

KFKI-1987-68/G.M

MARÓTI L.
SZABADOS L.

A VVER-1000 ZÓNA TERMOHIDRAULIKAI MODELLJE

Hungarian Academy of Sciences

**CENTRAL
RESEARCH
INSTITUTE FOR
PHYSICS**

BUDAPEST

KFKI-1987-68/G,M
PREPRINT

A VVER-1000 ZÓNA TERMOHIDRAULIKAI MODELLJE

MARÓTI L., SZABADOS L.

Központi Fizikai Kutató Intézet
1525 Budapest 114, Pf. 49

Maróti L., Szabados L.: A VVER-1000 zóna termohidraulikai modellje.
KFKI-1987-68/G,M

KIVONAT

A VVER-1000 reaktor biztonságos és gazdaságos üzemvitele a lejátszódó termohidraulikai folyamatok nagyobb pontosságú számítását igényli, mint amilyen szükséges volt a 440-es zóna esetében. A nagy pontosság, mind a reaktorfizikai számítások pontosságának elérése érdekében, mind pedig a reaktor üzemviteli biztonsági limitjeinek meghatározásához szükséges.

A dolgozat bemutatja a VVER-1000 és 440 típusu reaktorok legfontosabb különbségeit és vázolja azon fejlesztési munka fő területeit, ami a kívánt pontosság eléréséhez szükséges.

A cikk becslést ad a javasolt fejlesztési munka eredményeképpen előálló programok teljesítőképességére és néhány további javításra vonatkozó javaslatot tartalmaz.

Мароти Л., Сабадос Л.: Термогидравлическая модель реактора ВВЭР-1000.
KFKI-1987-68/G,M

АННОТАЦИЯ

Для надежной и экономичной эксплуатации реакторов типа ВВЭР-1000 необходимы более точные расчеты термогидравлических процессов, происходящих в активной зоне, чем для реакторов типа ВВЭР-440. Большая точность необходима также с точки зрения повышения точности реакторнофизических расчетов и определения пределов надежной эксплуатации реактора.

В отчете представлены основные различия между реакторами ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 и указаны основные области исследовательской работы, в которых необходимо достижение более высоких точностей.

В работе дается оценка производительности программ после их усовершенствования, а также описаны некоторые предложения, связанные с дальнейшим развитием.

L. Maróti, L. Szabados: WWER-1000 core thermohydraulic model.
KFKI-1987-68/G,M

ABSTRACT

Safe and economic operation of the WWER-1000 type reactor requires more accurate calculation of the thermohydraulic processes than the one which was satisfactory for the 440 type cores. The high degree of accuracy is needed both for the accurate calculation of the reactor physics and for the determination of the operational safety limits of the core.

The paper illustrates the most important differences between the 1000 and 440 type reactors and presents the main fields of the development work necessary to reach the required accuracy.

A prediction for the capability of the computer programs after the proposed development is also given and some idea for the further improvement is outlined.

1. BEVEZETÉS

A VVER-1000 reaktorzóna biztonságos és gazdaságos üzemvitele a lejátszódó termohidraulikai folyamatok nagy pontosságú számítását igényli mind annak érdekében, hogy a reaktorfizikai számítások szükséges pontossága elérhető legyen, mind pedig a zóna üzemeltetés, elsősorban termohidraulikai jellegű biztonsági limitjeinek kielégítő pontosságú meghatározása biztosítására. A számítási apparátus, amely a fenti követelményeknek eleget tesz, sok tekintetben megegyezik az eddig használt módszerekkel, néhány alapvető probléma gyökeresen eltérő volta, valamint a felhasználható eszközökkel szemben támasztott pontossági igények növekedése miatt mégis jelentős átdolgozásra, továbbfejlesztésre szorul és szükségessé válik az elmúlt időszakban kétoldalú szovjet-magyar együttműködés keretében felhalmozódott kutatási eredményeknek az előállítandó számítási apparátusba történő bevezetése.

A VVER-1000 típusú erőmű gyökeresen különbözik a VVER-440-tól annak ellenére, hogy Novo-Voronyezsi típusnak szokás emlegetni, és a prototípus ennek a családnak az 5. blokkjaként épült fel. A zónaszerkezetet illetően az 5. blokk még követi a 440-es tradíciókat annyiban, hogy a kötegfalak megmaradtak, de a Méretezési Baleset filozófiát alkalmazva a falak 3 %-os perforációval vannak ellátva abból a célból, hogy ilyen baleset fellépésekor az alsó- és felső keverőtér között fellépő mintegy 60 bar nyomáskülönbséget a kötegfalak el tudják viselni. A szériatípusnál - a világgyakorlatot követve - a kötegfalak teljes elhagyására került sor és ilyen módon ezek a reaktorok teljesen nyitott zónával üzemelnek. Ez a módosítás a hőtranszport tárgyalása szempontjából alapvetően más módszereket kíván.

A szovjet tervezők tehát Tyesztov - a főkonstruktor illetékes helyettese - szavaival a világstandardnak megfelelő erőművi rendszert hoztak létre.

A nukleáris biztonság termohidraulikai aspektusait tekintve, az erőmű a következőkkel jellemezhető:

- A reaktorzóna fajlagos teljesítménye mintegy 30 %-kal magasabb, mint a 440-es zóna fajlagos teljesítménye. A 110 kW/l-es fajlagos teljesítmény az USA erőművek 95-100 kW/l-es teljesítménysűrűségét is meghaladja, mely azt jelenti, hogy a biztonsági tartalékok lényegesen kisebbek, mint a VVER-440-nél.
- A fűtőelemkötegek teljesen nyitottak, a teljesítmény szabályozás "cluster" típusú.
- A nagyméretű és "karcsú" /3500 mm aktív hosszú/ zóna axiális xenon lengésekre érzékeny.
- A primerkör 4-hurkos elrendezésű, így 1 hurok /1 szivattyú és 1 gőzfejlesztő/ 750 MW teljesítménynek megfelelő energia elszállítást biztosítja / a VVER-440-nél ez az érték kb. 230 MW/.
- A fentiekből következik, hogy a reaktorzóna a primerkör dinamikai eseményekre érzékeny /reaktivitás- és áramlási tranziensek/.
- A VVER-440-hez viszonyítva a fűtőelemek igénybevétele a következőkkel jellemezhető: magas fajlagos teljesítménysűrűség, jelentősen megnövelt hűtőközeg áramlási sebesség, mintegy 30 °C-kal nagyobb átlagos /hűtésoldali/ hőmérséklet, 160 bar nyomás.

- A zóna üzemzavari hűtőrendszerek /hidroakkumulátorok, nagy- és kisnyomású ZÜHR/ feladataikban és funkcióikban a /magyar/ VVER-440-hez hasonlóak.
- Teljesnyomású, száraz konténment.

A kutatási célok megválasztásánál a fentiekben röviden jellemzett erőmű által támasztott követelményekből indulunk ki. Figyelembe vesszük ugyanakkor a rendelkezésre álló szellemi kapacitást, az anyagi- és kutatási eszközöket és tapasztalataink alapján az 1990 táján prognosztizálható szükségleteket.

Jelentősen befolyásolja a témaválasztást a zónafizikai modell létrehozására javasolt program. További szempont az, hogy előkészítő jellegű kutatások szükségesek ahhoz, hogy 1990 után a munka folytatásához eszközök álljanak rendelkezésre.

2. A VVER-1000 REAKTORZÓNA TERMOHIDRAULIKAI JELLEGZETES- SÉGEI

A VVER-1000 zóna, alapegységnek a fűtőelemköteget tekintve, hidraulikai szempontból teljesen homogén felépítésű, amelyben egyenletes hőbetáplálás esetén homogén áramlási viszonyok alakulnak ki. A fenti homogenitás nyilvánvalóan megszűnik a zóna határain, ahol az áramlási viszonyok a határoló felületek járulékos hidraulikai ellenállása következtében kedvezőtlenebbek egy viszonylag keskeny perifériális tartományban.

Nyilvánvaló továbbá, hogy a zónában felszabaduló teljesítmény eloszlása nem egyenletes és az áramlási viszonyok alakulása és a teljesítményeloszlás között szoros összefüggés alakul ki. Különösen igaz ez akkor, ha a hőbetáplálás lokális növekedése gőzfázis megjelenéséhez vezethet.

A hűtőközeg-áramlás szempontjából kedvezőtlen perifériális tartomány termohidraulikai szempontból nem jelent problémát akkor, ha a zónahatár az áramlási sebességhez hasonlóan a teljesítményeloszlás egyidejű csökkenését is okozza. Ez a feltétel a reflektorhatás következtében nem teljesül törvényszerűen.

Fentiekből nyilvánvaló, hogy a hidraulikai viszonyok tisztázásához a teljes aktív zóna analízise szükséges.

Az eddigiekben alapegységnek tekintett fűtőelemköteg már nem minősíthető hidraulikai szempontból nézve homogén, vagy közel homogén felépítésűnek. A kötegek perifériáján, a kötegcsatlakozási résekben ugyanis az áramlási viszonyok jelentősen eltérnek a belső régiókat kitöltő szubcsatornában kialakulótól. Ennek egyik oka nyilvánvalóan a köteghatáron jelentkező anomália, a jellemző három- ill.

hatszögrács feloldódása. Másik oka technológiai természetű, nevezetesen az, hogy a kötegek biztonságos bejuttatása az aktív zónába miféle minimális résméret mellett lehetséges. A két effektus együttesen a szélső fűtőelemsor jelentősen megnövekedett hűtéséhez vezet.

Ugyanakkor a fűtőelemköteg belsejében a rúdfüggöny-szabályozás vezetősövei okozhatnak nem elhanyagolható effektust, aminek jelentősége jelenleg nem tisztázott. Fenti vezetősövek a hűtés szempontjából parazita áramlás forrásai, egyelőre kérdéses mértékű hűtőközegvesztésget jelentenek.

A hidraulikai viszonyok kialakult képe tovább bonyolódik a hőbetáplálás egyenlőtlenségének eredményeképpen, mint-hogy a teljesítményeloszlás és áramlási viszonyok között a fűtőelemkötegen belül is szoros kapcsolat áll fenn. Ha tekintetbe vesszük, hogy a fűtőelemköteg teljesítmény-egyenlőtlenségei a zóna eloszlásra szuperponálódnak, világosan megállapítható, hogy az áramlási viszonyoknak az alapegységet jelentő fűtőelemkötegen belüli részletes vizsgálata szükséges.

Tekintsük át a továbbiakban azokat az alapvető különbségeket, amelyeket a VVER-1000 zóna jelent termohidraulikai szempontból a VVER-440 zónához képest.

A legnyilvánvalóbb eltérés a fűtőelemkötegek falainak elhagyása, ami kettős effektust eredményez:

1. a fűtőelemkötegek között hidraulikai kapcsolat jön létre, ami az eloszlási viszonyok változását eredményezi,
2. az eddig legrosszabb helyzetben lévő sarokcsatorna a megnövekedett hűtőközegmennyiség következtében kedvező helyzetűvé válik.

A 2. pont további következménye, hogy az eddig törvény-szerűen a sarokcsatornában megjelenő forráskrízis a sarok rúd belső csatornájára helyeződne át, ha a keveredési viszonyok és a szabályozórúd vezetősövek a problémát tovább nem bonyolítanák. Valójában az eddigi fix forráskrízis pozícióval ellentétben, annak helye bizonytalanná válik és a számításokban ismeretlen.

A következő igen fontos eltérés a VVER-1000 és 440 között a teljesítmény-sűrűség következménye. Nyilvánvaló, hogy egy fűtőelemkötegre vonatkozóan írhatjuk, hogy

$$\begin{aligned}\langle \rho u * u \rangle &= c_m \langle \rho \rangle \langle u \rangle \langle u \rangle \\ \langle \rho u * e \rangle &= c_e \langle \rho \rangle \langle u \rangle \langle e \rangle\end{aligned}$$

ahol ρ = sűrűség, u = sebesség, e = energia.

Tehát a szállított energia illetve impulzus keresztmetszeti átlaga és az átlagos paraméterek között valamiféle, a radiális eloszlásoktól függő korreláció áll fenn.

Abban az esetben, amikor a fűtőelemkötegekben egyfázisú az áramlás, akkor C értéke jó közelítéssel állandó. Amikor azonban a teljesítmény-sűrűség nagy, az aláhűtött forrás megjelenésének eredményeképpen jelentős lokális változások lépnek fel, C értéke teljesítményfüggővé válik.

C teljesítményfüggése azzal a következménnyel jár, hogy a fűtőelemkötegekből felépülő reaktorzóna makroszámítása nem szeparálható a fűtőelemkötegek részletes analízisét végző mikroszámítástól.

Végül meg kell említeni egy, a teljesítmény-sűrűség megnövekedése következtében jelentőssé előlépő, az eddigi-ekben figyelmen kívül hagyott problémát. A fűtőelemkötegben a keresztáramok döntő forrása a távolságtartó rács. Ennek a rácsnak a hidraulikai ellenállása szubcsatornánként változik. Feltételezhetően az 1000-es zóna esetében meg kell követelni ennek az ellenállástényezőnek pontos figyelembevételét.

Az eddigiekben ismertetett jellegzetességekkel rendelkező VVER-1000 aktív zóna számítására szolgáló zónatermohidraulikai modell felépítését és főbb sajátosságait a továbbiakban ismertetjük.

3. A ZÓNATERMOHIDRAULIKAI MODELL SZERKEZETE

A zónatermohidraulikai modell az [1]-ben leírt zónafizikai modellel együtt a moduláris programrendszer része. A termohidraulikai modulok létrehozásánál olyan programstruktúrát alakítunk ki, hogy a vezérlőprogram - a neutronfizikai modulokhoz hasonlóan - hívhatja azokat. A modulok azonban "csak" a termohidraulikát tartalmazzák: a neutronkinetikai-termohidraulikai csatolást a programrendszer egy más modulja adja. A csatlakozási felületek pontos körülhatárolása természetesen a két tudományterület közös feladata.

A modellszerkezet kialakításánál a [4]-ben részletesen leírt módszert és eljárást követjük. A termohidraulikai modellt a következő három modul tartalmazza.

PERF- 1000

A program az aktív zóna kötegszintű termohidraulikai analízisét végzi és a fűtőelemcsatorna részletességű számítás határfeltételi adatait állítja elő. Szerepe lehet az aktív zóna teljesítményeloszlásának meghatározásánál, amennyiben a zónában az aláhűtött forrás a moderátor sűrűség, valamint fűtőanyag-hőmérséklet adatokat jelentősen befolyásolja. Nem tisztázott egy ilyen típusú visszacsatolás termohidraulikai paramétereinek előállítása.

COBRA - 1000

A fűtőelemcsatorna szintű termohidraulikai adatok előállítását hivatott végezni a kód, amelynek célja elsősorban a forrócsatorna megkeresése és a biztonság mértékének megállapítása. A létező programváltozatoknál nem tisztázott a csatlakozás a PERF típusú határfeltételekhez, nem megoldott a fűtőelemhőmérsékletek kielégítő pontosságú számítása, ellentmondás van továbbá a tranzverzális hűtőközeg-áramok generálását végző fizikai modellek között a PERF és COBRA kódok jelenlegi változataiban.

PROHYS - 1000

A program az aktív zóna csatlakozási pontjain állítja elő a határfeltételeket.

4. A MODELL ADATIGÉNYE

Az adott fizikai probléma megoldásához a programok számos korrelációval vannak ellátva. Ezen korrelációk egyike sem általános érvényű. Az opciók, melyek segítségével a felhasználó választhat a különböző korreláció kínálatból, az inputban adhatók meg. A program sikeres alkalmazása nagymértékben függ a helyes korrelációk kiválasztásától. Több esetben célszerű az adott problémához illeszkedő új összefüggés beépítése. Ilyen pl. a fűtőelemhőmérsékletek számítása, ahol a hőátadási tényező fix értéke önkényes, és legfeljebb közelítő becslésre alkalmas.

Azok az empiriák, ill. adatok, amelyek választhatók, vagy szükségesek, a következők:

- csőszűrlődési tényező korreláció,
- aláhűtött térfogati gőztartalom korreláció,
- kétfázisú szorzó korreláció,
- kétfázisú térfogati gőztartalom korreláció,
- egyfázisú mixing korreláció,
- kétfázisú mixing korreláció,
- távolságtartó rács hidraulikai ellenállástényező,
- keresztáram ellenállástényező,
- a keresztáramlás impulzustranszportjának tényezője,
- hőátadási tényező,
- kritikus hőfluxus korreláció.

A fent leírt fizikai folyamatok pontosabb leírása érdekében az elmúlt időszakban széleskörű elméleti és kísérleti kutatásokat folytattunk. A kutatások egyik csoportjának eredményei az [5] irodalomban találhatóak.

A forráskezdet pontos meghatározása rendkívül fontos a nyomottvízes reaktoroknál, mivel a gőz megjelenése a termohidraulikai-neutronfizikai visszacsatolást drasztí-

kusan felerősíti, ami a VVER-440 esetében egyben abnormális üzemmenet fellépésére is utal. A módszer, amit a forráskezdet predikciójára kifejlesztettünk, a korábbiakban alkalmazottnál lényegesen pontosabb eredményeket szolgáltat.

A gőz megjelenése a reaktorzónában súlyos problémát jelenthet a tekintetben, hogy a gőztermelő szubcsatornák hidraulikai ellenállása, éppen a kis sűrűségű fázis megjelenése következtében, jelentősen megnövekszik, ami a hűtőközegáram további csökkenéséhez vezet. A hidraulikai ellenállás pontos számítása a kétfázisú szorzó pontosabb ismeretét igényli. Ezt teszi lehetővé a kidolgozott módszer.

Az aláhűtött forrás számítására ugyancsak kifejlesztettünk egy, a forráskezdet ismeretére alapozott aláhűtött voidmodellt [6] .

Kiterjedt szeparált effektus kísérleteket végeztünk az egyfázisú keveredés, a stacionárius és tranziens krízis vizsgálatára.

Az egyfázisú keveredési vizsgálatokat 19-rúdköteg mérőszakaszon végeztük és mintegy 10 000 mérési adatból meghatároztuk a fűtőelemcsatornák közötti keresztáramlási tényezőt [7] .

Egyszerű geometriájú modellen /10 mm belső átmérőjű cső/ tranziens kritikus hőfluxus méréseket végeztünk forgalomcsökkenéses és teljesítmény-növeléses tranziens folyamatokra. Igazoltuk a Paksi Atomerőmű paraméter tartományában a kvázi-stacionárius kezelésmód alkalmazhatóságát. A számított és mért kritikus hőfluxus adatok ± 10 %-on belül megegyeztek [8] .

A VVER típusra hivatalosan elfogadott Bezrukov kritikus hőfluxus korrelációt VVER-1000 geometriájú modelleken, mintegy 350 pontban ellenőriztük [9]. A számított és mért kritikus hőfluxus adatok - a nemzetközi gyakorlatnál jobb pontossággal - ± 10 %-on belül megegyeztek.

A fenti kutatási eredmények és a kutatási gyakorlat birtokában jelentős számú eset vizsgálatával elemeztük a Paksi Atomerőmű üzemi biztonságát, zónatermohidraulikai szempontból, különös tekintettel a DNBR min. értékére [2], [3].

A kutatás-felkészítési feladatok egészét itt nem tárgyaljuk. A további feladatokat a COBRA-3C/KFKI VVER-specifikus változatának előállításához az alábbiakban körvonalazzuk:

- a kritikus hőfluxus számításánál a nem egyenletes axiális hőterhelés hatásának figyelembe vételére a Hidropressz eljárás alkalmazása célszerű, a Tong-féle változataként,
- a számítások további pontosítása érdekében a forráskezelő számítására a KFKI-ban kifejlesztett modellt célszerű alkalmazni a kódban lévő Levy-modell változataként,
- a KFKI-ban kifejlesztett aláhűtött void modell tovább növeli a számítások megbízhatóságát, ezért beépítése indokolt,
- a kétfázisú szorzó számítására szolgáló görbesereges Martinelli-Nelson módszer alkalmazása nehézkes, a KFKI-ban kifejlesztett eljárással viszont analitikus függvény formájában adható meg,

- a távolságtartó rács ellenállástényezőjének szubcsatornaszintű megadása,
- a fenti módon továbbfejlesztett kód célkísérletekkel történő ellenőrzése a PMK-NVH berendezésen, radiálisan jelentős teljesítményegyenlőtlenségű mérőszakaszok felhasználásával, üzemi paramétereken, az üzemviteli tranziensek megfelelően szelektált típusaira.

A fent leírt kutatás-fejlesztési program sikeres végrehajtása jelentős szellemi és anyagi ráfordításokat igénylő, többéves munka eredménye lehet.

5. A FEJLESZTÉS FÁZISAI

A fejlesztésnek a PERF, COBRA és PROHYS kódok jelen változataiból kell kiindulnia. A PERF és COBRA kódok esetében át kell térni a keresztáramok generálását leíró egységes fizikai modellek alkalmazására, minthogy a nyitott reaktormag esetében hidraulikai szempontból nincs különbség köteg és fűtőelemcsatorna kapcsolódása között. Az egységes modelleket irodalmi adatok és célkísérletek alapján ellenőrizni kell. A továbbiakban meg kell oldani a programok csatlakozásának problémáját. A fűtőelemcsatorna-szintű számításoknál meg kell oldani a csatornát tápláló különböző teljesítményű fűtőelemek fal-, illetve üzemanyag-hőmérsékleteinek meghatározását. Kötegszintű visszacsatolások számításához átlagolási procedúra létrehozása szükséges. Végül VVER-1000 specifikus empiriák bevezetésével kell biztosítani a szükséges pontosságot.

A vázolt kutatás-fejlesztési tevékenység eredményeképpen előálló zónatermohidraulikai modell lehetőségeit és hiányosságait a továbbiakban vázoljuk.

A projekt státusa 1990-ben

A zónatermohidraulikai modell 1990-ben az aktív zóna tetszőleges pontjának termohidraulikai jellemzőit képes a K+F tevékenység adott szintjén elvárható pontossággal megadni és ezzel a zóna biztonságának mikroeloszlását szolgáltatni. Egyidejűleg a moduláris programrendszer tagjaként lehetővé teszi a termohidraulikai visszacsatolások figyelembevételét és lassú tranziensek követését.

Fentiekből következik, hogy a hatósági tevékenység eszközeként biztosítani tudja a reaktor adott körülmények közötti üzeme biztonságának megítélését.

A VVER-1000 zónatermohidraulikai modell fejlesztése 1990 után

A zónatermohidraulikai modell fejlesztésének a VVER-1000 blokkok üzembehelyezéséig a következő feladatokra kell kiterjednie:

1. A PROHYS kódban meg kell oldani a zóna belépőhőmérséklet-eloszlásának számítását.
2. A zónatermohidraulikai modellt alkalmassá kell tenni tranziensek számítására.
3. Meg kell oldani az aláhűtött forrás számítását a PERF programban.
4. Tökéletesíteni kell a keveredési effektus számítását a programmodulokban.
5. Néhány célkísérlettel tovább kell folytatni a programmodulok tesztelését.

6. A moduláris rendszerre alapozott, az üzemvitelt szolgáló egyszerű programmodulokat kell kidolgozni és tesztelni kell azokat.

A vázolt K+F tevékenység 1994-ig történő sikeres lefolytatásához az 1990-94 közötti időszakban, amennyire ez jelenleg megbecsülhető, körülbelül 25 kutatóév kapacitás szükséges.

Irodalomjegyzék

- [1] Gadó J. és Szatmáry Z.: "A VVER-1000 zónafizikai modellje". 1986.
- [2] Ézsöl Gy. és Maróti L.: "A Paksi Atomerőmű teljesítménytartalékainak vizsgálata". KFKI-1984-14.
- [3] Szabados L. és mások: "Zónatermohidraulikai eszközök és alkalmazások a Paksi Atomerőműben". Budapest, 1985.
- [4] Szabados L.: "Vízhűtéses energetikai reaktorok termohidraulikai vizsgálata". Kandidátusi értekezés. Budapest, 1977.
- [5] Maróti L.: "Reaktor forrócsatorna termohidraulikai számítása". Kandidátusi értekezés. KFKI-1977-53.
- [6] Maróti L.: "Axial distribution of void fraction in subcooled boiling". Nuclear Technology, 1976.
- [7] Szabados L., Ézsöl Gy.: "Heat transfer in a 19-rod bundle of WWER-type nuclear reactors". IHTC - München, 1982.
- [8] L. Szabados, I. Tóth, I. Trosztel: "Transient heat transfer and crisis". IHTC - München, 1982.
- [9] Szabados L., Oszmacskin és mások: "Perforáció hatása a VVER-1000 típusú reaktorokban lejátszódó hőfizikai folyamatokban". /oroszul/ KFKI-Budapest, 1980.

The issues of the KFKI preprint/report series are classified as follows:

- | | |
|---|--|
| A. Particle and Nuclear Physics | H. Laboratory, Biomedical and Nuclear Reactor Electronics |
| B. General Relativity and Gravitation | I. Mechanical, Precision Mechanical and Nuclear Engineering |
| C. Cosmic Rays and Space Research | J. Analytical and Physical Chemistry |
| D. Fusion and Plasma Physics | K. Health Physics |
| E. Solid State Physics | L. Vibration Analysis, CAD, CAM |
| F. Semiconductor and Bubble Memory Physics and Technology | M. Hardware and Software Development, Computer Applications, Programming |
| G. Nuclear Reactor Physics and Technology | N. Computer Design, CAMAC, Computer Controlled Measurements |

The complete series or issues discussing one or more of the subjects can be ordered; institutions are kindly requested to contact the KFKI Library, individuals the authors.

Title and classification of the issues published this year:

- | | |
|---|--|
| KFKI-1987-01/A
V.Sh. Gogokhia et al. | Nonperturbative approach to quark propagator in the covariant, transverse gauge |
| KFKI-1987-02/M
M. Barbuceanu et al. | Integrating declarative knowledge programming styles and tools for building expert systems |
| KFKI-1987-03/G
L. Szabados et al. | Primary loop dynamical investigations. Part 1. Computerized analysis of the total loss of flow in the Paks NPP on the basis of PMK-NVH experimental data /in Hungarian/ |
| KFKI-1987-04/G
Gy. Egely | Critical comparison of nuclear safety reports. Part 1. Practice followed in the USA and in FRG /in Hungarian/ |
| KFKI-1987-05/G
Gy. Ézsöl et al. | A 7.4% cold leg break without SIPs. Description of the measurement /in Hungarian/ |
| KFKI-1987-06/G
Gy. Ézsöl et al. | Primary loop dynamical investigations. Part 1. Experimental investigation of the total loss of flow in the Paks NPP in the PMK-NVH facility /in Hungarian/ |
| KFKI-1987-07/G
L. Szabados et al. | A calculation method for the operation of the Paks NPP based on the subchannel approach. Part 1. A computing procedure and method applicable as part of the VERONA system /in Hungarian/ |
| KFKI-1987-08/B
L.B. Szabados | Commutation properties of cyclic and null Killing symmetries |
| KFKI-1987-09/E
G. Györgyi et al. | Relaxation processes in chaotic states of one dimensional maps |
| KFKI-1987-10/D
Gy. Egely | Hungarian ball lightning observations (case 1 - case 278) |

KFKI-1987-11/M H. König	Developing protocol test software using the PDL-system
KFKI-1987-12/M D. Nicholson et al.	Advanced help through plan instantiation and dynamic partner modelling
KFKI-1987-13/M Katalin Tarnay et al.	Experiments with a network environment manipulator /in Hungarian/
KFKI-1987-14/A H.W. Barz et al.	Deconfinement transition in anisotropic matter
KFKI-1987-15/M R. Wittmann	An algebraic specification method for describing the protocols of computer networks /in Hungarian/
KFKI-1987-16/G O. Aguilar et al.	Monitoring temperature reactivity coefficient by noise method in a NPP at full power
KFKI-1987-17/M G. Németh et al.	Collection of scientific papers in collaboration with Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, USSR and Central Research Institute for Physics, Budapest, Hungary. Algorithms and programs for solution of some problems in physics. Fifth volume
KFKI-1987-18/E G. Egely et al.	Experimental investigation of biologically induced magnetic anomalies
KFKI-1987-19/A B. Milek et al.	A model for particle emission from a fissioning system
KFKI-1987-20/M S. Wagner-Dibuz	The specification and testing of transport protocols /in Hungarian/
KFKI-1987-21/E B. Lukács et al.	Elementary quantum physical description of triplet superconductors
KFKI-1987-22/G M. Makai et al.	DIGA/NSL - New calculational model in slab geometry
KFKI-1987-23/A J. Erő et al.	Production of protons, deuterons and tritons on carbon by intermediate energy neutrons
KFKI-1987-24/K I. Balásházy et. al	Gamma-spectrometric examination of hot particles emitted during the Chernobyl accident
KFKI-1987-25/K A. Andrásí et al.	Application of Ge-spectrometry for rapid in-situ determination of environmental radioactivity
KFKI-1987-26/G J. Végh	Neutron spectrum measurement in the channel No. 182/5 of the KFKI WWR-SM reactor
KFKI-1987-27/A S. Krasznovszky et al.	Universal description of inelastic and non(single)-diffractive multiplicity distributions in pp collisions at 250, 360 and 800 GeV/c
KFKI-1987-28/M F. Adorján et al.	VERONA-plus extended core-monitoring system for WWER-440 type nuclear power plants
KFKI-1987-29/G J. Végh et al.	Application of boron filters for neutron spectrum determination purposes in various neutron environments
KFKI-1987-30/E N. Menyhárd	Inhomogeneous mean field approximation for phase transitions in probabilistic cellular automata - An example

KFKI-1987-31/M G. Németh et al.	Computation of generalized Padé approximants
KFKI-1987-32/E I. Pócsik	Lone-pair model for high temperature superconductivity
KFKI-1987-33/B L.B. Szabados	Causal boundary for strongly causal space-time
KFKI-1987-34/A Z. Fodor et al.	Proton detection efficiency of a plastic scintillator telescope
KFKI-1987-35/C R.Z. Sagdeev et al.	Near nuclear region of comet Halley based on the imaging results of the VEGA mission
KFKI-1987-36/E Gy. Szabó	Thermodynamic aspects of chemically curved crystals
KFKI-1987-37/A T. Nagy et al.	Lepton + lepton + photon decays and lepton g-2 factors in gauge theories
KFKI-1987-38/K S. Deme et al.	Real-time computing in environmental monitoring of a nuclear power plant
KFKI-1987-39/K L. Koblinger	A review of Monte Carlo techniques used in various fields of radiation protection
KFKI-1987-40/A J. Balog et al.	Lattice classification of the four-dimensional heterotic strings
KFKI-1987-41/E I. Furó et al.	Evidence of antiferromagnetic ordering in La_2CuO_4 : re-interpretation of ^{139}La nuclear quadrupole resonance (NQR) data
KFKI-1987-42/J Á. Vértes et al.	Kinetic energy distribution of ions generated by laser ionization sources
KFKI-1987-43/E Z. Juhász	Variations of the transfer function during $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ growth
KFKI-1987-44/G A. Gács et al.	Simulation of the dynamic behaviour of the secondary circuit of a WWER-440 type Nuclear Power Plant
KFKI-1987-45/M,N H. Koenig et al.	An intelligent protocol workstation
KFKI-1987-46/M,N P. Ecsedi Tóth et al.	Formal description oriented performance evaluation of protocols
KFKI-1987-47/A N.P. Aleshin et al.	Study of proton-deuteron break-up reaction in exclusive experiment at 1 GeV
KFKI-1987-48/E B. Sas et al.	Scattering mechanisms and transport properties of FeTMB amorphous alloys
KFKI-1987-49/E A.G. Balogh et al.	Positron annihilation study on Y-Ba-Cu-O high T_c superconductors
KFKI-1987-50/C R.Z. Sagdeev et al.	Plasma phenomena around comets: interaction with the solar wind
KFKI-1987-51/D D. Hildebrandt et al.	Impurity injection into tokamak plasmas by erosion probes
KFKI-1987-52/A J. Zimányi et al.	An interpretable family of equations of state for dense hadronic matter

KFKI-1987-53/G L. Bürger et al.	Real-time executive for a basic principle simulator
KFKI-1987-54/E G. Konczos et al.	Recent progress in the application of soft magnetic amorphous materials: alloys, preparation, devices
KFKI-1987-55/E Nguyen Minh Khue	A Green's function treatment of giant polariton problem in molecular semiconductors
KFKI-1987-56/G Gy. Ézsöl et al.	7.4% cold leg break with SITs and HPIS in action /in Hungarian/
KFKI-1987-57/G Z. Bazsó et al.	7.4% cold leg break without SITs and HPIS in action /in Hungarian/
KFKI-1987-58/G Tran Quoc Dung et al.	DUMA - a program to display distributions in hexagonal geometry
KFKI-1987-59/G S. Mikó et al.	Method for determining outlet temperature of fuel assemblies in the VVER-440 core, which are not furnished with direct temperature measurement /in Hungarian/
KFKI-1987-60/A T. Dolinszky	Strong coupling expansions for repulsive cut-off potentials
KFKI-1987-61/F M. Füstöss-Wégnér et al.	Effect of microinhomogeneities on collection efficiency spectra in (p-i-n) a-Si:H junctions
KFKI-1987-62/D J.S. Bakos	Gas laser research in Hungary
KFKI-1987-63/B L. Fülöp	The harmonic oscillator in the forceless mechanics of Hertz and in the Riemannian space-time geometry
KFKI-1987-64/J Á.G. Nagy et al.	Steric interactions of ferrocenyl ketones: A comparative evaluation of data from ¹³ C NMR and IR spectroscopy and cyclical voltammetry /in Hungarian/
KFKI-1987-65/G,J H. Illy	Recent bibliography on analytical and sampling problems of a PWR primary coolant Supplement V.
KFKI-1987-66/D,E,F M.A. Algatti et al.	Experimental investigations on nonequilibrium electron and thermal light emission from metals induced by short laser pulses
KFKI-1987-67/G,M J. Gadó et al.	WVER-1000 core physical model /in Hungarian/
KFKI-1987-68/G,M L. Maróti et al.	WVER-1000 core thermohydraulic model /in Hungarian/

Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet
Felelős kiadó: Gyimesi Zoltán
Szakmai lektor: Szatmáry Zoltán
Példányszám: 92 Törzsszám: 87-495
Készült a KFKI sokszorosító üzemében
Felelős vezető: Tőreki BÉláné
Budapest, 1987. november hó