ČESKOSLOVENSKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA
(19)

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

257070

(11) (B1)

(51) Int. Cl.[4]
G 21 C 15/18

(22) Přihlášeno 21 08 86
(21) PV 6134-86.B

(40) Zveřejněno 17 09 87

(45) Vydáno 16 01 89

(75)
Autor vynálezu SÝKORA DALIBOR ing., SÝKOROVÁ ILONA ing., PRAHA

(54) Náhradní zařízení havarijního zaplavování a dlouhodobého nízkotlakého dochlazování tlakovodního jaderného reaktoru

Předložené technické řešení je určeno u bloků VVER 440, V-230, pro nahrazení a u bloků VVER 1 000 pro zálohování funkce jak tlakových hydroakumulátorů, tak zejména havarijních nízkotlakých čerpadel a výměníků havarijního dochlazování tělesového typu. Náhladní zařízení sestává z havarijního vysokotlakého čerpadla, z části jeho výtlačného potrubí na jejímž konci je trojcestná armatura, z vysokotlakého potrubí spojujícího druhý výstup trojcestné armatury s hnací tryskou injektoru, z injektoru uloženého v zásobě chladiva, z nízkotlakého potrubí opatřeného na konci zpětnou armaturou, které propojuje výstup injektoru s primárním okruhem, jakož i z ponorného výměníku havarijního dochlazování, který je umístěn pod vtokovým otvorem v části zásoby chladiva vymezené tenkostěnným pláštěm ponorného výměníku. Systém využívá velkou čerpací energii havarijního vysokotlakého čerpadla, za které se při samočinném přestavení trojcestné armatury po vzniku velkého úniku chladiva z primárního okruhu zařazuje injektor, který funguje jako transformátor parametrů havarijního vysokotlakého čerpadla. Použití ponorného výměníku a jeho účelné umístění chrání ocelovou vystélku bazénu před teplotně napěťovým přetížením a tím i před ztrátou její těsnosti po havárii.

Vynález se týká náhradního zařízení havarijního zaplavování a dlouhodobého nízkotlakého dochlazování tlakovodního jaderného reaktoru a řeší problematiku zvyšování jaderné bezpečnosti zejména u jaderných elektráren s reaktory VVER 440, V-230, přičemž poskytuje možnosti realizovat tento náhradní bezpečnostní systém jakožto záložní i u reaktorů VVER 1 000.

Dosavadní novodobé zařízení havarijního zaplavování a dlouhodobého nízkotlakého dochlazování tlakovodních neboli vodovodních jaderných reaktorů sestávají v podstatě jednak z hydroakumulátorů, které zabezpečují rychlé opětovné zaplavení reaktoru po maximální projektové havárii, jednak z havarijních nízkotlakých čerpadel a výměníků havarijního dochlazování tělesového typu, které zajišťují spolehlivý dlouhodobý odvod tepla generovaného i v odstaveném reaktoru.

Koncepční technickou nevýhodou dosavadních systémů sestavených z hydroakumulátorů, z havarijních nízkotlakých čerpadel a z tělesových výměníků havarijního dochlazování je skutečnost, že nejsou vhodné pro dodatečnou realizaci, neboť uvažovaná modernizace bloků VVER 440, V_230, vyvolává rozsáhlou rekonstrukci, dlouhodobou odstávku, velké dodatečné investiční náklady a vysokou spotřebu společensky nutné práce u všech příslušných jaderných elektráren.

Výše uvedená nevýhoda je podstatně zmenšena u předloženého náhradního systému havarijního zaplavování a dlouhodobého nízkotlakého dochlazování tlakovodního jaderného reaktoru podle tohoto vynálezu, který spočívá v tom, že systém sestává v podstatě z havarijního vysokotlakého čerpadla napojeného sacím potrubím na pohotovou havarijní zásobu chladiva, z části jeho výtlačného potrubí na jejímž konci je trojcestná armatura, z vysokotlakého potrubí propojujícího druhý výstup trojcestné armatury s hnací tryskou injektkru, z injektoru uloženého výhodně v pohotové havarijní zásobě chladiva, z nízkotlakého potrubí opatřeného na konci zpětnou armaturou, které propojuje výstup injektoru s primárním okruhem, například s primárním potrubím nebo s vysokotlakovými kolektory parogenerátoru, jakož i z ponorného výměníku havarijního dochlazování, který je umístěn pod vtokovým otvorem v části pohotové havarijní zásoby chladiva vymezené tenkostěnným pláštěm.

Pokrokovost předmětného náhradního zařízení je dána zejména těmito jeho technickými výhodami: po samočinném zapojení injektoru za havarijní vysokotlaké čerpadlo dochází k účelné transformaci jeho parametrů, a to na parametry blízké parametrům havarijního nízkotlakého čepadla. Přitom injektor je zařízením s čistě pasivní funkcí, takže spolehlivost funkce tohoto čerpacího soustrojí odpovídá spolehlivosti funkce už dříve rozběhnutého havarijního vysokotlakého čerpadla.

Havarijní vysokotlaké čerpadlo se tak stává zařízením dvouúčelovým s podstatně zvětšeným využitím, neboť vedle dosavadního zabezpečování vysokotlakých havarijních režimů, kdy je únik chladiva reaktoru kompenzovatelný, zajišťuje spolu s injektorem i havarijní režimy nízkotlaké, kdy je únik chladiva z primárního okruhu nekompenzovatelný, a tedy vysoký tlak v primárním okruhu neudržitelný. Podstatně zvětšený počáteční vtok chladiva do téměř vyprázdněného reaktoru, jakož i zvětšený trvalý pohavarijní průtok chladiva reaktorem potlačují jak obnažení a přehřev jaderného paliva, tak i následný var chladiva v aktivní zóně reaktoru během jeho dlohodobého dochlazování.

Přechod z vysokotlakého havarijního doplňování chladiva na následné nízkotlaké opětovné zaplavování a dlouhodobé dochlazování reaktoru je umožněn pouhým samočinným přestavením trojcestné armatury, která funguje jako hydraulická výhybka. Tato změna havarijních režimů nevyvolává riziko výpadku zajištěného napájení elektrickou energií, které může vznikat vlivem záběrových proudů právě v době spouštění havarijních nízkotlakých čerpadel.

Hlavní přídavné zařízení, kterým je jedno nebo vícestupňový injektor, je velice jednoduché a prakticky nevyžaduje žádnou údržbu. Umístěním injektoru přímo v pohotové havarijní zásobě chladiva, jejíž bazén je součástí hermetického prostoru reaktorovny, nevzniká potřeba instalování nových hermetických potrubních průchodek, přičemž potřebná dvojice svislých

volných potrubních průchodek je současně využita jako nezbytné odvzdušňovací otvory bazénu pohotové havarijní zásoby chladiva. Preferováním ponorného typu u výměníku havarijního dochlazování a jeho umístěním v tenkostěnném plášti instalovaném pod vtokovým otvorem bazénu pohotové havarijní zásoby chladiva, dochází k úspoře tlakového tělesa tohoto tepelného výměníku a zejména k tepelnému odlehčení veškeré těsnicí ocelové výstélky bazénu, což znamená, že se podstatně zlepšují provozní podmínky bazénu, a tím snižuje roziko ztráty jeho těsnosti projektové havárii bloku.

Kladným rysem náhradního systému je i skutečnost, že kombinace čerpadla a injektoru už byla i v reaktorové technice plně osvojena, a to pro celou generaci varných jaderných reaktorů, kde se navíc jedná o trvalý provoz injektorů, o dopravu tlakové vody s teplotou na mezi sytosti a řádově větší dopravovaná množství chladiva.

Jako příklad konkrétního řešení náhradního zařízení podle tohoto vynálezu je na přiloženém výkresu znázorněno jeho použití u bloku VVER 440, V_230. Schematicky je nakreslena příslušná část svislého řezu budovou reaktoru neboli reaktorovnou. Na nejvyšším ze tří zakreslených podlaží je prostor, kde jsou umístěny především parogenerátory 1, hlavní cirkulační čerpadla 2 a primární potrubí 3 i už nezakreslené hlavní uzavírací armatury, které při uzavření oddělují znázorněnou část jedné ze šesti smyček primárního okruhu od reaktoru, který už též není na obr. znázorněn.

Na nižším neboli prostředním podlaží je vytvořen vodotěsný prostor či bazén, ve kterém je uloženo 800 m^3 chemicky upravené vody, která vytváří pohotovou havarijní zásobu 15 chladiva reaktoru. Oba zmíněné stavební přostory jsou součástí tlakově pojištěné části reaktorovny, což je vyznačeno silnější čarou. Propojení obou prostorů vytváří vtokový otvor 20 a volné průchodky 19. Na nejnižším podlaží je prostor netlakový, ve kterém jsou umístěna mimo jiná zařízení i havarijní vysokotlaká čerpadla 4, která jsou poháněna elektromotory 5.

Část sací roury 21 symbolizuje hlavní "spotřebič" pohotové havarijní zásoby 15 chladiva, kterým je už neznázorněný havarijní sprchový systém. Každé havarijní vysokotlaké čerpadlo 4 je prostřednictvím sacího potrubí 6 napojeno na pohotovou havarijní zásobu 15 chladiva a zároveň prostřednictvím výtlačného potrubí 7 zapojeno do primárního potrubí 3. Novým zařízením je trojcestná armatura 8, která je instalována ve výtlačném potrubí 7. Její druhý výstup je prostřednictvím vysokotlakého potrubí 9 spojen s hnací tryskou 10 injektoru 11.

Na výstup injektoru 11 je napojeno nízkotlaké potrubí 12, ve kterém jsou před jeho zaústěním do primárního potrubí 3 a/nebo do vysokotlakých kolektorů 14 parogenerátoru 1 a/nebo přímo do už nezakresleného reaktoru umístěny zpětné armatury 13. Součástí náhradního systému je též ponorný výměník 16 havarijního dochlazování, který je připojen na potrubí 18 chladicí vody a obklopen tenkostěným pláštěm 17, s nímž je společně umístěn v pohotové havarijní zásobě 15 chladiva pod vtokovým otvorem 20.

Zakreslena je i část primárního potrubí 3 s místem velké poruchy v jiné smyčce primárního okruhu, a to za účelem znázornění nekompenzovatelného úniku chladiva vyznačeného zvlněnými šipkami. K popisu funkce nutno předeslat, že za normálního provozu je v primárním okruhu vysoký tlak a havarijní vysokotlaké čerpadlo 4 je v klidu. Při vzniku obvykle či nejprve malé netěsnosti dochází k malému úniku chladiva z primárního potrubí 3, po kterém se od havarijního signálu spustí havarijní vysokotlaké čerpadlo 4, které začne dopravovat chladivo z pohotové havarijní zásoby 15 sacím potrubím 6 a výtlačným potrubím 7 do primárního potrubí 3, čímž se nahrazuje únik a v primárním okruhu se udržuje vysoký tlak. Při této malé poruše protéká chladivo trojcestnou armaturou 8 přímo. K vlastní funkci předmětného náhradního systému dochází až po vzniku velké poruchy, která vznikne buď náhle, nebo v důsledku různě rychlého růstu malé poruchy.

V nastalém havarijním režimu s velkým únikem chladiva už nestačí havarijní vysokotlaké čerpadlo 4 nahrazovat únik chladiva a ve vyprazdňujícím se primárním okruhu začne klesat tlak.

Od zadané hodnoty snižujícího se tlaku se samočinně přestaví trojcestná armatura 8, čímž se výtlak havarijního doplňovacího čerpadla 4 zavede vysokotlakým potrubím 9 do hnací trysky 10 injektoru 11. Po stoupnutí tlaku chladiva na výstupu z injektoru 11 nad tlak v porušeném primárním okruhu dojde při samočinném otevření zpětných armatur 13 k intenzivnímu průtoku chladiva nízkotlakým potrubím 12 a ke vtoku hnacího i přisávaného chladiva z pohotové havarijní zásoby 15 do primárního okruhu.

Protože množství chladiva přisávaného injektorem 11 může být několikanásobně větší než množství chladiva dodávané samotným havarijním vysokotlakým čerpadlem 4, může být zajištěno potřebné podstatné zkrácení doby opětovného zaplavování reaktoru, jakož i několikanásobné zvětšení průtoku chladiva při následujícím režimu dlouhodobého dochlazování. Při znázorněném nízkotlakém havarijním dochlazování reaktoru vytéká horké chladivo z roztrženého primárního potrubí 3, stéká po podlaze ke vtokovému otvoru 20, kterým se vrací do bazénu pohotové havarijní zásoby 15 chladiva, přičemž se ochlazuje při průtoku ponorným výměníkem 16 havarijního dochlazování, který je připojen na potrubí 18 chladicí vody a opatřen tenkostěnným pláštěm 17 a spolu s ním instalován pod vtokovým otvorem 20.

Ochlazené chladivo se dostává jak k sacímu potrubí 6 havarijního vysokotlakého čerpadla 4, tak i ke vstupu do injektoru 11 a rovněž k ústí sací roury 21 havarijního sprchového systému. Mezi vtokový otvor 20 a ponorný výměník 16 havarijního dochlazování bude vložen už neznázorněný rozlivný žlab pro zrovnoměrnění průtoku chladiva ponorným výměníkem 26 dochlazování, u kterého bude v případě potřeby teplosměnná plocha opatřena na vnějším povrchu žebry. Funkce tenkostěnného pláště 17 spočívá jednak v úpravě a intenzifikaci průtoku ochlazovaného chladiva ponorným výměníkem 16 havarijního dochlazování, jednak v zabránění kontaktu horkého chladiva s povrchem bazénu pohotové havarijní zásoby 15 chladiva.

Výše popsané náhradní zařízení havarijního zaplavování a dlouhodobého nízkotlakého dochlazování tlakovodního jaderného reaktoru lez účelně realizovat jako systém záložní i u bloků s reaktory VVER 1 000, neboť i u nich je pohotová havarijní zásoba chladiva uložena v bazénovém stavebním prostoru. Náhradní zařízení by u bloků VVER 1 000 překrývalo funkci stávajících havarijních nízkotlakých čerpadel a tím by v odpovídající míře dále zvyšovalo jadernou bezpečnost těchto moderních bloků.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

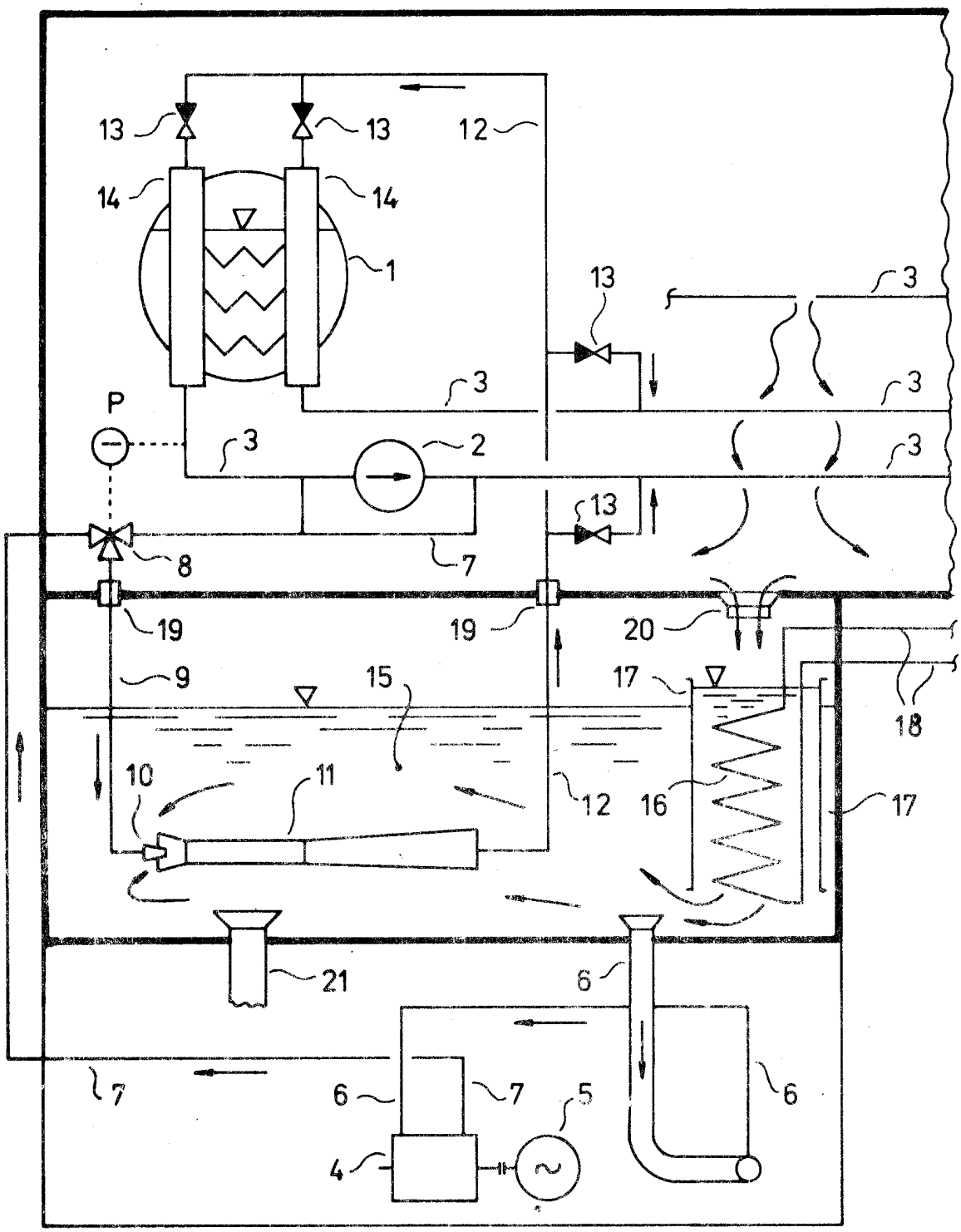
1. Náhradní zařízení havarijního zaplavování a dlouhodobého nízkotlakého dochlazování tlakovodního jaderného reaktoru, vyznačený tím, že sestává z havarijního vysokotlakého čerpadla (4) napojeného sacím potrubím (6) na pohotovou havarijní zásobu (15) chladiva, z části jeho výtlačního ptorubí (7), na jejímž konci je trojcestná armatura (8), z vysokotlakého potrubí (9) propojujícího druhý výstup trojcestné armatury (8) s hnací tryskou (10) injektoru (11), z injektoru (11) uloženého výhodně v pohotové havarijní zásobě (15) chladiva, z nízkotlakého potrubí (12) opatřeného na konci zpětnou armaturou (13), které propojuje výstup injektoru (11) s primárním okruhem, například s primárním potrubím (3), nebo s vysokotlakými kolektory (14) parogenerátoru (1), jakož i z ponorného výměníku (16) havarijního dochlazování, který je umístěn pod vtokovým otvorem (20) v části pohotové havarijní zásoby (15) chladiva vymezené tenkostěnným pláštěm (17).

2. Náhradní zařízení podle bodu 1, vyznačené tím, že trojcestná armatura (8) je tvořena dvěma uzavíracími armaturami.

3. Náhradní zařízení podle bodu 1, vyznačený tím, že pro vtok chladiva z pohotové havarijní zásoby (15) chladiva do vysokotlakých kolektorů (10) parogenerátoru (1) je využito zvětšených hrdel pro odvzdušňování primární strany parogenrátoru (1).

4. Náhradní zařízení podle bodu 1, vyznačené tím, že teplosměnná plocha ponorného výměníku (16) havarijního dochlazování je na straně ochlazovaného chladiva opatřena žebry.

1 výkres


13
13
12
14
14
1
13
3
3
P
3
2
3
3
13
8
7
19
19
20
9
15
17
18
10
11
12
16
17
21
6
7
6
7
5
6
4