



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

195878
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
G 21 C 5/18

(22) Přihlášeno 04 05 76
(21) (PV 2942-76)

(40) Zveřejněno 29 06 79

(45) Vydáno 15 06 82

(75)
Autor vynálezu SÝKORA DALIBOR ing., PRAHA

(54) Havarijní akumulátor

1

Vynález se týká havarijního akumulátoru, který bývá v náležitém počtu kusů instalován v jaderných elektrárnách s tlakovodním, respektive vodovodním reaktorem za účelem rychlého znovuzaplavení a dochlazování reaktoru při jeho havarijních provozních stavech, vzniklých a náhlou ztrátou těsnosti primárního okruhu těchto dvouokruhových jaderných elektráren.

Dosud používané havarijní akumulátory jsou provedeny jako jednoduché válcové vertikální tlakové nádoby. Zakončeny jsou klenutými dny a jejich vybavení technologickými hrdly, průlezy nátrubky pro měření apod. odpovídá příslušným funkčním požadavkům kladeným na tato pasívně fungující bezpečnostní zařízení. Velikost havarijních akumulátorů, jejich počet, připojení, dispoziční umístění, zaplnění vodou a zejména velikost pracovního tlaku souvisí především s charakteristikami a parametry aktivní zóny, respektive paliva, dále s konstrukcí reaktoru, s provedením celého primárního okruhu a s celkovou koncepcí bezpečnostních systémů. Při navrhování havarijních akumulátorů se také uplatňují vliv provozních zkušeností, výzkum a vývoj v oblasti bezpečnostních a spolehlivostních analýz i stále rostoucí nároky bezpečnostních a schvalovacích předpisů.

2

Dnešní havarijní akumulátory mívají celkový jednotkový objem okolo 70 m³ a pracovní tlak vyvozovaný hnacím plynem v rozmezí 2 až 6 MPa. Spodní mez tlaku je typická pro havarijní akumulátory, jimiž jsou zastupovány tlakovodní reaktory americké a západoevropské, zatímco horní mez tlaku platí pro havarijní akumulátory, instalované v jaderných elektrárnách s vodovodními reaktory vyvinutými v SSSR. Dosavadní, zejména vysokotlaké havarijní akumulátory v jednoduchém provedení jsou relativně velmi hmotné, a tedy drahé, což jsou jejich nevýhody.

Výše uvedené nevýhody jsou zmenšeny u havarijního akumulátoru podle vynálezu, který spočívá v tom, že havarijní akumulátor je proveden jako dvoustupňový, takže sestává z vysokotlaké nádoby naplněné boro-
vanou vodou a stlačeným hnacím plynem a z nízkotlaké nádoby naplněné toutéž vodou, přičemž vysokotlaká nádoba je umístěna vně nebo uvnitř nízkotlaké nádoby, s níž má potřebná vnější nebo/a vnitřní funkční a pomocná propojení.

Charakteristikou technického pokroku jsou především značná úspora konstrukčního materiálu daná dvoustupňovostí havarijního akumulátoru nebo/a možnost dalšího zvýšení tlaku hnacího plynu, popřípadě i

možnost zvětšení objemu havarijního akumulátoru při stejné spotřebě konstrukční oceli. Zvýšením tlaku se jednak zvětší relativní zaplnění havarijního akumulátoru bórovanou vodou, jednak zrychlí znovuzaplavení reaktoru, takže dojde po dobu několika sekund ke značné kompenzaci havarijního výtoku vody z porušeného primárního okruhu. Jako velmi pozitivní je nutno hodnotit také skutečnost, že velká většina bórované vody z celkového vodního obsahu havarijního akumulátoru je nasycena dusíkem při nízkém tlaku, což zvyšuje, tj. příznivě ovlivňuje rychlost postupu chladicí vlny, která je vždy snižována desorbovaným dusíkem.

Určitou výhodou, mimo nižší nároky dispoziční, je i zvýšení autonomní klasické bezpečnosti integrovaného havarijního akumulátoru, jehož vysokotlaká nádoba je uvnitř nádoby nízkotlaké, oproti akumulátoru vysokotlakému jednoduchému. K výše uvedeným výhodám nutno připojit i související nevýhody, jimiž jsou poněkud složitější dvoustupňová konstrukce u integrovaného havarijního akumulátoru a větší počet armatur a rozsah potrubí, jímž je dvoustupňový akumulátor připojen na ostatní příslušná zařízení jaderné elektrárny.

Na dvou připojených výkresech je uvedeno zjednodušené schéma havarijního akumulátoru podle vynálezu včetně jeho potrubního napojení a grafické znázornění vylehčení konstrukce u navrženého dvoustupňového provedení havarijního akumulátoru.

Na obr. 1 je schéma integrované varianty dvoustupňového havarijního akumulátoru sestávajícího v podstatě z nízkotlaké nádoby 2 a z vysokotlaké nádoby 1, která je u této varianty uložena uvnitř nízkotlaké nádoby 2. Obě nádoby mají potřebná funkční napojení, reprezentovaná zejména vysokotlakým výtakovým potrubím 3 a nízkotlakým výtakovým potrubím 4, která jsou přes zde neočíslované zpětné armatury a uzavírací armatury 7 napojena na primární okruh jaderné elektrárny.

V horních částech tlakových nádob je havarijní akumulátor vybaven průlezy, montážním víkem a plynovým dusíkovým potrubím, znázorněným čerchovaně, v němž mimo jiné běžné uzavírací a pojišťovací armatury je instalována i průtržná membrána 5 a přepouštěcí armatura 8. Uvnitř obou tlakových nádob také mohou být plováky 6, které nahrazují, respektive zálohují funkci uzavíracích armatur 7. Schéma dále naznačuje jedno z konstrukčních řešení umožňující občasné vyjímání vysokotlaké nádoby 1 z nízkotlaké nádoby 2, které je založeno na osvědčené stykové geometrické dvojici koule — kužel na vodní straně a na plynotěsné přírubové dvojici na straně dusíku. Nutno podotknout, že těsnost styku koule — kužel bude vytvořena gravitací a/nebo rozebíratelným mechanickým spojem, o

čemž rozhoduje relace mezi tíží a vztlakem, který působí na vysokotlakou nádobu 1 po jejím vyprázdnění.

V klidovém nebo pohotovém stavu je vysokotlaká nádoba 1 zaplněna zčásti bórovanou vodou, zčásti dusíkem o tlaku P_1 , zatímco nízkotlaká nádoba 2 je zaplněna prakticky jen bórovanou vodou, neboť její plynový prostor vyplněný dusíkem o tlaku P_2 je zanedbatelný. Princip funkce tohoto havarijního akumulátoru je stejný s principem funkce havarijních akumulátorů dosavadních, avšak jeho pracovní režim má dvě etapy. V průběhu havarijního poklesu tlaku v primárním okruhu příslušné jaderné elektrárny dojde nejprve k otevření odpovídající zpětné armatury, k expanzi dusíku, a s ní spojenému vytlačování bórované vody z vysokotlaké nádoby 1 vysokotlakým výtakovým potrubím 3 do porušeného primárního okruhu.

Při poklesu hladiny na zadanou minimální hodnotu označenou zde L_1 , vyvolá impuls, znázorněný tečkovaně, uzavření příslušné uzavírací armatury 7 a otevření přepouštěcí armatury 8. Tím dojde k ukončení výtoku bórované vody z vysokotlaké nádoby 1 a k přepuštění částečně vyexpandovaného dusíku z vysokotlaké nádoby 1 do nízkotlaké nádoby 2, čímž jsou dány podmínky, aby obdobně proběhla i druhá etapa. Ta spočívá v následném tlakovém vypuzování bórované vody z nízkotlaké nádoby 2 nízkotlakým výtakovým potrubím 4 do havarovaného primárního okruhu, ve kterém mezitím dále poklesl tlak.

Druhá etapa využívá další expanze hnacího plynu. Při poklesu hladiny bórované vody v nízkotlaké nádobě 2 na úroveň označenou zde L_2 , dojde jen k uzavření druhé uzavírací armatury 7, čímž činnost havarijního akumulátoru končí. Na obr. 2 je graf znázorňující relativní úsporu konstrukčního materiálu při realizaci havarijního akumulátoru podle tohoto vynálezu, oproti jeho provedení dosavadnímu.

Poměr hmotností konstrukčního materiálu označený M_2/M_1 nového dvoustupňového provedení a stávajícího jednostupňového provedení havarijního akumulátoru je závislý na dvou bezrozměrných parametrech A a B. Parametr A je určen poměrem tlaků P_1/P_2 , tedy tlakem ve vysokotlaké nádobě P_1 a tlakem v nízkotlaké nádobě P_2 . Parametr B je dán poměrem průměrů D_2/D_1 nízkotlaké a vysokotlaké nádoby u zde uvedeného integrovaného dvoustupňového provedení havarijního akumulátoru.

Nad grafem jsou znázorněny stejné úseky válcových částí porovnávaných provedení havarijního akumulátoru s označením příslušných veličin, jimiž jsou hmotnost, tlak a průměr. Vlevo je naznačeno jednostupňové a vpravo integrované dvoustupňové provedení havarijního akumulátoru. Nutno podotknout, že graf odpovídá výpočtu, u něhož je zanedbán vliv den, v nichž jsou pro-

vedena hrdla a průřezy. Pro jaderný energetický blok s vodovodním reaktorem středního, respektive velkého výkonu byly předběžně uvažovány tyto konkrétní parametry: $D_1 = 1,5$ m, $D_2 = 3$ m, tedy $B = 2$. Potom, například při volbě parametru $A = 3$, vychází $M_2/M_1 = 0,5$, a tedy spotřeba konstrukčního materiálu poloviční. Zbývá poznamenat, že hmotnost dosavadního jednoduchého, respektive jednostupňového havarijního akumulátoru je zde přibližně 66 000 kilogramů, a že pro každý reaktor jsou instalovány čtyři havarijní akumulátory. Je evidentní, že stejné materiálové úspory přináší i neintegrovaná varianta dvoustupňového provedení havarijního akumulátoru, kde vychází menší průměr nízkotlaké nádoby, a tedy i menší síla její stěny.

Lze předpokládat, že po pečlivé technickoekonomické optimalizaci a důkladném experimentálním a provozním ověření se havarijní akumulátor podle vynálezu uplatní zejména u nových standardizovaných jaderných elektráren s vodovodními reaktory, s nimiž se počítá v energetických programech zemí RVHP, z důvodu materiálových úspor.

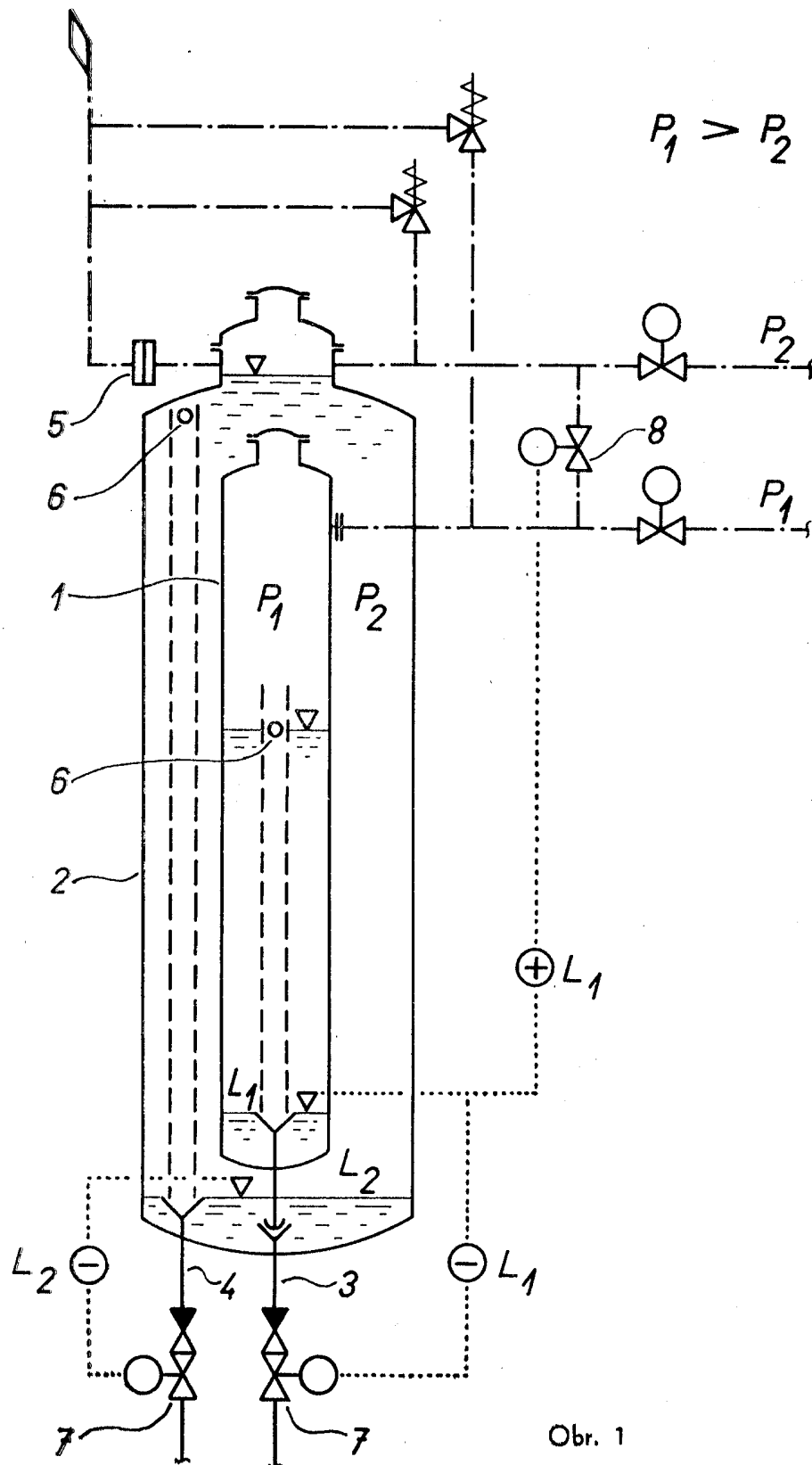
Na druhé straně pro reaktory tlakovodní poskytuje dvoustupňové provedení havarijního akumulátoru možnost intenzifikace jejich havarijního dochlazování. Je zřejmé, že extrapolace vedoucí k vícestupňovému řešení havarijního akumulátoru by prokázala další, ale již ne tak výrazné materiálové úspory. Za technickoekonomické a spolehlivostní porovnání však stojí řešení třístupňové, kde první stupeň by tvořila pouze hnacím plynem naplněná vysokotlaká nádoba. Další dvě nádoby, tj. středotlaká a nízkotlaká, by byly zaplněny prakticky jen bórovanou vodou. Natlakovány by byly hnacím plynem přepouštěným postupně až do havarijního impulsu. Výhodou by zde bylo úplné vyloučení sycení veškeré bórované vody hnacím plynem, nevýhodou potom snížení spolehlivosti tohoto havarijního akumulátoru vlivem zmenšení pasívnosti jeho funkce. Takovýto havarijní akumulátor lze také považovat za akumulátor dvoustupňový s odděleným zdrojem hnacího plynu, který rovněž může být uvnitř nebo vně nádoby středotlaké.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

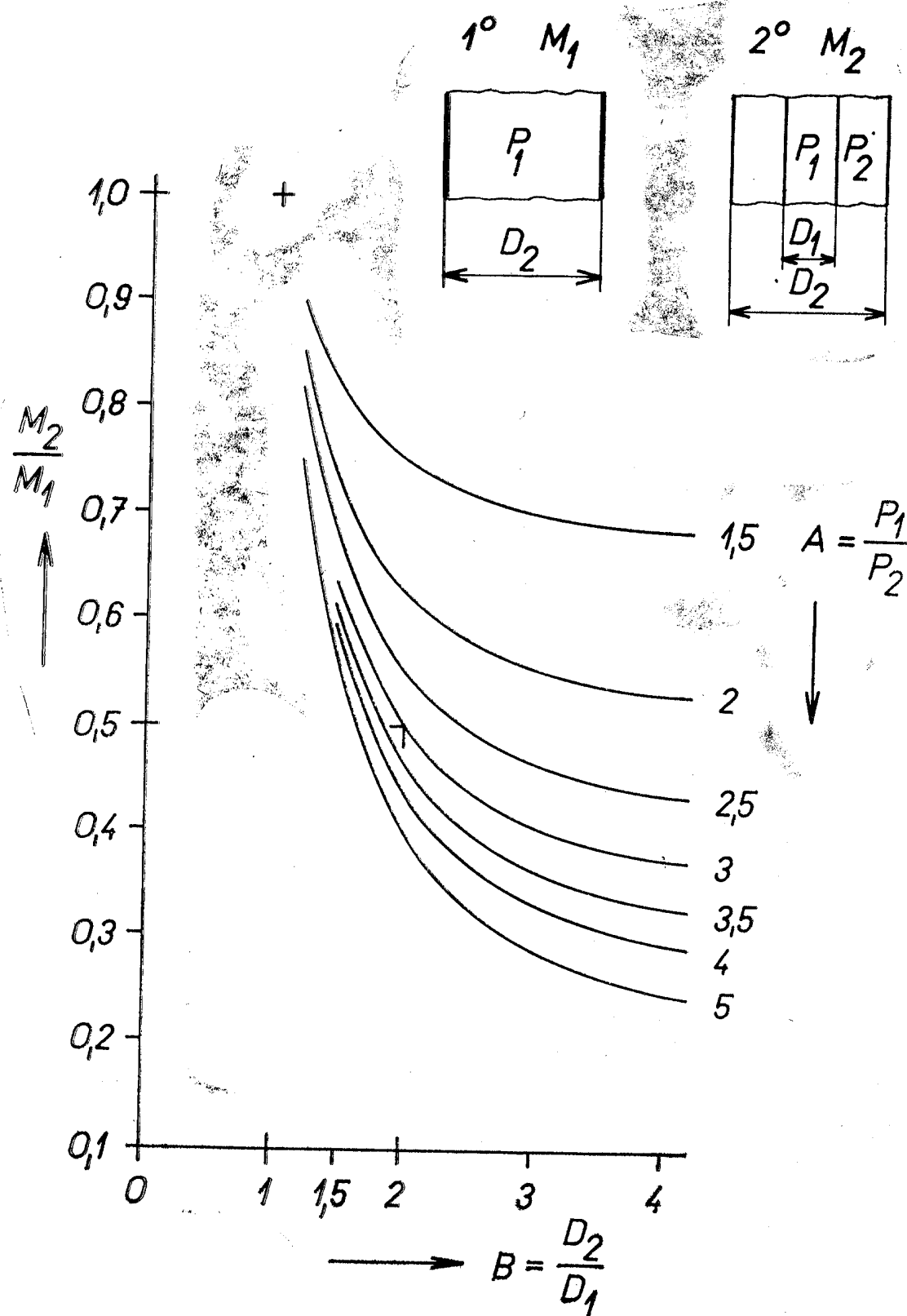
Havarijní akumulátor pro rychlé dvoustupňové, pasívně fungující havarijní dochlazování tlakovodního, respektive vodovodního jaderného reaktoru, k němuž dochází při velké a náhlé ztrátě těsnosti primárního okruhu jaderné elektrárny, vyznačený tím, že sestává z vysokotlaké nádoby

(1), naplněné bórovanou vodou a stlačeným hnacím plynem a z nízkotlaké nádoby (2), naplněné toutéž vodou, přičemž vysokotlaká nádoba (1) je umístěna vně nebo uvnitř nízkotlaké nádoby (2), s níž má potřebná vnější nebo/a vnitřní funkční a pomocná propojení.

2 listy výkresů



Obr. 1



Obr. 2