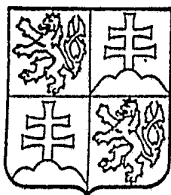


ČESKÁ A SLOVENSKÁ
FEDERATIVNÍ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

272 088

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁵
G 21 C 9/00

(21) PV 3511-88.E

(22) Přihlášeno 24 05 88

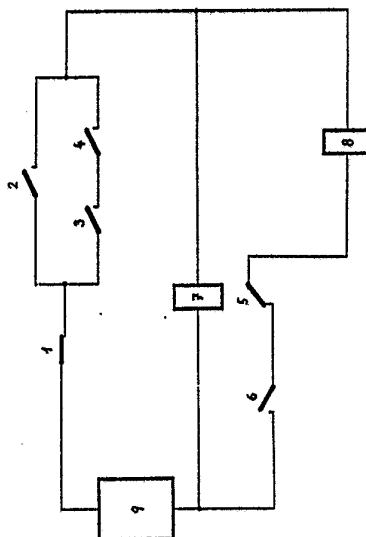
(40) Zveřejněno 11 04 90

(45) Vydáno 30 09 91

(75) Autor vynálezu RUBEK JAROSLAV ing. CSc.,
KUKLÍK BOHUSLAV ing., PRAHA,
BEDNAŘÍK KAREL ing., KOLÍN

(54) Zařízení odstupňované havarijní ochrany
jaderného reaktoru

(57) Zařízení odstupňované ochrany jaderného reaktoru je určeno pro jaderné elektrárny s reaktory typu VVER pracujícími s jednou nebo dvěma turbinami. Rychlé odstavení reaktoru při výpadku poslední pracující turbíny nebo při odlehčení turbin na výkon vlastní spotřeby bloku je provedeno tehdy, jestliže systém automatické regulace výkonu bloku by nebyl schopen dostatečně rychle snížit výkon reaktoru a došlo by k nepřipustnému zvýšení tlaku v primárním nebo sekundárním okruhu. Zařízení umožňuje při uvedených abnormálních režimech snížení teplotního namáhání technologického zařízení s paliva, zmenšení výrobních ztrát a zvyšuje plynulost spouštění a najíždění bloku. Tohoto účinku se dosáhne zapojením šesti kontaktů, dvou spínacích obvodů a napěťového zdroje.



Vynález se týká zařízení odstupňované havarijní ochrany jaderného reaktoru při velkém odlehčení turbin.

Na jaderných elektrárnách s reaktory typu VVER 440 při výpadku poslední pracující turbíny uzavřením rychlouzavíracích ventilů, který představuje největší odlehčení turbíny, je reaktor odlehčován havarijní ochranou prvního druhu, tj. nejrychlejším způsobem. Pouze do výkonu reaktoru cca 35 % výkonu jmenovitého se připouští zablokování této ochrany ručně. Rychlým odstavením reaktoru dochází ke zvýšenému teplotnímu namáhání komponent a paliva jaderné elektrárny, zvyšují se výrobní ztráty a snižuje plynulost spouštění a najíždění bloku. Tyto nevýhody se podstatně zvyšují při výpadku turbin způsobených falešnými signály. Přitom tento způsob odlehčení reaktoru je z bezpečnostních hledisek bezpodmínečně nutný pouze v omezeném počtu provozních případů. Při abnormálním režimu odlehčení turbin na výkon vlastní spotřeby bloku v důsledku odpojení generátorů od sítě, který z hlediska nerovnováhy v produkci a odběru páry je blízký předchozímu režimu, je reaktor odlehčován vždy regulátorem reaktoru. Při zablokování přepouštěcích stanic turbin v průběhu přechodového procesu dochází však k nežádoucímu zvýšení tlaku páry a tlaku v primárním okruhu a k bezpečnostně závažnému otevření pojišťovacích ventilů. Tato situace nastává po odlehčení turbin na jmenovitém výkonu reaktoru a výkonech blízkých jmenovitému, na nichž jsou bloky převážně provozovány. Závažnost nevýhod současného stavu odlehčování reaktoru v uvedených případech je v tom, že podle zveřejněných údajů týkajících se československých bloků s VVER 440 z celkového počtu havarijních odstavení reaktoru ochranou prvního druhu vznikla v 65 % příčina v sekundárním okruhu. Z tohoto počtu potom 94 % způsobení této ochrany reaktoru bylo vyvoláno uzavřením rychlouzavíracích ventilů obou turbin.

Uvedené nevýhody podstatně zmírňuje zařízení odstupňované ochrany jaderného reaktoru podle vynálezu. Jeho podstatou je to, že jeden pól napěťového zdroje je připojen na vstup prvního kontaktu, který je trvale sepnut při výkonu reaktoru vyšším než mezním, výstup prvního kontaktu je spojen jednak se vstupem druhého kontaktu, který je sepnut v případě odlehčení turbin na výkon vlastní spotřeby bloku, jednak se vstupem třetího kontaktu, jehož výstup je spojen se vstupem čtvrtého kontaktu. Třetí kontakt je sepnut v případě výpadku první turbíny uzavřením rychlouzavíracích ventilů a čtvrtý kontakt v případě výpadku druhé turbíny uzavřením rychlouzavíracích ventilů. Výstup čtvrtého kontaktu je propojen s výstupem druhého kontaktu. Společný výstup druhého a čtvrtého kontaktu je spojen jednak se vstupem prvního spínacího obvodu, jednak se vstupem druhého spínacího obvodu. Druhý spínací obvod při sepnutí uvádí do činnosti zařízení pro nejrychlejší odstavení reaktoru. Výstup prvního spínacího obvodu je připojen na druhý pól napěťového zdroje. Výstup druhého spínacího obvodu je spojen se vstupem pátého kontaktu ovládaného prvním spínacím obvodem. Vstup pátého kontaktu je propojen s jeho výstupem jednak při klidové poloze tohoto kontaktu, když první spínací obvod není pod napětím, jednak i po následnou nastavenou dobu po připojení napětí na první spínací obvod vlivem zpožděného přitahu pátého kontaktu. Výstup pátého kontaktu je spojen se vstupem šestého kontaktu, který je sepnut při vzniku signálu na zablokování přepouštěcích stanic provozovaných turbin nebo při ztrátě elektrického napájení regulačního systému a ochrany turbosoustrojí. Výstup šestého kontaktu je připojen na druhý pól napěťového zdroje. Při omezení funkce zařízení pouze na případy výpadku turbin uzavřením rychlouzavíracích ventilů je druhý kontakt vyřazen, takže výstup prvního kontaktu je spojen se vstupem třetího kontaktu a vstupy prvního a druhého spínacího obvodu jsou spojeny s výstupem čtvrtého kontaktu.

Pokud má blok pouze jednu turbínu, je vyřazen čtvrtý kontakt a výstup třetího kontaktu je spojen se vstupem prvního a druhého spínacího obvodu. Zařízení pracuje tak, že po výpadku poslední pracující turbíny uzavřením rychlouzavíracích ventilů nebo po odlehčení turbin na výkon vlastní spotřeby bloku je reaktor odlehčován regulátorem reaktoru.

Pouze v případě, že výkon reaktoru je vyšší než mezní a přepouštěcí stanice turbin jsou v okamžiku vzniku těchto stavů zablokovány; nebo vznikne-li v průběhu následné nastavené doby signál na zablokování těchto stanic, je reaktor odstaven nejrychlejším způsobem.

Výhodou zařízení odstupňované ochrany jaderného reaktoru podle vynálezu je to, že odstavení reaktoru nejrychlejším způsobem se provádí pouze v případech, kdy by jinak došlo k nepřijatelnému zvýšení tlaků v primárním a sekundárním okruhu a k otevření pojistňovacích ventilů. Využívá se schopnosti systému automatické regulace výkonu bloku převést blok do nového ustáleného stavu při podstatně pomalejších změnách teplot a tlaků, než je tomu při odstavení reaktoru nejrychlejším způsobem. Tím se omezují teplotní a tlaková namáhání, která zkracují životnost komponent a paliva jaderné elektrárny. Regulační systém umožňuje snížit postupně výkon reaktoru na úroveň, při které lze reaktor krátkodobě provozovat do odstranění poruchy. Opětovné vyvedení reaktoru na původní výkon je potom podstatně rychlejší a výrobní ztráty menší, než při současně používaném rychlém odstavení reaktoru do podkritického stavu. Při výpadcích turbin falešnými signály výrobní ztráty mohou být minimální. Zařízení odstupňované ochrany využívá pouze přepouštěcí stanice turbin k udržení odchylek tlaků v přípustných mezích. V průběhu přechodových procesů po odlehčení turbin se s využitím přepouštěcích stanic do atmosféry počítá pouze při odstavení reaktoru nejrychlejším způsobem po zablokování přepouštěčích stanic turbin.

V případě, kdy iniciační událostí pro zásah havarijní ochrany je výpadek poslední pracující turbíny uzavřením rychlouzavíracích ventilů, lze u odstupňované ochrany reaktoru očekávat četnost nejrychlejšího odstavení reaktoru více než o tři řády nižší, než je tomu u stávající ochrany. Využití odstupňované ochrany i pro režimy odlehčení turbin na výkon vlastní spotřeby bloku je účelné; přestože pravděpodobnost potřeby zapůsobení pojistňovacích ventilů je v tomto případě malá. Otevření těchto ventilů je velmi nežádoucí vzhledem k reálné možnosti jejich neuzavření automaticky. Bez zásahu operátora toto neuzavření vede k nebezpečnému poklesu tlaků v primárním okruhu. Navržené zařízení odstupňované ochrany je velmi jednoduché. Ve srovnání se stávajícím zařízením má navíc jeden spínací obvod a jeden kontakt. Tato jednoduchost, při plnění všech požadovaných funkcí, dává předpoklad, že bude možno zařízení zkonstruovat s velmi vysokou spolehlivostí.

Příklad zařízení odstupňované havarijní ochrany jaderného reaktoru je zakreslen na připojeném výkresu.

Zařízení sestává z šesti kontaktů, dvou spínacích obvodů a z napěťového zdroje. Jeden pól napěťového zdroje 9 je připojen na vstup prvního kontaktu 1, který je trvale sepnut při výkonu reaktoru vyšším než mezním. Výstup prvního kontaktu 1 je spojen jednak se vstupem druhého kontaktu 2, který je sepnut v případě odlehčení turbin na výkon vlastní spotřeby bloku, jednak se vstupem třetího kontaktu 3, jehož výstup je spojen se vstupem čtvrtého kontaktu 4. Třetí kontakt 3 je sepnut v případě výpadku první turbíny uzavřením rychlouzavíracích ventilů a čtvrtý kontakt 4 v případě výpadku druhé turbíny uzavřením rychlouzavíracích ventilů. Výstup čtvrtého kontaktu 4 je propojen s výstupem druhého kontaktu 2. Společný výstup druhého a čtvrtého kontaktu 2 a 4 je spojen jednak se vstupem prvního spínacího obvodu 7, jednak se vstupem druhého spínacího obvodu 8, který při sepnutí uvádí do činnosti zařízení pro nejrychlejší odstavení reaktoru. Výstup prvního spínacího obvodu 7 je připojen na druhý pól napěťového zdroje 9. Druhý výstup druhého spínacího obvodu 8 je spojen se vstupem pátého kontaktu 5 o ládáného prvním spínacím obvodem 7. Vstup pátého kontaktu 5 je propojen s jeho výstupem jednak při klidové poloze tohoto kontaktu; když první spínací obvod 7 není pod napětím, jednak i po následnou nastavenou dobu po připojení napětí na první spínací obvod 7 vlivem zpožděného přitahu pátého kontaktu 5. Výstup pátého kontaktu 5 je spojen se vstupem šestého kontaktu 6, který je sepnut při vzniku signálu na zablokování přepouštěčích stanic provozovaných turbin nebo při ztrátě elektrického napájení regulačního systému a ochran turbosoustrojí. Výstup šestého kontaktu 6 je připojen na druhý pól napěťového

zdroje 9. Při omezení funkce zařízení na případy výpadku turbin uzavřením rychlozavíracích ventilů je druhý kontakt 2 vyřazen, takže výstup prvního kontaktu 1 je spojen pouze se vstupem třetího kontaktu 3 a výstup čtvrtého kontaktu 4 se vstupem prvního a druhého spínacího obvodu 7 a 8. Pokud má blok pouze jednu turbínu, je vyřazen čtvrtý kontakt 4 a výstup třetího kontaktu 3 je spojen se vstupem prvního a druhého spínacího obvodu 7 a 8. V případě bloků s VVER 440, které mají hltnost přepouštěcích stanic turbin 66 % hltnosti turbin, možno volit mezní výkon reaktoru 35 až 55 % jmenovitého výkonu reaktoru a nastavenou dobu cca 40 s.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zařízení odstupňované havarijní ochrany jaderného reaktoru, vyznačující se tím, že jeden pól napěťového zdroje (9) je připojen na vstup prvního kontaktu (1), který je trvale sepnut při výkonu reaktoru vyšším než mezním, výstup prvního kontaktu (1) je spojen jednak se vstupem druhého kontaktu (2), který je sepnut v případě odlehčení turbin na výkon vlastní spotřeby bloku; jednak se vstupem třetího kontaktu (3), jehož výstup je spojen se vstupem čtvrtého kontaktu (4), přičemž třetí kontakt (3) je sepnut v případě výpadku první turbíny uzavřením rychlozavíracích ventilů a čtvrtý kontakt (4) je sepnut v případě výpadku druhé turbíny uzavřením rychlozavíracích ventilů, výstup čtvrtého kontaktu (4) je propojen s výstupem druhého kontaktu (2), společný výstup druhého a čtvrtého kontaktu (2) a (4) je spojen jednak se vstupem prvního spínacího obvodu (7), jednak se vstupem druhého spínacího obvodu (8), který při sepnutí uvádí do činnosti zařízení pro nejrychlejší odstavení reaktoru; přičemž výstup prvního spínacího obvodu (7) je připojen na druhý pól napěťového zdroje (9), zatímco výstup druhého spínacího obvodu (8) je spojen se vstupem pátého kontaktu (5) ovládaného prvním spínacím obvodem (7), přičemž vstup s výstupem pátého kontaktu (5) jsou propojeny jednak při klidové poloze tohoto kontaktu, když první spínací obvod (7) není pod napětím; jednak i po následnou nastavenou dobu po připojení napětí na první spínací obvod (7) vlivem zpožděného přitahu pátého kontaktu (5), výstup pátého kontaktu (5) je spojen se vstupem šestého kontaktu (6); přičemž šestý kontakt (6) je sepnut při vzniku signálu na zablokování přepouštěcích stanic provozovaných turbin, nebo při ztrátě elektrického napájení regulačního systému a ochran turbosoustrojí; výstup šestého kontaktu (6) je připojen na druhý pól napěťového zdroje (9).
2. Zařízení podle bodu 1, vyznačující se tím, že druhý kontakt (2) je rozpojen, takže výstup prvního kontaktu (1) je spojen pouze se vstupem třetího kontaktu (3) a vstupy prvního a druhého spínacího obvodu (7 a 8) jsou spojeny pouze s výstupem kontaktu (4).
3. Zařízení podle bodů 1 nebo 2, vyznačující se tím, že v případě, že blok má pouze jednu turbínu, je čtvrtý kontakt (4) rozpojen, takže výstup třetího kontaktu (3) je spojen se vstupem prvního a druhého spínacího obvodu (7 a 8).

1 výkres

CS 272 088 B1

