

HIVATALOS BÍRÁLÓI VÉLEMÉNY

Katona Tamás János „Rendszerelvű döntések a Paksi atomerőmű hosszú távú biztonságos üzemeltetése érdekében” című doktori munkájáról

Az MTA Doktori Tanácsa felkérésére az alábbiakban adom meg hivatalos bírálói véleményemet Katona Tamás János MTA doktori munkájáról.

1. Formai követelmények

A formai követelményeket az értekezés a következők szerint elégíti ki.

Az összesen 104 oldalas egyenként ≈ 2500 leütést tartalmazó, tömören fogalmazott értekezés rendelkezik tartalomjegyzékkel, hivatkozott irodalom jegyzékkel, amelyben a felhasznált saját publikációk is szerepelnek. Az értekezésben szerepelnek az új tudományos eredményeket tartalmazó tézisek.

A saját publikációk közül 23 egy szerzős, a többszerzős publikációk közül 38 publikációban első szerzős, 12 publikációban pedig nem első szerzős Katona T.J.. A saját publikációk között elégséges folyóirat publikáció szerepel, amelyek között van több, amely impakt faktorral is rendelkezik. A több szerzős publikációknál a társszerzőkkel az egyeztetés megtörtént. Példaként hozom fel, hogy Györgyi J. és én egy publikációban vagyunk társszerzők, egyeztettünk és hozzájárultunk a hivatkozáshoz. Alátámasztásul megemlítem, hogy ezen publikációt Katona T.J. írta és az idézet szerinti konferencián is ő adta elő.

Meg kell még említeni, hogy Katona T.J. 7 NAÜ és 1 NAE dokumentum szerzői kollektívájának is tagja, valamint a Paksi Atomerőmű több IBJ-nek is társszerzője volt.

2. Tartalmi ismertető és értékelés

A doktori mű 6 érdemi fejezetből áll. A továbbiakban a szerző fejezet beosztását követem.

Az első fejezet az atomerőmű jelentőségét és hatékonyságát a magyar elektromos energia termelésében részletezi. A biztonság mint legfőbb követelmény, továbbá az utóbbi évtizedben az üzemidő hosszabbítás és a teljesítmény növelés is előtérbe kerültek. A szerző közel három évtizedes tevékenysége ezen feladatok jegyében telt el.

A második fejezet a fenti feladatok két alapvető műszaki innovációjához kapcsolódva ezek megvalósíthatóságának kötöttségeit vizsgálta általában és működő atomerőmű feltételei között. A kiindulást helyesen a vonatkozó nemzetközi és hazai előírások jelentik. Ehhez a „szükséges és elégséges” feladatok megvalósításának tartozó intézkedések halmazát kell kidolgozni és a végrehajtás módszerét kell optimálisan megválasztani.

A szerző meghatározza az atomerőmű számára a felelősséggel arányos tudományos kompetenciát és a döntésképeség megszerzéséhez szükséges lépéseket. Ezek a determinisztikus és valószínűségi biztonsági elemzés segítségével minősíthetők.

Ennek során elsőbbséget kell adni azoknak az intézkedéseknek amelyek relative kis költségekkel jelentős mértékben növelik a biztonságot, valamint a társadalmi elfogadást.

3. A kutató munka tárgya és módszertana

3.1 A földrengés biztonság

A feladat precedens nélküli volt, egy földrengésre nem tervezett létesítményt kellett földrengésállóvá tenni. Ez a paksi atomerőmű legnagyobb projektje lett. Ennek műszaki-tudományos irányítását végezte el a szerző. A technológia és az azt befolyásoló rendszerek földrengés biztonságának szükséges és elégséges optimális koncepcióját kellett meghatározni. Ehhez meg kellett határozni a felülvizsgálat, a minősítés és a megerősítések módszertanát.

3.2. Az üzemidő hosszabbítás

Az atomerőmű tervezett üzemideje 30 év, ami ez egyes blokkoknál 2011 és 2017 között jár le. Az atomerőmű jelentősége (az elektromos energia termelés kapacitásának 20%, a ténylegesen megtermelt energiának 40%) olyan nagy, hogy kiesése megoldhatatlan problémát jelent. Ezért egy 20 éves hosszabbítás a reális feladat. Katona T.J. vezetésével 2003.-ra elkészült a stratégiai előkészítő projekt.

Ki kellett dolgozni és végre kellett hajtani az ezzel foglalkozó projektet. Az OAH BI engedélyét megszerezve nyílik lehetőség az üzemidő hosszabbításra. Mindehhez szükséges volt egy megvalósíthatósági tanulmány elkészítésére, valamint az atomerőmű élettartamát korlátozó öregedési folyamatok

feltárására, az öregedés kezelésre és a karbantartás szükséges feladatainak kidolgozására,

Az első három fejezet összefoglaló értékeléseként megállapítható, hogy a szerző a feladatok felvetésének nemcsak egyik fő kezdeményezője volt de a megoldás komplex útját is világosan kijelölte.

4. A földrengés biztonság megvalósítása

Ez az 50 oldalas fejezet az értekezés egyik legjelentősebb része. Az ebben foglaltak komoly tudományos teljesítményt képviselnek.

4.1. Alapkövetelmények

A létesítményeket – és így az atomerőműveket – két földrengés szintre kell ellenőrizni. Az egyik előfordulási valószínűsége tízezer év és SSE-vel jelölt, úgy nevezett Safe Shutdown Earthquake, amely esetében a nukleáris technológiát még biztonságosan le lehet állítani. A másik előfordulási valószínűsége száz év és OBE-vel jelölt, úgy nevezett Operating Basis Earthquake, amely esetében a termelést még folytatni lehet.

4.2. A biztonsági probléma

A szükséges és elégséges minimális földrengés biztonság koncepcióját kellett kialakítani. Ezt megnehezítette a meglévő atomerőművekre vonatkozó hazai és nemzetközi szabályozások hiánya. Pl. meg kellett határozni az adott helyszínrre a földrengés maximális vízszintes gyorsulásának értékét is.

Precedens nélküli volt, hogy egy földrengésre nem tervezett létesítményt kellett földrengés állóvá tenni.

4.3. A földrengés biztonsági projekt

A Katona T. J. határozta meg a földrengés biztonsági koncepcióját és a vonatkozó projekt tervét. Ez tartalmazta a telephely újraértékelését, az elvi alapok meghatározását, a biztonságos leállítási technológiájának kidolgozását, az üzemeltetői feladatokat, a tartószerkezeti rendszerek földrengés állóságának értékelését és annak lehetséges növelését és a földrengés biztonság valószínűségi értékelését. A projekt teljes lefutása két évtizedes feladatot jelentett.

4.4. A biztonsági földrengés meghatározása

A kilencvenes években a telephely szeizmicitására több vizsgálat készült. Végül a tízezer éves előfordulási valószínűségű 0.25g max. földfelszíni vízszintes és 0.2 függőleges gyorsulás értéket igazolták. Az alapozáshoz közeli rétegekben a talaj folyósodásának valószínűsége tízezer évnél kevésbé gyakori értéket adott.

4.5. Alapvető kérdések

Két alapvető koncepcionális döntésre volt szükség. Az egyik az alapvető biztonsági funkciók megvalósításának technológiája. A másik az ennek érdekében elvégzendő munkák tartalma és szabályai.

A koncepcionális kérdések megoldásra szolgáló kutatások sokrétűek voltak. Először a reaktor és a primér kör modál analízise segítségével meghatározták a rendszer első rezonancia frekvenciáit, amelyek 1-5 Hz tartományba estek. Majd az egész erőművet gerjesztették egy robbantásos kísérlettel és egy blokk válaszát megmérve kísérleti modál analízissel meghatározták a rezonancia frekvenciákat és a lengésalakokat. A dinamikus válasz a laza talajon az épület alacsony frekvenciás billegését határozza meg, ez pedig a gőzfejlesztő ingamozgását okozhatja, amit viszkózus lengés csillapítókkal lehet korlátozni.

Mindezekon túl a kísérletekkel validálni lehetett a primér kör válaszána számítására kidolgozott modellt és módszert. Több szerkezeti elemet (keretek, ZÜRH tartályok, stb.) kísérletileg és numerikusan is vizsgáltak, valamint vizsgálták a különböző megoldások gazdasági kihatásait.

Mindezek alapján igazolták a kifejlesztett módszerek alkalmazhatóságát ill. annak korlátait működő atomerőművekre.

Az első koncepcionális kérdésre a válasz, hogy rendszerszintű gondolkodás szükséges az elvégzendő feladatok megoldására. Kijelölték a megoldandó feladatokat: a megerősítésre szoruló és a működő képességük megtartását igazolható elemeket. Az utóbbira példa a primerköri fő keringtető vezeték, amely megerősíthető úgy, hogy a földrengésre ne következzen be LB LOCA.

A második koncepcionális kérdésre válaszul feltételezték, hogy a földrengéssel egyidejűleg nem történik más jelentős káros esemény, a földrengést követő 72 órában.

A rendszerelvű megközelítés forradalmian új, a szerző által javasolt, megközelítése az volt, hogy a baleseti lehűtés és a tartós hőelvitel (a leállítás és a szubkritikus állapot fenntartása) történjen a normál lehűtő rendszer felhasználásával. Ez lehetővé vált többek között a berendezések kihorgonyozása és az épület tartószerkezetek megerősítésével, a bonyolult és költséges új technológiai rendszerek ill. átalakítások nélkül. Ehhez meg kellett állapítani a nagy konfidenciával meghatározott kis valószínűségű meghibásodás (HCLPF) értékét a rendszerelemekre. A HCLPF kapacitás lognormál eloszlása alapján a medián 0,3 g értékűre adódott. Ennek törvény szerűségét szerző 2010.-ben állapította meg. A kidolgozott becslés alapján dönteni lehetett a várható megerősítések számáról a végleges számítások előtt.

A szerző a földrengéskori automatikus reaktor leállítást az USA tapasztalatok alapján nem javasolta. Ugyanakkor a folyamatos üzemelés 2 feltételét is megfogalmazta.

4.6. A felülvizsgálat, minősítés és megerősítés módszertana

A földrengés szempontjából a szerkezeti rendszereket négy osztályba sorolták. Az osztályba soroláskor figyelembe kellett venni a nemzetközi és hazai előírásokat, a műszaki sajátosságokat, a biztonság fontosságát, a kivitelezhetőséget valamint az idő és költség korlátokat. A minősítési elveket az osztályba sorolás szerint előírt vizsgálatokkal összhangban állapították meg.

Az értekezés ezután a főépület számításával foglalkozik. A véges elemes számítást 3D elemekkel végezték és figyelembe vették a szerkezet és a talaj kölcsönhatását is. A megerősítések eldöntése után a megerősített szerkezetet újra vizsgálták. Hasonló módon vizsgálták a többi épületet osztályba sorolásuknak megfelelően.

4.7. Földrengés biztonsági megerősítések

Általában a vasbeton szerkezeteket nagyon kis mértékben kellett megerősíteni. Viszont az acélszerkezeteket és a csővezetéseket több ezer helyen kellett megerősíteni. Az egyik légerdekesebb megerősítés a turbina csarnok és a reaktor csarnok acélszerkezeteinek hozzákötése volt a két ikerblokk lokalizációs tornyai között kiképzett térbeli rácsos tartóhoz.

4.8. A földrengés biztonság értékelése

A valószínűségi földrengés biztonsági elemzés (földrengés PSA) szerint a biztonságnövelő intézkedésekkel a zónasérülés gyakorisága lényegesen csökkent. A meglévő többféle bizonytalanság hatását az atomerőmű sérülékenysége szerző megvizsgálta, hogy kommulált abszolút sebesség, a CAV hogyan vezethető be a PSA számításba. Ennek oka, hogy a CAV jobban korrelálható a sérüléssel mint a maximális vízszintes szabad felszíni gyorsulás, a PGA. A szerző három kérdést vizsgált az ezen a területen folyó kutatásokhoz kapcsolódva.

Az első a sérülési valószínűséget a CAV függvényében akkor fejezhetjük ki, ha empirikusan meghatároztuk a λ sérülési paraméter átlagos értékét. Itt meg kell említeni, hogy a 60. oldal alulról számított 13. sorában az egyenletre való hivatkozás valószínűleg nem (13) hanem (9).

A második a CAV fizikai tartalma. A szerző bemutatja, hogy a CAV jól korreláltatható a fáradás típusú tönkremenetellel és értelmezi a CAV frekvencia függését is.

A harmadik a sérülékenység leírására és bizonytalanságának kezelésére szolgáló lehetőségek. Itt a szerző bemutatta, hogy lehetséges a sérülékenységet, a CAV mint egyetlen független változó függvényeként megadni, de ez nem csökkenti a numerikus igazolás munkaigényét.

4.9. Nemzetközi hasznosulás

Az eredményeket fel lehetett használni más atom erőművek felülvizsgálatánál, az OECD NEA programjaiban és egy sor NAÜ előírásban.

4.10. További kutatások

A szerző újabb kutatásai a fáradásos tönkremeneteli mód kárindikátorának meghatározására és a rengés utáni állapot gyors értékelésére vonatkoznak. Ezek érinthetik a nagy rengések tapasztalatai alapján felvetődő új kérdéseket is. Fel lehet vetni például, hogy a legfrissebb japán tapasztalatok, a fukushimai atomerőmű tragédiája fényében ezek hogyan fogalmazhatók/változtathatók meg.

5. Az üzemidő hosszabbítás megalapozása

Az előbbieken tárgyalt földrengés biztonsági projekt és az üzemidő hosszabbítási projekt (valamint a teljesítmény növelési projekt) költségoldalai között van egy lényeges különbség, nevezetesen az, hogy egy sikeres földrengés biztonsági projekt nélkül le kellett volna állítani a teljes atomerőművet. Ezért a földrengés biztonsági projektet mindenféleképpen meg kellett valósítani, természetesen optimális költség vonzattal. Ugyan akkor egy sikeres üzemidő hosszabbítási projekt nélkül az atomerőmű az eredeti üzemidő lejártáig működtetni lehetett volna. A hosszabbításnál a döntés a költség-haszon költségek összevetésétől függött.

5.1 Kezdeményezés és előkészítés

A szerző volt a kezdeményezője PAE üzemidő hosszabbítási projektjének 1992-ben. Ezt a projektet – a teljesítmény növelési projekttel együtt – egy komplex megvalósíthatósági tanulmány majd egy stratégiai előkészítő projekt alapozta meg. Húsz éves munka vezetett az 1. blokk üzemidő hosszabbítási kérelem 2011. év végi benyújtásához. Ebben a szerző végig vezető szerepet játszott.

5.2. Az üzemidő hosszabbítás lényege

Általában az engedélyezett üzemidő rövidebb mint a tervezett élettartam. Magyarországon ezt a PAE mint egyetlen magyar atomerőmű esetében 30 évben határozták meg. Az üzemidő hosszabbítás a sok atomerőművel rendelkező országok (USA, Franciaország, Japán) esetében már régebben felmerült. De azt is meg kell említeni, hogy a modern atomerőműveknél már 50-60 év az engedélyezett üzemidő.

Az üzemidő mint élettartam specifikus mennyiség függ az egyes elemek öregedési folyamatától. A cserélhető és felújítható elemek mellett természetesen vannak olyan elemek amelyek a kötelező biztonsági szint részét képviselik.

5.3. A stratégiai döntés

A döntést befolyásolják az erőmű műszaki állapota, a romlási folyamatok, a hazai és nemzetközi tapasztalatok és a jövőben várható szabályozási trendek. A 20 éves üzemidő hosszabbítás mellett szólt a döntés. A szerző nem említi, de

ehhez járul még 10 év a bontásra, így összesen a 30 év után további 30 évre, így 60 évre kell megfelelnie az erőműnek. Ehhez ki kellett terjeszteni az öregedés kezelési programokat, fel kellett számolni a minősítési hiányokat, rekonstruálni kellett a tervezési alapokat.

A költségelemzések bizonyították, hogy az üzemidő hosszabbítás reális hasznot hoz. A biztonság növelő program, a teljesítmény növelés és az üzemidő hosszabbítás során tett intézkedések szinergikusak, többségük pozitív mindhárom programra.

5.4. A projekt tervezése

Egyrészt fenn kell tartani a megkövetelt műszaki állapotot, másrészt teljesíteni kell az engedélyezési követelményeket. Ehhez el kell készíteni az üzemidő hosszabbítási programot. A szerző elképzelése szerint a programot komplex módon kell értelmezni. A rendszer értéke nem (csak) annak tudományos újdonságából ered, hanem az erőműben már eddig is alkalmazott és így kipróbált módszerek kreatív alkalmazása. Ennek során egyensúlyt kell biztosítani az üzemeltetés biztonsága és gazdaságossága között, figyelembe véve az erőmű aktuális állapotát.

Véleményem szerint – a továbbiakat is figyelembe véve – ez egy komoly rendszer szervezési és részben logisztikai feladat.

5.5. A program

Kiindulás volt, hogy a program tartalmának meghatározása és a megvalósítás biztosítása csak az engedélyes üzemeltető PAE kompetenciája lehet. A végrehajtásba természetesen bevontak hazai és külföldi szakmai érdekelteket. A program részét képezte egy megfelelő élettartam gazdálkodási rendszer is, valamint több fontos koncepcionális elem.

A megoldandó problémák sorába tartozott az öregedés kezelés terjedelme tekintettel a VVER-440/213 típus sajátosságaira, az öregedés kezelés strukturális szervezésére. A sajátosságok miatt nem lehetett egyes sikeres külföldi megoldásokat alkalmazni. Az „A” típusú programok a konténment tömörségének ellenőrzésére szolgáltak, míg a „B” típusú programok több „A” típusú programot tartalmaznak, a végrehajtás logisztikai feladataival.

A végrehajtás során elvégezték a szükséges szilárdsági számításokat is. Erre annál is inkább szükség volt, mert az eredeti számítások nem álltak rendelkezésre. Az erre felhasználható szabványokat a PAE határozta meg. A technológiával összefüggő területeken ezek az ASME szabványai voltak.

5.6 Az eredmények nemzetközi hasznosítása

A projekt előkészítése és végrehajtása során kapott eredmények beépültek a NAÜ vonatkozó dokumentumaiba. A kutatási eredmények beépültek a NAÜ programokba. Az OECD NEA és az európai követelmények dokumentumban kerültek felhasználásra az üzemidő hosszabbítás magyar tapasztalatai. Mindezek a szerző személyes közreműködésének eredményei.

5.7. További kutatások

A 2011 végén benyújtott 1. blokk üzemidő hosszabbítási engedély kérelem és a GALL nemzetközi öregedési tapasztalatok kidolgozásában vesz részt a szerző.

6. Összefoglalás és tézisek

Katona J. T. együttesen adta meg a címben szereplő két feladatot.

A földrengés biztonsággal kapcsolatos I., II. és IV. tézist elfogadom. Különösen jelentős tudományos eredménynek tartom a IV. tézisben foglaltakat. A III. tézist, mint kiemelkedő logisztikai és rendszerszervezési teljesítményt fogadom el.

Az üzemidő hosszabbítással kapcsolatos V. tézist elfogadom, mint kiemelkedően fontos gazdasági feladat tudományos igényű rendszerszervezői teljesítményét.

Az eredmények nemzetközi hasznosulása tekintetében a VI. tézist, mint kimagasló teljesítményt ismerem el. Örölnék, ha sokan mások is ilyen eredményeket tudnának felmutatni.

Az Értekezés általános bírálata

Katona J. T. a hazai és nemzetközi nukleáris energetika elismert kiemelkedő képviselője. Új tudományos eredményei, originális ötletei, a részletek bonyolult rendszerének kidolgozása, a megvalósítás erőteljes támogatása képessé tették

a magyar gazdaság több jelentős feladatának teljesítésében való meghatározó közreműködésre.

Mindezek alapján javasolom a védés kitűzését és az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2012. április 12.

(Lenkei Péter)

az MTA doktora
Professor Emeritus