



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

230525

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 25 06 82  
(21) (PV 4786-82)

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

(40) Zveřejněno 30 12 83

(45) Vydáno 15 05 86

(75)

Autor vynálezu

SÝKORA DALIBOR ing., PRAHA

## (54) Barbotážní kondenzátor páry pro ochranné obálky jaderných elektráren

Vynález se týká barbotážního kondenzátoru páry, určeného pro ochranné obálky jaderných elektráren s vodovodními reaktory, jehož úkolem je snižovat pohavarijní tlak zatěžující ochranné obálky při haváriích, spojených se ztrátou chladiva z primárních okruhů těchto dvouokruhových jaderných elektráren.

Dosavadní stav nejpokročilejší techniky je u předmětného barbotážního kondenzátoru dnes dán sovětským vakuově barbotážním lokalizačním systémem, který je podrobně popsán v odborné literatuře, zejména v popisu k čs. vynálezu podle autorského osvědčení č. 177 368, jakož i v navazujících čs. vynálezech podle osvědčení č. 209 238 a 210 463. Účelem tohoto velmi důležitého bezpečnostního systému je ochrana okolí jaderné elektrárny proti jeho eventuálnímu radioaktivnímu zamoření.

Hlavním technologickým zařízením lokalizačního systému je právě barbotážní kondenzátor páry, jehož výhodami jsou vysoká účinnost kontaktní kondenzace páry, pasivnost a spolehlivost funkce, jakož i jeho tepelná rovnováha s okolím během jeho pohotového stavu. Na druhé straně má dnešní barbotážní kondenzátor páry i závažné technické nedostatky. Jedná se zejména o doposud jen jednostupňové provedení barbotážního kondenzátoru, čímž se dosahuje jen základní funkční efektivnosti celého systému lokalizace havárií. Dalším koncepčním nedostatkem stávajícího jednostupňového barbotážního kondenzátoru je jeho nezbytné teplotně technicky bohaté či redundandní dimenzování, motivované především potenciálním nebezpečím místního průrazu vodní barbotující vrstvy na dvanácti paralelně protékaných patrech kondenzátoru. Tato teplotně technická a hmotnostní redundance se negativně promítá do spotřeby konstrukčního nerezového materiálu. Výše uvedené nedostatky jsou základními technickoekonomickými nevýhodami současných kondenzátorů páry.

Uvedené nevýhody dnes realizovaných, jakož i zatím navržených a v odborné literatuře popsaných barbotážních kondenzátorů páry pro systémy lokalizace havárií v jaderných elektrárnách, jsou podstatně zmenšeny u řešení kondenzátoru podle tohoto vynálezu, který spočívá v tom, že barbotážní kondenzátor páry je alespoň dvoustupňový, kde jeho první stupeň, který je umístěn v šachtové části prvního prostoru je nízkotlaký, protože sestává z jednoho až dvaceti jednotlivých barbotážních pater uspořádaných nad sebou. Patra jsou vytvořena jednak ze soustav žlabů nebo z vodorovných, ale vyspádovaných perforovaných desek se svislými a nahoru orientovanými hrdly, která jsou překryta soustřednými klobouky, jednak ze skříní, přičemž tento první stupeň barbotážního kondenzátoru je vybaven, respektive jeho blízké okolí v prvním prostoru je opatřeno jak chladičem, který je účelně umístěn nad nebo/a vedle skříně nejvyššího barbotážního patra, tak vstupním hydraulickým uzávěrem, nebo mechanickým uzávěrem, nebo průtržným uzávěrem, zatímco druhý stupeň barbotážního kondenzátoru, který je umístěn ve druhém prostoru, kde zároveň vytváří vysokotlaký zpětně zcela nebo z větší části neprůchozí vodní uzávěr mezi prvním prostorem a druhým prostorem, sestává z potrubí uzávěru, které je zakončeno zaplaveným rozdělovačem paroplynové směsi řešeným s pevnou, to znamená s neprůraznou, geometrií výtokových otvorů a z nádoby uzávěru, která je případně opatřena vnitřním nebo/a vnějším vodním chladičem.

Charakteristikou technické pokrokovosti u barbotážního kondenzátoru páry, podle tohoto vynálezu, jsou především tyto jeho hlavní výhody. Stupňovým řešením, jehož výhodnost je všeobecně známa a ověřena u celé řady technických zařízení a systémů, získává kondenzátor vyšší funkční efektivnost, přičemž vysoká spolehlivost a pasivnost jeho funkce zůstává zcela zachována. Za druhé, u dvoustupňového barbotážního kondenzátoru páry se oproti jeho stávajícímu jedностupňovému provedení zmenšuje celková velikost kondenzátoru a tím i potřeba zejména nerezového materiálu, jakož i množství společensky nutné práce vynaložené na jeho realizaci a instalaci. Za třetí, dvoustupňový barbotážní kondenzátor, jehož druhý stupeň je vybaven rozdělovačem paroplynové směsi s neprůraznou geometrií výtokových otvorů, která je dnes spolehlivě ověřena v oblasti varných jaderných reaktorů a je tedy bezprostředně použitelná, umožňuje podstatně zmenšit výšku vrstvy pohotové zásoby vody a tím i konstrukční výšku žlabů, respektive hrdel a klobouků v jednotlivých patrech prvního stupně kondenzátoru, čímž je dána hlavní část z celkové výše uvedené úspory konstrukčního materiálu. Za čtvrté, je zřejmé, že druhý stupeň barbotážního kondenzátoru bude možné realizovat z uhlíkaté oceli nebo z jiných nerez nahrazujících materiálů a to s ohledem na relativně malé rozměry a jednoduchost tvaru nádob i potrubí uzávěru, tvořícího druhý stupeň kondenzátoru, jakož i s ohledem na jejich velmi dobrou přístupnost, kontrolovatelnost a udržovatelnost. Za páté, stupňový barbotážní kondenzátor páry umožňuje navrhovat, vyvíjet a realizovat koncepčně nové víceprostorové ochranné obálky jaderných elektráren, kde různými velikostmi i relacemi mezi teploodvodnou kapacitou prvního a druhého, případně i třetího barbotážního stupně, jakož i jejich konstrukčním řešením je možné pozitivně ovlivnit či účelně omezit, respektive definovat, pohavarijní tlakové a tepelné zátěže, které určují namáhání a tedy pevnostní provedení jednotlivých prostorů těchto obálek. Za šesté, z výše uvedených skutečností vyplývá, že stupňový barbotážní kondenzátor páry, jakožto integrální součást perspektivních ochranných obálek se sníženým pohavarijním tlakem dále zvyšuje technickou a radiální bezpečnost provozu u dnes nejrozšířenějšího typu jaderných elektráren s lehkovodními reaktory a že pozitivně ovlivňuje jejich technickoekonomické parametry a ukazatele.

Na přiloženém výkresu je jeden příklad z více možných a účelných aplikací stupňového barbotážního kondenzátoru páry znázorněno jeho použití u standardní jaderné elektrárny vybavené dvěma vodovodními reaktory středního výkonu.

Na obr. je zjednodušené dispoziční schéma barbotážního kondenzátoru páry umístěného v příslušných prostorech ochranné obálky sovětské koncepce, která má dva oddělené a mezi sebou i vůči okolí hermetické prostory. Hermetický obal 1 ohraničuje první prostor 2 a druhý prostor 3, mezi kterými je rovněž hermetická přepážka 4. V levé již nezakreslené části prvního prostoru 2 je umístěn rovněž už neznázorněný primární okruh jaderné elektrárny,

zatímco v pravé nakreslené šachtové části prvního prostoru 2 je nainstalován první stupeň barbotážního kondenzátoru páry, který sestává z více paralelně řazených a nad sebou umístěných pater vytvořených ze žlabů 2 a skříní 2, nebo z klasických perforovaných den 6 s hrdly 7 a soustřednými klobouky 8 a ze skříní 2.

Tento první stupeň barbotážního kondenzátoru je opatřen, respektive šachtová část prvního prostoru 2, je vybavena jednak nahoře umístěným chladičem 10, jednak dole umístěným nízkotlakým hydraulickým uzávěrem 14, nebo mechanickým uzávěrem 15, nebo průtržným uzávěrem 16, což umožňuje vytvořit ze šachtové části prvního prostoru 2 vzduchotechnicky a teplotně samostatně ovladatelný podprostor za účelem jeho temperování na заданou teplotu, případně i s cílem inertizování jeho prostředí, respektive udržování заданé snížené koncentrace kyslíku v jeho atmosféře, během energetického provozu reaktoru.

Druhý stupeň barbotážního kondenzátoru páry, který je výhodně umístěn ve druhém prostoru 3 a který zároveň tvoří zpětný vodní uzávěr mezi prvním prostorem 2 a druhým prostorem 3, sestává z nádoby 13 uzávěru, která má za účelem udržování заданé teploty vodní náplně instalován vodní chladič 17, a z potrubí 11 uzávěru, které je zakončeno zaplaveným ležatým rozdělovačem 12 paroplynové směsi. Podstatným znakem rozdělovače 12 je relativně řídké jeho děrování, tj. provedené množství malých výtokových otvorů s poměrně velkou roztečí, což vylučuje možnost lokálního průrazu vody parovzdušnou směsí v tomto druhém barbotážním stupni a tím i celým barbotážním kondenzátorem páry jakožto celkem.

Funkce znázorněného dvoustupňového barbotážního kondenzátoru páry je stejně jednoduchá a spolehlivá jako u dosevadních kondenzátorů jednostupňových popsanych v odborné literatuře a je následující. Po náhlé a velké 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. Takto vzniklá směs páry a vzduchu, nebo přesněji řečeno paroplynová směs, ve které jsou i plyny uvolněné z vody primárního okruhu, proudí po otevření jednoho z výše uvedených typů vstupního uzávěru do šachtové části prvního prostoru 2. Vlivem i zde rychlého vzrůstání tlaku začne paroplynová směs probublávat neboli barbotovat vodní vrstvou ve žlabech 2, respektive na dnech 6 a tedy pronikat do patrových meziprostorů ohraničených zpředu a shora skříněmi 2.

V těchto meziprostorech se nad kypící či barbotující vrstvou vody nachází také paroplynová směs, ale o radikálně změněném složení vyvolaném vysoce účinným zkondenzováním páry ze vstupující parovzdušné směsi při jejím probublávání vodou. Jinak řečeno, v patrových meziprostorech je směs nekondenzujících plynů a malého množství páry, jejíž velmi nízký parciální tlak je dán teplotou probublávané vodní vrstvy v prvním stupni barbotážního kondenzátoru.

Zmíněné nekondenzující plyny se zbytkem vodní páry a též s unášenou vodní mlhou, resp. strženou vlhkostí proudí po překonání relativně malého hydraulického odporu druhého stupně barbotážního kondenzátoru potrubím 11 uzávěru a rozdělovačem 12 paroplynové směsi do vodního prostoru nádoby 13 uzávěru, kde se stejný proces barbotáže opakuje. Zde se zachytí vlhkost unášená z prvního stupně, jakož i malé množství páry odpovídající rozdílu parciálních tlaků páry pro teploty vody v prvním stupni a druhém stupni kondenzátoru, neboť je evidentní, že během činnosti dvoustupňového kondenzátoru je nejen geometricky a časově, ale i z hlediska intenzity přenosu tepelné energie a hmoty z paroplynové směsi do vodní zásoby kondenzátoru exponovanějším první stupeň barbotáže.

Z nádoby 13 uzávěru vystupuje vlhká směs nekondenzujících plynů do druhého prostoru 3 a to prakticky až do vyrovnání tlaků mezi oběma hermetickými prostory 2 a 3. Poté, v důsledku sprchování a kondenzace páry v prvním prostoru 2 se tlakový rozdíl mezi hermetickými prostory 2 a 3 obrací, což vyvolá jednak výtok vody ze žlabů 2, respektive z den 6 do prvního prostoru 2, jednak stoupání vody v potrubí 11 uzávěru do výše dané koncovou tlakovou diferencí mezi druhým prostorem 3 a patrovým meziprostorem pod skříněmi 2, kde je v té době

tlak téměř shodný s tlakem v prvním prostoru 2. Ukončením výtoku vody z pater prvního stupně barbotážního kondenzátoru a ustálením zvednuté hladiny vody v potrubí 11 uzávěru končí funkce tohoto bezpečnostního zařízení. Je zřejmé, že vůči stávajícím jednostupňovým barbotážním kondenzátorům lze u stupňového řešení, bez jakéhokoli rizika z průrazu celého kondenzátoru zmenšit množství vody snížením výšky vodní vrstvy v prvním stupni, neboť případný lokální krátkodobý průnik nezkondenzované páry do meziprostoru patra neovlivní funkci druhého stupně, který je s ohledem na ověřenou geometrii výtokových otvorů parou neprůrazný.

Dále je zřejmé, že konstrukčním řešením druhého stupně lze realizovat i velmi účelné zpětné "propláchnutí" meziprostorů ve skříních 2 malou částí zpět přepuštěné inertizované vzdušiny z druhého prostoru 3 s cílem zabezpečení možnosti snížení případně nebezpečné koncentrace vodíku a kyslíku v tomto jinak neovladatelném podprostoru.

Funkce přídavných zařízení, jimiž jsou chladič 10, vodní chladič 17 a hydraulický uzávěr 14, je dána jejich názvem a umožňuje udržovat zadanou teplotu v příslušných prostorech, zařízeních a vodních pohotovostních zásobách. Při navrženém oddělení šachtové části prvního prostoru 2 jedním z uvedených uzávěrů lze obecně účelnou inertizaci pohotovostní atmosféry druhého prostoru 3 rozšířit i na tuto oddělenou šachtovou část prvního prostoru 2.

Orientační předběžné úvahy o konkrétní aplikaci dvoustupňového barbotážního kondenzátoru páry, podle tohoto vynálezu, byly vztaženy na realizované čs. jaderné elektrárny se dvěma vodovodními reaktory o elektrickém výkonu 2 x 440 MW, kde každý reaktor má vlastní lokalizační havarijní systém. V šachtové části prvního prostoru o půdorysných rozměrech 39 m x 8,55 m a o výšce 41,9 m je umístěn ve stávajících dvanácti patrech první stupeň barbotážního kondenzátoru, kde snížením výšky vodních žlabů na polovinu, tj. na 300 mm je vytvořena pohotovostní zásoba vody o hmotnosti zhruba 700 tun. Ve druhém stupni je uvažováno s vodou o hmotnosti 100 až 200 tun.

Teplotechnický efekt volitelného podchlazení pohotovostní zásoby vody, zejména v prvním stupni barbotážního kondenzátoru páry, je evidentní a poskytuje značné investiční úspory, avšak za cenu spotřeby příslušné energie pro chlazení. Pro vychlazování šachty prvního stupně barbotážního kondenzátoru se jeví přitežlivou variantou použití tepelných trubic, které by teplo rozptylovaly přímo do okolní atmosféry a tím vytvářely tepelný most přes stěnu ochranné obálky. Z hlediska trvání letních maxim je zde příznivou okolností, že kampanová odstávka reaktoru za účelem výměny paliva je prováděna právě v letním období, což znamená, že po velkou část provozního období bude nárok na přídavné strojní vychlazování šachty barbotážního kondenzátoru velmi malý, nebo žádný. Lze předpokládat, že z technicko-ekonomického hlediska optimální počáteční či pohotovostní teplota prostoru šachty a tedy i teplota pohotovostní zásoby chladicí vody prvního stupně barbotážního kondenzátoru páry bude v rozmezí teplot 5 až 25 °C.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Barbotážní 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 alespoň dvoustupňový, kde jeho první stupeň, který je umístěn v šachtové části prvního prostoru (2), je nízkotlaký, protože sestává z jednoho až dvaceti jednotlivých barbotážních pater uspořádaných nad sebou a vytvořených jednak ze soustav žlabů (5) nebo z vodorovných, ale vyspádovaných perforovaných den (6) se svislými a nahoru orientovanými hrdly (7), která jsou překryta soustřednými klobouky (8), jednak ze skříní (9), přičemž tento první stupeň barbotážního kondenzátoru je vybaven, respektive jeho blízké okolí v prvním prostoru (2) je opatřeno chladičem (10), který je účelně umístěn nad nebo/a vedle skříně (9) nejvyššího barbotážního patra, jakož i vstupním

hydraulickým uzávěrem (14), nebo mechanickým uzávěrem (15), nebo průtržným uzávěrem (16), zatímco druhý stupeň barbotážního kondenzátoru, který je umístěn ve druhém prostoru (3), kde zároveň vytváří vysokotlaký zpětně zcela nebo z větší části neprůchozí vodní uzávěr mezi prvním prostorem (2) a druhým prostorem (3), sestává z potrubí (11) uzávěru, které je zakončeno zaplaveným rozdělovačem (12) paroplynové směsi a z nádoby (13) uzávěru.

2. Barbotážní kondenzátor páry podle bodu 1, vyznačený tím, že chladič (10) je zcela nebo zčásti vytvořen z tepelných trubic, jejichž výparné části jsou uvnitř a kondenzační části vně nejvyšší partie šachtové části prvního prostoru (2).

3. Barbotážní kondenzátor páry, podle bodu 1, vyznačený tím, že nádoba (13) uzávěru je opatřena vodním chladičem (17).

1 výkres

