

## Zbigniew Nadolny

Politechnika Poznańska  
Instytut Elektroenergetyki  
e-mail: zbigniew.nadolny@put.poznan.pl  
tel. 61 665 22 98

# Oddziaływanie pola elektrycznego i magnetycznego na organizmy żywe

**Streszczenie.** W artykule dokonano analizy wpływu pola elektrycznego i magnetycznego na organizmy żywe. Omówiono skutki natychmiastowe, do których zaliczają się efekt termiczny i wyindukowanie się prądu w ciele człowieka, oraz przeprowadzono rzetelną analizę możliwości zachorowania na różne schorzenia jako skutek oddziaływania pola po pewnym czasie. Skonfrontowano wartości natężenia pola, jakie muszą zaistnieć, by wywołać negatywne skutki, z wartościami, jakie generują różne urządzenia powszechnego użytku i system przesyłu energii elektrycznej.

**Słowa kluczowe:** pole elektryczne i magnetyczne, organizmy żywe

## Wstęp

Pole elektryczne i magnetyczne na przełomie ostatnich kilkudziesięciu lat wywołuje jednoznacznie negatywne reakcje wśród szeroko rozumianej opinii publicznej. Istnieje niezliczona liczba artykułów świadczących o negatywnych skutkach oddziaływania pola na organizmy żywe. Warto jednak odnotować, że do lat 70. ubiegłego wieku pole elektryczne i magnetyczne nie budziły żadnych negatywnych skojarzeń.

Pierwsze poważne badania dotyczące możliwości negatywnego oddziaływania pola na organizmy żywe zostały wymuszone intensywnym rozwojem prac

pod napięciem, który miał miejsce na początku lat 60. XX w. Jednakże przełom w postrzeganiu pola, zwłaszcza magnetycznego, jako czynnika negatywnie oddziałującego na organizmy żywe nastąpił w roku 1979, wraz z opublikowaniem wyników badań N. Weitheimera i E. Leepera, w których opisują oni większą od przeciętnej zachorowalność na białaczkę wśród dzieci, wywołaną prawdopodobnie bliskim sąsiedztwem linii wysokiego napięcia względem miejsca ich zamieszkania. Od tego czasu notuje się intensywny rozwój badań, na różnych poziomach, nad wpływem pola elektrycznego i magnetycznego na organizmy żywe.

Należy dodać, że badania nad wpływem pola na organizmy żywe są zagadnieniem dość trudnym, ponieważ granice indywidualnego odczuwania pola przez ludzi zaczynają się dopiero od 100 kV/m i 10 kA/m, a obecność zwierząt dopiero w polu o natężeniu 500 kV/m może być przyczyną śmierci, spowodowanej jednak nie bezpośrednim oddziaływaniem pola, lecz porażeniem prądem<sup>1</sup>.

## 1. Skutki oddziaływania pola elektrycznego i magnetycznego

Skutki oddziaływania zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego podzielić można na dwie zasadnicze grupy, a mianowicie na termiczne i nietermiczne. Te ostatnie podzielić można na natychmiastowe, w postaci wyindukowanego prądu w ciele człowieka, i dostrzegalne po dłuższym okresie, będące wynikiem uszkodzonych struktur biologicznych<sup>2</sup>.

Najlepiej poznanym, z medycznego punktu widzenia, efektem oddziaływania zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego jest efekt termiczny, istotą którego jest wzrost temperatury ciała do poziomu mogącego wywołać nieodwracalną koagulację białka. Najbardziej narażone na ten efekt są partie ciała znajdujące się najbliżej źródła pola, jak skóra czy kończyny, oraz te partie ciała, które charakteryzują się słabą cyrkulacją krwi, jak soczewka oka czy woreczek żółciowy. Dowodem na to mogą być doniesienia mówiące o przypadkach zaćmy i zmętnienia oka wśród operatorów radarów.

---

<sup>1</sup> A.S. Farag, *Impact of electromagnetic fields management on the design of 500 kV transmission lines*, IX International Symposium on High Voltage Engineering, Graz, Austria 1995; A.H. Hamza, A. Mahmoud Shaher, M. Ghania Samy, *Evaluation of human exposure to magnetic fields under live line maintenance conditions*, XIII International Symposium on High Voltage Engineering, Delft, Holandia 2003; S. Szmigielski, E. Sobiszewska, *Współczesne poglądy na ryzyko nowotworowe pól magnetycznych 50 Hz w świetle wyników międzynarodowych programów naukowych*, Konferencja Pola Elektromagnetyczne 50 Hz w Środowisku Człowieka, Poznań 2003.

<sup>2</sup> H. Mościcka-Grzesiak, *Inżynieria wysokich napięć w elektroenergetyce*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1996.

Efekt termiczny jest skutkiem obecności pola o stosunkowo wysokiej częstotliwości, przedział której zaczyna się od wartości 0,3 GHz. Miarą określającą intensywność tego pola jest gęstość mocy, jednostką której jest  $W/m^2$ . Nie stwierdzono występowania efektu termicznego wywołanego obecnością pola o niższej częstotliwości. Na tej podstawie można stwierdzić, że linia wysokiego napięcia, o częstotliwości zaledwie 50/60 Hz, nie powinna być postrzegana jako źródło tego typu zagrożenia.

Na podstawie wielu badań stwierdzono, że efekt termiczny występuje w obecności pola o gęstości powyżej  $100 W/m^2$ . Natomiast poniżej wartości  $10 W/m^2$  pojawienie się tego efektu jest mało prawdopodobne. W wielu krajach efekt termiczny stanowi główne kryterium doboru wartości dopuszczalnej gęstości mocy. Przykładem tego mogą być Stany Zjednoczone, gdzie wartość dopuszczalna równa jest właśnie  $100 W/m^2$ . Największe kontrowersje w zakresie pola o stosunkowo wysokiej częstotliwości budzą dziś telefony komórkowe. Nie stwierdzono wyraźnego ich wpływu na pojawienie się efektu termicznego. Na podstawie licznych badań dowiedziono, że telefony komórkowe są źródłem pola o gęstości mocy rzędu kilku  $W/m^2$  w przypadku starszych modeli, oraz poniżej  $1 W/m^2$  w przypadku modeli telefonów używanych obecnie<sup>3</sup>.

Kolejnym wyznacznikiem bezpiecznego poziomu zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego jest gęstość prądu w ciele człowieka wyindukowanego na skutek obecności pola. Zdaniem wielu autorów oraz międzynarodowej organizacji ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) gęstość ta nie powinna przekraczać wartości  $10 mA/m^2$ , ponieważ przekroczenie jej może zakłócić działanie centralnego systemu nerwowego.

Warto dodać, że natężenie pola elektrycznego o wartości  $10 kV/m$  i częstotliwości 50 Hz (wartość dopuszczalna w Polsce) wywołuje przepływ prądu o gęstości zaledwie  $0,53 mA/m^2$ , a magnetycznego o natężeniu  $60 A/m$  (wartość dopuszczalna w Polsce) przepływ prądu o gęstości  $0,48 mA/m^2$ . Można zatem stwierdzić, że pod względem dopuszczalnej wartości gęstości prądu polskie przepisy są niesłychanie restrykcyjne. Dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego i magnetycznego o częstotliwości 50 Hz mogą wywołać przepływ prądu o gęstości dwudziestokrotnie mniejszej od dopuszczalnej<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> B. Chazan, *Teratological and developmental effect of long – term exposition to low – level and thermal microwave fields of pregnant mice*, Conference Biological effect of electromagnetic fields, Bierutowice 1980; E. Grudziński, H. Trzaska, *Electromagnetic field measurements for environment protection purpose*, Konferencja Biological effect of electromagnetic fields, Bierutowice 1980; E. Martinez, *Effects of magnetism on living organism*, II Międzynarodowa Konferencja Naukowa Oddziaływanie Pól Elektromagnetycznych na Środowisko Rolnicze AGROLASER 2003, Lublin 2003; H. Trzaska, *Pomiary pól elektromagnetycznych w polu bliskim*, WN PWN, Warszawa – Wrocław 1998.

<sup>4</sup> R. Bottauscio, R. Conti, *Magnetically and electrically induced currents in human body models by ELF electromagnetic fields*, X International Symposium on High Voltage Engineering, Quebec,

Gęstość prądu wyindukowanego w ciele człowieka stanowi jedną z chętniej symulowanych komputerowo wielkości fizycznych. Na podstawie znajomości parametrów elektrycznych różnych partii ciała człowieka oraz znajomości wartości zewnętrznego pola elektrycznego i magnetycznego o częstotliwości 50 Hz, uzyskanych na drodze ich pomiaru pod linią wysokiego napięcia, z dużą dokładnością można określić wartość gęstości prądu. W ramach symulacji komputerowej postać człowieka odzwierciedla się zazwyczaj bryłą sferoidalną, co znacznie ułatwia i skraca proces obliczeniowy. Istotnym parametrem mającym wpływ na wartość gęstości prądu jest konduktywność ciała ludzkiego, która ma średnią wartość ok. 0,7 S/m. Niestety, w wielu różnych publikacjach podawane są różne jej wartości, przykładem czego może być konduktywność serca, która według różnych źródeł równa jest od 0,08 do 0,70 S/m.

Na podstawie symulacji komputerowej obliczono, że gęstość prądu, jaki wyindukuje się pod linią na napięciu 380 kV ( $I = 700$  A), ma dla poszczególnych partii ciała następujące wartości:

- głowa 0,046 mA/m<sup>2</sup>,
- łokieć 0,020 mA/m<sup>2</sup>,
- pas 0,018 mA/m<sup>2</sup>,
- nogi 0,007 mA/m<sup>2</sup>.

Jak widać, żadna z powyższych wartości nie przekroczyła dopuszczalnej, tj. 10 mA/m<sup>2</sup>.

Na podstawie innych badań obliczono gęstość prądu w przypadku linii na napięciu 400 kV, osobno rozpatrując gęstość prądu wywołanego obecnością pola elektrycznego i pola magnetycznego. Natężenie pola elektrycznego przyjęte do obliczeń miało wartości z zakresu od 1,9 do 9,9 kV/m, a magnetycznego od 0,39 do 7,36 A/m, co odpowiada wartościom rzeczywistym w różnych miejscach pod linią 400 kV. Obliczona gęstość prądu wywołana obecnością zmiennego pola elektrycznego równa była od 0,37 do 1,90 mA/m<sup>2</sup>, a magnetycznego od 0,0016 do 0,0300 mA/m<sup>2</sup>. Na tej podstawie można stwierdzić, że przebywanie pod linią 400 kV nie wywołuje wyindukowania się prądu w ciele ludzkim o gęstości przekraczającej wartość dopuszczalną 10 mA/m<sup>2</sup>.

Innym istotnym wnioskiem bazującym na wyżej przytoczonych obliczeniach jest fakt, że pole magnetyczne, źródłem którego jest linia wysokiego napięcia,

---

Kanada 1997; R. Conti, *Live – line maintenance works – characterization of human exposure to 50 Hz electric and magnetic fields in view of a correct formulation of occupational protective standards*, International Conference on Live Maintenance, Madryt, Hiszpania 2000; T. Matsumoto, *Effect of concurrent ELF electric and magnetic field on induced current density in biological model in the vicinity of the ground*, XI International Symposium on High Voltage Engineering, Londyn, Wielka Brytania 1999.

wywołuje przepływ prądu w ciele człowieka o gęstości sto razy mniejszej od tej, jaka jest skutkiem obecności pola elektrycznego. Jest to bardzo ważne stwierdzenie, jeżeli weźmie się pod uwagę fakt, że pole magnetyczne znacznie trudniej ekranować w porównaniu z polem elektrycznym.

Dodatkowo należy pamiętać, że skóra ludzka jest materiałem stosunkowo dobrze przewodzącym elektrycznie, co dobrze świadczy o jej właściwościach ekranujących, tzn. zabezpieczających ciało ludzkie przed przedostawaniem się w jego wnętrze zewnętrznego pola elektrycznego. Niestety, wysoka przewodność skóry ludzkiej nie chroni już wnętrza ciała przed polem magnetycznym.

Na marginesie można dodać, że ciało owadów, w odróżnieniu od ludzkiego, pokryte jest chitynowym pancerzem o stosunkowo niskiej przewodności elektrycznej, a więc o słabych właściwościach ekranujących przed polem elektrycznym. Z tego też względu niektóre owady, jak trzmiele czy pszczoły, są bardzo wrażliwe na obecność pola elektrycznego.

Inną ważną informacją jest stwierdzenie, że prąd wyindukowany w obecności zmiennego pola magnetycznego o natężeniu od 12 A/m może zakłócić pracę rozrusznika serca. Z tego też względu Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) zaleca, by osoby z takimi urządzeniami ze szczególną ostrożnością i zapobiegliwością podchodziły do wszelkiego rodzaju źródeł pola<sup>5</sup>.

Najwięcej kontrowersji budzi zmienne pole elektryczne i magnetyczne jako czynnik mogący być przyczyną nowotworów. Istnieje mnóstwo publikacji na ten temat, traktujących zwłaszcza zmienne pole magnetyczne jako przyczynę różnych zaburzeń i schorzeń, w tym szczególnie nowotworów<sup>6</sup>.

Badania medyczne dotyczące oddziaływania zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego na organizmy żywe przeprowadza się w wielu płaszczyznach. Zaliczyć do nich można badania typu: *in vitro* (i), polegające na wydzieleniu komórki DNA, a następnie obserwowaniu, w warunkach hermetycznych, wpływu pola na komórki DNA; *in vivo* (ii), polegające na badaniu wpływu pola

---

<sup>5</sup> M.A. Abd-Allah, *Magnetic field-induced currents in human body in the proximity of power lines*, XIII International Symposium on High Voltage Engineering, Delft, Holandia 2003; S. Reivonen, *Internal currents in a human body with spheroidal model in 400 kV switching substation*, XI International Symposium on High Voltage Engineering, Londyn, Wielka Brytania 1999; H. Tarao, N. Hayashi, K. Isaka, *Characteristics of ELF magnetically induced current inside biological model with statistically distributed conductivities*, XII International Symposium on High Voltage Engineering, Bangalore, Indie 2001.

<sup>6</sup> T. Connor, H.J. Koch, *General aspects of electromagnetic fields for high voltage systems*, XIII International Symposium on High Voltage Engineering, Delft, Holandia 2003; E. Engelmann, J. Kindersberger, *Magnetic field stress during live working in high voltage transmission lines*, International Conference on Live Maintenance ICOLIM-2000, Madryt, Hiszpania 2000; M. Souques, J. Lambrozo, M. Plante, *Electromagnetic fields and health*, CIGRE session, Work Group 36.06. 2000.

na zwierzęta; laboratoryjne, przeprowadzane na ochotnikach (iii); epidemiologiczne, przeprowadzane na odpowiedniej populacji ludzi, która w większym stopniu wystawiona jest na działanie pola (iv). Niestety, wszystkie te rodzaje badań mają pewne wady.

Badania typu *in vitro* (i) pozbawiają możliwości wykorzystania całego arsenału naturalnych mechanizmów obronnych, jakimi dysponują organizmy żywe, ponieważ w badaniach tych udział biorą tylko wyselekcjonowane komórki DNA. Do mechanizmów, jakie wykształciły się na drodze ewolucji człowieka, zaliczyć można mechanizm adaptacyjny (przystosowawczy), kompensacyjny (wyrównawczy) czy regenerujący (naprawczy).

Z kolei wyniki badań na zwierzętach (ii) trudno jest bezpośrednio przenieść na człowieka z powodu innej budowy ciała i innego systemu odpornościowego.

Badania na ochotnikach (iii) mają ten minus, że dotyczą grupy osobników, które tylko w czasie eksperymentu poddane są oddziaływaniu pola. Natomiast badania epidemiologiczne (iv) na odpowiedniej populacji ludzi są w zasadzie niemożliwe do przeprowadzenia z tego względu, że populacja taka praktycznie nie istnieje<sup>7</sup>.

Na całym świecie analiza wpływu zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego jest tematem szeroko zakrojonych badań, mimo wielu problemów dotyczących prawidłowego wnioskowania. Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w wielu ośrodkach naukowych można jednoznacznie stwierdzić, że nie ma negatywnego wpływu pola na komórki DNA. Trudno wysunąć jednoznaczne wnioski dotyczące oddziaływania pola na takie parametry, jak rytm serca, ciśnienie tętnicze, EKG (elektrokardiogram) czy EEG (encefalogram), ponieważ różne źródła podają różne, najczęściej sprzeczne, wyniki. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku zmiennego pola magnetycznego jako czynnika mogącego wywołać lub przyspieszyć rozwój nowotworów. Z jednej strony można znaleźć przeważającą liczbę artykułów mówiących o braku związku między polem magnetycznym a wzrostem ryzyka wystąpienia nowotworu. Z drugiej zaś – istnieją raporty udowadniające, że ryzyko takie istnieje.

Na podstawie badań przeprowadzonych na zwierzętach (ii) udowodniono, że zmienne pole magnetyczne może być czynnikiem rakotwórczym. Badania te przeprowadzono jednak w obecności pola o natężeniu rzędu tysięcy A/m, a jak wiadomo, człowiek nie ma kontaktu z tak wysokim poziomem natężenia pola magnetycznego.

---

<sup>7</sup> F. Mosiński, A. Wira, *Ekologiczne problemy przesyłu i użytkowania energii elektrycznej*, Wyd. Politechniki Łódzkiej, Łódź 1999; M. Szuba, *Inwestycje elektroenergetyczne w środowisku*, „Przegląd Komunalny” 2004, nr 2(149); M. Zmyślony, H. Aniołczyk, *Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na człowieka – metodyka prowadzenia badań i ocena wiarygodności ich wyników*, Konferencja Pola Elektromagnetyczne 50 Hz w Środowisku Człowieka, Poznań 2003.

Duże zaniepokojenie wywołać mogą wyniki uczonych ze Szwecji i USA, według których rozwój białaczki u dzieci może być spowodowany obecnością pola magnetycznego już o natężeniu 0,33 A/m, a według innych źródeł nawet o natężeniu 0,16 A/m. Warto jednak dodać, że nie istnieją żadne źródła mówiące o negatywnym wpływie zmiennego pola elektrycznego na rozwój nowotworów.

Wiele kontrowersji budzi wpływ pola, szczególnie magnetycznego, na proces rozwoju płodu ludzkiego. Warto podkreślić, że duże osiągnięcia w rozpoznaniu tego zagadnienia ma polski ośrodek badawczy – Katedra i Klinika Ginekologii Akademii Medycznej w Lublinie. Badania przeprowadzone przez ten ośrodek koncentrowały się wokół łożyska ludzkiego na poziomie *in vitro* (i). Na podstawie badań wykazano pewne anomalie w funkcjonowaniu łożyska, lecz należy dodać, że eksperyment odbywał się w obecności zmiennego pola magnetycznego o natężeniu równym aż 1600 A/m.

Ważną informacją jest fakt, że reakcja organizmów żywych na zmienne pole magnetyczne nie jest liniowa, co jeszcze bardziej utrudnia prawidłowe interpretowanie wyników badań medycznych. Wyniki badań dowodzą, że w obecności pola o natężeniu większym od 12 A/m organizm ludzki nie wykazywał żadnych reakcji, czego nie można powiedzieć w przypadku natężenia poniżej tej wartości. Efekt „okna” może być prawdopodobnie tłumaczony właściwościami adaptacyjnymi organizmu<sup>8</sup>.

Wiele organizacji międzynarodowych, w oparciu o wyniki niezależnych badań medycznych, wnioskuje, że zmienne pole elektryczne nie jest czynnikiem mogącym być źródłem różnego rodzaju schorzeń czy dolegliwości. W przypadku zmiennego pola magnetycznego takie organizacje, jak CIGRE (grupa robocza 36.06) oraz NIEHS (ang. National Institute of Environmental Health Science), zalecają dalsze badania, gdyż nie jest do końca poznany wpływ zmiennego pola magnetycznego na organizmy żywe. Utrudnieniem poznania tego wpływu może być fakt, że nie jest on zależnością liniową. Badania te powinny mieć zatem zdecydowanie charakter bardziej fundamentalny, by lepiej poznać istotę reakcji organizmów żywych na obecność zmiennego pola magnetycznego<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> R. Hauf, *Influence of alternating electric field 50 Hz on human beings*, Conference Biological effect of electromagnetic fields, Bierutowice 1980; S.J. London, T. Tynes, A. Ranung, *Electric and magnetic field cancer: an update*, CIGRE session, Working Group 36.06., 1995; R. Maruti, *Electric and magnetic fields around AC transmission lines*, IX International Symposium on High Voltage Engineering, Graz, Austria 1995.

<sup>9</sup> H. Markiewicz, *Bezpieczeństwo w elektroenergetyce*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002; A. Piłatowicz, *Zagadnienia pól elektromagnetycznych w pracach CIGRE*, Konferencja Pola Elektromagnetyczne 50 Hz w Środowisku Człowieka, Poznań 2003; M. Zeńczak, *Linie elektroenergetyczne w środowisku przyrodniczym*, Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Pomiarów wysokonapięciowe w elektroenergetyce, Poznań 1998.

Inne spojrzenie na zagadnienie oddziaływania zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego pozwala przypuszczać, że jego obecność może być czynnikiem wzmacniającym układ odpornościowy człowieka oraz ustrzegającym go od efektu „czystych rąk”.

Wpływ stałego pola elektrycznego i magnetycznego na organizmy żywe jest stosunkowo mały. Stałe pole elektryczne ( $E = 100\div 150$  V/m) i magnetyczne ( $H = 40$  A/m) jest składnikiem środowiska naturalnego Ziemi od początku jej istnienia. Z tego też względu organizmy żywe na etapie ewolucji zdążyły zaakceptować istnienie stałego pola elektrycznego i magnetycznego. Na podstawie badań medycznych udowodniono, że dopiero stałe pole magnetyczne o natężeniu przekraczającym wartość 3,2 MA/m jest przyczyną nudności w czasie poruszania głową. Jak wiadomo, człowiek nie ma kontaktu ze źródłami stałego pola magnetycznego o tak dużym natężeniu<sup>10</sup>.

## Podsumowanie

Na podstawie przytoczonych danych można stwierdzić, że pole elektryczne i magnetyczne, z jakim na co dzień ma kontakt człowiek, nie stanowi dla niego zagrożenia. Pole takie może wywołać w szczególnych przypadkach efekt termiczny, który jest jednak rejestrowany tylko dla bardzo dużych wartości jego częstotliwości. Pole może także wyindukować prąd w ciele człowieka, ale potrzebne są do tego duże wartości jego natężenia, znacznie przekraczające te, jakie występują wokół linii wysokiego napięcia. Istnieje dyskusja dotycząca pola jako czynnika będącego źródłem różnych schorzeń. Na dzień dzisiejszy nie ma jednak niepodważalnych dowodów na to, by jednoznacznie stwierdzić, że pole elektryczne czy magnetyczne było przyczyną różnych dolegliwości.

## Literatura

- Abd-Allah M.A., *Magnetic field-induced currents in human body in the proximity of power lines*, XIII International Symposium on High Voltage Engineering, Delft, Holandia 2003.
- Bottauscio R., Conti R., *Magnetically and Electrically induced currents in human body models by ELF electromagnetic fields*, X International Symposium on High Voltage Engineering, Quebec, Kanada 1997.

---

<sup>10</sup> *Linie i stacje elektroenergetyczne w środowisku człowieka*, red. M. Szuba, Biuro Konsultingowo-Inżynierskie „EKO-MARK”, Warszawa 2002.



- Chazan B., *Teratological and developmental effect of long – term exposition to low – level and thermal microwave fields of pregnant mice*, Conference Biological effect of electromagnetic fields, Bierutowice 1980.
- Connor T., Koch H.J., *General aspects of electromagnetic fields for high voltage systems*, XIII International Symposium on High Voltage Engineering, Delft, Holandia 2003.
- Conti R., *Live – line maintenance works – characterization of human exposure to 50 Hz electric and magnetic fields in view of a correct formulation of occupational protective standards*, International Conference on Live Maintenance, Madryt, Hiszpania 2000.
- Engelmann E., Kindersberger J., *Magnetic field stress during live working in high voltage transmission lines*, International Conference on Live Maintenance ICOLIM-2000, Madryt, Hiszpania 2000.
- Farag A.S., *Impact of electromagnetic fields management on the design of 500 kV transmission lines*, IX International Symposium on High Voltage Engineering, Graz, Austria 1995.
- Grudziński E., Trzaska H., *Electromagnetic field measurements for environment protection purpose*, Conference Biological effect of electromagnetic fields, Bierutowice 1980.
- Hamza A.H., Mahmoud Shaher A., Ghania Samy M., *Evaluation of human exposure to magnetic fields under live line maintenance conditions*, XIII International Symposium on High Voltage Engineering, Delft, Holandia 2003.
- Hauf R., *Influence of alternating electric field 50 Hz on human beings*, Conference Biological effect of electromagnetic fields, Bierutowice 1980.
- Linie i stacje elektroenergetyczne w środowisku człowieka*, red. M. Szuba, Biuro Konsultingowo-Inżynierskie „EKO-MARK”, Warszawa 2002.
- London S.J., Tynes T., Ranung A., *Electric and magnetic field cancer: an update*, CIGRE session, Working Group 36.06., 1995.
- Machczyński W., *Wprowadzenie do kompatybilności elektromagnetycznej*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004.
- Markiewicz H., *Bezpieczeństwo w elektroenergetyce*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
- Martinez E., *Effects of magnetism on living organism*, II Międzynarodowa Konferencja Naukowa Oddziaływanie Pól Elektromagnetycznych na Środowisko Rolnicze AGROLASER 2003, Lublin 2003.
- Maruti R., *Electric and magnetic fields around AC transmission lines*, IX International Symposium on High Voltage Engineering, Graz, Austria 1995.
- Matsumoto T., *Effect of concurrent ELF electric and magnetic field on induced current density in biological model in the vicinity of the ground*, XI International Symposium on High Voltage Engineering, Londyn, Wielka Brytania 1999.
- Mosiński F., Wira A., *Ekologiczne problemy przesyłu i użytkowania energii elektrycznej*, Wyd. Politechniki Łódzkiej, Łódź 1999.
- Mościcka-Grzesiak H., *Inżynieria wysokich napięć w elektroenergetyce*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1996.
- Piłatowicz A., *Zagadnienia pól elektromagnetycznych w pracach CIGRE*, Konferencja Pola Elektromagnetyczne 50 Hz w Środowisku Człowieka, Poznań 2003.
- Reivonen S., *Internal currents in a human body with spheroidal model in 400 kV switching substation*, XI International Symposium on High Voltage Engineering, Londyn, Wielka Brytania 1999.
- Souques M., Lambrozo J., Plante M., *Electromagnetic fields and health*, CIGRE session, Work Group 36.06., 2000.
- Szmigielski S., Sobiszewska E., *Współczesne poglądy na ryzyko nowotworowe pól magnetycznych 50 Hz w świetle wyników międzynarodowych programów naukowych*, Konferencja Pola Elektromagnetyczne 50 Hz w Środowisku Człowieka, Poznań 2003.
- Szuba M., *Inwestycje elektroenergetyczne w środowisku*, „Przegląd Komunalny” 2004, nr 2(149).

- Tarao H., Hayashi N., Isaka K., *Characteristics of ELF magnetically induced current inside biological model with statistically distributed conductivities*, XII International Symposium on High Voltage Engineering, Bangalore, Indie 2001.
- Trzaska H., *Pomiary pól elektromagnetycznych w polu bliskim*, WN PWN, Warszawa – Wrocław 1998.
- Zeńczak M., *Linie elektroenergetyczne w środowisku przyrodniczym*, Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Pomiary wysokonapięciowe w elektroenergetyce, Poznań 1998.
- Zmyślony M., Aniołczyk H., *Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na człowieka – metodyka prowadzenia badań i ocena wiarygodności ich wyników*, Konferencja Pola Elektromagnetyczne 50 Hz w Środowisku Człowieka, Poznań 2003.

### **Influence of electric and magnetic fields on living organisms**

**Abstract.** *The paper presents an analysis of the influence of electric and magnetic fields on living organisms. Immediate effects and those observed after some time were described. Immediate effects were divided by thermal effect and the induction of current in the human body. In addition, a detailed analysis of the possibility of illness caused by the electric or magnetic fields was shown. A comparison between values of the fields necessary for the appearance of negative effects, and values of fields generated by various devices, including electric power systems, was done as well.*

**Keywords:** *Electric and magnetic fields, living organisms*