

Zbigniew WRÓBLEWSKI  
Dariusz SZTAFROWSKI  
Jacek GUMIELA

# ANALIZA ROZKŁADU POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO POD LINIĄ ELEKTROENERGETYCZNĄ W RZECZYWISTYCH WARUNKACH TERENOWYCH WOLNA OD BŁĘDÓW WNO SZONYCH PRZEZ WAHANIA PRĄDÓW

**STRESZCZENIE** *W artykule przedstawiono nową metodę pomiaru rozkładu pola elektromagnetycznego pod liniami elektroenergetycznymi, która jest wolna od błędów wnoszonego przez wahania napięć, prądów i/lub odchyłki symetrii faz układu wielofazowego. W artykule przeanalizowano powyższe problemy dla wybranej linii 110 kV.*

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

## 1. WSTĘP

---

Wraz z rozwojem cywilizacji, któremu towarzyszy stały wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną obserwujemy ciągły wzrost infrastruktury elektroenergetycznej a w szczególności, stacji transformatorowych oraz sieci wysokich/najwyższych napięć. Eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych towarzyszy emisja do środowiska wielu czynników fizycznych oraz chemicznych. Do tych pierwszych możemy zaliczyć wolnozmienne pola elektromagnetyczne, hałas oraz wibracje. Dodatkowo linie najwyższych napięć emitują do atmosfery ozon. Przeprowadzone dotychczas na świecie badania mające

---

**prof. dr hab. inż. Zbigniew WRÓBLEWSKI, dr Dariusz SZTAFROWSKI,  
mgr inż. Jacek GUMIELA**

[zbigniew.wroblewski; dariusz.sztafrowski; jacek.gumiela]@pwr.edu.pl

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

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 272, 2016

na celu określenie poziomu wpływu pól elektromagnetycznych na organizmy żywe ujawniają, że ten czynnik fizyczny nie pozostaje obojętny dla stanu zdrowia organizmów pozostających pod jego wpływem [1-6]. Prace badające ten problem możemy podzielić na dwie kategorie. Badania z pierwszej kategorii koncentrują się nad znalezieniem zastosowań tego typu pól w medycynie do leczenia niektórych chorób oraz do leczenia ran, szybszego zrostu kości czy leczenia depresji (metoda TMS) [7], z drugiej strony wiele prac naukowych koncentruje się nad ich potencjalnie negatywnym wpływem na organizm człowieka. W wielu publikacjach autorzy analizują ryzyko występowania chorób nowotworowych, które potencjalnie mogą być spowodowane wpływem obiektów elektroenergetycznych na organizm człowieka [8-12]. Jedne z nowszych badań z tego zakresu opublikowane w czasopiśmie naukowym *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) w kwietniu 2009 roku wskazują, że pola tego typu mogą mieć również wpływ na zachowanie się zwierząt. Wykazano, że linie elektroenergetyczne wytwarzają w najbliższym otoczeniu pole elektromagnetyczne o natężeniach, które zakłóca pole magnetyczne ziemi, co z kolei jest powodem dezorientacji zwierząt względem bieguna magnetycznego ziemi. Najprawdopodobniej niektóre zwierzęta postrzegają pola magnetyczne podobnie jak pozostałe bodźce wzrokowe, które układają się w „wizualne” wzory. Badanie to dowiodło, że pole magnetyczne 50 Hz ma znacznie większy wpływ na orientację zwierząt niż czynniki takie jak położenie słońca, kierunek wiatru czy inne warunki terenowe [13]. W skrajnych przypadkach, przy bardzo wysokich wartościach natężenia, pola te mogą doprowadzić do zgonu człowieka w krótkim czasie. Pomiędzy tak skrajnymi przypadkami oddziaływań istnieje ogromna ilość sytuacji, w których ze względów zawodowych, zdrowotnych i innych należy rozstrzygnąć problem poziomów bezpiecznej ekspozycji na omawiany czynnik fizyczny.

## 2. CZYNNIKI WPLYWAJACE NA DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA ROZKŁADU POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO WOKÓŁ OBIEKTÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH

---

Z wymienionych względów poszczególne państwa wprowadziły ograniczenia dotyczące warunków ekspozycji w polach i falach elektromagnetycznych wytwarzanych przez obiekty i urządzenia elektroenergetyczne. W Polsce przepisy w tym zakresie określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzenia dotrzymania tych poziomów (Dz. U. nr 192 poz.1883), które określa dopuszczalne natężenie pola magnetycznego  $H$  o częstotliwości sieciowej 50 Hz w miejscach dostępnych dla ludzi i ekspozycji bez ograniczeń czasowych, którego poziom wynosi 60 A/m a natężenie składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego nie może być wyższe niż: 1 kV/m na obszarach zabudowy mieszkalnej oraz 10 kV/m na obszarach dostępnych dla ludzi [14, 15].

Poziom tych wartości jest porównywalny z wartościami dopuszczalnych natężeń określonych w normach innych państw europejskich, w których wielu badaczy analizuje problem narażenia ludzi na pola i fale elektromagnetyczne [16-18]. Zamieszkiwanie

ludzi jest zabronione na obszarach, na których wartości pól są wyższe od dopuszczalnego natężenia. Takie ograniczenia determinują ograniczoną możliwość zabudowy siedzibami mieszkalnymi wokół tego typu obiektów.

Z tego powodu pojawia się coraz częściej potrzeba dokładnego wyznaczenia obszaru wokół urządzeń elektroenergetycznych a w szczególności w pobliżu infrastruktury liniowej, na którym istnieje możliwość ograniczonego użytkowania powierzchni (rys. 1). Prawidłowe wyznaczenie takiego obszaru, na którym nie można budować obiektów nadających się do stałego zamieszkania a w szczególności takich obiektów jak szkoły przedszkola, żłobki czy szpitale jest procesem złożonym. Prace tego typu, mające na celu prawidłowe określenie rozkładu pola elektromagnetycznego, można zrealizować następującymi metodami [19]:

- identyfikacją pomiarową w sąsiedztwie obiektów poddanych takiej analizie,
- badaniami na modelach obiektów rzeczywistych,
- obliczeniowo.

W przypadku pomiarów bezpośrednio wokół obiektu elektroenergetycznego gdzie ma być dokonana inwestycja budowlana lub weryfikacja położenia już istniejącej zabudowy napotykamy na wiele problemów.



**Rys. 1. Przykład zbliżenia linii 400 KV do zabudowy mieszkalnej na terenie Dolnego Śląska**

Na rysunku 2 uwidoczniony został przykład nietypowego układu linii 110 kV zlokalizowanego w bezpośrednim sąsiedztwie domów mieszkalnych otoczonych różnymi

obiektami metalowymi, jak np. latarnie oraz drzewami, mającymi duży wpływ na rozkład poszczególnych składowych pola elektromagnetycznego. Jednocześnie widzimy nietypowy skomplikowany układ linii 110 kV, która w bezpośrednim pobliżu zabudowań rozgałęzia się z układu dwutorowego, zlokalizowanego na widocznym słupie po prawej stronie rysunku 2, na dwa układy jednotorowe. W takim przypadku celowe jest wyznaczenie rozkładu wartości poszczególnych składowych przy pomocy identyfikacji pomiarowej a następnie wniesienie poprawek pomiarowych, o których mowa w pkt. 6 załącznika nr 2 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 30 października, mających na celu ustalenie występowania w danych punktach najwyższych wartości poszczególnych składowych pola elektromagnetycznego. Tego typu procedura pomiarowa obarczona jest wieloma błędami, do których zaliczyć możemy [20-22]:

- błędy wnoszone przez zastosowane przyrządy pomiarowe,
- błędy pomiaru wysokości zawieszenia przewodów linii WN lub (lub obliczeniowego ich wyznaczenia),
- błędy wynikające z nierównomiernego ukształtowanie terenu (nawet niewielkie nierówności terenu powodują przyjęcie w każdym przypadku innego punktu odniesienia, wobec którego mierzymy natężenie pola).



**Rys. 2. Przykład nietypowego układu linii 110 kV zlokalizowanego w bezpośrednim sąsiedztwie budynków mieszkalnych**

Na wartość pomiaru, w szczególności składowej elektrycznej, ma także wpływ:

- obecność osoby dokonującej pomiaru, jak również innych przedmiotów i roślin (np. krzaków i drzew) oraz sezonowo gęsto rosnącej roślinność (np. zboża powodującego okresowo wyniesienie poziomu odniesienia terenu o około 1 m), znajdujących się w zasięgu oddziaływania linii sił pola elektromagnetycznego,

- siła wiatru mająca wpływ na odległości pomiędzy przewodami fazowymi,
- poprawność wnoszenia poprawek pomiarowych,
- zmienność obciążenia linii w czasie dokonywania pomiarów.

Czas wykonania pomiarów na podstawie, których możemy sporządzić rozkład poszczególnych składowych pola elektromagnetycznego może trwać od kilkadziesiąt minut aż do kilku godzin, w zależności od warunków terenowych oraz atmosferycznych. W przypadku pomiarów składowej elektrycznej obserwujemy stosunkowo nieduże wahania wartości napięć w sieciach WN. Inaczej przedstawia się sprawa w przypadku wykonywania pomiarów składowej H natężenia pola magnetycznego. W tym przypadku pomiary mogą być obciążone znacznie większymi błędami spowodowanymi możliwością występowania dużych zróżnicowań obciążenia badanej linii a wartość płynącego nią prądu w sposób bezpośredni ma wpływ na wartość mierzonego pola magnetycznego.

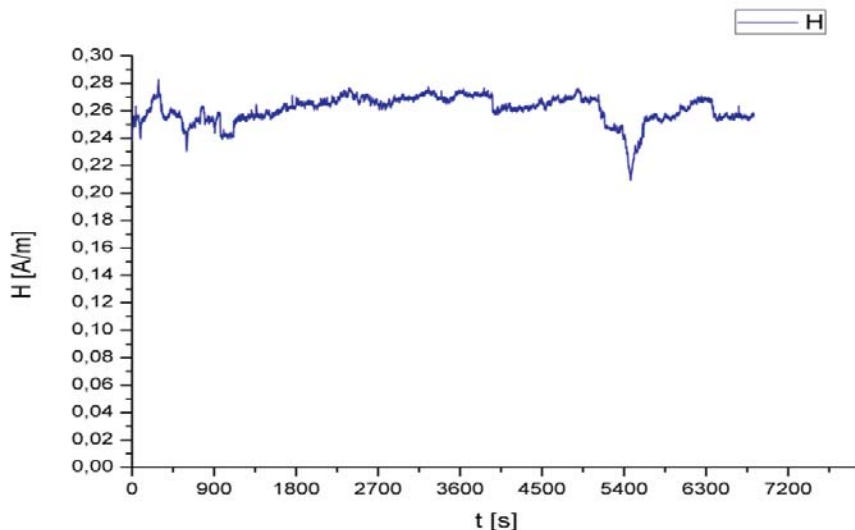
### 3. SPOSÓB REDUKCJI BŁĘDU WYZNACZANIA ROZKŁADU ZMIENNEGO W CZASIE POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

---

Opisana poniżej metoda sposobu redukcji błędów wyznaczania rozkładu zmiennego w czasie pola elektromagnetycznego wokół obiektów elektroenergetycznych opiera się o dwa zgłoszenia patentowe dokonane przez Politechnikę Wrocławską.

Jak wspomniano w poprzednim rozdziale, pomiar rozkładu natężenia pola elektromagnetycznego obciążony jest licznymi błędami. Jednym z nich może być błąd wprowadzany poprzez losowo zmieniające się w czasie wartości natężenia płynącego linią prądu  $i$ /lub zmieniającą się w tym czasie wartością potencjału w linii elektroenergetycznej, co w konsekwencji prowadzi odpowiednio do zmian poszczególnych wartości składowych pola magnetycznego  $i$ /lub elektrycznego wokół rozpatrywanej linii. Z tych względów, przy trwających, jak wynika z praktyki pomiarowej, nawet kilka godzin pomiarach, mierzone wartości pól mogą się zmieniać w czasie tych pomiarów nawet o kilkanaście procent. Należy przy tym podkreślić, że wyznaczony w oparciu o opisaną poniżej metodę rozkład pola jest wolny od błędów powodowanych naruszeniami symetrii faz.

Na rysunku 3 przedstawione są wyznaczone pomiarowo zmiany wartości indukcji magnetycznej generowanej przez linię 110 kV prowadzoną we Wrocławiu na słupach o konstrukcji B2 o długości pręseł 300 metrów. Pomiary wykonane zostały przyrządem pomiarowym Mashek ESM-100 bezpośrednio pod linią na wysokości 2 metrów. Przyrząd ten umożliwia pomiary indukcji magnetycznej  $B$  [nT], które następnie zostały przeliczone na wartości natężenia pola magnetycznego  $H$  [A/m]. Wysokość przewodu od ziemi w mierzonym punkcie wynosiła 12 metrów. Pomiar pola magnetycznego wykonywany był w czasie około 2 godzin w interwałach czasowych wynoszących 1 sekundę. W tym czasie zmiany natężenia pola magnetycznego zawierały się w przedziale od minimalnej wartości wynoszącej 262 nT do wartości maksymalnej, której wartość pola wyniosła 354 nT.



**Rys. 3. Przebieg zmian zmierzonej wartości natężenia pola magnetycznego pod linią 110 kV prowadzoną na słupach B2 na terenie miasta Wrocławia**

Istota sposobu redukcji błędu pomiaru rozkładu pola elektromagnetycznego, powodowanego zachodzącymi w trakcie pomiarów zmianami natężenia prądu w linii, polega na tym, że proces pomiaru rozpoczyna od umieszczenia, co najmniej dwóch wywzorcowanych przyrządów pomiarowych obok siebie pod linią elektroenergetyczną w punkcie, w którym zlokalizowano najwyższe wartości mierzonego pola: przyrządu pomiarowego numer (1) o stałym położeniu oraz przyrządu pomiarowego numer (2) o zmiennym położeniu. W tym momencie, chwila  $t = 0$ , zostaje dokonana kalibracja zestawu pomiarowego i zarejestrowana wartości natężenia pola  $H_0$  (przyrządy powinny wskazywać taką samą wartość  $H_0$ ). Przyrząd pomiarowy numer 1 o stałym położeniu pozostawiamy przez cały czas wykonywania pomiarów w miejscu ich rozpoczęcia, natomiast przyrządem pomiarowym numer 2 o zmiennym położeniu dokonujemy pomiaru rozkładu (zmieniających się w czasie pomiarów) wielkości natężenia pola elektromagnetycznego w różnych punktach pod linią. Odczytywane zmieniające się w czasie pomiarów wartości wskazywane przez przyrząd pomiarowy numer (1) o stałym położeniu  $H_{1X}$  służą do dokonywania poprawek wartości pomiarów wykonywanych przyrządem pomiarowym numer 2. W oparciu o zmieniający się w czasie sygnał pochodzący z przyrządu numer 1 o stałym położeniu, wyliczana jest poprawka indywidualnie dla każdego pomiaru  $H_{2X}$  dokonywanego przyrządem pomiarowym numer 2.

Zaletą sposobu według zaprezentowanej metody jest to, że w wyniku przedstawionego działania wartość zmierzona w każdym badanym punkcie przestrzeni wokół dowolnego obiektu elektroenergetycznego może zostać skorygowana, zgodnie ze wzorem numer 1.

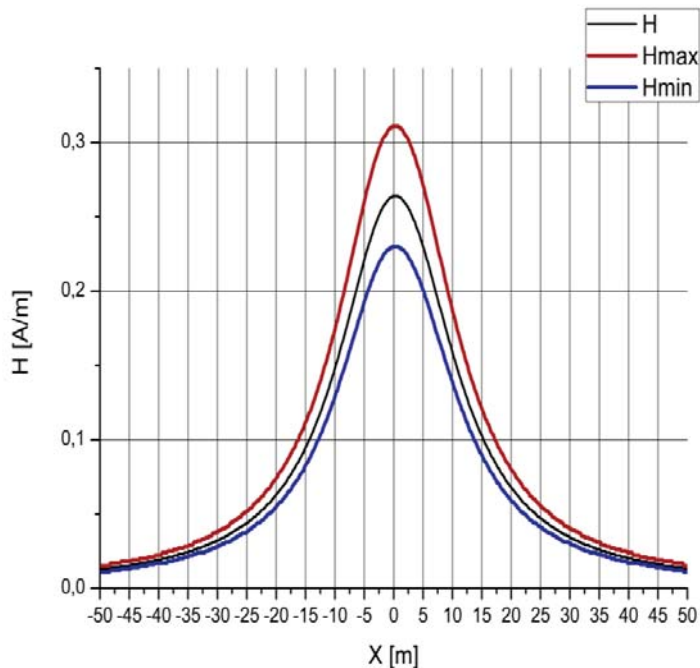
$$H_s = H_{2X} \cdot \frac{H_{1X}}{H_0} \quad (1)$$

w którym:

- $H_s$  – skorygowana wartość wolna od ewentualnych losowych zmian mierzonych wielkości wartości prądu oraz ewentualnej fluktuacji różnicy potencjałów,
- $H_0$  – wartość natężenia pola magnetycznego w chwili rozpoczęcia pomiarów  $t = 0$ ,
- $H_{1X}$  – zmieniająca się wartość natężenia pola magnetycznego odczytywana z przyrządu pomiarowego numer 1, służąca do wyliczania poprawki pomiarowej,
- $H_{2X}$  – wartość natężenia pola magnetycznego odczytywana z przyrządu pomiarowego numer 2 służącego do lokalizowania wartości pól wokół obiektu elektroenergetycznego.

W rezultacie tak wyznaczone wartości natężenia pola  $H_s$  są wolne od błędów wynikających ze zmieniających się w czasie wartości poszczególnych składowych wartości pola magnetycznego i/lub elektrycznego oraz od ewentualnego naruszenia symetrii faz.

Na rysunku 4 przedstawiono rozkłady natężenia pola magnetycznego dla wartości minimalnej oraz maksymalnej zarejestrowanej przez przyrząd pomiarowy numer (1) dokonujący w tym przypadku pomiary zmieniających się w tym czasie wartości indukcji magnetycznej pola elektromagnetycznego będącego punktem odniesienia do wprowadzenia opisanej poprawki. Czerwona linia ilustruje uzyskaną krzywą w wyniku



Rys. 4. Zakres zmienności rozkładu pola magnetycznego uzyskanego za pomocą opracowanej metody pomiarowej

dzielenia maksymalnej wartości zapisanej podczas rejestracji przebiegu wartości indukcji pola magnetycznego przez wartość początkową  $H_0$  i ukazuje przypadek maksymalnego możliwego w tym przypadku popełnienia błędu zawyżającego wartość rzeczywistego pomiaru. Linia czarną narysowano przebieg rozkładu pola magnetycznego przy zachowaniu niezmienniej wartości prądu w linii w odniesieniu do wartości początkowej  $H_0$ . Niebieska linia ilustruje krzywą, która powstała w wyniku dzielenia zarejestrowanej minimalnej wartości podczas rejestracji przebiegu wartości pola magnetycznego przez wartość początkową  $H_0$  i ukazuje przypadek maksymalnego możliwego w tym przypadku popełnienia błędu zaniżającego wartość rzeczywistego pomiaru. W polu zawartym pomiędzy krzywą czerwoną a krzywą niebieską zlokalizowana jest rodzina krzywych, które nie uwzględniałyby wprowadzonej poprawki.

#### 4. WNIOSKI

---

1. Opracowana nowa metoda pomiaru rozkładu pola elektromagnetycznego wokół obiektów elektroenergetycznych, umożliwiła wyznaczanie rozkładu pola wolnego od błędów wnoszonego przez wahania napięć, prądów i/lub odchyłkę symetrii faz układu wielofazowego mierzonego obiektu.
2. Zaprezentowany sposób pomiaru daje również możliwość przyspieszenia procesu pomiarowego poprzez jednoczesne wykonywanie pomiarów na kilku różnych płaszczyznach i zwielokrotnienie liczby sond w zależności od potrzeb. Dla każdej z badanych płaszczyzn należy użyć jednej sondy o stałym położeniu oraz co najmniej jednej sondy o zmiennym położeniu.

#### LITERATURA

1. Halgamuge, Malka N.: Critical time delay of the pineal melatonin rhythm in humans due to weak electromagnetic exposure. *Indian J. Biochem. Biophys.*, vol. 50, 2013.
2. Szafrowski D., Jakubaszko J.: Wpływ zmiennego pola magnetycznego na funkcje narządu wzroku. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 4, 2005.
3. Szafrowski D., Wróblewski Z., Łukaszewicz M.: Survey identification of 50 Hz magnetic field impact on selected biological processes in the model organism *Saccharomyces cerevisiae*. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 1a, R. 89, s. 56-58, 2013.
4. Jakubaszko J., Szafrowski D., Wróblewski Z.: Wpływ składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego 50 Hz na zmiany hemodynamiki organizmu człowieka. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 2, R. 90, luty 2014.
5. Szafrowski D., Wróblewski Z., Łukaszewicz M., Sikorski A., Majkowski M.: Magnetic field 50 Hz: its influence on living cells HL-60. W: 2011 10th International Conference on Environment and Electrical Engineering [Dokument elektroniczny], Rome, Italy, 8-11 May 2011, Eds.: M. Caciotta, Z. Leonowicz. [Piscataway, NJ] : IEEE, cop. 2011. s. 774-777, 2011.



6. Sztafrowski D., Wróblewski Z., Łukaszewicz M.: Survey identification of 50 Hz magnetic field impact on selected biological processes in the model organism *Saccharomyces cerevisiae*. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 1a, vol. 89, 2013.
7. Young L., Camprodon J.A, Hauser M., Alvaro Pascual-Leone, Saxe R.: Disruption of the right temporoparietal junction with transcranial magnetic stimulation reduces the role of beliefs in moral judgments, *Proc Natl Acad Sci USA.*; 107(15): s. 6753–6758, 2010.
8. McBride M.L. i wsp.: Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada. *Am. J. Epidemiol.*, vol. 149, s. 831-842, 1999.
9. Linet M.S. i wsp.: Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *N Eng. Journ. Med.*, vol. 337, s. 1-7, 1997.
10. Kleinerman R.A. i wsp.: Are children living near high-voltage power lines at increased risk of acute lymphoblastic leukemia? *American Journal Epidemiology*, vol. 151, s. 512-515, 2000.
11. Myers A. i wsp.: Childhood cancer and overhead power lines. A case-control study. *Br. J. Cancer.*, vol. 62, s. 1008-1011, 1990.
12. Ahlbom A.: A pooled analysis of magnetic field and childhood leukaemia. *British Journal of Cancer*, vol. 83, no. 5, pp. 692-698, 2000.
13. Burda H., Begall S., Červený J. Neef J. Němec P.: Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *PNAS*, 2009.
14. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów, z dnia 30 października 2003.
15. Zmysłony M., Kubacki R., Aniolczyk H., Kieliszek J., Trzaska H., Bienkowski P., Krawczyk A., and Szmigielski S.: Verification of Polish regulations of maximum permissible intensities in electromagnetic fields by the Commission for Bioelectromagnetic Issues of the Polish Radiation Research Society. *Med Pr* 56, 2005.
16. Vulevic B., Osmokrovic P.: Survey of ELF magnetic field levels in households near overhead power lines in Serbia. *Radiat Prot Dosimetry* 145, s. 385-8, 2011.
17. Vulević Branislav, and Predrag Osmokrović. Evaluation of uncertainty in the measurement of environmental electromagnetic fields. *Radiation protection dosimetry* 141.2: s. 173-177, 2010.
18. IARC, Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans* 80, 2002.
19. Habrych M., Wróblewski Z.: Analiza przydatności programu komputerowego MAH w prognozowaniu rozkładu pól elektromagnetycznych pod nowobudowanymi liniami elektroenergetycznymi. VI Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Postępy w Elektrotechnice Stosowanej. PES-6, Kościelisko, 2007.
20. Zeńczak, M.: Analiza pola elektrycznego i magnetycznego wokół linii elektroenergetycznych i wybranych urządzeń elektroenergetycznych. *Napędy i Sterowanie* 150-15: 13, 2011.
21. Zeńczak M.: Analiza technicznych problemów związanych z dozymetrią pól elektromagnetycznych o częstotliwości przemysłowej. *Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej. Instytut Elektrotechniki*, s. 3-204, 1998.

22. Gumiela J., Sztafrowski 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.

*Przyjęto do druku dnia 20.01.2016 r.*

ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF THE MAGNETIC COMPONENT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS UNDER POWER LINES IN THE REAL FIELD CONDITIONS FREE FROM THE ERROR BROUGHT BY FLUCTUATIONS OF CURRENTS

Zbigniew WRÓBLEWSKI,  
Dariusz SZTAFROWSKI, Jacek GUMIELA

**ABSTRACT** *The paper presents a new method for the measuring of the electromagnetic field distribution under power transmission lines in real field conditions. This method is free from errors brought by fluctuations of voltage, current and / or deviation of symmetry of phases of the multiphase system. The article analyzes these problems for a selected line of 110 kV.*

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

**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.