

J. Peterlin, D. Peader, M. Jeljko
 Institut "Jozef Stefan",
 Jamova 39, 61000 Ljubljana
 Odsek za reaktorško tehniko

TEGUBA NAPAĀANJA UPARJALNIKOV V JEDRSKI ELEKTRARNI KRŠKO

LOSS OF ALL STEAM GENERATOR FEEDWATER ACCIDENT IN NPP KRŠKO

POVZETEK- Program RELAPS/MOD1 cycle 18 smo uporabili za analizo izgube napajanja uparjalnikov v jedrski elektrarni Krško. S programom smo simulirali obnašanje primarnega kroga in dela sekundarnega kroga vključno z vso potrebno regulacijo in posegi operaterjev, ki so predpisani v obratovalnih navodilih za nevarne dogodke JE Krško. Model, ki smo ga uporabili pri izračunu, je bil predhodno testiran s simuliranjem zagonskih preizkusov in preračuni dejanskih prehodnih pojavov JE Krško. Preračunali smo nezgodo, ko ni možno pomožno napajanje uparjalnikov.

ABSTRACT- RELAPS/MOD1 computer code was used to evaluate total loss of steam generator feedwater accident in NPP Krško. The primary and part of secondary side with all automatic actions initiated by control, safety and protection systems were simulated. Model that was used in our calculations was previously tested with the simulation of startup tests and the known NPP Krško transients. Loss of feedwater accident was calculated for the case with no auxiliary feedwater available.

1. UVOD

Preračunali smo termohidravlično obnašanje primarnega in dela sekundarnega kroga JE Krško ob izgubi glavnega in pomožnega napajanja uparjalnikov. Pri nezgodi so uparjalniki toplotni ponor in veliko tase dokler se ne izsušijo. Kasneje uparjalniki ne odvajajo več razpadne toplote, ki se generira v reaktorju. Če nimamo na razpolago pomožnega napajanja lahko reaktor hladimo le s dodatnim visokotlačnim vbrizgavanjem in izpuščanjem hladila skozi razbremenilne ventile na tlačniku (bleed and feed operation).

Za preračun nezgode smo najprej pripravili ustrezen model z vsemi potrebnimi varovalnimi in regulacijskimi sistemi. Nezgodo smo preračunali do trenutka, ko se na tlačniku odprejo razbremenilni ventili.

2. PRIPRAVA KONCNEGA MODELA ZA IZRACUN

Uporabili smo splošen model JE Krško, ki smo mu dodali vso potrebno regulacijo, spremenili posamezne detajle ter tako priredili model za izračun kompletne izgube napajanja sekundarne strani. Z dodatnimi spoji smo bistveno izboljšali porazdelitev hladne vode po tlačniku. Modelu tlačnika smo dodali oba motorna razbremenilna ventila in varnostni ventil.

Pri preračunu male izlivne nezgode so bili uporabljeni naslednji regulacijski sistemi: regulacija nivoja kapljevine v tlačniku, regulacija tlaka v tlačniku in dušilni obvod pare. Z omejitvijo integracijskih kontrolnih spremenljivk smo izboljšali tudi sistem za regulacijo nivoja v tlačniku. V modelu je skupno 115 volumnov, 136 spojev in 47 toplotnih prevodnikov, za modeliranje regulacijskih in varovalnih sistemov pa smo uporabili 107 kontrolnih spremenljivk.

3. SCENARIJ NEZGODE

Pri modeliranju izgube hladne vode po odprtju napajanja uparjalnikov s programom E-APP smo upoštevali tudi posledice avtomatske posez na turbinah in na ostalih sistemov: varnostni ventil na tlačniku, avtomatsko odprtje turbine in varnostno odprtje pare na turbinah. Določili smo

pomožno napajanje dobijo signal za vklop vendar jih zaradi konservativnosti preračuna ne vklopimo. Posegov operaterja pri tej nezgodi nismo modelirali, ker se sestoje v večini iz preverjanja varnostnih ugasnitev sistemov in iz preverjanja delovanja sistema za dušilni obvod pare oziroma razbremenilnih ventilov na uparjalnikih.

4. REZULTAT ANALIZE

Pred nezgodo je elektrarna na 100% moči. Nivo v obeh uparjalnikih je 66% (narrow range).

Na sliki 1 je prikazan nivo vode v prvem uparjalniku (WR indikacija). Ker v sistem ne priteka več napajalna voda, para pa izteka iz uparjalnikov, začne nivo v obeh uparjalnikih padati. Ko se zaradi nizkega nivoja v uparjalniku (35% NR indikacije) sproži varnostna ustavitev reaktorja, se zapre turbinski ventil. To povzroči, da tlak v uparjalniku skokovito naraste (slika 2). Ker se iz sušilne mešanice sekundarne vode izloči parna faza, nivo v uparjalniku se dodatno pade. Brez dovoda pomožne napajalne vode, nivo v uparjalnikih se nadalje pada. Nihanja tlaka ustrezajo nihanju pri odpiranju ventilov na dušilnem obvodu pare. Ko vsa voda v uparjalniku izpari, tlak v uparjalniku naglo pade.

Dejanski in programirani nivo v tlačniku je prikazan na sliki 3. Pred nezgodo je nivo v tlačniku stabiliziran na 63%. Po izpadu napajanja uparjalnikov, nivo naraste zaradi raztezanja primarnega hladila, ki je posledica dviga temperature primarja. Programiran nivo, ki je odvisen od moči

elektrarne, pa do zasilne ustavitve ostane konstanten. Pri zasilni ustavitvi, nivo zaradi ohlajenja primarja pade. Ker pade moč elektrarne, pade tudi programiran nivo. Dejanski nivo tudi po varnostni ustavitvi reaktorja še nadalje pada. Vzrok je v nadaljnjem iztekanju primarja skozi praznilni vod CVCS sistema. Nivo se spet dvigne, ko skozi polnilni vod doteka voda iz CVCS (slika 4) in ko se prične dvigovati tudi temperatura primarne strani saj uparjalniki ne odvajajo več toplote.

Tlak in temperatura v tlačniku sta prikazana na slikah 5 in 6. Pred varnostno ustavitvijo reaktorja tlak naraste zaradi povišanja temperature primarne strani. Po ustavitvi reaktorja tlak naglo pade, ker pade povprečna temperatura primarnega hladila. Ker je tlak nižji od referencnega, regulacija vključi grelce v tlačniku. Tlak zato začne naraščati. Po vklopu napajanja CVCS (slika 4) začne tlak v tlačniku še bolj strmo naraščati. Ko doseže 160.69 barov se odprejo motorni razbremenilni ventili na tlačniku. Iz slike 6 je razviden dvig temperature vode zaradi vklopa proporcionalnih in pomožnih grelcev.

6. OBELEŽENJE

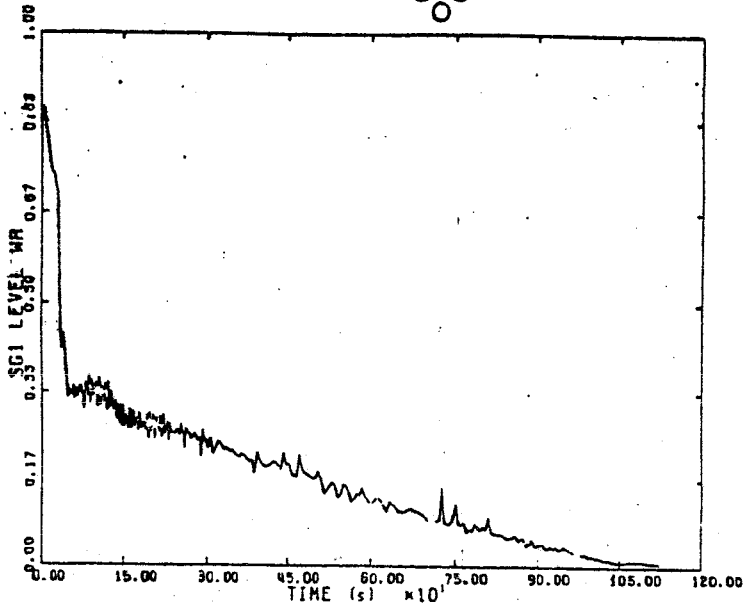
Zaradi niza vzrokov, ki jih povzročajo različni dejavniki, se lahko v reaktorju pojavijo različne nevarnosti. Vse nevarnosti, ki jih povzročajo različni dejavniki, so opredeljene v tabeli 1. V tabeli 1 so opredeljene tudi ukrepi, ki jih je treba sprejeti, da se nevarnosti prepreči ali zmanjša.

Priloga 1: Opis nevarnosti, ki jih povzročajo različni dejavniki, in ukrepi, ki jih je treba sprejeti, da se nevarnosti prepreči ali zmanjša.

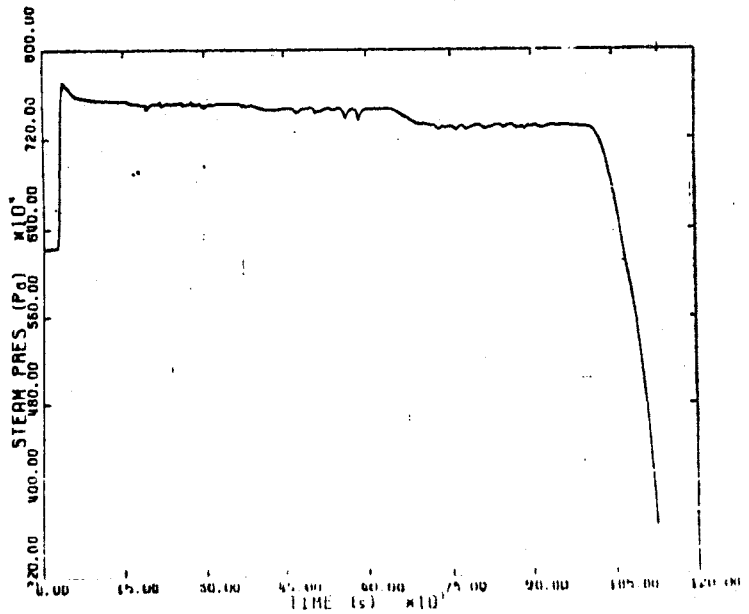
barik tlak odpiranja razbremenilnih ventilov. Če se nadalje ne bi bilo odvoda razpadne toplote, se bi temperatura primarna zvisala do temperature nasajenja. Primarno hladilo pa bi se nadalje iztekalo skozi razbremenilne ventile na tlačniku. Sredica se bi postopoma odkrila in temperatura gorivnih srajčk se bi dvignila do temperature taljenja. Ko se uparjalnik izsuši, mora operater ročno odpreti razbremenilne ventile na tlačniku. Tlak sistema lahko pade za 70 barov, ne da bi v sredici nastopilo uparjanje. Ko pade tlak iz 160 na 122.7 barov operater vklopi sistem za varnostno vbrizgavanje. Razpadna toplota se tako odvaja z izpuščanjem hladila skozi razbremenilne ventile na tlačniku in visokotlačnim vbrizgavanjem hladne vode v sistem (bleed and feed operation).

LITERATURA

- 1/ V.Ransom, R.Wagner, J.Trap, K.Carlson, D.Kiser, H.Kuo, H.Chow, R.Nelson, S.James
RELAP5/MOD1 CODE MANUAL
EGG Idaho, Inc. USA (November 1980)
- 2/ J.L.Little, J.R.Easter:
SETPOINT STUDY FOR THE KREKO NUCLEAR POWER PLANT
WCAP 9403 Westinghouse Electric Corporation (May 1981)
- 3/ S.Peterlin, B.Beader, S.Petelin, M.Zeljko, I.Kordis, B.Korošec, E.Stojanovski
ANALIZA PREHODNIH SOJAVOV IN NEZGOD NE KRSKO S PROGRAMOM RELAP5/MOD1
TOSR-DF-0286 (Oktober 1985)
- 4/ M.Gregorič, L.Fabjan, I.Kordis, D.Korošec, E.Mavko, E.Stojanovski, B.Sarler, M.Zeljko
ANALIZE TRANSIENTOV IN NEZGOD NEK S PROGRAMI RELAP5/MOD1, TOSR-III-C in TEMPT
TOSR-III-0285 (September 1984)

IZGUBA GLAVNEGA IN POMOŽNEGA NOPAJANJAJN UPAR.
 IJS - ODSEK ZA REAKTORSKO TEHNIKO


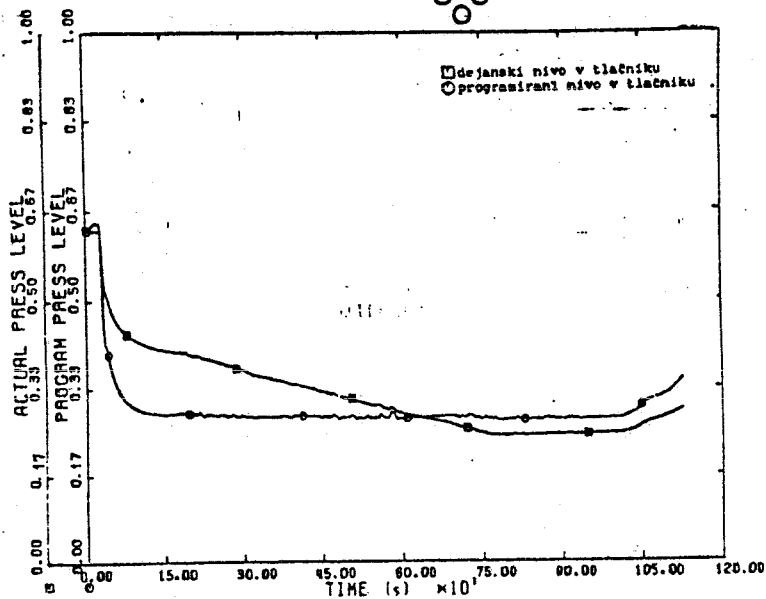
Slika 1: Nivo vode v uparjalniku (WR indikacija)



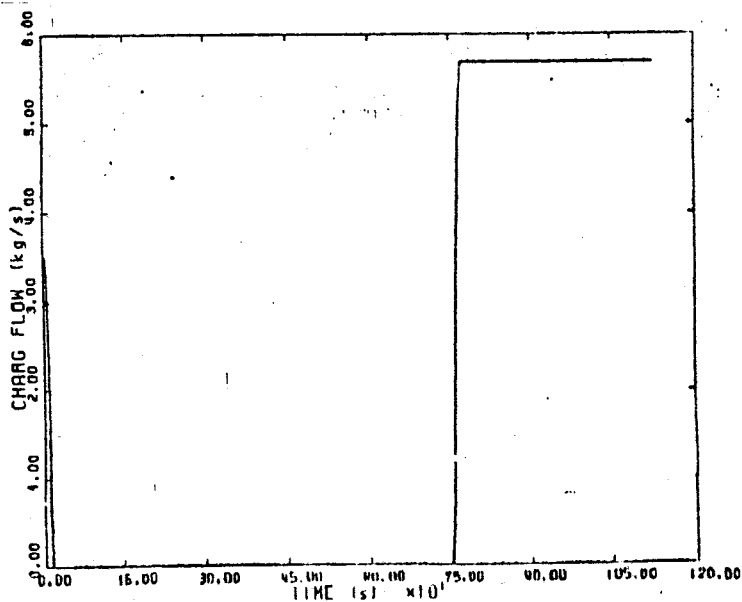
Slika 2: Tlak pare v uparjalniku

Institut
"Jožef Stefan"
Ljubljana

IZGUBA GLAVNEGA IN POMOŽNEGA NAPAJANJA UPAR,
[JS - ODSEK ZA REAKTORSKO TEHNIKO]

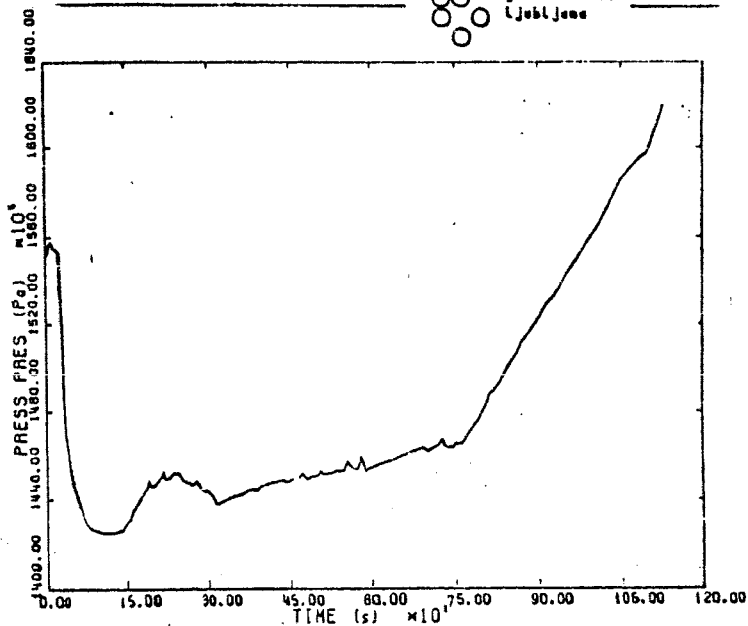


Slika 3: Dejanski in programiran nivo v tlačniku

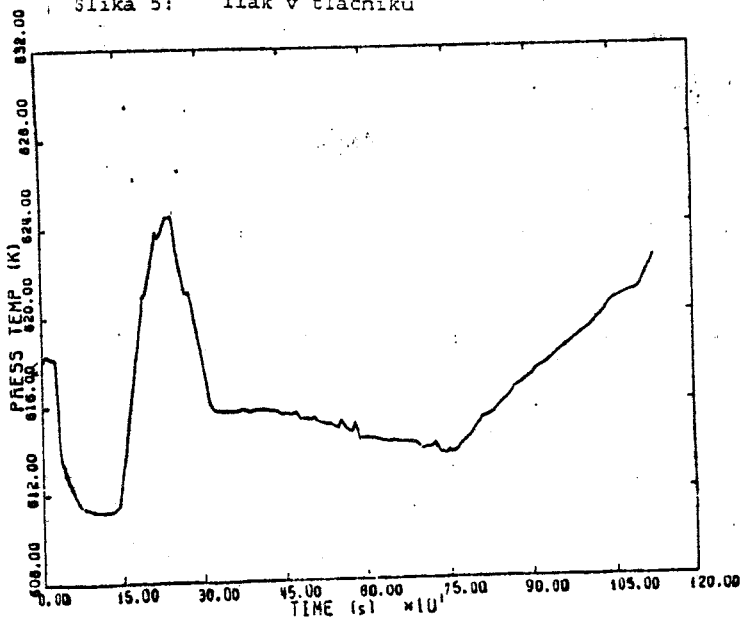


Slika 4: Pretok skozi polnilni vod (CVCS)

IZGUBA GLAVNEGA IN POMOŽNEGA NAPAJANJA UPAR.
IJS - ODSEK ZA REAKTORSKO TEHNIKO



Slika 5: Tlak v tlačniku



Slika 6: Temperatura v tlačniku