

Csatolt neutronfizikai és termohidraulikai számítások a HPLWR típusú reaktor axiális dúsítási profiljának meghatározására

Horváth Dávid IV. évf., Reiss Tibor IV. évf.

Konzulensek: Dr. Fehér Sándor és Dr. Czifrus Szabolcs, Nukleáris Technika Intézet

Nemzetközi együttműködésben kiterjedt kutatómunka folyik az úgynevezett negyedik generációs atomerőművek kifejlesztése érdekében. A hatféle negyedik generációs reaktortípus egyike a Szuperkritikus Nyomású Vízhűtésű Reaktor (SCWR). Ennek a típusnak az egyik konkrét megvalósítási javaslata a High-Performance Light Water Reactor (rövidítve: HPLWR) elnevezésű reaktor. A HPLWR-be a tervek szerint a szuperkritikus állapotú, 250 bar nyomású víz hűtőközeg 280 °C-on lép be és közelítőleg 510 °C-on lép ki. Az aktív zóna 792 darab négyzetes szimmetriájú kazettából áll, amelyben a felül belépő víz előbb egy középső csatornában (moderátor boxban) lefelé áramlik, majd a kazetta lábában visszafordulva a moderátor box körül elhelyezkedő fűtőelemek között száll fel. A hűtővíz sűrűsége a reaktorban nagyon jelentősen változik: a 230 °C-os melegedés során közelítőleg a tizedére ($0,77 \text{ g/cm}^3$ -ről $0,08 \text{ g/cm}^3$ -re) csökken.

Könnyűvízes reaktorról lévén szó, a HPLWR-ben a hasadások döntő többségét a termikus neutronok váltják ki. A termalizáció a hidrogénmagokon megy végbe, tehát ott lesz több termikus neutron és ezzel együtt több hasadás, ahol nagyobb a hűtőközeg sűrűsége. A nagyobb hasadási sűrűség azonban a teljesítmény lokális növekedéséhez vezet, aminek következtében nő a hűtőközeg hőmérséklete, emiatt pedig csökken a hidrogén magok sűrűsége. Végeredményben tehát egy lokális hőmérséklet- és sűrűség-ingadozásra hajlamos rendszer alakul ki. Tovább növeli ezt az ingadozási hajlamot az a körülmény, hogy a szuperkritikus víz sűrűsége 372 és 392°C között drasztikusan változik, és ezért a reaktorban kialakuló teljesítmény-eloszlás kis hőmérsékletingadozásokra is igen érzékenyen reagál.

A TDK munka célja egy olyan kapcsolt neutronfizikai-termohidraulikai programrendszer kifejlesztése volt, amely alkalmas arra, hogy a HPLWR reaktor esetében megtalálja a stabil egyensúlyi pontot, továbbá a reaktor stacionárius teljesítmény-eloszlását az üzemanyag függőleges profilírozásának függvényében vizsgálja. Egy ilyen eszköz lehetővé teszi, hogy az axiális profilírozást optimalizáljuk a minél egyenletesebb teljesítmény-eloszlás érdekében. A programrendszer három modulból áll:

1. Reaktorfizikai rész, amely az MCNP kódot használva számítja ki az aktuális reaktorelrendezésben kialakuló teljesítmény-eloszlást.
2. Termohidraulikai rész, amely egy saját fejlesztésű program. Ebben a modulban csak a legfontosabb termohidraulikai folyamatokat vettük figyelembe.
3. Csatolási modul, saját fejlesztésű programrész, amely az iterálást végzi. Az iteráció konvergense és hatékonyabbá tételére ebben a programrészben alulrelaxációs lehetőség is van.

A dolgozatban a programrendszer felépítését, és a vele végzett számítások eredményeit ismertetjük.