

Andrej Stritar
 Institut 'Jožef Stefan'
 Ljubljana, Jamova 39

TERMOHIDRAVLICNA ANALIZA STANDARDNEGA PROBLEMA
 MAJE NA POSKUSNI NAPRAVI PMK-NVH

TERMOHYDRAULIC ANALYSIS OF THE IAEA STANDARD
 PROBLEM TEST ON THE PMK-NVH FACILITY

PÖVZETEK Mednarodna agencija za atomsko energijo (IAEA) je podprla izvedbo poskusa simulacije male izlivne neizgode na poskusni napravi, PMK-NVH v Budimpešti. Opravili smo analizo tega prehodnega pojava preden so bili znani rezultati meritev. Uporabili smo računalniški program RELAP4/MOD6. Rezultate smo primerjali z meritvami in skušali razložiti odstopanja. Vzporedno z nami so isto analizo opravili tudi v 19 drugih laboratorijih po svetu. Rezultate smo primerjali tudi z njihovimi. Ujemanje rezultatov je v meji pričakovani. Do bistvenih odstopanj prihaja pri izračunu nivojev v posameznih delih sistema, kar potem vpliva tudi na ostale spremenljivke.

ABSTRACT - International Atomic Energy Agency (IAEA) has supported a standard test problem simulating small break loss of coolant accident on the test facility PMK-NVH in Budapest. The pretest analysis of that transient was done using the computer code RELAP4/MOD6. The results were compared to the measurements data and to data of 19 other laboratories around the world that have performed the same analysis. The correspondence of the results to the measured data is reasonable. There are bigger discrepancies in a liquid level calculations, which in turn influences other variables.

UVOD

Programi za termohidravlično analizo sistemov jedrskih elektrarn je zelo težko preveriti z primerjavo rezultatov z meritvami na resničnem objektu. Prehodne pojave, za katere takšne programe uporabljamo pri varnostnih analizah jedrskih objektov, ni možno izvajati na objektih samih. Zato so po svetu zgradili različne poskusne naprave, na katerih simulirajo neizgode v jedrskih elektrarnah.

V vseh volumnih razen v črpalci smo dodali toplotne prevodnike. V sredici sta po dva prevodnika v vsakem volumnu. Eden predstavlja model gorivne palice drugi pa izolacijo in ohlajanje okoli; sredice izgube skozi stene v okolico nismo modelirali.

Varnostni ventili na uparjalniku ima na napravi določeno histerezo (zapre na nižjem tlaku kot pa odpre). Tega nismo mogli pravilno modelirati, ker RELAP4/MOD6 takega načina delovanja ne dopušča. Odpiranje in zapiranje ventila smo pustili na istem tlaku.

REZULTATI

Preračunali smo nezgodo do približno 900 sekund po pričetku. Kot smo pričakovali, so bila največja odstopanja naših rezultatov pri izračunu nivojev kapljevine, kar je povzročilo odstopke tudi pri temperaturah.

Na sliki 4 je tlačni odziv sistema. Po padcu tlaka na tisk nasičenja se je v našem modelu zadržal nekoliko višje kot med eksperimentom. To si razlagamo z napačnimi začetnimi pogoji in napačnim modelom ustavljenja črpalke.

Na sliki 5 je pretok skozi hladno vejo. Tu se vidi, da je naš model simuliral prehitro ustavljanje črpalke. Meritev na tej sliki kaže, da se je v sistemu po ustavitvi črpalke vzpostavila naravna cirkulacija. Kasneje pa smo na srečanju vsi, ki smo nezgodo preračunali skupaj z izvajalci poskuse ugotovili, da ta meritev ni točna, saj za tako nizko območje vgrajeni merilnik ne daje zanesljivih rezultatov. Naravne cirkulacije v sistemu ni bilo.

Na sliki 6 je prikazan nivo kapljevine v sredici. Opazka: Krivulje se zelo ujemajo z izmerjeno, verda je njen položaj že na začetku napačen in se med prehodnim pojavom le nekoliko zniža. Zato pride do pregrevanja v zgornjem delu sredice (slika 7). Na sliki 7 so tudi rezultati dveh drugih laboratorijev, ki sta opravila isto analizo.

ZAKLJUČEK

Opravijena analiza je predstavlja naš prvi preizkus varnostnih analiz z velikimi programi na resničnem problemu. Rezultati se zadovoljivo ujemajo z rezultati meritev, zlasti, če upoštevamo, da je šlo za slepi preračun, tj. preračun pred opravljenimi meritvami.

Preračun bomo ponovili in skušali vhodni model popraviti, tako da bo ujetanje rezultatov z meritvami čim boljše. Ponovno bomo uporabili RELAP4/MOD6, poskusili pa bomo tudi z RELAPS.

Mednarodna agencija za jedrsko energijo je podprla izvedbo takega poskusa v Budimpešti. Naprava je prikazana na slikah 1 in 2. Simulirana je ena tanka primarnega hladila z električno gretim modelom sredice, tlačnikom, horizontalnim uparjalnikom (tipa VVER), modelom črpalke in povratnim kanalom. Simuliran je mali zlom na hladni veji primarnega hladila. Med neizgodo je delovalo tudi varnostno vbrizgavanje, ni pa bilo priklopujenih akumulatorjev za varnostno vbrizgavanje. Prostornina naprave je 2070 krat manjša od prostornine resničnega objekta. Višine posameznih komponent so enake dejanskim.

Analizo smo opravili pred samim poskusom. Znani so bili zgolj podrobni geometrijski podatki in termohidravlično začetno stanje. To je bila takozvana pretest analiza. Hkrati z nami so jo opravili še v 19 drugih laboratorijskih po celem svetu. Rezultate je MAE objavila v skupnem poročilu 2/.

OPIS UPORABLJENEGA RACUNALNIŠKEGA PROGRAMA IN VHODNEGA MODELA

Uporabili smo program RELAP4/MOD6. To je program starejše generacije, ki je bil narejen predvsem za analizo velike izlivne neizgode. Zasnovan je na homogenem ravnotežnem modelu difuzije zmesi in zato ni najbolj primeren za simulacijo neizgode tega tipa.

Vhodni model smo skušali čim bolj poenostaviti. Razčlenitev na volume je na sliki 3. Sredico smo razdelili na 3 enake dele. Celo strukturo zgornjega plenuma, ki je izvedena precej zapleteno (slika 4), smo združili v en sam volumen. Spodnji plenum je prav tako modeliran z enim samim volumenom.

Ker tlačnik pri tem prehodnem pojavu ne igra bistvene vloge, smo ga združili s prelivnim vodom v en volumen.

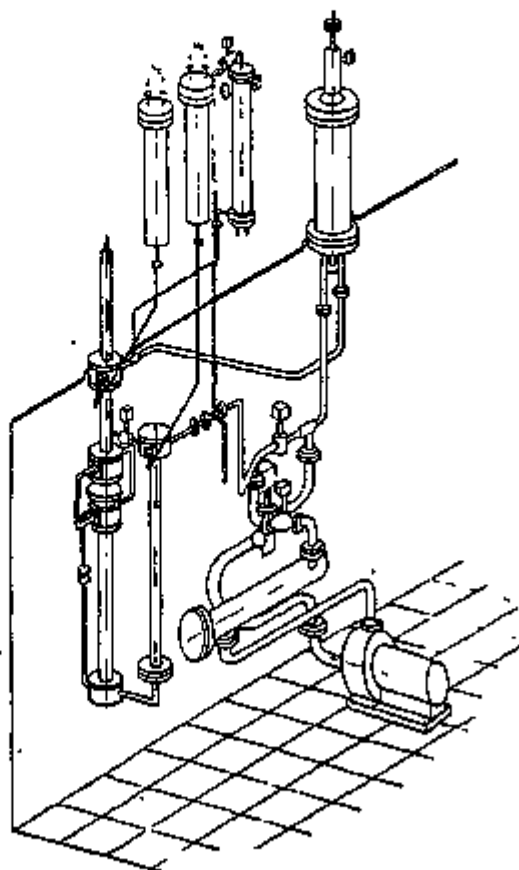
Uparjalnik ima vodoravne primarne cevi, ki povezujejo vroči in hladni kolektor. Vroči kolektor je združen z vročo vejo, hladni s hladno, vodoravne cevi pa so razdeljene v tri volume. Za pravilno simulacijo sifona v vroči veji smo jo razdelili na dva voluma in dodali spoj na dnu med njima.

Na napravi je ustavljanje črpalke modelirano z ventili MV11 in PV11 ter črpalke P1. Ker ima črpalka sama zelo majhen vztrajnostni moment, so upadanje pretoka simulirali z zapiranjem ventila PV11 in odpiranjem MV11. V našem modelu smo naredili podobno. Črpalke je modelirana z enim volumenom. Takoj za njo je prvi ventil, vzporedno z njo pa še drugi. Pred simulacijo neizgode smo na samostojnem modelu s poskusanjem nastavili potrebno hitrost zapiranja oz. odpiranja ventilov.

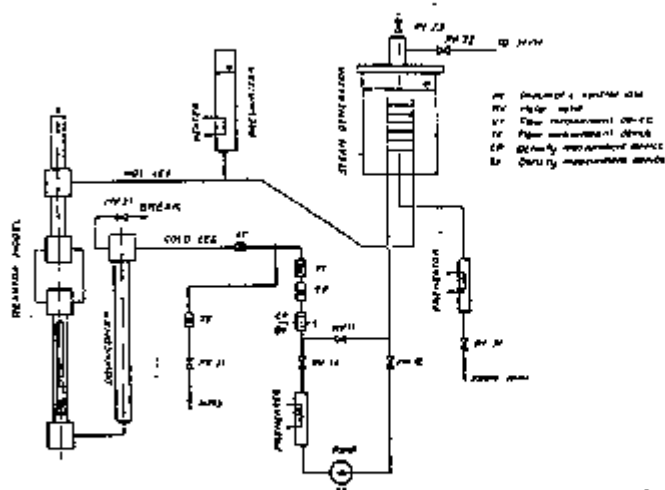
Zlom smo modelirali s spojem med povratnim kanalom in velikim volumenom, ki predstavlja okolico.

LITERATURA

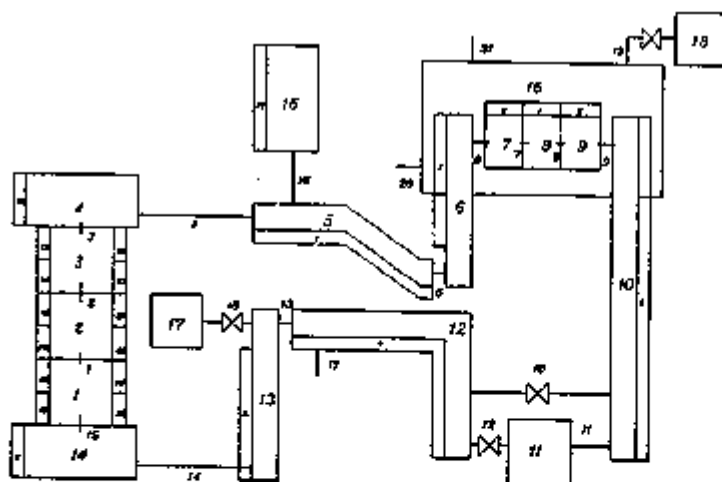
- /1/ E. Szabados et al. "Specifications for the PMK-NVH Standard Problem Exercise" CRIP Budapest (1985)
- /2/ "Report on the Results of the IAEA - PMK-NVH Standard Problem Test" Budapest Vienna (1986)



Slika 1 PMK-NVH naprava

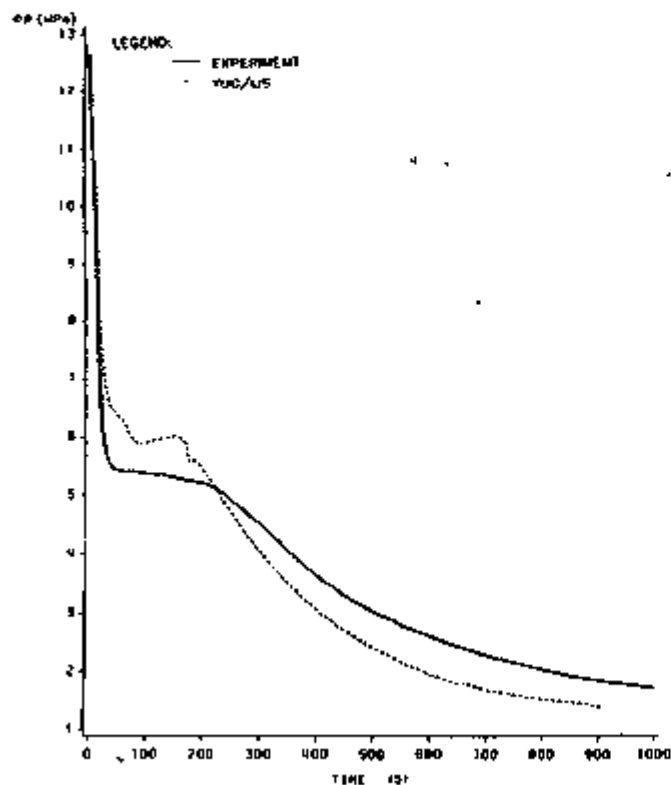


Slika 2: Shema PMK-NVH naprave



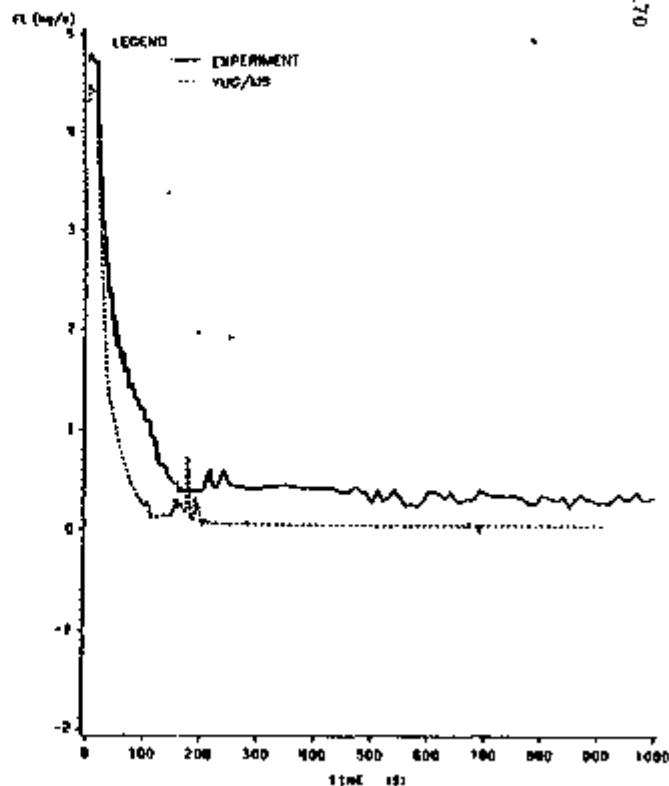
Slika 3: Razčlenitev na diskretne volume

IAEA-SPE 7.4% SBLOCA ON PMK-NVH
FLD7NB-14



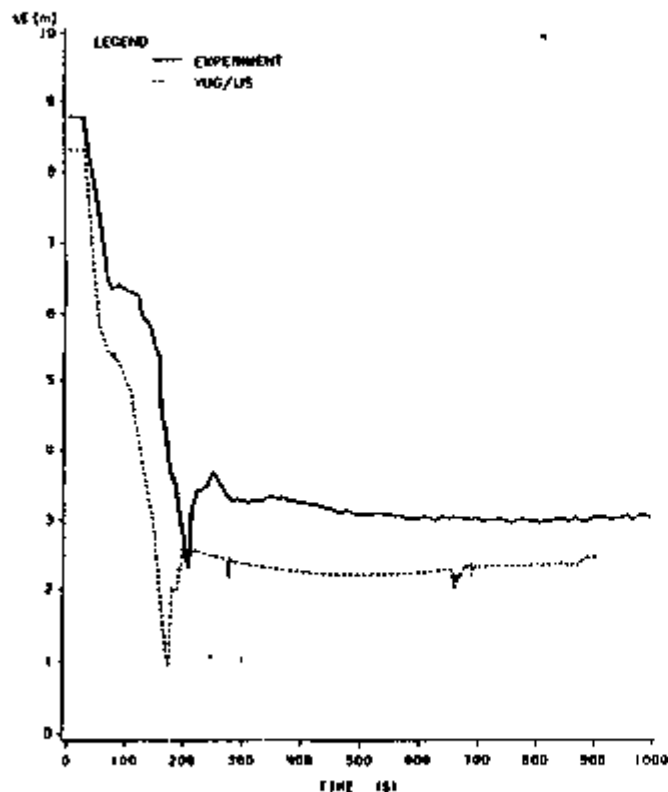
Slika 4: Tlak v sistemu

IAEA-SPE 7.4% SBLOCA ON PMK-NVH
FLD7NB-25



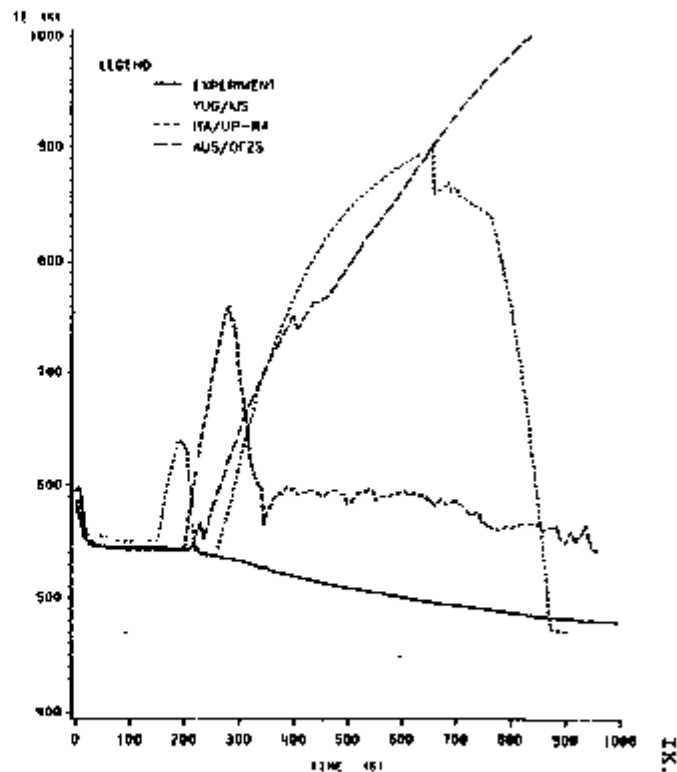
Slika 5: Pretok skozi hladno vejo

IAEA-SPE 7.4% SBLOCA ON PMK-NVH
PLOT NO-19



Slika 6: Nivo kapljevine v sredici

IAEA-SPE 7.4% SBLOCA ON PMK-NVH
PLOT NO-5



Slika 7: Temperatura srajčke goriva v zgornjem delu sredice

8

9

10
