

M. Kozarić, N. Čavlina, S. Špalj

Elektrotehnički fakultet Zagreb
Zavod za visoki napon i energetiku
Unska 3, 41000 ZAGREB

AMBIJENTALNI UVJETI U KONTEJNMENTU NE KRŠKO
PRI PROJEKTNIM KVAROVIMA

NPP KRŠKO CONTAINMENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS
DURING POSTULATED ACCIDENT

SADRŽAJ - U radu je prikazan porast tlaka i temperature u kontejnmentu nuklearne elektrane Krško za vrijeme dvostranog loma cijevi primarnog kruga u hladnoj grani (Loss Of Coolant Accident "LOCA"), te za vrijeme loma glavnog parovoda (Main Steam Line Break "MSLB"). Za proračun ambijentalnog stanja u kontejnmentu korišten je kompjutorski program CONTEMPT4/MOD4. Za proračun projektnih kvarova korišteni su kompjutorski programi RELAP4/MOD6 (LOCA kvar) i RELAP5/MOD1 (MSLB kvar). U članku su prikazane mogućnosti proračuna i metodologija primjene navedenih programa. Nešto je detaljnije opisan program CONTEMPT i prikazan rezultat proračuna - vremenske raspodjele temperature i tlaka u kontejnmentu.

ABSTRACT - This paper presents NPP Krško containment pressure and temperature increase during Loss Of Coolant Accident (LOCA) and Main Steam Line Break (MSLB). Containment environmental condition calculation was performed by CONTEMPT4/MOD4 computer code. Design accident calculations were performed by RELAP4/MOD6 and RELAP5/MOD1 computer codes. Computational abilities and application methodology of these codes are presented. The CONTEMPT code is described more in detail. The containment pressure and temperature time distributions are presented, as well.

1. UVOD

Poznavanje ambijentalnog stanja u kontejnmentu u normalnom pogonu elektrane, kao i prilikom projektnih kvarova te nakon njih, važno je iz sigurnosnih razloga.

Ispitivanja kontejnmenta nije moguće provesti na samom postrojenju, jer bi takvo ispitivanje bilo skupo i nesigurno po okolinu i postrojenje. Zbog toga se provjera njihova ponašanja u specifičnim uvjetima vrši simulacijom, korištenjem složenih matematičkih modela i eksperimentalnih uređaja.

Poznavanje ambijentalnog stanja u kontejnmentu zahtjeva i proces kvalifikacije opreme. Važeći propisi za izdavanje pogonskih dozvola za nuklearne elektrane (10 CFR 50) zahtijevaju da strukture, sistemi i komponente važne za sigurnost budu projektirane i izvedene tako da podnesu utjecaj okoline u kojoj funkcioniraju. Utjecaj okoline očituje se u sumiranju uvjeta okoline tokom cijelog perioda eksploatacije uključujući i djelovanje u akcidentalnim uvjetima (utjecaj normalnog pogona + utjecaj kvara).

Narušavanje pogonskog stanja kontejnmenta uzrokuju razne nezgode. U radu su prikazane dvije osnovne nezgode, te njihov utjecaj na stanje kontejnmenta.

2. PROJEKTI KVAROVI

2.1. Dvostrani lom cijevi primarnog kruga u hladnoj grani

Za proračun je korišten kompjutorski program RELAP4/MOD6 razvijen u National Engineering Laboratory u Idahu SAD pod pokroviteljstvom Nuclear Regulatory Commission (NRC). Program je namjenjen proračunu termodinamičkih i hidrodinamičkih stanja u primarnom krugu nuklearne elektrane.

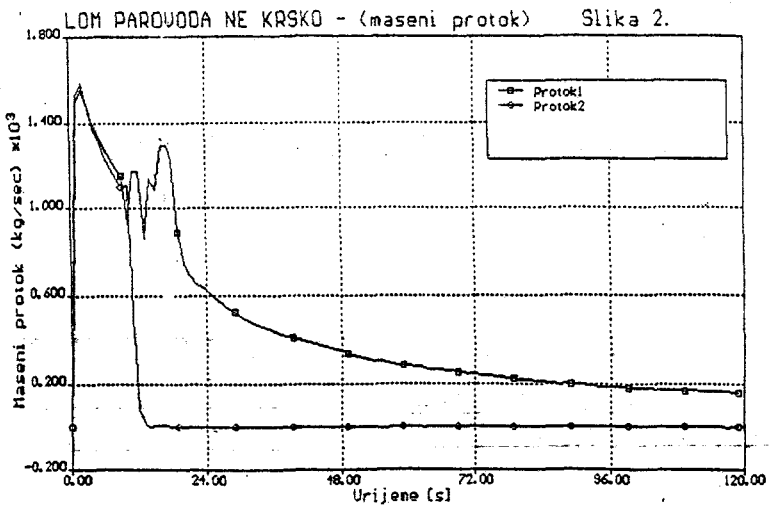
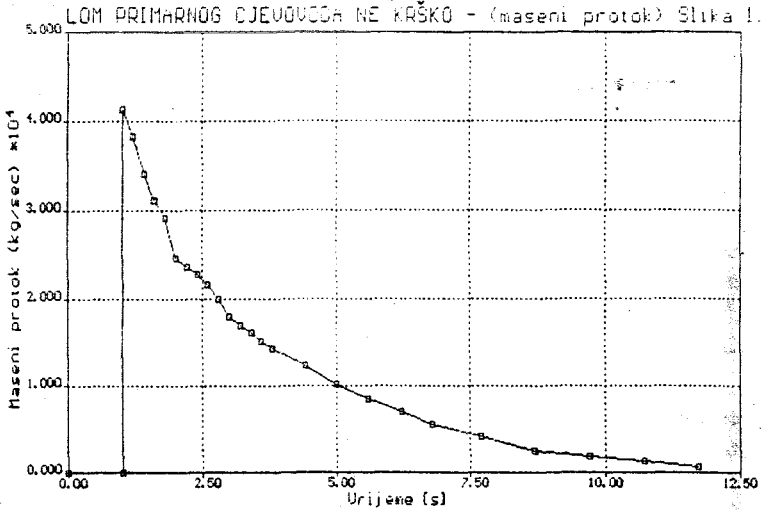
Opisan je primarni krug nuklearne elektrane Krško s 36 kontrolnih volumena. Simulirana je izljevna nezgoda rashladnog sredstva reaktora, pucanje cijevi u jednom rashladnom krugu, na hladnoj grani iza cirkulacijske pumpe. Nezgoda nastaje u 1. sekundi. U ovom radu nisu analizirana stanja primarnog kruga već samo izljevni tok koji se javlja kod pucanja primarnog cjevovoda. (slika 1.). S podacima o masenom i energetskom toku ulazi se u proračun ambijentalnog stanja kontejnmenta programom CONTEMPT.

2.2 Lom parovoda

Kompjutorskim programom RELAP5/MOD1 (nastao u istoj ustanovi kao i RELAP4) simuliran je primarni rashladni krug nuklearne elektrane Krško sa sekundarnim dijelom. Model se sastoji od 124 kontrolna volumena i 129 spojnica (junction) koje povezuju te kontrolne volunene.

U analizi nezgode pretpostavljeno je potpuno puknuće jednog od dva glavna parovoda u 1. sekundi. Mjesto loma je tako pretpostavljeno da izolacioni ventil ne može spriječiti pražnjenje povrijeđenog parovoda. Kroz presjek loma, u prvom trenutku, dolazi do izlaza pare u kontejnment iz oba parogeneratora. Konzervativnim

pristupom proračuna pretpostavljena je izolacija neoštećenog parogeneratora u 13. sekundi nakon oštećenja. Detaljna analiza primarnog i sekundarnog kruga dana je u (lit. [3]). Na slici 2. prikazan je maseni tok na mjestu loma kroz oba parogeneratora. S podacima o masenom i energetsom toku ulazi se u proračun ambijentalnog stanja kontejnmenta programom CONTEMPT.



3. KOMPJUTORSKI PROGRAM CONTEMPT4/MOD4

Program je izrađen u Brookhaven National Laboratory, Upton, SAD pod pokroviteljstvom NRC-a. Obraduje sve tipove kontejnmenta PWR i BWR tipa elektrane s mogućnošću prikaza promjena stanja po pojedinim odjelima kontejnmenta.

Programom je moguće proračunati vremensku promjenu tlaka, temperature, mase i energije, te stvaranje i izgaranje vodika u pojedinim odjelima kontejnmenta, između odjela i praćenje događaja u izvoru poremećaja. U opis kontejnmenta uključuju se geometrijske strukture s toplinskim svojstvima kao i svi realni dijelovi unutar kontejnmenta: odvodnici kondenzata, rashladni spremnici, i primarni cirkulacijski krug s opisom svih geometrijskih i toplinskih svojstava. Pod odjelima kontejnmenta podrazumijevaju se određene zasebne cjeline u kojima se odvijaju specifični uvjeti rada. Program razlikuje: standardni, suhi, mokri odjel, odjel primarnog rashladnog sistema, odjel rashladnog spremnika i vanjski zrak kao poseban odjel. U svakom od njih omogućeno je simuliranje poremećaja bilo u vodenoj ili parno-atmosferskoj regiji.

3.1. Matematički model

Matematički model sastoji se od jednadžbi bilance, jednadžbi stanja i bezdimenzionalnih značajki. Jednadžbe bilanse, mase i energije pripremljene su za numeričku integraciju i koriste se za proračun raspodjele temperature i tlaka u kontejnmentu. Neki od fizikalnih modela koji ulaze u matematičku analizu su: isparavanje, ishlapljivanje, kondenzacija, razni oblici ključanja vode i izmjene topline, strujanje kroz sapnice i prigušnice, tuširanje, strujanje kroz pumpe i ventilatore, odvodnja kondenzata, izmjenjivači topline, rashladni spremnici i određivanje toplinskog stanja pojedinih odjela.

3.2. Zadavanje poremećaja

Poremećaj je narušavanje pogonskog stacionarnog stanja kontejnmenta. Nastaje zbog ispuštanja vode ili pare proračunom sigurnosnih ili rasteretnih ventila ili loma cjevovoda, kao i izgaranje vodika.

Poremećaj se opisuje tablicom podataka s nezavisnom varijablom vrijeme i tri zavisne varijable u koje mogu ući: maseni ili volumni protok, energetska tok ili specifična entalpija ili temperatura i tlak medija.

4. SIMULACIJA KONTEJNMENTA NUKLEARNE ELEKTRANE KRŠKO

Kontejnment NE Krško simuliran je kao standardni jednodjelni kontejnment.

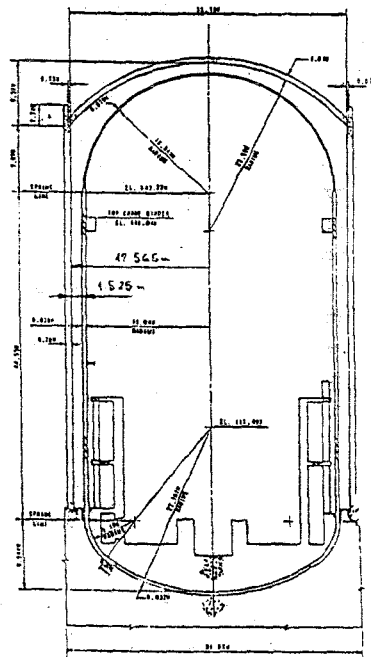
Volumen 41626 m^3 (lit. [1]).

Osnovne dimenzije kontejnmenta prikazane su na slici 3. Podaci prema: (lit. [1]).

Podaci o toplinskim strukturama s geometrijskim parametrima opisani su za :

- plašt i kupolu posude kontejnmenta,
- plašt i kupolu zgrade,
- polarni kran,
- različitu sitnu opremu,
- cijevi i platforme,
- elektroopremu,
- postolja i nosače,
- kanal za izmjenu goriva,
- betonske strukture u kontejnmentu.

Podaci prema (lit. [1]).



4.1. Simulacija vanjske okoline

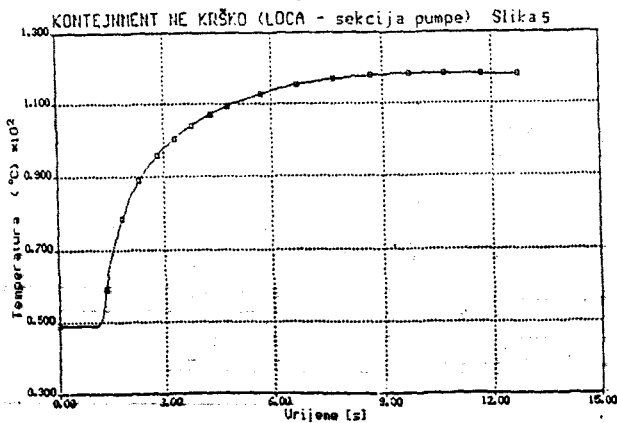
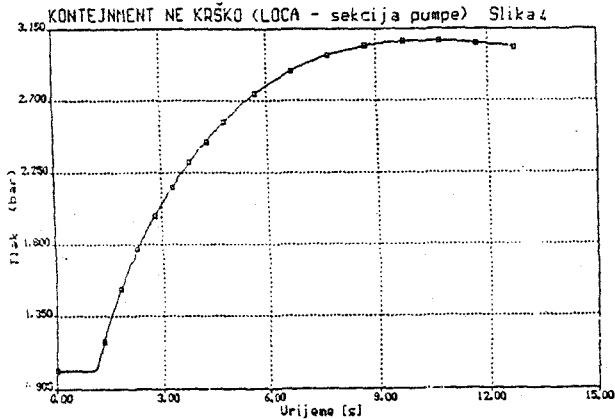
Vanjska okolina je simulirana kao poseban odjel.

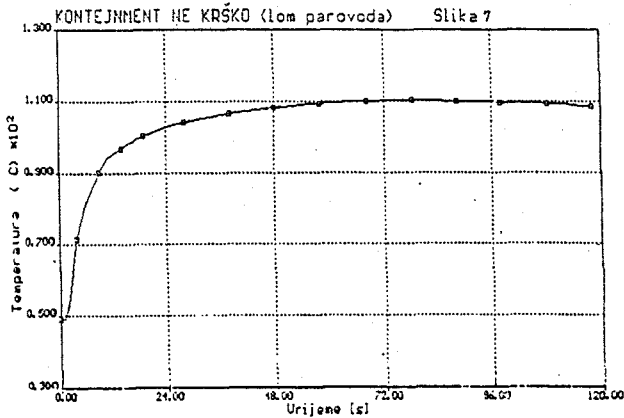
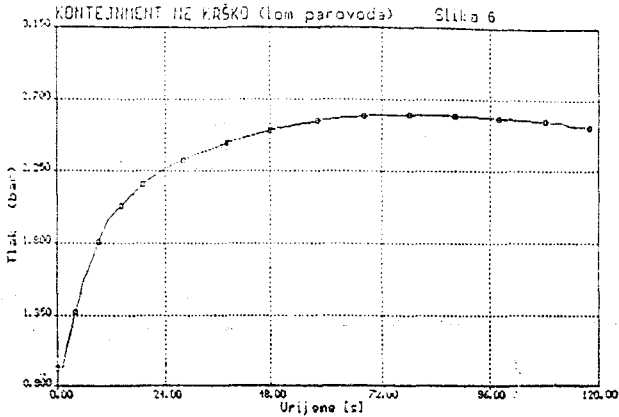
Podaci :	temperatura zraka	20	°C,
	tlak zraka	1	bar,
	relativna vlažnost	50	%.

5. REZULTATI

Rezultati proračuna izljevne nezgode pucanjem cijevi primarnog kruga prikazani su na slikama 4. i 5. Početak nezgode započinje u 1. sekundi i traje do 13. sekunde. Maksimalne vrijednosti ambijentalnog stanja nastaju u 10.3 sekundi (tlak iznosi 3.08 bara, a temperatura 118.5 °C.)

Rezultati proračuna izljevne nezgode loma parovoda prikazani su na slikama 6. i 7. Početak nezgode započinje u 1. sekundi i promatrano je njegovo trajanje do 120. sekunde. Maksimalne vrijednosti ambijentalnog stanja nastaju u 78. sekundi (tlak iznosi 2.6 bara, a temperatura 110.2 °C).





6. ZAKLJUČAK

Analizom dva osnovna projektna kvara je vidljivo da na vršno ambijentalno stanje kontejnmenta ima veći utjecaj pucanje cijevi primarnog kruga od loma parovoda. U radu nije analizirano postakcidentalno stanje (tuširanje kontejnmenta za snižavanje tlaka, izbacivanje vode, recirkulaciju vode, hlađenje kontejnmenta ventilacijom). Proračunom ambijentalnog stanja željelo se prikazati maksimalno stanje u kontejnmentu koje se postiže prilikom osnovnih projektnih kvarova. Stoga, niti su analizirana postakcidentalna stanja, niti su proračunata stanja po pojedinim odjelima kontejnmenta.

7. LITERATURA

- [1] - Final Safety Analysis Report, NE Krško, 1980.
- [2] - C.C.Lin, C.Economos, J.R.Lehmer, J.Maiser, K.K.Ng, CONTEMP4/MOD4, A Multicompartment Containment System Analysis Program, Brookhaven National Laboratory, Upton USA, 1984.
- [3] - Analiza sigurnosti i pouzdanosti sistema i komponenata nuklearne elektrane, ETF Zagreb, EIRK Zagreb, FSB Zagreb, Zagreb 1988.