

Ekspozycja na pola elektromagnetyczne w elektrycznych pojazdach komunikacji miejskiej

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

Przeprowadzono identyfikację i badania pól elektromagnetycznych oddziałujących na pracowników obsługujących elektryczne pojazdy komunikacji miejskiej oraz analizę wymagań odnośnie metodyki i aparatury do takich badań. Dominujące składowe ekspozycji charakteryzują: pasmo częstotliwości pól od sieci trakcyjnej 50 Hz – 2 kHz; pasmo częstotliwości pól od krótkotrwałych (rzędu 0,1 sekundy) stanów przejściowych układów zasilających 5-25 Hz; średnia i maksymalna wartość skuteczna indukcji magnetycznej rejestrowana w paśmie 5 Hz – 32 kHz, z częstotliwością archiwizacji co 5 sekund, wynoszące odpowiednio: w tramwajach 0,78 i 8,6 μT , w metrze 0,53 i 17,1 μT , w elektrycznych zespołach trakcyjnych kolei miejskiej 0,41 μT i 5,1 μT . Stwierdzono, że poprawna ocena poziomu pól magnetycznych występujących wskutek stanów przejściowych w układach zasilających nie jest możliwa przy użyciu typowej aparatury do pomiaru wartości skutecznej natężeń pól.

Exposure to electromagnetic fields in electrical vehicles of urban transportation

Identification and investigations of electromagnetic fields (EMF) affecting workers in electrical vehicles of urban transportation have been performed. Analyses of the requirements concerning methods and measurement equipment for such investigations were conducted. The dominant components of investigated EMF are: frequency range of EMF from power supplying system 50 Hz – 2 kHz; frequency range of EMF from short-term (approx. 0.1 s) transient states of power supplying system 5-25 Hz; mean and maximum values of magnetic flux density, registered in the frequency band 5 Hz – 32 kHz with 5-second sampling of RMS respectively: in trams 0.78 and 8.6 μT , in underground 0.53 and 17.1 μT , in electric multiple units of urban railway 0.41 and 5.1 μT . Assessment of magnetic fields associated with transient states in power supplying systems is not possible with the use of typical RMS meters for magnetic fields.

Wstęp

Różnorodne źródła pól elektromagnetycznych znajdujące się w środkach transportu o napędzie elektrycznym są przyczyną ekspozycji bardzo licznej grupy pracowników kierujących pojazdami zawodowo – maszynistów kolejowych, elektrycznych zespołów trakcyjnych oraz metra, motorniczych tramwajów, a także pracowników obsługi tych pojazdów (m.in. konduktorów, kontrolerów biletów, ochrony – dostępne rozproszone dane wskazują, jest to w Polsce ponad 50 tys. pracowników). Ekspozycji jako pasażerowie podlegają również pracownicy innych grup i ludność, dojeżdżający do pracy pojazdami komunikacji zbiorowej o napędzie elektrycznym. Przykładowo, szacuje się, że z warszawskiego metra korzysta dziennie ok. 300 tys. pasażerów [1].

Przedmiot badań

Prezentowane badania odnoszą się do ekspozycji na pola w elektrycznych pojazdach komunikacji zbiorowej, eksploatowanych na terenie Warszawy (kolej miejska, metra, tramwaje). W szczególności objęły pracowników kierujących pojazdami, jednak z uwagi na rodzaj źródeł pól elektromagnetycznych i ich lokalizację w pojazdach, zaprezentowana

ocena występujących w środkach transportu zagrożeń może być także wykładnikiem poziomu ekspozycji pasażerów.

Kolejowe pojazdy trakcyjne

Elektryczne zespoły trakcyjne (EZT) zasilane są z sieci prądu stałego. Układy napędowe w EZT (silniki napędowe prądu stałego) usytuowane są pod przedziałami pasażerskimi. Sieć trakcyjna jest głównym źródłem pola magnetycznego oddziałującego na maszynistę i pasażerów. Dodatkowo źródłem pola jest wyposażenie elektryczne pojazdów, np. instalacja oświetleniowa, urządzenia kontrolno-sterujące, windy dla osób niepełnosprawnych. Pomiar pola elektromagnetycznego w EZT przeprowadzono w pojazdach:

- typu EN57 prod. PAFAWAG (eksploatowanych na trasie Kolei Mazowieckich)
- typu 14WE prod. NEWAG (eksploatowanych na trasie Szybkiej Kolei Miejskiej)
- typu EN94 prod. PAFAWAG (eksploatowanych na trasie Warszawskiej Kolei Dojazdowej).

Tramwaje

Podstawowymi źródłami pola elektromagnetycznego w tramwajach są elektryczne jednostki napędowe oraz zasilająca je sieć

trakcyjna prądu stałego. Układy napędowe w tramwajach usytuowane są pod przedziałami pasażerskimi. Tramwaje wyposażone są również w różnego rodzaju urządzenia elektryczne i elektroniczne.

Pomiary pola elektromagnetycznego przeprowadzono w podstawowych 4 typach tramwajów eksploatowanych w Warszawie: 13N, 105Na, 105N2k, 116N. Wagony tramwajowe mogą być napędzane silnikami trakcyjnymi prądu stałego lub przemiennego, zależnie od ich typu.

Metro

Podstawowymi źródłami pola elektromagnetycznego w wagonach metra są jednostki napędowe oraz sieć zasilająca prądu stałego (tzw. trzecia szyna). W aglomeracji warszawskiej eksploatowane są pociągi metra z dwoma rodzajami wagonów: serii 81 prod. rosyjskiej oraz ALSTOM prod. francuskiej [1].

Wagony serii 81 napędzane są silnikami prądu stałego (zasilanymi bezpośrednio z trzeciej szyny), a wagony ALSTOM silnikami asynchronicznymi prądu zmiennego 50 Hz (zasilanymi z trzeciej szyny za pośrednictwem falowników). Dodatkowym źródłem pola magnetycznego w pociągach metra jest energetyczna instalacja kablowa ułożona wewnątrz tunelu metra.

Pola elektromagnetyczne w pojazdach elektrycznych

Sieć zasilająca oraz układy napędowe prądu stałego są źródłem pola magnetostatycznego i magnetycznego zmiennego, najczęściej o częstotliwości podstawowej 300 Hz, pochodzącej od tętnień wyprostowanego dwupołkowo prądu trójfazowego. W widmie pola elektromagnetycznego może być również obecna składowa o częstotliwości 50 Hz, jak również wyższe harmoniczne. W przypadku układów napędowych

prądu zmiennego, falowniki i silniki są źródłem pola magnetycznego o częstotliwości podstawowej 50 Hz. W fazie rozruchu silniki pobierają z sieci trakcyjnej prąd o znacznych natężeniach, np. do kilku tysięcy amperów w przypadku EZT. Skutkiem występowania tych stanów niustalonych w układach zasilających jest występowanie impulsów pola magnetycznego o znacznych amplitudach (rys. 1.). Podobnego rodzaju impulsy występują podczas gwałtownego hamowania i oddawania prądu do sieci trakcyjnej.

Większość urządzeń elektrycznych zainstalowanych w wagonach (m.in. układy bezpieczeństwa, nawigacji, sterowania) jest zasilanych prądem stałym (wyprostowanym) lub przemiennym 50 Hz. Przetwornice napięcia do zasilania niektórych urządzeń (np. oświetlenia) mogą być źródłem pola elektromagnetycznego o większych częstotliwościach, do kilkudziesięciu kHz. Urządzenia łączności mogą być źródłem pola elektromagnetycznego o częstotliwościach z zakresu radiofalowego (od kilkuset MHz do pojedynczych GHz).

Metodyka badań i aparatura pomiarowa

W ramach prowadzonych badań pól elektromagnetycznych w elektrycznych pojazdach komunikacji miejskiej wykonywano pomiary punktowe rozkładu pól w obszarze przebywania pracowników, rejestrację zmienności wartości skutecznej (w czasie) oraz identyfikację charakterystyk widmowych i przebiegu stanów niustalonych, związanych z pracą układów napędowych pojazdów. W celu określenia istotności pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez poszczególne urządzenia, jeżeli było to możliwe, pomiary wykonywano zarówno oddzielnie dla każdego załączonego urządzenia przy wyłączonych pozostałych, jak i w czasie pracy wszystkich urządzeń przy różnych trybach ich pracy.

Przeprowadzono pomiary pola magneto- statycznego oraz szerokopasmowe pomiary pola magnetycznego, w pasmach częstotliwości obejmujących zakres od 5 Hz do 1 GHz, a pola elektrycznego o częstotliwości od 5 Hz do 18 GHz. Pomiary objęły łącznie cały zakres częstotliwości pól elektromagnetycznych, jakie zidentyfikowano w pojazdach.

W celu identyfikacji charakterystyki zagrożeń elektromagnetycznych dokonywano w pojazdach obserwacji oscyloskopowych pól elektromagnetycznych oraz analizy widmowej badanego pola. Zmienność poziomu pól, wynikająca ze zmian warunków eksploatacji wyposażenia technicznego i napędu pojazdów (np. trybem poruszania się pojazdu), zbadano poprzez rejestrację w czasie (pomiary ciągłe) wartości skutecznej natężeń/indukcji pól, zidentyfikowanych jako najbardziej istotne składowe ekspozycji pracowników, tj. decydujące o wartości wskaźnika ekspozycji uwzględniającego zależność wartości dopuszczalnych pól elektromagnetycznych od ich częstotliwości.

Stwierdzono, że pola magnetyczne małej częstotliwości, pochodzące od układów zasilania i napędowych, mają dominujące znaczenie w badanych pojazdach. Wielkością mierzoną w miejscu przebywania pracownika kierującego pojazdem (tj. przy fotelu maszynisty, motorniczego) była w tym przypadku wartość skuteczna (RMS) indukcji magnetycznej z zakresu częstotliwości od ok. 5 Hz do 2 kHz, w którym zawierają się częstotliwości podstawowe i dominujące harmoniczne pól magnetycznych zidentyfikowanych w pojazdach. Ze względu na wykorzystywanie do zasilania pojazdu instalacji prądu stałego (akumulatory, sieć trakcyjna) mierzono również indukcję magnetyczną pola magnetostatycznego.

Pola elektryczne w kabinie maszynisty lub motorniczego, z uwagi na niskie napięcia zasilające urządzeń (do 230 V) i ekranujący wpływ ich obudów, nie są istotne z punktu widzenia

bezpieczeństwa i higieny pracy, z wyjątkiem przypadków, kiedy oceny wymaga promieniowanie emitowane przez sprzęt łączności. Pomiary pola elektrycznego wykonywano jedynie w przypadku lokalizacji w pojazdach urządzeń wytwarzających pola średniej częstotliwości lub z zakresu radiofal (np. przetwornice zasilające układy oświetleniowe, sprzęt łączności).

W badaniach pola magnetycznego wykorzystywano:

- do pomiaru pola magnetostatycznego: te- slosmierz wektorowy z czujnikiem hallotronowym, o zakresie pomiarowym od 0,01 mT do 3 T

- do pomiarów pól magnetycznych zmien- nych: szerokopasmowe mierniki wartości skutecznej indukcji magnetycznej, z sondami izotropowymi o zakresie pomiarowym od 10 nT do 10 mT, w paśmie częstotliwości od 5 Hz do 30 (32) kHz, wykorzystane także do rejestracji zmienności pól w czasie (monitoringu), przy częstotliwości archiwizacji wyników pomiarów co 5 sekund.

Do identyfikacji przebiegów mierzonych w pojazdach pól magnetycznych i ich czę- stotliwości wykorzystywano oscyloskopy cyfrowe z kalibrowanymi antenami pomiarowymi oraz specjalistyczne oprogramowanie przeznaczone do analizy widmowej FFT tych przebiegów.

Parametry statystyczne wyników monito- ringu obliczono przy wykorzystaniu funkcji sta- tystycznych arkusza kalkulacyjnego EXCEL.

Wyniki

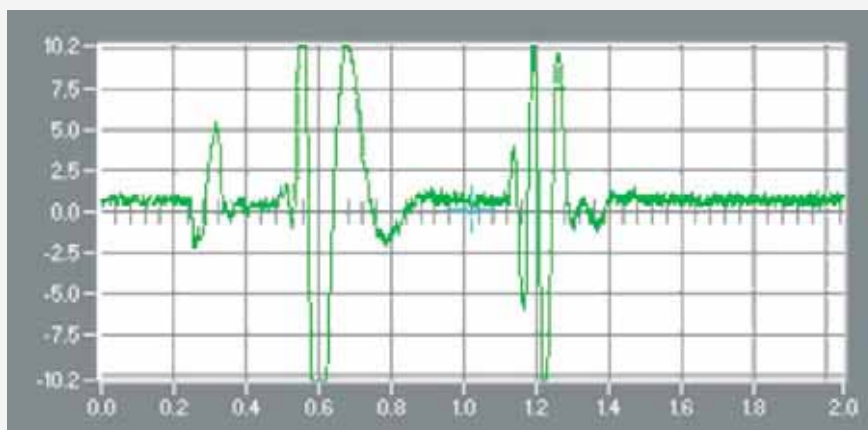
Przebieg w czasie i poziom pól magnetycz- nych uzależniony jest od poboru prądu z sieci zasilającej i rodzaju poruszania się pojazdu (ruszanie, wybieg, hamowanie).

W elektrycznych zespołach trakcyjnych (EZT) jako dominujące składowe pola magne- tycznego zidentyfikowano pola o częstotliwo- ściach: 50 Hz i 300 Hz lub 450 Hz (ze znacznym poziomem wyższych harmonicznych) w przy- padku postoju lub ruchu jednostajnego oraz 5-25 Hz w przypadku ruszania lub hamowania, zależnie od rodzaju pojazdu.

Przykładowe wyniki rejestracji indukcji magnetycznej na stanowisku pracy maszynisty w pojeździe EZT typu EN94, występującej pod- czas jazdy na typowej trasie, przedstawiono przykładowo na rys. 2. (str. 26.). Ilustrują one typowe poziomy zmienności w czasie pól magnetycznych małej częstotliwości wystę- pujących w EZT.

W tramwajach jako dominujące składowe pola magnetycznego zidentyfikowano pola o częstotliwościach: 300 Hz w przypadku postoju lub ruchu jednostajnego oraz 5-10 Hz w przypadku ruszania lub hamowania. Indukcja magnetyczna na stanowisku pracy motorni- czego tramwaju ma przebieg o podobnym charakterze jak w EZT.

W wagonach metra jako dominujące skła- dowe pola magnetycznego zidentyfikowano



Rozpędzanie pociągu metra w ciągu ok. 2 sekund

Rys. 1. Przykładowa rejestracja oscyloskopowa indukcji magnetycznej w wagonie metra ALSTOM, podczas przejazdu z jego gwałtownym rozpędzaniem

Fig. 1. Example of oscilloscopic registration of the magnetic field in an ALSTOM underground car, during rapid acceleration

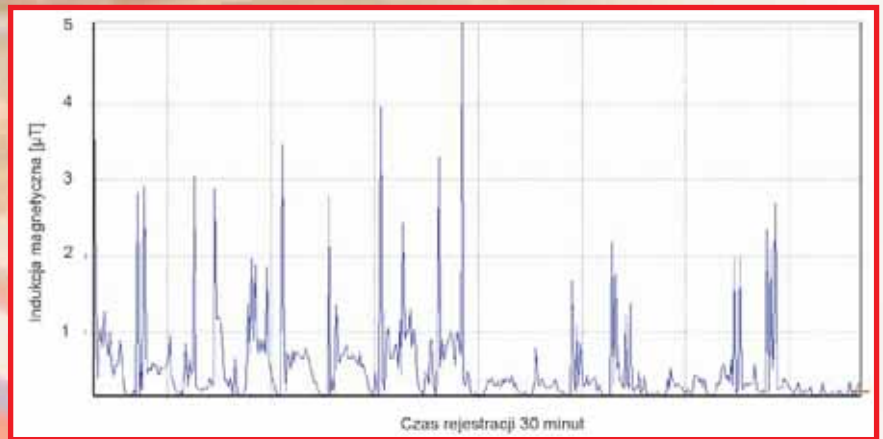
pola o częstotliwościach: 300 Hz w przypadku postępu lub ruchu jednostajnego oraz 5-10 Hz w przypadku ruszania lub hamowania. Indukcja magnetyczna na stanowisku pracy maszynisty pociągu metra ma przebieg o podobnym charakterze jak w EZT.

Wyniki pomiarów punktowych indukcji magnetycznej pola magnetostaticznego w kabinie motorniczego tramwaju oraz maszynistów EZT i pociągów metra (w otoczeniu fotela pracownika kierującego pojazdem oraz pulpitu sterowniczego) wykazały, że nie przekracza ona poziomu 300 μT (przy poziomie naturalnego pola magnetostaticznego ziemskiego w Warszawie ok. 40 μT).

Wyniki monitoringu pól elektromagnetycznych na stanowiskach pracowników kierujących wymienionymi pojazdami poddano analizie statystycznej, wyznaczając wartość maksymalną, minimalną, średnią, odchylenie standardowe oraz medianę. Zbiorcze zestawienie parametrów statystycznych wyników rejestracji przedstawiono na rys. 3. i w tab. 1.

Ze względu na występowanie znacznych zmian poziomu pól elektromagnetycznych w pojazdach, wraz ze zmianami parametrów zasilania i trybu jazdy, konieczne jest prowadzenie pomiarów pól z wykorzystaniem pomiarów ciągłych (monitoring). W trakcie oceny poziomu narażenia pracowników na podstawie zaprezentowanych danych należy uwzględnić, że parametry statystyczne wyników rejestracji w czasie są zaniżone stosunkowo małą częstotliwością próbkowania (5 sekund). Obecnie brak danych do oszacowania skali tego zjawiska. Należy uwzględnić również, że wskazania szerokopasmowych mierników wartości skutecznej (RMS), wykorzystanych w czasie badań, nie są proporcjonalne do wskaźnika ekspozycji pól złożonych o częstotliwościach z zakresu od 50 Hz do 1 kHz [2, 3]. W przypadku takich pól, tj. między innymi omawianych pól magnetycznych występujących w pojazdach elektrycznych, należy z tego powodu w czasie oceny wyników pomiarów oszacować wskaźnik ekspozycji na podstawie rozpoznanego udziału wszystkich składowych lub ocenić wynik wg najostrożniejszych kryteriów oceny odpowiadających tym składowym. W omawianym przypadku byłyby to kryteria oceny odnośnie częstotliwości 1 kHz (tab. 2.).

W związku z powyższym, do przybliżonej oceny poziomu ekspozycji pracowników należy porównać wartości średnie RMS podane w tab. 1., z wartością 4,1 μT (granica ekspozycji zawodowej dla pola magnetycznego o częstotliwości 1 kHz w tab. 2.). Wartości maksymalne RMS podane w tabeli 1., należy porównać z wartością mniejszą od 83 μT , proporcjonalnie do zaniżenia wskazań, wynikającego z małej częstotliwości próbkowania (ze względu na częstotliwości stanów przejściowych z przedziału do ok.



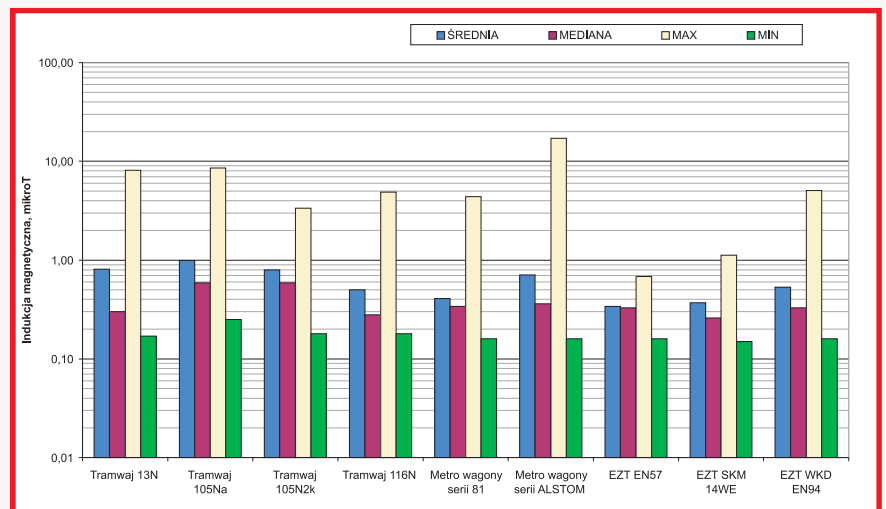
Rys. 2. Przykładowa rejestracja indukcji magnetycznej na stanowisku pracy maszynisty w pojeździe EZT typu EN94 (pasmo częstotliwości 5 Hz – 32 kHz, archiwizacja wartości skutecznej co 5 s)

Fig. 2. Sample registration of magnetic flux density in the drivers' workplace in EN94 electric multiple units (frequency band 5 Hz - 32 kHz, 5-second sampling of RMS value)

25 Hz). Jak podano powyżej brak obecnie danych jak dalece należy zmniejszyć wartość 83 μT przy tego typu oszacowaniach. W obu przypadkach uzyskuje się wynik oceny wskazujący, że w pojazdach elektrycznych komunikacji miejskiej pracownicy podlegają ekspozycji na pola elektromagnetyczne kilkakrotnie słabsze od poziomów pól, w których dozwolona jest wyłącznie ekspozycja zawodowa pracowników obsługujących źródła pól elektromagnetycznych, która podlega okresowej kontroli zgodnie z wymaganiami przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Jest to wniosek nieco zaskakujący, wobec dosyć powszechnej opinii, że w omawianych warunkach występują pola o zupełnie marginalnym poziomie.

Większość prowadzonych obecnie na świecie badań epidemiologicznych związana jest z eks-

pozycją ludzi na słabe pola magnetyczne małej częstotliwości. Zainteresowanie tym rodzajem ekspozycji uzasadnione jest doniesieniami literaturowymi i stanowiskiem IARC (*International Agency for Research on Cancer*) o możliwym rakotwórczym oddziaływaniu tego rodzaju pól, w przypadku ekspozycji długotrwałej i chronicznej [4, 5]. Tego rodzaju ekspozycja występuje odnośnie do osób kierujących elektrycznymi pojazdami komunikacji miejskiej. Wyniki wielu badań epidemiologicznych związanych z oddziaływaniem pól elektromagnetycznych na ludzi są niejednoznaczne. Istotnym powodem braku klarownych wniosków z przeglądu różnych badań jest zastosowanie nieadekwatnej metodyki do oceny poziomów ekspozycji, m.in. nie uwzględnienia w badaniach rodzaju i czasu trwania ekspozycji, częstotliwości pól



Rys. 3. Parametry statystyczne indukcji magnetycznej na stanowisku pracy motorniczych w tramwajach oraz maszynistów w elektrycznych zespołach trakcyjnych i metrze (pasmo częstotliwości 5 Hz – 32 kHz, archiwizacja wartości skutecznej co 5 sekund w ciągu co najmniej 1 godziny)

Fig. 3. Statistical parameters of magnetic flux density in the drivers' workplace in trams, electric multiple units and underground (frequency band 5 Hz - 32 kHz, 5-second sampling of RMS value during at least a 1-hour measurement session)

Tabela 1

INDUKCJA MAGNETYCZNA POLA MAGNETYCZNEGO ZMIENNEGO ZMIERZONA NA STANOWISKU PRACY MOTORNICZYCH W TRAMWAJACH ORAZ MASZYNISTÓW W ELEKTRYCZNYCH ZESPOŁACH TRAKCYJNYCH I METRZE

Statistical parameters of magnetic flux density of time-varying magnetic fields in the drivers' workplace in trams, electric trains and underground

Parametr	Indukcja magnetyczna, B, μT		
	elektryczne pojazdy trakcyjne	tramwaje	metro
Wartość minimalna	0,15-0,16	0,16-0,26	0,16-0,17
Wartość maksymalna	0,68-5,08	3,36-8,55	3,21-17,1
Wartość średnia	0,34-0,53	0,50-0,99	0,29-1,03
Odchylenie standardowe	0,13-0,59	0,58-1,18	0,33-1,41
Mediana	0,26-0,33	0,28-0,59	0,20-0,78

– pasmo częstotliwości 5 Hz – 32 kHz, archiwizacja wartości skutecznej co 5 sekund
– frequency band 5 Hz - 32 kHz, 5-second's sampling of RMS value

Tabela 2

WARTOŚCI INDUKCJI MAGNETYCZNEJ ROZGRANICZAJĄCE EKSPOZYCJĘ ZAWODOWĄ I POZAZAWODOWĄ NA POLA MAGNETYCZNE [2]

Magnetic flux density of magnetic fields for occupational and non-occupational exposure classification [2]

Częstotliwość	Indukcja magnetyczna, B, μT
$f < 50 \text{ Hz}$	83
50 Hz $< f < 1 \text{ kHz}$ W tym: 100 Hz 150 Hz 300 Hz 600 Hz 900 Hz	4150/f 41,5 28,3 13,8 6,9 4,6
1 kHz $< f < 10 \text{ kHz}$	4,1

f – częstotliwość w Hz

Uwaga: **Ekspozycja zawodowa** (na pola o indukcji większej od podanej w tabeli) jest dopuszczalna dla pracowników poinformowanych o zagrożeniach, dopuszczonych do takiej pracy w wyniku badań lekarskich, a warunki ekspozycji podlegają okresowej kontroli [2, 3]. **Ekspozycja pozazawodowa** (na pola o indukcji mniejszej od podanych w tabeli) nie wymaga powyższych działań, zbliżony poziom ekspozycji jest dopuszczalny dla ogółu ludności

f – frequency in Hz

Notes: **Occupational exposure** (to magnetic fields of magnetic flux density exceeding level given in table) is permissible for workers informed on hazards and being under health examinations, and their exposure level is under periodical control [2, 3]. **Non-occupational exposure** (to magnetic fields of magnetic flux density less than level given in table) does not need required above mentioned activities, similar exposure is permissible for general public

oraz ich dynamiki. Przeprowadzone badania pól elektromagnetycznych w elektrycznych pojazdach komunikacji miejskiej ilustrują występujące w tym zakresie problemy techniczne przy pomiarach i prowadzeniu ocen ekspozycji.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań pól elektromagnetycznych w elektrycznych pojazdach komunikacji miejskiej (kolej miejska, tramwaje, metro) i weryfikacji – w warunkach rzeczywistych – metodyki prowadzenia pomiarów występujących w nich złożonych pól elektromagnetycznych, zmieniających się dynamicznie w czasie różnych warunków eksploatacji pojazdów wykazano, że:

- niezbędna jest szczegółowa identyfikacja pól elektromagnetycznych w pojazdach (przebieg w czasie, widmo częstotliwości, zakres dynamiki) w celu właściwego doboru

aparatury pomiarowej i interpretacji uzyskanych wyników

- pomiary pól elektromagnetycznych w pojazdach elektrycznych powinny obejmować pomiary punktowe rozkładu pola w miejscach przebywania ludzi oraz ciągłe rejestracje zmienności poziomu pól w czasie (monitoring)

- wyniki monitoringu mogą nie odzwierciedlać właściwie stopnia narażenia pracowników, jeżeli zakres pomiarowy nie umożliwi rejestracji słabych pól w dostatecznie szerokim paśmie częstotliwości (począwszy od pojedynczych Hz) i nie umożliwi dostatecznie częstej archiwizacji do zarejestrowania stanów niestabilnych (wskazana archiwizacja znacznie częściej niż co 1 s)

- obecnie na rynku brak jest rejestratorów pola magnetycznego małej częstotliwości, o parametrach metrologicznych umożliwiających zarejestrowanie wszystkich składowych ekspozycji pracowników występującej w pojazdach, co wymaga stosowania w czasie

analizy wyników pomiarów współczynników korygujących te wyniki pomiarów, stosownie do zidentyfikowanej wcześniej charakterystyki mierzonych pól.

Zaprezentowane wyniki badań i ich omówienie wskazują, że nie zachodzi obecnie konieczność wykonywania tego typu pomiarów w ramach rutynowych, okresowych badań warunków ekspozycji pracowników. W przypadku prowadzenia analiz naukowych, np. do celów badań epidemiologicznych pracowników lub ludności, szczegółowe parametry pól występujących w elektrycznych pojazdach komunikacji miejskiej obejmujące ich poziom, częstotliwości i dynamikę (tj. parametry stanów przejściowych) powinny być rozpatrzone w ramach oceny poziomu ekspozycji grup badanych i kontrolnych.

PIŚMIENNICTWO

[1] <http://www.metro.waw.pl>

[2] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz. 1833

[3] PN-T-06580:2002 *Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz*. Arkusz 01. Terminologia. Arkusz 03. Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy

[4] A. Ahlbom, E. Cardis, A. Green, M. Linet, D. Savitz, A. Swerdlow. *Review of the epidemiological literature on EMF and health*. ICNIRP Standing Committee on Epidemiology: Environmental Health Perspective. Vol. 109, Supplement 6/2001, 911-933

[5] *Non-ionizing radiation*. Part 1: *Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields*. IARC Monographs 80, IARC Press: Lyon, 2002, pp 429



Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowywanego w latach 2005-2007 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy