

Larisa Jović, Dragan Majstorović, Ilija Zeljković
 RO Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
 Beograd Jugoslavija

MERENJE NESTACIONARNIH HIDRODINAMIČKIH KARAKTERISTIKA
 PRIMARNOG RASHLADNOG SISTEMA REAKTORA RA U VINČI

MEASUREMENT OF TRANSIENT HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS
 OF THE REACTOR RA PRIMARY COOLING SYSTEM

SADRŽAJ - Merenje nestacionarnih hidrodinamičkih karakteristika reaktora RA u Vinči vršeno je simultanim snimanjem protoka i pritiska na više lokacija primarnog rashladnog sistema RA pri prekidu električnog napajanja cirkulacionih pumpi. U radu se daje metodologija merenja i registracije izabranih parametara, postupak obrade i rezultati sprovedene analize.

ABSTRACT - Experimental study of transient hydrodynamic characteristics of the research nuclear reactor RA by simultaneous measurements of fluid flow and pressure on several location of the RA primary coolant system is done. Loss of electrical power transient on the main circulation pumps is simulated. Measurement methodology, data processing and results of measured data analysis are given.

1. UVOD

Za potrebe identifikacije i obezbedjenja odgovarajućih parametara i radnih uslova hladjenja reaktora RA pri nestacionarnim režimima rada sistema, a posebno u uslovima prekida električnog napajanja primarnih cirkulacionih pumpi, neophodno je poznavanje nestacionarnih hidrodinamičkih karakteristika primarnog rashladnog sistema RA. Poznavanje ovih karakteristika potrebno je, takodje, i pri odgovarajućim proračunima kao ulazni podatak za odgovarajuće računarske programe za odredjivanje termohidrodinamičkih parametara pri nestacionarnoj i udesnoj analizi reaktora.

Iz tih razloga izvršena je hidrodinamička karakterizacija reaktora RA merenjem relevantnih nestacionarnih hidrodinamičkih parametara u slučaju naglog zaustavljanja cirkulacije primarnog hladioca. Merenja su izvršena na konfiguraciji jezgra sa 48 tehnoloških

kanala.

2. PROGRAM I OBIM MERENJA

Nestacionarna hidrodinamička karakterizacija vršena je u toku 1986.god. snimanjem izabranih karakterističnih parametara pri uključivanju i isključivanju reaktorskih pumpi A i B, a u režimima paralelnog i/ili pojedinačnog rada ovih pumpi, pri 1500 $^{\circ}$ /min.

Stacionarna hidrodinamička karakterizacija primarnog rashladnog sistema RA izvršena je 1982.god., kada su eksperimentalno snimljene stacionarne karakteristike pumpi A,B i V u režimima pojedinačnog i paralelnog rada pumpi.

Program nestacionarne hidrodinamičke karakterizacije obuhvatio je dva seta merenja. U prvom setu merenja, u režimu paralelnog rada pumpi A i B, pri uključivanju i isključivanju pumpi, vršeno je stacionarno i nestacionarno simultano merenje sledećih parametara reaktora RA: protoka Q_A i Q_B kroz razmenjivače toplote vezane za pumpe A i B, pritiska p_{ul} na ulazu u reaktor, p_{iz} na izlazu iz reaktora, p_A na ulazu u razmenjivač A, p_B na ulazu u razmenjivač B i referentnog signala povezanog sa uključivanjem pumpe B. Merenja su vršena pri punom protoku obe cirkulacione pumpe.

U drugom setu merenja izvršene su sledeća stacionarna i nestacionarna simultana merenja parametara reaktora RA: ukupnog protoka Q_r hladioca kroz reaktor RA, protoka Q_A i Q_B kroz razmenjivače toplote vezane za pumpe A i B, pritiska p_{ul} na ulazu u reaktor, pritiska p_{iz} na izlazu iz reaktora, pritiska p_A na ulazu u razmenjivač A i referentnog signala, povezanog sa uključivanjem pumpe B.

Na sl.1. prikazana je šema kola primarnog hladioca RA sa merenim mestima.

Merenja su izvršena pri sledećim režimima rada cirkulacionih pumpi: paralelni rad pumpi A+B, sa protokom 100%, pojedinačni rad pumpi A i B sa protokom 100% i paralelni rad pumpi A+B sa protokom od 75% i 50%.

U Tabeli 1. dati su hidraulički parametri primarnog sistema reaktora RA pri kojima su izvršena merenja.

3. MERENJE I REGISTRACIJA IZABRANIH PARAMETARA

Za merenje nabrojanih parametara korišćena je postojeća pogonska instrumentacija reaktora RA. Za registraciju merenih veličina korišćena je dopunska oprema koja obuhvata 16-to kanalni instrumentalni magnetofon Bell-Howell, sa sedam raspoloživih kanala za registraciju analognih DC signala i zahtevanim DC naponskim ulaznim signalom veličine 1.41 V. Za kontrolu i praćenje merenih veličina korišćen je osciloskop i dvokanalni pisač tipa GOERZ-SERVOGOR 210.

Merni signal dobijen je paralelnim vezivanjem na postojeće registratore silfonskih merača protoka i pritiska. Obzirom na zahteve koje, za registraciju na instrumentalnom magnetofonu, mora ispuniti merni signal, načinjen je set od sedam ispravljača-pojačavača za pojačavanje signala uzetih sa ulaza postojećih registratora. Na sl.2. data je šema merenja hidrodinamičkih parametara reaktora RA.

Merenje signala obuhvatilo je simultano snimanje na instrumentalnom magnetofonu šest karakterističnih izabranih parametara i referentnog signala - signala pobude cirkulacione pumpe B. Sve snimljene veličine bile su u obliku jednosmernog napona.

4. OBRADA IZMERENIH VELIČINA

Snimljeni signali obradjeni su na računaru HP1000 Computer Systems. Analogni signal sa magnetofona digitalizovan je učestanošću od 100 Hz i analiziran na monitoru. Posle analize odabran je reprezentativni deo signala koji obuhvata stacionarni deo sa uključenim pumpama, prelazno stanje pri isključivanju pumpi i novo stacionarno stanje sa isključenim pumpama. Taj deo signala zapisan je na magnetnu traku i docnije reprodukovano na pisaču. Za potrebe digitalizacije razvijen je računarski program LARIS za simultanu digitalizaciju sedam kanala i program LACRT za crtanje. Učestanost digitalizacije u potpunosti zadovoljava zahteve tačnosti u odnosu na dinamiku promene razmatranih parametara, pošto je vreme trajanja analizirane promene reda 3-5 s (odredjeno u preliminarnim merenjima 1984.god.).

5. PRIKAZ I ANALIZA REZULTATA

Izmereni i digitalizovani signali zapisani su na magnetnu traku računara HP1000 i nacrtani na ploteru. Na svim nacrtanim signalima zapaža se šum tipa belog šuma koji je posledica veze sa mer-nim lancem reaktora RA. Takodje se skoro na svim nacrtanim signalima, zapaža u trenutku isključivanja cirkulacionih pumpi pik koji se na signalima javlja usled osetljivosti sistema za registraciju (magnetofon) na indukciju izazvanu varničanjem pri isključivanju pumpi. Grafički prikaz promene izmerenih veličina pri isključivanju primarnih pumpi, odnosno pri prekidu cirkulacije primarnog hladioca, dat je na Sl.3 i 4. Analiza promene pojedinih signala ukazuje na sledeće:

Promena svih analiziranih veličina ima svoj prirodni tok-svi protoci i pritisci p_{ul} , p_A i p_B opadaju sa prestankom cirkulacije primarnog hladioca, dok pritisak p_{iz} na izlazu iz reaktora raste. Promena pritiska na izlazu iz reaktora, pri datom pojačanju, bila je mala da bi se mogla analizirati. Protok kroz cirkulacionu pumpu A počinje da opada posle isključenja pumpi za, u srednjem, 0,34 s pri svim razmatranim protocima (100%, 75% i 50%), kroz cirkulacionu pumpu B za oko 0,2 s, dok promene na ukupnom protoku kroz reaktor počinju da se osećaju kroz oko 1,06 s. Dok su prva dva vremena približno ista, veće vreme kašnjenja promena na ukupnom protoku vezano je za vreme potrebno za prolaz hladioca kroz razmenjivače i spojne cevovode, odnosno različite lokacije merača protoka. U tabeli 2. dato je izmereno vreme kašnjenja prelaznih pojava za sve razmatrane parametre.

Po prekidu električnog napajanja dolazi do eksponencijalnog pada svih razmatranih veličina i uspostavljanja novog stacionarnog stanja posle 5-6 s od početka prelaznog procesa. U Tabeli 3 dato je vreme trajanja prelaznih pojava svih razmatranih parametara. Za sve razmatrane protoke G_a , G_b i G_r novo stacionarno stanje dostiže se u srednjem za oko 5,5 s, dok za pritiske oko, u srednjem, iznosi 5,5-5,9 s.

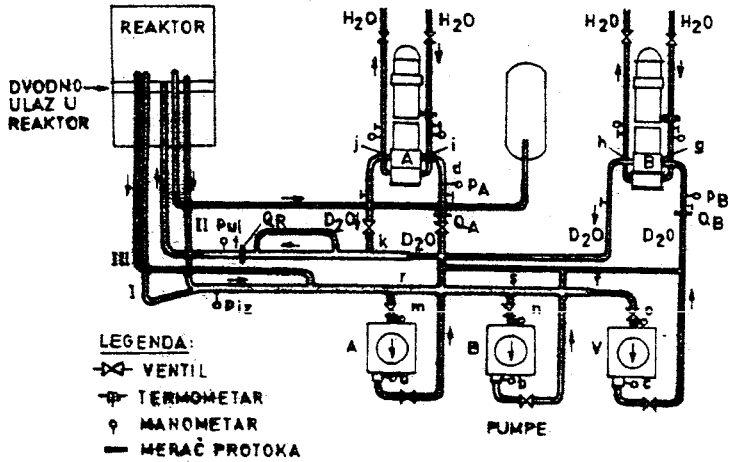
6. ZAKLJUČAK

Izvršeno je eksperimentalno odredjivanje nestacionarnih karakteristika protoka i pritiska u primarnom rashladnom sistemu reaktora RA u uslovima naglog gubitka cirkulacije. Konstatovano je da se vreme trajanja prelazne pojave za sve razmatrane veličine kreće

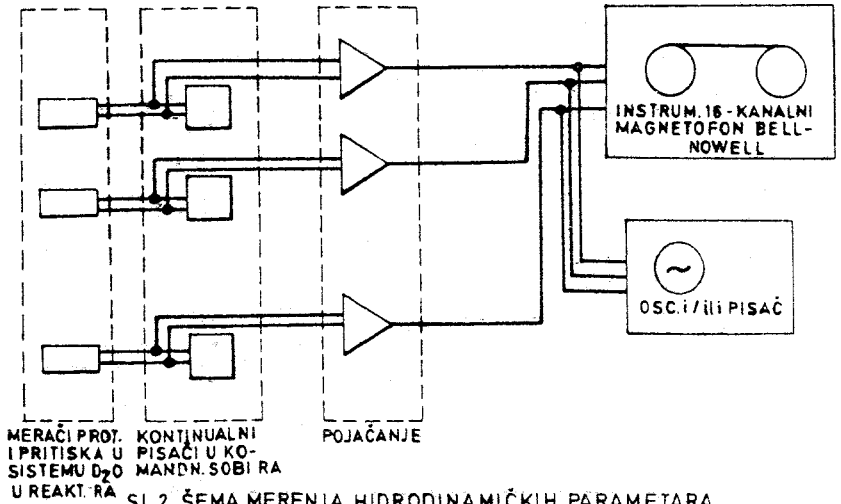
u opsegu 5-6 s.

7. LITERATURA

1. L.Jović, D.Majstorović, V.Jović, I.Zeljčković: Nestacionarne hidrodinamičke karakteristike reaktora RA, interni izveštaj IBK, Vinča, 1986.
2. V.Jović, J.Riznić, L.Jović, R.Jovičević: Hidrauličke karakteristike primarnog rashladnog sistema RA, interni izveštaj IBK, Vinča, 1983.
3. L.Jović, V.Jović: Rezultati preliminarnih merenja nestacionarnih karakteristika primarnog sistema, interni izveštaj IBK, Vinča, 1984.



SI. 1 ŠEMA KOLA TEŠKE VODE ZA HLAĐENJE REAKTORA RA



SI. 2 ŠEMA MERENJA HIDRODINAMIČKIH PARAMETARA REAKTORA RA

