

doi:10.15199/48.2016.10.43

## Narażenia na pole elektromagnetyczne personelu Laboratorium Wielkopiędowego

**Streszczenie.** W artykule omówiono zagadnienia związane z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego na personel zatrudniony w Laboratorium Wielkopiędowym. Podano rozmieszczenie stref występowujących w sąsiedztwie źródeł zasilania oraz badanych obiektów. Wykazano, że w celu minimalizacji oddziaływania pola elektromagnetycznego na obsługę konieczne jest właściwe przygotowanie urządzeń pomiarowych i probierczych oraz lokalizacja stałych stanowisk pracy.

**Abstract.** In this article issues related to electromagnetic field's influence on personnel of the High Current Laboratory were described. Arrangement of zones occurring near the power supplies and test objects was given. It has been shown that in order to minimize the impact of electromagnetic field on laboratory's personnel it is required to have a correct configuration of test and measurement accessories and location of work places. (*Exposure to electromagnetic field of personnel of High Current Laboratory*).

**Słowa kluczowe:** pole elektromagnetyczne, PEM, strefy ochronne, Laboratorium Wielkopiędowe.

**Keywords:** electromagnetic field, EMF, safety zones, High Current Laboratory.

### Wstęp

Tematyka narażenia na działanie pola elektromagnetycznego różnych grup pracowników jest bardzo szeroka. W ostatnim czasie można również zaobserwować wzrost ilości literatury opisującej omawiane zagadnienie. Istnieje grupa pracowników zajmująca się badaniami laboratoryjnymi urządzeń wdrażanych do eksploatacji, w przypadku której określenie narażeń na pole elektromagnetyczne (PEM) jest znacząco utrudnione. Laboratoriów zajmujących się, między innymi, próbami nagrzewania urządzeń za pomocą prądów AC lub DC o wartościach dochodzących nawet do 20 kA jest stosunkowo niewiele. Stąd informacje o narażeniu na PEM dla tej grupy zawodowej są praktycznie nieobecne w literaturze i nieosiągalne do dalszych analiz. Z uwagi na różnorodność konfiguracji stanowisk probierczych nie jest łatwym zadaniem określenie stałych narażeń występujących podczas pracy.

### Wymagania przepisów

W przypadku personelu laboratorium ocenę narażeń związanych z polami elektromagnetycznymi wykonuje się w oparciu o przepisy dotyczące środowiska pracy [1]. Z uwagi na występujące wartości PEM szczególnie istotne jest wyznaczenie wartości pól na terenie laboratorium w środowisku pracy. Należy jednak zwrócić uwagę, że w przypadku tego rodzaju badań głównym czynnikiem narażeń jest pole magnetyczne. Z uwagi na specyfikę badań, czyli próby wykonywane przy zasilaniu obiektów wysokimi wartościami prądów rzędu nawet kilku kiloamperów, pomiary wykonuje się dla składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego o częstotliwości sieciowej 50 Hz. Metodę wykonywania pomiarów podaje Polska Norma PN-T-06580-3:2002 [2].

Rozporządzenie [1] dotyczące środowiska pracy wyróżnia trzy strefy ochronne i strefę bezpieczną. Dla pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz strefy są zdefiniowane następująco:

- strefa niebezpieczna:  $H > 2000$  A/m;
- strefa zagrożenia:  $2000 > H > 200$  A/m;
- strefa pośrednia:  $200 > H > 66,7$  A/m;
- strefa bezpieczna:  $H < 66,7$  A/m.

W strefie bezpiecznej przebywanie pracowników jest dozwolone bez ograniczeń czasowych. W strefie pośredniej dopuszczone jest przebywanie pracowników zatrudnionych przy źródłach w ciągu całej zmiany roboczej. W strefie zagrożenia czas przebywania pracowników zatrudnionych

przy źródłach pól w ciągu zmiany roboczej zależy od wartości natężenia pola magnetycznego, jakie występują w tej strefie. W strefie niebezpiecznej przebywanie pracowników jest zabronione. Doza dopuszczalna pola magnetycznego dla częstotliwości 50 Hz wynosi  $0,32$  (kA/m)<sup>2</sup>h.

W uproszczeniu procedura pomiaru i oceny ekspozycji polega na wykonaniu pomiarów pola magnetycznego, oszacowaniu czasu ekspozycji pracownika na danym stanowisku, wyznaczeniu stref ochronnych oraz późniejszej obróbce wyników czyli wyznaczeniu dozy rzeczywistej i dopuszczalnego czasu narażenia. Następnie określa się ekspozycję pracownika. Poprzez odpowiedni dobór czasu przebywania w polu magnetycznym możliwe jest zmniejszenie narażenia pracowników nawet przy stosunkowo wysokich wartościach pola magnetycznego.

Ostatnim etapem oceny wyników pomiarów jest wyliczenie wskaźnika ekspozycji wg wytycznych omawianej wyżej normy oraz określenie czasu ekspozycji pracownika. W przypadku ekspozycji o działaniu miejscowym rozporządzenie [1] dopuszcza dla kończyn zwiększone wartości (dla zakresu częstotliwości od 0 do 800 kHz):

- natężenia pola magnetycznego – 5 razy większe od dopuszczalnych dla całego ciała (tj. 10 000 A/m);
- dozy dopuszczalnej – 25 razy większej od dopuszczalnej dla całego ciała.

### Charakterystyka laboratorium

Laboratorium Wielkopiędowe Instytutu Energetyki w Warszawie jest laboratorium akredytowanym przez PCA, wykonującym badania na potrzeby elektroenergetyki. Stanowiska probiercze rozmieszczone są w 3 pomieszczeniach. W niniejszym artykule omówione zostaną wyniki badań PEM w jednym z pomieszczeń przeznaczonych do wykonywania prób zwarciowych i prób nagrzewania. W zakresie omawianych badań laboratorium posiada następujące możliwości probiercze:

- trzy transformatory zwarciowo–grzejne o parametrach na jednostkę 15/0,8/0,4/0,2/0,1 kV/kV, moc zwarciowa 2000 kVA, co daje następujące możliwości probiercze: prąd obciążenia długotrwałego do 20 kA, prąd zwarciowy krótkotrwały wytrzymywany do 54 kA/ 1s, szczytowy wytrzymywany do 145 kA;
- sześć transformatorów grzejnych o mocy 75 kVA, z regulatorami umożliwiającymi płynną regulację prądu probierczego w zakresie od 0 do 10000 A;

- stanowiska probiercze do wykonywania prób trwałości elektrycznej kabli i badań typu osprzętu kablowego na napięcie probiercze do 110 kV;
- stanowisko probiercze do wyznaczania wartości granicznych błędów przekładników prądowych;
- stanowiska probiercze do badań mechanicznych urządzeń lub ich elementów;
- stanowiska probiercze do badań złączy kablowych i osprzętu do linii napowietrznych oraz do napowietrznych linii izolowanych.

Tabela 1. Zestawienie rodzajów i obiektów badań oraz parametrów zasilania uwzględnionych przy ocenie narażeń personelu laboratorium

Źródło zasilania	Rodzaj badania	Obiekt badany	Prąd zasilania [kA]
1 transformator grzejny TW 75, 75 kVA	Próba nagrzewania	Odlącznik	5
1 transformator grzejny TW 75, 75 kVA	Próba nagrzewania	Przepust	5
2 transformatory zwarciovo-grzejne 15/0,8/0,4/0,1 kV/kV	Próba nagrzewania	Szynoprzewód	10
3 transformatory grzejne TW 75, 75 kVA	Próba nagrzewania	Rozdzielnica	3,2
2 transformatory zwarciovo-grzejne 15/0,8/0,4/0,1 kV/kV	Próba nagrzewania	Przekładnik prądowy	12,5

Laboratorium posiada zasilanie sieciowe z transformatora 110/15 kV/kV, 16 MVA z systemu 15 kV.

Specyfikacja badanych urządzeń wymaga ciągłej modyfikacji układów probierczych co powoduje zmianę

umiejscowienia źródeł PEM. Należy jednocześnie pamiętać, że źródłami pól nie jest jedynie układ probierczy i przewody zasilające, ale również sam obiekt badań.

W tabeli 1 przedstawiono przykładowe zestawienie parametrów badań branych pod uwagę podczas oceny narażeń pracowników laboratorium.

### Wyniki pomiarów

Pomiary zostały wykonane przy wykorzystaniu trójosiowego miernika pola magnetycznego Maschek ESM-100, ale z uwagi na jego ograniczony zakres pomiarowy wyższe wartości pól magnetycznych wyznaczono przy wykorzystaniu miernika Lambda MT-01 z sondą hallotronową.

W tabeli 2 przedstawiono w kolejności wyniki pomiarów dla prób wymienionych w tabeli 1. Przedstawiają one piony pomiarowe umiejscowione w najbardziej charakterystycznych miejscach przebywania ludzi w trakcie prowadzonych badań:

- 1 – stanowisko rejestracji warunków próby, czas przebywania do 2 h na zmianę roboczą;
- 2 – stanowisko nadzoru nad próbą – czynności kontrolno-pomiarowe lub oględziny np. sprawdzanie stanu chłodzenia układu zasilającego – czas przebywania od 0,2 do 1 h;
- 3 – stanowisko sterowania próbą – pulpit sterowniczy, czas przebywania 1 h;
- 4 – stanowisko pracy biurowej; czas przebywania 8 h.

Z wyjątkiem stanowiska w pionie nr 4, które dotyczy stałego stanowiska pracy, pozostałe są stanowiskami pracy czasowej, co oznacza, że pracownik nie przebywa tam przez całą zmianę roboczą.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów wyznacza się strefy ochronne przy konkretnym układzie badanym oraz informuje się pracowników o zasięgu tych stref. O ile jest to możliwe obszar strefy zagrożenia powinien być wygradzony i niedostępny dla nieupoważnionego personelu.

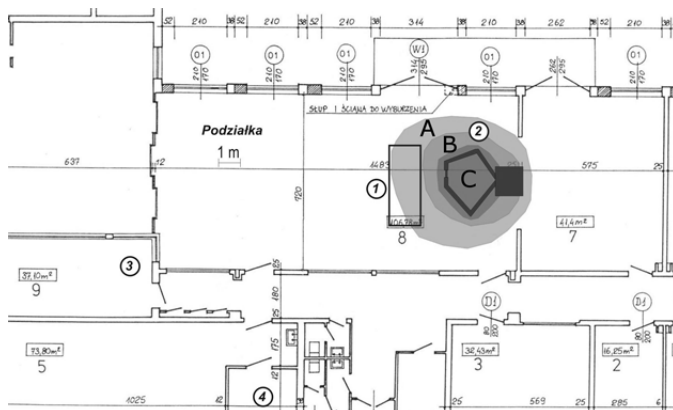
Tabela 2. Zestawienie wyników pomiaru pola magnetycznego na stanowiskach pracy w laboratorium przy różnych układach probierczych

Nr próby	Pion pomiarowy	$H$ [A/m]	Czas ekspozycji [h]	$W_{rz}$	$D_{rzH}$ (kA/m) <sup>2</sup> h	Dopuszczalny czas pracy $t_D$ [h]	Ekspozycja
1	1	58	2	0,01	0,0067	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	2	800	1	<b>2,00</b>	<b>0,6400</b>	4 h 52 minuty	Dopuszczalna
	3	2,1	0,2	0,00	0,0000	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	4	0,8	8	0,00	0,0000	bez ograniczeń	Dopuszczalna
2	1	27,2	2	0,00	0,0015	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	2	192	0,2	0,58	0,0074	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	3	8,8	1	0,00	0,0001	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	4	10,4	8	0,00	0,0009	bez ograniczeń	Dopuszczalna
3	1	28	2	0,00	0,0016	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	2	2000	0,2	<b>62,50</b>	<b>0,8000</b>	46 min	Dopuszczalna
	3	40,8	1	0,01	0,0017	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	4	6,4	8	0,00	0,0003	bez ograniczeń	Dopuszczalna
4	1	8	2	0,00	0,0001	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	2	27,5	0,2	0,01	0,0002	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	3	1,1	1	0,00	0,0000	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	4	0,7	8	0,00	0,0000	bez ograniczeń	Dopuszczalna
5	1	36,8	2	0,00	0,0027	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	2	7300	0,2	<b>832,66</b>	<b>10,6580</b>	3 min	Nadmierna *)
	3	42,4	1	0,01	0,0018	bez ograniczeń	Dopuszczalna
	4	0,73	8	0,00	0,0000	bez ograniczeń	Dopuszczalna

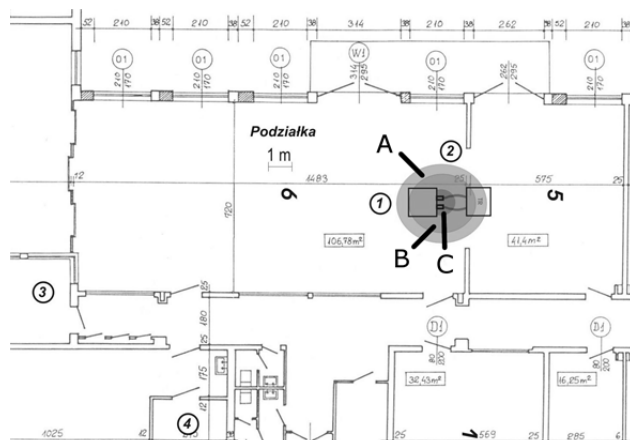
\*) Ekspozycja nadmierna dla ciała a dopuszczalna dla kończyn;  $H$  – natężenie pola magnetycznego;  $D_{rzH}$  – doza pola magnetycznego

Na kolejnych rysunkach przedstawiono graficzne zobrazowanie zasięgu stref oraz miejsc usytuowania obiektu badanego i pionów pomiarowych dla poszczególnych badań.

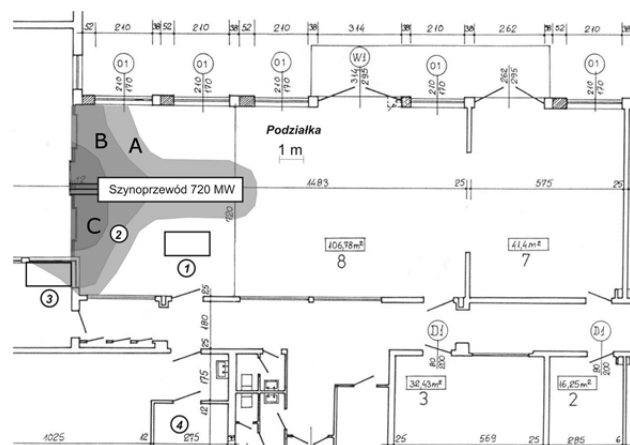
- Dla wszystkich rysunków przyjęto:
- litera A – obszar strefy pośredniej;
  - litera B – obszar strefy zagrożenia;
  - litera C – obszar strefy niebezpiecznej.



Rys.1. Zasięg stref ochronnych, umiejscowienie pionów pomiarowych i ogólny widok układu do próby nagrzewania odłącznika prądem 5 kA



Rys.2. Zasięg stref ochronnych, umiejscowienie pionów pomiarowych i ogólny widok układu do próby nagrzewania przepustu transformatorowego prądem 5 kA

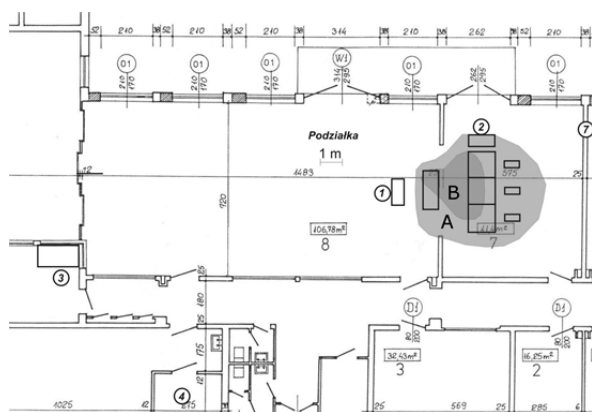


Rys.3. Zasięg stref ochronnych, umiejscowienie pionów pomiarowych i ogólny widok układu do próby nagrzewania szynoprzewodu prądem 10 kA

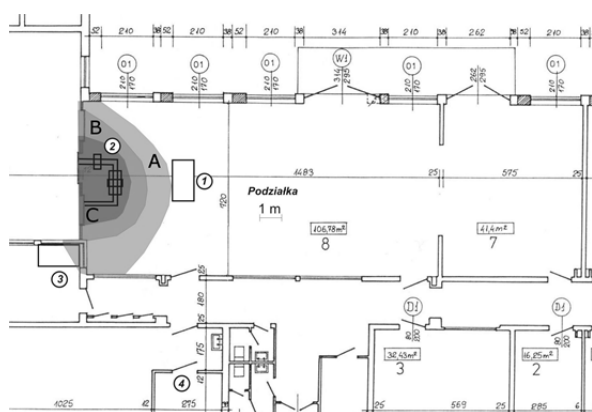
### Wnioski

Pomiary pól elektromagnetycznych dla celów BHP są wykonywane cyklicznie. W przypadku dużej różnorodności konfiguracji źródeł i obiektów badanych, praktycznie niemożliwe jest oszacowanie narażenia pracownika dla wszystkich ich możliwych konfiguracji. W przypadku badań pól magnetycznych od źródeł zasilanych dużymi wartościami prądu, wskazane jest, aby personel oprócz wiedzy metrologicznej posiadał też odpowiednie

kwalifikacje do przebywania w tym otoczeniu. Poza aspektami natury medycznej, takimi jak ważne badania okresowe oraz brak przeciwwskazań do pracy w sąsiedztwie źródeł pola magnetycznego, istotna jest również wiedza na temat obsługi i eksploatacji obiektów energetycznych zweryfikowana świadectwem kwalifikacyjnym wydanym zgodnie z następującymi przepisami [3-5].



Rys.4. Zasięg stref ochronnych, umiejscowienie pionów pomiarowych i ogólny widok układu do próby nagrzewania rozdzielnic prądem 3,2 kA



Rys.5. Zasięg stref ochronnych, umiejscowienie pionów pomiarowych i ogólny widok układu do próby nagrzewania przekładnika prądem 12,5 kA

Opisane pomiary pozwalają przede wszystkim na zmniejszenie narażenia na czynniki szkodliwe personelu laboratoryjnego wykonującego badania w ramach swojej codziennej pracy. Najprostszym środkiem minimalizującym takie narażenie jest właściwa organizacja stanowiska pracy, określenie czasu przebywania w odpowiednich miejscach i właściwe oznakowanie obszarów, gdzie wartości pola magnetycznego są większe niż dla strefy bezpiecznej.

Na podstawie tabeli nr 2 można stwierdzić, że w przypadku wysokich wartości pól magnetycznych konieczne jest oszacowanie dopuszczalnego czasu pracy. Pozwala to na bezpiecznie wykonywanie czynności kontrolno-pomiarowych przez pracowników laboratorium zajmujących się obsługą badań.

**Autorzy:** mgr inż. Maciej Owsński, E-mail: [maciej.owsinski@ien.com.pl](mailto:maciej.owsinski@ien.com.pl); mgr inż. Piotr Papliński, Instytut Energetyki – Instytut Badawczy, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, E-mail: [piotr.paplinski@ien.com.pl](mailto:piotr.paplinski@ien.com.pl); dr inż. Przemysław Sul, Instytut Energetyki – Instytut Badawczy, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, E-mail: [przemyslaw.sul@ien.com.pl](mailto:przemyslaw.sul@ien.com.pl); mgr inż. Hubert Śmietanka, Instytut Energetyki – Instytut Badawczy, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, E-mail: [hubert.smietanka@ien.com.pl](mailto:hubert.smietanka@ien.com.pl)

## LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. 2014 poz. 817)
- [2] PN-T-06580-3:2002, Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym o częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. Metody pomiaru i oceny natężenia pola na stanowisku pracy, PKN
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (Dz. U. 2003 nr 89 poz. 828)
- [4] Obwieszczenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 2 lipca 2003 r. o sprostowaniu błędów (Dz.U. 2003 nr 129 poz. 1184)
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 20 lipca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (Dz.U. 2005 nr 141 poz. 1189)
- [6] PN-74/T-06260, Źródła promieniowania elektromagnetycznego. Znaki ostrzegawcze, PKN
- [7] Osepchuk J.M., Petersen R.C., Safety Standards for Exposure to RF Electromagnetic Fields, IEEE Microwave Magazine, 2001, n. 2, 57–69
- [8] Reilly J. P., Jaffa K. C., The IEEE draft electric and magnetic field exposures standards for the public and workers, 0 to 3 kHz, Power Engineering Society Summer Meeting, 2001, Volume: 1, 186-194