

Zbigniew WRÓBLEWSKI  
Dariusz SZTAFROWSKI  
Jacek GUMIELA

# PRZEGLĄD ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH NAPOWIETRZNYCH LINII ELEKTROENERGETYCZNYCH WN ORAZ MOŻLIWOŚCI OGRANICZANIA GENEROWANYCH PRZEZ NIE PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH

**STRESZCZENIE** *W artykule dokonano porównania rozkładu pola elektromagnetycznego w otoczeniu napowietrznych linii elektroenergetycznych zbudowanych w oparciu o typowe konstrukcje wsporcze o budowie kratowej oraz rurowej. Na podstawie wykonanych symulacji cyfrowych rozkładu składowej elektrycznej i składowej magnetycznej pola określono zasięg oddziaływania linii przesyłowych na środowisko. W podsumowaniu przedstawiono propozycje konstrukcji, dla których gospodarowanie terenem pod liniami elektroenergetycznymi jest racjonalne.*

**Słowa kluczowe:** pole elektromagnetyczne, symulacje cyfrowe, napowietrzne linie elektroenergetyczne

**DOI:** 10.5604/00326216.1210768

## 1. WSTĘP

---

Powszechnie wiadomo, że stacje oraz linie elektroenergetyczne podczas pracy wytwarzają w swoim otoczeniu pola elektromagnetyczne. W przypadku pól elektromagnetycznych o typowych częstotliwościach sieciowych 50 Hz można wyróżnić w nich oddzielne składowe: elektryczną oraz magnetyczną.

---

**prof. dr hab. inż. Zbigniew WRÓBLEWSKI, dr Dariusz SZTAFROWSKI**  
[zbigniew.wroblewski; dariusz.sztafrowski]@pwr.edu.pl,

**mgr inż. Jacek GUMIELA**  
e-mail: jacek.gumiela@pwr.edu.pl

Politechnika Wroclawska, Katedra Energoelektryki  
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Generowanie pola elektrycznego jest spowodowane istnieniem ładunków elektrycznych, zatem jest ściśle związane z występującymi napięciami, natomiast pole magnetyczne powstaje w wyniku ruchu ładunków, przez co jest bezpośrednio wywołane natężeniem przepływających prądów [1]. Na wartość natężenia pola elektromagnetycznego osiąganego w otoczeniu linii napowietrznych wysokiego napięcia wpływają przede wszystkim następujące parametry [1, 2, 3, 4]:

- napięcie linii,
- natężenie prądu płynącego przewodami fazowymi,
- odległości pomiędzy przewodami fazowymi a ziemią,
- odstęp pomiędzy przewodami różnych faz lub wiązkami przewodów,
- jeśli w linii zastosowano przewody wiązkowe,
- geometryczny układ przewodów fazowych oraz wzajemne usytuowanie,
- przewodów lub wiązek tej samej fazy,
- pola przekrojów poprzecznych przewodów.

Od wielu lat w różnych ośrodkach naukowych prowadzone są prace, których celem jest określenie wpływu obiektów elektroenergetycznych na środowisko, a w szczególności na organizmy żywe [5, 6, 7]. Badania ujawniają występowanie wielu odwracalnych efektów biologicznych jakie zachodzą na poziomie komórkowym jeśli te są poddawane działaniu pól elektromagnetycznych. Wyniki niektórych badań epidemiologicznych wskazują na istnienie niewielkiego ryzyka zachorowania na białaczkę wśród dzieci narażonych na działanie pól elektromagnetycznych niskiej częstotliwości [1, 5, 6]. Nadal jednak kwestia zwiększonej zachorowalności na niektóre rzadkie nowotwory, w warunkach długotrwałego przebywania w polach elektromagnetycznych nie została jednoznacznie wyjaśniona. Istotne różnice w metodologii badawczej oraz wynikach badań epidemiologicznych powodują, że niektórzy specjaliści zalecają aby w miejscach stałego przebywania ludzi, w miarę uzasadnionych ekonomicznie możliwości dążyć do ograniczenia natężenia pola magnetycznego do wartości rzędu 0,3-0,4 A/m [8], gdyż dopiero powyżej tych wartości istnieje niewielka i nie w pełni udowodniona możliwość wystąpienia ryzyka zachorowania na niektóre nowotwory. Poprzez zastosowanie odpowiednich środków technicznych można w pewnym stopniu kształtować rozkład pola elektromagnetycznego pod liniami napowietrznymi a przez to wpływać na wartość maksymalnego natężenia pola elektromagnetycznego oraz szerokość pasa technologicznego [4, 5, 9, 10]. Często całkowita eliminacja lub chociażby znaczna redukcja poziomu natężenia wymienionych wyżej czynników fizycznych jest trudna do realizacji i może pociągać za sobą znaczne koszty, dlatego też w wielu krajach powstają regulacje prawne [1, 11], które określają graniczne wartości, jakie mogą być generowane przez linie w miejscach dostępnych dla ludności oraz ustala się obszary ograniczonego użytkowania w otoczeniu tego rodzaju inwestycji [4, 6, 7, 10, 12].

Identyfikacja rozkładu pól elektromagnetycznych w pobliżu linii elektroenergetycznych może zostać wykonana metodą pomiarową jak również obliczeniową [3, 10, 13]. Metody analityczne powszechnie używane do obliczeniowej identyfikacji natężenia pola elektromagnetycznego z powodu zastosowanych uproszczeń dotyczących obiektu bądź niektórych jego parametrów elektrycznych dają rozwiązania nieco różniące się od rzeczywistych wyników [4]. W przypadku metod numerycznych uzyskanie przybliżonego rozwiązania jest ich cechą naturalną i obliczenia są zatrzymywane po osiągnięciu wymaganej dokładności. Osobną grupę stanowią metody pomiarowe, w których na błąd

zastosowanego przyrządu pomiarowego mogą nakładać się również inne błędy wynikające m.in. z: nierówności terenu, trudności w dokładnym określeniu prostopadłego i prostoliniowego kierunku w trakcie wykonywania pomiarów, czy wreszcie zmian wartości napięć i prądów podczas wykonywania całej operacji [2, 3, 10].

Raporty oddziaływania na środowisko, sporządzone zgodnie z zapisami ustawy [11] dla przedstawicieli inwestora stanowią podstawę do uzyskania decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu oraz pozwolenia na budowę. Powinny one zawierać oszacowanie rozkładu pola elektromagnetycznego w otoczeniu projektowanej linii napowietrznej oraz wyznaczenie obszaru, na którym występuje ponadnormatywny poziom pola elektromagnetycznego, w praktyce terenu, na którym natężenie pola elektrycznego przekracza wartość 1 kV/m, a pola magnetycznego 60 A/m. W raporcie oddziaływania na środowisko sporządzanego na potrzeby budowy lub modernizacji linii zazwyczaj dokonuje się obliczeniowej analizy rozkładu pola elektrycznego i magnetycznego dla kilku reprezentatywnych przypadków pręseł przy założeniu minimalnej odległości przewodów od ziemi [10]. Wyniki takich obliczeń pozwalają określić maksymalne wartości natężenia pola elektrycznego oraz magnetycznego, które mogą wystąpić w późniejszej eksploatacji tej linii.

Nie ulega wątpliwości, że przez stosowanie się do odpowiednich zaleceń podczas procesu projektowania układów przesyłowych możliwa jest optymalizacja rozkładu pola elektromagnetycznego w ich otoczeniu [3, 9, 14]. W przypadku najpowszechniejszych układów przesyłowych wysokiego napięcia, tj. linii napowietrznych, przy określonej zdolności przesyłowej, zmniejszenie poziomów pól magnetycznych w ich sąsiedztwie można uzyskać podwyższając napięcie przesyłu, co spowoduje jednak wzrost natężenia pola elektrycznego wokół linii.

Możliwe jest także zwiększenie liczby linii przesyłowych, co doprowadzi poprzez zmniejszenie obciążeń poszczególnych linii, do zredukowania generowanych pól magnetycznych, lecz relatywnie większy obszar, w którym pola – wprawdzie o mniejszych wartościach natężeń – będą występowały [5, 8].

Pewne możliwości ograniczenia poziomów pól magnetycznych i kształtowania ich rozkładu tkwią w odpowiednim wyborze konfiguracji geometrycznej linii napowietrznej [3, 5, 9, 14].

W artykule przedstawiono wyniki cyfrowych symulacji rozkładu pól dla kilku rozwiązań konstrukcyjnych linii jednorodnych i dwutorowych zrealizowanych na konstrukcjach wsporczych o budowie kratowej oraz rurowej. Porównano uzyskane wartości maksymalne generowanych pod liniami pól elektromagnetycznych oraz szerokości pasów technologicznych niezbędnych do lokalizacji przykładowych obiektów.

## 2. ANALIZA ROZKŁADÓW PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH POD LINIAMI 220 kV

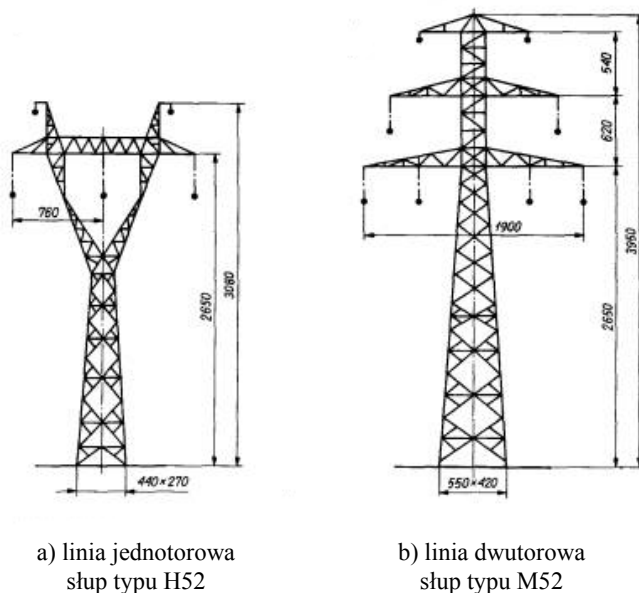
---

Przesył energii elektrycznej na znaczne niekiedy odległości jest nieodłącznym elementem współczesnej cywilizacji. Ponieważ straty elektryczne w bardzo dużym stopniu uzależnione są od poziomu napięcia przy którym odbywa się przesył, ekonomicznie uzasadniona jest budowa linii napowietrznych najwyższych napięć. W praktyce

zwykle stosuje się typowe rozwiązania techniczne dla konstrukcji wsporczych zarówno w przypadku jedno- jak i wielotorowych układów przesyłowych.

Na etapie projektowania napowietrznej linii elektroenergetycznej niezbędne jest określenie wielkości, tzw. pasa technologicznego i ustalenie na całej jego długości służebności gruntu. Aby nie ponosić nadmiernych kosztów wykupu lub dzierżawy terenów, istotne jest dokładne określenie oddziaływania linii na środowisko już na etapie tworzenia techniczno-ekonomicznego studium wykonalności inwestycji i optymalne gospodarowanie zasobami gruntowymi [5, 10, 13]. Często przy zastosowaniu stosunkowo prostych zabiegów można uzyskać znaczne oszczędności [14].

O ile wartości mocy, napięć i prądów są w takim przypadku z góry określone warto dokładnie przeanalizować możliwości tkwiące w przestrzennym geometrycznym układzie przewodów, ponieważ nie ponosząc wysokich kosztów można zmniejszyć obciążenie środowiska generowanymi polami elektromagnetycznymi poprzez właściwy dobór konstrukcji wsporczych, wzajemne usytuowanie przewodów fazowych, czy też zastosowanie układów wielotorowych [8, 9, 14].



**Rys. 1. Sylwetki słupów kratowych linii o napięciu 220 kV**  
[źródło: <http://www.elektroinstalacje.info>]

Na potrzeby tego opracowania poddano analizie kilka wariantów linii przesyłowych o napięciu znamionowym 220 kV jedno- oraz dwutorowych zbudowanych w oparciu o stosowane już od wielu lat konstrukcje kratowe słupów typu H52 w przypadku linii jednorodowej oraz typu M52 w przypadku linii dwutorowej (rys. 1).

Ponadto dla celów porównawczych przeprowadzono również cyfrową symulację rozkładu pola elektromagnetycznego pod linią zbudowaną na konstrukcjach rurowych typu R220P w przypadku linii jednorodowej oraz konstrukcjach typu R220 dla linii dwutorowej (rys. 4).



Rys. 2. Układ geometryczny przewodów fazowych dla słupa kratowego typu M52

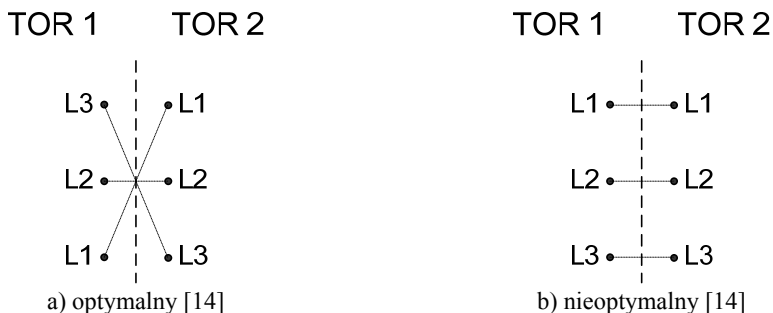
TABELA 1

Konfiguracja geometryczna przewodów dla linii 220 kV zbudowanej na słupach kratowych

	Słup typu H52			Słup typu M52					
	Linia jednotorowa			TOR 1			TOR 2		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
X [m]	-7,6	7,6	7,6	-4,9	-9,5	-7,2	9,5	4,9	7,2
Y [m]	13	13	13	13	13	19,2	13	13	19,2

Dla linii dwutorowych wykonano analizę rozkładu pola elektromagnetycznego przy skrajnie korzystnym oraz skrajnie niekorzystnym ułożeniu przewodów fazowych (rys. 2 i rys. 4), dla których wystąpiły znaczne różnice maksymalnej wartości natężenia składowej elektrycznej i magnetycznej pola jak również zmianie uległa szerokość pasa technologicznego pod linią [4, 8, 9, 14].

Numeryczną analizę rozkładu pola wykonano przy pomocy aplikacji EMFields wspomagającej symulację złożonych wielotorowych i wielonapięciowych napowietrznych układów przesyłowych.



Rys. 3. Układ geometryczny przewodów fazowych dla słupa rurowego typu R220

Aby umożliwić późniejsze porównanie uzyskanych wyników przyjęto wspólne założenia dotyczące następujących parametrów:

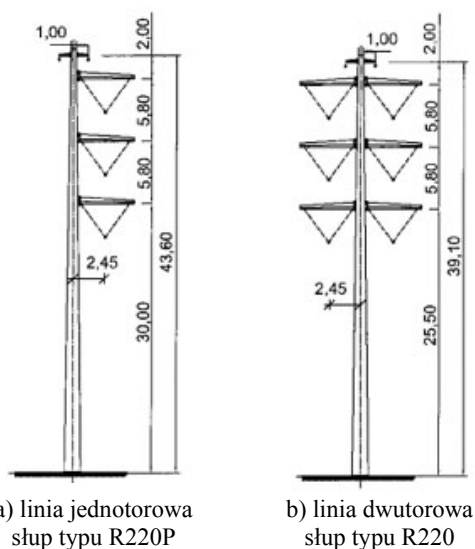
- napięcie znamionowe linii  $U = 220$  kV,
- prądy robocze w każdej z faz  $I = 600$  A,
- przyjęto pełną symetrię napięć i prądów,
- długość przęsła  $L = 450$  m,
- szerokość pasa, dla którego wykonano obliczenia  $X = \pm 50$  m od osi linii,
- krok obliczeń delta  $X = 0,2$  m,
- wysokość pomiarowa  $H = 2,0$  m.

TABELA 2

Konfiguracja geometryczna przewodów dla linii 220 kV zbudowanej na słupach rurowych

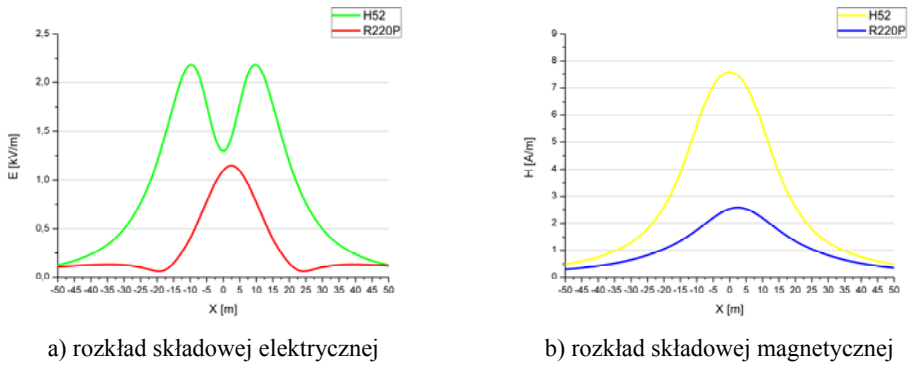
	Słup typu R220P			Słup typu R220					
	Linia jednotorowa			TOR 1			TOR 2		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
$X$ [m]	2,45	2,45	2,45	-2,45	-2,45	-2,45	2,45	2,45	2,45
$Y$ [m]	28,1	22,3	16,5	12	17,8	23,6	23,6	17,8	12

W tabeli 1 podano odległości charakteryzujące rozmieszczenie przewodów na słupach kratowych typu H52 w przypadku linii jednotorowej oraz na słupach kratowych typu M52 w przypadku linii dwutorowej. Zaproponowana konfiguracja geometryczna przewodów linii dwutorowej jest najbardziej korzystna z punktu widzenia wartości maksymalnych natężeń pola elektromagnetycznego [14].



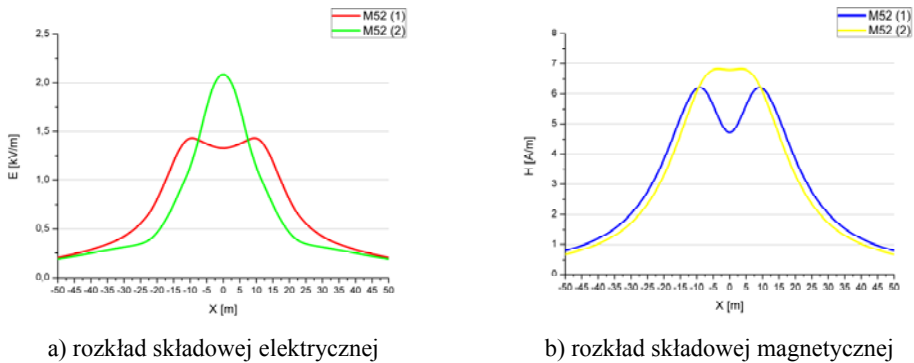
Rys. 4. Sylwetki słupów rurowych linii o napięciu 220 kV  
[źródło: <http://www.elektroinstalacje.info>]

W przypadku analizy jednorodnych linii napowietrznych mniejsze natężenia maksymalne zarówno składowej elektrycznej jak i magnetycznej można zauważyć dla wariantu zrealizowanego na słupach rurowych typu R220P. Widać wyraźnie, że dla pola elektrycznego wartość 1 kV/m jest tam przekroczona nieznacznie w wąskim pasie blisko osi linii od  $-1,8$  m do  $+6,8$  m (rys. 5).



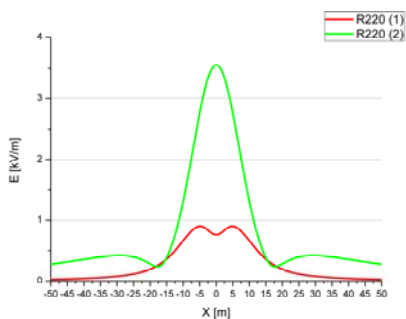
**Rys. 5. Natężenie pola elektromagnetycznego pod jednorodną linią 220 kV**

Maksymalne natężenie pola elektrycznego wynosi  $E = 1,15$  kV/m i jest około 90% niższe od natężenia pola elektrycznego  $E = 2,18$  kV/m wytwarzanego przez linię zbudowaną na słupach kratowych typu H52. Dodatkowo w tym drugim przypadku w pasie o szerokości 43,6 m natężenie pola elektrycznego przekracza wartość 1 kV/m.

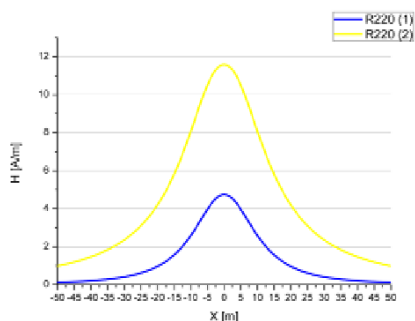


**Rys. 6. Natężenie pola elektromagnetycznego pod dwutorową linią 220 kV zbudowaną na słupach kratowych typu M52**

Dla linii dwutorowych dokonano analizy dwóch przypadków dla każdej z rozpatrywanych konstrukcji wsporczych. Różnice pomiędzy nimi polegają na odmiennym rozmieszczeniu przewodów fazowych (rys. 2). Jak widać na rysunkach (rys. 6 i 7) wariant optymalny (O) pozwala na uzyskanie znacznie niższych wartości natężenia składowej elektrycznej oraz magnetycznej w stosunku do wariantu nieoptymalnego (N) [4, 8, 9, 14].



a) rozkład składowej elektrycznej

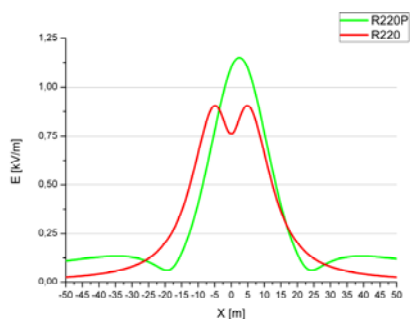


b) rozkład składowej magnetycznej

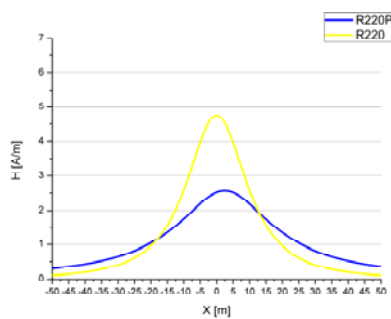
**Rys. 7. Natężenie pola elektromagnetycznego pod dwutorową linią 220 kV zbudowaną na słupach rurowych typu R220**

Napowietrzna linia dwutorowa zbudowana na słupach kratowych typu M52 generuje pole elektryczne o maksymalnym natężeniu około 46% mniejszym w przypadku wyboru optymalnego wariantu konfiguracji przewodów ( $E(O) = 1,43$  kV/m wobec  $E(N) = 2,09$  kV/m) (rys. 6).

Napowietrzna linia dwutorowa zbudowana na słupach rurowych typu R220 generuje pole elektryczne o maksymalnym natężeniu o blisko 300% mniejszym w przypadku wyboru optymalnego wariantu konfiguracji przewodów ( $E(O) = 0,90$  kV/m wobec  $E(N) = 3,55$  kV/m) (rys. 7).



a) rozkład składowej elektrycznej



b) rozkład składowej magnetycznej

**Rys. 8. Natężenie pola elektrycznego w otoczeniu jednotorowej i dwutorowej linii 220 kV**

Warto zauważyć, że dla wszystkich badanych odmian linii dwutorowych występuje zależność, że niższe maksymalne natężenie pola elektrycznego okupione jest większą szerokością pasa, w którym może być przekroczona dopuszczalna wartość 1 kV/m [11]. Składowa magnetyczna w żadnym punkcie pomiarowym nie przekraczała dopuszczalnej wartości 60 A/m [11].



**TABELA 3**

Zestawienie maksymalnych natężeń pól elektrycznych i magnetycznych oraz szerokości pasa pod linią, w których natężenia pól są przekroczone

<b>Linia jednotorowa 220 kV</b>				
	<b>E [kV/m]</b>	<b><math>d_{E &gt; 1 \text{ kV/m}}</math> [m]</b>	<b>H [A/m]</b>	<b><math>d_{H &gt; 60 \text{ A/m}}</math> [m]</b>
<b>R220P</b>	1,15	od -1,8 do +6,8	2,57	-
<b>H52</b>	2,18	od -21,8 do +21,8	7,57	-
<b>Linia dwutorowa 220 kV</b>				
	<b>E [kV/m]</b>	<b><math>d_{E &gt; 1 \text{ kV/m}}</math> [m]</b>	<b>H [A/m]</b>	<b><math>d_{H &gt; 60 \text{ A/m}}</math> [m]</b>
<b>R220 (O)</b>	0,9	-	6,21	-
<b>R220 (N)</b>	3,55	od -11,2 do +11,2	6,84	-
<b>M52 (O)</b>	1,43	od -17,2 do +17,2	4,74	-
<b>M52 (N)</b>	2,09	od -11,6 do +11,6	11,59	-

W przypadku linii wielotorowych można uzyskać efekt kompensowania się pól w konsekwencji czego wypadkowe pole elektryczne generowane przez dwa odpowiednio względem siebie rozmieszczone tory prądowe może być niższe od pola generowanego przez jeden z takich torów, co obrazuje rysunek 8.

W tabeli 3 przedstawiono wyniki symulacji cyfrowych przeprowadzonych na potrzeby analizy rozkładu pola elektromagnetycznego w przestrzeni znajdującej się pod przewodami linii.

### 3. WNIOSKI

1. Nowe konstrukcje wsporcze zbudowane w formie rurowej dzięki odmiennej geometrii umożliwiają redukcję pól elektromagnetycznych generowanych wokół linii 220 kV jedno- oraz dwutorowych.
2. W przypadku linii dwutorowych istotnego znaczenia nabiera konfiguracja geometryczna przewodów, ponieważ w skrajnych przypadkach można uzyskać kilkukrotne zmniejszenie natężeń generowanych pól elektromagnetycznych poprzez wzajemne znośenie się oddziaływań od poszczególnych przewodów lub całych torów prądowych.
3. Przy zachowaniu identycznych możliwości przesyłowych danej linii napowietrznej można uzyskać efekt zmniejszenia maksymalnego natężenia pola elektromagnetycznego lub zmniejszenia szerokości pasa narażonego na działanie pola o określonym natężeniu poprzez właściwe przestrzenne rozmieszczenie przewodów na konstrukcjach wsporczych.
4. Podczas projektowania napowietrznej linii wielotorowej zazwyczaj należy dokonać wyboru jednego z dostępnych rozwiązań stanowiącego pewien kompromis pomiędzy maksymalną wartością natężenia pola elektromagnetycznego, a szerokością pasa terenu, gdzie wartości natężenia pola elektromagnetycznego maleją stosunkowo wolno wraz z oddalaniem się od osi linii.

**LITERATURA**

1. Szuba M. i inni: Linie i stacje elektroenergetyczne w środowisku człowieka. Informator, wydanie 4, Biuro Konsultingowo-Inżynierskie „EKO-MARK”, Wrocław, 2008.
2. Gumiela J., Szafrowski D., Wróblewski Z.: Obliczeniowa i pomiarowa identyfikacja pól elektromagnetycznych w specyficznych punktach linii elektroenergetycznych WN, IX Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna PES-9 Postępy w Elektrotechnice Stosowanej, Kościelisko, 16-20 czerwca, 2014.
3. Zeńczak M.: Analiza pola elektrycznego i magnetycznego wokół linii elektroenergetycznych i wybranych urządzeń elektroenergetycznych, Napędy i Sterowanie, nr 9, 2001.
4. Zeńczak M.: Analiza technicznych problemów związanych z dozymetrią pól elektromagnetycznych o częstotliwości przemysłowej. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, nr 543/26, Szczecin, 1998.
5. Szuba M.: Możliwości Budowy Linii Napowietrznych Najwyższych Napięć Prowadzonych Równoległe do Siebie w Aspekcie Oddziaływania na Środowisko Pól Elektromagnetycznych, XVIII Konferencja Naukowo-Techniczna Bezpieczeństwo Elektryczne ELSAF Szklarska Poręba 2011, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2011.
6. Zmysłony M., Kubacki R., Angoleczyk H., Kieliszek J., Trzaska H., Bienkowski P., Krawczyk A., Szmigielski S.: Verification of Polish regulations of maximum permissible intensities in electromagnetic fields by the Commission for Bioelectromagnetics Issues of the Polish Radiation Society. *Medycyna Pracy* 56, 2005.
7. Vulević, B., Osmokrović P. Survey of ELF magnetic field levels in households near overhead power lines in Serbia. *Radiation Protection Dosimetry* 145, 2011.
8. Jaworski M., Szuba M.: Rozkłady natężenia pola magnetycznego pod wielotorowymi liniami napowietrznymi dla różnych kierunków przepływu prądu, XIX Konferencja Naukowo-Techniczna Bezpieczeństwo Elektryczne ELSAF, Szklarska Poręba 2013, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2013.
9. Szuba M., Wróblewski Z.: Sposoby ograniczania pól magnetycznych w otoczeniu układów przesyłowych i rozdzielczych – analiza teoretyczna i możliwości zastosowania, XXII Szkoła Jesienna Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie, Pola Elektromagnetyczne w Środowisku – Problemy zdrowotne, ekologiczne, pomiarowe i administracyjne, Wydawnictwo Zarządu Głównego PTBR, Zakopane, 20-24 października, 2008.
10. Szuba M.: Szacowanie pól magnetycznych wytwarzanych przez linie napowietrzne wysokiego napięcia dla potrzeb sporządzania ekspertyz ekologicznych, XVII Konferencja Naukowo-Techniczna Bezpieczeństwo Elektryczne ELSAF, Szklarska Poręba 2009, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2009.
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. *Dz. U.* nr 192, poz. 1883, 2003.
12. Vulević, B., Predrag O.: Evaluation of uncertainty in the measurement of environmental electromagnetic fields. *Radiation Protection Dosimetry* 141.2, 2010.
13. Zeńczak M.: Estimation of electric and magnetic field intensities under power transmission lines in real country conditions, *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 7, 2008.

14. Wróblewski Z., Habrych M.: Metoda Minimalizacji Pól Elektromagnetycznych pod Liniami Wysokiego Napięcia, XVI Konferencja Naukowo-Techniczna Bezpieczeństwo Elektryczne ELSAF Szklarska Poręba 2007, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2007.

Przyjęto do druku dnia 06.04.2016 r.

THE REVIEW OF ENGINEERING SOLUTIONS OF OVERHEAD  
POWER LINES AND ANALYSIS OF POSSIBILITIES  
OF REDUCTION OF ELECTROMAGNETIC FIELDS

Zbigniew WRÓBLEWSKI,  
Dariusz SZTAFROWSKI, Jacek GUMIELA

**ABSTRACT** *The article compares the electromagnetic field distribution in the environment of overhead power lines built on typical pole constructions. On the basis of the digital simulation of the electric and magnetic field distributions, the range of the impact of the considered lines on the environment was determined. In conclusion, the design solutions for the optimal management of the areas under the overhead power lines were proposed.*

**Keywords:** *electromagnetic fields, digital simulations, overhead power lines*



**Prof. dr hab. inż. Zbigniew WRÓBLEWSKI** jest kierownikiem Zakładu Elektroenergetyki Przemysłowej, zatrudnionym w Politechnice Wrocławskiej na stanowisku Profesora zwyczajnego. Prowadzi prace naukowe związane z badaniami niezawodności urządzeń i aparatów elektrycznych z uwzględnieniem problematyki zjawisk łączeniowych w próżni.

**Dr Dariusz SZTAFROWSKI** – Katedra Elektroenergetyki, Politechnika Wroclawska. Jest kierownikiem technicznym akredytowanego Laboratorium Pomiarów Pól Elektromagnetycznych. Zainteresowania naukowe: oddziaływanie pól elektromagnetycznych na organizmy żywe i środowisko, analityczna i pomiarowa identyfikacja pól elektromagnetycznych.





**Mgr inż. Jacek GUMIELA** – Katedra Elektroenergetyki, Politechnika Wroclawska. Doktorant Wydziału Elektrycznego Politechniki Wroclawskiej. Prowadzi prace naukowo badawcze związane z cyfrowymi symulacjami rozkładu pól elektromagnetycznych w otoczeniu obiektów elektroenergetycznych.