

Az AGNES projekt: a paksi biztonság értékelése

Gadó János

gado.janos@energia.mta.hu

2015. október 29.

Nagy Számítástechnikai Műhelyek
MTA Atomenergia Kutató Intézet (AEKI)

Tartalom

Előrebocsátandó: az előadás sok szubjektív elemet tartalmaz!

- Mi is volt az AGNES projekt?
- Az AGNES projekt kihívásai
- Mi történt azóta?

Mi is volt az AGNES projekt? - 1

1990-91: rendszerváltozás Magyarországon, német újraegyesítés – újra kellett gondolni a szovjet tervezésű reaktorok biztonságát (Csernobil: 1986!)

- feljelentések
- Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Extrabudgetary Program
- szovjet intézmények megrendülése

Cél

- EU/USA kompatibilis módszerekkel kimutatni, mi a jó - mi a rossz
- a fogyatékoságok kiküszöbölésének fontossági sorrendbe állítása

Döntések (1991)

- sajátmagunk vállaljuk a felelősséget
- finnek bevonása, GRS (D) és TRACTEBEL (B) részvétele, konzultáció oroszokkal
- a projekt megszervezése (Paks/OAB finanszírozás, AEKI, VEIKI, ERŐTERV + paksi kollégák összeszervezése)

A név: Advanced General and New Evaluation of Safety

Mi is volt az AGNES projekt? - 2

A fő jellemzők:

3 évig tartó kemény munka, számítások, részletes jelentések és összefoglaló készítése, erős projektvezetés, a szakemberek baráti összefogása, kiváló nemzetközi kapcsolatok.

Vizsgálati területek:

- Rendszertechnikai felmérés és értékelés nyugati szempontok szerint (ERŐTERV)
- Tervezési üzemzavarok amerikai típusú számítása (AEKI)
(a kísérletes alátámasztás a projekten kívül történt)
- Súlyos baleseti számítások (VEIKI)
- Valószínűségi biztonsági elemzések a NAÜ szabályai szerint (VEIKI)
- Biztonságnövelési javaslatok kidolgozása

Mi is volt az AGNES projekt? - 3

A fő konklúziók (1994):

- ⇒ Alapvető problémák nincsenek
- ⇒ Egy sor átalakítás szükséges → BNI program (1996-2002 között mintegy 60 milliárd Ft, a zónaolvadási gyakoriság több, mint egy nagyságrenddel csökkent) → az EU-csatlakozási tárgyalásokon Paks nem volt fontos téma
- ⇒ További K+F és elemzések szükségesek (ÁOKU, PSA-2, ...) – mind megvalósult, ezért nem okozott különösebb drámát a stressz teszt (2011-2012), ezért valósulhatott meg a teljesítmény növelése és az üzemidő-hosszabbítás
- ⇒ „Európai” szabályozás kell → már 1995-ben EU-konform Nukleáris Biztonsági Szabályzat lépett életbe

Az AGNES projekt abszolút hivatkozási alap lett.

Az AGNES során létrejött hazai együttműködés mind a mai napig az erőmű biztonságának fontos összetevője.

Az AGNES projekt kihívásai - 1

Régi idők (1970-s, 1980-as évek, ICL-1905, R-40, R-55):

- * Talán az atomenergetikai számítások voltak a leginkább gépidő-igényesek

A szakmai kihívások dióhéjban - reaktorfizika:

Erős volt a kísérleti háttér (ZR-6), az egyes jelenségeket ki tudtuk számítani, de az erősen időfüggő problémák megoldására nem rendelkezünk 3D programmal – hatszöges geometriára a világban sem volt ilyen.

Paksi blokkok: 349 köteg (+ a környező reflektorok), mindegyik kötegben 126 darab 2,4 m magas pálca – kellene tudni, hogy ebben a reaktorban milyen a neutronok hely és energia (valamint repülési irányszög) szerinti eloszlása.

Nem csak stacioner állapotokra kell számolni tudni, hanem a gyorsan változó üzemzavari helyzetekre is, amikor működik (vagy nem) a reaktorvédelem. Értékelni kell, hogy a különböző folyamatok következtében a fűtőelemek hermetikusak maradnak-e vagy sem.

Az AGNES projekt kihívásai - 2

A szakmai kihívások dióhéjban - termohidraulika:

Erős volt a kísérleti háttér (PMK), a számítások amerikai (később amerikai, német és francia) kódokkal történtek.

A kazettákban víz áramlik felfelé a fűtőelempálcák között. A nyomás nagy (125 bar), a hőmérséklet 280 °C-ról 310 °C-ra nő és közel kerül a telítési értékhez. Az áramlást zavarják a távtartólemezek. Az áramlás kétfázisú, megjelenik a gőzfázis. A helyi áramlási kép függ a meghatározandó mennyiségektől (T,p,v stb.).

Üzemzavarok következtében a víz elforrhat, de a biztonsági rendszerek víze elárasztja a reaktorzónát. Az egyes folyamatok időállandói nagyságrendekkel eltérnek egymástól (stiff-egyenletek).

Üzemzavarok következtében a fűtőelempálcák dehermetizálódnak, aktivitás juthat a primerkörbe, a konténmentbe és a környezetbe.

A szakmai kihívások dióhéjban – visszacsatolások:

A reaktorfizikai és termohidraulikai jelenségek ráadásul csatoltak, a számításokat is össze kell csatolni.

Az AGNES projekt kihívásai - 3

Mit jelent a tervezési üzemzavarok biztonsági elemzése?

Ezt Magyarországon az AGNES projekt idején, a világban elterjedt amerikai eredetű előírások és módszerek megismerésével értettük meg. Csak néhány „apró” követelmény:

- az üzemzavarok körének teljesnek kell lennie
- világos elfogadási kritériumokkal kell rendelkezni (itthon nem volt szabályozva)
- az egyes elemzések konzervativizmusát biztosítani kell
- az alkalmazott módszerek, programok egyértelmű, teljes leírása, a módszerek validálása szükséges
- az elemzések olyan leírása szükséges, hogy a számításokat más is meg tudja ismételni.

Az AGNES projekt kihívásai - 4

A számítástechnikai kihívások

Programok átvételén és kifejlesztésén túlmenően szükséges volt „erős” számítógépek alkalmazása, mert rengeteg számítást kellett (esetenként többször is) elvégezni. A projekt AEKI-re eső részének számítási kapacitásigénye nehezen volt felmérhető (utólag is). A számítások egy részét külföldön végezték, sokszor saját szakembereink.

Akkoriban gyorsan nőttek a számítástechnikai kapacitások és „erős” számítógépeket (AGNES és ROZI) tudtunk vásárolni.

Jánosy J. Sebestyén (CPU idő alapon) és Keresztúri András (számításigényes kód teljes futási ideje alapján) nyomon követték az 1990-es években történt fejlesztéseket. Erről Jánosy előadást is tart. Néhány összehasonlító adatot tartalmaz a következő táblázat.

Az AGNES projekt kihívásai - 5

Számítási idők összehasonlítása

Számítógép	Linpack double precision teszt	KIKO3D számítás
VAX 3100/80	0.41	-
IBM486/100MHz PC/AT	1	-
SUN 10	2.86	1
IBM6000/560 AGNES	6.47	7.58
IBM6000/590 ROZI	13.6	16.7
ORIGIN2000 R10000	22.1	29.1

A számítógépek ára gyakorlatilag nem változott (1990-es évek!).

Mi történt azóta?

- Paksi biztonság:
 - * Főkonzulensi tevékenység, a biztonság további elemeinek értékelése, stressz-teszt
 - * Végleges Biztonsági Jelentés elkészítése – üzemidő-hosszabbítás
 - * A teljesítmény növelése, jobban kihasználható fűtőelemek bevezetése
- Számítástechnika:
 - * Erőművi szimulációs kódok biztonsági elemzésekhez – erős PC-ken
 - * Az érzékenységi/bizonytalansági számítások szerepe megnőtt a konzervativizmus leszorítása érdekében – erős PC-ken
 - * Speciális számítások speciális gépeken :
 - Monte-Carlo neutronfizika
 - Computational Fluid Dynamics
 - szilárdsági számítások

Ma már nem az atomenergetika a legnagyobb számítástechnikai megrendelő.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!