

CS8211701 ✓

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

190161
(11) (B1)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(22) Přihlášeno 20 05 77
(21) (PV 3339-77)

(51) Int. Cl.³
G 21 C 15/18

(40) Zveřejněno 31 08 78

(45) Vydáno 15 09 81

(75)

Autor vynálezu

Ing. DALIBOR SÝKORA, PRAHA

(54) Způsob havarijního dochlazování tlakovodního, resp. vodovodního jaderného reaktoru

1

Vynález se týká způsobu dopravy dochlazovací vody do reaktoru, resp. primárního okruhu při jeho havárii spojené se ztrátou primárního teplosměnného média z tohoto vysokotlakého teplosměnného okruhu. Poskytuje větší využití objemu havarijních akumulátorů, zvyšuje výkon celého příslušného dochlazovacího pod systému, případně i prodlouží dobu trvání odpovídající etapy havarijního dochlazování, a to při zachování principu pasivní funkce zařízení.

Dosavadní způsoby havarijního dochlazování tlakovodních, respektive vodovodních reaktorů používají pro přepravu dochlazovací bórované vody z havarijních akumulátorů do reaktoru, resp. primárního okruhu energie stlačeného dusíku, z něhož je vytvořen poměrně objemný plynový polštář nad hladinou dochlazovací bórované vody uvnitř havarijních akumulátorů. Běžné jsou havarijní akumulátory, například o celkovém jednotkovém objemu 70 m³, z něhož činí objem vody 50 m³ a objem dusíkového polštáře 20 m³, provedené jako vertikální válcové nádoby dimenzované na pracovní tlak 2 až 6 MPa. Jejich počet obvykle odpovídá počtu paralelních smyček primárního okruhu. Nevýhodami dosavadního způsobu dochlazování je jednak jen částečné zaplnění uvedených havarijních akumuláto-

2

rů dochlazovací bórovanou vodou, jednak nutnost existence příslušného dusíkového hospodářství, které dříve, než se přešlo na kompenzátory objemu s parním polštářem, zajišťovalo i udržování provozního tlaku v primárním okruhu.

Výše uvedené nevýhody jsou odstraněny nebo zmenšeny u způsobu havarijního dochlazování tlakovodního, resp. vodovodního jaderného reaktoru podle vynálezu, který spočívá v tom, že doprava vody pro havarijní dochlazování aktivní zóny do porušeného primárního okruhu nebo přímo do tlakovodního reaktoru se provádí působením energie a hmoty parní nebo/a kapalné fáze teplosměnného média sekundárního okruhu, které se v průběhu tohoto havarijního dochlazování stává médiem dochlazovacím.

Charakteristické pro nový způsob havarijního dochlazování reaktoru jsou z hlediska zvýšení úrovně současné techniky vedle odstraněných nevýhod i následující další výhody:

celý pasivní pod systém havarijního dochlazování bude během normálního provozu jaderné elektrárny s tlakovodním reaktorem odlehčen od trvalého zatížení tlakem hnacího média,

nebude docházet k absorpci tlakového

dusíku ve studené bórované vodě v údobí bezporuchového provozu a tedy ani k desorpci dusíku při odtlakování a ohřevu dochlazovací bórované vody v reaktoru při uvažované havárii,

eventuálním současným využitím i značné hmoty kapalné fáze sekundárního teplotního média, při jeho odběru z vodního prostoru sekundární strany parního generátoru, pro havarijní dochlazování reaktoru lze jednak prodloužit odpovídající etapu dochlazování, jednak zmírnit teplotní šok, jemuž je při každém havarijním dochlazování vystavena především silnostěnná tlaková nádoba reaktoru, jednak zmenšit velikost havarijních akumulátorů,

jelikož pracovní tlak teplotního média v sekundárním okruhu zhruba odpovídá horní hranici dnes uvažovaných tlaků hnacího dusíku v havarijních akumulátorech, případně ji mírně překračuje, lze tedy zachovat, případně i zvětšit, rychločinnost tohoto havarijního dochlazovacího pod systému, a dále

v porovnání s expandujícím dusíkem bude časový pokles tlaku v havarijním akumulátoru při použití sekundárního teplotního média pro vytlačení bórované dochlazovací vody podstatně pozvolnější — tlak syté páry bude téměř konstantní — a tedy střední tlak bude značně vyšší; z toho plyne možnost zvýšení výkonu daného pod systému při použití nového způsobu havarijního dochlazování.

K výše uvedeným výhodám nutno připojit i průvodní nevýhodu nového způsobu havarijního dochlazování, spočívající v nestacionaritě tepelného režimu a napjatostního stavu při funkci havarijních akumulátorů, které tedy budou krátkodobě vystaveny i předávným namáháním od nestacionárních teplotních polí. Touto nepříznivou skutečností může ale být redukována stejná problematika u mnohem exponovanější a složitější silnostěnné reaktorové nádoby, která z principiálních důvodů nemůže mít vytvořenu spolehlivostní rezervu formou záložního, resp. redundantního zařízení.

Na připojených výkresech jsou znázorněny dvě z variant nových principiálních schématických zapojení havarijních akumulátorů, umožňujících nový způsob havarijního dochlazování tlakovodního reaktoru. Na obr. 1 je část zjednodušeného schéma primárního okruhu příslušné jaderné elektrárny reprezentovaného zde jednou ze čtyř paralelních smyček. Na tlakovodní reaktor 1 je prostřednictvím primárního okruhu 4 napojen parní generátor 2 a oběhové čerpadlo 3. Havarijní akumulátor 5 je zde přes uzavírací armaturu 11 a zpětnou armaturu 12 připojen ke studené větvi potrubí primárního okruhu 4. Nutno poznamenat, že je stejně obvyklé připojení havarijního akumulátoru 5 i k horké větvi, anebo současně připojení k oběma větvím potrubí primárního okruhu 4, jakož i přímé napojení hava-

riálního akumulátoru 5 na tlakovou nádobu reaktoru 1. Dále jsou nakresleny rychločinná uzavírací armatura 6 se servopohonem 7, kondenzátní nádoba 8 s odváděčem kondenzátu 9 a potrubí úniků 10. Pro názornost je uvedena i vazba na sekundární okruh jaderné elektrárny, a to tím, že k parnímu generátoru 2 je symbolicky přikresleno potrubí napájecí vody 13 a potrubí páry 14.

Funkce znázorněného zařízení je jednoduchá. Při ztrátě tlaku v primárním okruhu, v důsledku náhlého velkého úniku primárního teplotního média znázorněného vlnkami se šipkou, změní se tlakové poměry a tím i poloha pístu v servomotoru 7, takže se otevře rychločinná uzavírací armatura 6 a pára ze sekundárního okruhu vnikne do havarijního akumulátoru 5 a způsobí vytlačování dochlazovací bórované vody do havarovaného primárního okruhu. Děj se zakončí obvyklým způsobem, tj. uzavřením výtoku vody z havarijního akumulátoru 5 po dosažení zadané minimální hladiny vody uvnitř. Funkce dalšího pomocného zařízení je zřejmá z jeho názvu a symbolů. Znázorněné direktivní samočinné ovládní rychločinné uzavírací armatury 6 je zde přijatelné s ohledem na poměrně malý průměr přívodního potrubí páry, takže se vystačí s ventilovým, zejména odlehčeným dvojsedlým typem této armatury majícím relativně malý zdvih uzavíracího orgánu. Do ochlazovací bórované vody se zavede jen malé množství kondenzátu z hnací páry, který vzniká během vyprazdňování havarijního akumulátoru 5. Nutno podotknout, že použitím servopohonu 7 s diferenciálním pístem lze zajistit možnost zkrácení časového úseku mezi okamžikem vzniku havárie a okamžikem otevírání rychločinné uzavírací armatury 6. Limitním případem je takové řešení servopohonu 7, při kterém servopohon 7 reaguje už na skokový pokles tlaku při vzniku velké havárie primárního okruhu, kdy se provozní tlak okamžitě snižuje na tlak odpovídající varu vody při provozní teplotě v primárním okruhu. Je zřejmé, že samočinnost přívodu energie do havarijního akumulátoru 5 může být splněna i indirektivním způsobem ovládní rychločinné uzavírací armatury 6, který je ideově znázorněn u druhé níže uvedené varianty.

Na obr. 2 je druhá základní varianta zapojení havarijních akumulátorů 5 odpovídající rovněž novému způsobu havarijního dochlazování reaktoru 1. Znázorněná hlavní zařízení jsou funkčně stejná a mají zachované výše uvedené očíslování. Naznačené propojení havarijního akumulátoru 5 s vodním prostorem sekundární strany parního generátoru 2 umožňuje pro havarijní dochlazování reaktoru 1 využít nejen energii, ale i vlastní hmotu kapalné fáze sekundárního teplotního média. Tato skutečnost umožňuje redukcii objemu havarijního akumulátoru 5, a to až na velikost „expan-

déru — separátoru“ zařazeného před reaktor 1. V mezním případě havarijního dochlazování jen horkou vodou ze sekundárního okruhu by mohly být havarijní akumulátory 5 zcela vypuštěny. Tím by však byla ovlivněna konstrukce reaktoru 1, která by musela počítat s přívodem dvoufázového dochlazovacího média a toto buď před vstupem do aktivní zóny co nejlépe homogenizovat, anebo zajistit takovou separaci jeho lází uvnitř reaktoru 1, že uvolněná pára by prošla jen úzkou periferijní oblastí aktivní zóny.

Funkce podsystemu je v této variantě zapojení obdobná a spočívá v tom, že od tlakového čidla 15, které reaguje na změnu směru tlakového rozdílu mezi primárním a sekundárním okruhem, se otevírá rychločinná armatura 6 a začíná docházet k proudění sekundární tlakové horké vody do havarijního akumulátoru 5 a z něho dále, s určitým časovým zpožděním nebo současně ve směsi s dochlazovací bórovanou vodou, ke vtoku do havarovaného primárního okruhu. Jak zmíněné časové zpoždění, tak zejména stupeň míšení studené dochlazovací bórované vody s horkou vodou přivedenou ze sekundárního okruhu bude dán vnitřní hydrodynamikou havarijního akumulátoru 5, která bude určena provedením a umístěním jeho účelné separační a mísící, eventuálně i teplosměnné vestavby. Zbývá poznamenat, že vliv snižování koncentrace kyseliny borité ve studené dochlazovací vodě mícháním s horkou vodou ze sekundárního okruhu je z hlediska změn reaktivity vyrovnáván

právě zvýšením teploty vzniklé směsi ještě před jejím příchodem do aktivní zóny reaktoru 1, protože jeho teplotní koeficient reaktivity je záporný. Je zřejmé, že případným odpouštěním uvolňované páry z havarijních akumulátorů 5 odpouštěcí armaturou 16 lze velkou většinu kapalně fáze sekundárního teplotního média převést za účelem havarijního dochlazování reaktoru 1 do primárního okruhu. Přitom je ale nutno respektovat skutečnost, že takto přivedené příslušné přídavné teplo pozmění celkovou tepelnou bilanci havarijního režimu a povede k odpovídajícímu zvětšení výkonu nebo doby chodu zařízení pro odvod tepla po havárii, tj. zejména ke zvětšení sprchových systémů kontejnmentu.

Konkrétní předběžné úvahy byly aplikovány na příslušný podsystem jaderné elektrárny s tlakovodním, respektive vodovodním energetickým reaktorem o výkonu okolo 1000 MWe. Byly uvažovány parametry havarijních akumulátorů uvedené ve druhém odstavci.

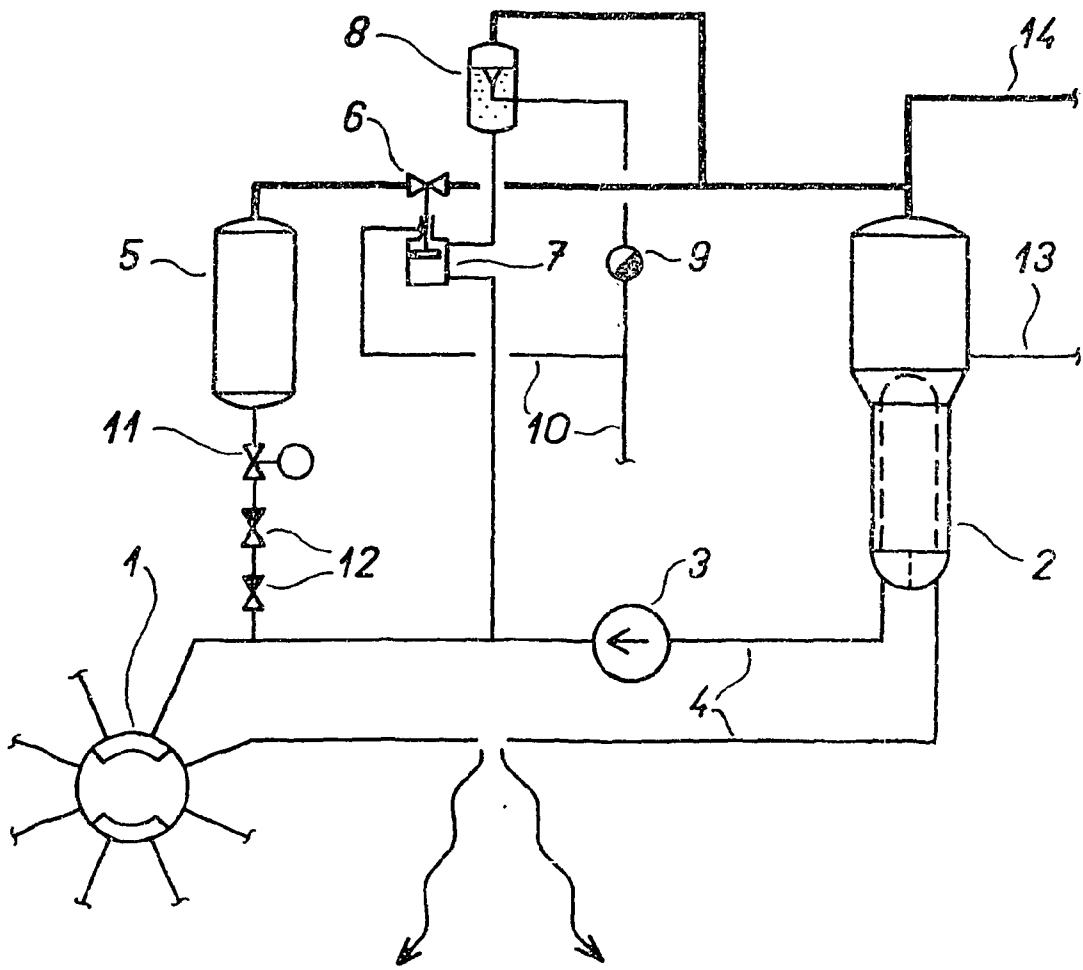
Lze předpokládat, že po důkladném ověření, zejména experimentálním na zařízení pro výzkum odpovídajících havárií, i odzkoušení provozním na některé již realizované jaderné elektrárně s tlakovodním reaktorem, najde nový způsob havarijního dochlazování uplatnění především u budoucích standardizovaných tlakovodních reaktorů středních a velkých výkonů, s nimiž se počítá také v československém jaderném programu.

P R E D M E T V Y N Á L E Z U

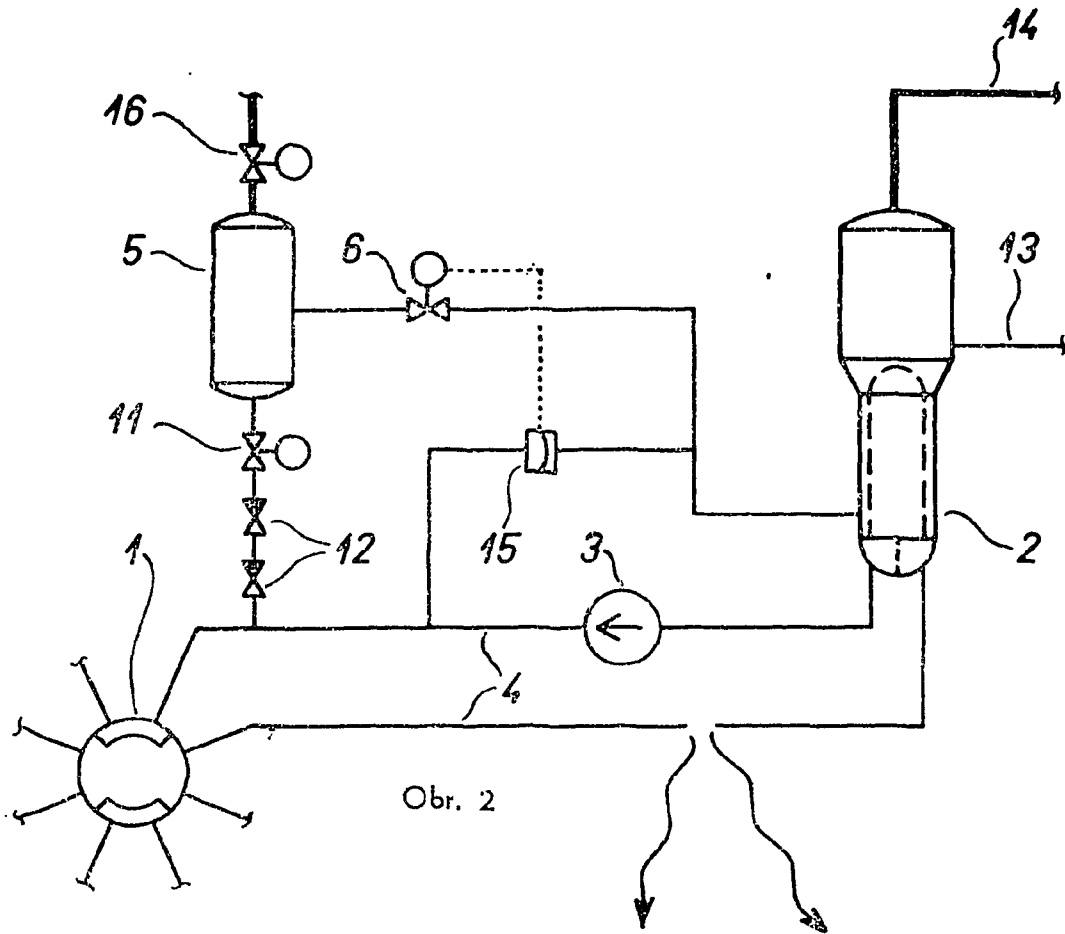
Způsob havarijního dochlazování tlakovodního, resp. vodovodního jaderného reaktoru, vyznačený tím, že doprava vody pro havarijní dochlazování aktivní zóny do porušeného primárního okruhu nebo přímo do

tlakovodního reaktoru se provádí působením energie a hmoty parní nebo/a kapalně fáze teplotního média sekundárního okruhu, které se v průběhu havarijního dochlazování stává médiem dochlazovacím.

2 listy výkresů



Obr. 1



Obr. 2