XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

ATOMERŐMŰ HERMETIKUS TÉRI ZSOMPÖSSZEFOLYÓK KONSTRUKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA ÜZEMZAVARI SZITUÁCIÓKRA

Hárfás Zsolt

Konzulens: Dr. Aszódi Attila BME NTI

The investigation of insulation debris generation, transport and sedimentation gains importance regarding the reactor safety research for PWR and BWR considering the long term behavior of emergency core coolant systems during all types of Loss of Coolant Accident (LOCA). The insulation debris released near the break during LOCA consist of a mixture of very different particles concerning size, shape, consistence and other properties. Some fraction of the released insulation debris will be transported into the reactor sump where it may affect emergency core cooling. Open question of generic interest are the sedimentation of the insulation debris in a water pool, possible resuspension, transport in the sump water flow and particle load on sieves.

Szigetelési törmelékek keletkezésének, terjedésének és lerakódásának vizsgálata kiemelt jelentőséggel bír a PWR és BWR típusú reaktorok aktuális reaktorbiztonsági kutatásainál. A primerköri hűtőközeg-vesztéses üzemzavarok (LOCA) széles spektrumában vizsgálni szükséges, hogy a csőtörésen kilépő hűtőközeg-sugár mennyi hőszigetelő anyagot mobilizálhat a szomszédos csővezeték-szigetelésekből. A törmelék különböző részecskék keverékéből áll, amelyek jelentősen eltérhetnek méret, forma, halmazállapot és más jellemzők tekintetében. A kikerült szigetelés bizonyos részei a zóna üzemzavari hűtőrendszer (ZÜHR) zsompjaihoz kerülhetnek, ahol hatással lehetnek a ZÜHR hosszú távú működésére. További kérdések is felmerülnek, úgymint a szigetelés lerakódása, lehetséges összetömrődése és összeállása a kialakuló vízmedencékben, a törmelék transzportja a zsompvíz áramban valamint a szűrők eltömődése.

BEVEZETÉS

1992. július 28-án, egy gőzvesztést okozó hűtőközeg-vesztéses üzemzavar (LOCA) történt, amikor egy biztonsági nyomáskiegyenlítő-szelep véletlenül kinyílt a Barseback-2 atomerőművi blokkon Svédországban. A gőzsugár a szomszédos csőhálózatról „lehámozta” a rostos szigetelést, a törmelékek egy része pedig kb. 1 óra után eltömítette a hűtőrendszer szivattyúinak szívóoldali szűrőit. Az üzemzavar után a Barseback erőműben a csővezetékek közetgyapot szigetelését kicserélték

üveggyapotra, így csökkentve az eltömődés kockázatát.

Az atomerőművek működésének megítélésében az energiatermelés hatékonyságára vonatkozó mutatók előtt meghatározó szerepet játszik a nukleáris biztonság. Ezért alapvető kérdés a reaktor hűtésének biztosítása minden helyzetben, üzemzavari körülmények között is. A svéd Barseback-2 blokkon 1992-ben történt üzemzavar rávilágított arra, hogy az addig biztonságosnak ítélt hűtőrendszerek bizonyos körülmények között nem feltétlenül tudják ellátni a méretezés során nekik szánt biztonsági feladatukat.

A munkám során az üzemzavarral, valamint a zsompeltömődéssel kapcsolatos nemzetközi szakirodalmat dolgoztam fel, illetve áttekintettem, hogy a Paksi Atomerőműben elvégzett, a zsompösszefolyók konstrukciójának módosítását célzó biztonságnövelő intézkedések során hogyan igyekeztek elérni a kitűzött célokat. Ennek érdekében ismertetem a Paksi Atomerőmű kisnyomású zóna üzemzavari hűtőrendszerét, amelynek a zsompok a részét képezik. A korábbi zsomprendszerkonstrukció bemutatása után ismertetem a biztonságnövelő intézkedés során végrehajtott konstrukciós módosításokat, valamint az ezen módosítások biztonságát megalapozó finn kísérleteket.

NEMZETKÖZI KUTATÁSOK ÁTTEKINTÉSE

Az 1992. július. 28-án a Barseback-i erőműben történt esemény hatására számos nemzetközi kutatási projekt indult el a zsomp-eltömődés pontosabb feltárására. Németországban például a zittai egyetemen építettek kísérleti berendezéseket, míg a Forschungszentrum Rossendorf-ban elméleti munkát végeztek a jelenség megismerésére. 2004. február 25-27-e között New Mexico-ban megrendezett konferencia is foglalkozott a törmelék üzemzavari hűtőfolyadék recirkulációjára gyakorolt hatásával, és azóta is több előadás témája a zsompszűrők eltömődésének modellezése.

A VVER-440/213 ATOMERŐMŰVI BLOKKOK KISNYOMÁSÚ ZÓNA ÜZEMZAVARI HŰTŐRENDSZERE

A Paksi Atomerőműben is működő VVER-440/213 blokkokban egy primerkörü csőtörés esetén az aktív zóna hűtését a zóna üzemzavari hűtőrendszer (ZÜHR) látja el. A ZÜHR egy nagynyomású és egy kisnyomású részből, valamint a hidroakkumulátorokból áll. A nagynyomású ZÜHR a reaktor hűtését segíti 132 bar nyomású, 40 g/l koncentrációjú bóros víz bejuttatásával. A kisnyomású szivattyúk szükség esetén 7.2 bar nyomással 12 g/l bórsavkoncentrációjú vizet nyomnak a kiválasztott hurokvezetékbe. A zsompösszefolyó feladata, hogy üzemzavari helyzetekben a hermetikus térbe kikerült primerkörü hőhordozót és a bejuttatott üzemzavari hűtővizet a mechanikai törmelékektől megtisztítsa. A zsomp összefolyó által összegyűjtött vizet a ZÜHR tartályok leürülése után a ZÜHR rendszer visszaforgatja, újra felhasználja a reaktor hűtésére.

A PAKSI ATOMERŐMŰBEN ELVÉGZETT ZSOMPVÍZGYŰJTŐ RENDSZER BIZTONSÁGNÖVELTŐ ÁTALAKÍTÁS ÉRTÉKELÉSE

A Paksi Atomerőmű az 1992-es svéd Barseback-2 üzemzavar után – több más külföldi atomerőműhöz hasonlóan – megvizsgálta a zsomprendszer működését. Az új zsompvízgyűjtő rendszer szűrőteltjesítményének vizsgálatát a finnországi IVO cég Erőművi Folyamatokat Vizsgáló laboratóriumában végezték el. A munkám során a szakirodalom alapján ismertetem a kísérleti berendezés működését és a szűrőkre vonatkozó kiinduló adatokat, illetve értékelem az elvégzett kísérleteket és azok eredményeit. A kapacitáskísérletek kimutatták, hogy a szűrőn kialakuló nyomáskülönbség akkor is nagyon kicsi (4 kPa), amikor a szálalás törmelék tervezési mennyisége felhalmozódik a szűrőn. A rendszerkísérletek pedig kimutatták, hogy a szálalás törmelékek kiülepedése kevésbé befolyásolja a differenciális nyomás kialakulását.

AZ ÚJ ZSOMPSZŰRŐK ÉRTÉKELÉSE

A zsompszűrő rendszer elemei passzív típusúak, így a rendszer biztonságos üzemeltetése alapvetően egyrészt a keletkező törmelék mennyiségétől, másrészt a tisztítórendszer megbízhatóságától függ. A szűrőfelület nagyságának, a szűrőelemek darabszámának meghatározása úgy történt, hogy a 780 kg-ra kalkulált maximális törmelékterhelést egy szűrőrendszer biztonsággal átszűrje. Az egyes szűrőelemek feltételezett törmelékterhelése ezek alapján max. 25-30 kg.

A biztonságot növelte, hogy konzervatív megközelítéssel a legrosszabb körülményeket feltételezve végezték a méréseket. Előzetes tapasztalatok alapján történő becslés szerint a 30 kg-os elvárt szűrőteltjesítménnyel szemben a tényleges szűrőteltjesítmény magasabb, ami tovább növeli a biztonságot. A szűrőrendszer szerkezetét úgy tervezték meg, hogy egy feltételezett csőtörés hatásait is kibírja. Az új zsompszűrő szerkezet mechanikai szilárdsága, és a feltételezett csőtörés hatása elleni védelem tervezési alapja az erre vonatkozó szabvány szerint került megfogalmazásra.

A telepített szűrőelemek többsége a telepítés helye miatt védett az áramlási hatással szemben. Az egyik zsompot érheti ilyen hatás, de a szűrőelemek rögzítése ennek figyelembevételével lett méretezve. A csőtörés esetén előforduló repülő tárgyak, nagyobb törmelékdarabok okozta sérülések a fizikai védelem kiépítésével vannak kivédve. A szűrőelemeket takaró „védőburkolat” nem csak ettől a hatástól, hanem a tervszerű karbantartás ideje alatt esetleg előforduló leeső tárgyak okozta igénybevételtől és sérüléstől is védi a szűrőelemeket. A szelepek üzemzavar alatti működtethetőségét azzal biztosítják, hogy olyan helységekből vannak telepítve, ahol lehetséges a kézi beavatkozás.

ÖSSZEFOGLALÁS

A munkám során az atomerőművi zompösszefolyók konstrukcióját vizsgáltam üzemzavari szituációkban. Megismerkedtem a zomprendszer működésével, a Paksi Atomerőmű blokkjaira telepített zomprendszer műszaki paramétereivel, valamint a zompszűrők módosításával. Az átalakítás szükségessége a Barseback-2 svéd atomerőművi blokk 1992-es üzemzavarát követően vált világossá, amely során kiderült: egy hűtőközeg veszteses üzemzavar (LOCA) során bizonyos körülmények között az eddig feltételezettnél sokkal hamarabb eltömődhetnek a zompszűrők a gőz által a hurokvezetékekről lehántott, és a hermetikus térben mozgó vízzel a zompba behordott szigetelőanyagtól.

Az elkezdett munkát szeretném diplomaterv keretében folytatni. A rendelkezésre álló geometriai adatok és a méretezési paraméterek alapján CFD számításokkal szeretném tanulmányozni a paksi zompösszefolyók üzemzavari működését.

Hárfás Zsolt

BME hallgató

E-mail: harfas@reak.bme.hu Telefon: 30.278.34.18