



REAKTOR RA
Odeljenje održavanja
6.11.1964. godine

MERENJE NIVOVA TEŠKE VODE U GORIVNIM KANALIMA REAKTORA RA

U v o d

U vezi eksperimentalnih provera mogućnosti hladjenja reaktora pri nominalnoj snazi od 6,5 MW teškovodnim pumpama u paralelnom radu na 1500 o/min odlučeno je da se izvrši merenje nivoa teške vode u gorivnim kanalima reaktora. Ova odluka je doneta zbog sledećih razloga:

Poznato je da su spoljne cevi gorivnih kanala u doba montaze reaktora prepravljene na donjem delu u cilju oformljenja stojećeg vodenog stuba u cevi. Postojanje ovog stuba vode isnad izlivnih otvora unutrašnje cevi sa gorivnim elementima bi omogućilo usisavanje helijuma masevina vode koja iz unutarnjih cevi kroz pet otvora prelazi u spoljnu cev na visini oko 1400 mm od nivoa moderatora i pada kroz anularni prostor u moderator. Padanje vode kroz spoljnu cev pod dejstvom gravitacije stvara difuzorski efekat i vrši usisavanje slobodnog gasa isnad mesta prelaza vode iz unutarnje u spoljnu cev. Povlačenje gasa zavisi od veličine protoka kroz kanal i na eksperimentalnom stenduu je optičkim putem utvrđeno da pri vrlo malim protocima postoje krupni mehuri gasa u vodenoj struji ispod nivoa moderatora. Ovi mehuri se lako oslobadaju iz vode i penju se kao površini moderatora. Pri većim protocima broj mehurova se povećava a njihove dimenzije se smanjuju usled čega je njihovo oslobađanje iz vodene struje otežano te se oni povlače dublje u moderator. Pri izvesnim kritičnim protocima mehuri se pretvaraju u besbroj sitnih mehurica koji formiraju homogenu dvofasnu smešu sa vodom. Ova smeša se kreće strujnim linijama vode po čitavoj instalaciji i na eksperimentalnom stenduu

je utvrđeno sakupljanje gasa čak iza pumpe na napornoj cevi na najvišoj tački. Ovo izdvajanje gasa nastaje dugim periodom cirkulacije u kome se stvara vazdušni jastuk na najvišoj tački cevovoda gde je predviđen odušni ventil. Na tom ventilu je uvek u toku eksperimenta bilo moguće ispustiti vazduh, što je često i činjeno. Pri svakom otvaranju ventila konstatovano je da postoji izvesna količina vazduha. Budući da na teškovodnim pumpama ne postoje ekspanzione posude veće zapremine na vrhu pumpe, moguće je da nagemilani helijum u toj tački formira gasni jastuk koji bi u datom momentu mogao prekinuti rad pomoćne pumpe za hladjenje i podmazivanje gornjeg ležišta što bi dovelo do njegovog uništenja.

Iz tih razloga je po predlogu sovjetskih stručnjaka izvršena rekonstrukcija spoljnih cevi gorivnih kanala na taj način što je izlazni otvor cevi sa nominalni protok vode kroz kanal povećan smanjenjem izlaznih bočnih otvora i centralnog anularnog zasora na komusnom savršetku spoljne cevi. Povećanje otpora isticanja pri slobodnom padu sa visine od 1400 mm sa protoke od $3,66 \text{ Nm}^3/\text{h}$ sa periferiski kanal i $6,1 \text{ Nm}^3/\text{h}$ sa centralni kanal, dovodi do formiranja vodenog stuba od 1800 mm visine koji ostvaruje dodatni pritisak na masu vode pri slobodnom padanju da bi predviđeni protok mogao da savlada povećani izlazni otvor na cevi.

Ovaj vodenii šep bi razdvojio gas od zone strujanja vode u spoljnjoj cevi i time sprečio usisavanje gasa masom vode, budući da u vodenom šepu voda miruje.

Visina vodenog stuba od 1800 mm je isabrana kao maksimalna obzirom da se na spoljnoj cevi nalazi tzv. difuzioni otvor sa izjednačenje pritiska gasa u cevima gorivnog kanala sa pritiskom u sudu reaktora. Visina ovog otvora iznad islivnih cevi sa vodu iznosi 1940 mm. Uđredjeno je da visina vodenog stuba nesme biti manja od 100 mm iznad otvora niti veća od 1840 mm, što predstavlja

100 mm do difuzionog gasnog otvora. (Vidi tehničko rešenje 44 od 10.III 1959. godine).

Obzirom da protok kroz kanale nije uvek konstantan zbog različitog broja kanala u rešetki reaktora, eksperimentalno su utvrđene veličine izlaznih otvora kanala tako da pri svim mogućim brojevima kanala u rešetki reaktora 69 do 83, nivo vode u kanalima bude u predviđenim granicama tj. između 500 i 1600 mm. Kod manjeg broja kanala nivo treba da bude viši a kod većeg niži. Izlazni otvori za periferijske kanale reaktora su odabrani 3 x Ø9,5 mm, a za centralne kanale 3 x Ø16 mm. Merenjem nivoa u doba popunjenosti reaktorske rešetke svim gorivnim kanalima utvrđeno je 1963. godine da nivoi u kanalima odgovaraju predviđanjima.

U svetlosti novih mogućnosti hlađenja reaktora smanjenim protokom zbog rada pumpi na 1500 o/min nije bile poznate kakvi će se nivoi vode ostvariti u kanalima, obzirom da je u tom slučaju protok sa oko 40% manji. Takođe nije poznato šta će se desiti kada se pumpe ostave u radu na 3000 o/min a ventil br. 1 otvori. Ovo otvaranje ventila se predviđa zbog stvaranja maksimalnog protoka, što danas nije slučaj zbog ugrađenog difuzera u kolu radi smanjenja pritiska u napornoj komori reaktora. Obzirom da ventil 1 štira difuzor, on dovodi do povećanja protoka za 40 m³/h kada je otvoren. Čurenje koje je nastalo na ventilu 1 usled oštećenja silfona dovelo je do blokiranja ventila posebnom kapom te je manipulacija njime otežana i skopčana sa osračivanjem personala. Ventil 1 je bio u zatvorenom stanju pri sadašnjem radu pumpi na 3000 o/min. Zbog prelaska na stalni rad pumpi na 1500 o/min poželjno je da on bude otvoren, da bi se postigao najveći protok. Ova operacija se izvodi posle vakuumiranja reaktorskog suda da bi se sprečilo čurenje vode pri skidanju specijalne hermetične zaštite i ona je dosta komplikovana. U slučaju da se režim hlađenja sa radom pumpi na 1500 o/min pokaže nesigurnim mora se preći na rad na 3000 o/min. Pri otvorenom ventilu 1 pumpe stvaraju protok od 470 m³/h tj. sa oko 40 m³/h više no što je pri prepravci kanala

predviđeno kada je rasmatran slučaj sa $430 \text{ m}^3/\text{h}$ maksimalno. Sve ove činjenice su zahtevale merenje nivoa pri svim uslovima rada pumpi kako sa periferiske tako i sa centralne kanale.

Merenje nivoa

Merenje nivoa je obavljeno u 2 periferiska i 2 centralna kanala reaktora pri svim režimima rada pumpi 1500, 1800 i 3000 o/min pri otvorenom ventila i zatvorenom ventilu. Merenje je vršeno kontaktnom sondom sa meračem električnog otpora kontakta sonde i vode. Sonda je postavljena u unutrašnju cev gorivnog kanala na mesto izvadjenog termometra za merenje temperature izlazne vode iz kanala. Merenje je izvođeno spuštanjem sonde kroz kanal do dodira sa vodom i ponavljano je više puta u cilju reproduktivnosti rezultata. Tačnost merenja nivoa je iznosila $\pm 1 \text{ cm}$ na dužini od 250 cm što je dovoljno dobro. Rezultati merenja su pokazali sledeće:

1. Pri radu pumpi na bilo kom broju okreta tj. 1500, 1800, 3000, sa otvorenim ventilom ili sa zatvorenim ventilom N^o 1, nivo vode u periferiskim kanalima se male menja i nalazi se tačno na islivnim otvorenim unutarnje cevi. Ovo pokazuje da pri bilo kakvom režimu hlađenja, što znači i do sada postoji usisavanje helijuma u svim periferiskim kanalima. Ova pojava se nije očekivala.
2. Nivo vode u centralnim kanalima pri radu pumpe na 3000 o/min iznosi 450 mm iznad prelivnih otvora što je zadovoljavajuće, ali nerazumljivo niske.
3. Nivo vode u centralnim kanalima pri radu pumpi na 3000 o/min pri otvorenom ventilu i se povećava za 150 mm od stanja 450 mm pri zatvorenom ventilu. Visina od 600 mm još uvek nije dovoljna prema ranijim predviđanjima za protok od $430 \text{ m}^3/\text{h}$ pri postojanju svih 64 kanala u rešetci.

4. Nivo vode u centralnom kanalu pri radu pumpi na 1500 i 1800 o/min pri otvorenom ili zatvorenom ventilu 1 uvek je isti i jednak nivou u periferiskom kanalu. Ovo pokazuje da će u slučaju rada pumpi na 1500 o/min svi kanali u rešetci reaktora usisavati helijum

Na osnovu merenja nivoa konstatovano je da postoji neki usrok koji je doveo do neočekivanih smanjenja nivoa vode u normalnom režimu hladjenja. Odlučeno je da se kanali u kojima je meren nivo isvade u cilju pregleda stanja spoljnih cevi. Postojala je sumnja da su izlasci otvori kanala prošireni usled dejstva korozijske i da je time olakšano isticanje vode iz spoljne cevi.

Pošto je uklonjena centralna cev sa gorivom isvušene su spoljne cevi i na njima izvršena kontrola otvora, kornusa i bočnih otvora. Konstatovano je da su bočni otvori nepromenjeni ali da su centralni otvori uvećani sa 0,6 - 1,8 mm, što odgovara po preseku bočnom otvoru za isticanje, prečnika 9,6 mm. Nesumnjivo je da je zbog povećanja preseka sa 30% otpor isticanja jako umanjeno te je i formiranje vodenog stuba u cevi izostalo. Ovo proširenje otvora na kornusu spoljne cevi je posledica vibracija gorivnih kanala usled čega spoljne cevi koje su učvršćene na vrhu reaktora neprekidno bivaju pritiskivane na unutrašnjoj cevi i na ivicama kornusnog dela bivaju izlagane deformaciji. Neophodno je potrebno da se izvrši u dogledno vreme prepravka svih spoljnih cevi kako bi se obezbedio njihov usvojeni prečnik na kornusnom delu od \varnothing 44 mm. Unutarnje cevi se menjaju sa gorivom te je uticaj ovih deformacija na te cevi smanjen vremenski. Postoji mogućnost oštećenja i unutarnjih cevi što je već i dovelo do kidanja jednog od kanala u 1964. godini pred zamenu goriva.

Prilikom vadjenja unutrašnje cevi sa gorivom iz periferiskog kanala konstatovano je na delu kanala neposredno iznad izlivnih rupa da je nivo vode na tom mestu ostavio trag. Ispitivanjem oblika traga preko TV ekrana, a kasnije kroz olovno staklo

u prostoriji O99, konstatovano je da trag nije koncentrični krug oko cevi već kosa elipsa sa nagibom oko 30° prema ravni preseka cevi. Trag je širak 5 - 6 mm, crno mrke boje a njegov najniži deo se nalazi na suprotnoj strani od najvišeg islivnog otvora na cevi. Trag je nastao od raznih nečistoća na granici vode i gasa.

Oblik traga dokazuje da postoji difuzersko dejstvo vode na gas na mestu najniže tačke elipse, na kome se primećuje proširenje traga i sušenje u vidu trougla sa vrhom nadole. (Vidi prilog br. 1). Identični tragovi su zapaženi na oba periferna kanala. Tragovi na centralnom kanalu su koncentrični krugovi na visini od oko 400 - 500 mm od islivnih otvora. Oni su tanji i mnogo svetliji što dokazuje da nivo vode relativno miruje na tom mestu. Međutim i kod centralnih kanala zapaženi su identični iskošeni tragovi kao i kod perifernih na istom mestu kao i kod njih ali jedva vidljivi. Njihove porekle je svakako usled povremenog rada pumpi na 1500 o/min u periodima hladjenja reaktora. Budući da je ovakav rad bio kratkovremen, tragovi su jedva vidljivi.

Ove činjenice ukazuju da će pri radu pumpi na 1500 o/min svih 84 gorivnih kanala usisavati helijum i unositi ga u moderator.

S a k i j u š a k

Povećanje količine nekurova gasa u vodi može izazvati gemljanje gasa u teškovođnim pumpama, čiji bi preter u vidu većeg nekura u usisni cevovod pomoćne pumpe sa hladjenje ležišta mogao prouzrokovati povremeni prekid dovoda vode sa hladjenje ležišta što je i do sada u manjoj meri moglo da postoji, a što nije evidentirano. Postoji sumnja da su dosadašnja dva slučaja stradanja gornjih ploča aksijalnog ležišta bila uzrokovana prekidom, makar i kratkovremenim, dovoda vode u pumpe sa hladjenje ležišta. Ova sumnja se pojavila odmah posle konstatacije da periferni kanali usisavaju helijum. Ta sumnja se pojavila i kod stručnjaka sa teškovođne pumpe francuske firme KATKAU, nezavisno od ovih saznanja pri razgovoru ing. V. Zecevića sa predstavnicima firme u vezi sa me-

ležišta. Njihovo iskustvo ukazuje na mogućnost postojanja ovakvih pojava na njihovim pumpama.

Pojava povećane količine gasa u vodi u režimu rada pumpi 1500 o/min međutim ne mora dovesti do sličnih posledica obzirom da je aksijalna sila rotora na gornju ploču ležišta prilično snajena, pa je moguće da disk i ne dodiruje gornju ploču ležišta. U ovakvom slučaju kratkovremeni prekid rada pumpe za hlađenje ležišta ne bi morao da izazove slične posledice, što ipak nije sasvim isključeno.

Kači rešenja ovog problema potrebno je da se na usisnoj cevi pomoćne pumpe za hlađenje ležišta postavi ekspanzioni sud u kome bi se vršilo odvajanje gasa u gornjem delu, a nivo vode u sudu bi bio garancija da će usisni deo pumpe biti uvek snabdeven vodom. U tom sudu bi se postavio signalisator nivoa vode koji bi signalisirao pad nivoa ispod određene linije, tj. pojavu gasnog jastuka. Tada bi se drenažnim ventilom gas ispustio u liniju drenažnog rezervoara teške vode što je u sadašnjem stanju nemoguće.

U vezi ove sumnje tokom današnjeg rada pumpi 2 x 1500 o/min redovno je kontrolisano prisustvo gasa u postojećem odušnom sudu relativno male zapremine na vrhu pumpi teške vode. Ova operacija je izvodjena otvaranjem ventila 6 na pumpama i dreniranjem svaki put oko 1 - 2 lit. teške vode iz gornjeg dela pumpe. Do sada nije uočena pojava gasa u vodi na ovom mestu.

Ing. Miodir Nikelić

