

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

221562
(11) (B1)



ORAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(22) Přihlášeno 22 10 80
(21) (PV 7140-80)

(40) Zveřejněno 15 09 82

(45) Vydáno 15 02 86

(51) Int. Cl.³
G 21 C 15/18

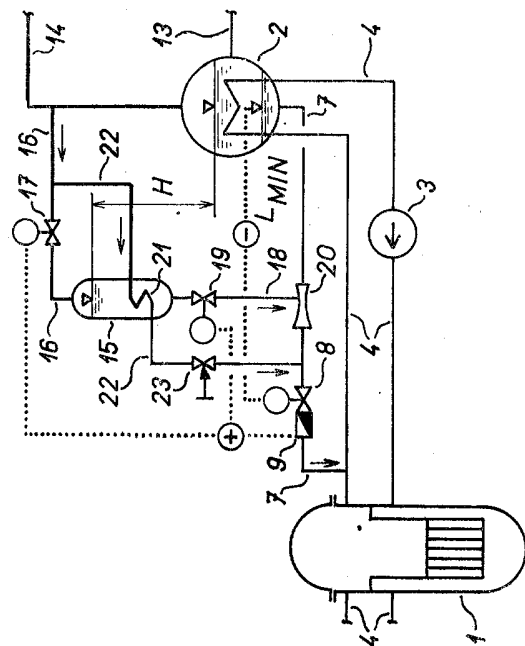
(75)
Autor vynálezu SÝKORA DALIBOR ing., PRAHA

(54) Bezpečnostní zařízení vodovodního jaderného reaktoru

1

2

Bezpečnostní zařízení vodovodního jaderného reaktoru vytváří novou nezávislou a na jiném principu pracující zálohu ke stávajícím systémům havarijního odstavení reaktoru při ztrátě tlaku v primárním okruhu. Přídavné bezpečnostní zařízení je v podstatě tvořeno zásobní nádrží, ve které je koncentrovaný roztok chemického absorbátoru neutronů a spojovacím potrubím s armaturami, které umožňují pasivní nucený výtok absorbátoru ze zásobní nádrže do reaktoru během projektové havárie se ztrátou chladiva. Vysoce účelnou se jeví znázorněná aplikace předmětného bezpečnostního zařízení při využití významného čs. vynálezu podle autorského osvědčení číslo 201 194 u starších již provozovaných jaderných elektráren s vodovodními reaktory, jejichž koncepční řešení odpovídá dnes už překonanému stavu jaderné energetické bezpečnostní filozofie, protože dojde ke zvýšení jaderné bezpečnosti u těchto elektráren.



Vynález se týká bezpečnostního zařízení vodovodního, respektive tlakovodního jaderného reaktoru a vychází z potřeb bezpečnostního zařízení pro omezení následků nadprojektové havárie jaderné elektrárny s vodovodním reaktorem chráněného čs. autorským osvědčením č. 201 194. Toto přídatné bezpečnostní zařízení zálohuje podkritičnost reaktoru zejména při pohavarijním zaplavování aktivní zóny horkou vodou sekundárního okruhu.

Dosud se pro havarijní znovuzaplavování aktivní zóny vodovodních či tlakovodních reaktorů všeobecně používá pohotové zásoby studené bórované vody uložené pod tlakovým dusíkovým polštářem v havarijních akumulátorech, které představují pasivní dochlazovací podsystem standardních jaderných elektráren tohoto druhu. Mimo to, pro inovaci sledující zvýšení bezpečnosti provozu zejména u dřívějších ještě nestandardních už zrealizovaných a provozovaných jaderných elektráren s vodovodními reaktory, v nichž nejsou pasivní podsystemy havarijního dochlazování, byly nedávno navrženy nejprve způsob a pak i odpovídající zařízení pro pasivní havarijní dochlazování vodovodního jaderného reaktoru podle čs. autorských osvědčení č. 190 161 a č. 201 194. Přesto, že podkritičnost havarovaného vodovodního jaderného reaktoru musí podle platných předpisů zajistit alespoň jeden z uvažovaných systémů působení na reaktivitu a udržovat ji při libovolných normálních a havarijních podmínkách, a to i za podmínky selhání jednoho orgánu s nejvyšší účinností působení na reaktivitu a přesto že lze využít stávajících havarijních čerpadel pro vstřik roztoku absorbtoru neutronů do havarovaného reaktoru, a přesto že jde o zaplavování aktivní zóny horkou vodou, čímž je využíváno i efektu záporného teplotního koeficientu reaktivity, zůstávají v souvislosti s platností jiného bodu stejných předpisů pochybnosti o bezpečném zachování podkritičnosti reaktoru během zaplavování aktivní zóny nebórovanou horkou vodou ze sekundárního okruhu, což je nevýhodou inovujících technických řešení podle výše uvedených čs. vynálezů.

Výše uvedenou nevýhodu odstraňuje bezpečnostní zařízení vodovodního jaderného reaktoru podle tohoto vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že zařízení sestává ze zásobní nádrže obsahující roztok chemického absorbtoru neutronů, do které je záústěno přívodní potrubí sekundárního teplonosného média, v němž je uzavírací armatura, z výpustného potrubí s výpustnou armaturou zásobní nádrže, které je případně opatřeno na svém konci i ejektorovým směšovačem uloženým podélně v propojovacím potrubí a z vnitřního nebo vnějšího ohříváku zásobní nádrže napojeného přímo nebo nepřímo prostřednictvím pomocného potrubí a regulační armatury na prostor sekundární strany parogenerátoru.

Charakteristikou technického pokroku v oblasti jaderné energetických zařízení s reaktory tlakovodního typu, daného aplikací tohoto vynálezu, jsou zejména následující hlavní výhody. Předložené bezpečnostní zařízení odstraňuje potenciální zábrany, jaderné technického, bezpečnostního i administrativního charakteru, blokující realizaci zmíněných čs. vynálezů. Tím se uvolňuje cesta k využití významné, respektive velmi účelné inovace nestandardních jaderných elektráren s vodovodními reaktory. Za druhé, předmětné bezpečnostní zařízení systematicky dotváří koncepčně nový pasivní podsystem havarijního dochlazování reaktoru, který je v podstatě tvořen hlavním technologickým zařízením, tj. stávajícími parogenerátory. Za třetí, parogenerátory se stávají zařízením dvouúčelovým, neboť budou plnit důležitou funkci i v havarijním přechodovém provozním režimu, čímž rostou jejich význam z hlediska provozní bezpečnosti a tedy rostou i jejich užitná hodnota. Za čtvrté, předmětné zařízení s vysokou spolehlivostí zálohuje funkci mechanického systému pevných havarijních absorbtorů, který při vzniku havarijních podmínek musí být schopen přerušit štěpnou reakci a reaktor udržet v podkritickém stavu. Za páté, u havarijních čerpadel, která vstřikují při haváriích do reaktoru roztok chemického absorbtátu, lze zmírnit náročný požadavek rychlého startu při vysoké funkční spolehlivosti. Za šesté, starší nestandardní jaderné elektrárny s vodovodními reaktory se z hlediska rychlého a spolehlivého znovuzaplavení aktivní zóny havarovaného reaktoru vyrovnají technické úrovni dosažené u novějších už standardních jaderných elektráren stejného druhu. Za sedmé, možno očekávat, že po provozním ověření navržený pasivní havarijní podsystem získá prioritní postavení, čímž dojde u standardních jaderných elektráren s tlakovodními reaktory ke snížení významu a k redukci velikosti či počtu, případně až k vypuštění stávajících havarijních akumulátorů.

Jako příklad velmi účelné aplikace předmětného bezpečnostního zařízení je na výkresu znázorněno zjednodušené schéma tohoto zařízení včetně jeho vazeb na hlavní technologická zařízení. Na obr. je proto nakreslen stylizovaný primární okruh, který sestává z vodovodního reaktoru **1**, parogenerátorů **2**, oběhových čerpadel **3** a potrubí **4** primárního okruhu, které vzájemně spojuje uvedená zařízení primáru. Dále je nakresleno mezi vodním prostorem sekundární strany parogenerátoru **2** a potrubím **4** primárního okruhu propojovací potrubí **7** s uzavírací armaturou **8** a zpětnou armaturou **9**, které zde reprezentují pasivní bezpečnostní zařízení podle čs. vynálezu chráněného již vpředu uvedeným autorským osvědčením č. 201 194. K parogenerátoru **2** je pro lepší názornost přikresleno potrubí **13** napájecí vody a potrubí **14** páry. Nové

zařízení tvořící podstatnou část bezpečnostního zařízení podle předmětného vynálezu sestává ze zásobní nádrže **15**, z přívodního potrubí **16** s přívodní armaturou **17**, které je zde vedeno mezi vrchním dnem či víkem zásobní nádrže **15** a potrubím **14** páry, respektive parním prostorem parogenerátoru **2**, dále z výpustného potrubí **18** s výpustnou armaturou **19**, které spojuje výpustní dno zásobní nádrže **15** s propojovacím potrubím **7**, kde místo styku těchto potrubí je vytvořeno buď normálním T kusem, případně ejektorovým směšovačem **20**. Dalším novým v podstatě pomocným zařízením je ohřívák **21**, který je pomocným potrubím **22**, v němž je regulační armatura **23**, napojen na parní či vstupní straně na přívodní potrubí **16** a na vodní či výstupní straně na propojovací potrubí **7**. Funkce znázorněného primárního okruhu, k němuž vždy náleží zde již nenakreslený kompenzátor objemu, je všeobecně známa z odborné literatury. Funkce propojovacího potrubí **7** s uzavírací armaturou **8** a zpětnou armaturou **9**, která už je uvedena v popisu zmíněného čs. vynálezu, je triviální, neboť spočívá jednak v samočinném otevření zpětné armatury **9** a tím v propojení prostoru primárního okruhu s vodním prostorem sekundární strany parogenerátoru **2** při úplné ztrátě tlaku, respektive velké ztrátě vody z primárního okruhu, jednak v automatickém uzavření uzavírací armatury **8** při dosažení zadané minimální úrovně ozn. L_{MIN} , hladiny horké vody v prostoru sekundární strany parogenerátoru **2**. Je zřejmé, že konce propojovacího potrubí **7** možno zapojit do horké nebo/a do studené větve potrubí **4** primárního okruhu, případně přímo nad nebo/a pod aktivní zónu vodovodního reaktoru **1**. Funkce nového bezpečnostního zařízení, které zajišťuje spolehlivé přimísení koncentrovaného roztoku chemického absorbátoru do horké sekundární vody protékající propojovacím potrubím **7**, je následující: od samočinného otevření zpětné armatury **9** nebo/a od průtoku vody je vzat impuls, označený + a tečkovanou linií, který způsobí spuštění servopohonů a tím otevření přívodní armatury **17** a výpustné armatury **19**, čímž dojde ke gravitačnímu a/nebo ejekčnímu vyprázdnění zásobní nádrže **15**. Ejektorový směšovač **20** intenzifikuje výtok koncentrovaného roztoku absorbátoru a jeho instalace je účelná, existují-li dispoziční obtíže se získáním dostatečné výšky označené H. Znázorněný vnitřní, případně vnější ohřívák **21** zásobní nádrže **15** zajišťuje udržování nastavitelné zvýšené teploty roztoku chemického absorbátoru, což je účelné ze dvou důvodů. Prvým důvodem je skutečnost, že za zvýšené teploty lze používat roztok s vyšší koncen-

trací absorbátoru, což vede ke zmenšení objemu zásobní nádrže **15**. Druhým důvodem je zmenšení teplotních rozdílů mezi míchanými médii, což zmenšuje nehomogenity nestacionárního teplotního pole ve stěnách příslušného T kusu nebo v ejektorovém směšovači **20**. Regulační armaturou **23** se nastaví gravitační průtok kondenzátu a tím i přítok páry do ohříváku **21**. Za klidového či pohotového stavu se kondenzát vrací propojovacím potrubím **7** zpět do parogenerátoru **2**. Tepelný výkon ohříváku **21** a pomocného potrubí **22** a regulační armatury **23** jsou dány prakticky jen tepelnou ztrátou zásobní nádrže **15** do okolí a z toho důvodu jde jen o malé dimenze u tohoto pomocného zařízení. Je účelné poznamenat, že úsek výpustného potrubí **18** mezi zásobní nádrží **15** a výpustnou armaturou **19** nutno provést co nejkratší, aby v důsledku lokálního ochlazení nedošlo v tomto místě k přesycení roztoku absorbátoru a k tvorbě pevné fáze absorbátoru. Dále je patrné, že samočinný přenos tepla do koncentrovaného roztoku absorbátoru vyžaduje, aby ohřívák **21** byl výše, než je úroveň hladiny vroucí vody v parogenerátoru **2**.

Pro konkrétní předběžné představy o předmětném bezpečnostním zařízení byly použity známé technické údaje a parametry první čs. jaderné elektrárny se dvěma vodovodními reaktory o tepelném výkonu 2×1375 MW. Ke každému reaktoru je připojeno šest paraleních smyček primárního okruhu a jeden kompenzátor objemu. V každé smyčce je instalován jeden horizontální parogenerátor a jedno oběhové čerpadlo. Voda v primárním okruhu má při jmenovitém provozním stavu teploty 299/269 °C a tlak okolo 12,26 MPa. V prostoru sekundární strany parogenerátoru je tlak přibližně 4,6 MPa. Na tento tlak jsou vloženy všechny armatury, potrubí a zejména zásobní nádrže, jejich počet byl zvolen stejný s počtem smyček primárního okruhu. Chemickým absorbátorem neutronů je roztok kyseliny borité o koncentraci okolo 40 g H_3BO_3 na 1 kg H_2O nebo vyšší.

Závěrem lze podotknout, že i zcela samostatnou aplikací popsaného bezpečnostního zařízení, tj. aplikací při nevyužití horké vody ze sekundárního okruhu pro znovuzaplavení aktivní zóny, kdy konce výstupních, respektive výtokových potrubí budou napojeny na vodovodní reaktor, nutno z hlediska bezpečnosti provozu reaktoru hodnotit jako velmi účelnou. Bezpečnostní zařízení vytváří nový, respektive záložní nezávislý systém havarijního odstavování reaktoru, jehož funkce je vysoce spolehlivá a principiálně odlišná od funkce mechanického systému pevných havarijních absorbátorů.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Bezpečnostní zařízení vodovodního jaderného reaktoru, zálohující podkritičnost reaktoru při pohavarijním zaplavování aktivní zóny horkou vodou sekundárního okruhu, vyznačené tím, že sestává ze zásobní nádrže (15) obsahující roztok chemického absorbátoru neutronů, do které je zaústěno přívodní potrubí (16) sekundárního teplosnosného média, v němž je uzavírací armatura (17), z výpustného potrubí (18) s vý-

pustnou armaturou (19) zásobní nádrže (15), které je případně opatřeno na svém konci ejektorovým směšovačem (20) uloženým podélně v propojovacím potrubí (7) a z vnitřního nebo vnějšího ohříváku (21) zásobní nádrže (15) napojeného přímo nebo nepřímo prostřednictvím pomocného potrubí (22) a regulační armatury (23) na prostor sekundární strany parogenerátoru (2).

1 list výkresů

