

*Arkadiusz PODGÓRNI*

*Główny Urząd Miar*

*Samodzielne Laboratorium Elektryczności i Magnetyzmu*

*Pracownia Mikrofal, Pola Elektromagnetycznego i Kompatybilności Elektromagnetycznej*

## **ZNACZENIE EKROWANIA W POMIARACH POLA MAGNETYCZNEGO**

Natura pomiarów pola magnetycznego o niewielkiej amplitudzie wymaga odizolowania laboratorium od zewnętrznych źródeł pola elektromagnetycznego. System składający się z trójosiowego układu cewek Helmholtza, referencyjnych magnetometrów oraz wyposażenia dodatkowego realizującego sprzężenie zwrotne, pozwala minimalizować wypadkowy wektor pola magnetycznego do zera. Niniejszy temat przybliży założenia, realizację i wstępne wyniki projektu aktywnego ekranu pola magnetycznego w GUM.

**Słowa kluczowe:** słabe pole magnetyczne, aktywny ekran pola magnetycznego, cewka Helmholtza

## **THE IMPORTANCE OF SHIELDING IN MEASUREMENT OF MAGNETIC FIELD**

Low amplitude magnetic field measurements require a laboratory isolated from external sources of electromagnetic field. Active field cancelation system should be used. Tri-axis Helmholtz coils with reference magnetometers and feedback setup can minimize the aggregate magnetic field vector to zero. The assumptions, implementation and preliminary results of the project of magnetic field cancelation system at GUM will be presented.

**Keywords:** low magnetic field, field cancelation system, Helmholtz coil

### **1. WPROWADZENIE**

Pole elektromagnetyczne (EM) oddziałuje na człowieka. W gospodarstwach domowych znajduje się szereg urządzeń generujących pole magnetyczne czy też elektryczne, np. odkurzacz, komputer, telewizor, telefon komórkowy, żelazko, itp. Ich użytkownicy narażeni są na wpływ występujących pól elektromagnetycznych, dlatego niezbędne dla zachowania bezpieczeństwa użytkowników jest poznanie i określenie parametrów powstałego pola EM. Ponadto wiele ośrodków przemysłowych wyposażonych jest w mierniki pola EM aby spełnić wymogi BHP oraz regulacje Ministra Pracy dotyczące warunków pracy w polach elektromagnetycznych. Również z punktu widzenia produkcyjnego istotne jest posiadanie wiedzy o właściwościach elektromagnetycznych wytwarzanych elementów. Do realizacji tych celów niezbędna jest możliwość generowania wzorcowych pól elektromagnetycznych i zachowanie spójności pomiarowej.

Stanowisko wzorca odniesienia natężenia pola magnetycznego do odtwarzania i przekazywania jednostki miary realizowane jest w Pracowni Pola Elektromagnetycznego poprzez cztery różne cewki Helmholtza, magnetometr NMR oraz inne urządzenia pomocnicze. Cewki Helmholtza składają się z dwóch identycznych cylindrycznych cewek o równej liczbie zwojów umieszczonych w układzie współosiowym w odległości względnej równej ich promieniowi. Taka konfiguracja zapewnia względnie jednorodne pole magnetyczne w stosunkowo dużej przestrzeni w centrum układu cewek [1]. Na stanowisku wzorca odniesienia wykonuje się wzorcowania głównie mierników pola

magnetycznego z czujnikami hallotronowymi, transduktorowymi, indukcyjnymi oraz magnetometrów typu „pocket”.

Szerokie możliwości Pracowni w wytwarzaniu jednorodnego pola EM pozwalają na objęcie badaniami obszarów gospodarki takich jak: przemysł lotniczy i hutniczy, produkcja czujników pola magnetycznego, magnesów stałych, kondensatorów czy też sieci energetycznych i trakcji kolejowych.

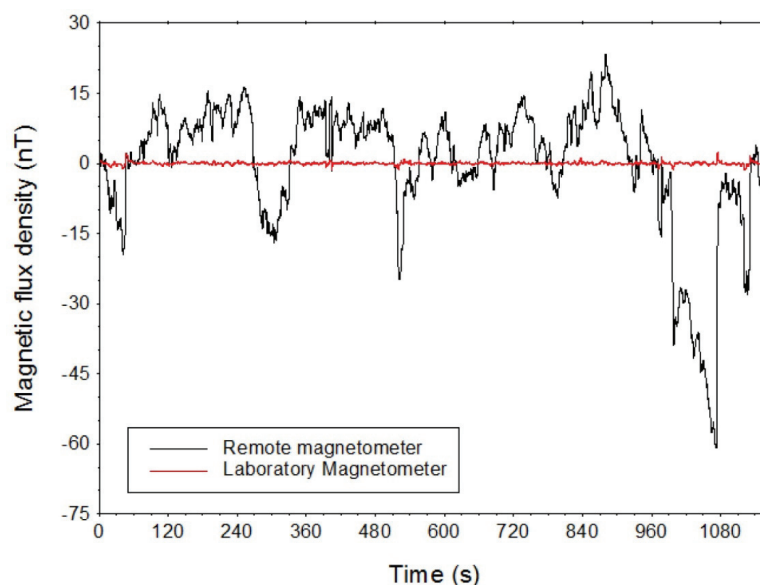
## 2. REALIZACJA

Pracownia Pola Elektromagnetycznego prowadzi prace badawczo-rozwojowe i techniczne mające na celu tworzenie nowych oraz doskonalenie obecnie istniejących rozwiązań w obszarze wzorców pola elektrycznego i magnetycznego. W związku z tym modernizowane są metody i stanowiska pomiarowe w celu rozszerzenia zakresów pomiarowych oraz poprawy jakości (w tym zmniejszeniu niepewności) otrzymywanych wyników eksperymentalnych. Prowadzone są prace mające na celu szczegółowe poznanie wpływu szeregu czynników zewnętrznych i aparaturowych na jakość uzyskiwanych wyników.

Specyfika pomiarów pola magnetycznego, zwłaszcza tego o niewielkiej amplitudzie wymaga odizolowania laboratorium od zewnętrznych źródeł pola elektromagnetycznego. Z tego względu lokalizacja oraz architektura laboratorium nie może być dowolna. W większości zurbanizowanych lokalizacji gradienty i wariacje pola magnetycznego są zbyt duże, by mogły być skutecznie skompensowane. Stworzenie możliwości pomiarów pola magnetycznego o natężeniu tak małym jak pojedyncze nanotesle, wymaga aby laboratorium umiejscowione zostało z dala od źródeł pola magnetycznego i interferencji elektromagnetycznych wytwarzanych przez człowieka. Źródłami takimi są np. poruszające się samochody, tramwaje i windy, oraz zabudowa miejska konstruowana z materiałów takich jak stal. Wszystkie te źródła produkują lokalne zmieniające się pole magnetyczne. Dla poprawy warunków w laboratorium kluczowe jest usunięcie z jego najbliższego otoczenia wszelkich elementów wykonanych z materiałów ferromagnetycznych.

Nawet w najlepszej możliwej lokalizacji w pomieszczeniu laboratoryjnym będzie istniało pewne zewnętrzne niezerowe, zmienne pole magnetyczne. W celu poprawy warunków pomiarowych w laboratorium należy zastosować aktywny system eliminacji zewnętrznych zakłóceń. System taki składa się z trójosiowego układu cewek Helmholtza o średnicy od 3 m do 4 m, referencyjnych magnetometrów oraz wyposażenia dodatkowego realizującego pętlę sprzężenia zwrotnego. W układzie takim sygnały rejestrowane przez referencyjne magnetometry wykorzystywane są do sterowania prądem przepływającym przez poszczególne pary cewek Helmholtza odpowiadające za eliminację pola magnetycznego w poszczególnych płaszczyznach. Na rysunku 1 przedstawiono wyniki otrzymane w National Physical Laboratory z wykorzystaniem cewek Helmholtza o średnicy 3 m i referencyjnego magnetometru transduktorowego [2].

Realizowana budowa aktywnego ekranu tła pola magnetycznego w Pracowni Pola Elektromagnetycznego GUM oparta jest na trójosiowym systemie kwadratowych cewek Helmholtza o boku 3,5 m. Detekcja pola magnetycznego w centrum układu realizowana będzie przy pomocy czujnika transduktorowego oraz indukcyjnego. Za realizację sprzężenia zwrotnego i sterowanie prądem w cewkach odpowiadać będzie system *Fast MR-3*. Zastosowanie tego systemu w projekcie umożliwi ekranowanie pola magnetycznego w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 10 kHz, a zatem możliwa będzie eliminacja ziemskiego statycznego pola magnetycznego oraz zmiennego pola magnetycznego pochodzącego od szeroko pojętej elektroniki użytkowej.



Rys. 1. Minimalizacja pola magnetycznego uzyskana na stanowisku w NPL [2]

### 3. PODSUMOWANIE

Rezultaty prowadzonych badań oraz realizacja projektu wpisują się w światowy trend metrologiczny, dążąc do możliwości generowania i pomiarów pola magnetycznego o amplitudzie rzędu nanotesli. Kompleksowe badania eksperymentalne oraz analiza teoretyczna pozwolą uzyskać ważne i ciekawe naukowo wyniki. Nowe dane rozszerzą aktualną wiedzę w dziedzinie precyzyjnych pomiarów pola elektromagnetycznego, a także dadzą informacje niezbędne do wzrostu znaczenia GUM w przemyśle.

Prowadzone prace badawczo-rozwojowe są ściśle powiązane z rosnącym zapotrzebowaniem sektora przemysłowego. Poprawienie jednorodności generowanego pola magnetycznego i zwiększenie zakresu pomiarowego jest odpowiedzią na zapotrzebowanie klientów.

### LITERATURA

1. Naęcz M., Jaworski J.: Miernictwo magnetyczne, WNT, Warszawa 1968.
2. Harmon S., Hall M., Turner S., Hillier N.: Characterization of Magnetic Sensors at the Operational Temperatures of Industrial Applications, IEEE Transactions on Magnetics, 4001504 51 (2015).