



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

227161  
(11) (B1)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 21 D 3/06

(22) Přihlášeno 27 10 81  
(21) (PV 7878-81)

(40) Zveřejněno 26 08 83

(45) Vydáno 15 06 86

(75)

Autor vynálezu

SÝKORA DALIBOR ing., PRAHA

## (54) Kontaktní vodní kondenzátor páry pro ochranné obálky jaderných elektráren

1

Vynález se týká vodního kondenzátoru páry pro ochranné obálky jaderných elektráren, jehož úkolem je snižovat pohavarijní tlak zatěžující ochranné obálky při haváriích spojených se ztrátou chladiva z primárních okruhů elektráren s tlakovodními, respektive vodovodními jadernými reaktory. Vynález též řeší zvýšení efektivnosti stávajících systémů lokalizace havárií, tím i při jeho využití zvýšení bezpečnosti, zejména provozního personálu ve dvouokruhových jaderných elektrárnách.

Dosavadní stav nejpokročilejší techniky, která je instalována nebo navrhována za účelem snižování pohavarijních tlaků v prostorech, ve kterých je umístěno jaderné energetické zařízení, je dnes dán sovětskou koncepcí vakuově barbotážních lokalizačních systémů a je uveden zejména v popisech vynálezů k čs. autorským osvědčením č. 177 368, 209 238 a 210 463. Tato bezpečnostní technika je schopna vytvořit v hermetickém tzv. prvním prostoru značný pohavarijní podtlak vůči tlaku atmosférickému, čímž je zaručena spolehlivá ochrana vnitřního i vnějšího okolí jaderné elektrárny proti nebezpečnému radioaktivnímu zamoření. Příslušný velmi důležitý bezpečnostní systém, jehož představitelem je předmětný kontaktní kondenzátor páry, má na jed-

2

né straně velké výhody, mezi které patří především jeho vysoká účinnost, pasivnost a spolehlivost funkce, jakož i jeho tepelná rovnováha, respektive teplotní vyrovnanost s okolím během jeho pohotového stavu. Na druhé straně má tento kondenzátor páry i závažné technické nedostatky. Jedná se především o doposud jen jednostupňové provedení kondenzátoru, čímž se dosahuje jen základní funkční efektivnosti systému lokalizace havárií. Dalším značným nedostatkem tohoto poměrně velkého kontaktního kondenzátoru je nezbytné velmi členité rozdělení vody do velkého počtu paralelně řazených vodních žlabů, což vede k vyšší spotřebě konstrukčního nerezového materiálu. Výše ukázané koncepční nedostatky jsou hlavními technickoekonomickými nevýhodami současných kontaktních kondenzátorů páry.

Výše uvedené nevýhody dnes realizovaných, jakož i zatím navržených a v odborné literatuře popsanych kontaktních kondenzátorů páry pro systémy lokalizace havárií v jaderných elektrárnách jsou podstatně zmenšeny u řešení kondenzátoru podle tohoto vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že kontaktní vodní kondenzátor páry je stupňový, přičemž první stupeň kontaktního vodního kondenzátoru je v provedení spr-

chovém, takže sestává z gravitační zásobní nádrže pohotové zásoby chladicí vody, opatřené pasivním samočinným vypouštěcím zařízením, jehož podstatnou částí je těleso s chladičem, umístěné nad prostorem pro interakci pohavarijního prostředí s desintegrovanou chladicí vodou a z vodního distribučního potrubí opatřeného výtokovými tryskami, respektive otvory, i z blánové či deskové vestavby, umístěné alespoň jedenkrát v polovině nebo dvakrát v jedné třetině a ve dvou třetinách výšky šachtového interakčního prostoru, zatímco druhý stupeň kontaktního vodního kondenzátoru, který je umístěn ve druhém prostoru a je instalován zároveň jakožto zpětně zcela neprůchozí, nebo zpětně jen částečně průchozí vodní uzávěr mezi prvním prostorem a druhým prostorem, je v provedení barbotážním, asymetrickým, pročež sestává z potrubí uzávěru, které je zakončeno zaplaveným rozdělovačem paroplynové směsi, a z nádoby uzávěru, ve které je druhá část pohotové zásoby chladicí vody.

Charakteristikou technické pokrokovosti u kontaktního vodního kondenzátoru páry podle tohoto vynálezu jsou zejména tyto jeho hlavní výhody. Stupňovým provedením, jehož výhodnost je známá a ověřená u celé řady technických zařízení a systémů, získává předmětný kondenzátor vyšší funkční efektivnost, přičemž vysoká spolehlivost jeho funkce zůstává zcela zachována. Za druhé, u více stupňového kondenzátoru se oproti stávajícímu jednostupňovému barbotážnímu kondenzátoru zmenšuje jeho velikost a tím i spotřeba konstrukčního materiálu, jakož i množství společensky nutné práce vynaložené na jeho realizaci. Za třetí, dvou stupňový předmětný kondenzátor umožňuje navrhovat, vyvíjet a realizovat koncepčně nové ochranné, tj. obálky víceprostorové odvozené od stávajících ochranných obálek, které se jeví přitažlivé z hlediska zvyšování bezpečnosti provozního personálu, zejména pracovníků obsluhy primární či jaderné energetické části elektrárny. Za čtvrté, různými relacemi, respektive poměry mezi teplovednou kapacitou prvního a druhého, tj. barbotážního asymetrického stupně kondenzátoru, jakož i jeho různým konstrukčním řešením, lze pozitivně ovlivnit či účelně omezit, respektive definovat základní tlakové i tepelné zátěže, které určují namáhání a tedy pevnostní vyložení jednotlivých částí příslušných ochranných obálek. Zároveň lze též předpokládat, že při optimálním řešení stupňového kontaktního kondenzátoru dojde ke snížení měrných investičních nákladů u těchto nových ochranných obálek. Za páté, vzhledem k jednoduchosti tvarů a kompaktnosti příslušných vodních nádrží a nádob kondenzátoru dojde vedle zmíněné úspory konstrukčního materiálu i k realizaci náhrady nerezového materiálu materiálem uhlíkovým, zejména u druhého stupně kontaktního kondenzátoru, a to s

ohledem na jeho dobrou přístupnost a udržovatelnost. Za šesté, z výše uvedených skutečností vyplývá, že popsaný stupňový kontaktní kondenzátor páry jakožto integrační součást perspektivních ochranných obálek se sníženým pohavarijním tlakem významně zvyšuje technickou a radiační bezpečnost provozu u dnes nejrozšířenějšího typu jaderných elektráren s lehkovodními reaktory a že může pozitivně ovlivnit i jejich technickoekonomické parametry a ukazovatele.

Na přiloženém výkresu je jakožto jeden příklad z více možných a účelných aplikací stupňového kontaktního vodního kondenzátoru páry znázorněno jeho použití u standardní jaderné elektrárny vybavené dvěma vodovodními reaktory nižšího či středního výkonu, kde na obr. 1 je zjednodušené dispoziční uspořádání kondenzátoru v hermetických prostorech příslušné ochranné obálky, zatímco na obr. 2 je principiální schéma jedné z více variant pasivního samočinného vypouštěcího zařízení, které je součástí prvního stupně kondenzátoru sprchového typu a které je použitelné i pro dnes již realizované sprchové systémy ochranných obálek dvouokruhových jaderných elektráren. Na obr. 1 je velmi zjednodušeně nakreslen dvoustupňový kondenzátor, který je navržen pro ochrannou obálku sovětské koncepce, která má dva hermetické prostory. Hermetický obal 1 ohraničuje první prostor 2 a druhý prostor 3, mezi nimiž je rovněž hermetická přepážka 4. V levé části prvního prostoru 2 je umístěn zde již nezakreslený primární okruh jaderné elektrárny, zatímco v pravé šachtové části prvního prostoru 2 je instalován první stupeň kondenzátoru v provedení sprchovém, který je v podstatě tvořen umístěnou gravitační zásobní nádrží 5 a distribučním potrubím 6, které je opatřeno otvory či výtokovými tryskami 7 a účelně rozvětveno v šachtě, případně v celém druhém prostoru 2. Zásobní nádrž 5 je vybavena samočinným pasivně fungujícím vypouštěcím zařízením reprezentovaným zde jeho tělesem 8 a sifonovým potrubím 9. Účelným příslušenstvím tohoto prvního stupně kondenzátoru je blánová, respektive desková vestavba 10, která je umístěna v hlavním interakčním objemu, tj. v šachtové části prvního prostoru 2, na některých vodorovných už nezakreslených výztuhách svislých stěn.

Druhý stupeň kontaktní kondenzace páry, který je zde zároveň zpětným vodním uzávěrem mezi oběma hermetickými prostory, je barbotážní, je výhodně umístěn ve druhém prostoru 3 a je vytvořen potrubím 11 uzávěru, které je zakončeno zaplaveným vodorovným děrovaným rozdělovačem 12 a nádobou 13 uzávěru, která je částečně naplněna vodou. Funkce znázorněného dvou stupňového kondenzátoru je velmi jednoduchá a spolehlivá a je následující. Po poruše primárního okruhu dochází v prvním prostoru 2 k rychlému růstu tlaku, a to vlivem

tvorby páry při fázové změně části odtlakované horké vody proudící z primárního okruhu do prvního prostoru 2, čímž samočinně zafunguje pasivní vypouštěcí zařízení znázorněné v obr. 1 jeho tělesem 8, které otevře gravitační zásobní nádrž 5, takže dojde k výtoku pohotové zásoby vody ze zásobní nádrže 5 a k jejímu průtoku distribučním potrubím 6 a výtokovými tryskami 7 a tedy k relativně velké a rovnoměrné desintegraci vody v prvním prostoru 2. Intenzivní kontaktní kondenzace vzniklé páry na padajících kapkách vody, jakož i na vodních filmech v deskové vestavbě 10 potlačuje růst parciálního tlaku páry v prvním prostoru 2 a minimalizuje ho právě v horních místech šachtové části prvního prostoru 2, ze kterých proudí odpovídající vlhká parovzdušná, respektive paroplynová směs do druhého stupně kondenzátoru páry, ve kterém se při barbotáži této směsi chladnou vodou zachytí jak zbylá pára, tak i unesená vlhkost. Z druhého stupně kontaktní kondenzace páry vystupuje prakticky už jen samotná směs nekondenzujících plynů, protože parciální tlak páry bude vždy odpovídat příslušné teplotě vody v nádobě 13 uzávěru a bude i v koncové fázi barbotáže při dostatečně velkém množství vody v nádobě 13 uzávěru velmi nízký. K obr. 1 lze ještě podotknout, že účelnost deskové vestavby 10 spočívá v intenzifikaci kontaktní kondenzace páry vlivem jednak zvětšení doby pobytu vody v interakčním objemu, jednak v podstatném zrovnoměnění rychlosti stoupavého proudění parovzdušné směsi ve velkém vodorovném průřezu šachtové části prvního prostoru 2. Dále je zde symbolicky naznačeno, že zavedením alespoň jedné větve distribučního potrubí 6 s výtokovými tryskami 7 do místností primárního okruhu lze zálohovat, respektive alespoň částečně nahradit stávající aktivní sprchové systémy. Na obr. 2 je schematicky znázorněna jedna z konstrukčních variant pasivního samočinného vypouštěcího zařízení. V tělese 8 vypouštěcího zařízení je umístěn nahoře upevněný vlnovec 14, jehož spodní pohyblivý konec je spojen s deskou 15, na které je zavěšeno táhlo 16 zakončené dole kuželkou 17, která dosedá na výtokové hrdlo 25. Pro nastavení optimálního otevíracího tlaku je k desce 15 připojeno vyměnitelné závaží 18 a nastavitelná pružina 19. Pro možnost periodických zkoušek je těleso 8 vypouštěcího zařízení opatřeno jednak zkušebním uzávěrem 20, který je za pohotového stavu otevřen stejně jako drenážní armatura 22, která je instalována za účelem odvodu zkondenzované vlhkosti z vnitřního prostoru tělesa 8 vypouštěcího zařízení, jednak armaturou 21 tlakového vzduchu, respektive plynu. Nepostradatelnou je i atmosférická trubice 23, která spojuje vnitřní prostor vlnovce 14 s prostorem přibližně stálého tlaku, případně s prostorem, v němž po havárii tlak vzrůstá s určitým časovým zpožděním. Vedení 24 táhla

16 je vhodné doplnit již neznázorněným spojením děleného táhla 16, aby bylo možno prověřit funkci vypouštěcího zařízení i bez nadzvednutí kuželky 17. Velmi účelnou součástí instalovanou v gravitační zásobní nádrži 5 je chladič 26, který udržováním nízké ale nadnulové teploty vody podstatně zmenšuje její potřebné množství, čímž se zmenšují rozměry o hmotnost gravitační zásobní nádrže 5.

Funkce vypouštěcího zařízení znázorněného na obr. 2 je následující. Při havarijním vzrůstu tlaku v prvním prostoru 2 proniká párou stlačovaný vzduch otevřeným zkušebním uzávěrem 20 i drenážní armaturou 22 do tělesa 8 vypouštěcího zařízení. V určitém okamžiku dojde k porušení klidové rovnováhy sil a nastane stlačování vlnovce 14 a tím k pohybu všech pohyblivých součástí mezi deskou 15 a kuželkou 17. Po otevření výtokového hrdla 25 nastane gravitační výtok vody ze zásobní nádrže 5, přičemž úplnost vyprazdňování zásobní nádrže 5 zajišťuje sifonové potrubí 9. V případě potřeby lze vypouštěcí zařízení opatřit například vhodným kinematickým převodem, případným ponořeným tělesem, respektive otevřenou nádobou upevněnou symetricky na táhlu 16 za účelem opětovného dosednutí kuželky 17 na výtokové hrdlo 25, tlumičem kmitání, uzávěrem pod výtokovým hrdlem 25 apod.

Orientační předběžné úvahy konkrétní aplikace kontaktního kondenzátoru podle tohoto vynálezu byly vztaženy na čs. budované jaderné elektrárny se dvěma vodovodními reaktory o elektrickém výkonu  $2 \times 440$  MW, kde každý reaktor má vlastní lokalizační havarijní systém. Rozměry jedné stávající šachtové části prvního prostoru jsou: délka 39 m, šířka 8,55 m a výška 41,9 m. Objem druhého prostoru činí  $19\,600\text{ m}^3$ . Pro první, tj. sprchový stupeň kontaktního kondenzátoru se uvažuje pohotová zásoba nepodchlazené vody do  $800\text{ m}^3$ , pro druhý stupeň pak množství vody v rozmezí 100 až  $200\text{ m}^3$ . Počet trysek vychází z závislosti na jejich jmenovitém výkonu a volitelné době výtoku zásobní nádrže řádově ve stovkách kusů. Pro demonstraci efektu podchlazení pohotové zásoby chladicí vody vůči teplotě okolí stačí uvést následující. Současné řešení teplotnický bohatě vyloženého barbotážního kondenzátoru lokalizačního havarijního systému těchto jaderných elektráren počítá s počáteční, respektive předhavarijní teplotou vodní náplně  $40^\circ\text{C}$  a s pohavarijní teplotou  $57^\circ\text{C}$ , takže ohřev této vody během barbotáže při havárii činí  $17^\circ\text{C}$ . Je evidentní, že pro stejnou celkovou teplo-odvodnou kapacitu tohoto bezpečnostního zařízení postačí poloviční množství vody, bude-li tato voda udržována během předhavarijního provozu na teplotě  $23^\circ\text{C}$  s tím, že po havárii se zvýší rovněž na  $57^\circ\text{C}$ . Lze předpokládat, že z technicko-ekonomického hlediska optimální počáteční teplota poho-

tové zásoby chladicí vody jakéhokoliv kontaktního vodního kondenzátoru páry stejné-

ho účelu se bude nacházet v rozmezí teplot 5 °C až 25 °C.

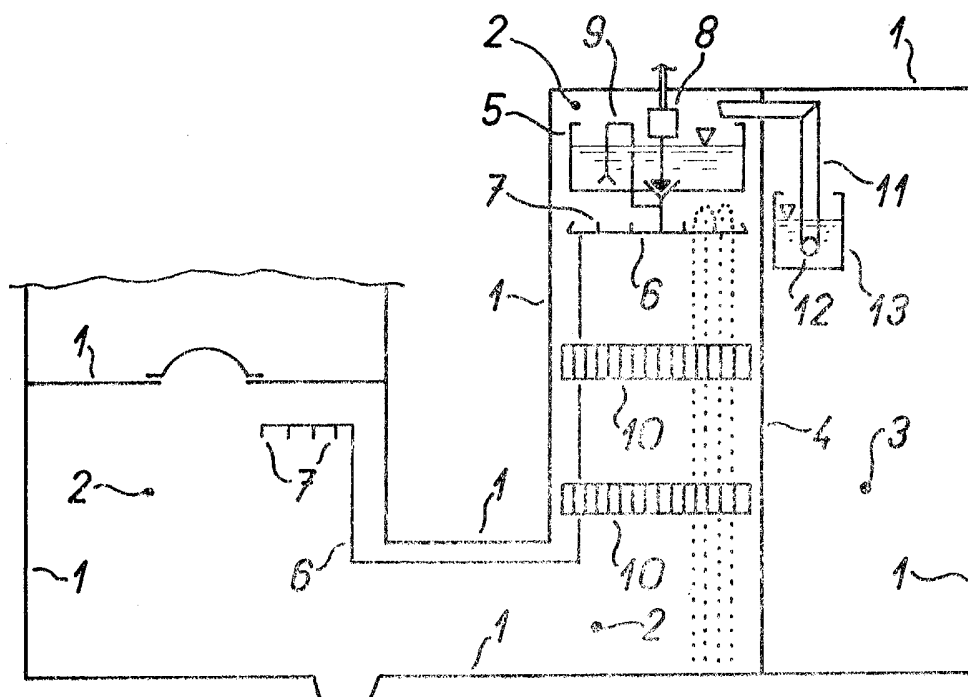
#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Kontaktní vodní kondenzátor páry pro ochranné obálky jaderných elektráren, který je hlavním zařízením systému lokalizace havárií, respektive systému snižování pohavarijního tlaku v ochranné obálce, ve které je umístěn primární okruh jaderné elektrárny s tlakovodním neboli vodovodním reaktorem, vyznačený tím, že je stupňový, přičemž první stupeň je v provedení sprchovém, takže sestává z gravitační zásobní nádrže (5) pohotové zásoby chladicí vody, opatřené pasívním samočinným vypouštěcím zařízením, jehož podstatnou částí je těleso (8), a chladičem (26), umístěné nad prostorem pro interakci pohavarijního prostředí s desintegrovanou chladicí vodou a z vodního distribučního potrubí (6) opatřeného výtokovými tryskami (7), respektive otvory, i z blánové či deskové vestavby (10), umístěné alespoň jedenkrát v polovině nebo dvakrát v jedné třetině a ve dvou třetinách výšky šachtového interakčního prostoru, zatímco druhý stupeň kontaktního vodního kondenzátoru, který je umístěn ve druhém prostoru (3) a je instalován zároveň jakožto zpětně zcela neprůchozí nebo zpětně jen částečně průchozí vodní uzavěr mezi prvním prostorem (2) a druhým prostorem (3), je v provedení barbotážním, asymetrickém, pročež sestává z potrubí (11) uzavěru, které je zakončeno zaplaveným rozdělovačem (12) paroplynové směsi a z nádoby (13) uzavěru, ve které je druhá část pohotové zásoby chladicí vody.

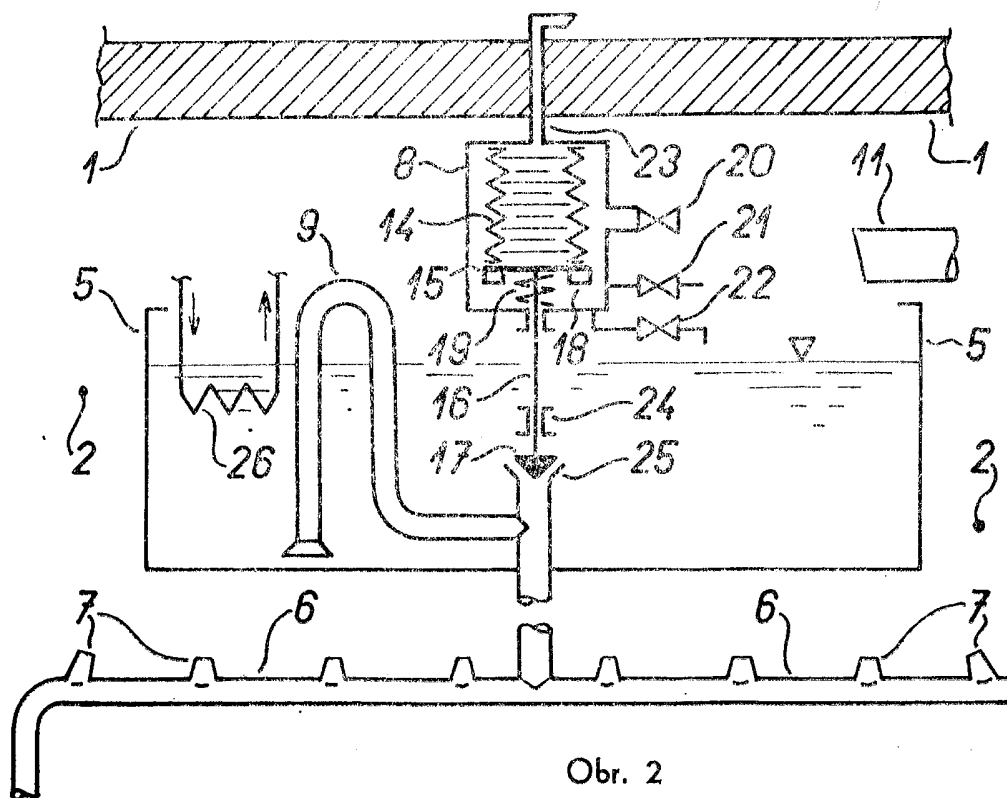
2. Kontaktní vodní kondenzátor páry podle bodu 1, vyznačený tím, že pasívním samočinným vypouštěcím zařízením gravitační zásobní nádrže (5) sestává z tělesa (8) vypouštěcího zařízení, ve kterém je umístěn a nahoře upevněn vlnovec (14), který je dole uzavřen deskou (15), k níž je zespodu připevněno táhlo (16), které je dole opatřeno kuželkou (17) dosedající na výtokové hrdlo (25), přičemž k desce (15) nebo k táhlu (16) jsou připevněna závaží (18) a/nebo pružina (19), zatímco na tělese (8) vypouštěcího zařízení jsou vně instalovány zkušební závěr (20) a armatura (21) tlakového vzduchu i drenážní armatura (22) a atmosférické potrubí (23), které je připojeno na vnitřní prostor vlnovce (14).

3. Kontaktní vodní kondenzátor páry podle bodu 1, vyznačený tím, že v gravitační zásobní nádrži (5) je pod hladinou pohotové zásoby chladicí vody umístěn chladič (26), který je součástí autonomního nebo/a klimatizačně technologického chladicího systému.

1 list výkresů



Obr. 1



Obr. 2