



# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

211734

(11) (B1)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 21 C 15/18

/22/ Přihlášeno 16 06 80  
/21/ /PV 4264-80/

(40) Zveřejněno 30 04 81

(45) Vydáno 15 01 83

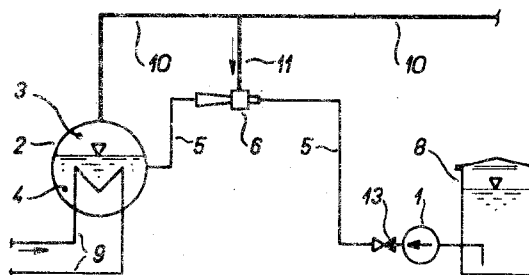
(75)

Autor vynálezu

SÝKORA DALIBOR ing., PRAHA

(54) Zapojení superhavarijních napájecích čerpadel, zejména u jaderných elektráren s tlakovodními, respektive vodovodními reaktory

Vynález podle PV 4264 - 80, nazvaný "Zapojení superhavarijních napájecích čerpadel, zejména u jaderných elektráren s tlakovodními reaktory", řeší aktuální provozně bezpečnostní problematiku dvouokruhových lehkovodních jaderných elektráren. Ve velmi málo častém, avšak kritickém tzv. superhavarijním režimu chrání parogenerátory před poškozením vlivem velkého tepelného rázu, který dosud vznikal při nouzovém napájení parogenerátorů studenou vodou. Podstatou vynálezu je instalace injektorového směšovače mezi superhavarijní napájecí čerpadlo a parogenerátor, čímž se silně redukuje velikost tepelného rázu při přechodu na superhavarijní napájení, a to bez snížení spolehlivosti celého superhavarijního napájecího systému, neboť injektorový směšovač je vysoce spolehlivé zařízení se zcela pasivní funkcí. Totéž platí i při eventuální instalaci předřazeného malého přídavného tepelného výměníku snižujícího teplotní diferenci mezi médii vstupujícími do injektorového směšovače. Využití vynálezu je možné a účelné i u již provozovaných jaderných energetických bloků tlakovodního typu.



OBR. 1

Vynález se týká zapojení superhavarijních napájecích čerpadel, zejména u jaderných elektráren s tlakovodními, respektive vodovodními reaktory, která při napojení svých výtlaků na sekundární strany parogenerátorů zabezpečují vysoce nouzovou dodávku vody ze zásobních nádrží do parogenerátorů během superhavarijního stavu jaderného zdroje páry.

Dosavadní zapojení superhavarijních napájecích čerpadel vychází při své maximální jednoduchoosti jednak z enormního významu udržení havarijního napájení parogenerátorů, jednak z nutnosti zajištění vysoké funkční spolehlivosti u tohoto záložního havarijního napájecího systému. Stávající zapojení jsou proto realizována přímo, což znamená, že je prováděno přímé zavádění vody z výtlaku superhavarijních napájecích čerpadel, sajících studenou vodu ze zásobních nádrží, do sekundárního prostoru parogenerátoru, který v předhavarijním stavu má provozní teplotu v rozmezí přibližně 250 až 300 °C. Za normálního provozu se do parogenerátoru dopravuje napájecí voda o teplotě okolo 220 °C.

Je zřejmé, že při vzniku superhavarijního režimu, kdy se přejde na vysloveně nouzovou dodávku studené vody do parogenerátoru, dochází k velké a náhlé teplotní změně, tj. k teplotnímu rázu v parogenerátoru, což je velkou nevýhodou dnešních zapojení superhavarijních napájecích čerpadel. Možno dodat a zahraniční zkušeností potvrdit, že tento sice zřídka nastávající teplotní šok je ale velmi nebezpečný z hlediska rozvoje nebo průběhu vážné havárie celého jaderně energetického zařízení. Uvedený problém se také řeší, a to s větším nebo menším úspěchem, pomocí různých koncepcí a variantních konstrukcí při volbě typu a provedení vlastního parogenerátoru, avšak příčina provozního rizika spočívající v nevýhodném přímém zapojení superhavarijních napájecích čerpadel zůstává zachována.

Výše uvedenou nevýhodu podstatně zmenšuje zapojení superhavarijních napájecích čerpadel podle tohoto vynálezu, které spočívá v tom, že mezi superhavarijním napájecím čerpadlem a parogenerátorem je ve spojovacím potrubí instalován injektorový směšovač, popřípadě doplněný předřazeným tepelným výměníkem pro zmenšení teplotních rozdílů na vstupech do injektorového směšovače, jehož výstup je spojen se sekundární stranou parogenerátoru a vstup hmatného, respektive přisávaného média je spojen buď s parním prostorem, nebo s vodním prostorem sekundární strany parogenerátoru.

Charakteristikou technického pokroku vůči dnešnímu stavu techniky v tomto oboru je především podstatné zmenšení výše uvedené nevýhody, tj. podstatné zmenšení tepelného rázu ohrožujícího při přechodu na superhavarijní napájení celistvost konstrukčního materiálu parogenerátoru. Navazujícími dalšími výhodami jsou vyšší pravděpodobnost zachování těsnosti teplosměnné plochy parogenerátoru v průběhu a po ukončení superhavarijního provozního režimu, a tím i zachování čistoty teplosměnného média i technologického zařízení sekundárního okruhu z hlediska jejich možného radioaktivního zamoření. Omezuje se zároveň čerpání celkové životnosti parogenerátoru. Přídavná zařízení, tj. injektorový směšovač, popřípadě i tepelný výměník, jsou zařízení se zcela pasivní funkcí, takže jejich instalace nesníží provozní spolehlivost superhavarijního napájecího podsystemu.

Na přiloženém výkresu je velmi zjednodušeně znázorněno nové zapojení superhavarijních napájecích čerpadel, kde na obr. 1 je řešení s přívodem páry do studené vody a na obr. 2 je řešení s přívodem horké vody do studené vody před jejím vstupem do parogenerátoru. Na obr. 1 je principiální schéma nového zapojení superhavarijního napájecího čerpadla 1, které je instalováno prostřednictvím spojovacího potrubí 5 mezi zásobní nádrží 8 a parogenerátorem 2, který má na své sekundární straně parní prostor 3 a vodní prostor 4. Před parogenerátorem 2 je ve spojovacím potrubí 5 dále instalován injektorový směšovač 6, jehož blíže neoznačená směšovací komora je spojena parním potrubím 11, popřípadě i pomocí parovodu 10 s parním prostorem 3, nacházejícím se nahoře uvnitř parogenerátoru 2. Na primární straně je parogenerátor 2 připojen prostřednictvím potrubí 9 primárního okruhu na již neznázorněný jaderný reaktor.

Zpětná armatura 13 umístěná za výtlačným hrdlem superhavarijního napájecího čerpadla 1 je v podstatě příslušenstvím tohoto čerpadla. Funkce uvedeného zařízení při neznázorněném novém zapojení je následující. Po vzniku superhavarijního stavu v systému napájení parogenerátoru 2 se spouští superhavarijní napájecí čerpadlo 1, jehož již neznázorněný pohon je napojen na zajištěný zdroj energie, čímž po vyvození náležitě dopravní výšky dojde k otevření zpětné armatury 13, k nasávání studené vody ze zásobní nádrže 8 a k její dopravě spojovacím potrubím 7 do injektorového směšovače 6 a dále až do parogenerátoru 2. Jakožto hnací médium vyvodí proudící studená voda ve směšovacím prostoru injektorového směšovače 6 lokální pokles tlaku, což vyvolá proudění páry z parního prostoru 3 do injektorového směšovače 6. Voda s přimísenou a unášenou párou tvoří nejprve dvoufázovou tepelně velmi nerovnovážnou směs. Proto už v injektorovém směšovači 6 dochází k intenzivní kontaktní kondenzaci páry a zároveň k odpovídajícímu ohřevu vody.

Podle hydraulickoteplotického vyložení injektorového směšovače 6 vstupuje do parogenerátoru 2 buď teplá, nebo horká voda, popřípadě velmi vlhká směs horké vody a zbytku nezkondenzované syté páry. Na obr. 2 je také principiální schéma nového zapojení superhavarijního napájecího čerpadla 1, které ale má ve svém výtlačku instalován jednak injektorový směšovač 6, a to typu voda - voda, jednak tepelný výměník 7, který je z hlediska proudění hnacího i hnaného prostředí umístěn před injektorovým směšovačem 6. Horkovodní potrubí 12 spojuje vodní prostor 4 parogenerátoru 2 přes tepelný výměník 7 se směšovací komorou injektorového směšovače 6. Funkce tohoto zapojení je stejně jednoduchá jako ve výše popsaném případě. V obr. 2 při chodu superhavarijního napájecího čerpadla 1 dochází i k naznačenému průtoku horké vody v horkovodním potrubí 12.

V tepelném výměníku 7 se tato horká voda poněkud ochladí studenou vodou ze zásobní nádrže 8, čímž se tato studená voda o odpovídající rozdíl teplot ohřeje. Před vstupem do injektorového směšovače 6 mají už obě vody mezi sebou menší rozdíl teplot, což je příznivé z hlediska konstrukce injektorového směšovače 6. Další vztahové značky, respektive poziční čísla uvedená v obr. 2 souhlasí s označením stejného zařízení uvedeného výše v obr. 1. Zbývá poznamenat, že za normálního provozu jaderného zdroje páry je vobou popsaných případech zpětná armatura 13 uzavřená a zatížená plným rozdílem tlaků existujícím mezi sekundární stranou parogenerátoru 2 a zásobní nádrží 8. Dále je zřejmé, že energetické nároky provozu injektorového směšovače 6 i tepelného výměníku 7 se musí hradit odpovídajícím zvýšením výkonu superhavarijního napájecího čerpadla 1. Vzhledem k velmi málo častému provozu tohoto čerpadla je energetické hledisko u nového zapojení superhavarijního napájecího čerpadla 1 zanedbatelné.

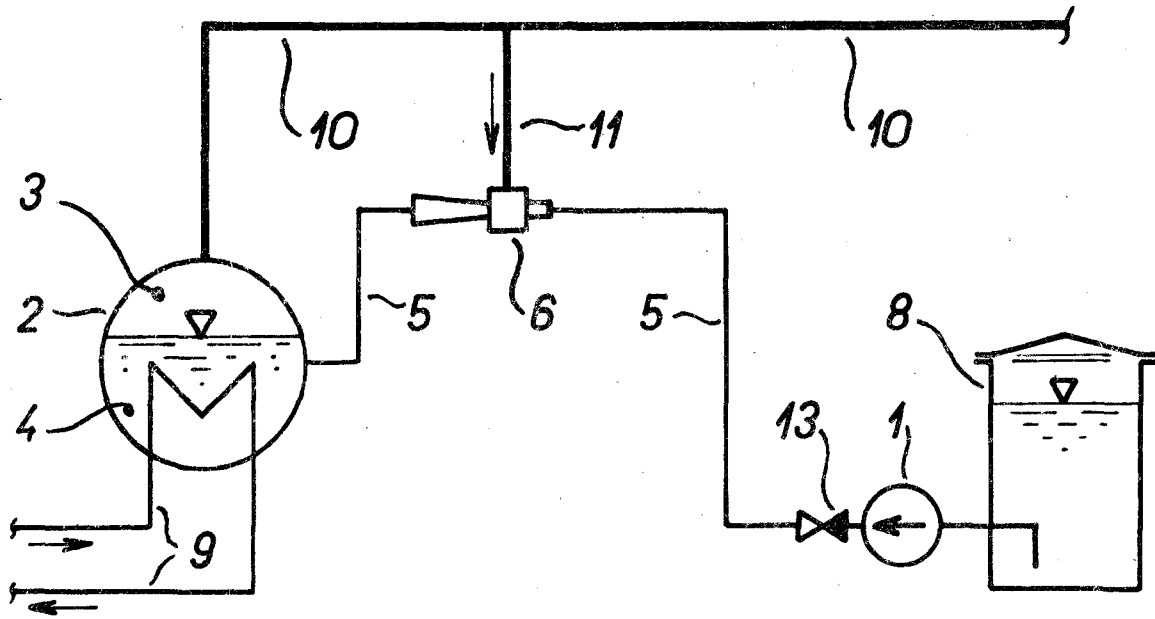
Pro příklad konkrétní aplikace nového zapojení superhavarijního napájecího čerpadla byl vybrán podsystém superhavarijního napájení u jaderného energetického bloku s vodovodním reaktorem o jmenovitém elektrickém výkonu 440 MW. Byl zvolen injektorový směšovač typu voda-voda bez předřazeného tepelného výměníku. V sekundárním prostoru parogenerátoru je vroucí voda pod tlakem přibližně 4,6 MPa. Teplota studené vody byla vzata 20 °C a poměr hmotnostních průtoků ve vstupech do injektorového směšovače byl vzat roven 1. Teplota vody na výstupu z injektorového směšovače, tj. na vstupu do parogenerátoru, vychází pro tento příklad okolo 140 °C, takže směšovací ohřev studené vody činí asi 120 °C.

Lze předpokládat, že v rámci zvyšování bezpečnosti provozu jaderných elektráren s vodovodními reaktory najde předmětné nové zapojení superhavarijních napájecích čerpadel využití nejen v ČSSR, ale i dalších zemích, kde se tyto energetické zdroje staví nebo již provozují.

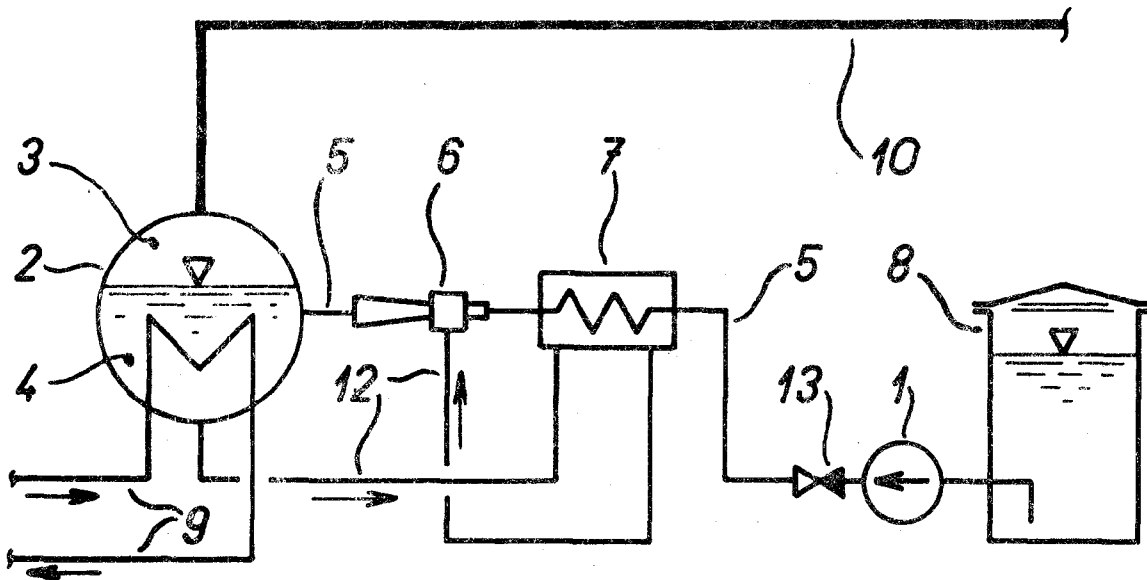
## PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zapojení superhavarijních napájecích čerpadel, zejména u jaderných elektráren s tlakovodními, respektive vodovodními reaktory, pro nouzovou dodávku vody ze zásobních nádrží do parogenerátoru během superhavarijního stavu jaderného zdroje páry, vyznačené tím, že mezi superhavarijním napájecím čerpadlem (1) a parogenerátorem (2) je ve spojovací potrubí (5) instalován injektorový směšovač (6), popřípadě doplněný předřazeným tepelným výměníkem (7) pro zmenšení teplotních rozdílů na vstupech do injektorového směšovače (6), jehož výstup je spojen se sekundární stranou parogenerátoru (2) a vstup hnaného, respektive přísávaného média je spojen buď s parním prostorem (3), nebo s vodním prostorem (4) sekundární strany parogenerátoru.

1 list výkresů



OBR. 1



OBR. 2