

STRATEGIJA ISPITIVANJA CIJEVI PAROGENERATORA PWR NUKLEARNIH ELEKTRANA

Mr. sc. Željko Postružin, Zagreb

UDK 621.039.51:618.1
PREGLEDNI ČLANAK

U radu nuklearne elektrane sigurnost zauzima značajno mjesto. Parogenerator, kao jedna od glavnih komponenata primarnog kruga, igra važnu ulogu u sigurnosti, stabilnosti rada i produktivnosti nuklearne elektrane. Integritet parogeneratora, potrebno je u tom smislu, stalno održavati i time omogućiti visok stupanj raspoloživosti rada elektrane.

Za postizanje tog cilja, potrebno je provesti različite aktivnosti pregleda i održavanja komponenti za vrijeme redovitih prekida rada elektrane.

Dosadašnje iskustvo pokazuje da su PWR¹ parogeneratori vrlo osjetljivi zbog oštećenja cijevi različitim mehanizmima. Periodična ispitivanja parogeneratora, jednako kao i inicijalna ispitivanja, osnovne su aktivnosti za postizanje spomenutih ciljeva.

Ključne riječi: parogenerator, vrtložne struje, ispitivanje, propisi.

1. ISPITIVANJE PAROGENERATORA

Pod pojmom "ispitivanje parogeneratora" podrazumijeva se ispitivanje cijevi i cijevne stijene parogeneratora. Cilj ispitivanja je saznanje o integritetu cijevi i cijevne stijene parogeneratora s aspekta mogućih oštećenja, koja bi mogla biti uzrokom potencijalnog propuštanja primarnog hladioca u sekundarni krug elektrane. S tom svrhom primjenjuje se, kao najefikasnija, metoda ispitivanja pomoću vrtložnih struja.

2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA DEFINIRANJE STRATEGIJE ISPITIVANJA

Strategija pogonskog ispitivanja igra vrlo važnu ulogu u radu svake pojedine nuklearne elektrane. Pri tom treba uzeti u razmatranje mnogo čimbenika, kao što su:

- nacionalni propisi
- tehnička specifikacija određene nuklearne elektrane
- pogonsko iskustvo (iznenadni zastoji zbog curenja cijevi parogeneratora ili njihovog puknuća, status kondenzatorskih cijevi, kemijska kontrola hladioca, različiti neželjeni događaji za vrijeme rada parogeneratora, itd.)
- primijenjena tehnika ispitivanja vrtložnim strujama (bobbin² sonde, rotirajuće sonde, sonde s nizom zavojnica, itd.)

¹ PWR- Pressurized Water Reactor (nuklearne elektrane s tlačno-vodnim reaktorima)

² "Bobbin"sonda - klasična sonda za ispitivanje cijevi parogeneratora, radi u diferencijalnom i apsolutnom režimu, sastoji se od dvije zavojnice namotane po obodu tijela sonde.

- rezultati ispitivanja (npr. baza podataka od prethodnih ispitivanja)
- rezultati istraživanja (istraživanja koja se odnose na izvađene cijevi iz parogeneratora, širenje mehanizama oštećenja, saznanja o uzrocima oštećenja, lokacijama oštećenja, itd.)
- pristup kriterijima čepčenja (opći kriterij prema dubini oštećenja, specifični kriterij lokacije)
- radno iskustvo drugih sličnih elektrana.

3. PODJELA ISPITIVANJA PWR PAROGENERATORA

Osnovno ispitivanje

Osnovno ispitivanje provodi se nakon instalacije parogeneratora, a prije uključenja u pogon. Rezultati, dobiveni osnovnim ispitivanjem, daju uvid o mogućim oštećenjima nastalim prigodom proizvodnje i za vrijeme instalacije parogeneratora.

Prvo pogonsko ispitivanje nakon osnovnog ispitivanja

Svrha prvog pogonskog ispitivanja je prikupljanje informacija o:

- oštećenjima cijevi nastalim prilikom proizvodnje, te o ostalim oštećenjima cijevi pronađenim tijekom osnovnog ispitivanja.
- mogućoj pojavi različitih tipova oštećenja cijevi nastalih nakon osnovnog ispitivanja.

Dobiveni rezultati daju osnovne podatke za planiranje sljedećih ispitivanja.

Sljedeća pogonska ispitivanja

Pogonskim ispitivanjima prikupljaju se informacije, kao što su:

- stupanj porasta oštećenja cijevi nastalih u radu parogenerators između dva ispitivanja
- moguća pojava novih oštećenja cijevi nastalih u radu parogenerators između dva ispitivanja.

Pri pogonskom ispitivanju rezultati se mogu klasificirati u dvije osnovne skupine, a to je postojanje ili nepostojanje aktivnog mehanizma³ oštećenja cijevi.

Stechena iskustva ispitivanja PWR parogenerators, te uz to postojeći propisi, čine bazu za određivanje strategije ispitivanja.

4. ISKUSTVA ISPITIVANJA PWR PAROGENERATORS METODOM VRTLOŽNIH STRUJA

Postoji nekoliko tipova poznatih mehanizama oštećenja⁴ cijevi PWR parogenerators. Načelno mogu biti podijeljeni u dvije glavne grupe:

Mehanički mehanizmi oštećenja

- *Trošenje* – volumno odnošenje materijala uzrokovano mehaničkim utjecajem kontakta dvaju materijala;
- *Zamor* – degradacija materijala nastala širenjem oštećenja u materijalu uslijed promjenljivog mehaničkog opterećenja;
- *Abrazija* – oblik erozije (gubitak materijala) uzrokovano udarom čestica krutina i/ili tekućina o površinu materijala.

Kemijski mehanizmi oštećenja

- *Međugranularni napad* – oštećenje uslijed korozije koje se širi po granicama zrna u materijalu;
- *Jamičasta korozija* – korozijski proces uzrokovan lokalnim galvanskim razlikama potencijala u cijevima i neravnomjernom brzinom korodiranja površine;
- *Stanjenje* – volumetrijsko odnošenje materijala cijevi, lokalna korozija uzrokovana kemijskim procesom uz prisustvo fosfatne kiseline;
- *PWSCC (Primary Water Stress Corrosion Cracking)* – stvaranje pukotine uslijed naponske korozije na primarnoj strani cijevi.

Intenzitet određenog mehanizma oštećenja ovisi o nekoliko čimbenika, kao što su:

1. kemija vode
2. uvjeti (režim) rada
3. položaj cijevi u cijevnom snopu

³ Pojava novih signala oštećenja, povezanih s mehanizmima oštećenja, koji su bili utvrđeni za vrijeme pogonskog ispitivanja ili prethodno pronađeni signali oštećenja tog tipa, kojima je signal narastao u odnosu na osnovno ispitivanje.

⁴ U nedostatku adekvatnih hrvatskih naziva vrsta oštećenja, u tekstu su korišteni nazivi oštećenja na engleskom jeziku.

4. položaj oštećenja na cijevi
5. svojstva materijala cijevi
6. proces proizvodnje parogenerators.

Uzimajući u obzir morfologiju, oštećenje može biti prepoznato kao:

- pukotina (međugranularni napad, PWSCC)
- površinski gubitak materijala (trošenje, stanjenje)
- volumno oštećenje (jamičasta korozija).

Promatrajući s aspekta strategije ispitivanja, vrlo je važno kakvo je ponašanje mehanizama oštećenja. Tako je moguće prepoznati dva tipa mehanizama oštećenja:

1. aktivni mehanizmi oštećenja
2. ne aktivni mehanizmi oštećenja.

Informacije o postojećim mehanizmima oštećenja mogu biti prikupljene korištenjem različitih tehnika ispitivanja metodom vrtložnih struja (EC⁵ metoda). Svaka pojedina tehnika EC metode ima svoje karakteristike, prednosti i nedostatke. Kratak pregled karakteristika raznih EC tehnika ispitivanja prikazan je u tablici 1.

Za ispitivanje parogenerators metodom vrtložnih struja, moguće je iz prethodne tablice donijeti sljedeće zaključke:

1. Bobbin tehnika je najprikladnija tehnika za brzo ispitivanje cijevi PWR parogenerators, za prikupljanje osnovnih podataka o mogućem oštećenju.
2. Rotirajuća tehnika je najprikladnija tehnika ispitivanja s ciljem prikupljanja dodatnih informacija o oštećenjima pronađenim pomoću bobbin tehnike ispitivanja, isto tako za ispitivanje područja promjene geometrije cijevi.

Potrebno je napomenuti da se u najnovije vrijeme razvijaju nove rotirajuće tehnike ispitivanja. Primjena novih tipova sondi je korištenje rotirajućeg magnetskog polja umjesto rotirajućeg zavojnice. S obzirom na vrlo veliku brzinu rotirajućeg magnetskog polja, moguće je dobiti slične rezultate kao i sa standardnom rotirajućom sondom, a brzinom snimanja kao kod bobbin sonde. To znači da nova sonda ima prednosti klasične rotirajuće sonde i bobbin sonde zajedno. Budućnost će pokazati kako će nova sonda utjecati na rezultate ispitivanja.

Značajni doprinos određivanju strategije ispitivanja je saznanje o mehanizmima oštećenja, koja se, u osnovi, sastoje od sljedećih podataka:

- vrsta procesa degradacije (stanjenje, jamičasta korozija, PWSCC, međugranularni napad/SCC, trošenje, itd.)
- lokacija degradacije (*položaj na cijevi*: slobodna dužina, ispod potpornih struktura, ispod antivibracijskih elemenata, pri vrhu cijevne stijene, unutar cijevne stijene, *položaj u sklopu cijevne stijene*: red i kolona cijevi, područje cijevne stijene parogenerators, itd.)

⁵ EC – Eddy Current (vrtložne struje)

Tablica 1. Osnovne karakteristike različitih EC tehnika ispitivanja

Tip EC tehnike	Sposobnost detekcije	Napomena
Bobbin tehnika	1. Dubina oštećenja 2. Volumen oštećenja 3. Aksijalna lokacija oštećenja	Mogućnost mjerenja dužine oštećenja postoji (direktna funkcija velike aksijalne brzine), ali je pogreška mjerenja mnogo veća nego pomoću rotirajuće tehnike.
Rotirajuća tehnika	4. Dužina oštećenja 5. Širina oštećenja 6. Oblik oštećenja 7. Orijentacija oštećenja 8. Mogućnost razlikovanja nekoliko oštećenja na jednoj aksijalnoj lokaciji 9. Mogućnost ispitivanja dijelova cijevi s promjenama geometrije (ulegnuće, ispupčenje, prijelazna područja, zakrivljenost).	Mogućnost mjerenja dubine oštećenja postoji, ali je pogreška mjerenja veća nego kod primjene bobbin tehnike. Osnovni nedostatak uporabe rotirajuće tehnike sastoji se u maloj brzini ispitivanja u usporedbi s ostalim tehnikama ispitivanja (i do 30 puta sporija).
Tehnika s nizom površinskih zavojnica	1. Dužina oštećenja 2. Širina oštećenja 3. Orijentacija oštećenja 4. Mogućnost razlikovanja više oštećenja na jednoj aksijalnoj lokaciji	Sve spomenute mogućnosti su bitno manje u usporedbi s adekvatnim mogućnostima ispitivanja bobbin tehnike i rotirajuće tehnike.

Napomena. "Dužina" je orijentirana u smjeru osi cijevi, a "širina" u smjeru oboda cijevi.

- porast učestalosti određenog tipa oštećenja
- uzroci oštećenja (istjecanja u kondenzatoru, prisustvo bakrenih slitina u sekundarnom krugu, kemijsko čišćenje, nepredvidljivi događaji, itd.).

U nekim slučajevima, kao što pokazuje iskustvo, postoji veliko neslaganje broja pronađenih oštećenja, raspodjele oštećenja (uzduž cijevnog snopa i u sklopu cijevne stijene), te trend širenja oštećenja na parogeneratorima iste elektrane. To znači da je potrebno stvoriti bazu podataka za svaki parogenerator.

U mnogim slučajevima, postojanje aktivnog mehanizma oštećenja uključuje:

- proširenje opsega ispitivanja,
- smanjenje intervala između dvaju ispitivanja,
- moguću primjenu različitih tehnika ispitivanja.

Pravilno definiranim opsegom i intervalom ispitivanja pomoću vrtložnih struja, kao i primjenom adekvatne tehnike ispitivanja, moguće je postići pouzdan nadzor za očuvanje integriteta cijevnog snopa parogeneratora.

5. PROPISI I PREPORUKE U SAD

Postoji mnogo nacionalnih propisa u zemljama s vlastitim nuklearnim programima. Najrasprostranjeniji u svijetu su propisi Sjedinjenih Američkih Država. U sljedećem poglavlju bit će prikazan kratak pregled propisa i prakse ispitivanja PWR parogeneratora u SAD s diskusijom o novim dokumentima.

Postoje dva osnovna dokumenta u SAD koji pokrivaju opseg ispitivanja parogeneratora PWR elektrana. Prvi

i najpoznatiji dokument je "NRC Regulatory Guide 1.83 - Inservice Inspection of Pressurized Water Reactor Steam Generator Tubes" (Pogonsko ispitivanje cijevi parogeneratora tlačnovodnih nuklearnih elektrana), koji predstavlja stanje regulatornog organa SAD (US NRC⁶) i osnovni je obvezatni dokument u SAD. Nedostatak ovog dokumenta je taj što je on vrlo star (1975), te njime nije pokrivena današnja tehnologija ispitivanja parogeneratora, kao i nova saznanja o ponašanju oštećenja cijevi parogeneratora. Drugi dokument, koji proizlazi iz najnovijih iskustava industrije i ispitivanja, je EPRI⁷ document "TR-107569-V1R5: PWR Steam Generator Examination Guidelines" (Smjernice za ispitivanje PWR parogeneratora), revizija 5 (1997) koji je u sadašnje vrijeme najnapredniji dokument, ali nije obavezan za primjenu. Osim spomenutih dokumenata NRC je u fazi pripreme novog dokumenta pod naslovom "Steam Generator Tube Integrity" (Integritet cijevi parogeneratora) koji je u obliku koncepta (Draft DG-1074). Spomenuti dokument trebao bi u budućnosti zamijeniti R.G 1.83 i RG 1.121 "Bases for Plugging Degraded PWR Steam Generator Tubes" - 08/1976 (Osnove za čepljenje oštećenih cijevi PWR parogeneratora).

U tablici 2 prikazane su, ukratko, smjernice za ispitivanje parogeneratora obuhvaćene spomenutim dokumentima, a njihova usporedba prikazana je u dijagramima 1 i 2.

⁶ US NRC (United States Regulatory Commission)

⁷ EPRI (Electric Power Research Institute)

Tablica 2.

Dokument	Osnovno ispitivanje
NRC R.G. 1.83	100% cijelom dužinom – metoda vrtložnih struja ili alternativna metoda
NRC Draft DG-1074	100% cijelom dužinom – uobičajena metoda bezrazornog ispitivanja (npr., metoda vrtložnih struja s bobbin sondom). Dodatna ispitivanja s osjetljivijom tehnikom ispitivanja (npr. rotacijska tehnika vrtložnih struja) pri pojavi neuobičajenih i iskrivljenih signala.
EPRI TR-107569-V1R5	100% cijelom dužinom – uobičajena metoda bezrazornog ispitivanja s bobbin sondom. Dodatna ispitivanja pri pojavi neuobičajenih uvjeta rotacijskom tehnikom vrtložnih struja.
Dokument	Ostala pogonska ispitivanja
NRC R.G. 1.83	<p><i>Opseg:</i></p> <p>Prvo ispitivanje – svi parogeneratori, min. 3% od svakog.</p> <p>Sva ostala ispitivanja – potrebno je ispitati prigodom svakog ispitivanja barem 3% ukupnog broja cijevi u svakom parogeneratoru, ili jedan parogenerator u opsegu 3% ukupnog broja cijevi svih parogeneratorskih pogona, pod uvjetom da prvo ispitivanje pokaže da se svi parogeneratori ponašaju slično. U opseg ispitivanja treba uključiti sve nezačepljene cijevi s oštećenjima 20%, te cijevi u područjima s potencijalnim problemima.</p> <p><i>Uzimanje uzoraka:</i></p> <p>Prema slučajnom odabiru, osim kada iskustvo na sličnim elektranama pokaže kritično područje za ispitivanje. Također treba ispitati sve nezačepljene cijevi, koje otprije imaju izmjereno oštećenje 20%. U ovisnosti o rezultatima ispitivanja vrtložnim strujama, opseg može biti povećan do 100% slijedeći "Posebne zahtjeve uzimanja uzoraka".</p> <p><i>Interval:</i></p> <p>Prvo ispitivanje – nakon 6 (EFPM⁸) mjeseci rada elektrane ali prije 24 kalendarska mjeseca. Sljedeća ispitivanja: ne kraće od 12, niti duže od 24 kalendarska mjeseca nakon osnovnog ispitivanja. Ako dva susjedna ispitivanja rezultiraju s manje od 10% cijevi s pronađenim oštećenjima (20%) i ne značajno (10%) povećanje oštećenja cijevi s osnovno otkrivenim oštećenjima, frekvencija ispitivanja može se povećati u intervalu i do 40 mjeseci.</p> <p><i>Tehnika vrtložnih struja:</i> standardna bobbin tehnika ispitivanja</p>
NRC Draft DG-1074	<p><i>Opseg:</i></p> <p>Minimalni opseg 20% cijevi koje su ostale u pogonu, u ovisnosti od prisutnosti (da li je prisutan) aktivnog mehanizma oštećenja i njegovih karakteristika (položaj, intenzitet, stupanj širenja, itd.</p> <p><i>Uzimanje uzoraka:</i></p> <p>Početni uzorak: 20% cijevi svakog parogeneratorskog pogona, koje su u pogonu (cijelom dužinom, uzimajući u obzir iskustvo na određenim i sličnim elektranama, uvjetima rada, itd.).</p> <p>Prošireni uzorak: u slučaju pronalaska aktivnog tipa oštećenja, za vrijeme početnog uzimanja uzoraka, potrebno je ispitati 100% cijevi dotičnog parogeneratorskog pogona, koje su ostale u pogonu, sve dok nije moguće pokazati da je taj tip oštećenja ograničen na nekom kritičnom području. Ako se tip oštećenja pojavi u kritičnom području, prošireni uzorak može biti ograničen na definirano područje, koje se sastoji od kritičnog područja i okolnog pojasa.</p> <p><i>Interval:</i></p> <p>Prvo ispitivanje: između 6 i 24 EFPM.</p> <p>Sljedeća ispitivanja: frekvencija ispitivanja treba biti odabrana tako da procjena pogona⁹ pokaže da će biti zadovoljena provedba kriterija integriteta cijevi¹⁰ do sljedećeg planiranog ispitivanja dotičnog parogeneratorskog pogona. Nadalje, niti jedan parogenerator ne smije raditi više od dva goriva ciklusa između pogonskih ispitivanja.</p> <p>Nakon neplaniranih obustava pogona, kao što je curenje cijevi iz primarnog u sekundarni krug, seizmičke pojave OBE, LOCA, MSLB, MFLB¹¹.</p> <p><i>Tehnika vrtložnih struja:</i> standardna bobbin tehnika ispitivanja. Dodatna ispitivanja, za neuobičajene uvjete ili signale, s osjetljivijom tehnikom ispitivanja bez razaranja (npr. rotirajućom sondom).</p>

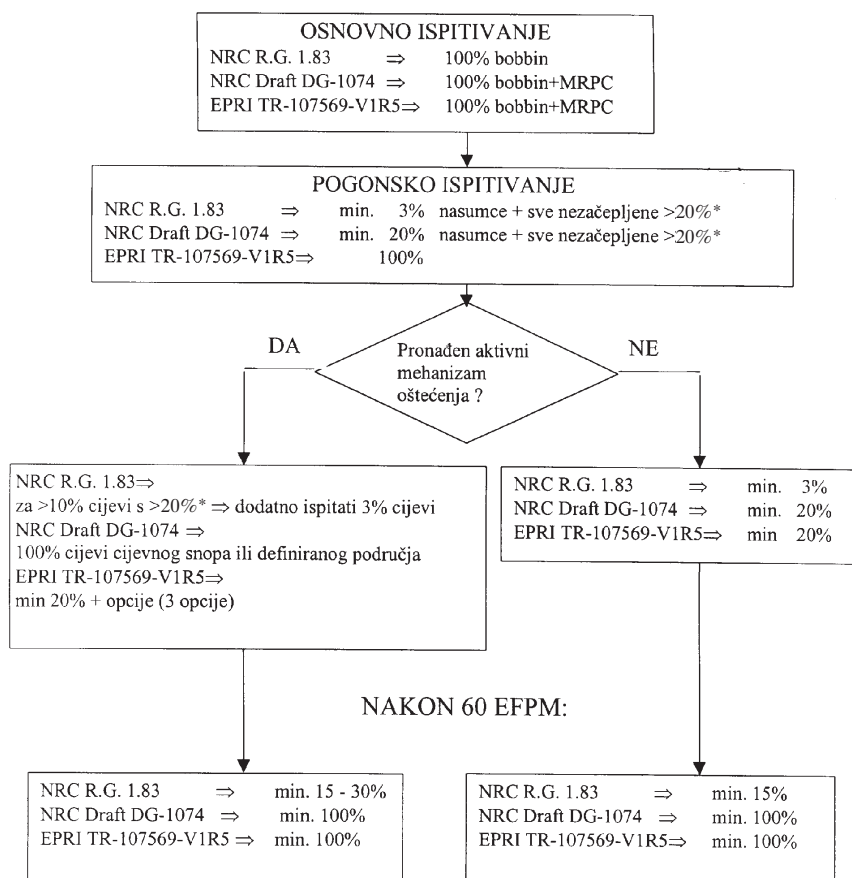
⁸ EFPM (Effective Fuel Power Months) – Mjeseci efektivnog rada elektrane

⁹ procjena pogona – procjena koja treba osigurati uvjet da će cijevi parogeneratorskog pogona zadovoljavati kriterij integriteta cijevi do sljedećeg ispitivanja

¹⁰ kriterij integriteta cijevi - omogućuje, ako je zadovoljen, razumnu sigurnost da će integritet cijevi ostati dosljedan s postojećim dobivenim dozvolama za pogon

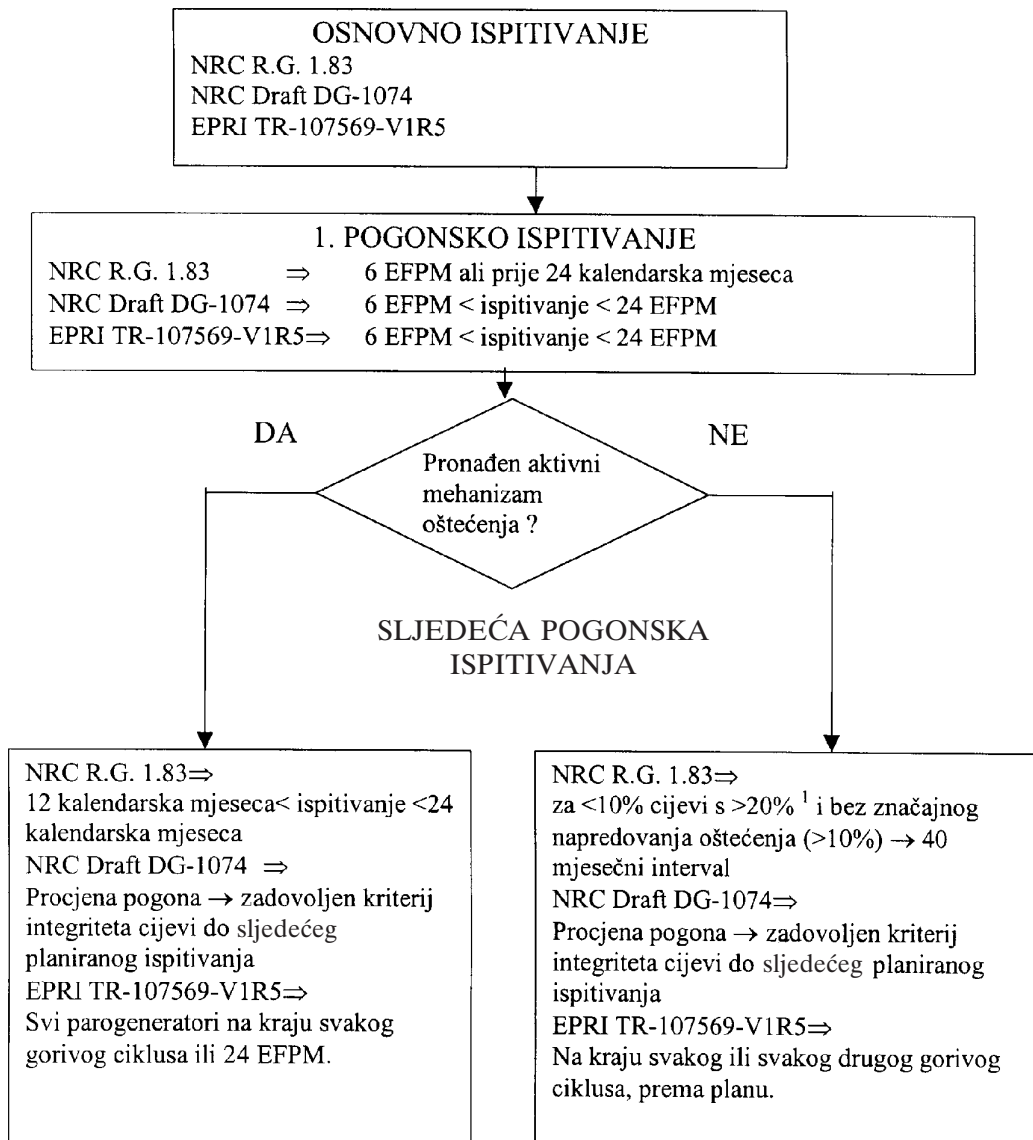
¹¹ OBE (Operating Basis Earthquake), LOCA (Loss-of-coolant accident), MSLB, MFLB (Main steam line or feedwater line break)

Dokument	Ostala pogonska ispitivanja
EPRI TR-107569-V1R5	<p><i>Opseg:</i> Prvo ispitivanje: 100% cijevi na svim parogeneratorima.</p> <p>Sljedeća ispitivanja: 20% - 100% cijevi koje su u pogonu, ovisno o postojanju (da li je prisutan ili nije) aktivnog mehanizma oštećenja i njegovim karakteristikama (lokacije, intenzitet, povećanje oštećenja, itd.). Ako je prisutan aktivni mehanizam oštećenja, EPRI ima posebne algoritme za određivanje opsega ispitivanja kao funkcije više parametara, kao što su: tip oštećenja, broj cijevi zahvaćenih oštećenjima tog tipa, porast oštećenja, potencijalna kritična područja, itd.</p> <p>Ako aktivni mehanizam oštećenja nije pronađen, moguće je ispitati 120% cijevi svakog parogeneratora prilikom svakog remonta, ili 140% cijevi na polovini ukupnog broja parogeneratora svaki remont, ili 140% cijevi svakog parogeneratora svaki drugi remont.</p>
	<p><i>Uzimanje uzoraka:</i> Ako je pronađen aktivni mehanizam oštećenja: EPRI ima posebne algoritme za određivanje sustava uzorkovanja kao funkcije više parametara, kao što su: tip oštećenja, broj cijevi zahvaćenih oštećenjima tog tipa, porast oštećenja, potencijalna kritična područja, itd.</p>
	<p><i>Interval:</i> Prvo ispitivanje: između 6 i 24 EFPM.</p> <p>Sljedeća ispitivanja: ako je pronađen aktivni mehanizam oštećenja, svi parogeneratori trebaju biti ispitani na kraju svakog gorivog ciklusa ili 24 EFPM, ovisno koji termin je kraći. Ako nije pronađen aktivni mehanizam oštećenja, parogeneratori trebaju biti ispitani nakon svakog ili svakog drugog gorivog ciklusa.</p> <p>100% cijevi treba biti ispitano u roku 60 EFPM.</p> <p>Niti jedan parogenerator ne smije raditi više od dva goriva ciklusa do sljedećeg ispitivanja.</p> <p>Nakon neplaniranih obustava pogona, kao što je curenje cijevi iz primarnog u sekundarni krug, seizmičke pojave OBE, LOCA, MSLB, MFLB.</p>
	<p><i>Tehnika vrtožnih struja:</i> standardna bobbin tehnika ispitivanja. Dodatna ispitivanja, za neuobičajene uvjete ili signale, s osjetljivijom tehnikom ispitivanja bez razaranja (npr. rotirajućom sondom).</p>



Dijagram 1. Opseg ispitivanja (usporedba)

* udio pronađenog oštećenja dubine stijenke cijevi



Dijagram 2. Frekvencija ispitivanja (usporedba)

Novi dokument (NRC Draft DG-1074) prikazuje drugačiji pristup ispitivanju parogenerators. Opseg ispitivanja, u usporedbi s prethodnim dokumentima, pokazuje zahtjev za ispitivanjem većeg broja cijevi u gorivom ciklusu elektrane, naročito ako je prisutan aktivni mehanizam oštećenja. Zahtjev za učestalošću ispitivanja također pokazuje različiti pristup prema prethodnim dokumentima. Potrebno je procijeniti determinističkim i vjerojatnosnim metodama opasnosti od pucanja cijevi s oštećenjima koje su ostavljene u pogonu, kao i opasnosti propuštanja tih cijevi preko granica dopuštenih tehničkim specifikacijama predmetnih elektrana.

6. OSVRT NA NE KRŠKO

S obzirom da su u 2000. godini zamijenjeni parogenerators u Nuklearnoj elektrani Krško, za očekivati je da će i strategija pristupa ispitivanja parogenerators

doživjeti adekvatne promjene. NEK, elektrana koja dokumentacijom i procedurama slijedi američku regulativu, moći će u skladu s novim težnjama u američkoj regulativi, te iskustvima na postojećim jedinicama s istim tipom parogenerators, donijeti adekvatnu strategiju ispitivanja novih parogenerators.

Strategija ispitivanja može biti bazirana na:

1. usporedbenim dokumentima, uzimajući u obzir novi dokument NRC DG-1074.
2. radnom iskustvu na jedinicama s parogeneratorima istog tipa, te istog materijala cijevi.

U odnosu na tehniku ispitivanja vrtložnim strujama, očigledno je da će glavna tehnika ispitivanja biti tehnika s bobbin sondom, kao tehnika s najvećom brzinom ispitivanja, koja daje osnovnu informaciju o eventualnom oštećenju cijevi u parogeneratoru. Dodatno, poželjno je ispitati, u određenim intervalima, različita područja interesa (prelazna područja, potporne struk-

ture u zoni savijenih cijevi, potporne strukture u zoni ravnih dijelova cijevi, itd.) s drugim tipovima sondi (rotirajuća, s ukriženim zavojnicama), koje posjeduju dodatne mogućnosti detekcije u odnosu na standardnu bobbin sondu.

Kvalitetno odabrana strategija ispitivanja novih parogenerators svakako može imati pozitivan utjecaj na sigurnost i pouzdanost rada parogenerators, a time i same Nuklearne elektrane Krško.

LITERATURA

- [1] U.S. Nuclear Regulatory Commission: Regulatory Guide 1.83 "Inservice Inspection of Pressurized Water Reactor Steam Generator Tubes", Revision 1, July 1975
- [2] EPRI: PWR Steam Generator Examination Guidelines: Revision 5, TR-107569-V1R5, September 1997
- [3] U.S. Nuclear Regulatory Commission: Draft Regulatory Guide DG-1074), Steam Generator Tube Integrity, December 1998

TESTING STRATEGY OF PWR NUCLEAR PLANTS' STEAM GENERATOR PIPES

In the operation of nuclear plants security plays a significant role. Steam generator as one of the main components of the primary cycle, has an important role in the security, operation stability and productivity of a plant. In that sense it is necessary to permanently keep the integrity of a steam generator, thus enabling a high degree of the plant's availability. To meet that goal different observation activities are necessary as well as maintenance of components during the scheduled plant maintenance.

DAS VORGEHEN DER PRÜFUNG VON DAMPFERZEUGERRÖHREN DER KERNKRAFTWERKE MIT DRUCKWASSERMEILERN (PWR)

Im Betrieb der Kernkraftwerke nimmt die Sicherheit einen bedeutenden Platz ein. Der Dampferzeuger, als einer der Hauptbestandteile des primären Kreises, spielt in der Sicherheit und in der Stabilität des Betriebes, sowie in der Produktivität des Kernkraftwerkes eine wichtige Rolle. In dem Sinne ist es notwendig die Makellosigkeit des Dampferzeugers ständig aufrechtzuerhalten und dadurch einen hohen Grad der Verfügbarkeit des Kraftwerkes zu ermöglichen. Um dieses Ziel zu erreichen ist es notwendig verschiedene Tätigkeiten bezüglich der Untersuchung und der Instandhaltung der Bestandteile in den Zeitspannen regelmässiger Stillstände des Kraftwerkes durchzuführen.

Naslov pisca:

Mr. sc. Željko Postružin, dipl. ing.
INETEC - Institut za nuklearnu tehnologiju
Koturaška 51, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-09-07.