

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(22) Přihlášeno 30 10 86
(21) (PV 7839-86.S)

(40) Zveřejněno 15 03 88

(45) Vydáno 15 03 89

259836
(11) (B1)

(51) Int. Cl.⁴
G 21 K 1/06

(75)

Autor vynálezu

HUŠŤAVA ŠTEFAN RNDr., PIEŠŤANY, PTÁK VÁCLAV, ZÁLUŽÍ

(54) Způsob testování detektorů neutronů

1

2

Podstata řeší nový způsob testování detektorů neutronů bodovým neutronovým zdrojem, který je možno provádět přímo v jaderné elektrárně. Způsob testování detektorů neutronů využívá bodového neutronového zdroje uloženého v moderátoru tak, že každý detektor neutronů se ozařuje současně z protilehlých stran alespoň dvěma neutronovými zdroji, které jsou i s detektorem neutronů uloženy do téhož moderačního média. Optimální velikost odezvy takto testovaného detektoru neutronů se vyhledá postupnou změnou vzdálenosti neutronových zdrojů od tohoto detektoru neutronů.

Vynález se týká způsobu testování detektorů neutronů bodovým neutronovým zdrojem, který je možno provádět přímo v jaderné elektrárně.

Dosud se v jaderných elektrárnách používá detektorů neutronů tří pásem: pásma zdroje, mezipásma a energetická pásma. Testováním detektorů neutronů se zjišťuje funkční schopnost a výrobcem udané parametry detektorů neutronů. Detektory neutronů tedy zprostředkovávají indikují nepříznivý stav obalů palivových článků jaderného reaktoru.

Testování detektorů neutronů se dosud provádělo jen na detektorech pásma zdroje. Detektory mezipásma a detektory energetického pásma se testovat nedaly, protože nebylo možno vytvořit dostatečnou hustotu toku tepelných neutronů, která by byla nad prahem citlivosti detektorů neutronů těchto dvou pásem. U detektorů mezipásma se dalo zjistit jen to, zda reagují na tok neutronů z neutronového zdroje či nikoliv. To však k testování nedostačuje. U detektorů energetického pásma se však nedala zjistit ani tato odezva. Způsob testování detektorů pásma zdroje se dosud prováděl ozařováním detektorů nepohyblivým neutronovým zdrojem, uloženým v moderátoru, jehož vrstva zůstávala po celou dobu měření konstantní. Přitom i testovaný detektor neutronů byl v konstantní vzdálenosti od neutronového zdroje a byl uložen nepohyblivě v prostředí bez moderátoru. V tom případě neutrony, zpomalené konstantní vrstvou moderátoru, dopadaly na testovaný detektor jen částečně a ostatní unikaly volně i do prostoru, ve kterém se pohybovala obsluha.

Tyto nedostatky odstraňuje ve značné míře způsob testování detektorů neutronů podle vynálezu. Tento způsob používá k ozařování detektorů neutronů neutronový zdroj uložený v moderátoru. Jeho podstata spočívá v tom, že se každý detektor neutronů ozařuje současně z protilehlých stran alespoň dvěma neutronovými zdroji, které jsou s detektorem neutronů umístěny v jedné přímce. Optimální velikost odezvy detektorů neutronů se vyhledá postupnou změnou neutronových zdrojů od detektoru neutronů; neutronové zdroje i detektor neutronů jsou uloženy do téhož moderačního média.

Výhodou způsobu testování detektorů neutronů podle vynálezu je využití optimální vrstvy moderátoru k testování detektorů s různou citlivostí, dosažení přesnějších hodnot této citlivosti a zlepšení pracovních podmínek snížením dávkových příkonů záření na úroveň, srovnatelnou s úrovní záření od přirozeného pozadí, jakým je např. kosmické záření apod. Použití téhož moderačního média pro neutronový zdroj i detektor neutronů zajišťuje zvýšenou „hustotu“ toku tepelných neutronů do citlivé části detektoru neutronů.

Příklad:

Při hledání nového způsobu testování detektorů neutronů byly vytyčeny základní požadavky ze dvou hledisek, tj. z hlediska fyzikálního a z hlediska technicko-provozního. Z hlediska neutronové fyziky byla požadována vysoká citlivost na tepelné neutrony, potlačení účinnosti jiných neutronů než tepelných a dobré stínění detektorů neutronů a neutronových zdrojů od okolí. Z hlediska technicko-provozního byla zejména požadována jednoduchost řešení a vytvoření podmínek pro realizaci způsobu přenosným zařízením. Ze souhrnu těchto podmínek vzešlo několik experimentů, ze kterých byly získány nové poznatky. Například vyplynul poznatek, že zvětšováním tloušťky vrstvy moderátoru v toku rychlých neutronů narůstá počet tepelných neutronů v moderátoru ve směru toku rychlých neutronů do určité hodnoty. Při dalším zvětšování tloušťky vrstvy moderátoru počet tepelných neutronů klesá, neboť jsou moderátorem pohlcovány. Tento stav je naznačen na obr. 1, kde v pravoúhlé soustavě souřadnic značí svislá osa četnost N tepelných neutronů za sekundu a vodorovná osa značí četnost N tepelných neutronů za sekundu a vodorovná osa značí tloušťku t moderátoru B v cm. Křivka K pak naznačuje průběh hustoty toku neutronů v místě detektoru D neutronů. Její vrchol označuje čárkovaná svislice; vzdálenost tohoto vrcholu od vodorovné osy udává optimální moderační tloušťku X_{opt} . Vnitřní náčrtek obr. 1 znázorňuje geometrické uspořádání experimentu. Použit byl americium-lithiový A_m-Li neutronový zdroj A . Moderátorem B byl zvolen polyetylén, na detekci neutronů byly použity koronové detektory D typu KNN 204 citlivé na tepelné neutrony. V dalším experimentu bylo zjištěno, že počet tepelných neutronů, dopadajících na povrch detektoru D neutronů závisí také na tloušťce t vrstvy moderátoru B okolo detektoru D , nejen na tloušťce vrstvy moderátoru B mezi neutronovým zdrojem A a detektorem D neutronů. Tato skutečnost je zobrazena na obr. 2, ze kterého vyplývá závislost počtu N tepelných neutronů na tloušťce t vrstvy moderátoru B , která byla konstantní a rovna 35 mm. Z průběhu křivky $K1$ závislosti vyplývá, že při zvyšování tloušťky t vrstvy moderátoru B okolo detektoru D nad hodnotu okolo 35 mm se počet tepelných neutronů ustálí. Moderátor B okolo detektoru D působí současně jako reflektor, takže se počet tepelných neutronů kolem detektoru D zvýší. Proto by nemělo význam zvyšovat tloušťku t vrstvy moderátoru B kolem detektoru D neutronů nad 40 až 50 mm. V souladu s těmito poznatky a vpředu uvedenými požadavky byl stanoven nový způsob testování detektorů neutronů podle vynálezu. Při jeho ověřování byly detektory

typů pásma zdroje BDPNZ-17, mezipásma BDPNZ-16, energetického pásma BDPNZ-15 ozařovány dvěma neutronovými zdroji A z plutonio-beryllové hmoty Pu-Be z protilehlých stran. Jako moderátoru B bylo použito obyčejné vody z těchto důvodů: Ve vodním moderačním prostředí lze snadno pohybovat neutronovými zdroji a tím měnit tloušťku moderační vrstvy, dále z fyzikálního hlediska není podstatného rozdílu mezi moderačními vlastnostmi vody, parafinu a polyethylenu a jinými běžně používanými moderátory. Voda je dostupná v provozu jaderných elektráren kdykoliv.

Na přiložených tabulkách jsou uvedeny výsledky konkrétního měření tří druhů detektorů D neutronů. Na tab. 1 jsou uvedeny výsledky měření detektorů D neutronů pásma zdroje typu BDPN-17 neutronovým zdrojem A. Na tab. 2 jsou uvedeny výsledky měření detekčních sond — detektorů D neutronů — mezipásma typu BDPN 3. Na tab. 3 jsou uvedeny výsledky měření detektorů D neutronů energetického pásma typu BDPN 15.

TABULKA 1

Evid. číslo	Detektor	Sonda	Předzesilovač	Č. př. kanálu	Pozadí imp/300 s.	Četnost od neutr. zdroje 10^{-3} imp/s	Relat. citlivost Nk/N
38	11-21	206	11-21	12	7	2,716	1,002
39	11-12	202	11-36	7	3	2,822	1,041
40	11-22	211	11-20	24	9	2,748	1,013
41	11-13	199	11-45	23	3	2,728	1,006
42	11-20	198	11-43	15	6	2,986	1,101
43	11-18	154	11-47	4	6	2,598	0,958
44	11-19	210	11-44	16	7	2,822	1,041
45	11-17	212	11-28	20	4	2,437	0,898
46	11-16	148	11-38	8	9	2,442	0,900
8	11-22	213	rezer.	rez.	3	2,802	1,033
19	11-14	207	rezer.	rez.	3	2,718	1,002

TABULKA 3

Evid. číslo	Detektor	Pozadí, šumový proud (pA)	Signál od neutronového zdroje (pA)	Relativní citlivost
23	11-18	5,0	45,8	1,027
24	11-14	5,1	47,2	1,058
25	11-16	5,2	48,2	1,080
26	11-20	5,0	46,0	1,031
27	11-13	6,1	44,6	1,000
28	11-19	5,2	41,4	0,928
29	11-15	5,1	40,2	0,901
30	11-17	5,0	46,5	1,042
6	11-11	5,8	47,0	1,054
17	11-12	5,8	39,0	0,874

Poznámka: Z elektronických důvodů byl měřen šumový proud detektoru neutronů a proud od působení neutronového zdroje.

TABULKA 2

Izolační odpory:

1. odpor mezi centrálním vodičem a tělesem konektoru Š-1 (signální)
2. odpor mezi centrálním vodičem a tělesem konektoru Š-2 (+ VN)
3. odpor mezi centrálním vodičem a tělesem konektoru Š-3 (— VN)
4. odpor mezi tělesem konektoru Š-1 a společným stíněním kabelu
5. odpor mezi společným stíněním a tělesem sondy

Evidenční číslo	Číslo komory KNK	Číslo sondy	Kapacitní odezva (V)		Izolační odpory					Pozadí imp/s	Četnost se zdrojem imp/s	Relativní citlivost Nk/N
			Š-2	Š-3	1	2	3	4	5			
31	11-18	002	0,31	0,036	$1,0 \cdot 10^{14}$	$6,8 \cdot 10^{10}$	$5,8 \cdot 10^{10}$	$1,4 \cdot 10^{12}$	$6,3 \cdot 10^{10}$	0	0,231	0,564
32	11-11	006	0,30	0,036	$1,0 \cdot 10^{11}$	$4,8 \cdot 10^{10}$	$5,0 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^{10}$	$2,4 \cdot 10^{11}$	0	0,250	1,043
33	11-15	003	0,30	0,035	$1,2 \cdot 10^{11}$	$2,1 \cdot 10^{10}$	$7,3 \cdot 10^{10}$	$2,8 \cdot 10^{12}$	$1,9 \cdot 10^{10}$	0	0,242	1,000
34	11-12	004	0,30	0,035	$1,0 \cdot 10^{11}$	$5,6 \cdot 10^{10}$	$2,9 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^{10}$	$1,9 \cdot 10^{10}$	0	0,241	1,005
35	11-10	010	0,38	0,038	$7,2 \cdot 10^{11}$	$7,0 \cdot 10^{10}$	$8,3 \cdot 10^{10}$	$6,7 \cdot 10^{11}$	$8 \cdot 10^{10}$	0	0,229	0,955
36	11-12	008	0,32	0,037	$8,0 \cdot 10^{11}$	$7,4 \cdot 10^{10}$	$8,3 \cdot 10^{10}$	$1,4 \cdot 10^{12}$	$2,9 \cdot 10^{10}$	0	0,242	1,009
37	11-17	005	0,32	0,038	$2,3 \cdot 10^{11}$	$1,8 \cdot 10^{12}$	$1,7 \cdot 10^{12}$	$1,0 \cdot 10^{12}$	$4,2 \cdot 10^{10}$	0	0,241	1,006
7	11-13	-21 (ZIP)	0,32	0,039	$1,5 \cdot 10^{10}$	$4,8 \cdot 10^{10}$	$6,4 \cdot 10^{10}$	$7,5 \cdot 10^{10}$	$1,7 \cdot 10^{10}$	0	0,245	0,934
18	11-16	001	0,30	0,040	$1,0 \cdot 10^{11}$	$9,1 \cdot 10^{10}$	$5,0 \cdot 10^{10}$	$1,8 \cdot 10^{11}$	$4,8 \cdot 10^{10}$	0	0,236	1,020
Požadované hodnoty:			$0,35 \pm 1$	$0,04 \pm 0,01$	10^{11}	10^{10}	10^{10}	10^8	10^6			

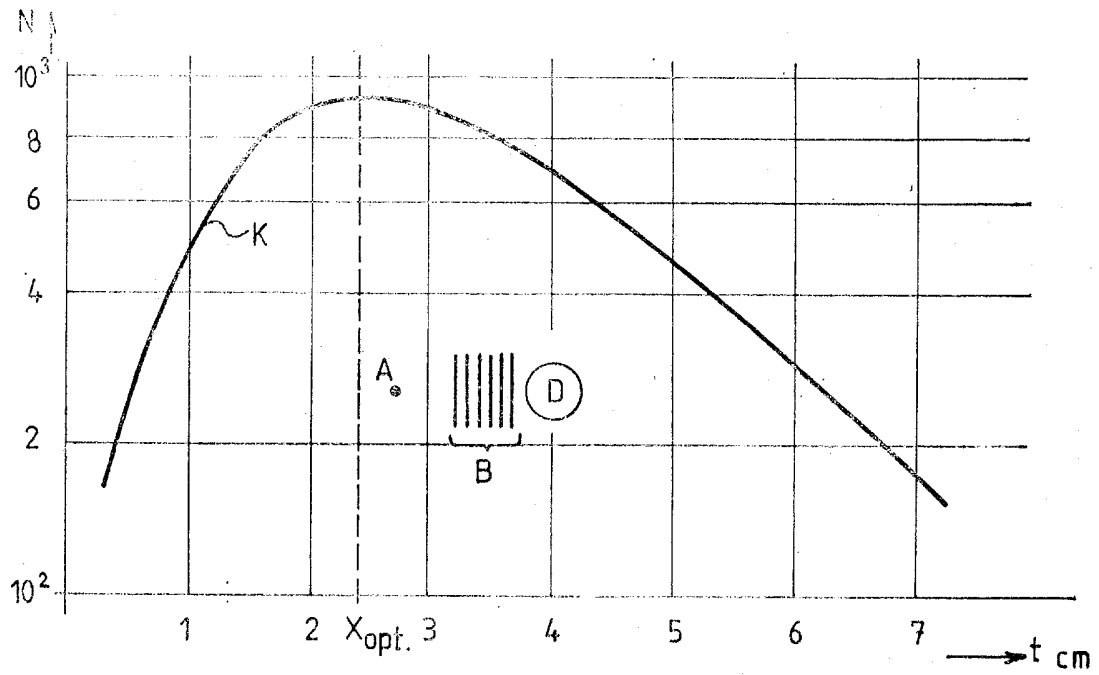
Poznámka: Detektory neutronů byly testovány s jediným převodníkem BPN 3-05

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

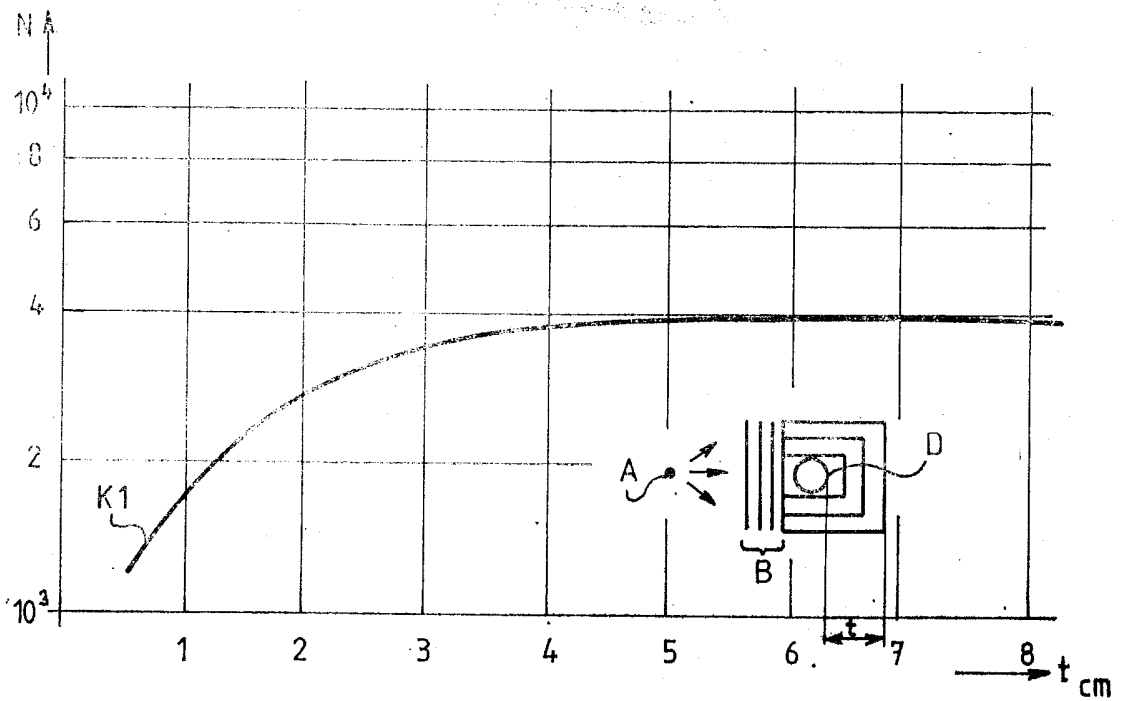
Způsob testování detektorů neutronů, používající k ozařování detektorů neutronů bodový neutronový zdroj uložený v moderátoru, vyznačený tím, že se každý detektor neutronů ozařuje současně z protilehlých stran alespoň dvěma neutronovými zdroji,

které jsou s detektorem neutronů uloženy do téhož moderačního média, a že přitom optimální velikost odezvy detektoru neutronů se vyhledá postupnou změnou vzdálenosti neutronových zdrojů od tohoto detektoru neutronů.

1 list výkresů



OBR. 1



OBR. 2