

Zofia WRÓBEL<sup>1</sup>

## WYBRANE ZAGADNIENIA MODELOWANIA PRZEPIĘĆ ATMOSFERYCZNYCH JAKO ŹRÓDEŁ ZAKŁÓCEŃ W SIECIACH TRAKCYJNYCH

W artykule porównano przykładowe przebiegi napięć otrzymane w wyniku badań przeprowadzonych generatorem udaru kombinowanego o kształtach dla udaru napięciowego 1,2/50  $\mu$ s i prądowego 8/20  $\mu$ s z wynikami modelowania komputerowego sieci trakcyjnych. W tym celu zastosowano model generatora udaru kombinowanego i badanego odcinka sieci trakcyjnej zawierający: sieć trakcyjną i szynową uwzględniającą parametry elektryczne toru oraz modele elementów takich jak słup, izolator, odgromnik. Wymienione elementy analizowanego układu zgrupowano w postaci czwórników typu  $\Pi$  tworząc trzy modele czwórników zawierające odcinek sieci trakcyjnej, toru o długości 72 m oraz model słupa z izolatorem, odgromnikiem rozładowym i słup, do którego został doprowadzony udar z modelu generatora udaru kombinowanego. Z wybranych modeli elementów zbudowano układ do analizy zagrożenia przepięciowego sieci trakcyjnych. Podzielenie układu na odcinki o długości 72 m umożliwia dokładniejszą symulację oraz obserwowanie wyników analizy w dowolnie wybranych punktach. Badania symulacyjne prowadzono przy wykorzystaniu programu LTspice. W referacie uzasadniono konieczność podejmowania problemu skuteczności ochrony odgromowej urządzeń kolejowych. Przedstawione możliwości zastosowania wybranego programu mają charakter poznawczy. Zostaną one wykorzystane do dalszej analizy i oceny zagrożenia układów zasilających urządzenia sterowania ruchem kolejowym od przepięć pochodzenia atmosferycznego.

**Słowa kluczowe:** kompatybilność elektromagnetyczna, generator udaru kombinowanego, przepięcia atmosferyczne, modelowanie cyfrowe, pomiary

### 1. Wprowadzenie

Występujące podczas bezpośredniego udaru piorunowego w sieć trakcyjną zagrożenie może być przyczyną przepięć o dużych wartościach szczytowych. W wyniku takich oddziaływań ulegają uszkodzeniu elementy układów zasilania sieci trakcyjnych, a także połączone z nimi urządzenia sterowania ruchem kole-

---

<sup>1</sup> Zofia wróbel, PKP PLK S.A., Zakład Linii Kolejowych w Rzeszowie, 35-005 Rzeszów, ul. Batorego26, tel.17 7111343, wrobel.z@wp.pl

jowym (srk). Tego rodzaju zjawiska elektromagnetyczne można obecnie analizować stosując dostępne różne pakiety oprogramowania. Prace projektowo-badawcze z zastosowaniem symulacji komputerowych zyskują więc coraz większe uznanie umożliwiając uwzględnienie wpływu różnych czynników przy jednoczesnym znacznym ograniczeniu kosztów takiej analizy. Wykorzystując sprawdzone modele matematyczne elementów układów i urządzeń elektrycznych oraz zjawisk fizycznych, można uzupełniać lub zastępować badania laboratoryjne oraz „terenowe” rzeczywistych układów.

## 2. Uszkodzalność urządzeń kolejowych

W PKP wykonywana jest analiza uszkodzeń urządzeń kolejowych wynikających z różnych przyczyn. Informacje te gromadzone są przez różne służby. Przedstawione poniżej dane dotyczące uszkodzeń sieci trakcyjnych w wyniku wyładowań atmosferycznych potwierdzają istnienie problemu, a nawet obserwuje się wzrost liczby uszkodzeń [3]. Tego typu analiza pozwala szacować koszty napraw, częstość występowania uszkodzeń i ich rozmieszczenie na terenie całego kraju. Dane takie uzupełnione informacjami dotyczącymi producentów urządzeń i stosowanych środków ochrony przeciwprzepięciowej stanowią bardzo ważną dla PKP bazę analityczną w opracowywaniu której jest zaangażowanych wiele osób.

Przykładowo, gromadzone w energetyce dane o uszkodzeniach podzielono dla celów analizy na trzy grupy:

I Uszkodzenia zależne od urządzeń sieci trakcyjnej:

- rozregulowanie sieci trakcyjnej,
- wywianie sieci trakcyjnej w trakcie współpracy odbieraków prądu z siecią spowodowane wiatrem,
- uszkodzenie izolatora (z pominięciem uszkodzeń w wyniku wyładowań atmosferycznych),
- zerwanie lub przepalenie przewodu wzmacniającego lub uszyny grupowego,
- zerwanie mechaniczne przewodu jezdnego, liny nośnej, ustalającej lub kotwienia środkowego,
- niewłaściwy lub zużyty osprzęt,
- duża oporność międzysekcyjnego lub rozjazdowego połączenia elektrycznego,
- pęknięcie łańcucha lub liny urządzenia naprężającego,
- przyczyna nie sklasyfikowana wyżej lub nie wyjaśniona.

## II Uszkodzenia zależne od elektrycznych pojazdów trakcyjnych i ich obsługi:

- przepalenie lub przegrzanie przewodu jezdnego w miejscu styku z odbierakiem prądu,
- przepalenie przewodów sieci jezdnej w elementach sekcjonowania podłużnego,
- niewłaściwy stan odbieraka prądu elektrycznego pojazdu trakcyjnego,
- nie opuszczenie odbieraka prądu w miejscu osygnalizowanym wskaźnikami We2.

## III Uszkodzenia pozostałe (nie zaliczone do grupy I i II):

- wyładowania atmosferyczne,
- katastrofa kolejowa, wykolejenie taboru, przekroczenie skrajni ładunku, pożar taboru,
- zerwanie poszycia dachu wagonu,
- przejazd elektrycznego pojazdu trakcyjnego z podniesionym odbierakiem prądu przez tor niezelektryfikowany w tor zelektryfikowany (niewłaściwa droga przebiegu),
- zerwanie daszka ochronnego na wiaduktach, przewrócone drzewo, opadnięcie linii energetycznej, przesunięcie osi toru, podmycie toru,
- działanie osób postronnych i inne przyczyny niezależne od kolei,
- uszkodzenie sieci trakcyjnej w okresie gwarancji po planowych pracach remontowych, modernizacyjnych i inwestycyjnych.

Ilość uszkodzeń w wyniku przebiegów pochodzenia atmosferycznego w latach (2005÷2014) porównano z ogólną liczbą uszkodzeń (tabela 1, na podstawie [3]).

Tabela 1. Procentowy udział uszkodzeń powstałych w wyniku przebiegów atmosferycznych w liczbie rejestrowanych uszkodzeń elementów sieci trakcyjnej w latach 2005-2014 w Polsce

Table 1. The proportional participation of resultant damages uprised as a result of atmospherical surges in the number of registered damages of the trolley wires elements in the years 2005-2014 in Poland

Rok	Grupa uszkodzeń			Przebiegi atmosferyczne	Procentowy udział przebiegów atmosferycznych w grupie III.	Procentowy udział przebiegów atmosferycznych w grupach: I÷III
	I	II	III			
2005	320	113	966	40	4,14	2,86
2006	265	166	1005	71	7,06	4,94
2007	226	106	1088	80	7,35	5,63
2008	218	156	935	88	9,41	6,72
2009	198	188	935	87	9,30	6,59
2010	226	217	1019	80	7,85	5,47
2011	261	290	1016	81	7,97	5,17
2012	367	248	987	116	11,75	7,24
2013	330	237	950	84	8,84	5,54
2014	350	222	1079	104	9,64	6,3

Udział uszkodzeń powodowanych przepięciami pochodzenia atmosferycznego w grupie III nie przekracza 11,75 %. Dla całkowitej liczby uszkodzeń (grupa I÷III) ich udział jest niższy od 7,24 %.

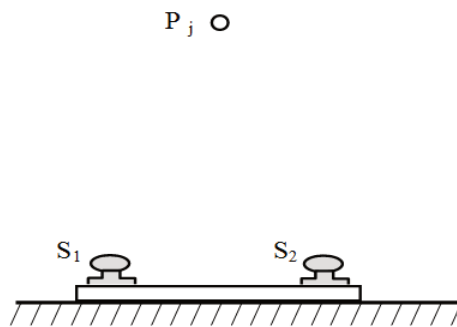
### 3. Modele układu

Przyjęty do analizy układ daje możliwość analizy przepięć pochodzenia atmosferycznego w sieciach trakcyjnych. W jego skład wchodzi model wybranych elementów: generatora udaru, sieci trakcyjnej, sieci szynowej, słupów trakcyjnych, izolatorów i odgromników rozkwykowych [2, 7]. Układ podzielono na odcinki o długości 72 m. Stanowią one odległości pomiędzy słupami. Umożliwia to dokładniejsze obserwowanie wyników analizy w punktach odległych o 72 m.

#### 3.1. Model sieci trakcyjnej

Do celów analizy przyjęto, że jest to obwód o parametrach rozłożonych, a prędkość rozchodzenia się fal jest równa prędkości światła. Szkic poprzeczny układu sieci trakcyjnej i powrotnej przedstawiono na rysunku 1. Do analizy uwzględniono przewód jezdny ( $P_j$ ) oraz szyny ( $S_1$  i  $S_2$ ).

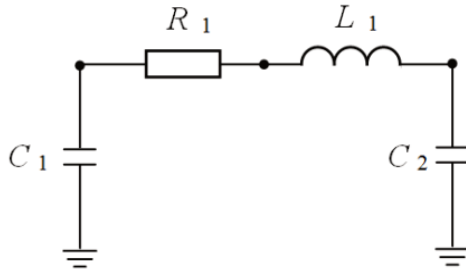
W paśmie częstotliwości rzędu kilku kHz, przyjmowanym w tego rodzaju analizach, analizowany odcinek sieci trakcyjnej ma długość ćwierćfali odpowiadającą długości odcinka między podstacjami [7]. Przy założeniu, że długość zastąpionego czwórnikiem odcinka sieci trakcyjnej nie przekracza 3 % długości fali, błąd takiego modelu jest mniejszy niż 2,5 %. W modelowaniu uwzględniono częstotliwość równą 10 kHz. Długość czwórnik spełniającego ten warunek wynosi 900 m. Dla utworzonego modelu obliczeniowego przyjęto, że długość czwórnik odpowiada odległości między dwoma słupami sieci trakcyjnej i wynosi 72 m [9,10].



Rys. 1. Ogólny szkic poprzeczny układu sieci trakcyjnej i powrotnej

Fig. 1. The transverse general sketch of the trolley wires system and return

Dla odcinka sieci trakcyjnej (rys. 2) o długości 72 m, parametry z pomiarów zamieszczonych w cytowanej literaturze wynoszą:  $R_1 = 0,062 \Omega/\text{km}$ ,  $L_1 = 476 \mu\text{H}/\text{km}$ ,  $C_1 = C_2 = 10,5 \text{ nF}/\text{km}$  [1].

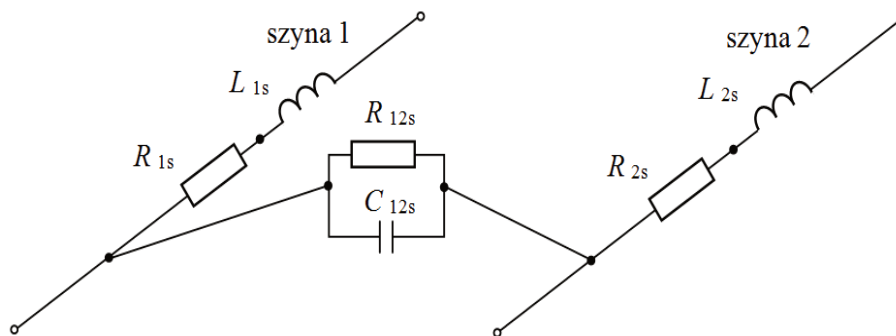


Rys. 2. Czwórnik jako element modelu odcinka sieci trakcyjnej

Fig. 2. The four-terminal network as an element of the trolley wires model

### 3.2. Sieć szynowa i parametry elektryczne toru

Na podstawie wyników pomiarów zamieszczonych w [7] i przeliczonych dla długości odcinka równej 72 m, parametry schematu zastępczego sieci szynowej wynoszą (rys. 3):  $R_{1s} = R_{2s} = 0,288 \Omega$ ,  $L_{1s} = L_{2s} = 0,0288 \text{ mH}$ ,  $R_{12s} = 8,68 \Omega$ ,  $C_{12s} = 1,44 \mu\text{F}$ . Dodatkowo uwzględniono w modelu ułożenia połączenia wyrównawcze pomiędzy szynami stosowane w sieci szynowej co około 300 m.



Rys. 3. Schemat odcinka toru kolejowego

Fig. 3. The schema of the railway track section

### 3.3. Słupy trakcyjne

W modelowaniu przepięć pochodzenia atmosferycznego, słup trakcyjny może być przedstawiony w postaci szeregowego połączenia indukcyjności oraz rezystancji jego uziemienia. Przyjmując indukcyjność jednostkową  $L_0 = 1,67$  [ $\mu\text{H}/\text{m}$ ] otrzymaną z zależności:

$$L_0 = 0,2 \mu_r \ln \frac{2h}{r} \quad [\mu\text{H}/\text{m}] \quad (1)$$

gdzie:

$\mu_r$  - przenikalność magnetyczna względna

$h$  - wysokość słupa

$r$  - promień zastępczy słupa

wyznaczono indukcyjność słupa  $L = 20,28$   $\mu\text{H}$ . Rezystancję uziemienia słupa przyjęto równą  $R = 10$   $\Omega$ . Uszynienie słupa reprezentuje indukcyjność  $L_u = 5$   $\mu\text{H}$  [2].

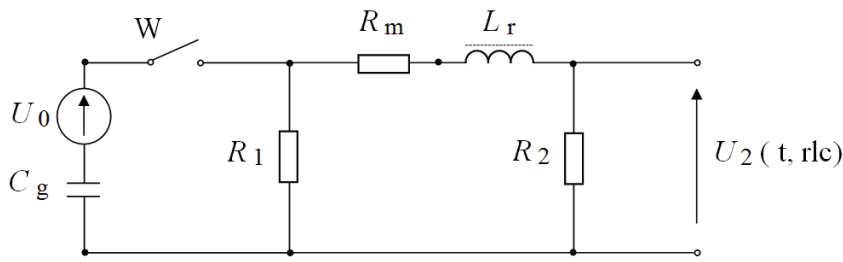
### 3.4. Izolatory i odgromniki

W analizie, jako izolator wprowadzono w modelu słupa wyłącznik sterowany napięciem równym 90 kV. Model odgromnika różkowego reprezentuje wyłącznik sterowany napięciem o wartości napięcia przeskoku 23,8 kV i powietrznej przerwie o rezystancji 100 M $\Omega$  [6]. Stosowane w ochronie sieci trakcyjnych odgromniki różkowe instalowane są w odległościach co 1200 m lub 600 m (dla terenów o dużej intensywności burzowej, więcej niż 30 dni w ciągu roku). Dla celów analizy przyjęto odległość 1200 m.

### 3.5. Model generatora udaru kombinowanego

Jak podaje norma PN EN 61000-4-5, udar kombinowany powinien być zadany z generatora (rys. 4) wytwarzającego udar napięciowy 1,2/50  $\mu\text{s}$  dla obwodu otwartego i udar prądowy 8/20  $\mu\text{s}$  dla obwodu zwartego [4, 5].

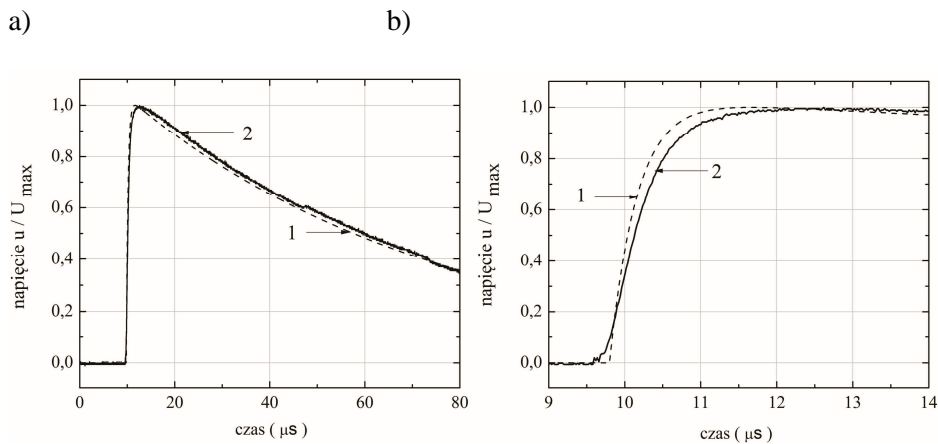
Napięcie, wartość szczytowa prądu oraz kształty udarów doprowadzanych do badanego urządzenia, wyznaczane są poprzez parametry generatora. Impedancja  $Z_f$  jest równa stosunkowi wartości szczytowej napięcia udaru napięciowego przy otwartym obwodzie do wartości szczytowej prądu udaru prądowego przy obwodzie zwartym. Dla tego typu generatora wartość  $Z_f$  wynosi 2  $\Omega$  [4].



Rys.4. Schemat układu generatora udaru kombinowanego:  $U_0$  - źródło napięcia udaru,  $C_g$  - kondensator przejmujący energię udaru, W - wyłącznik,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_m$  - rezystancje określające czas trwania impulsu udaru,  $L_r$  - indukcyjność określająca szybkość narastania impulsu udaru,  $U_2$  - napięcie wyjściowe [4]

Fig. 4. The schema of the combination wave generator circuit:  $U_0$  - the source of the surge voltage,  $C_g$  - the surge energy taking over condenser, W - the switch,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_m$  - resistances defining the pulse duration of the surge,  $L_r$  - the inductance denominating the speed of the surge impulse growth,  $U_2$  - the exit - voltage [4]

Metodę wyznaczenia parametrów generatora udaru kombinowanego opisano w [8]. Daje ona możliwość obliczania parametrów tego rodzaju generatora udaru przy zastosowaniu wyników z pomiarów napięcia i prądu oraz jednocześnie uwzględnieniu impedancji charakterystycznej generatora  $Z_f$ .

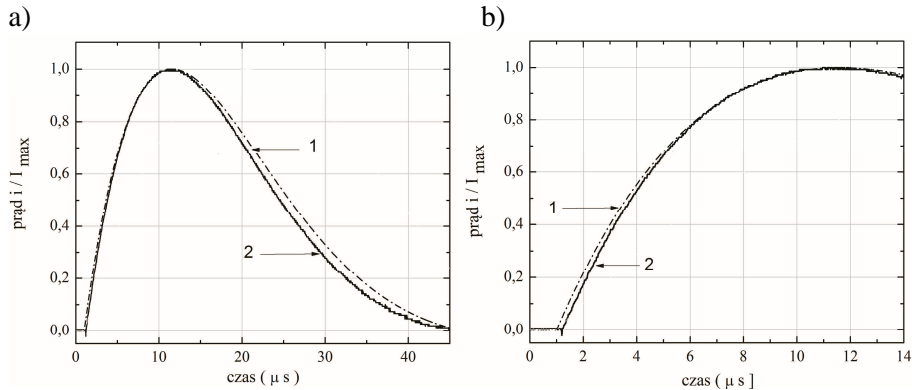


Rys. 5. Przebiegi impulsu napięciowego z generatora udaru kombinowanego 1,2/50  $\mu$ s: 1-wyznaczony w programie Mathematica 4 na podstawie danych z pomiaru napięcia, 2 - przebieg z pomiaru; b) początkowe fragmenty przebiegów [8]

Fig. 5. Voltage impulse courses from the combination wave generator 1,2/50  $\mu$ s: 1-appointed on Mathematica 4 programme on according to the given measurement of the voltage, 2 - the course from the measurement; b) first fragments of the courses [8]

Dla przyjętych danych:  $C_g = 12 \mu\text{F}$ ,  $L_r = 9,1 \mu\text{H}$ ,  $R_m = 7,8 \Omega$ ,  $R_1 = 1,302 \Omega$ ,  $R_2 = 30 \Omega$ , uzyskano wartość impedancji charakterystycznej równą  $1,994 \Omega$ . Uwzględniając podane powyżej parametry generatora wyznaczono przebiegi impulsów napięciowego  $1,2/50 \mu\text{s}$  (rys. 5) i prądowego  $8/20 \mu\text{s}$  (rys. 6).

Oceniając właściwości generatora udaru kombinowanego można uznać poprawność przebiegu napięcia i prądu udaru.



Rys. 6. Przebiegi impulsu prądowego  $8/20 \mu\text{s}$  z generatora udaru kombinowanego: 1-wyznaczony w programie Mathematica 4 na podstawie danych z pomiaru prądu, 2 – przebieg z pomiaru; b) początkowe fragmenty przebiegów [8]

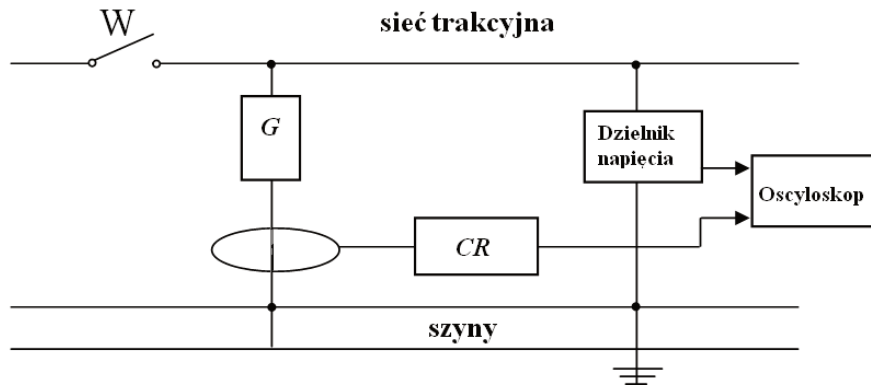
Fig. 6. Current impulse courses  $8/20 \mu\text{s}$  from the combination wave generator : 1- appointed on Mathematica 4 programme on the ground of given measurement of the current , 2 - the course from the measurement; b) first fragments of the courses [8]

#### 4. Wybrane wyniki modelowania

Omówione powyżej elementy składowe modelu matematycznego opisują przyjęty do analizy układ sieci trakcyjnej. Model sieci może reprezentować odcinek sieci trakcyjnej o dowolnej długości. Elementy składowe wprowadzone w postaci czwórników można uzupełniać o kolejne w zależności od rodzaju stosowanych elementów rzeczywistego układu.

W referacie porównano wyniki modelowania komputerowego z wynikami z pomiarów, które wykonano w warunkach rzeczywistych na odcinku toru o długości około  $7,76 \text{ km}$  [1]. Ze względu na to, iż był to tor badawczy zamknięty, zastosowano wyłącznik W (rys. 7) do rozdzielania sieci trakcyjnej. Badania prowadzono przy wyłączonej sieci trakcyjnej doprowadzając udar z generatora udaru kombinowanego G. Przebiegi napięcia rejestrowano stosując bezindukcyjny dzielnik napięciowy o przekładni  $1:200$ , a przebiegi prądu z zastosowaniem cewki Rogowskiego CR o przekładni napięciowo-prądowej  $400 \text{ mV/A}$ .





Rys. 7. Układ pomiarowy analizowanego odcinka toru

Fig. 7. The measuring system of the analysed rail section

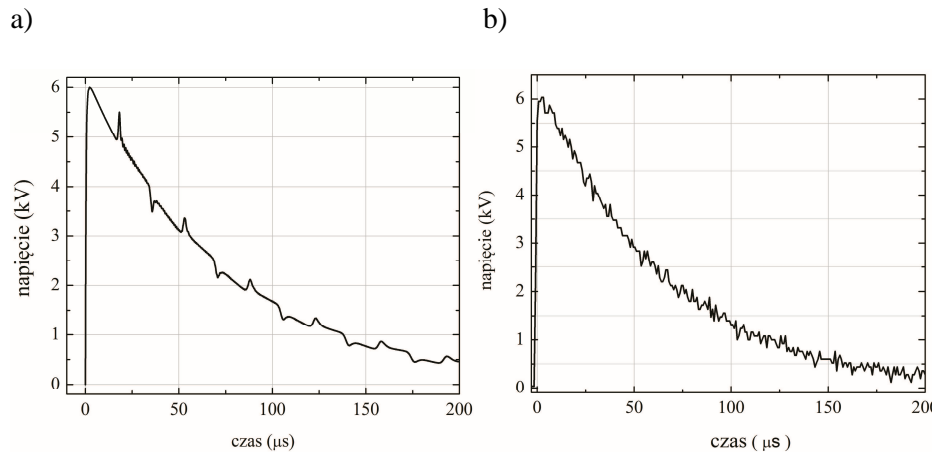
Do celów analizy wybrane modele elementów przyjętego układu zgrupowano w postaci czwórników typu  $\Pi$  uzyskując dwa modele czwórników zawierające odcinek sieci trakcyjnej i toru o długości 72m oraz:

- 1 - słup z izolatorem
- 2 - słup z odgromnikiem rozkowym.

Utworzono odcinek sieci trakcyjnej zawierający 112 czwórników. Wyłącznik rozdzielający sieć trakcyjną znajdował się w czwórniku 24. Źródło udaru doprowadzono do czwórnika 26 realizując zwarcie pomiędzy szynami (jak na rysunku 7). Przykładowe wyniki z symulacji komputerowych dla tego modelu sieci trakcyjnej przedstawiono w pracy [11]. W kolejnym etapie wykonywano badania z wykorzystaniem laboratoryjnego modelu sieci trakcyjnej [1].

Na rysunku 8a przedstawiono przykładowy przebieg napięcia otrzymany w wyniku symulacji dla sieci trakcyjnej obciążonej na końcu badanego odcinka rezystorem o wartości  $240 \Omega$ , w miejscu doprowadzenia udaru dla udaru napięciowego z generatora udaru kombinowanego o wartości szczytowej napięcia równej 6,9 kV i kształcie 1,2/50  $\mu\text{s}$ . Na wykresie 8b zamieszczono przebieg napięcia otrzymany z pomiarów [1].

Największe różnice porównywanych przebiegów występują w ich początkowych fragmentach. Dla przebiegu impulsu napięciowego 1,2/50  $\mu\text{s}$  z generatora udaru kombinowanego wyznaczonego w programie LTspice o napięciu udaru 6,9 kV i obciążeniu sieci trakcyjnej  $240 \Omega$  maksymalna wartość napięcia wynosiła 6000,43 V. Dla wyników pomiaru przy takiej samej wartości obciążenia wartość maksymalna napięcia wynosiła 6033,96 V.



Rys. 8. Przebiegi impulsu napięciowego 1,2/50  $\mu$ s z generatora udaru kombinowanego: a) wyznaczony w programie LTspice dla napięcia udaru 6,9 kV i obciążenia sieci trakcyjnej 240  $\Omega$ , b) przebieg z pomiarów

Fig. 8. Voltage impulse courses 1,2/50  $\mu$ s from combination wave generator : a) appointed on LTspice programme for the surge voltage 6.9 kV and charges of the trolley wires 240  $\Omega$ , b) - a course from the measurement

## 5. Wnioski

Wykorzystując w programach symulacyjnych sprawdzone modele elementów układów i urządzeń elektrycznych oraz zjawisk fizycznych można uzupełniać (a nawet zastępować) badania laboratoryjne i „terenowe” rzeczywistych układów. Opisany w artykule model układu sieci trakcyjnej poddano działaniu udaru o kształcie dla wymuszenia prądowego 8/20  $\mu$ s i napięciowego 1,2/50  $\mu$ s. Przedstawiono możliwości symulacji przy wykorzystaniu programu LTspice oraz uzasadniono konieczność podejmowania problemu skuteczności ochrony urządzeń kolejowych przed przepięciami pochodzenia atmosferycznego.

Dołączając wyliczone parametry linii do pliku danych zawierających określone elementy badanego układu (źródła, elementy skupione RLC, linie transmisyjne, ochronniki itd.) można obserwując przebiegi czasowe napięć i prądów oceniać zagrożenie mogące wystąpić w wyniku przepięć i przetężeń.

Uzyskane wyniki mają na celu utworzenie modelu sieci trakcyjnej wspomagającego ustalenie optymalnej odległości pomiędzy kolejnymi warystorami instalowanymi na sieci trakcyjnej w celu jej ochrony przed przepięciami.

## Literatura

- [1] Budowa i poligonowe badania prototypowego systemu ochrony przed przepięciami z ogranicznikami warystorowymi. Etap 1. Zbadanie i określenie na drodze pomiarowej tłumienności przepięć przez sieć trakcyjną w funkcji drogi. Część 2. Badania laboratoryjne Etap 2. Badania terenowe określające optymalne odległości rozmieszczenia warystorowych ograniczników przepięć. Praca nr 3889/10. Instytut Kolejnictwa Zakład Sterowania Ruchem Kolejowym i Teleinformatyki. Warszawa, czerwiec 2012 r. ©
- [2] Głowacki K., Onderka E.: Sieci trakcyjne. EMTRAK s.c. 2002 r.
- [3] Materiały udostępnione przez Biuro Energetyki Centrala PKP PLK S.A. Uszkodzenia elementów sieci trakcyjnej w latach 2005-2014. ©
- [4] PN-EN 61000-4-5: 2010: Kompatybilność elektromagnetyczna. (EMC).- Część 4-5: Metody badań i pomiarów-Badanie odporności na udary.
- [5] PN-EN 50121-4: 2008: Zastosowania kolejowe. Kompatybilność elektromagnetyczna. część 4. Emisja i odporność na zakłócenia urządzeń sygnalizacji i telekomunikacji.
- [6] Poligonowe badania ochrony przeciwprzepięciowej z ogranicznikami warystorowymi. Część I. Sprawozdanie z pomiarów przeprowadzonych w warunkach poligonowych. Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny. Białystok, listopad 2010 r. ©
- [7] Szelaż A.: Zagadnienia analizy i projektowania systemu trakcji elektrycznej prądu stałego z zastosowaniem technik modelowania i symulacji. Prace Naukowe, Elektryka z. 123, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002 r.
- [8] Wróbel Z.: Possibility of the modelling of combination waves generators. Przegląd Elektrotechniczny, PL ISSN 0033-2097, R. 86 NR 9/2010, 289-292.
- [9] Wróbel Z.: Computer modelling of lightning discharge threat to railway installations, Modern Electric Traction. Power Supply. Edited by Krzysztof Karwowski, Adam Szelaż, Gdansk University of Technology, Faculty of Electrical and Control Engineering. Gdańsk 2009 r.
- [10] Wróbel Z., Ziomba Z.: Computer modelling of the railway electric traction cused by fast surges, Modern Electric Traction. Power Supply. Edited by Krzysztof Karwowski, Adam Szelaż, Gdansk University of Technology, Faculty of Electrical and Control Engineering. Gdańsk 2009 r.
- [11] Wróbel Z.: Modelowanie wybranych elementów ochrony przepięciowej sieci trakcyjnych w analizie zagrożeń udarowych urządzeń sterowania ruchem kolejowym, Monografia 450. Praca Zbiorowa pod redakcją Adama St. Jagiełły. IŻYNIERIA ELEKTRYCZNA I KOMPUTEROWA. Elektrotechnika w zastosowaniach trakcyjnych. Politechnika Krakowska. Kraków 2014 r.

## CHOSEN PROBLEMS OF THE MODELLING OF ATMOSPHERICAL SURGES AS SOURCES OF DISTURBANCES IN TROLLEY WIRES

### Summary

In the report example-voltages courses that were received as result of researches passed with the combination wave generator of shapes for the voltage surge  $1.2/50 \mu\text{s}$  and current surge  $8/20 \mu\text{s}$  with results of the trolley wires modelling, were compared. For this target, the model of the combination wave generator and examined section of the trolley wires containing: the trolley and rail wires taking into account electric parameters of the track and models of such elements as column, insulator, lightning conductor, was used. The mentioned elements of the analysed system were grouped in the form of four-terminal networks of the type II, creating three models of four-terminal networks containing a trolley wires section, a track of 72 m length and the model of the column with an insulator, horn lightning conductor and the column, for which a surge from the model of the combination wave generator was led. From the chosen elements models a system for the analysis of the surge threat of trolley wires, was built. Dividing the system into sections of 72m length makes it possible for more exact simulation and the observation of analysis results in-at will chosen points. To verify the measurement results, a simulatory research using LTspice programme was made. In the report, the necessity of treating the problem of the lightning rod of railway devices protection efficiency was proved.

The represented possibilities of the use of chosen programme have a cognitive character. They will be put-upon to a further analysis and estimations of the atmospherical origin surges threat for the railway traffic control equipment feeding parley.

**Keywords:** The electromagnetic compatibility, combination wave generator, atmospherical surges, the digital modelling, measurements

DOI: 10.7862/re.2015.16

*Tekst złożono w redakcji:* luty 2015

*Przyjęto do druku:* kwiecień 2015