



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVEDČENÍU

(22) Prihlásené 27 07 78
(21) (PV 4987-78)

(40) Zverejnené 29 02 80

(45) Vydané 15 04 82

201306
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
G 21 C 7/00

(75)
Autor vynálezu MIKLOVIČ PETER ing., BUDINSKÝ MARIÁN ing., PIEŠŤANY a RAJCI
TIBOR ing., TRNAVA

(54) Prevádzka jadrového reaktora v nábehových nerovnovážnych kampaniach

Vynález sa týka prevádzky jadrového reaktora v nábehových nerovnovážnych kampaniach.

Doterajší spôsob prevádzky sa vyznačoval snahou dosiahnuť maximálne vyrovnanie neutrónového toku po celom objeme reaktora s cieľom dosiahnuť prevádzkový stav, v ktorom sa čo najrovnomernejšie a pri najvyššom možnom povolenom strednom výkone dosiahnuteľnom bez miestnych prekročení ohraničujúcich parametrov využívalo jadrové palivo. Tento spôsob prevádzky mal za následok veľké nevyhorenie jadrového paliva vybraného z reaktora pri prvej a ďalších nerovnovážnych nábehových výmenách. Ak bolo u uvažovaného jadrového reaktora prvých n kampaní reaktora nerovnovážnych, potom prvé vymieňané palivo dosiahlo $1/n$, druhé $2/n$... z nominálneho vyhorenia, dosiahnuteľného v rovnovážnych kampaniach. Z toho vyplýva, že celková strata energie nevyhorením paliva v dôsledku uvádzania reaktora do rovnovážneho stavu dosahovala hodnotu

$$E_s = \frac{n-1}{2} \times E_v$$

kde E_s — strata energie

kde E_v — energia dosiahnuteľná z množstva paliva vymieňaného pri jednej

výmene a vyhorenie dosahovanom v rovnovážnom režime

kde n — počet nerovnovážnych kampaní

Rozdiel dosahovanej skutočnosti oproti takto stanovenej teoretickej hodnote v známych prípadoch nepresahoval 10 % z hodnôt dosahovaných v rovnovážnom stave, bolo s ním počítané už v projektoch a o túto hodnotu bolo zvyšované i projektované vyhorenie nerovnovážnych vsádzok paliva.

Tieto nevýhody dstraňuje spôsob prevádzky jadrového reaktora v nábehových nerovnovážnych kampaniach s novým rozdelením vývinu energie s cieľom dosiahnuť lepšieho využitia jadrového paliva cestou hlbšieho vyhorenia nerovnovážnych vsádzok, ktorého podstatou je, že absolútne i relatívne zvýšenie neutrónového toku v oblastiach aktívnej zóny, v ktorých je umiestnené palivo, ktoré sa vymieňa v najbližšej nasledujúcej výmene paliva sa prevedie regulačnými orgánmi tak, že ohraničujúce parametre v aktívnej zóne reaktora nepresiahnu medze povolené výrobcom a že skutočný i relatívny podiel záťaže je prenesený za každého prevádzkového režimu maximálne na tú časť paliva, ktorá bude v nasledujúcej výmene z reaktora vybraná.

Prenesením záťaže na túto časť paliva sa

dosiahne jeho rýchlejšie vyhorevanie a teda i zlepšenie jeho využitia a odľahčí sa palivo, ktoré v reaktore zotrúva i po výmene. Pri znižovaní absolútneho výkonu reaktora rastie možnosť zvýšiť relatívnu záťaž časti paliva určenej na vyňatie v nasledujúcej výmene. Využitím tejto možnosti pri každom absolútnom znížení výkonu sa môže dosiahnuť zvýšeného efektu.

Na pripojenom výkrese je nakreslená schéma 60° výseče rozloženia palivových článkov v reaktoroch typu VVER-440, na ktorých bol vynález výpočtovo kontrolovaný s použitím programu BIPR 5. Hrubo orámované šesťuholníky (1), (4), (7), (10), (30), (33) a (50) predstavujú miesta — kazety v palivovej mreži reaktora, v ktorých sú umiestnené regulačné orgány (v ďalšom HRK). Ostatné šesťuholníky sú kazety s palivom. Kazety HRK sú v tomto type reaktora skonštruované tak, že horná časť kazety je silný absorbátor neutrónov a spodná časť je normálny palivový článok. Z toho plynie, že v prípade vyťahovania tyče HRK sa na miesto absorbátora automaticky dostáva palivo a naopak.

Reaktory tohoto typu sú na počiatku prevádzky osadzované palivom troch rôznych obohatení.

V kazetách (2), (5), (6), (12), (16), (17), (20), (22), (23), (29), (31), (32), (33), (36), (37), (44), (48), (50), (53) je palivo obohatené na 1,6 % U 235 teda to, ktoré sa vymení v prvej výmene (podľa projektu). V kazetách (1), (3), (4), (7), (8), (10), (11), (13), (14), (15), (21), (24), (25), (28), (30), (35), (38), (39), (42), (43), (45), (46) a (49) je palivo obohatené na 2,4 % a v kazetách (9), (18), (19), (26), (27), (34), (40), (41), (47), (51), (52), (54), (55), (56), (57), (58) a (59) je palivo obohatené na 3,6 % U 235.

V tabuľke uvádzame stredné vyhorenie

paliva po 80 efektívnych dňoch v projektovom režime prevádzky a taktiež v režime prevádzky navrhovanom podľa podmienok obsiahnutých vo vynáleze v prvej kampani reaktora.

Kazety HRK v režime práce reaktora podľa projektu sú všetky úplne vytiahnuté okrem kaziet v kanáľoch č. 1 a 7, ktoré sú určené na reguláciu a ich zasunutie sa mení v intervale 50 až 150 cm. V uvedenom prípade je 125 cm.

Vo variante prevádzky navrhnutom podľa vynálezu sú kazety HRK 10 a 33 plne zasunuté do reaktora, ostatné kazety HRK sú vytiahnuté. Tým sa dosiahne, že neutrónový tok, ktorý je v projektovom režime čo najviac vyrovnaný sa presunie do oblasti, v ktorej je umiestnené palivo, ktoré vymeníme po prvej kampani reaktora. Tým sa dosiahne jeho rýchlejšie vyhorevanie. Výsledky sú dokumentované v priloženej tabuľke, z ktorej je vidieť, že vyhorenie tejto časti paliva v režime prevádzky upravovanom podľa vynálezu je o 15,5 % vyššie ako v projektovanej. K tomu treba dodať, že palivová časť HRK č. 10 a č. 33 nebola vôbec použitá a teda predstavuje ďalšie ušetrené palivo.

Za predpokladu, že len po dobu polovice prvej kampane reaktora bude reaktor prevádzkovaný podľa navrhovanej metodiky, dosiahne sa stredné vyhorenie vybraných palivových článkov vyššie o 8 % oproti projektovanému a články č. 10 a č. 33 bude možné v reaktore ponechať o kampaň reaktora dlhšie. Nakoľko popísaná je šestina reaktora, celkove sa ušetrí 12 palivových kaziet po dobu jednej kampane reaktora a z článkov vybraných po prvej kampani sa uvoľní o 8 % energie navyše oproti projektu.

Tabuľka dosiahnutých vyhorení v režime prevádzky podľa projektu a v režime prevádzky podľa vynálezu pre 80 efektívnych dní.

Vzťažné číslo palivovej kazety	Poč. obohatenie paliva v kazete % U 235	Typ kazety	Vyhorenie v pre- vážke podľa projektu g/kg U	Vyhorenie v pre- vážke podľa vynálezu g/kg U	Vzťažné číslo palivovej kazety	Poč. obohatenie paliva v kazete % U 235	Typ kazety	Vyhorenie v pre- vážke podľa pro- jektu g/kg U	Vyhorenie v pre- vážke podľa vynálezu g/kg U
1	2,4	HRK	2,126	4,764	31	1,6	V	2,545	2,615
2	1,6	V	2,608	4,066	32	1,6	V	2,511	1,861
3	2,4		3,475	4,864	33	1,6	HRK/V	2,395	0,0
4	2,4	HRK	3,526	4,724	34	3,6		2,580	1,085
5	1,6	V	2,815	3,712	35	2,4		3,237	4,191
6	1,6	V	2,513	3,382	36	1,6	V	2,612	3,191
7	2,4	HRK	2,062	3,591	37	1,6	V	2,545	2,774
8	2,4		2,838	2,967	38	2,4		3,048	2,780
9	3,6		3,403	2,490	39	2,4		2,965	1,962
10	2,4	HRK	2,090	0,0	40	3,6		2,951	1,534
11	2,4		3,401	4,844	41	3,6		1,570	0,840
12	1,6	V	2,938	4,002	42	2,4		2,956	3,844
13	2,4		3,462	4,535	43	2,4		3,037	3,481
14	2,4		3,237	4,136	44	1,6	V	2,510	2,526
15	2,4		2,956	3,688	45	2,4		2,965	2,584
16	1,6	V	2,380	2,526	46	2,4		2,612	1,955
17	1,6	V	2,477	1,910	47	3,6		1,914	1,277
18	3,6		3,068	1,690	48	1,6	V	2,380	2,812
19	3,6		1,588	0,608	49	2,4		2,998	3,098
20	1,6	V	2,938	4,004	50	1,6	HRK/V	2,395	2,259
21	2,4		3,453	4,527	51	3,6		2,951	2,591
22	1,6	V	2,754	3,479	52	3,6		1,914	1,548
23	1,6	V	2,612	3,072	53	1,6	V	2,477	2,331
24	2,4		3,037	3,058	54	3,6		3,304	3,032
25	2,4		2,998	2,129	55	3,6		2,580	2,342
26	3,6		3,304	1,742	56	3,6		1,570	1,384
27	3,6		2,156	1,081	57	3,6		3,068	2,224
28	2,4		3,462	4,548	58	3,6		2,156	1,765
29	1,6	V	2,754	3,503	59	3,6		1,588	0,871
30	2,4	HRK	3,130	3,699					

HRK — havarijné regulačné kazety

V — palivové kazety vymieňané po prvej kampani reaktora

PREDMET VYNÁLEZU

Spôsob prevádzky jadrového reaktora v nábehových nerovnovážnych kampaniach s novým rozdelením vývinu energie s cieľom dosiahnuť lepšieho využitia jadrového paliva cestou hlbšieho vyhorenia nerovnovážnych vsádzok vyznačený tým, že sa regulačnými orgánmi absolútne i relatívne zvýši neutró-
nový tok v oblastiach aktívnej zóny, v kto-

rých je umiestnené palivo, ktoré sa v najbližšej nasledujúcej výmene vymení, čím sa skutočný i relatívny podiel záťaže prenesie za každého prevádzkového režimu max. na túto časť paliva, pričom však ohraničujúce parametre v aktívnej zóne nepresiahnu do-
volenú medzu.

