

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

231967
(11) (32)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(22) Přihlášeno 15 05 74

(21) (PV 3470-74)

(32) (31) (33) Právo přednosti od 18 05 73
(BU-697) Maďarská lidová republika

(40) Zveřejněno 13 01 84

(45) Vydáno 15 12 86

(51) Int. Cl.³
H 01 L 31/00
G 01 T 3/08

(72)

Autor vynálezu

CSOM GYULA ing., DÉSI SÁNDOR, ÉLŐ SÁNDOR ing.,
BENEDEK SÁNDOR ing., ZSOLNAY ÉVA, BUDAPEŠT,
GYURKÓCZA CSABA ing., ETEK, SZÜCS IMRE ing.,
VÁRBIRÓ VILMOS ing., BUDAPEŠT (MLR)

(73)

Majitel patentu

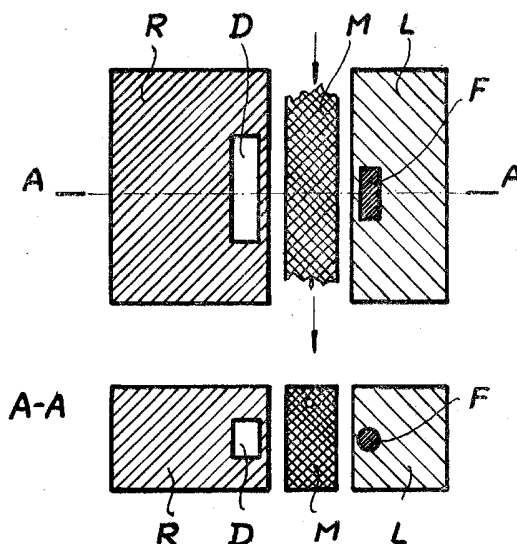
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, BUDAPEŠT (MLR)

(54) Měřicí zařízení pro stanovení koncentrace bóru, nebo jiné látky
absorbující neutrony, rozpuštěného ve vodě nebo jiných kapalinách

1

2

Měřicí zařízení pro stanovení koncentrace bóru, nebo jiné látky absorbující neutrony, rozpuštěného ve vodě, nebo jiných kapalinách, obsahuje alespoň dvě paralelní rovinné plochy, které jsou součástí ploch měřicí nádoby, radioaktivní neutronový zdroj, moderátor, reflektor neutronů a detekční čidlo tepelných neutronů. Jeho podstata spočívá v tom, že neutronový zdroj záření (F) je uložen uvnitř moderátoru (L) u jeho boční stěny hraničící s měřicí nádobou (M) a k výstupu detektoru neutronů je připojeno elektronické zařízení pro zpracování signálu, v němž je k detektoru neutronů (D) připojen vstup prvního čítače impulsu (Sz₁), jehož výstup je napojen na první vstup hradla (K), jehož druhý vstup je připojen k výstupu časového generátoru (G), k němuž je rovněž připojen vstup druhého čítače impulsů (Sz₂), jehož výstup je přiřazen třetímu vstupu hradla (K), jehož výstup je spojen se vstupem ukazovacího čítače (Sz₃).



Obr. 1

Vynález se týká měřicího zařízení pro stanovení koncentrace bóru nebo jiné látky absorbující neutrony, rozpuštěného ve vodě, nebo jiných kapalinách, které má alespoň dvě rovinné paralelní plochy, jež jsou součástí ploch ohraničujících měřicí nádobu, dále obsahuje radioaktivní neutronový zdroj, moderátor, reflektor neutronů a čidlo pro detekci tepelných neutronů.

Bór se stal pro svoji velkou absorpční schopnost neutronů isotopu ^{10}B , který se v něm nalézá, důležitým reaktorově-fyzickým a technickým materiálem. Proto se velmi rozšířil jako materiál regulačních tyčí a používá se ve formě karbidu bóru.

V posledních letech prudce vzrostl význam bóru v jaderných elektrárnách s vestavěnými reaktory s tlakovou vodou, vzhledem k rozšíření tzv. chemických regulací. Při tomto způsobu regulace se rozpouští bór v přirozeném nebo v ^{10}B obohaceném stavu, ve formě kyseliny borité v chladicí vodě reaktoru a požadovaná reaktivita, tj. vazební schopnost, se zajišťuje odpovídající změnou koncentrace. Nejpodstatnější výhody chemického zařízení oproti provedení s regulačními tyčemi jsou ty, že termický tok neutronů se vytváří stejnoměrněji, čímž se zvýší geometrie, rozměry a technická hranice odebíraného výkonu. V případě jejího použití pak nejsou nezbytné regulační tyče, regulační zařízení a zvýší se hodnota počáteční reaktivity. Jako výsledek výše uvedeného se projeví to, že se může zvýšit stupeň vyhoření reaktoru a uplynulý čas mezi dvěma překládkami paliva.

Je nepochybné, že podle výše uvedeného provedení tohoto systému se dosáhne podstatného hospodářského účinku. Regulace s kyselinou boritou udělala současně nezbytnou výstavbu nových dávkovacích, vyprazdňovacích a čistících zařízení, jakož i průběžné měření koncentrace bóru v primárním obvodu jaderných elektráren. Měření koncentrace bóru obvyklým způsobem, například titrací, je účinné jen částečně, spíše je spletené a zdlouhavé, a proto se musely hledat metody, které lépe odpovídají danému cíli.

S výzkumem průběžného měření koncentrace bóru chladicí vody se začalo na různých místech a tedy i různými metodami. Zásadně náleží tyto metody do dvou skupin, skupiny chemické a skupiny isotopové.

Pomocí chemických metod lze řešit problém jenom částečně, případně s velkými zpožděními, jak je uvedeno v práci K. Schneidera: Automatische Boranalyse für Druckwasser Reaktoren, Nuclex 72 CH-4021, Basel, Švýcarsko. Literatura J. E. Bulkowski, W. D. Fletcher, A. G. Opitz, V. Bajagopal: Die Entwicklung eines Borkonzentrationsmessers, Edgültiger Bericht, AEC Contract T(30-1) 3960, April 1969 pojednává v podstatě o měřicím zařízení pracujícím na principu měření vodivosti. Schneiderův analyzátor bóru obsahuje titrační-pH měřicí zařízení, které pracuje v polovině periody, za-

tímco Fährmann a Jäpel popisují v číslech 11 ročníku 1967 Kernenergie v článku „Messanordnung für die Überwachung der Borsäurekonzentration bei Reaktoren“ patentovaný měřicí isotopový článek. Zpráva autorů Bulkowského a kol. sestavená v laboratořích Westinghouse Electric Co., pojednává nejen o měřiči koncentrace kyseliny borité, který pracuje na principu vodivosti mannitu, nýbrž i o zařízení od Bajagopala postaveném na bázi absorpce neutronů. Z těchto dvou zařízení bylo na základě provozních zkušeností a odhadu výdajů považováno za mnohem vhodnější zařízení dle Bajagopala.

Dosavadní výsledky mohou být shrnuty do konstatování, že v této oblasti vědy dochází ke značné výzkumné činnosti. Přesto nebylo dokončeno žádné zařízení vhodné pro sériovou výrobu. Byl vyvinut jen přístroj s lineární charakteristikou koncentrace kyseliny borité, avšak pouze do 5 g. kg na minus prvou.

Měřicí a regulační požadavky související s energetickými reaktory jaderných elektráren jsou vzhledem k existujícím nezvyklým poměrům v místě měření v mnoha vztazích horší než ty, které jsou běžné u nukleárních měřicích zařízení pracujících v laboratořích, popřípadě v běžných provozních podmínkách.

Toto zjištění platí i pro měřicí zařízení koncentrace bóru. V zájmu daného řešení úkolu i využití dané metody beze zbytku musí být zařízení vřazeno do primárního chladicího okruhu reaktoru. Vzhledem k existujícím vysokým tlakům a vysoké teplotě v primárním okruhu a také vzhledem k silnému radioaktivnímu záření musí být splněny zvláštní požadavky, týkající se v první řadě nádoby obsahující měřenou kapalinu a detekčního systému. Měřicí zařízení splňující tyto požadavky musí být co možná jednoduché a levné.

Výše uvedené nedostatky známého stavu techniky odstraňuje a vytčený cíl řeší měřicí zařízení pro stanovení koncentrace bóru, nebo jiné látky absorbující neutrony, rozpuštěného ve vodě nebo jiných kapalinách s nejméně dvěma paralelními rovinnými plochami, které jsou součástí ploch ohraničujících měřicí nádobu, s radioaktivním neutronovým zdrojem, moderátorem, reflektorem neutronů a čidlem pro detekci tepelných neutronů, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že neutronový zdroj je uspořádán uvnitř moderátoru u jeho boční stěny, která hraničí s měřicí nádobou, přičemž na výstup detektoru neutronů je zařazeno elektronické zařízení pro zpracování signálu s přímým lineárním ukazováním koncentrace měřeného materiálu. V tomto zařízení pro zpracování signálu je k signalizačnímu zařízení, opatřenému detektorem neutronů připojen vstup prvního čítače impulsů, jehož výstup je připojen k prv-

nímu vstupu hradla. K druhému vstupu hradla je připojen výstup časového generátoru, k němuž je připojen i vstup druhého čítače impulsů, jehož výstup je zařazen na třetí vstup hradla, jehož výstup je spojen se vstupem ukazovacího čítače.

Podstatnou předností zařízení podle vynálezu je to, že lze použít zdroje neutronů o nižší intenzitě, výrobní náklady na zařízení jsou nízké a závislost mezi časem nutným pro shromáždění daného počtu zásahů a koncentrací bóru je lineární. Rozměry navrhovaného uspořádání jsou navíc podstatně menší, než rozměry zařízení známých. Rovněž teplotní součinitel zařízení dle vynálezu je menší. Vynález tedy představuje snadno použitelné, relativně levné zařízení malých rozměrů.

Jeden příklad konkrétního provedení zařízení podle vynálezu je znázorněn na přiloženém výkresu, kde

obr. 1 představuje schematický pohled na mechanickou část zařízení a

obr. 2 elektronickou část zařízení podle vynálezu.

Látka, tj. voda nebo parafin naplňující nádobu moderátoru **L** moderovaná neutrony radioaktivního neutronového zdroje **F** se nachází v uspořádání zobrazeném na obr. 1. Neutrony proudící z nádoby moderátoru **L** ve směru proporcionálního čidla záření, tj. z detektoru neutronů **D** naplněného plynem fluoritem bóru, se v míře snímané koncentrace absorbují pomocí bóru nebo jiných látek absorbujících neutrony v nejméně dvou navzájem paralelních plochách obsazených v částech ohraničujících měřicí nádobu **M**.

Vhodnou volbou materiálu a rozměrů nádoby **M** odolávající vysokým tlakům, nádoby moderátoru **L**, reflektoru **R**, jakož i správnou volbou relativního uspořádání měřicí nádoby **M**, moderátoru **L**, reflektoru **R**, neutronového zdroje záření **F** a detektoru neutronů **D** lze dosáhnout toho, že souvislost mezi bórem, nebo jinou látkou absorbující neutrony, rozpuštěnou ve vodě a měřicím časem nezbytným pro dosažení počtu detekčních zásahů **N** je lineární.

Neutronový reflektor **R**, například grafit, odráží neutrony přicházející přes detektor neutronů **D**, čímž se zvyšuje účinnost měření, které naopak umožňuje použití zdrojů neutronů nižší intenzity, a nebezpečí i

výrobní náklady na zařízení se snižují.

U zvoleného výše uvedeného měřicího zařízení se dosáhlo toho, že souvislost mezi časem nutným pro shromáždění daného počtu zásahů **N** a koncentrací bóru se jeví lineární.

Potom čas nutný pro shromáždění **N** impulsů v případě čisté vody bude označen T_0 , popřípadě čas řešení obsahujícího koncentraci C_1 g. kg⁻¹ kyseliny bórité T_1 a bude-li zvolená diference mezi těmito časovými úseky ΔT_0 , pak se mohou napsat následující rovnice:

$$\frac{T_1}{T_0} K = a$$

$$T_1 - T_0 = \Delta T_0,$$

kde

K je konstanta charakterizující zařízení. Z posledního vztahu lze určit T^0 a T_1 :

$$T_0 = \frac{\Delta T_0}{K - 1}$$

popřípadě

$$T_1 = \frac{K}{K - 1} \Delta T_0.$$

První čítač **Sz₁** čítá signály přicházející z detektoru neutronů **D** a zastaví měření při dosažení předepsaného počtu impulsů. Druhý čítač **Sz₂** nastaveného času a ukazovací čítač **Sz₃** čítají přes hradlo **K** signály z generátoru **G** časové základny, ale jen od časového okamžiku $t = T_0$, tj. když druhý čítač **Sz₂** nastaveného času k tomu dává signál. Podmínka pro otevření hradla **K** je dána společným působením čítačů **Sz₁**, **Sz₂**. Zařízení zde odčítá automaticky měřicí čas náležející nulové koncentraci kyseliny bórité a postrádá proto bezprostředně hodnotu $T = T - T_0 = B \cdot C$, kde **B** je rovněž konstanta charakteristická pro zařízení.

Odpovídajícím dělením udává **T** číselně přímo koncentraci **C** kyseliny bórité. Jak druhý čítač **Sz₂** nastaveného času, tak také ukazovací čítač **Sz₃** se nastavují pomocí prvního čítače **Sz₁**.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

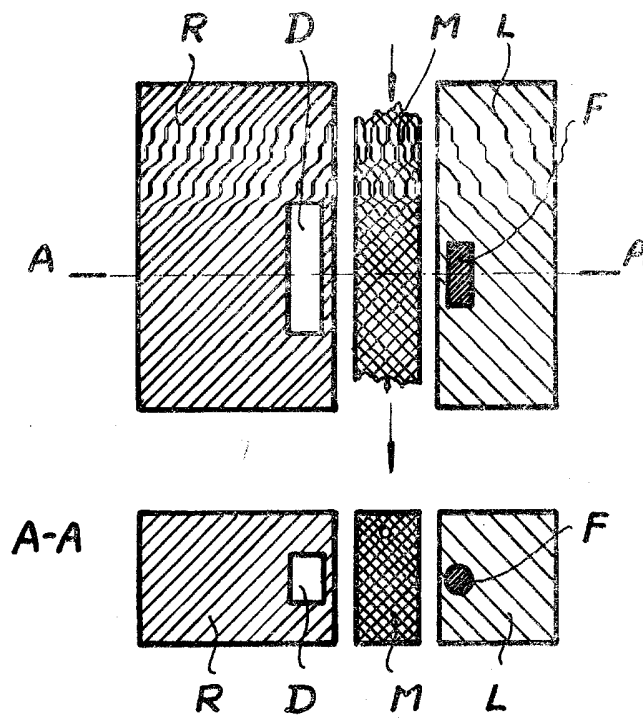
Měřicí zařízení pro stanovení koncentrace bóru, nebo jiné látky absorbující neutrony, rozpuštěného ve vodě nebo jiných kapalinách, s alespoň dvěma paralelními rovinnými plochami, které jsou součástí ploch ohraničujících měřicí nádobu, s radioaktivním neutronovým zdrojem, moderátorem, reflektorem neutronů a čidlem pro detekci tepelných neutronů, vyznačující se tím, že neutronový zdroj záření (**F**) je uspořádán

uvnitř moderátoru (**L**) u jeho boční stěny hraničící s měřicí nádobou (**M**), přičemž na výstup detektoru neutronů (**D**) je zařazeno elektronické zařízení pro zpracování signálu (**E**) s přímým lineárním ukazováním koncentrace měřeného materiálu, a v tomto zařízení pro zpracování signálu (**E**) je k signalizačnímu zařízení, opatřenému detektorem neutronů (**D**) připojen vstup

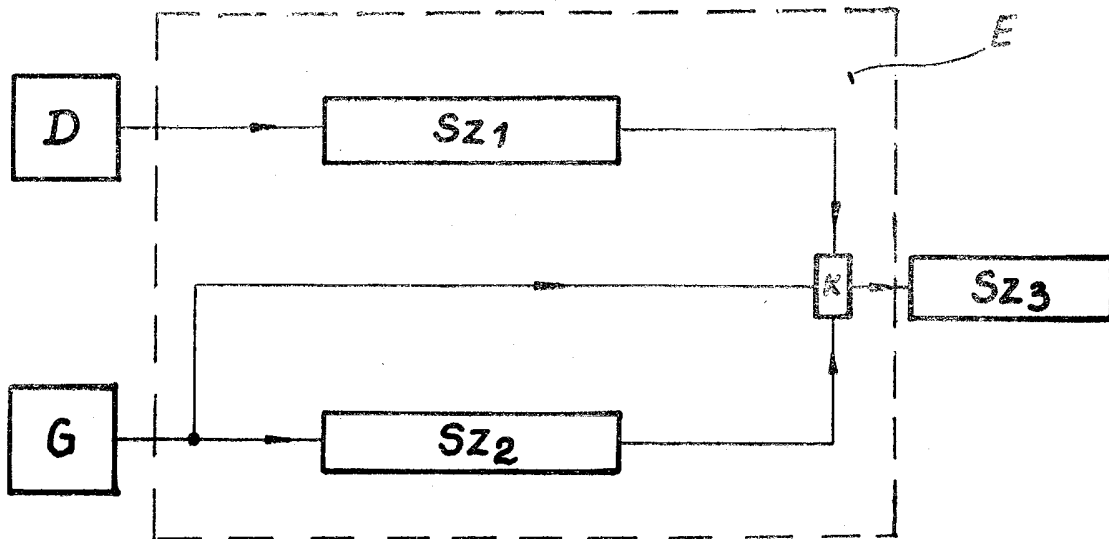
prvního čítače impulsů (Sz_1), jehož výstup je napojen na první vstup hradla (K), jehož druhý vstup je připojen k výstupu časového generátoru (G), k němuž je rovněž

připojen vstup druhého čítače impulsů (Sz_2), jehož výstup je přiřazen třetímu vstupu hradla (K), jehož výstup je spojen se vstupem ukazovacího čítače (Sz_3).

1 list výkresů



Obr. 1



Obr. 2