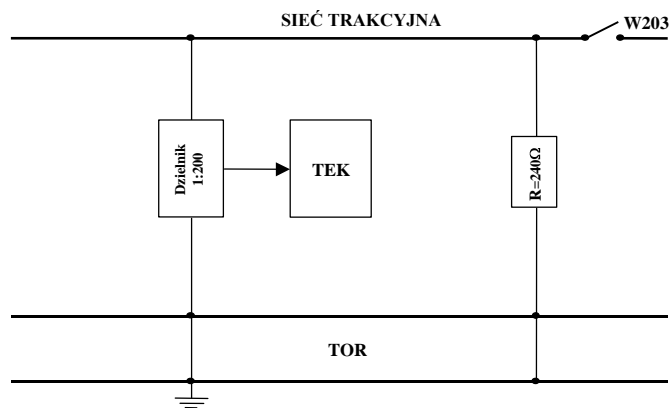
Na rys.1 pokazano usytuowanie generatora na okręgu doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa. Podczas przeprowadzania pomiarów sieć trakcyjna okręgu została rozwarta wyłącznikiem sekcyjnym nr 203 w pobliżu, którego zlokalizowano stanowisko stacjonarne z generatorem uderów. Przy pomocy oscyloskopu rejestrowano impulsy napięcia i prądu na początku badanego odcinka sieci trakcyjnej. Natomiast z drugiej strony odłącznika 203 znajdowało się stanowisko, na którym rejestrowano impulsy napięcia na końcu odcinka sieci. Układy pomiarowe zaprezentowano na rysunkach 2 - 4, a poszczególne skróty oznaczają: TEK- dwukanałowy oscyloskop pomiarowy, CR- cewka Rogowskiego o przekładni napięciowo prądowej 400mV/A, W203- wyłącznik sekcyjny o numerze 203.



Rys.2. Układ pomiarowy na stanowisku generatora uderów.



Rys.3. Układ pomiarowy na końcu odcinka sieci trakcyjnej bez obciążenia.



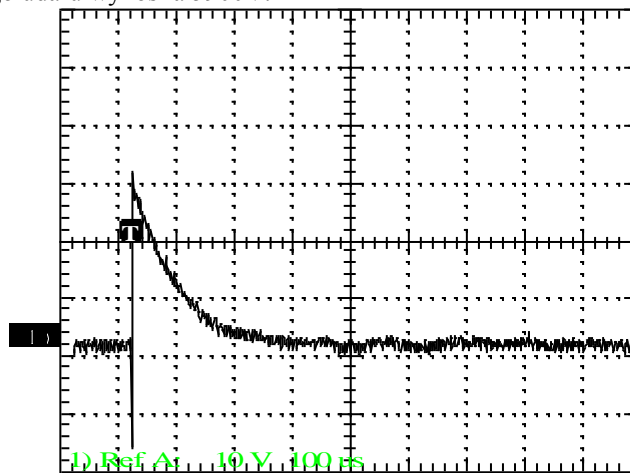
Rys.4. Układ pomiarowy na końcu odcinka sieci trakcyjnej obciążonej rezystorem.

Rejestrację napięcia impulsu udarowego, dla wspomnianych konfiguracji odcinka sieci trakcyjnej (bez obciążenia i z obciążeniem rezystancyjnym), wykonano co kilometr począwszy od generatora do końca odcinka sieci. Pozwoliło to zobrazować kształt impulsu udarowego i jego amplitudy w funkcji odległości od generatora udarowego. Na podstawie tych rejestracji opracowano charakterystyki tłumienności amplitud impulsów udarowych przez badany odcinek sieci trakcyjnej w funkcji drogi.

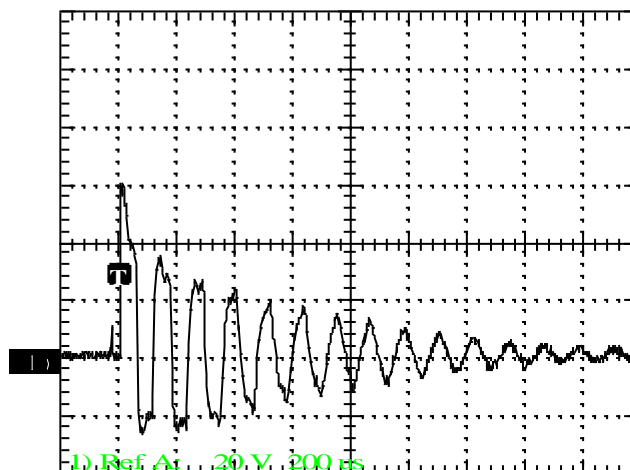
Ponadto dokonano rejestracji przebiegu amplitudy napięcia na początku odcinka pomiarowego oraz prądu udarowego na końcu badanego odcinka sieci trakcyjnej obciążonego rezystancją 120Ω i 240Ω. Pozwoliło to określić opóźnienie fali prądowej względem fali napięcia udarowego.

3. WYNIKI BADAŃ

Rysunek 5 przedstawia przebieg zarejestrowanego impulsu napięcia dla pierwszego wariantu pomiarowego (sieć otwarta, nieobciążona) na początku odcinka sieci (stanowisko generatora udarów), natomiast rysunek 6 na końcu odcinka. Wartość napięcia wprowadzonego udaru wynosiła 5900V.



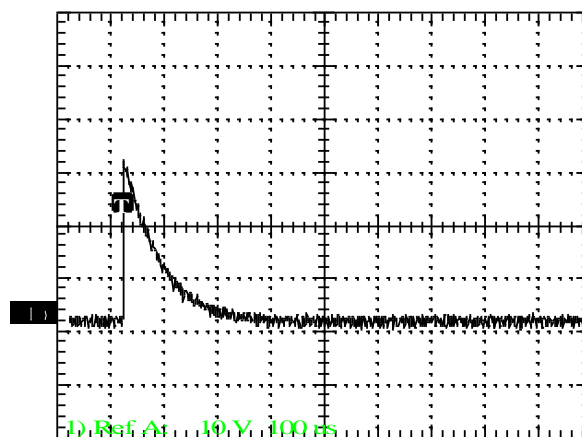
Rys.5. Przebieg napięcia impulsu udarowego (początek otwartego odcinka sieci trakcyjnej)



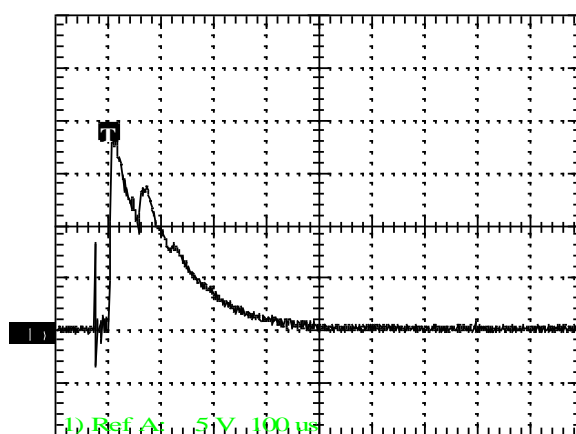
Rys.6. Przebieg napięcia impulsu udarowego (koniec otwartego odcinka sieci trakcyjnej)

Porównując amplitudy napięcia impulsów zaprezentowanych na powyższych rysunkach można wywnioskować, iż badany odcinek sieci trakcyjnej zachowuje się jak nieobciążona linia długa. Amplituda impulsu na końcu odcinka pomiarowego wzrosła z wartości 5,6kV do wartości 12,16kV, a wartość prądu udarowego na wyjściu generatora udarowego wyniosła 130A co dowodzi o występowaniu znacznej pojemności sieci trakcyjnej względem szyn. Indukcyjność i pojemność badanego odcinka sieci powoduje powstanie tłumionych oscylacji o częstotliwości około 8,5kHz.

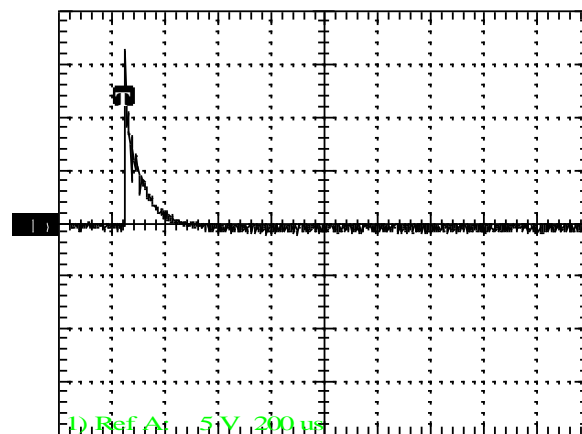
W drugim wariantcie pomiarowym (sieć obciążona rezystorem) sprawdzono wpływ rezystancji załączonej na końcu odcinka pomiarowego, na wartość amplitudy impulsu udarowego mierzonej na tej rezystancji. Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono wyniki rejestracji amplitudy napięcia udarowego odpowiednio na początku i końcu odcinka sieci trakcyjnej obciążonej rezystancją 120Ω, natomiast na rysunkach 9 i 10 dla odcinka sieci trakcyjnej obciążonej rezystancją 240Ω.



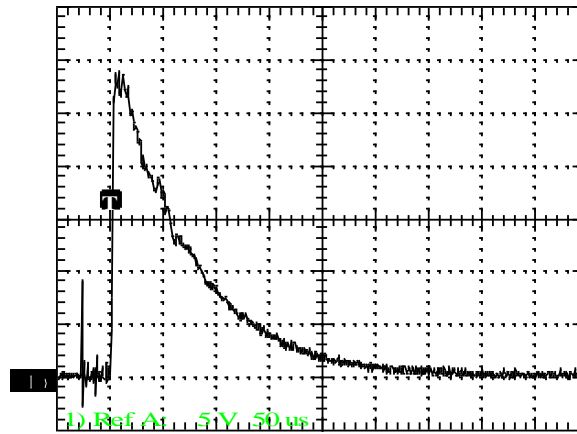
Rys.7. Przebieg napięcia impulsu udarowego (początek odcinka sieci trakcyjnej obciążonego rezystancją 120Ω)



Rys.8. Przebieg napięcia impulsu udarowego (koniec odcinka sieci trakcyjnej obciążonego rezystancją 120Ω)



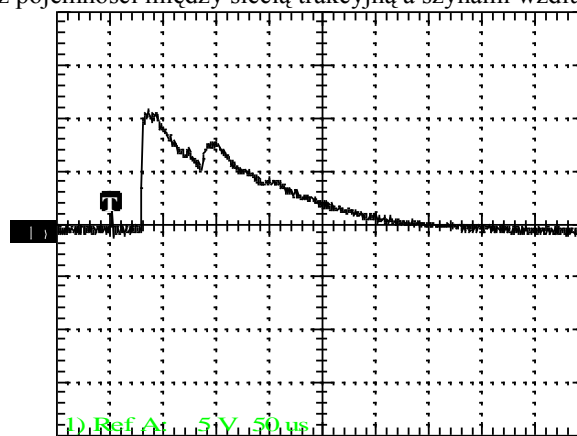
Rys.9. Przebieg napięcia impulsu udarowego (początek odcinka sieci trakcyjnej obciążonego rezystancją 240Ω)



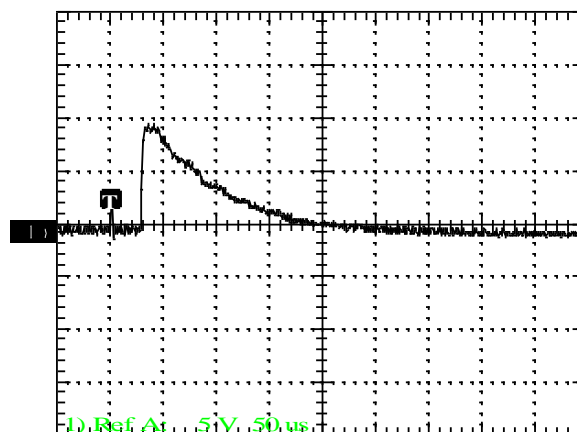
Rys.10. Przebieg napięcia impulsu udarowego (koniec odcinka sieci trakcyjnej obciążonego rezystancją 240Ω)

Analizując powyższe oscylogramy można zauważyć, że w przypadku rezystancji obciążenia wynoszącej 120Ω, na końcu odcinka sieci uzyskano amplitudę 3,88kV przy poziomie amplitudy impulsu wejściowego 5,68kV (Rys.7 i Rys.8). Zatem wartość załączonej rezystancji nie jest równa impedancji falowej badanego odcinka sieci trakcyjnej. Natomiast dla rezystancji obciążenia 240Ω zmierzono amplitudę impulsu wynoszącą 6,4kV przy amplitudzie impulsu na wejściu wynoszącą 6,16kV (Rys.9 i Rys.10). Porównując te wartości amplitud impulsów można stwierdzić, że rezystancja obciążenia 240Ω jest zbliżona do wartości impedancji falowej tego odcinka sieci. Niewielki wzrost amplitudy wyjściowej w stosunku do amplitudy wejściowej świadczy o niewielkim odbiciu fali napięciowej od rezystancji obciążenia. Występuje, zatem niedopasowanie oporności obciążenia do impedancji falowej i rzeczywista jej wartość jest mniejsza od 240Ω.

W ramach drugiego wariantu pomiarowego rejestrowano także wartości amplitud prądu wejściowego i prądu płynącego przez rezystancję obciążenia 120Ω i 240Ω. W obu przypadkach wartość amplitudy prądu wejściowego wynosiła 140A. Natomiast wartość amplitudy prądu przy obciążeniu rezystancją 120Ω wynosiła 28A a na obciążeniu 240Ω - 25A (Rys.11 i Rys.12). Tak znaczące różnice między amplitudami prądów wejściowych i wyjściowych spowodowane są upływnością przez pojemności między siecią trakcyjną a szynami wzdłuż odcinka pomiarowego.



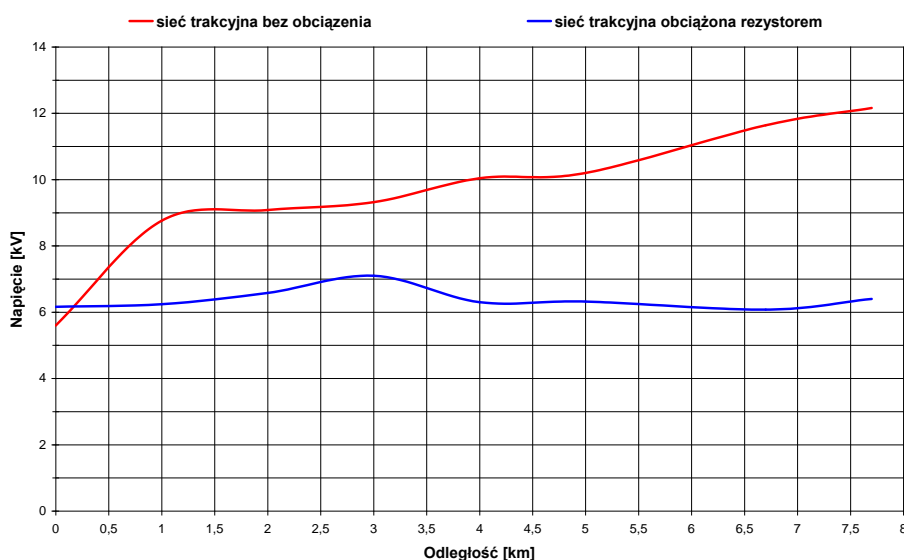
Rys.11. Przebieg amplitudy prądu na końcu odcinka sieci obciążonego rezystancją 120Ω



Rys.12. Przebieg amplitudy prądu na końcu odcinka sieci obciążonego rezystancją 240Ω

4. CHARAKTERYSTYKI TLUMIENNOŚCI PRZEPIĘĆ SIECI TRAKCYJNEJ W FUNKCJI DROGI

Sposób rozmieszczenia elementów ochrony przeciwprzebiegowej sieci trakcyjnej wymaga poznania rozkładów amplitud impulsów udarowych w funkcji drogi oraz wpływu niejednorodności odcinka badanej sieci takich, jak np. kotwienia sieci trakcyjnej, rozjazdy sieciowe i wiadukty na rozkład tych impulsów. W związku z tym na podstawie wyników z wcześniej przeprowadzonych badań opracowano charakterystyki rozkładu amplitud impulsów udarowych (rysunek 13). Kolorem czerwonym oznaczono charakterystykę dla badanego odcinka sieci trakcyjnej bez obciążenia, natomiast kolorem niebieskim dla odcinka obciążonego rezystorem 240Ω.



Rys.13. Rozkład amplitud impulsów udarowych w funkcji drogi dla badanego odcinka sieci trakcyjnej

5. PODSUMOWANIE

Rozpatrywany odcinek otwartej sieci trakcyjnej charakteryzuje się w przybliżeniu własnościami tożsamymi z jednorodną linią długą. W skutek interferencji impulsu napięciowego odbitego od nieobciążonego końca odcinka sieci z impulsem generatora, następuje wzrost amplitud impulsów udarowych w funkcji drogi.

Analizując przebiegi należy zauważyć, że charakterystyka rozkładu amplitud impulsów udarowych w funkcji drogi dla sieci obciążonej rezystancją 240Ω posiada dwa charakterystyczne miejsca. W pierwszym miejscu (w odległości 3km od generatora) następuje wzrost amplitudy napięcia impulsu udarowego. Jest to spowodowane obecnością wiaduktu, co z kolei przyczynia się do miejscowego wzrostu pojemności sieci trakcyjnej do ziemi, a pośrednio do toków szynowych, powodując niejednorodność. W drugim miejscu (na końcu odcinka pomiarowego) następuje wzrost amplitudy impulsu. Ma to związek z niedopasowaniem wartości rezystancji obciążenia do wartości impedancji falowej tego odcinka sieci trakcyjnej.

Przedstawione wyniki pozwalają stwierdzić, że sieć trakcyjna jednorodna (tzn. bez skrzyżowań, rozjazdów, odgałęzień itp.) w niewielkim stopniu tłumi napięciowe impulsy udarowe.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Praca CNTK 1002/24: *Ochrona przeciwprzebiegowa i przeciwporażeniowa w urządzeniach srk z elementami elektronicznymi*, Warszawa, 1994.
- [2] Praca CNTK 4291/10: *Opracowanie nowego systemu ochrony sieci trakcyjnej przed przebiegami, badania eksploatacyjne nowego systemu, określenie lokalizacji podłączenia ochrony od urządzeń sterowania trakcją i urządzeń sterowania ruchu. Etap1* Warszawa, 2007.
- [3] Praca CNTK 3889/10: *Budowa i poligonowe badania prototypowego systemu ochrony przed przebiegami z ogranicznikami warystorowym. Etap1* Warszawa, 2011.