

dr inż. KRZYSZTOF GRYZ
 dr inż. JOLANTA KARPOWICZ
 mgr inż. PATRYK ZRADZIŃSKI
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy

Pole magnetyczne wytwarzane przez wyposażenie elektroenergetyczne w budynkach

– zalecenia profilaktyczne dotyczące ograniczenia narażenia długotrwałego



Fot. Liliya Abdullina/Bigstockphoto

Przedstawiono problematykę zagrożeń elektromagnetycznych występujących w budynkach z wyposażeniem elektroenergetycznym (stacje transformatorowe, rozbudowane instalacje zasilające) w aspekcie wyników badań dotyczących skutków narażenia ludności na pole magnetyczne małych częstotliwości. Scharakteryzowano poziomy pola elektromagnetycznego oraz zaprezentowano metody jego ograniczania w otoczeniu elektroenergetycznego wyposażenia budynków.

Magnetic fields in buildings with electrical power equipment – preventive recommendations on reducing long-lasting exposure

This paper discusses electromagnetic hazards caused by electrical power equipment in buildings (transformer stations, extended power supplying installations) in relation to results of studies on public exposure to low-frequency magnetic fields. It presents the level of the electromagnetic field and measures for reducing it in the vicinity of electrical power equipment.

Wstęp

Pola elektromagnetyczne powszechnie występują zarówno w środowisku pracy, jak i w środowisku życia człowieka, m.in. wskutek wykorzystywania i przetwarzania energii elektrycznej. Instalacje elektryczne, zasilające urządzenia eksploatowane w pomieszczeniach pracy lub w mieszkaniach, są źródłem wytwarzanego praktycznie nieprzerwanie pola elektromagnetycznego małej częstotliwości. Użytkowanie coraz większej liczby urządzeń elektrycznych, zwiększające konsumpcję energii elektrycznej, powoduje wzrost obciążenia prądowego wewnętrznej instalacji zasilającej budynków. Może to prowadzić do wzrostu narażenia na wytwarzane przez nie pole elektromagnetyczne, należące do szkodliwych czynników środowiska. Konieczne jest zatem świadome kształtowanie parametrów i warunków eksploatacji źródeł pól występujących w miejscach stałego przebywania ludzi.

Pole elektromagnetyczne małej częstotliwości w budynkach

Pole elektromagnetyczne małej częstotliwości wytwarzane jest przez instalacje i urządzenia elektroenergetyczne znajdujące się w pomieszczeniach technicznych (szynoprzewody i kable niskiego lub średniego napięcia stacji transformatorowych),

3-fazowe instalacje zasilające niskiego napięcia 230/400 V prowadzone w kanałach kablowych wewnątrz ścian lub stropów oraz 1-fazowe instalacje 230 V podtynkowe lub prowadzone w listwach przyściennych.

Pole elektryczne może być skutecznie ekranowane przez metalowe obudowy urządzeń lub ściany budynku. Nie przenika więc do pomieszczeń sąsiednich. Dlatego też w nieprzemysłowych pomieszczeniach pracy i mieszkaniach występują jedynie pola elektryczne pochodzące od eksploatowanych tam urządzeń i zasilających je instalacji 230/400 V. W odległości 0,5-1 m od urządzeń są to zwykle pola nieprzekraczające 10 V/m. Z kolei pole magnetyczne małej częstotliwości nie jest ekranowane przez ściany i stropy budynku, rozprzestrzenia się więc poza pomieszczenia eksploatacji źródła tego pola. Poziom narażenia na nie jest uzależniony od wielu czynników, m.in. od:

- natężenia prądu płynącego w źródle pola
- odległości od źródła
- geometrii źródła, m.in. odległości między elementami źródła zasilanymi prądem o różnych fazach
- równomierności obciążenia prądowego poszczególnych elementów źródła zasilanych prądem o różnych fazach, np. w instalacji trójfazowej.

Niskonapięciowe wyposażenie elektroenergetyczne stacji transformatorowych, przez które przepływa całkowity prąd zasilający eksploatowane aktualnie urządzenia elektryczne, jest źródłem

najsilniejszego pola magnetycznego. Do 1995 roku możliwe było w Polsce lokalizowanie stacji transformatorowych w budynkach z pomieszczeniami przeznaczonymi na stały pobyt ludzi (powyżej 4 godzin na dobę) bez ograniczeń ze względu na występujące w ich otoczeniu uciążliwości, związane z oddziaływaniem pól elektromagnetycznych [1, 2]. Istnieje zatem wiele budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej i innych (np. biurowych) z pomieszczeniami zlokalizowanymi bezpośrednio w sąsiedztwie stacji transformatorowych. Na podstawie interpolacji danych dotyczących Warszawy można szacować, że w całym kraju w budynkach może być zlokalizowanych ok. 34 tys. stacji transformatorowych, a liczba osób, na które oddziałują pola od wyposażenia elektroenergetycznego może sięgać nawet 200 tysięcy.

Wyniki badań własnych autorów wskazują, że w pomieszczeniach sąsiadujących z różnego rodzaju urządzeniami elektroenergetycznymi indukcja magnetyczna dochodzi najczęściej do kilku-kilkunastu mikrotlesli (μT), charakteryzując się znacznymi zmianami w ciągu doby lub w różnych porach roku, zależnie od obciążenia instalacji elektrycznej [3, 4]. Jest to poziom pola magnetycznego zdecydowanie wyższy od pól w pomieszczeniach znajdujących się z dala od takich urządzeń [5, 6]. Potwierdzają to także dane z badań środowiskowych wykonanych w różnych krajach europejskich, które wskazują, że w budynkach mieszkalnych poziom pola magnetycznego o częstotliwości przemysłowej 50

Hz mieści się zwykle w przedziale od 0,01 do 0,1 μT , a natężenie pola elektrycznego nie przekracza 100 V/m [7]. Jedynie w ok. 2% budynków indukcja magnetyczna przekracza 0,2 μT . Z kolei wg danych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) [8] większość osób (74-90%) objętych różnymi badaniami epidemiologicznymi była narażona na pole magnetyczne o średniej indukcji nie przekraczającej 0,1 μT , a narażenie na pola o indukcji przekraczającej 0,3 μT dotyczyło 0,5 – 4,5% grupy objętej badaniami.

Zagrożenia zdrowia związane z narażeniem na pola magnetyczne małej częstotliwości

Badania zagrożeń zdrowia związanych z narażeniem na pole magnetyczne małych częstotliwości mają ponad 30-letnią historię. Wyniki licznych badań naukowych, dotyczących skutków zdrowotnych oddziaływania słabego pola magnetycznego małej częstotliwości na ludzi, występującego w sąsiedztwie elektroenergetycznych linii przesyłowych wysokiego napięcia, wiążą wieloletnie narażenie na pole o średniej indukcji magnetycznej rzędu 0,4-0,5 μT ze zwiększoną 2-krotnie częstotliwością białaczek u dzieci [7-11]. Opublikowano również prace wskazujące na zwiększone ryzyko chorób nowotworowych wśród osób długotrwale narażonych na pola magnetyczne, np. zwiększoną śmiertelność z powodu choroby Alzheimera [12]. Dane naukowe wskazują również na możliwość interakcji pola magnetycznego z innymi czynnikami, takich jak: modyfikacja metabolizmu niektórych leków. Przykładem jest zmniejszona, u osób podlegających oddziaływaniu pola magnetycznego, skuteczność przeciwnowotworowego leku Tamoxifen [10].

Pomimo znanych różnych mechanizmów oddziaływania pól magnetycznych na organizmy żywe nie wypracowano dotychczas konsensusu w sprawie modeli przyczynowo-skutkowych, wyjaśniających tego typu skutki narażenia. W związku z tym w monograficznych opracowaniach Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem (IARC) [9], WHO [8] czy działającego przy Komisji Europejskiej Komitetu Naukowego ds. Pojawiających się i Nowo Rozpoznanych Zagrożeń dla Zdrowia (SCENIHR), [10] związek zachorowań z narażeniem na pola

elektromagnetyczne małej częstotliwości jest identyfikowany jedynie w statystycznych danych epidemiologicznych, odnoszących się np. do grup ludzi zamieszkujących w otoczeniu linii energetycznych, bez konkluzji dotyczących indywidualnych osób.

Na podstawie wyników badań epidemiologicznych w 2002 r. pola magnetyczne małej częstotliwości zaklasyfikowano do czynników przypuszczalnie rakotwórczych (grupa 2B klasyfikacji IARC) [9]. W wydanej w 2007 r. monografii WHO stwierdzono, że występuje możliwość związku przyczynowego ryzyka białaczki u dzieci z narażeniem na pola magnetyczne o częstotliwości 50/60 Hz [8]. Raporty Komitetu SCENIHR z 2007 i 2009 nie podważyły tych opinii [10, 11].

Ocena narażenia na pole magnetyczne w budynkach

Dopuszczalny poziom narażenia na pole elektromagnetyczne o częstotliwości przemysłowej 50 Hz w środowisku regulują krajowe przepisy ochrony środowiska (indukcja magnetyczna w miejscach dostępnych dla ludności 75 μT , natężenie pola elektrycznego dla terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową 1000 V/m) [13]. Nieobligatoryjna Rekomendacja Unii Europejskiej (dopuszczalna indukcja magnetyczna – 100 μT , dopuszczalne natężenie pola elektrycznego – 5000 V/m), stosowana jest szeroko w państwach europejskich do oceny narażenia ogółu ludności [14]. Pod wpływem omówionych wcześniej wyników [8, 9] badań medycznych oraz stanowisk IARC i WHO, w wielu państwach europejskich, m.in. w Austrii, Włoszech, Szwajcarii, Szwecji, Danii uznano konieczność zwiększenia prewencyjnej ochrony ludzi w obszarach zabudowy mieszkaniowej przez dodatkowe ustalenia w formie zaleceń, przepisów prawnych, czy porozumień między władzami lokalnymi i przedsiębiorstwami energetycznymi [15]. Dodatkowe ustalenia mają na celu zmniejszenie poziomu pola magnetycznego o częstotliwości przemysłowej 50 Hz w budynkach mieszkalnych do wartości 0,4-10 μT , przy czym wartości graniczne definiowane są różnie: jako wartość średnioroczna, chwilowa dobowa lub średnia dla narażenia powyżej 4 godzin na dobę, a dotyczą obiektów

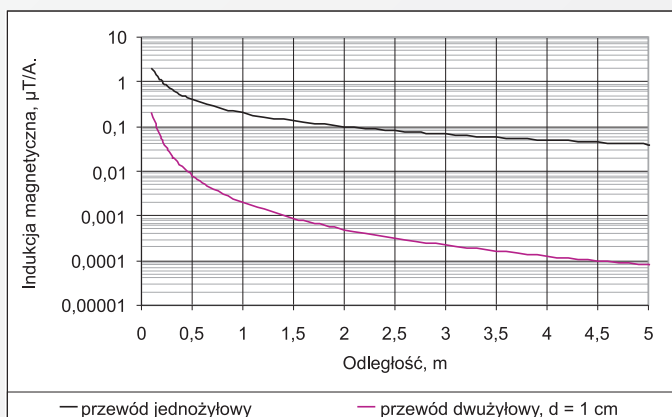
istniejących lub jedynie nowo wznoszonych [15]. Także Parlament Europejski zalecił, aby w celu zmniejszenia szkodliwych dla zdrowia oddziaływań środowiskowych Komisja Europejska zachęciła państwa członkowskie UE do pobudzania podmiotów działających na rynku do poprawy jakości powietrza wewnątrz budynków oraz ograniczenia narażenia na pola elektromagnetyczne w budynkach [16].

Ekspozycja na pole elektromagnetyczne o częstotliwości przemysłowej 50 Hz, występujące w otoczeniu instalacji elektroenergetycznych w budynkach nie przekracza w Polsce dopuszczalnych poziomów, określonych w przepisach ochrony środowiska [13]. Może jednak przekraczać ww. ostrzejsze wymagania prewencyjne ustalone w innych krajach [15].

Działania profilaktyczne

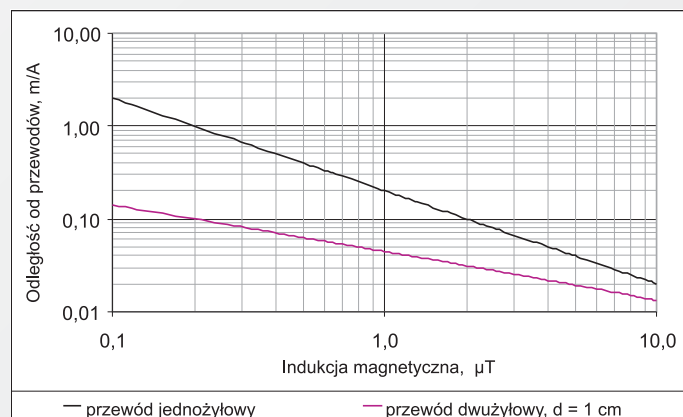
Działania systemowe, zmierzające do ochrony przed narażeniem wieloletnim na pole magnetyczne małych częstotliwości występujące w budynkach, wpisują się we wspomniane działania, zalecane na forum międzynarodowym. Ograniczanie narażenia jest szczególnie uzasadnione w pomieszczeniach, w których przebywający w nich ludzie podlegają oddziaływaniu pola przez wiele godzin dziennie i przez długie lata, co dotyczy miejsc, w sąsiedztwie których znajdują się stale działające urządzenia, np. elektroenergetyczne instalacje zasilające. W celu ograniczenia narażenia można wykorzystać znane metody organizacyjne i rozwiązania techniczne dotyczące konstruowania i eksploatacji urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne o ograniczonym oddziaływaniu na ludzi [4, 5, 6, 17].

Lokalizowanie stanowisk pracy lub miejsc długotrwałego przebywania z dala od istniejącej instalacji elektrycznej jest podstawową metodą ograniczania długotrwałego narażenia na pole magnetyczne przekraczające 0,4-0,5 μT . Poziom pola magnetycznego, oddziałującego na osoby przebywające w otoczeniu instalacji jednofazowej (np. typowej instalacji 230/400 V), może być oszacowany z zależności przedstawionych na rys. 1., a zasięg występowania pola magnetycznego o określonym poziomie z zależności na rys. 2. [4]. Prezentują one rozkłady pola magnetycznego wokół nieskończenie długiego



Rys. 1. Indukcja magnetyczna w otoczeniu przewodów: jednożyłowego i dwużyłowego o odległości między żyłami 1 cm, przy natężeniu prądu 1 A, w funkcji odległości od przewodów

Fig. 1. Magnetic flux density in the vicinity of conductors: single-wire and double-wire (1 cm apart) for current of 1A as a function of distance from conductors



Rys. 2. Zasięg pola magnetycznego o określonym poziomie indukcji magnetycznej w otoczeniu przewodów: jednożyłowego i dwużyłowego o odległości między żyłami 1 cm, przy natężeniu prądu 1 A

Fig. 2. The range of a magnetic field for a defined level of magnetic flux density in the vicinity of conductors: single-wire and double-wire (1 cm apart), for current of 1 A

przewodu jednożyłowego oraz dwużyłowego o odległości między żyłami 1 cm (obliczenia wykonano w oparciu o wzory analityczne). Ponieważ poziom pola magnetycznego jest proporcjonalny do natężenia prądu w przewodach, dane z wykresów z rys. 1. i 2. można przeskalować dla instalacji o dowolnym obciążeniu prądowym.

Przy rzeczywistych instalacjach elektrycznych, w miarę oddalania się od przewodów, ujawnia się wpływ ich skończonych wymiarów oraz kształtu i rzeczywiste poziomy pola stopniowo zmniejszają się w stosunku do wartości podanych w odniesieniu do przewodów nieskończenie długich.

Samokompensacja pola magnetycznego w otoczeniu przewodów jest funkcją ich odległości. Całkowita kompensacja pola magnetycznego występuje w otoczeniu instalacji, w której prądy o jednakowym natężeniu płyną w przewodach o niemal zerowej odległości (neutralnym i fazowym w przypadku instalacji jednofazowej lub fazowymi w przypadku instalacji trójfazowej).

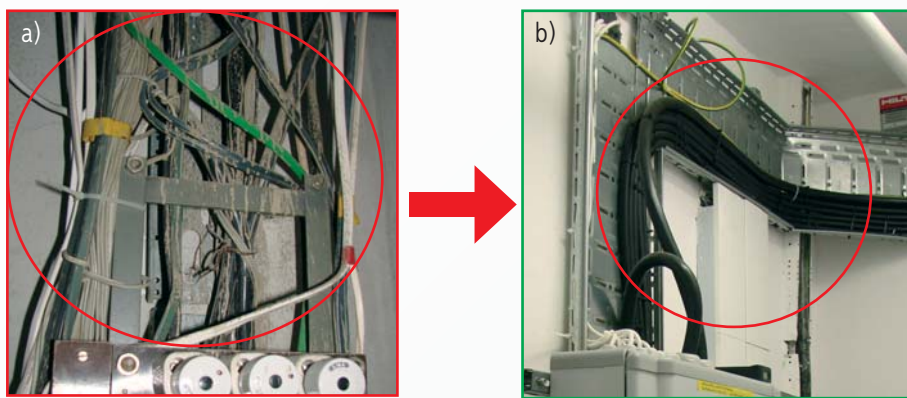
Instalacja elektryczna, zwłaszcza w pomieszczeniach pracy, prowadzona jest najczęściej w sufitach podwieszanych lub w kanałach kablowych na ścianach, kablami rozłożonymi w sposób przypadkowy i nieuporządkowany (rys. 3a). Łączenie przewodów w wiązki umożliwia samokompensację pola wytwarzanego przez prądy płynące w poszczególnych przewodach i chroni przed narażeniem (rys. 3b). Skupiona wiązka izolowanych kabli trójfazowych jest rozwiązaniem najlepiej zmniejszającym pole magnetyczne w pomieszczeniach (rys. 4b). Szyny prądowe niez izolowane, rozłożone ze względu na wymagania przeciwzwarceniowe w stosunkowo dużej odległości od siebie (rys. 4a), są rozwiązaniem mniej korzystnym. Stosowanie kabli izolowanych pozwala również na dowolne prowadzenie instalacji w pomieszczeniach technicznych, np. w większej odległości od ścian i sufitu niż przy szynoprzewodach, wskutek czego w pomieszczeniach sąsiadujących z nimi możliwe jest skuteczniejsze zmniejszenie narażenia na pole magnetyczne.

Poziom pola magnetycznego i narażenia osób przebywających w otoczeniu instalacji trójfazowej może być oszacowany z zależności przedstawiających wyniki symulacji numerycznych rozkładu pola magnetycznego wokół typowych układów przewodów:

- szynoprzewodów fazowych umieszczonych w jednej płaszczyźnie (stosowanych jako odprowadzenia mocy z transformatorów rozdzielczych w stacjach wewnątrzowych)

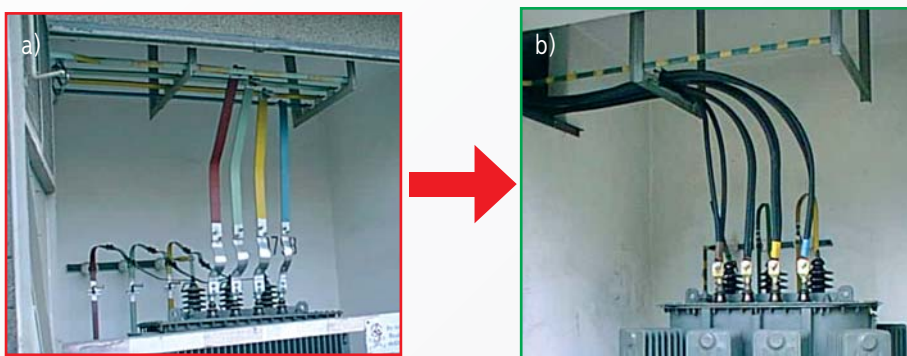
- wiązki kabli rozmieszczonych w trójkącie równobocznym,

dla przepływającego w każdym przewodzie fazowym prądu o natężeniu 1 A, z uwzględnieniem przesunięć fazowych $\pm 120^\circ$. Na potrzeby obliczeń stworzony został model układu rozłożonych liniowo szynoprzewodów o przekroju poprzecznym 5x1 cm, rozseparowanych na odległość 8 cm oraz wiązki rozłożonych w wierzchołkach trójkąta równobocznego kabli o średnicy 2 cm i odległości 1 cm między nimi, przedstawionych na rys. 5. [4]. Obliczenia wykonano dla niesymetrii obciążenia prądowego (prądy w dwóch przewodach o natężeniach $\pm 20\%$ w stosunku do natężenia prądu w trzecim przewodzie 1 A). Zasympulowany poziom nierównoważenia fazowego rozpatrywanej instalacji odpowiada typowym sytuacjom, występującym



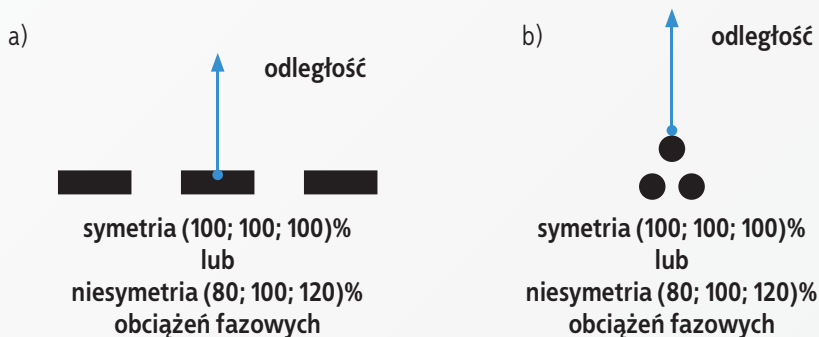
Rys. 3. Łączenie kabli w wiązki, jako metoda ochrony przed narażeniem na pole magnetyczne w otoczeniu instalacji elektrycznych: a) instalacja prowadzona w sposób przypadkowy; b) instalacja zgrupowana w wiązki [fot. autorzy]

Fig. 3. Combining cables in bunches as a method of protection against exposure to a magnetic field in the vicinity of electrical installations: a) a random installation; b) an installation in bunches



Rys. 4. Zamiana szynoprzewodów łączących transformator 15/0,4 kV z rozdzielnią niskiego napięcia (a) kablami izolowanymi (b), jako metoda ograniczania poziomu pól magnetycznych w otoczeniu wyposażenia elektroenergetycznego [fot. autorzy]

Fig. 4. Exchange of low-voltage buses for a 15/0.4 kV transformer (a) with bunched cables (b) as a method of reducing the magnetic field in the vicinity of electrical power equipment



Rys. 5. Układ rozłożonych liniowo szynoprzewodów (a) i wiązki kabli (b), dla których wykonano obliczenia rozkładu pola magnetycznego zaprezentowane na rys. 6. i 7.

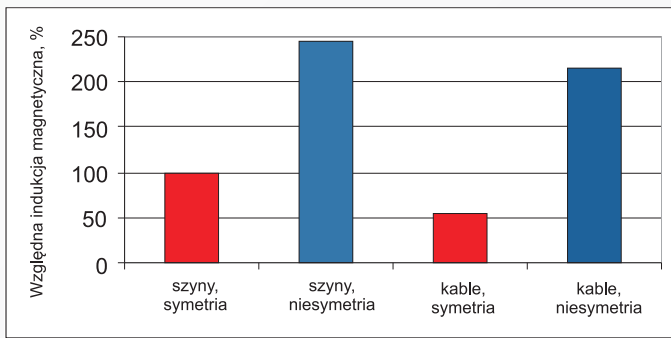
Fig. 5. Buses located in one plane (a) and bunched cables (b), modelled in numerical calculations of magnetic field distribution presented in fig. 6 and 7

w warunkach rzeczywistego obciążenia instalacji w budynkach z wieloma niezależnymi odbiorcami energii elektrycznej.

Zastępowanie szyn prądowych izolowanymi kablami może skutkować kilkukrotnym zmniejszeniem poziomu pola magnetycznego w sąsiednich pomieszczeniach (rys. 6. i 7.). Jednak o skuteczności zjawiska samokompensacji przy wiązce przewodów 3-fazowych decyduje również równomierność obciążenia prądowego poszczególnych faz. Samokompensacja jest znacznie osłabiona, gdy poszczególne przewody są obciążone nierównomiernie

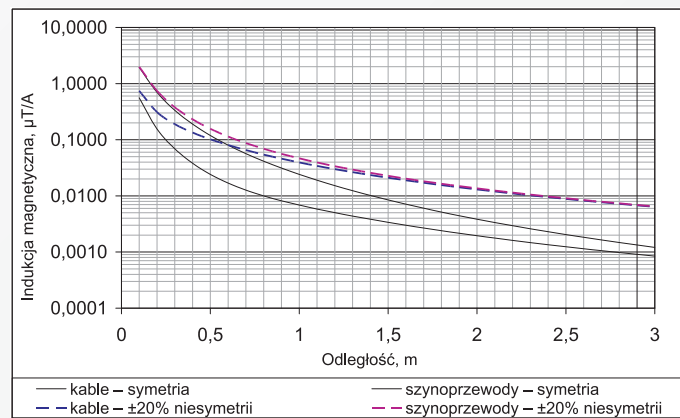
(rys. 6. i 7.). Dane z rys. 7. można przeskalować dla dowolnego obciążenia prądowego (zależność liniowa).

Poza wymienionymi metodami ograniczania narażenia na pole elektromagnetyczne można osiągnąć np. przez stosowanie osłon ekranujących. Jako materiał ekranujący pole elektryczne małej częstotliwości mogą być użyte dowolne przewodniki elektryczne. Wystarczającą skuteczność ekranowania, np. ograniczającą natężenie pola na stanowiskach pracy w rozdzielniach elektroenergetycznych do poziomu występującego w pomieszczeniach pracy biurowej,



Rys. 6. Względna indukcja magnetyczna w odległości 1,5 m od rozseparowanych przewodów (konfiguracja niez izolowanych szynoprzewodów) oraz wiązki kabli (konfiguracja kabli izolowanych) z rys. 5., przy symetrii i niesymetrii obciążenia ($\pm 20\%$) w poszczególnych przewodach fazowych (jako wartość odniesienia przyjęto indukcję magnetyczną pola od szynoprzewodów z obciążeniem symetrycznym)

Fig. 6. Relative level of magnetic flux density 1.5 m from separated cables (configuration of non-insulated buses) and bunched cables (configuration of insulated cables) from fig. 5, for symmetry and non-symmetry of current load ($\pm 20\%$) in each phase (normalised to magnetic flux density for buses with a symmetrical current load)



Rys. 7. Indukcja magnetyczna, przy natężeniu prądu 1A, dla symetrii i niesymetrii ($\pm 20\%$) obciążenia fazowych, w funkcji odległości od układu szynoprzewodów z rys. 5a i układu wiązki kabli z rys. 5b

Fig. 7. Magnetic flux density for current of 1A and symmetry and non-symmetry ($\pm 20\%$) of current load in each phase as a function of the distance from buses in fig. 5a and from cables in fig. 5b

zapewniają nawet siatki metalowe. Znacznie trudniej ekranuje się pola magnetyczne małej częstotliwości, a skuteczność ekranowania bywa niewspółmierna do poniesionych kosztów. Publikowane dane wskazują, że krotność osłabienia pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz przy użyciu materiałów takich jak blacha aluminiowa lub stalowa może wynosić co najwyżej kilka razy [17]. Bardziej efektywne materiały, ze względu na wysokie koszty, stosowane są sporadycznie do bardzo specjalistycznych instalacji. Do ekranowania pola magnetycznego powinno się stosować materiały, których względna przenikalność magnetyczna jest duża (co najmniej kilka tysięcy), w których nie występuje zjawisko nasycenia. Na ekrany jednowarstwowe najefektywniejsze są μ -metale, tj. stopy niklu i żelaza (o przenikalności względnej kilkadziesiąt tysięcy, niedostępne w formie blach o wymiarach umożliwiających osłanianie dużych powierzchni) [17]. Stosowanie ekranów wielowarstwowych z przewodzących materiałów magnetycznych i niemagnetycznych zwiększa skuteczność ekranowania. Z powodu wymienionych trudności, ekranowanie należy traktować jako działanie uzupełniające do innych metod ograniczających narażenie na pole magnetyczne małych częstotliwości.

Podsumowanie

Pola elektromagnetyczne wytwarzane przez urządzenia i wyposażenie elektroenergetyczne znajdujące się w budynkach lub poza nimi budzą bardzo często negatywne emocje osób pracujących lub zamieszkujących w sąsiedztwie. Tego rodzaju obawy mogą być związane z percepcją społeczną wyników badań naukowych, wskazujących na możliwość zagrożenia zdrowia ludności wskutek długoletniego oddziaływania pola magnetycznego małej częstotliwości. Tymczasem jego poziom w miejscach przebywania ludności jest stosunkowo niski (rzędu kilku μT) w porównaniu z narażeniami występującymi przy urządzeniach specjalistycznych, używanych w zakładach przemysłowych lub placówkach ochrony zdrowia (w zależności od urządzenia i warunków jego obsługi nawet do kilkuset μT).

Ekspozycja na pole magnetyczne małej częstotliwości w pomieszczeniach mieszkalnych lub pracy, sąsiadujących z wyposażeniem elektroenergetycznym (stacje transformatorowe, rozbudowane instalacje zasilające niskiego napięcia) nie przekracza dopuszczalnego poziomu w odniesieniu do ogółu ludności (75 μT). Jednak poziomy pola magnetycznego w tych pomieszczeniach, w których spędza się wiele godzin w ciągu doby, są porównywalne – a niekiedy większe od poziomów pola magnetycznego wytwarzanego przez napowietrzne elektroenergetyczne sieci przesyłowe wysokich napięć (powyżej 0,4 μT), wobec których wyniki badań sygnalizują zagrożenia zdrowia przy wieloletnim oddziaływaniu pola (m.in. zwiększone ryzyko chorób nowotworowych i neurodegeneracyjnych). W aspekcie wyników tych badań biomedycznych, narażenie ludzi należy ograniczać przez zastosowanie zaprezentowanych m.in. w niniejszym artykule metod i rozwiązań technicznych.

PIŚMIENNICTWO

[1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. DzU nr 10 poz. 46, 1995

[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. DzU nr 75 poz. 690, 2002 (z późn. zm.)

[3] K. Gryz, J. Karpowicz *Pola elektromagnetyczne w budynkach ze stacjami transformatorowymi*, „Biuletyn WAT”, vol. LVIII, nr 4/2009, s. 125-137

[4] K. Gryz, J. Karpowicz, P. Zradziński *Ocena pól elektromagnetycznych w budynkach z wewnętrznym wyposażeniem elektroenergetycznym oraz opracowanie rozwiązań promujących ograniczenie ekspozycji pracowników i mieszkańców*, niepublikowane sprawozdania CIOP-PIB, 2008-2010

[5] K. Gryz, J. Karpowicz *Ekspozycja na pola elektromagnetyczne w pomieszczeniach biurowych i metody jej ograniczania*, „Przegląd Elektrotechniczny” 12/2004, s. 1188-1193

[6] J. Karpowicz, K. Gryz *Pola elektromagnetyczne w pomieszczeniach biurowych i nieprzemysłowych – Kształtowanie środowiska pracy*. CIOP-PIB, Warszawa 2007

[7] *Report of Executive Agency for Health and Consumers (EAHC) – Promoting Healthy Environments with a Focus*

on the Impact of Action on Electromagnetic Fields, August 2010 (87 stron)

[8] WHO (2007) Environmental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Fields (ELF), http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html

[9] IARC Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields, IARC Monographs 80, IARC Press: Lyon 2002

[10] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR, Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health, Opinion adopted at the 16th plenary of 21 March 2007 after public consultation, http://www.bernard-brissaud.com/telechargements/scenihr_o_007.pdf

[11] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR, Health Effects of Exposure to EMF, Opinion adopted at the 28th plenary on 19 January 2009, http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_022.pdf

[12] Huss i wsp. *Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population*, Am J Epidemiol, Jan 15/2009; 169 (2): 167-75

[13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. DzU nr 192, poz. 1883

[14] *Council of the European Union Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*, 1999/519/EC, Official Journal of the European Communities, L 199/59

[15] www.emfs.info/Related+Issues/limits/world/

[16] Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 4 września 2008 r. w sprawie śródkresowego przeglądu Europejskiego planu działania na rzecz środowiska i zdrowia na lata 2004-2010 (2007/2252 (INI), <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=REPORT&reference=A6-2008-0260&language=PL&mode=XML>

[17] Materiały Round Table on Magnetic Field Mitigation Techniques, CIRED 2003 17th International Conference on Electricity Distribution Barcelona, 12-15.05.2003

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowanego w latach 2008-2010 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wzwyższego. Koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.