

Streszczenie rozprawy doktorskiej

„Modelowanie stanów awaryjnych systemu kriogenicznego reaktora termonuklearnego”

mgr inż. Maciej Grabowski

Promotor: prof. dr hab. inż. Maciej Chorowski

W wielu dziedzinach współczesnej techniki wykorzystywane są obecnie złożone systemy kriogeniczne. Zawierają one duże ilości potencjalnie niebezpiecznych ciekłych gazów, które w razie niekontrolowanego uwolnienia się mogą spowodować bardzo poważne szkody, zarówno zagrażając infrastrukturze obiektu, jak i zdrowiu i życiu personelu. Jednym z najbardziej złożonych i największych systemów tego typu jest europejski reaktor termonuklearny ITER budowany obecnie w Cadarache (Francja). Ma on w swym wnętrzu utrzymywać wysokotemperaturową plazmę o temperaturze ponad 150 milionów stopni Celsjusza. Do wytworzenia silnych pól magnetycznych wokół próżniowego zbiornika w wspomnianym reaktorze stosuje się liczne nadprzewodzące magnesy, które są chłodzone ciekłym helem, którego ilość przekracza 20 ton w całym systemie kriogenicznym reaktora. Jakakolwiek awaria komponentów kriogenicznych w reaktorze ITER może spowodować trudne do oszacowania straty. Można wysnuć ogólny wniosek, że krytyczne znaczenie ma możliwość przewidywania awarii i uszkodzeń systemu kriogenicznego oraz szacowania skutków takiej awarii. W niniejszej rozprawie podjęto próbę systematycznego podejścia do tego problemu.

W pierwszej części dysertacji wprowadzono pojęcie węzła kriogenicznego, czyli typowego podukładu kriogenicznego zawierającego typowe podzespoły występujące w większości zespołów kriogenicznych – zbiorniki, linie przesyłowe i zawory. Następnie zdefiniowano szereg typowych scenariuszy stanów awaryjnych i wskazano konsekwencje, do których dany rodzaj awarii może doprowadzić.

W rozdziale trzecim rozprawy opisano w sposób ilościowy sekwencje zdarzeń towarzyszące opisanym wcześniej awariom. Podano równania opisujące parametry termodynamiczne układu po wystąpieniu awarii (w szczególności ciśnienia i przepływy). Przeprowadzenie symulacji miało za cel określenie zmian parametrów fizycznych takich jak ciśnienie, temperatura, koncentracja tlenu w wybranych miejscach rozpatrywanej w danym przypadku konfiguracji systemu kriogenicznego. Dodatkowo podczas działania programu symulacyjnego były wyznaczane strumienie ciepła między wybranymi ośrodkami badanej instalacji jak również były określane wartości natężeń strumieni masowych w przypadkach zadziałania zaworów bezpieczeństwa bądź powstania perforacji rury, płaszczu, izolacji lub pokrywy analizowanego obiektu instalacji kriogenicznej. Oszacowano skutki wystąpienia awarii z punktu widzenia potencjalnych zagrożeń dla personelu oraz infrastruktury obiektu.

W rozdziale czwartym pracy doktorskiej opisano próbę eksperymentalnej weryfikacji wybranych typów awarii węzła procesowego na przykładzie eksplozji zbiornika ciśnieniowego ze sprężonym gazem. Przedstawiono stanowisko badawcze złożone ze zbiornika testowego oraz systemu akwizycji danych, służącego do rejestracji fali uderzeniowej powstałej po kontrolowanej perforacji zbiornika. W trakcie eksperymentu uzyskano dobrą zgodność pomiędzy modelem detonacji zbiornika ciśnieniowego i modelem ekwiwalentnym (korzystającym z pojęcia równoważnika trotylowego).

W piątym rozdziale pracy opisano inny eksperyment, w którym podjęto eksperymentalną próbę wyznaczenia parametrów propagacji fali helu po wycieku ciekłego kriogenu do wnętrza tunelu akceleratora nadprzewodzącego. Badania wykonano na zlecenie ośrodka CERN w Genewie (Szwajcarii). Do celów pomiaru koncentracji helu oraz rozkładu temperatur zaprojektowano i zbudowano specjalizowany autorski system pomiarowy, wykorzystujący ultradźwiękowe detektory helu. W trakcie eksperymentu przeprowadzonego w tunelu akceleratora LHC w CERN uzyskano bardzo ciekawe dane dotyczące dynamiki rozchodzenia się fali helu po wystąpieniu wycieku w przestrzeni zamkniętej.

Wyniki zawarte w rozprawie doktorskiej będą mogły zostać wykorzystane do projektowania instalacji kriogenicznych o podwyższonej niezawodności. Będą one również mogły być wykorzystane przy tworzeniu i modyfikowaniu przepisów bezpieczeństwa oraz procedur bezpieczeństwa dotyczącego systemów kriogenicznych.

W91PW/087/2016

Wydział Mechaniczno-Energetyczny

Wpłynęło 05.01.2016r.

M Grabowski