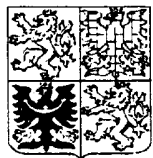


(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1241-93**

(22) Přihlášeno: **22. 06. 93**

(30) Právo přednosti:
24. 06. 92 US 92/903413

(40) Zveřejněno: **16. 03. 94**
(Věstník č. 3/94)

(47) Uděleno: **14. 05. 98**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **15. 07. 98**
(Věstník č. 7/98)

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁶:
G 21 C 1/09
G 21 C 19/04

(73) Majitel patentu:

WESTINGHOUSE ELECTRIC
CORPORATION, Pittsburgh, PA, US;

(72) Původce vynálezu:

Schulz Terry Lee, Murrysville, PA, US;

(74) Zástupce:

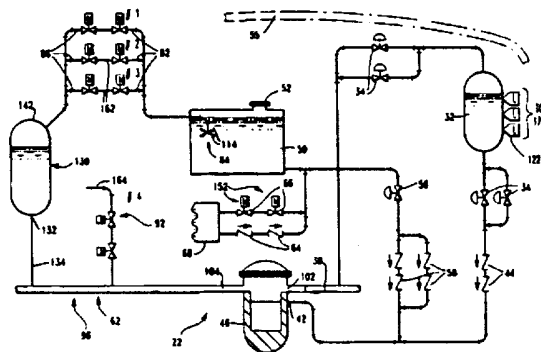
Čermák Karel JUDr. advokát, Národní 32,
Praha 1, 11000;

(54) Název vynálezu:

Zařízení na snižování tlaku pro jaderný reaktor

(57) Anotace:

Zařízení (96) pro snižování tlaku je určeno pro jaderný reaktor (22), který má nádobu (46) reaktoru, umístěnou ve vnitřku pláště (55), a vstupní a výstupní potrubí (102, 104), připojená k nádobě (46) reaktoru, tvořící chladicí okruh (62). Zařízení (96) obsahuje ventily (82) pro snižování tlaku, zapojené v průtočném spojení s chladicím okruhem (62) a alespoň jeden rozstřikovač (84), který je v průtočném spojení s vnitřkem pláště (55), přičemž rozstřikovač (84) je v průtočném spojení s alespoň jedním z uvedených ventilů (82). Alespoň jeden další ventil (92) pro snižování tlaku je spojen potrubím (164) s horní částí výstupního potrubí (104) a s pláštěm (55). Prostředky ve formě ovladačů reagujících na úroveň (L) hladiny jsou upraveny pro postupné otevírání ventilů (82, 92) pro provádění snižování tlaku.



Zařízení pro snižování tlaku pro jaderný reaktor

Oblast techniky

Vynález se týká zařízení pro snižování tlaku pro jaderný reaktor, který má nádobu reaktoru, umístěnou ve vnitřku pláště, a vstupní a výstupní potrubí, připojená k nádobě reaktoru, tvořící chladicí okruh. Zařízení je určeno pro snižování tlaku v tlakovodním jaderném reaktoru tak, aby 5 přídavné chladivo mohlo být přidáváno při nízkém tlaku. Vynález se zejména týká systému spojení ventilů s rozstřikovači otevřením průtočných drah mezi horkou větví primárního chladicího okruhu jaderného reaktoru a zásobní nádrží vody. Systém ventilů se otevírá ve stupních pro rychlé snížení tlaku bez náhlého hydraulického zatížení příslušného potrubí.

10 Dosavadní stav techniky

Zařízení pro snižování tlaku, obsahující rozstřikovače, se používají u varných reaktorů pro ochranu při přetlaku tak, že chladicí médium může být přidáváno použitím nízkotlakého čerpadla a nikoli vysokotlakého čerpadla. Na začátku snižování tlaku se provede jednoduše otevření jednoho nebo několika ventilů spojujících chladicí okruh s rozstřikovači. Rozstřikovače jsou 15 tvořeny potrubími, opatřenými malými otvory, ponořenými do vody zásobní nádrže, v níž panuje například atmosférický tlak. Když se uvedené ventily otevřou, vystupuje pára z otvorů rozstřikovače do zásobní nádrže, a kondenzuje ve vodě, čímž následně dojde ke snížení tlaku v chladicím okruhu.

Při běžném snižování tlaku ve varném reaktoru není úkolem snížit tlak chladicího média na atmosférický tlak, avšak snížit jej pouze na tu hodnotu, při níž mohou čerpadla vstřikovat vodu do chladicího okruhu. Rozstřikovače jsou určeny pro snížení tlaku na asi 69 až 138 kPa, pro 20 umožnění vstřikování vody z relativně nízkotlakého čerpadla.

Tlakovodní reaktor pracuje při podstatně vyšším tlaku chladicího média. Teplota chladicího média v tlakovodním reaktoru průměrného výkonu může být řádově 330 °C. Funkční tlak 25 chladiva v nádobě reaktoru může být 15 MPa.

Může být potřebné přidávat vodu do chladicího okruhu jaderného reaktoru za různých podmínek či okolností. Když je reaktor v činnosti, může být úroveň chladiva poněkud nižší vzhledem k unikání různými díly, jako jsou odlehčovací ventily, nebo vzhledem k unikání malými otvory v chladicím okruhu, což však nepředstavuje kritické poškození, vyžadující eventuální přidávání 30 chladicího média. Při velkých ztrátách chladicího média může velké porušení chladicího okruhu způsobit velké proudění chladicího média do vnitřku pláště. Zařízení pro snižování tlaku musí vhodně reagovat na jakoukoli eventualitu umožněním přidávání dostatečného množství chladicího média pro dostatečné základní chlazení jaderného paliva.

Kde se propojení mezi chladicím okruhem nebo nádrží s vysokým tlakem a nízkotlakým 35 výstupem, kterým může být rozstřikovač, provede náhle, nastává velké tepelné a hydraulické zatížení potrubí a chladicího okruhu jako celku. Navíc počáteční propojení chladicího okruhu s rozstřikovači uvolňujícími tlak vyústí v podstatný úbytek chladicího média, způsobený velkým tlakovým rozdílem mezi tlakem chladiva v chladicím okruhu a ve výstupech (například v otvorech rozstřikovače). Z těchto obou důvodů existuje potenciální nebezpečí poškození 40 jaderného reaktoru při snižování tlaku. Nehledě na možnost způsobení poruch potrubí vzhledem k tepelnému a hydraulickému zatížení, způsobí úbytek chladicího média zvýšení nebezpečí toho, že zbývající chladicí médium nebude dostatečně schopno udržovat chlazení jaderného paliva. Existuje proto potřeba vytvoření zařízení pro snižování tlaku, které by minimalizovalo zatížení a zachovalo chladicí médium v chladicím okruhu postupnějším otevíráním průtoku pro 45 uvolňování tlaku.

U bezpečnostních systémů jaderných reaktorů je zapotřebí minimalizovat spoléhání se na aktivní elementy, jako jsou čerpadla. Patent US 4 753 771, udělený Conwayovi a kol., řeší bezpečnostní

- 5 systém, který používá vysokotlaké a nízkotlaké přívody pro přidávání vody do chladicího okruhu. Nízkotlaký přívod je tvořen nádrží o atmosférickém tlaku (to jest tlaku uvnitř pláště, obklopujícího jaderný reaktor), a je uspořádán uvnitř pláště, obklopujícího jaderný reaktor, nad chladicím okruhem, a je připojen k chladicímu okruhu přes zpětný ventil. Vysokotlaká
 10 doplňovací nádrž dodává vodu po krátkou dobu při unikání bez snížení tlaku. Během určité doby při spotřebovávání vysokotlaké zásobní vody je zapotřebí snížit tlak v chladicím systému reaktoru pro umožnění přidávání mnohem většího množství vody z nízkotlaké zásobní nádrže. Toto přidávání se provádí při relativně nízkém přetlaku (vzhledem k tlakové výšce kapaliny v zásobní nádrži) nebo dokonce při atmosférickém tlaku.
- 15 Podle reaktoru AP600 firmy Westinghouse Electric Corporation, jejíž částí vynález je, je vysokotlaká doplňovací nádrž schopna dodávat vodu asi 20 minut. Po snížení tlaku v chladicím okruhu v případě poruchy, to jest v nouzové situaci, se provádí vypouštění vody ze zásobní nádrže při atmosférickém tlaku do vnitřku pláště po dobu přibližně deseti hodin. Když se tato
 20 zásobní nádrž vyprázdní účinkem gravitace do vnitřku pláště, je tento vnitřek zaplněn do výšky umožňující recirkulaci vody kondenzující na vnitřních stěnách pláště, zakrývajících jaderný reaktor. Zásobní nádrž obsahuje dostatečné množství vody, která při jejím vyprázdnění do vnitřku pláště dosáhne dostatečné výšky pro vytvoření tlakové vody v jaderném reaktoru (umístěném ve spodní části pláště). Voda v reaktoru se vaří a tím umožňuje chlazení aktivní zóny reaktoru. Zařízení pro snižování tlaku odpouští páru z vařící se vody do vnitřku pláště. Pára
 25 kondenzuje na vnitřních stěnách tohoto pláště a vrací se jako voda, aby chladila jaderný reaktor.
- Snižování tlaku se provádí ve stupních. Z počátku se ventily otevrou menší potrubí, vedoucí k rozstřikovačům. Potom se dalšími ventily otevírají další větší potrubí, která rovněž vedou k rozstřikovačům. A konečně, v posledním stupni, se provede otevření chladicího systému přímo do vnitřku pláště, zakrývajících jaderný reaktor.
- 30 Úkolem vynálezu je vytvořit zařízení pro snižování tlaku pro jaderný reaktor, které bude schopno snižovat tlak rychle, bez vzniku velkých tepelných a hydraulických zatížení.
- Úkolem vynálezu dále je vytvořit zařízení, udržující chladicí médium v chladicím okruhu reaktoru.
- 35 Dalším úkolem vynálezu je vytvořit řadu stupňovitě pracujících ventilů pro snižování tlaku v jaderném reaktoru, zejména ventilů pro celý rozsah postupně se zvětšujících a/nebo více nepřímých průtočných drah, zejména tvořených řadou potrubí s různými průměry a/nebo velikostmi otvorů pro postupné zvětšování propojení chladicího okruhu s rozstřikovači při klesání tlaku.
- A konečně je úkolem vynálezu vytvořit ventily pro konečný stupeň snižování tlaku, které spojí
 40 horkou větev chladicího okruhu s vnitřkem pláště, zakrývajících reaktor, pro účinné odpouštění páry z chladicího okruhu, v němž bylo chladivo ohřáto jaderným palivem.

Podstata vynálezu

- 40 Uvedené úkoly splňuje zařízení pro snižování tlaku pro jaderný reaktor, který má nádobu reaktoru, umístěnou ve vnitřku pláště, a vstupní a výstupní potrubí, připojená k nádobě reaktoru, tvořící chladicí okruh, podle vynálezu jehož podstatou je, že obsahuje ventily pro snižování tlaku, zapojené v průtočném spojení s chladicím okruhem, alespoň jeden rozstřikovač, který je v průtočném spojení s vnitřkem pláště, přičemž rozstřikovač je v průtočném spojení s alespoň jedním z uvedených ventilů, alespoň jeden další ventil pro snižování tlaku, který je spojen potrubím s horní částí výstupního potrubí a s pláštěm, a prostředky pro postupné otevírání
 45 ventilů pro provádění snižování tlaku.

Ventily pro snižování tlaku se otevírají ve stupních, s výhodou při postupně se snižujícím tlaku, pro otevírání postupně větších průtočných drah pro dosažení snížení tlaku, přičemž tyto ventily jsou zapojeny paralelně. Snížení tlaku je snímáno sledováním úrovně hladiny chladiva ve

vysokotlaké doplňovací nádrži a používá se pro ovládání ventilů. Ventily mohou být spojeny s tlakovací nádrží uvnitř pláště zakrývajícího reaktor, připojené k výstupu chladiva z reaktoru. Alespoň jeden ventil pro snižování tlaku se otevírá při nejnižším tlaku a je zapojen přímo mezi chladicí okruh a vnitřek pláště. Nádobu reaktoru je umístěna v otevřené jímce uvnitř pláště, přičemž další ventily spojují tuto otevřenou jímku s potrubím spojujícím zásobní nádrž s chladicím okruhem pro přidávání vody do chladicího okruhu, přičemž voda uvnitř pláště může být přidávána z otevřené jímky.

Ventily středního stupně jsou spojeny s motorem a ventily posledního stupně jsou spojeny s pneumatickým ovladačem. Zařízení dále obsahuje zkušební ventily, zapojené v sérii s alespoň některými ventily, přičemž tyto zkušební ventily jsou zapojeny ve zkušebních potrubích, tvořících omezené průtočné dráhy.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále blíže objasněn na příkladech provedení podle přiložených výkresů, na nichž obr. 1 znázorňuje schema jaderného reaktoru se stupňovitým zařízením pro snižování tlaku, obr. 2 detailněji schema zařízení pro snižování tlaku podle vynálezu, obr. 3 svislý řez jaderným reaktorem, v němž je vidět nádobu reaktoru a vodní nádrže a obr. 4 příčný řez jaderným reaktorem podle obr. 3.

Příklady provedení vynálezu

Na obr. 1 jsou znázorněny dva zdroje chladicího média pro doplňování úbytku chladicího média v jaderném reaktoru 22. Vysokotlaká doplňovací nádrž 32 je zapojena přes ventily 34 mezi vstupem chladicího média neboli chladnou větví 38 a vstřikovacím vstupem 42 nádoby 46 reaktoru. Objem vysokotlaké doplňovací nádrže 32 je omezený. Mnohem větší množství chladicí vody je k dispozici v zásobní nádrži 50 doplňovací vody, umístěné uvnitř pláště 55, a v níž panuje vzhledem k větracímu otvoru 52, který se otevírá ze zásobní nádrže 50 do vnitřku pláště 55, atmosférický tlak. Pro odvádění vody ze zásobní nádrže 50 do chladicího okruhu 62 jsou upraveny jednak jeden ventil 56 a jednak řada zpětných ventilů 58. Pro vrácení vody z jímky 68, umístěné mimo plášť 55, jsou upraveny přídatné zpětné ventily a/nebo motoricky ovládané ventily 64. Tyto ventily 58 a 64 však vyžadují, aby byl reaktor pro umožnění vstřikování chladicího média zcela odtlakován.

Jak vyplývá ze znázornění na obr. 1 a 2, je jaderný reaktor 22 odtlakován odvodušněním chladicího okruhu 62 do vnitřku pláště 55 v několika stupních snižování tlaku. Otevřením ventilů 82, zapojených přes rozstřikovače 84 mezi chladicím okruhem 62 a vnitřkem pláště 55, je možno provést například tři počáteční stupně, přičemž příslušné ventily 82 v každé větvi se otevírají při postupně nižších tlakových úrovních vysokotlaké doplňovací nádrže 32 a jsou s výhodou zapojeny v rovnoběžných větvích potrubí 86, která se postupně zvětšují pro následující stupně. Konečný stupeň odtlakování se dosáhne otevřením ventilu 92, který připojuje chladicí okruh 62 přímo s vnitřkem pláště 55. Cílem je snížit tlak na atmosférický tlak tak rychle, jak je možno, načež se může chladicí médium přidávat do chladicího okruhu 62 účinkem gravitace při okolním tlaku uvnitř pláště 55, čímž se zabrání velkému tepelnému a hydraulickému zatížení, velké ztrátě chladicího média a jiným nebezpečným jevům. S výhodou jsou v každém případě upraveny v příslušném potrubí 164 dva ventily 92 v sérii za sebou, z bezpečnostních důvodů jako přídatné vypínací prostředky. Tyto ventily 92 pracují současně, přičemž pár těchto ventilů 92 nebo jejich sada jsou zde popsány jednoduše jako ventily 92.

Stupňovité snižování tlaku neboli odtlakování napomáhá ke snížení tepelného a hydraulického zatížení. Rovněž způsobuje, že nedbalé použití zařízení 96 na snižování tlaku bude méně prudké. Z počátku se pro snižování tlaku otevře relativně malá průtočná dráha, která se stupňovitě zvětšuje. Toho se dosáhne postupným otevíráním průtočných drah při dosažení snížených

nastavení tlakových úrovní a rovněž časovaným otevíráním ventilů 82, 92 pro jednotlivé průtočné dráhy.

Na obr. 1 a 2 je schematicky znázorněno zařízení 96 pro snižování tlaku a jaderný reaktor 22 a na obr. 3 a 4 jsou znázorněna jejich konkrétní tělesná vytvoření. Stejně vztahové značky byly
5 použity u stejných součástí na všech obrázcích.

Zařízení 96 pro snižování tlaku snižuje tlak v jaderném reaktoru 22, jehož nádoba 46 reaktoru je umístěna uvnitř pláště 55, přičemž k nádobě 46 reaktoru jsou připojena vstupní potrubí 102 a výstupní potrubí 104. Mezi výstupní potrubí 104 a vstupní potrubí 102 je pro odvádění
10 užitečné energie zapojen alespoň jeden parní generátor 110, pohánějíci obvykle elektrický generátor. Nádoba 46 reaktoru, vstupní a výstupní potrubí 102, 104 a parní generátor 110 svým vzájemným propojením tvoří recirkulační chladicí okruh 62, v němž cirkuluje pod tlakem voda ohřátá jaderným palivem.

V průtočném spojení s chladicím okruhem 62 a u alespoň jednoho rozstřikovače 84 v průtočném spojení s vnitřkem pláště 55 je zapojeno několik ventilů 82, 92. Tyto ventily 82, 92 jsou opatřeny
15 ovládacími prostředky pro postupné otevírání těchto ventilů 82, 92 pro provádění snižování tlaku. Otevíráním ventilů 82, 92 nebo jejich skupin ve stupních se propojení mezi chladicím okruhem 62 a vnitřkem pláště 55 zvětší. Současně se snižuje tlak v chladicím okruhu 62. Ventily 82, 92 se otvírají postupně ovládacími signály z ovládacích zařízení nebo s výhodou pomocí čidel 122, spojených s vysokotlakou doplňovací nádrží 32 a uspořádaných tak, že každý jeden
20 postupný ventil 82, 92 nebo každá postupná skupina těchto ventilů 82, 92 se otevírá při postupně nižším nastavení úrovně tlaku.

Tlakovací nádrž 130 je umístěna s výhodou rovněž uvnitř pláště 55 a její spodní část 132 je připojena potrubím 134 k výstupnímu potrubí 104 reaktoru, zde rovněž označovanému jako horká větev chladicího okruhu 62. Horní část 142 tlakovací nádrže 130 je připojena k alespoň
25 jednomu ventilu 82, určenému pro snižování tlaku. Ventily 82, které se otvírají v různých stupních úrovně tlaku, jsou připojeny k vnitřku pláště 55 přes rozstřikovač 84, to jest výstupní otvor kapaliny ponořený ve vodě zásobní nádrže 50, viz obr. 1. Rozstřikovač 84 je opatřen řadou otvorů 114, ponořených ve vodě zásobní nádrže 50. Tato zásobní nádrž 50 vody je odvzdušněna do vnitřku pláště 55, což znamená, že v zásobní nádrži 50 panuje atmosférický tlak. S výhodou je
30 zásobní nádrž 50 opatřena vhodnými ventily 152 pro vyprazdňování účinkem tíže do jedné nebo několika nádob 46 reaktoru, chladicího okruhu 62 a/nebo jímky 68 ve spodní části vnitřku pláště 55, aby se chladila aktivní zóna v případě nehody, například při úbytku chladicího média. Protože ventily 82 pro vyšší stupně tlaku otevírají přístup do zásobní nádrže 50 a zásobní nádrž 50 se otevírá do vnitřku pláště 55, uniká v tomto uspořádání tlak z chladicího okruhu 62 do
35 vnitřku pláště 55.

Ventily 82, 92 pro snižování tlaku jsou připojeny k vnitřku pláště 55 přes potrubí 162, 164, jejichž průtočnost se postupně zvětšuje při otevírání ventilů 82, 92 při postupně nižších tlacích. Proto se zvětšuje průtočné spojení mezi chladicím okruhem 62 a vnitřkem pláště 55 otevíráním
40 potrubí 162, 164 při snižování tlaku v chladicím okruhu 62. Dále je velikost otevření průtočné dráhy pro daný stupeň otevření větší než velikost otevření průtočné dráhy při předchozím stupni otevření. Výsledkem je postupné, avšak rychlé snížení tlaku v chladicím okruhu 62. Pro provedení postupnější změny mohou být ventily 82, 92 ovládány servomotory nebo i jiným způsobem, aby se otvíraly ze zcela zavřeného stavu do zcela otevřeného stavu po určitou dobu, čímž je omezena špička proudění těmito ventily 82, 92.

Alespoň jeden z ventilů 92 nebo skupiny ventilů 92 tvoří poslední stupeň snižování tlaku, to znamená, že tento ventil 92 nebo skupina ventilů 92 se otevírá při nejnižší úrovni tlaku vysokotlaké doplňovací nádrže 32. Ventil nebo ventily 92 vytvoří přímé spojení mezi chladicím
45 okruhem 62 a vnitřkem pláště 55 potrubími 164. S výhodou se v tomto posledním stupni otevře průtočná dráha mezi výstupním potrubím 104 reaktoru (to jest horkou větví chladicího okruhu 62) a vnitřkem pláště 55.
50

Ventily 82, 92 jsou s výhodou umístěny v několika rovnoběžných potrubích 162, zapojených mezi chladicím okruhem 62 a rozstřikovači 84, ponořenými v zásobní nádrži 50, nebo jsou upraveny v potrubí 164, ústícím do vnitřku pláště 55, přičemž postupně otevírají větší z těchto potrubí 162, 164, pro umožnění snížení tlaku, a otvírají se při postupně nižších tlacích, jak je naznačeno různými úrovněmi L hladiny ve vysokotlaké doplňovací nádrži 32.

Rozstřikovače pro varné reaktory, určené pro snižování tlaku v chladicím okruhu, avšak nikoli pro snižování tlaku na atmosférický tlak uvnitř pláště 55, jsou umístěny asi 5 metrů pod hladinou vody, což vytváří velký protitlak. Navíc průtočný odpor způsobuje další zvýšení protitlaku. Rozstřikovače 84 podle vynálezu jsou rovněž ponořeny ve vodě. V zařízení 96 na snižování tlaku podle vynálezu se kromě odpouštění tlaku přes rozstřikovače 84 do vnitřku pláště 55 odpouští tlak v posledním stupni snižování tlaku rovněž přímo do vnitřku pláště 55.

První stupeň snižování tlaku, u něhož probíhá odvodušnění z tlakovací nádrže 130, připojené k výstupnímu potrubí 104 jaderného reaktoru 22, do rozstřikovače 84, má relativně malou velikost průtočného potrubí 162, 164, čímž se snižuje počáteční náraz do chladicího okruhu 62 při začátku snižování tlaku. Následující stupně používají stále větší a větší velikosti potrubí 162, 164. Navíc je možno použít relativně pomalu se otvírající provedení ventilů 82, 92 pro měkčí dopad snižování tlaku. S výhodou otevře ventil 82 v prvním stupni vnitřní průměr potrubí 162 o velikosti 10 centimetrů a jeho otevírání do úplně otevřeného stavu trvá asi 20 sekund, a ventily 82 otevřou v druhém a třetím stupni potrubí 162 o velikosti 20 centimetrů, přičemž otevírání do úplného otevření trvá asi 90 sekund. Pomalé otevírání ventilů 82 snižuje špičku velikosti průtoku a uchovává existující chladicí médium v chladicím okruhu 62. S otevíráním ventilů 82 a postupným otevíráním dalších stupňů s postupně zvětšující se velikostí potrubí 162 dochází k pomalému a postupnému zvětšování propojení mezi chladicím okruhem 62, v němž se provádí snižování tlaku, a vnitřkem pláště 55.

Uvedené rozměry potrubí 162 jsou pouze příkladné, výhodné pro jaderný reaktor s kapacitou asi 600 MW. Tyto velikosti se mohou zvětšovat nebo zmenšovat pro přizpůsobení jiné kapacitě jaderného reaktoru a podobně. Podobně je možno odstupňování provést jiným počtem stupňů, než jak bylo popsáno ve spojení s provedením podle vynálezu.

Poslední stupeň, kterým je ve znázorněném provedení čtvrtý stupeň, provádí odpouštění chladicího okruhu 62 přímo do vnitřku pláště 55. V tomto čtvrtém stupni s výhodou otevírá ventil 92 potrubí 164 o průměru 30 cm. Tento ventil 92 nebo skupina těchto ventilů 92 v posledním stupni a potrubí 164, v němž jsou uspořádány, mají proto několik odlišností od prvních tří stupňů. Čtvrtý stupeň je zapojen z horké větve, tvořené výstupním potrubím 104 chladicího okruhu 62 (to jest výstupu z jaderného reaktoru 22), přímo do vnitřku pláště 55 a nikoli přes tlakovací nádrž 130 a/nebo rozstřikovače 84, ponořené ve vodě. Ačkoliv všechny stupně jsou zapojeny v průtočném spojení mezi vnitřkem pláště 55 a výstupním potrubím 104 z jaderného reaktoru 22, mají tyto stupně s malými potrubími 162 a/nebo které tvoří spojení přes tlakovací nádrž 130 a rozstřikovače 84 charakteristiku protitlaku, vzhledem k odporu, který pro proudění představují. Čtvrtý neboli poslední stupeň provádí odtlačování chladicího okruhu 62 až v podstatě na atmosférický tlak, panující uvnitř pláště 55.

Horká větev neboli výstupní potrubí 104 chladicího okruhu 62 (to jest výstup jaderného reaktoru 22) je místo, kde je chladicí voda v chladicím okruhu 62 nejvíce horká. Při činnosti jaderného reaktoru 22 má chladicí voda v této horké větvi teplotu asi 330 °C. Voda, vracející se z parního generátoru 110 chladnou větví 38, má teplotu asi 290 °C. I když je voda odebírána zařízením 96 na snižování tlaku při své nejvyšší teplotě, je chladicí médium efektivněji využito při provádění chlazení. Je možno odpouštět jak vodu, tak páru. Jakmile se otevře první stupeň, začíná zařízení 96 na snižování tlaku odvádět vodu z výstupního potrubí 104 do tlakovací nádrže 130, a potom ven až do vnitřku pláště 55. Ačkoli je tlakovací nádrž 130 spíše velkou nádrží, není i při odvádění rozstřikovači 84 průtok touto tlakovací nádrží 130 dostatečný pro odvádění jejího celého obsahu do zásobní nádrže 50. Proto voda v tlakovací nádrži 130 vytváří protitlak, který omezuje proudění prvními třemi stupni snižování tlaku. První tři stupně snižování tlaku mají

proto vlastnosti protitlaku, na rozdíl od čtvrtého stupně. Tím se vytvoří v zásobní nádrži 50 ve vodě nad rozstřikovači 84 větší tlak, hladina vody v tlakovací nádrži 130 stoupne a průtočný odpor, způsobený malým průměrem potrubí 162 ve srovnání s průměrem potrubí 164 pro poslední stupeň.

- 5 Ventily 82, 92, účinné pro příslušné stupně snižování tlaku, a/nebo ovladače uspořádané pro otevírání ventilů 82, 92 se zvolí podle rozdílu tlaku, při němž se předpokládá další otevírání ventilů 82, 92 při snižování tlaku. Zejména ventil 92 a/nebo ovladač posledního stupně snižování tlaku se s výhodou otevřou pouze pod předem stanoveným rozdílovým tlakem, čímž se minimalizuje možnost předčasného otevření posledního stupně.
- 10 Pára a voda ve výstupním potrubí 104, tvořícím horkou větev, se při snižování tlaku přímo ve čtvrtém stupni vedou dostatečně velkým otvorem, tvořeným výstupním potrubím 104, takže mezi nádobou 46 reaktoru a místem odpouštění potrubím 164 a ventilem 92 při tomto čtvrtém stupni se vytvoří pouze velmi malý průtočný odpor. Přímé spojení výstupního potrubí 104 s vnitřkem pláště 55 ve čtvrtém stupni snižování tlaku a velký průměr tohoto výstupního potrubí 104
- 15 a potrubí 164 přispívají k tomu, že tlak v nádobě 46 reaktoru a v chladicím okruhu 62 klesne v podstatě až na okolní atmosférický tlak uvnitř pláště 55. Nejdůležitější je ovšem tlak v nádobě 46 reaktoru, protože účelem snižování tlaku je umožnit odpouštění vody do jaderného reaktoru 22 nízkotlakými prostředky, zejména účinkem tíže ze zásobní nádrže 50.

- 20 S výhodou je v každém stupni zapojeno v sérii více ventilů 82, 92. Tyto ventily 82, 92, sériově zapojené, jsou normálně uzavřené. Zapojení dvou ventilů 82, 92 v sérii minimalizuje únik a zajišťuje, že otevření jakéhokoliv stupně je nepravděpodobné a nemůže být provedeno nedbalostí. Oba ventily 82, 92 mohou být otevřeny v každém stupni ovládacími signály z ovladače 172. První tři stupně mají ventily 82 ovládané příslušným motorem, opatřené popřípadě převodem pro dosažení otírání po určitou dobu, jak bylo uvedeno výše. S výhodou
- 25 jsou tyto ventily 82 ovládány napájením z baterií. Čtvrtý stupeň snižování tlaku používá odlišný typ ventilů 92 pro zabránění možnosti vzniku stejné poruchy, čímž se opět zvýší spolehlivost. Ventil 92 pro čtvrtý stupeň snižování tlaku může být například ovládán pneumaticky vzduchovým válcem. Alternativně může být tento ventil 92 ovládán explozí. Pro další zabezpečení může být v jaderném reaktoru 22 s více než jedním parním generátorem 110
- 30 připojen ke každému výstupnímu potrubí 104 z nádoby 46 reaktoru ventil s odlišným ovládaním, čímž se rovněž zvýší nepravděpodobnost možnosti vzniku stejné poruchy.

- Kde jsou u jaderného reaktoru 22 v parním generátoru 110 dva okruhy, tam mohou být tlakovací nádrže 130 a její ventily 82 pro počáteční stupně připojeny k jedné horké větvi a ventily 92 pro poslední stupeň (to jest čtvrtý stupeň) mohou být připojeny k jiné horké větvi. Propojením
- 35 počátečních stupňů přes tlakovací nádrž 130 a posledního stupně přímo do vnitřku pláště 55 je průtok omezen při počátečních stupních a vyrovnávací potrubí tlakovací nádrže 130 může být menší.

- Jak vyplývá z obr. 3 a 4, je každý chladicí okruh 62 částečně umístěn v sekci 175, která má betonové stěny 177. Při čtvrtém stupni snižování tlaku se provede otevření do příslušné sekce
- 40 175 chladicího okruhu 62. Betonové stěny 177 tvoří ochranný kryt pro obsluhu a je nepravděpodobné, že při činnosti celého zařízení bude obsluha v prostoru sekce 175 chladicího okruhu 62, protože zde je vysoká úroveň radiace. Jednou nevýhodou však je, že v této sekci 175 je umístěno několik zařízení, jako přístroje připojené k chladicím okruhům 62 pro sledování teploty a průtoku a elektrická spojení pro čerpadla chladicího média. Protože může vypouštěním
- 45 chladiva a jeho par z ventilů 92 při snižování tlaku dojít ke zvlhčení těchto zařízení, je zapotřebí před opětovným uvedením jaderného reaktoru 22 do chodu po provedeném odtlačování provést jejich vyčištění.

- Alternativně může být při čtvrtém stupni snižování tlaku vytvořeno propojení k výstupu z komory 181, určené pro výměnu paliva v reaktoru 22 (viz obr. 3 a 4). Tato komora 181 je
- 50 šachtou obloženou nerezovou ocelí, která se při výměně paliva zaplňuje vodou, a je výhodným místem pro nasměrování výstupu při čtvrtém stupni snižování tlaku.

5 Snižováním tlaku při třech prvních stupních dojde ke snížení tlaku v chladicím okruhu 62 na asi 345 kPa před otevřením čtvrtého stupně. Otevření relativně velkého potrubí 164 do vnitřku pláště 55 ve čtvrtém stupni sníží tlak v chladicím okruhu 62 na nízkou hodnotu, bez vzniku velkých sil, způsobených vypouštěním, a velkého průtoku. V závislosti na rozsahu varu dosud existujícího v nádobě 46 reaktoru může být minimální tlak větší než atmosférický tlak; stupňované provádění
15 snižování tlaku však účinně snižuje tlak až do stavu, při němž je možno přidávat chladicí médium ze zásobní nádrže 50 při atmosférickém tlaku. V zásobní nádrži 50 je dostatečné množství vody, která účinkem tlakové výšky může překonat tento zbývající tlak.

10 Dalším znakem zařízení podle vynálezu, znázorněným na výkresech je, že příslušné ventily 82, 92 mohou být v každém stupni otevírány individuálně a potom uzavírány při normálních podmínkách činnosti jaderného zařízení, pro přezkoušení jejich funkce. Jak je znázorněno na obr. 2, může být ve zkušebních větvích 194, vedoucích k rozstřikovači 84, upraveno několik malých solenoidových ventilů 192, provádějících izolování každého ze sériově zapojených ventilů 82 ve třech stupních, pro přezkoušení za sníženého tlaku. Tlak je snížen, protože
15 zkušební potrubí 196 jsou tvořena několika malými (například s vnitřním průměrem 2,0 cm) potrubími. Přezkušování při nízkém tlaku snižuje možnost unikání ventilů po provedeném přezkoušení.

Pro první tři stupně mohou dva zkušební solenoidové ventily 192 izolovat a tím přezkoušet
20 kterýkoli ze šesti ventilů 82 v prvních třech stupních. Podobné uspořádání pro přezkoušení ve čtvrtém stupni je rovněž znázorněno na obr. 2. Pro přezkoušení ve čtvrtém stupni je zapotřebí rovněž zkušebního solenoidového ventilu 192 tohoto typu, protože ventily 92 čtvrtého stupně jsou určeny pro činnost při nižších tlacích, než které jsou typické pro činnost jaderného zařízení.

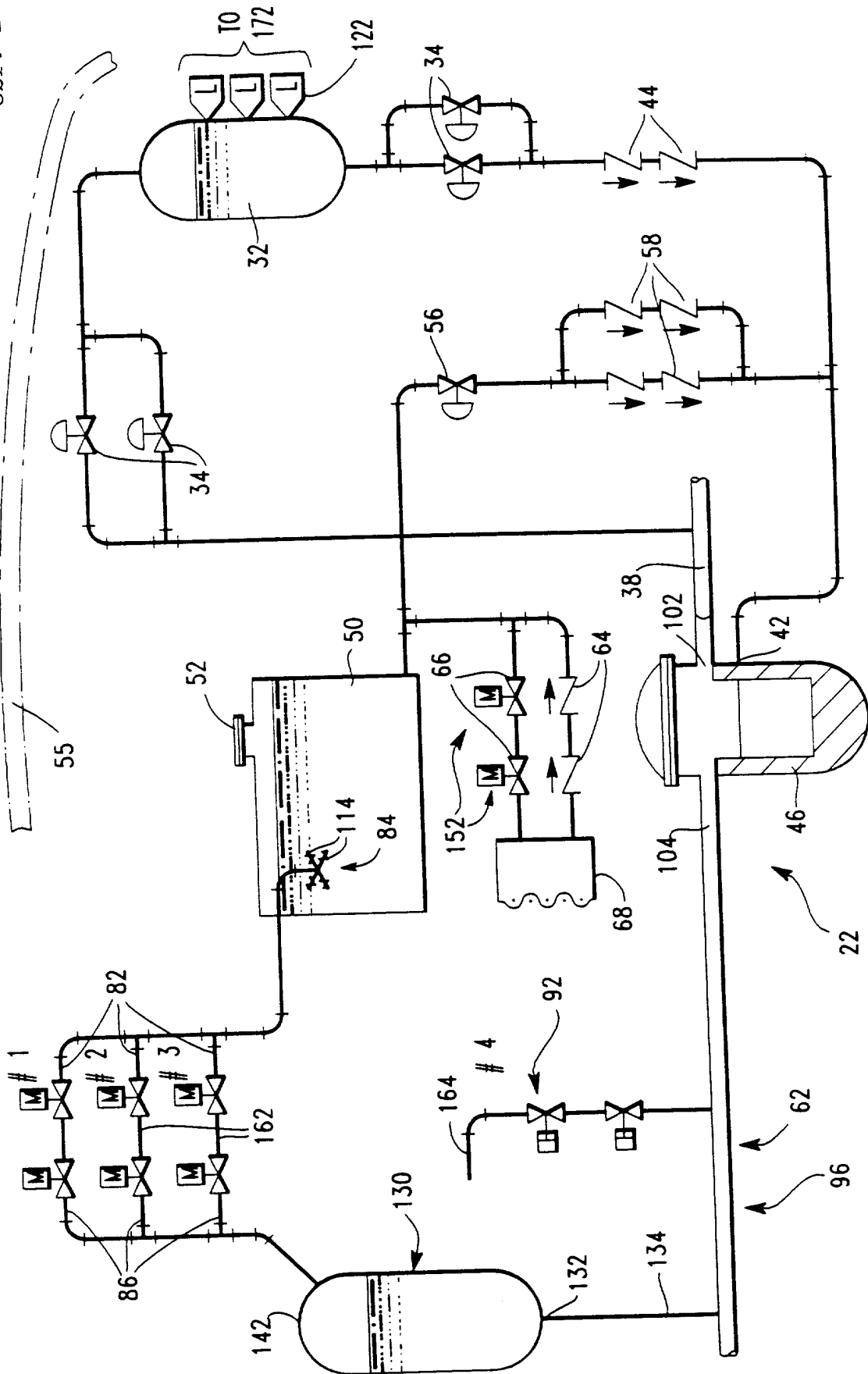
Zkušební solenoidové ventily 192 mohou být použity při ochlazení, vedoucím k výměně paliva, pro provedení mnohem přísnějšího přezkoušení automatického odtlakovacího systému a jeho ventilů. Přezkoušení může být provedeno například při středních tlacích v rozsahu od 2,76 MPa
25 do 4,14 MPa. Pro toto přezkoušení mohou být zkušební solenoidové ventily 192 uspořádány tak, že každý přezkušovaný ventil 82 nebo 92 podél celé odtlakovací dráhy se otevře při velkém rozdílovém tlaku ovládním zvoleného zkušebního solenoidového ventilu 192. Například je možno přezkoušet ventil 82 v každém páru, umístěný ve směru proti proudu, otevřením
30 zkušebního solenoidového ventilu 192, umístěného po proudu za ním, ve směru k rozstřikovačům 84. Ventil 82 každého páru, umístěný po proudu, může být přezkoušen otevřením zkušebního solenoidového ventilu 192, umístěného proti proudu, pro získání zvýšeného tlaku přiváděného do ventilu 82. V každém případě malá velikost zkušebního potrubí 196 omezuje průtok při přezkušování a snižuje dopad na zásobní nádrž 50, umístěnou po proudu,
35 i na atmosféru uvnitř pláště 55, zejména udržením radiace v přijatelných úrovních. Další možností je nasměrování průtoku do vhodného odváděcího prostředku mimo zásobní nádrž 50 vody.

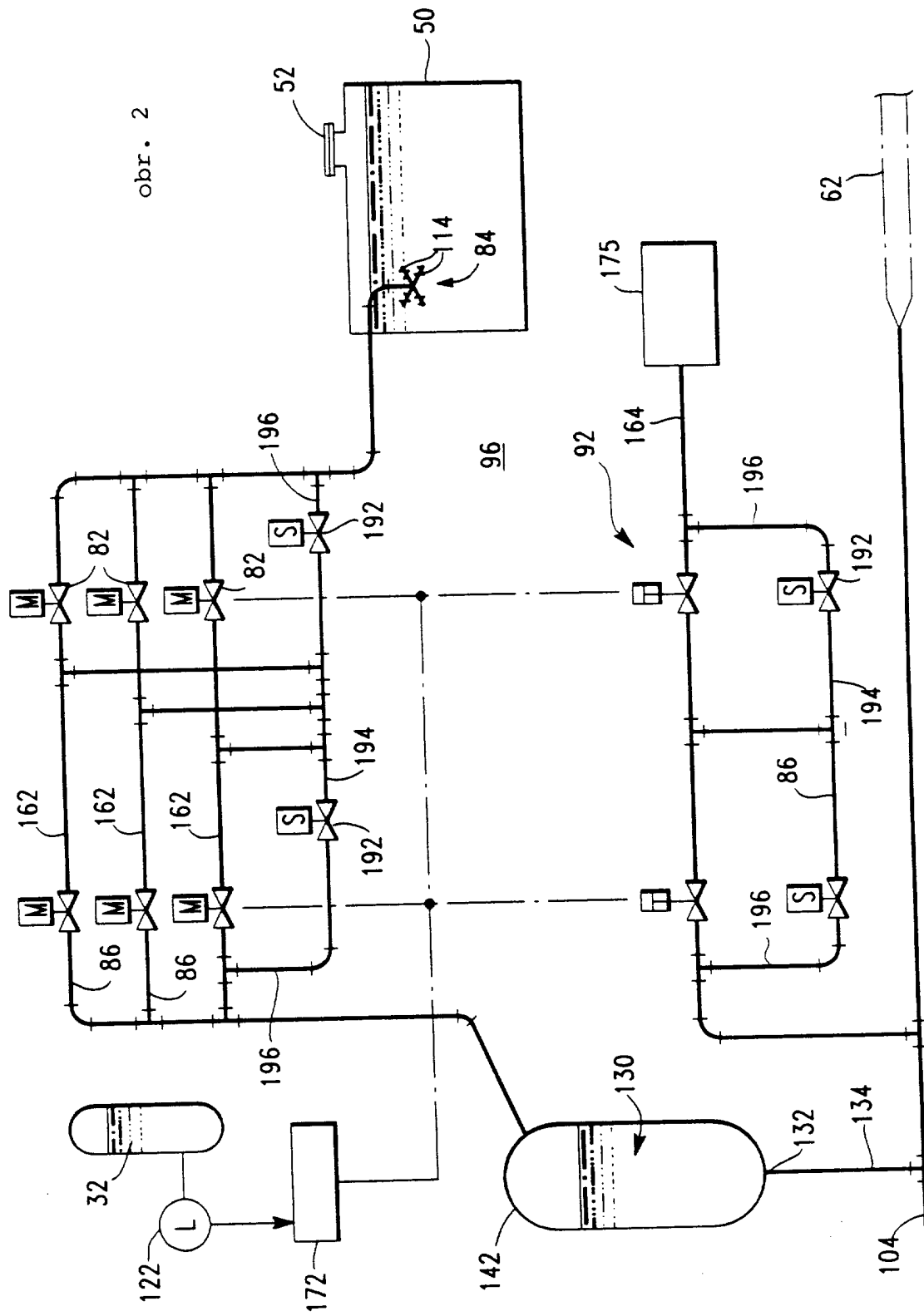
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zařízení (96) pro snižování tlaku pro jaderný reaktor (22), který má nádobu (46) reaktoru,
40 umístěnou ve vnitřku pláště (55), a vstupní a výstupní potrubí (102, 104), připojená k nádobě (46) reaktoru, tvořící chladicí okruh (62), **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že obsahuje ventily (82) pro snižování tlaku, zapojené v průtočném spojení s chladicím okruhem (62), alespoň jeden rozstřikovač (84), který je v průtočném spojení s vnitřkem pláště (55), přičemž rozstřikovač (84) je v průtočném spojení s alespoň jedním z uvedených ventilů (82), alespoň jeden další ventil (92)
45 pro snižování tlaku, který je spojen potrubím (164) s horní částí výstupního potrubí (104) a s pláštěm (55), a prostředky pro postupné otevírání ventilů (82, 92) pro provádění snižování tlaku.

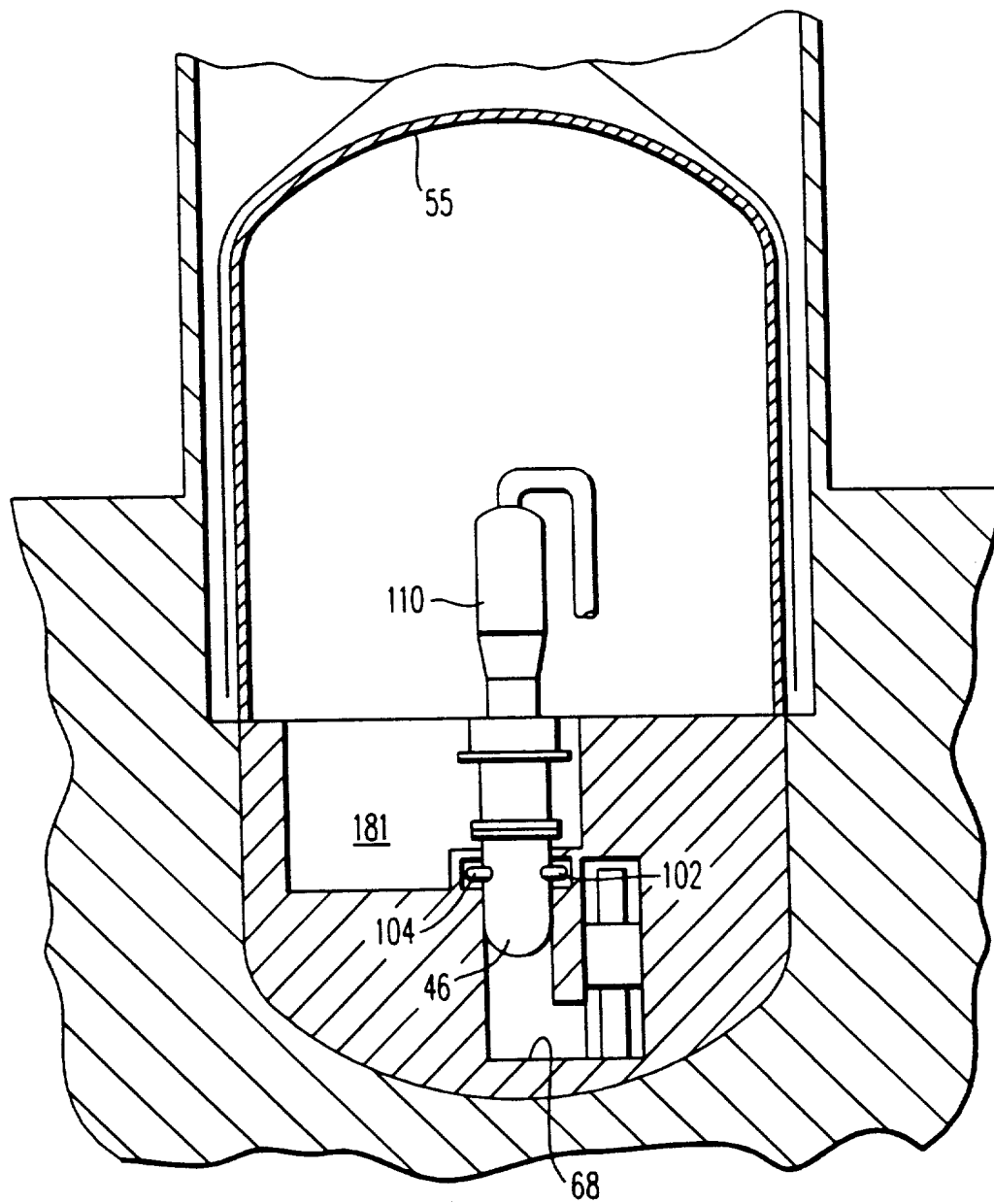
2. Zařízení (96) pro snižování tlaku podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že prostředky pro postupné otevírání ventilů (82, 92) pro snižování tlaku jsou tvořeny ovladači, reagujícími na úroveň (L) hladiny chladiva.
- 5 3. Zařízení (96) pro snižování tlaku podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že rozstřikovač (84) je ponořen v zásobní nádrži (50) vody, přičemž zásobní nádrž (50) je otevřena do vnitřku pláště (55).
- 10 4. Zařízení (96) pro snižování tlaku podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že zásobní nádrž (50) vody je zásobní nádrží vody pro zaplavení vnitřku při výměně paliva, přičemž zásobní nádrž (50) vody je dále opatřena prostředky pro vytékání vody do jímky (68) ve vnitřku pláště (55), zakrývajícího jaderný reaktor (22).
- 15 5. Zařízení (96) pro snižování tlaku podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že ventily (82, 92) pro snižování tlaku jsou spojeny s vnitřkem pláště (55) potrubími (86, 162, 164), které se postupně zvětšují pro otevření ventilů (82) při postupně nižších úrovních (L), pro zvětšení spojení mezi chladicím okruhem (62) a vnitřkem pláště (55).
- 20 6. Zařízení (96) pro snižování tlaku podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že alespoň jeden z ventilů (92) pro snižování tlaku je nastaven na tlak 345 kPa a je zapojen přímo mezi chladicím okruhem (62) a vnitřkem pláště (55).
- 25 7. Zařízení (96) pro snižování tlaku podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že ventily (82, 92) pro snižování tlaku zahrnují paralelně uspořádané ventily (82) pro snižování tlaku, zapojené mezi chladicí okruh (62) a alespoň jeden rozstřikovač (84), ponořený v zásobní nádrži (50), přičemž paralelně uspořádané ventily (82) pro snižování tlaku jsou zapojeny v postupně se zvětšujících potrubích (86, 162), a přičemž zásobní nádrž (50) vody je zásobní nádrží vody pro zaplavení vnitřku při výměně paliva a tato zásobní nádrž (50) je dále opatřena prostředky pro vytékání vody do jímky (68) ve vnitřku pláště (55), zakrývajícího jaderný reaktor (22).
- 30 8. Zařízení (96) pro snižování tlaku podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že jaderný reaktor (22) je opatřen vysokotlakou doplňovací nádrží (32), připojenou k chladicímu okruhu (62), a dále je opatřen prostředky (122) pro snímání úrovně (L) hladiny chladiva ve vysokotlaké doplňovací nádrži (32), připojenými k ovladačům (172) jednotlivých ventilů (82, 92) pro snižování tlaku pro postupné otvírání těchto ventilů (82, 92) pro snižování tlaku.
- 35 9. Zařízení (96) pro snižování tlaku podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že ventily (82, 92) pro alespoň dva stupně snižování tlaku jsou uspořádány tak, že ventily (82) středního stupně jsou spojeny s motorem a ventily (92) posledního stupně jsou spojeny s pneumatickým ovladačem.
- 40 10. Zařízení (96) pro snižování tlaku podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále sestává ze zkušebních ventilů (192), zapojených v sérii s alespoň některými ventily (82, 92), přičemž tyto zkušební ventily (192) jsou zapojeny ve zkušebních potrubích (194, 196), tvořících omezené průtočné dráhy.

obr. 1

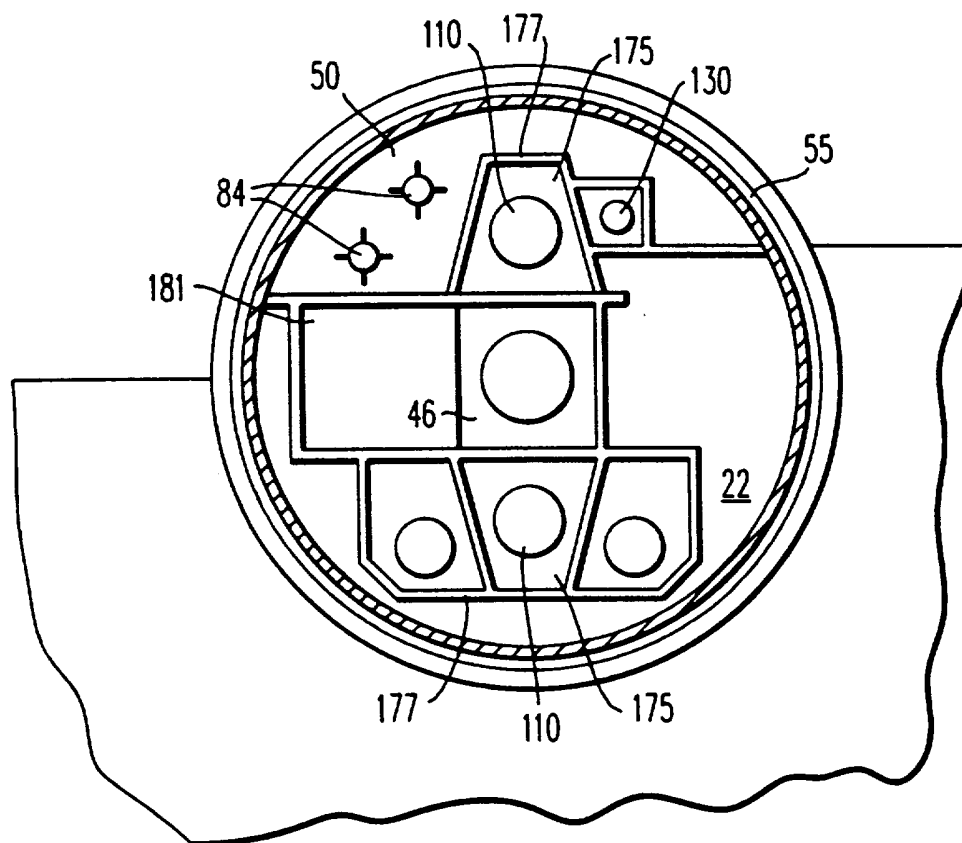




obr. 3



obr. 4



Konec dokumentu
