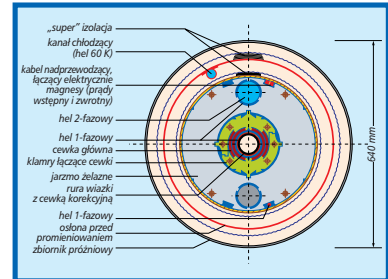


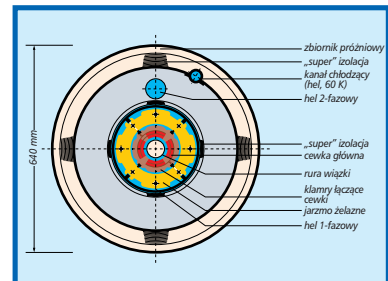
Magnesy nadprzewodzące w pierścieniu protonowym akceleratora HERA

W 6.3 kilometrowym pierścieniu akumulującym magazynuje się elektrony i protony w pęczkach po ok. 100 miliardów, w dwóch oddzielnych rurach, z których wypompowuje się powietrze, utrzymując wysoką próżnię i doprowadza do zderzenia w dwóch miejscach przecięcia. Elektrony i protony krążą w przeciwnych kierunkach niemal z prędkością światła, przebywając całą drogę — obwód rury — około 47 000 razy na sekundę. Pęczki cząstek prowadzone są dokładnie po zaprojektowanych torach przez wysokosprawne dipolowe magnesy odchylające a także przez ogniskujące pionowo i poziomo magnesy kwadrupolowe. Magnesy pierścienia elektronowego i protonowego różnią się zasadniczo. Do otrzymania bardzo silnych pól magnetycznych potrzebnych w przypadku wiązki protonowej mającej energię równą prawie 1000 miliardom elektronowoltów (1000 GeV), konieczne jest zastosowanie magnesów nadprzewodzących.

Cewki nadprzewodzących magnesów dipolowych i kwadrupolowych stosowanych w HERZE nawinięto używając kabel niobowo-tytanowy. Są one umocowane za pomocą niemagnetycznych klamer, otoczonych jarzmem z żelaza. Całość ochłodzona jest do temperatury ciekłego helu (-269°C). Magnesy odizolowane są cieplnie od otoczenia przez umieszczenie w rurze próżniowej, a także przez zastosowanie wielu warstw folii odbijającej promieniowanie ciepłe.



Przekrój nadprzewodzącego magnesu dipolowego odchylającego wiązkę — pęczki protonów.



Przekrój kwadrupolowego magnesu nadprzewodzącego ogniskującego wiązkę — pęczki protonów.

Widok na łukową część znajdującego się na głębokości 25 m tunelu pierścienia HERA. Pierścień protonowy wraz z di- i kwadrupolowymi magnesami nadprzewodzącymi, odchylającymi wzgl. skupiającymi wiązkę, zainstalowany jest nad pierścieniem elektronowym.



Do wyprodukowania wszystkich cewek magnesów di- i kwadrupolowych pierścienia protonowego HERA zużyto ponad 1000 km nadprzewodzącego kabla. Kabel ten złożony jest z 24 pojedynczych drutów o średnicy 0.8 mm. Każdy drut składa się z 1230 włókien niobowo-tytanowych o średnicy 0.014 mm umieszczonych w miedzianej matrycy.

W HERZE wbudowano łącznie 422 nadprzewodzące magnesy dipolowe i 224 kwadrupolowe. Ponadto zespolono z nimi ponad 1000 cewek korekcyjnych (dziesięcio- i dwunastobiegowych), których zadaniem jest korekcja wiązki, np. kompensacja zniekształceń pola spowodowanych prądami wirowymi. Prąd w cewce o natężeniu 5027 A (amperów) wytwarza w magniesie dipolowym pole magnetyczne 4.68 T (tesli), które odchyła protony o energii 820 GeV na właściwe tory w łukach HERA. Przy przejściu magnesów w stan normalnego przewodzenia (tzw. „quench”), zapobiega się zniszczeniu cewek bocznikując te bardzo silne prądy przy użyciu zimnych diod zabezpieczających, znajdujących się wewnątrz pojemnika helowego.

Prototypy nadprzewodzących magnesów kwadrupolowych stosowanych w HERZE zostały zaprojektowane i zbudowane we francuskim ośrodku badawczym CEN w Saclay, a prototypy nadprzewodzących magnesów dipolowych — w DESY, w ścisłej współpracy z przemysłem. Zasadnicza koncepcja magnesów nadprzewodzących HERA stanowi wzór dla przyszłych projektów akceleratorów.

