

Streszczenie

Pomiary elektrycznego momentu dipolowego neutronu są szansą na znalezienie dowodów na łamanie symetrii CP w sposób nie uwzględniony w Modelu Standardowym. Obecnie najbardziej obiecującą próbą zmierzenia tej wartości jest eksperyment nEDM w Instytucie Paula Scherrera w Villigen, w Szwajcarii. Pomiar jest wykonywany metodą rezonansową Ramsey'a z wykorzystaniem spolaryzowanych, ultra-zimnych neutronów, które precesują w jednorodnym polu magnetycznym. Większość efektów systematycznych wynika z zaburzeń pola precesji w przestrzeni i czasie. Kontrola pola magnetycznego jest kluczowa w tym eksperymencie. Zapewnienie stałości w czasie zhomogenizowanego pola precesji polega na izolacji krytycznego obszaru od zewnętrznych zaburzeń. Strategia skutecznej kontroli stałości pola wykorzystuje równocześnie osłony pasywne — wielowarstwowe komory z materiału o wysokiej podatności magnetycznej, jak i osłony aktywne — system otwartych cewek, generujących w czasie rzeczywistym pole kompensujące zewnętrzne zaburzenia. Same zaburzenia wykrywane są przez układy czułych magnetometrów.

W niniejszej pracy podjęto dwa zagadnienia ściśle związane z zapewnieniem wysokiej jakości pola magnetycznego precesji. Pierwsze, to próba znalezienia optymalnego systemu aktywnej kompensacji zaburzeń zewnętrznych. Poświęcona jest jej pierwsza część pracy. Porównano cztery systemy: (i) system oparty na układzie Helmholtza z 6 cewkami, (ii) system oparty na układzie Merritt z 12 cewkami, (iii) system małych cewek „komórkowych”, (iv) układ cewek sferycznych. Ostatnia propozycja jest oparta na opisie pola magnetycznego przy pomocy wektorowych harmonik sferycznych i jest pomyślana jako rozwiązanie modelowe, służące do porównania wydajności rozwiązań bardziej praktycznych, ale o mniejszej wydajności od układu sferycznego. Do porównań wykorzystano zarówno wszechstronne obliczenia symulacyjne, jak i wstępne wyniki testów przeprowadzonych na modelu cewek w geometrii sześcienniej.

Druga część pracy poświęcona jest analizie map pola magnetycznego wykonanych przy pomocy specjalnego robota wyposażonego w wektorowy sensor pola magnetycznego. Analiza uwzględnia niedoskonałości geometryczne systemu pomiarowego poprzez modelową parametryzację najważniejszych efektów i ustalenie ich wartości w globalnym dopasowaniu modelu do zmierzonej mapy. Oczyszczone w ten sposób mapy są następnie wykorzystane do obliczenia wartości prądów w systemie 33 cewek korekcyjnych, które stanowią pierwsze przybliżenie w procedurze homogenizacji pola magnetycznego w komorze precesji.