

**ODDZIAŁYWANIE ZAKŁÓCENIOWE I NIEBEZPIECZNE LINII KABLOWYCH 110 KV  
NA KOLEJOWĄ INFRASTRUKTURĘ TELEKOMUNIKACYJNĄ**Adam RYNKOWSKI<sup>1</sup>, Grzegorz MAZUREK<sup>2</sup>, Piotr SZATKOWSKI<sup>3</sup>

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. tel.: 604-196-887                | e-mail: adamrynkowski.bmc@gmail.com |
| 2. Elfeko S.A.<br>tel.: 604-176-319 | e-mail: grzegorz.mazurek@elfeko.pl  |
| 3. Elfeko S.A.<br>tel.: 603-303-604 | e-mail: piotr.szatkowski@elfeko.pl  |

**Streszczenie:** Przedmiotem referatu jest ocena możliwości powstania zagrożenia zakłóceniewego i niebezpiecznego w podziemnych liniach infrastruktury kolejowej na skutek zbliżenia do linii kablowej 110 kV. Analiza dotyczy przykładowej linii kablowej 110 kV, na trasie której występuje wiele miejsc zbliżeń i krzyżowań z grupami kabli sterowniczych i telekomunikacyjnych. W zakres prac wchodzi analiza rozkładów pola magnetycznego (PM) w warunkach pracy ciągłej i zwarciowej, a także analiza oddziaływania i obliczenia sumarycznej wartości napięć (SEM) indukowanych w kolejowej infrastrukturze dla najostrejszych warunków generacji zakłóceń. Opracowanie obejmuje także wybór i obliczenia związane z zastosowaniem środków zapobiegawczych. Analiza dotyczy głównie wpływu oddziaływania magnetycznego w obwodach telekomunikacyjnych znajdujących się w odległości do 50 m, względem osi trasy linii kablowej 110 kV.

**Słowa kluczowe:** kable elektroenergetyczne. oddziaływanie. zakłócenia. infrastruktura kolejowa.

**1. WSTĘP**

Wprowadzenie pociągów dużych prędkości do polskiej sieci kolejowej spowodowało dynamiczny rozwój infrastruktury kolejowej. Istniejące linie kolejowe zaczęły podlegać gruntownej modernizacji, również w obszarze infrastruktury elektroenergetycznej. Do zasilania nowoprojektowanych podstacji trakcyjnych dość powszechnie zaczęto stosować linie wysokiego napięcia 110 kV, których trasa bardzo często przebiega równoległe do torów kolejowych – w zbliżeniu do kolejowych kabli telekomunikacyjnych i sterowniczych.

Przedmiotem referatu jest ocena możliwości powstania zagrożenia zakłóceniewego i niebezpiecznego w podziemnych liniach infrastruktury kolejowej na skutek zbliżenia do linii kablowej 110 kV (dalej LK110), stanowiącej zasilanie Podstacji Trakcyjnej. Analiza dotyczy przykładowej trasy LK110 o długości 8,7 km, przebiegającej równoległe do linii kolejowej, z uwzględnieniem wielu miejsc zbliżeń i skrzyżowań z grupami kabli sygnalizacyjnych i telekomunikacyjnych.

**2. ANALIZA ODDZIAŁYWANIA****2.1 Parametry wyjściowe**

Jako dane do analizy przyjęto kable typu XRUHAKXS 1x240RMC/50 64/110 (123) kV, ułożone w układzie trójkątnym, z obustronnym uziemieniem żył powrotnych. Prąd obciążenia długotrwałego LK110 wynosi ok. 40 A, a prądy zwarcia 1 i 3-fazowego: 13,7 kA. Maksymalny czas zwarcia: 0,5 s. Przyjęto, że odległość kabli i przewodów infrastruktury kolejowej od trasy LK110 zmienia się w szerokich granicach: od ok. 136 m do 0,3 m. Na trasie LK110 występuje pięć typów kabli telekomunikacyjnych, które mogą być poddane oddziaływaniu zakłóceniewemu (Tablica 1). Średnie odległości dla zakłócanych kabli (od K1 do K5) wynoszą odpowiednio: 2,7 m, 2,7 m, 8,3 m, 18,1 m i 10,3 m. Znane są typy kabli, natomiast nie ma informacji o sposobie połączenia i uziemienia metalowych powłok kabli telekomunikacyjnych. Na podstawie otrzymanych informacji założono, że nie są one uziemione, z wyjątkiem jednego, zbrojonego kabla w osłonie włóknistej.

Tablica 1. Grupy kabli zakłócanych i podstawowe dane wyjściowe do obliczeń

Grupa	K1	K2	K3	K4	K5
Typ grupy	2x ALTKDXp- -xFtx	TKDFtA	YAKY (0,6/1 kV) YKSY (0,6/1 kV) YKYektmy (0,6/1 kV) RE-2Y (St)	XzTKMXpw	TKDyFty
Oznaczenie	2tkdA	tkmA	eSRKD	XzTKMXpw	tsD
Powłoka + zbr.	pAl+tSt	pPb+tStA	tpwCu+tSt	tpwCu	pPb+tSt
Śr. odl. od LK [m]	2,87	2,88	8,30	18,29	10,26
Rez. ziemi [Ωm]	1083	1083	1083	1083	1083
Prąd zwarcia [kA]	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70
Dł. zbliżenia [km]	8,70	8,70	2,50	8,70	8,70

**2.2 Zakres prac i wymagania**

Prace prowadzące do oceny zagrożenia zakłóceniewego obejmują analizę danych dokumentacyjnych dotyczących warunków budowy i wykonania linii kablowej 110 kV oraz określenie jej parametrów eksploatacyjnych w obszarze zbliżeń i skrzyżowań z kablami liniami telekomunikacyjnymi. Ustalenie warunków geometrycznych dotyczących lokalnych zbliżeń, przeliczenie ich na równoważny układ równoległy oraz określenie wartości prądów zwarciowych

jest niezbędnym elementem w postępowaniu obliczeniowym dotyczącym zagrożenia zakłóceń i niebezpiecznego w obszarze sterowniczej i telekomunikacyjnej infrastruktury linii kolejowej [2,4,6,7]. Dla oceny zagrożenia pod uwagę powinny być wzięte napięcia generowane na drodze sprężenia magnetycznych i galwanicznych oraz oddziaływania na skutek zbliżeń do obszarów rozprywu prądu zwarcia do ziemi (konduktancyjne).

W zakres prac wchodzi analiza rozkładów pola magnetycznego (PM) w warunkach pracy ciągłej i zwarciowej, a także analiza oddziaływania i obliczenia sumarycznej wartości napięć (SEM) indukowanych w liniowej infrastrukturze telekomunikacyjnej dla najostrożniejszych warunków generacji zakłóceń. Analiza obejmuje również wybór i obliczenia związane z zastosowaniem środków zapobiegawczych oddziaływaniom zakłóceń i niebezpiecznym. Analiza dotyczy głównie wpływu oddziaływania magnetycznego rozpatrywanego w obwodach telekomunikacyjnych znajdujących się w odległości do 50 m, względem osi trasy linii kablowej 110 kV.

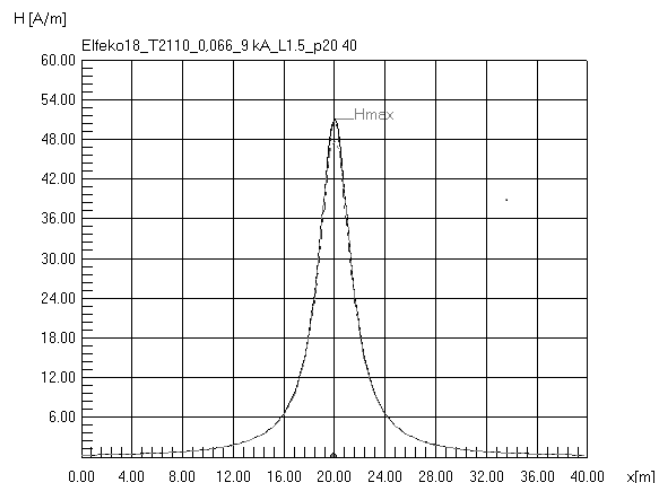
Zgodnie z wymaganiami (PN-IEC 60364) i ewentualnymi zagrożeniami porażeniowymi przyjęto, że sumaryczna wartość napięcia indukowanego w liniach telekomunikacyjnych (SEM) nie powinna przekroczyć 65 V w pracy ciągłej oraz 200 V podczas krótkotrwałego ( $t_z \leq 0,5$  s) 1-fazowego zwarcia z ziemią. Wartość dopuszczalnego napięcia konduktancyjnego określono na poziomie 4 kV. Pod uwagę wzięto też wartości napięć probierczych przypisanych poszczególnym rodzajom kabli. Napięcia dopuszczalne dla kabli z uwagi na wytrzymałość elektryczną nie powinny przekroczyć 1200 V. Wymagania te, przytoczono z literatury przedmiotowej oraz wymagań VDE [2].

Obliczenia i analiza indukowanej wartości sumarycznej SEM poprzedzone zostały określeniem podstawowych parametrów linii kablowej, koniecznych do obliczenia współczynnika redukcyjnego linii z uwagi na proponowane zastosowanie kabli jednożyłowych typu XRUHAKXS 64/110 kV z żyłami powrotnymi o przekroju 50 mm<sup>2</sup>. Obliczenia i określenia podstawowych parametrów linii wyznaczano wykorzystując metody związane z obwodami o składowych symetrycznych oraz z pojęciem obwodu ziemnopowrotnego [6]. Korzystano też z danych podanych w specyfikacji technicznej kabla 110 kV. Wyniki tych obliczeń porównywano z wynikami obliczeń uproszczonych, często stosowanych w praktyce. Pod uwagę brano wpływ systemu uziemieniowego znajdującego się w obszarze zbliżenia i oddziaływania.

Biorąc pod uwagę parametry elektryczne linii kablowej oraz założenia uzupełniające wykonano obliczenia sieciowe, na podstawie których obliczono prądy zwarciove decydujące o wartości indukowanych napięć wzdłuż całej linii ze zbliżeniami i skrzyżowaniami. Na podstawie obliczeń sieciowych określono przewidywane zmiany 1-fazowego prądu zwarciowego o wartości początkowej 13,7 kA i czasie zwarcia 0,5 s.

Na podstawie obliczeń rozkładów PM (rys.1.) stwierdzono, że wartość maksymalna natężenia pola magnetycznego na powierzchni ziemi, dla 1,5 m głębokości ułożenia linii, nie przekracza 60 A/m, a szerokość pasa oddziaływania pola o wartości większej od 3 A/m zamyka się w granicach 20 – 50 m. Obliczenia szerokości pasa oddziaływania pola magnetycznego były jedną z podstaw do

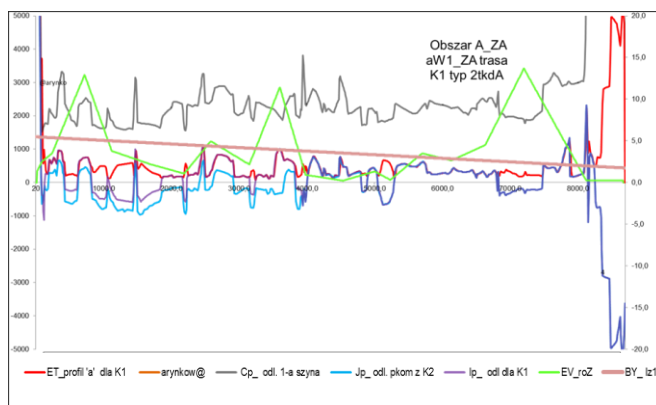
określenia zakresu odległości kabli telekomunikacyjnych branych pod uwagę w obliczeniach napięć zakłóceńowych.



Rys. 1. Rozkład natężenia pola magnetycznego na powierzchni ziemi, nad trasą 1-torowej linii kablowej 110 kV, podczas zwarcia 1-fazowego (1,5 m, 9,05 kA, T2)

Przeprowadzona analiza i szacunkowe obliczenia prądów uziomowych i napięć wywołanych oddziaływaniem konduktancyjnym pozwoliły na stwierdzenie, że odległość kabli telekomunikacyjnych i przewodów od miejsca uziemienia na końcach LK110, a więc w Głównym Punkcie Zasilającym i Podstacji Trakcyjnej jest wystarczająco duża, aby oddziaływanie prądu zwarcia płynącego do ziemi można uznać za bezpieczne.

W celu obliczenia napięć zakłóceńowych, generowanych w kablach infrastruktury kolejowej, określano długość zbliżenia  $d$  i wyznaczano odległości  $a1$  i  $a2$  dla każdego [3,4] kilku metrowego odcinka zbliżenia, będącego częścią całego zbliżenia trasy linii kablowej do określonego kabla telekomunikacyjnego. Odległości te zostały przeliczone na równoległe odległości równoważne 'a' (Rys. 2.). W dalszych obliczeniach przyjęto odcinki  $d$  o długości 5 m i 10 m. Przestrzegano zasady, aby iloraz odległości  $a1$  i  $a2$  był większy od 0,3 i mniejszy od 3. Dla każdej odległości równoważnej obliczano indukcyjność (reaktancję) wzajemną między obwodami ziemnopowrotnymi.



Rys. 2. Zmiany odległości kabla telekomunikacyjnego K1, przewodu kompensacyjnego z K2 i 1-ej szyny linii kolejowej od trasy LK110 kV. Na wykresie uwidoczniono zmiany rezystywności ziemi roZ w obszarze trasy linii kablowej 110 kV, a także przebieg zmian 1-fazowego prądu zwarciowego  $I_{z1}$  w kierunku PT

Obliczenia wykonano dla rezystywności elektrycznej ziemi równej 50, 200 i 500  $\Omega$ m. Do obliczeń wynikowych

brano pod uwagę rezystywność 100  $\Omega$ m. Ostateczne przeliczenia wykonano dla pomierzonej rezystywności ziemi w obszarze trasy i zbliżeń, o średniej wartości 1083  $\Omega$ m. Różnice w oddziaływaniu, napięciu indukowanym, w zależności od rezystywności elektrycznej ziemi w zakresie 50 – 1083  $\Omega$ m dochodzą do rzędu 20 %.

### 2.3 Obliczenie SEM i współczynników redukcyjnych

Określenie indukowanego napięcia (SEM) w żyłach narażanych kabli wykonano początkowo dla symetrycznego obciążenia żył roboczych kabla XRUHAKXS 64/110 kV z żyłami powrotnymi 50 mm<sup>2</sup> tzn. dla obciążenia długotrwałego w zakresie 32 – 400 A oraz dla obciążenia 3-fazowym prądem zwarciovym o wartości 13,7 kA. Następne obliczenia dotyczyły przede wszystkim, wpływu 1-fazowego prądu zwarciovego o wartości 13,7 kA przy założeniu maksymalnej długości oddziaływania tzn. przy założeniu, że zwarcie wystąpi na końcu linii kablowej, w podstacji trakcyjnej. Może to być mało prawdopodobne, ale możliwe. W założonym przypadku indukowana SEM będzie największa. Natomiast zwarcia w każdym punkcie trasy, odległym od końca LK110, skutkować będą zawsze mniejszą wartością napięć zakłóceń w kolejowej infrastrukturze sygnalizacyjno - telekomunikacyjnej.

Obliczenie SEM dla przedmiotowych obiektów polegało na tym, że obliczone wartości jednostkowe sem na poszczególnych odległościach równoważnych sumowano i określano wartość indukowanego napięcia na całej długości zbliżenia, dla każdego wyspecyfikowanego kabla czy przewodu, bez uwzględniania elementów redukcyjnych (rk0). Wartość tego napięcia wyznaczano również dla sumarycznego współczynnika redukcyjnego wynikającego z oddziaływania redukcyjnego systemu uziemiającego występującego przedmiotowo w zbliżeniu (rkn). W skład tego systemu wchodziła obecność żył powrotnych kabli LK110 kV, metalowa powłoka jednego z kabli telekomunikacyjnych oraz szyny 2-torowej linii kolejowej. Obliczano również redukcyjny wpływ przewodów kompensacyjnych (rkpk) dla zbliżeń wzdłuż trasy LK110. Założono np. równoległe ułożenie do trasy kabla telekomunikacyjnego dodatkowego, gołego przewodu typu AFL - 6 240 mm<sup>2</sup>, na głębokości ułożenia kabla, w odległości 0,4 – 1 m od kabla. W konsekwencji optymalizacji systemu redukcyjnego przedstawiono ostatecznie inne rozwiązanie. Za wyjściowe warunki redukujące przyjęto wpływ budowy kabla 110 kV z żyłą powrotną o przekroju 50 mm<sup>2</sup> i obecność szyn kolejowych.

Wykonane obliczenia i analizy oraz proponowane zmiany pozwalają na stwierdzenie, że rozpatrywana linia kablowa 110 kV relacji Główny Punkt Zasilający – Podstacja Trakcyjna, pracując w zbliżeniu do przewodów i kablowych linii telekomunikacyjnych wzdłuż całej trasy linii kablowej i kolejowej, nie stanowi zagrożenia zakłócającego ani niebezpiecznego dla przedmiotowej infrastruktury telekomunikacyjno - sygnalizacyjnej.

Napięcia indukowane podczas pracy długotrwałej linii kablowej, w najmniej korzystnym przypadku ( $L=8,7$  km,  $I_{dd}=400$  A, bez rk) są mniejsze od 4,1 V, po uwzględnieniu redukcji wyjściowej są mniejsze od 0,1 V. Napięcia indukowane podczas zwarcia 3-fazowego z prądem 13,7 kA też nie stanowią zagrożenia na etapie wyjściowym. Napięcie to indukowane w kolejowej infrastrukturze telekomunikacyjnej i przewodowej na całej długości zbliżenia, w najmniej korzystnym przypadku, nie przekracza

149 V, a po uwzględnieniu redukcji wyjściowej zmniejsza się do ok. 3,5 V.

Największe zagrożenie dla przedmiotowej infrastruktury telekomunikacyjno-sygnalizacyjnej może być generowane, jak wspomniano, na skutek wystąpienia zwarcia 1-fazowego w LK110 i przepływu prądu zwarciovego na całej długości zbliżenia. W tym przypadku wstępnie obliczone wartości SEM rzędu 52 – 38 kV, zredukowane wyjściowo do poziomu rzędu 1394 – 994 V, zostały w dalszych zmianach optymalizacyjnych budowy linii LK110 zmniejszone do poziomu poniżej 200 V, co spełniało warunek braku zagrożenia dla kolejowej infrastruktury telekomunikacyjno-sygnalizacyjnej.

Jedną ze zmian było uwzględnienie zbrojonej, uziemionej ołowianej powłoki kabla telekomunikacyjnego typu TKDFtA (K2) i wykorzystanie tego faktu dla uzyskania redukcji indukowanego napięcia w samym kablu telekomunikacyjnym ( $rk_2=0,28$ ) oraz wprowadzenia uziemionej powłoki do całego systemu redukcyjnego i tym samym do ochrony pozostałych 4 grup kabli infrastruktury kolejowej (redukcja zależna od wzajemnych odległości, średnia  $rkpk_2$  ok. 0,36 - 0,23). Takie podejście pozwoliło na zmniejszenie SEM do wartości rzędu 700 – 500 V ( $I_{zw}=13,7$  kA).

Pod uwagę wzięto możliwość dalszego zmniejszenia indukowanych napięć w kablach kolejowych poprzez zastosowanie redukcyjnych właściwości uziemionego przewodu ułożonego równoległe do trasy linii kablowej 110 kV. Zaprojektowanie ułożenia przewodu np. typu AFL-6 240 mm<sup>2</sup> w odległości 0,5 m od osi LK110 umożliwiło redukcję SEM poprzez wprowadzenie kolejnego współczynnika  $rkpk$  rzędu 0,23 - 0,29, a więc obniżenie wartości napięć indukowanych w granicach 205 - 220 V.

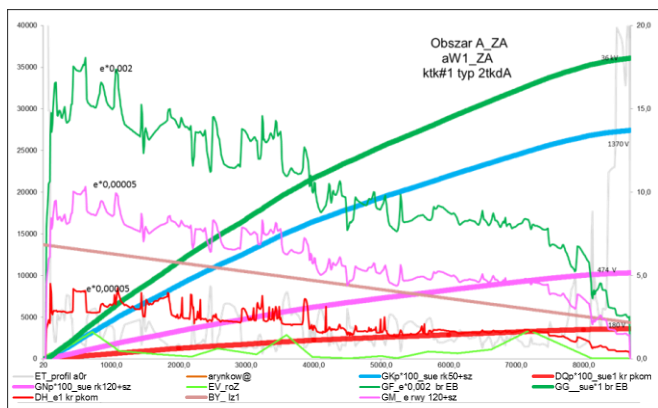
Analiza kosztów instalowania i eksploatacji dodatkowego przewodu wzdłuż trasy LK110 pozwoliła na wzięcie pod uwagę zmniejszenie kosztów budowy i eksploatacji linii poprzez zwiększenie przekroju żyły powrotnej i poprawienie właściwości redukcyjnych samych kabli 110 kV. Zwiększenie przekroju żyły powrotnej do wartości 120 mm<sup>2</sup> pozwoliło ograniczyć generowane napięcia do wartości poniżej 200 V podczas 1-fazowego zwarcia w linii. Wyniki obliczeń ujęto w Tablicy 2 i pokazano na wykresach rozkładu indukowanych napięć wzdłuż długości trasy LK110 (rys.3.).

Tablica 2. Wybrane wyniki obliczeń SEM [V] indukowanych w kablach infrastruktury kolejowej podczas 1-fazowego zwarcia w LK110

Żyła powrotna	-	-	$S_{zp}=50$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{zp}=50$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{zp}=120$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{zp}=120$ [mm <sup>2</sup> ]
Prąd zwarcia	$I_z=13,7$ kA	$I_z=f(L)$	$I_z=f(L)$	$I_z=f(L)$	$I_z=f(L)$	$I_z=f(L)$
Grupa	SEM rk0 [V]	SEM rk0 [V]	SEM rk0w [V]	SEM rkn [V]	SEM rk0w [V]	SEM rkn [V]
K1	52550	36700	1395	474	524	180
K2	52210	36015	1369	383	515	144
K3	12700	12200	463	166	175	60
K4	38120	25500	971	378	365	142
K5	42000	29700	1167	430	424	157

Końcowe obliczenia wykonano z uwzględnieniem zwiększonego przekroju żyły powrotnej kabla oraz faktu zmniejszania się wartości prądu zwarciovego wraz z odległością od GPZ do PT. Założono też, że zwarcie wystąpi w PT i indukowanie napięć będzie następowało na całej długości zbliżenia każdego z przewodów i kabli przedmiotowej infrastruktury kolejowej.

Dla oddania rzeczywistego charakteru zbliżeń całą długość trasy LK110 podzielono na odcinki obliczeniowe o długości 5 m oraz 10 m. Dla tych odcinków obliczono odległość równoważną 'a' dla zakłócanego odcinka kabla lub przewodu. Uwzględnienie zmiany prądu zwarciego (o średniej wartości rzędu 9,03 kA) spowodowało zmniejszenie sumarycznej SEM do wartości rzędu 180 – 131 V (bez przewodu kompensacyjnego AFL).



Rys. 3. Jednostkowe e i sumaryczne sue zmiany SEM indukowanego [V] w metalowych żyłach kabla telekomunikacyjnego typu ALTKDXpxFtx w różnych warunkach redukcyjnych, podczas przepływu w LK110 1-fazowego prądu zwarciego o wartości początkowej 13,7 kA. Kolor czerwony dotyczy zmian SEM do projektu końcowego

Na rysunku 3. przytoczono wykres dla kabla (K1) dla którego, w każdych warunkach analizy, indukowało się największe napięcie. Na wykresach przedstawiono zmiany SEM jednostkowego e (wykresy GF\_, GM\_, DH) oraz zmiany SEM sumarycznego sue (GG, GK, GN i DQ) dla warunków bez systemów redukcyjnych (GG i GF) oraz warunków wyjściowych ( $S_{zp} = 50 \text{ mm}^2$ , szyny) i końcowych oznaczonych kolorem czerwonym ( $S_{zp} = 120 \text{ mm}^2$ , szyny, kompensacja powłoką kabla nr 2). Dodatkowo na wykresie przedstawiono zmiany odległości (ET\_profil) przedmiotowego kabla (K1) od osi trasy linii kablowej 110 kV oraz zmiany rezystywności elektrycznej ziemi  $roZ$  [ $\Omega\text{m}$ ] (EV\_) i zmiany 1-fazowego prądu zwarciego  $Iz1$  [kA] (BY\_) płynącego w kablu pod czas zwarcia w Podstacji Trakcyjnej. Literka p przy symbolu obliczeniowym oznacza odczyt wartości z prawej skali wg odpowiadających jednostek pomiarowych.

### 3. WNIOSKI KOŃCOWE

Proces projektowy budowy linii kablowej 110 kV, w warunkach zbliżenia i możliwych generacji napięć zakłóceń oraz niebezpiecznych w kablach i przewodach przedmiotowej infrastruktury kolejowej, może prowadzić do optymalnego rozwiązania. Wskazane w niniejszym opracowaniu rozwiązanie projektowe zapewnia, że napięcie generowane w przewodach metalowych infrastruktury kolejowej nie przekroczy 180 V podczas 1-fazowego zwarcia w Podstacji Trakcyjnej. Warunek ten był najtrudniejszy do osiągnięcia, ale tym samym zapewnia on, że inne warunki z uwagi na oddziaływanie na izolację kabli oraz na bezpieczeństwo obsługi też zostają spełnione. Dotyczy to zarówno warunków podczas pracy długotrwałej linii kablowej LK110 oraz warunków podczas 1-fazowego lub 3-fazowego zwarcia.

Napięcia indukowane w pozostałych kablach podczas przepływu prądu zwarciego o wartości początkowej 13,7 kA zostały zmniejszone do rzędu odpowiednio: 144 V (K2), 60,4 V (K3), 142 V (K4) oraz 157 V (K5), co potwierdza brak zagrożenia dla wszystkich przewodów i kabli telekomunikacyjnej infrastruktury kolejowej pracujących w zbliżeniu do rozpatrywanej linii kablowej 110 kV.

### 4. BIBLIOGRAFIA

1. Dawalibi F. P., Southey R. Da.: Analysis of electrical interference from power lines to gas pipelines, Part 1 Computation methods, Part 2 Parametric analysis; IEEE Trans. Power Del., vol. 4, vol 5, 1989, 1990.
2. Heinhold L.: Kabel und Leitungen für Starkstrom, Teil 1, Siemens AG, 1987.
3. Sibila J.: Ograniczenie oddziaływania prądu przemiennego na gazociąg ułożony równoległe do linii WN 400 i 220 kV, Materiały XII Konferencja "Pomiary w ochronie elektrochemicznej", Jurata, 2012.
4. Vakilian M.: A method for evaluation and mitigation of AC Induced Voltage on buried Gas Pipelines, Scientica Iranica Vol.9, No.4, 2002.
5. Wytyczne techniczne projektowania zabezpieczeń kabli telekomunikacyjnych układanych w pobliżu linii elektroenergetycznych, Energoprojekt Poznań, 1975.
6. Kacejko P., Machowski J.: Zwarcia w systemach elektroenergetycznych, WNT, 2009.
7. Rynkowski A.: Zagrożenia i sposoby ograniczenia zakłóceń od linii kablowych WN, Materiały konferencyjne 48 KRGE, Łochów, 2014.

## INTERFERENCE OF RAILWAY TELECOMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE CAUSED BY 110 KV POWER CABLE LINES

The present work investigates the possibility of interference in underground railway infrastructure lines that are run parallel to 110 kV power cable lines. The analysis concerns an exemplary 110 kV cable line which runs in close proximity and crosses many times a groups of control and telecommunication cables. The scope of work includes the analysis of magnetic field (MF) distributions in steady state and short-circuit conditions, as well as the analysis of interference and calculation of the induced voltages in telecommunications infrastructure for the worst case. The analysis also includes the calculation to prevent interference effects. The analysis concerns mainly the telecommunications underground cables located up to 50 m away from the 110 kV cable line axis.

**Keywords:** power cables. interference. railway infrastructure lines.