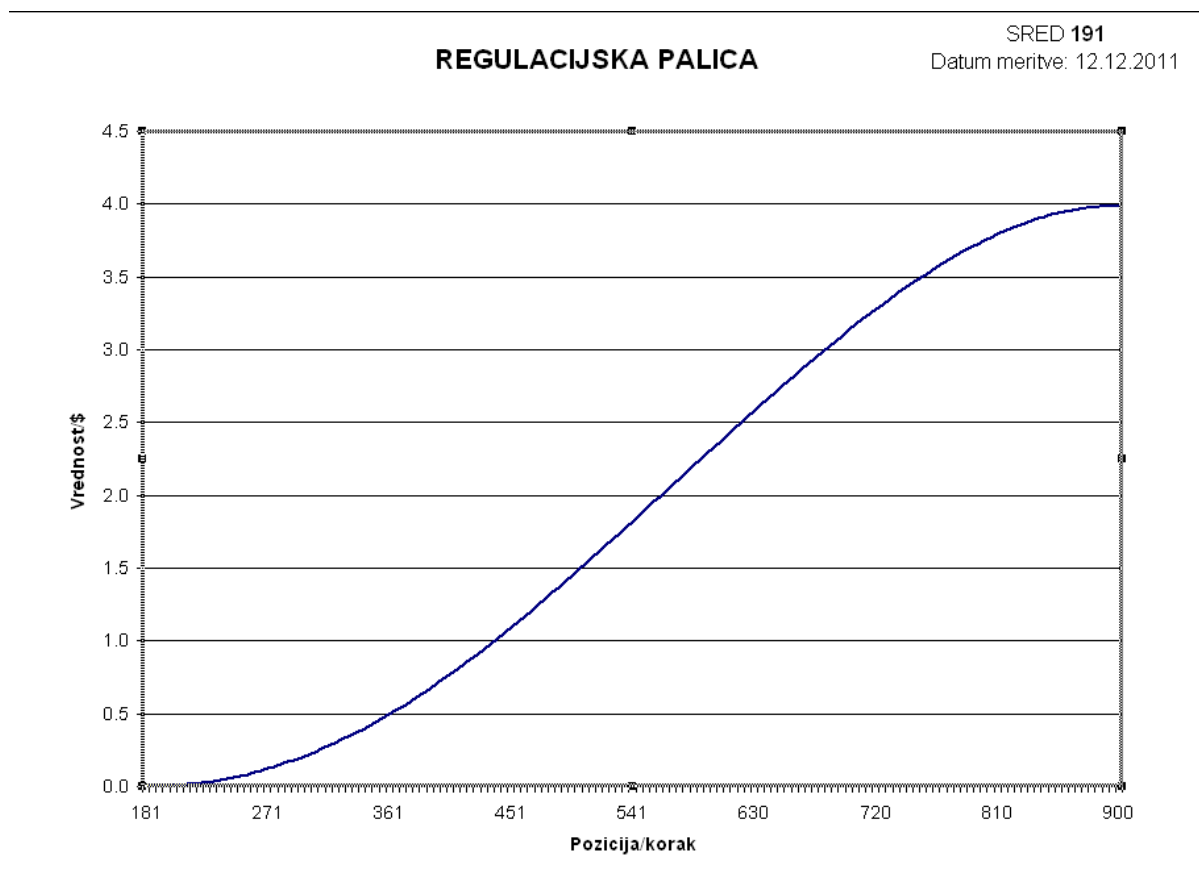


Andrej Trkov
Luka Snoj

UMERITEV REGULACIJSKE PALICE V REAKTORJU TRIGA



Ljubljana, november 2012

revizija 0

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za matematiko in fiziko
Jedrska tehnika
Tehnika jedrskega reaktorja

Prejšnje izdaje:

1. izdaja 1986, avtorji: *Milan Čopič, Viktor Dimic, Ludvik Lipič, Guido Pregl, Jože Rant*
2. izdaja januar 2007, avtorji: Andrej Trkov

Revizija: 0

1. izdaja, oktober 2012

Avtorji: *Andrej Trkov, Luka Snoj*

Shranjeno v datoteki: *06_umeritev_regulacijske_palice_v_reaktorju_TRIGA.doc*,
zadnjič shranjen 9.11.2012 16:31:00

Tiskano: 13.11.2012 7:17:00

KAZALO

1	NAMEN VAJE	4
2	TEORETIČNE OSNOVE	4
2.1	UVOD	4
2.2	METODE UMERITVE KONTROLNIH PALIC	4
3	IZVEDBA VAJE	5
3.1	SPLOŠNI NAPOTKI	5
3.2	OPREMA PRI VAJI	5
3.3	MERILNIK REAKTIVNOSTI	5
3.4	POSTOPEK MERITVE PO METODI IZMENJAVE	6
3.5	POSTOPEK MERITVE PO METODI VSTAVITVE	6
4	NALOGA	7
5	VPRAŠANJA	7
6	LITERATURA	7
7	PRILOGE	8
7.1	PRIMER MERITVE	8

1 NAMEN VAJE

Študent:

1. Spozna odvisnost vstavljene negativne reaktivnosti od globine vstavitve kontrolne palice (integralna vrednost).
2. Spozna vrednost kontrolne palice v enotah reaktivnosti pri različnih globinah vstavitve (diferencialna vrednost).
3. Pridobi znanje za eksperimentalno umeritev vrednosti kontrolne palice z metodo izmenjave in metodo vstavitve.

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 Uvod

Negativna reaktivnost, ki jo zadržujejo kontrolne palice, je pomemben parameter za upravljanje reaktorja. Zveza med spremembo položaja kontrolne palice in vstavljeno reaktivnostjo ni linearna, zato je lahko umeritvena krivulja kontrolne palice operaterju v veliko pomoč. Pomaga mu pri določitvi rezerve zaustavitve in pri oceni potrebne spremembe položaja palic za dosego kritičnosti.

Teoretične osnove potrebne za razumevanje vaje so enake kot pri vaji »Stopničasta sprememba reaktivnosti«. K temu je dodana uporaba digitalnega merilnika reaktivnosti v dinamičnem načinu merjenja za hitrejše določanje reaktivnosti sredice reaktorja.

Inhour enačba nam poda zvezo med periodo reaktorja in reaktivnostjo pri konstantni konfiguraciji sredice reaktorja. Za bolj splošne primere tranzientnih stanj je potrebno reševati enačbe točkovne kinetike, ki so opisane v standardnih učbenikih iz reaktorske fizike [1].

Merilnik reaktivnosti je naprava, ki iz signala fluksa in parametrov zakasnelih nevtronov s sprotnim reševanjem inverzne kinetične enačbe nevtronov [1] izračunava trenutno reaktivnost sredice reaktorja. Starejši merilniki so enačbe reševali preko analognih vezij, modernejši pa so digitalni in enačbe rešujejo numerično. Glavna prednost digitalnih merilnikov je robustnost, fleksibilnost in časovna stabilnost.

Umeritvene krivulje kontrolnih palic podajajo vrednost palic v enotah reaktivnosti v odvisnosti od globine vstavitve. Integralna umeritvena krivulja daje celotno reaktivnost, ki jo zadržuje kontrolna palica na določeni višini. Diferencialna krivulja pove spremembo reaktivnosti sredice pri pomiku kontrolne palice za en korak pri določeni višini. Uporabnik mora biti pozoren na enote, saj enote za položaj kontrolnih palic lahko predstavljajo globino vstavitve (steps inserted) ali dolžino izvleka (steps withdrawn).

2.2 Metode umeritve kontrolnih palic

Obstaja več metod merjenja vrednosti kontrolnih palic, ki so opisane v literaturi:

- Metoda podvojitve fluksa [2].
- Metoda interkalibracije [2].
- Metoda spusta [2].
- Metoda pomika izvora [2].

- Metoda oscilacije palic [2].
- Metoda s pulznim izvorom [2].
- Metoda s porazdeljenim absorberjem [2].
- Metoda izmenjave.
- Metoda vstavitve [3].

Posamezne metode se razlikujejo po natančnosti in zanesljivosti, zaradi specifičnih zahtev pa je njihova uporabnost odvisna predvsem od tipa reaktorja. Za reaktor TRIGA smo kot prvo izbrali metodo izmenjave, pri kateri meritev vrednosti kontrolne palice poteka v več korakih. Pri vsakem koraku z merilnikom reaktivnosti izmerimo spremembo reaktivnosti zaradi pomika merjene palice, potem pa z drugo palico naravnamo reaktivnost sredice tako, da je v času trajanja meritve v povprečju reaktor približno kritičen. Druga izbrana je metoda vstavitve, pri kateri kontinuirano vstavljamo kontrolno palico v sredico in beležimo nevtronski fluks, nato pa s procesiranje signala fluksa določimo dinamično spremembo reaktivnosti med meritvijo, ki je enaka vstavljeni reaktivnosti merjene kontrolne palice.

Vrednost kontrolnih palic je odvisna od konfiguracije in parametrov stanja sredice (zgorelost, povprečna temperatura, vsebnost ksenona, in podobno), zato je treba palice med življenjsko dobo sredice večkrat umeriti. Meritev se izvaja pri nizki moči (~100 W), in če je le mogoče, pri hladnem reaktorju, da se izognemo temperaturnim efektom in efektom ksenona.

3 IZVEDBA VAJE

3.1 Splošni napotki

Reaktor naj bo hladen. Hlajenje reaktorja naj bo izklopljeno ves čas vaje. Z reaktorjem upravlja operater. Navodila operaterju daje vodja vaj oziroma demonstrator. Za vstop v halo reaktorja in na ploščad je potrebno dobiti dovoljenje operaterja.

Vse meritve si najprej zapiši in šele nato opravi preračune. Zraven meritev piši tudi komentarje, kaj si spremenil, kaj si izmeril in podobno.

3.2 Oprema pri vaji

- digitalni merilnik reaktivnosti (DMR) z rekorderjem,
- indikator položaja kontrolnih palic na komandnem pultu reaktorja,
- indikator moči na komandnem pultu reaktorja.

3.3 Merilnik reaktivnosti

Pred pričetkom vaje demonstrator pripravi digitalni merilnik reaktivnosti in rekorder za meritve. Obseg reaktivnosti naj bo 100 pcm z ničlo na sredini, da bo možen prikaz ± 50 pcm reaktivnosti. Ker je rekorder vezan na DMR, so merilna območja na rekorderju enaka kot na merilniku reaktivnosti. Na zaslonu DMR bomo spremljali spreminjanje reaktivnosti in potek fluksa. Istočasno bomo oba signala, reaktivnost in fluks, zapisovali tudi na rekorder za kasnejšo obdelavo. Pred meritvijo si zato na rekorderski papir zapiši vse potrebne podatke (hitrost papirja, merilno območje za reaktivnost, ničlo reaktivnosti, trenutni položaj kontrolnih palic).

3.4 Postopek meritve po metodi izmenjave

1. Operater požene reaktor in stabilizira moč na nekaj 10 W in sicer tako, da je regulacijska palica v celoti vstavljena¹, varnostna, in tranzientna pa popolnoma izvlečeni. Operater uravnava moč s kompenzacijsko palico. V tem območju je moč direktno sorazmerna nevtronskemu fluksu
2. Ko je reaktivnost enaka nič in je moč stabilna, zapiši na rekorderski papir moč ter položaj regulacijske in kompenzacijske palice. Ob vsaki spremembi si na papir zapisuj nove podatke.
3. Izvleci regulacijsko palico tako, da pozitivna reaktivnost znaša 20 do 30 pcm. Počakaj, da se prikazana reaktivnost na merilniku ustali. Zabeleži izmerjeno reaktivnost in položaj kontrolnih palic.
4. Vstavi kompenzacijsko palico tako, da znaša reaktivnost -20 do -30 pcm. Počakaj v tem položaju toliko časa, da se nivo moči povrne približno v prvotno stanje. Zabeleži izmerjeno reaktivnost in položaj kontrolnih palic.
5. Izmenično ponavlaj koraka 2 in 3, dokler ni regulacijska palica v celoti izvlečena. Pazi, da moč reaktorja pretirano ne naraste ali pade.
6. Iz zapisa ne rekorderskem papirju izmeri spremembo reaktivnosti ob vsakem koraku. Seštej prispevke reaktivnosti ob vsakem pomiku regulacijske palice in nariši integralno umeritveno krivuljo regulacijske palice.
7. Iz zapisa ne rekorderskem papirju izmeri spremembo reaktivnosti na enoto koraka za vsak pomik regulacijske palice in nariši diferencialno umeritveno krivuljo regulacijske palice. Zgleduj se po praktičnem primeru, ki je priložen.

3.5 Postopek meritve po metodi vstavitve

1. Operater požene reaktor in stabilizira moč na nekaj 100 W, in sicer tako, da so regulacijska, varnostna, in tranzientna palica popolnoma izvlečene; operater uravnava moč s kompenzacijsko palico. V tem območju je moč direktno sorazmerna nevtronskemu fluksu.
2. Demonstrator požene modul DMRFLX za zapisovanje signala fluksa iz paketa programov merilnika.
3. Demonstrator da znak operaterju za začetek vstavitve regulacijske palice in zabeleži začetek pomika v DMRFLX.
4. Operater javi demonstratorju, ko regulacijska palica doseže spodnji položaj. Demonstrator zabeleži konec pomika v DMRFLX.
5. Po približno pol minute demonstrator da znak operaterju za začetek izvleka regulacijske palice in zabeleži začetek pomika v DMRFLX.
6. Operater javi demonstratorju, ko regulacijska palica doseže zgornji položaj. Demonstrator zabeleži konec pomika v DMRFLX.

¹ Če je presežna reaktivnost premajhna in je reaktor podkritičen z vstavljenjo regulacijsko palico in izvlečenimi ostalimi palicami, postavimo regulacijsko palico na kritičen položaj. V tem primeru momo z metodo izmenjave izmerili samo vrednost vstavljenega dela palice.

7. Demonstrator analizira signal fluksa z DMR-043 programom in pokaže:
 - postopek določitve ozadja,
 - učinek faktorja redistribucije fluksa,
 - glajenje diferencialne krivulje.
8. Demonstrator poda tabelo diferencialnih in integralnih vrednosti regulacijske palice po metodi vstavitve.

4 NALOGA

- Določi integralno in diferencialno umeritveno krivuljo regulacijske palice v reaktorju TRIGA.
- Oceni negotovosti rezultatov
- odgovori na vprašanja

5 VPRAŠANJA

1. Pri katerem položaju regulacijske palice je diferencialna vrednost največja in kje najmanjša?
2. Če je pri neki konfiguraciji kritičen položaj regulacijske palice 700 korakov, kolikšna je reaktivnost sredice, če potisnemo regulacijsko palico v sredico za 3 korake?
3. Kolikšno reaktivnost zadržuje regulacijska palica pri 700 korakih in kolikšno pri polni vstavitvi?
4. Zakaj umerjamo regulacijsko palico le v območju od približno 5 do 500 W?
5. Zakaj reaktivnost reaktorja pri normalnem obratovanju ne sme presegati 1\$? Kaj bi se zgodilo, če bi to reaktivnost kljub vsemu presegli?

6 LITERATURA

1. A. F. Henry: Nuclear Reactor Analysis, MIT Press, (1975).
2. J. Shaw: Reactor Operation, Pergamon Press Oxford (1969).
3. A. Trkov, B. Glumac: Digital Reactivity Meter DMR-043 (Part A, B, C), Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija, IJS-DP-5238, April 1990.
4. R. Kladnik: Reaktorska fizika, Ljubljana, 1982.
5. J.R. Lamarsh: Introduction to Nuclear Engineering, Addison-Wesley Publishing Company (1975).
6. Z. Gabrovšek: Osnove reaktorske fizike, ICJT Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, 1986.
7. Z. Gabrovšek: Fizika PWR reaktorjev, ICJT Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, 1986.
8. Varnostno poročilo za reaktor TRIGA Mark II v Podgorici (Revizija 3), Institut "Jožef Stefan", IJS-DP-5823, Ljubljana, junij 1992.

7 PRILOGE

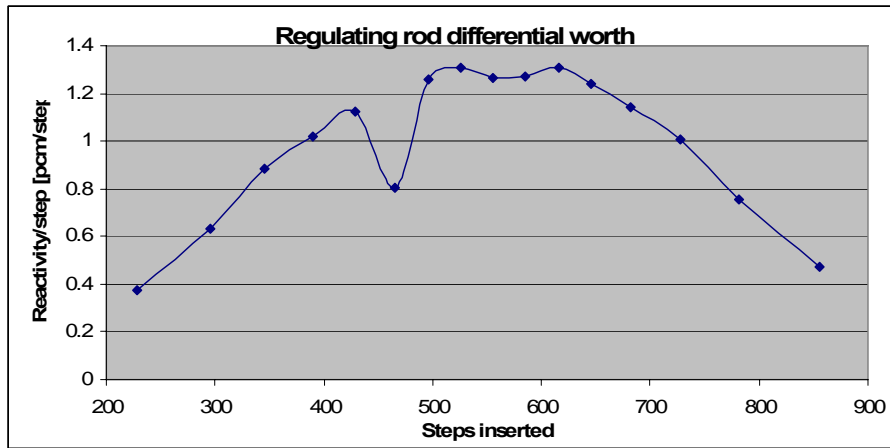
7.1 Primer meritve

Položaj kontrolnih palic med meritvijo:

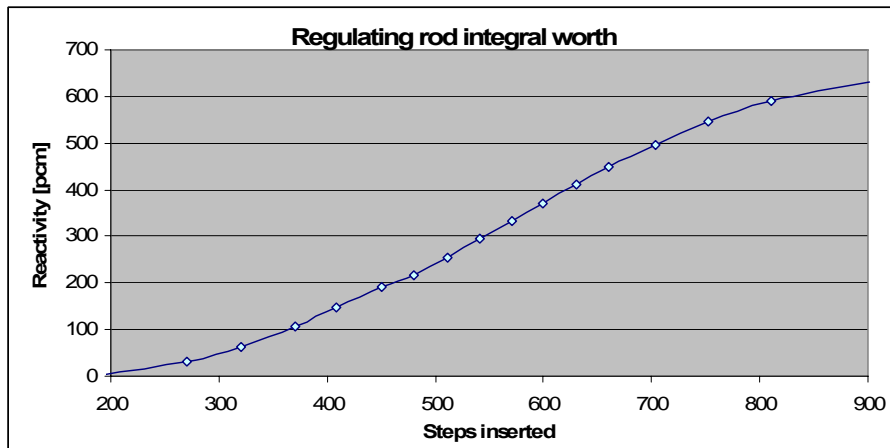
Pulzna	popolnoma izvlečena
Varnostna	popolnoma izvlečena
Kompenzacijska	se spreminja
Regulacijska	se spreminja
Moč reaktorja:	100 W
Upravljanje:	Ročno

Tabela 7-1: Umeritev regulacijske palice

Št. meritve	Položaj Kompen.	Položaj Regul.	$\Delta\rho$ pcm	$\Sigma\Delta\rho$ pcm	$\Delta\rho$ \$	$\Sigma\Delta\rho$ \$
	567	901=down				
1	567	811	42.8	42.8	.06590	.06590
2	567	752	44.6	87.4	.06865	.13455
3	567	703	49.3	136.7	.07590	.21045
4	577	661	48.0	184.7	.07385	.28430
5	600	631	37.2	221.9	.05720	.34150
6	609	600	40.5	262.4	.06230	.40380
7	619	571	36.8	299.2	.05660	.46040
8	629	541	38.0	337.2	.05840	.51880
9	639	511	39.2	376.4	.06024	.57905
10	649	480	39.0	415.4	.05995	.63900
11	659	450	24.1	439.5	.03710	.69610
12	670	409	46.1	485.6	.07095	.76685
13	682	370	39.7	525.3	.06110	.82795
14	694	321	43.3	568.6	.06655	.89450
15	707	270	32.2	600.8	.04955	.94405
16	717	187=up	31.3	632.1	.04820	.99225



Slika 7-1: Diferencialna umeritvena krivulja regulacijske palice.



Slika 7-2: Integralna umeritvena krivulja regulacijske palice