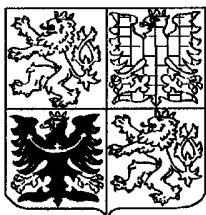


ČESKÁ
REPUBLIKA

(19)



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(12)

(22) 22.10.93
(32) 04.11.92
(31) 92/92118869
(33) EP
(40) 16.08.95

(21) 1086-95

(13) A3

6(51)

H 02 K 9/08

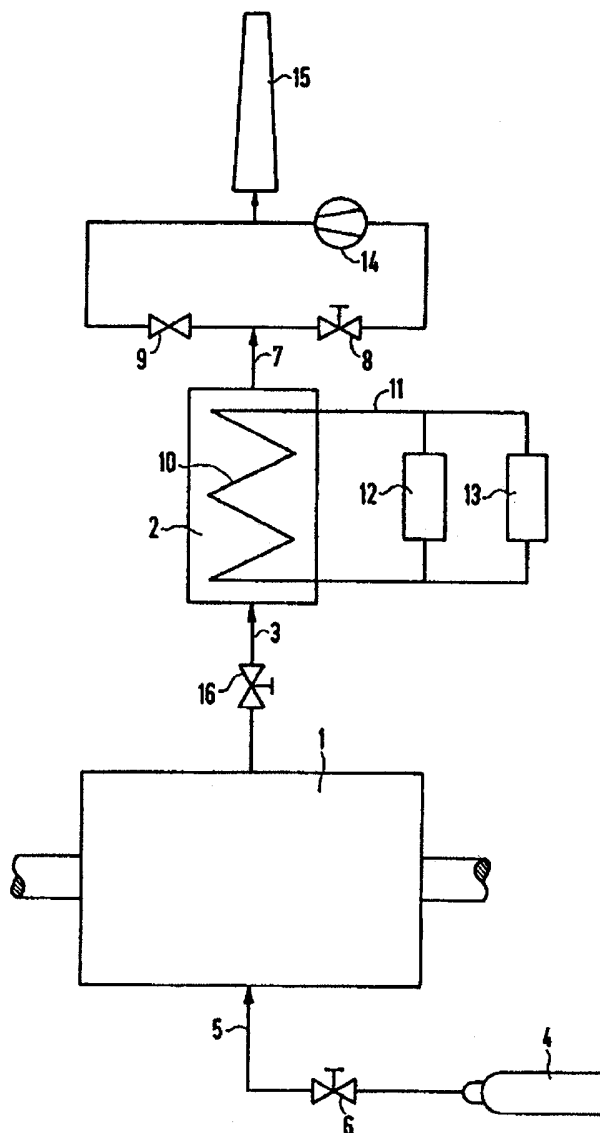
H 02 K 9/26

(71) SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, München, DE;

(72) Rehm Helmut, Oberhausen, DE;
Weller Klaus, Voerde, DE;
Schönfeld Peter, Essen, DE;

(54) Způsob vynášení vodíku z elektrického stroje
naplněného vodíkem, zařízení k provádění
způsobu a použití zařízení

(57) Vodík z elektrického stroje (1) se vnáší do zásobníku (2)
pevných těles a tam se uchovává. Přitom se vodík dopravuje
proudem inertního plynu. Zásobníkem (2) pevných těles je
zejména absorpční zásobník, především hydridní zásobník.



Úřad
Průmyslového
Vlastnictví

27. IV 95	Došlo	11 2 5 1 8 8	61
-----------	-------	--------------	----

1

Způsob Vynášení vodíku z elektrického stroje naplněného vodíkem,
zařízení a použití zařízení
k provádění způsobu
Oblast techniky

Vynález se týká způsobu vynášení vodíku z elektrického stroje naplněného vodíkem a vnášení vodíku do zásobníku pevných těles. Dále se týká zařízení k provádění tohoto způsobu a použití tohoto zařízení.

Dosavadní stav techniky

Pro chlazení určitého druhu elektrických strojů zejména dynamoelektrických velkstrojů jako turbo - generátorů, se používá plyný vodík, případně ve spojení s kapalným chladícím prostředkem jako je voda nebo olej. Elektrické stroje, které pro toto zejména přicházejí v úvahu, jsou turbogenerátory ve výkonové oblasti mezi 200 MVA a 1000 MVA. Také u turbogenerátorů s výkony nad 1000 MVA se plyný vodík používá jako doplňující prostředek k vodě, které se používá jako hlavní chladící prostředek. Množství vodíku, nacházející se v turbogenerátoru naplněného vodíkem, jsou mezi 100 a 1000 Nm³, přičemž objem vodíku se rozumí při normálním tlaku a normální teplotě.

Pro odstraňování vodíku z elektrického stroje přicházelo dosud zpravidla v úvahu jeho vypouštění do okolí. Toto je velice nákladné již tím, že odstranění vodíku ze stroje se v každém případě rovná jeho úplné ztrátě. Nehledě na výlohy potřebné pro jeho nové opa-

tření, může vypouštění vodíku do okolí narazit na technickobezpečnostní směrnice, zejména s ohledem na možnosti vyvolat v okolí elektrického stroje. Pro takovéto riziko se pro dynamoelektrický velkostroj, naplněný vodíkem, předpokládá možnost, vynést vodík během dostatečně krátkého časového intervalu, který činí přibližně 10 min., ze stroje; s krátkodobým vyvedením vodíku nemá být ovšem spojené žádné přídavné riziko, zejména riziko exploze. Známá opatření vylučují sice celkově riziko exploze na samotném stroji, přičemž vodík ve stroji se zředí inertním plynem, např. oxidem uhlíku a nakonec se vypudí ze stroje. Otázka, jakým způsobem se má ze stroje vyvedený vodík co možná bezrizikově odstranit, zůstává dosud uspokojivě nezodpovězena.

Způsob vynášení vodíku z elektrického stroje, naplněného vodíkem a vnášení vodíku do zásobníku pevných těles vyplývá z JP-A-1-315238, viz jeho anotaci, svazek 14, č. 120 (E-899) (4063). Vynášení vodíku z elektrického stroje se provádí tím způsobem, že zásobník pevných těles, který je spojen se strojem, se ochlazuje. Po vynesení vodíku může se elektrický stroj naplnit inertním plynem, jako dusíkem, nebo oxidem uhlíku. Tento inertní plyn se musí před jeho opětovným vnesením do stroje oprostít odsátím od vodíku. Po odstranění inertního plynu se vodík ze zásobníku pevných těles opět vnese do stroje, přičemž zásobník pevných těles se opět spojí se strojem a zahřeje se. Výkonost způsobu se ovlivní tím, že tlak v elektrickém stroji při vynášení vodíku stále klesá a nakonec nedovolí úplné odstranění vodíku ze stroje. Totéž platí pro odstraňování inertního plynu, z čehož může vyplynout

znečištění vodíku ve stroji, což může vést k ovlivnění chladičského účinku. Omezení účinnosti známého způsobu představuje i sklon k vynášení vodíku v rámci poruchy.

Podstata vynálezu

Vycházejí z vylíčených problémů je úkolem vynálezu navrhnout způsob vynášení vodíku z elektrického stroje, naplněného vodíkem a vnášení vodíku do zásobníku pevných těles, který by problémy spojené s dopravou vodíku podstatně odstranil a který by dovoloval co možná nejspoolehlivější úschovu vodíku, vyneseno ze stroje. Kromě toho se má navrhnout odpovídající zařízení k provádění tohoto způsobu a použití takového zařízení.

Pro řešení tohoto úkolu se navrhuje způsob vynášení vodíku z elektrického stroje, naplněného vodíkem a vnášení vodíku do zásobníku pevných těles, při kterém se inertní plyn zavede do stroje a smísí se s vodíkem, vzniklá směs plynů se nasává skrz zásobník pevných těles, přičemž vodík se váže v zásobníku tuhých těles a inertní plyn se odvede odděleně ze zásobníku pevných těles.

Podle vynálezu se plynný vodík z elektrického stroje neodvede jednoduše jako plyn, což by nebylo možné, aby se přitom zabránilo úplné ztrátě tohoto vodíku, nýbrž vodík se pohltí matricí pevných těles. Vynález přitom výhodně využívá vlastností zásobníku pevných těles, který je k dispozici pro uschovávání vodíku. Ta -

kovéto zásobníky pevných těles jsou například popsány v "Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie", Verlag Chemie, Weinheim 1982, Band 24, str. 243. U zásobníků pevných těles jsou k dispozici adsorpční zásobníky, které pro ukládání vodíku využívají povrchový efekt, jakož i absorpční zásobníky, u kterých se provádí ukládání vodíku uvnitř pevných těles. Podle provedení se vodík v absorpčním zásobníku ukládá v atomárním tvaru, což je v případě palladiových pevných těles, nebo vytváří chemické vazby s pevnými tělesy při současném tvoření hydridů. Absorpční zásobník, ve kterém vodík chemicky reaguje při současném tvoření hydridů, se označuje jako "hydridní zásobník". Hydridní zásobníky obsahují určité kovové slitiny, zejména slitiny kovů, které obsahují titan, sirkon, vanadium, železo chrom nebo mangan, případně i více těchto prvků.

Pro co možná nejúplnější vynesení vodíku ze stroje se vede skrz stroj proud inertního plynu stejně tak jako skrz zásobník pevných těles, aby se vodík ze stroje vypláchl. Přitom se může vodík ve stroji dalekosáhle nahradit inertním plynem. Jako inertní plyn připadá výhodně v úvahu takový plyn, který neobsahuje kyslík. Zejména výhodné je, použít čistý dusík. Posledně uvedené opatření má zvláštní význam v souvislosti s hydridním zásobem, neboť plyn, obsahující kyslík, může ovlivnit funkci hydridního zásobníku.

Podle vynálezu se zabrání neúnosnému poklesu tlaku v elektrickém stroji. Proud inertního plynu unáší v elektrickém stroji vodík s sebou a pozvolna ho na -

krazuje, přičemž zůstává v elektrickém stroji dostatečně vysoký tlak a tím byl zaručen v každém případě dostatečně vysoký masový proud pro dopravu vodíku. Už není třeba, stroj pro vynášení a vnášení vodíku evakuovat, což vyžaduje zvláštní vakuová čerpadla, která za určitých okolností jsou nebezpečná pro odplynění konstrukčních částí uvnitř elektrického stroje. V tomto smyslu je způsob podle vynálezu použitelný také pro udržení čistoty vodíku v elektrickém stroji.

Zvláštní přednost způsobu spočívá v tom, že vodík je v zásobníku pevných těles spolehlivě odstíněn od okolního světa zejména může být udržován oddělen od kyslíku. To platí v širokém rozsahu samo o sobě tehdy, jestliže je hydriónní zásobník při velkém požáru nebo podobně, vystaven velkému žáru. V takovém případě může se sice vazba vodíku v zásobníku pevných těles ovlivnit, přičemž se v zásobníku pevných těles vybuduje tlak. Toto vybudování tlaku probíhá však s ohledem na obvykle potřebnou relativně velkou hmotu zásobníku pevných těles relativně zvolna, takže každopádně v relativně dlouhém časovém intervalu je možné stále unikání plynného vodíku do okolí. Pro to jsou v každém případě potřebná potrubí s malými průřezy. Takováto potrubí jsou ve všech případech relativně jednoduše odstínitelná a chladitelná, takže ve všech myslitelných případech zůstane vysoká bezpečnost zachována.

Výhodné je, zásobník pevných těles pro vnášení vodíku chladit, neboť chlazení zásobníku pevných těles ukládání vodíku příznivě ovlivňuje. Zejména výhodné je, chlazení provádět tak dalece, až se v zásobníku pevných těles vytvoří podtlak, kterým se vodík ze stroje vysaje. Posledně uvedené je zejména dů-

ležitě v souvislosti s hydridním zásobníkem, kterým jsou při poměrně mírných ochladicích výkonech dosažitelné vysoké podtlaky. Dokonce se může stát použití čerpadel pro vynesení vodíku zbytečným, nehledě ovšem na čerpadla pro odstranění jiných plynů, nežli vodíku. Podle provedení zásobníku pevných těles a podle konkrétních požadavků, zejména v nouzovém případě, může se ochlazení provést tím, že se zásobník pevných těles přeleje kapalným dusíkem nebo zasype sněhem z oxidu uhlíku. Takovéto opatření je zejména v případě požáru důležité, neboť může současně přispět k vytváření kyslíku nebo hořlavých plynů z okolí zásobníku pevných těles, případně také z okolí elektrického stroje.

Zpravidla je ovšem dostačující provést ochlazení zásobníku pevných těles pro vynášení vodíku obvyklou studenou vodou z vodovodní sítě, jejíž teplota leží zpravidla kolem 10°C . Pro vnášení vodíku do elektrického stroje postačí zpravidla ohřátí teplou vodou z obvyklého ohřívacího zařízení vody, to znamená vodou při teplotě kolem 60°C .

Způsob je použitelný zejména pro vynášení vodíku z dynamoelektrických velkostrojů, zejména turbogenerátoru.

Zařízení podle vynálezu pro vynášení vodíku z elektrického stroje, naplněného vodíkem a pro vnášení vodíku do zásobníku pevných těles je vyznačeno tím, že obsahuje prostředky pro zavedení inertního plynu do stroje a tvoření plynové směsi z inertního plynu a vodíku, dále prostředky pro odsávání plynové směsi ze stroje skrz zásobník pevných těles, přičemž vodík v zásobníku pevných těles je vázán a pro odvedení inertního plynu ze zásobníku pevných těles do okolí.

Prostředky pro odsávání plynové směsi skrz zásobník pevných těles a pro odvedení inertního plynu do okolí zahrnují výhodně čerpadlo, kterým je inertní plyn odveditelný do okolí.

Přednostně je zásobník pevných těles absorpční zásobník, výhodně hydridní zásobník.

Je výhodné, jestliže zásobník pevných těles obsahuje přetlakový ventil, kterým je připojovatelný na prostředky, zejména systém odvodních trubek a komín pro odvádění vodíku do okolí.

Prostředky pro odvádění inertního plynu do okolí zahrnují zejména systém odvodních trubek, případně s uzavíracím ventilem a komín. Prostředky pro zavádění inertního plynu do stroje zahrnují zásobní nádrž pro inertní plyn a odpovídající potrubní a ventilový systém.

Podstatná přednost spočívá v tom, že jsou použitelné zejména trubkové systémy s relativně malými průřezy, které lze jednoduše instalovat při dodržování zvláštních bezpečnostních opatření, takže zapálení vodíku, odvedeného ze zásobníku pevných těles, se může prakticky vyloučit. Zcela jsou přitom vyloučeny obavy, že by mohly vzniknout velké plameny hořícího vodíku s odpovídajícím vývinem tepla.

Zařízení je výhodně opatřeno prostředky pro chlazení zásobníku pevných těles, neboť chlazení může podstatně podporovat vázání vodíku v zásobníku pevných těles. Takovéto prostředky jsou podle vytvoření použitelné také pro násátí vodíku ze stroje^{do} zásobníku pevných těles bez další pomoci, zejména čerpadel. Aby se doprava vodíku mezi strojem a zásobníkem pevných těles co nejvíce usnadnila, je zásobník pevných těles

opatřen výhodně prostředky pro temperování, zejména pro ohřívání. Tím je možný, zejména bez použití čerpadel, u kterých jsou vždycky možné prosakování, libo - volný transport mezi strojem a zásobníkem pevných těles.

Zařízení je zejména vhodné pro použití k vynášení vodíku z dynamoelektrického velkostroje, zejména turbogenerátoru. Přitom se může, podle požadavků, vodík ze stroje odvádět s průtokem až $1 \text{ km}^3/\text{sec}$.

Další výhodné použití zařízení spočívá v jeho využití jako neziskladu vodíku během revize elektrického stroje.

Zařízení je také vhodné pro čištění vodíku, nacházejícího se ve stroji, přičemž se tento periodicky alespoň částečně ze stroje vynáší, skladuje v zásobníku pevných těles a opět se přivádí zpět do stroje. Protože obvyklý zásobník pevných těles má podstatnou absorpční schopnost také pro jiné plyny, nežli vodík, zejména pro podíly vzduchu, může se kromě funkce jako zásobníku, použít pro čištění vodíku, přičemž absorbuje příměsy z vodíku. Ve skutečnosti může se docílit prostřednictvím zásobníku pevných těles takový stupeň čistoty, který je obvykle dostupný v obchodě, přičemž podíl příměsí je pod $10^{-3} \%$. Čistota vodíku je zejména důležitá v dynamoelektrických velkostrojích, neboť čistota vodíku určuje bezprostředně velikost tření, způsobeného plynem, rotujících částí v dynamoelektrických strojích. Zejména zlepšením čistoty vodíku je možné u turbogenerátoru zvýšení výkonu o 100 kW při jeho zdánlivém výkonu řádově 500 MVA.

Přehled obrázků na výkrese

Příklad provedení vynálezu je znázorněn na pří -
jeném výkresu.

Příklady provedení vynálezu

V jediném obrázku je ukázáno zařízení, ve kterém je elektrický stroj 1 připojen prostřednictvím spojovací trubky 3 na zásobník² pevných těles. Zásobník 2 pevných těles je výhodně hydridní zásobník, který obsahuje porézní matici z kovu nebo ze slitiny kovů, která je schopna přiváděný vodík pohltit. Pohlcení vodíku z elektrického stroje 1, případně jeho vydání do elektrického stroje 1 je určitelné temperováním zásobníku 2 pevných těles; ochlazením je v zásobníku 2 pevných těles vytvořitelné vakuum, kterým se může vodík z elektrického stroje 1 nasát. Oteplením se může v zásobníku 2 pevných těles vytvořit přetlak, který je využitelný pro zatlačení vodíku spojovací trubicou 3 do elektrického stroje 1. Pro temperování zásobníku 2 pevných těles je tento opatřen výměníkem tepla 10, který je prostřednictvím příslušného systému 11 spojovacích trubek spojen s chladicím zařízením 12, s obvyklou vodo⁰⁸vňí sítí studené vody a topným zařízením 13, zejména obvyklou vodo⁰⁸vňí sítí teplé vody. Vytvoření výměníku tepla 10, chladicího zařízení 12 a topného zařízení 13 nepodléhá kromě závazných směrnic, žádnému omezení. Je však třeba poukázat na to, že zejména odpovídajícím

dimenzováním chladicího zařízení 12 je realizovatelná účinná ochrana zásobníku 2 pevných těles proti přehřátí. Tak se mohou zejména pro případ požáru uspořádat takové opatření, že zásobník 2 pevných těles správně dimenzovaným chladicím zařízením 12 se udrží i při těžných podmínkách na relativně nízké teplotě, což vede k tomu, že vodík je prakticky úplně vázán v zásobníku 2 pevných těles. Za určitých okolností může být vytvořena možnost pro ochlazování zásobníku 2 pevných těles kapalným vodíkem, sněhem z oxidu uhlíku a pod. Aby se elektrický stroj 1 mohl oddělit případně od zásobníku 2 pevných těles, je třeba uspořádat ve spojovací trubce 3 uzavírací ventil 16.

Ze zásobní nádrže 4 je do elektrického stroje 1 přiváděn trubkou 5 přes stavací ventil 6 inertní plyn, výhodně dusík. Tímto inertním plynem může být dusík z elektrického stroje 1 vytlačen a spláchnut do zásobníku 2 pevných těles. Po úplném vynesení vodíku do zásobníku 2 pevných těles může se elektrický stroj 1 otevřít pro revizní účely a podobně.

Vynášení vodíku z elektrického stroje 1 se provádí zavedením inertního plynu, přičemž dochází ke smísení inertního plynu s vodíkem. Aby se takovýto vodík smísený s inertním plynem mohl skladovat, nasává se směs plynů skrz zásobník 2 pevných těles, přičemž vodík se váže a tím se opět od inertního plynu oddělí. Inertní plyn se po té, co ukončil proudění skrz zásobník 2 pevných těles přivede systémem 7 odvěškových trubek do komína 15. Odvěšací

trubka 7 je rozvětvena. V jedné větvi nachází se přetlakový ventil 9, který se stává důležitým tehdy, když se v důsledku oteplení vazba vodíku v zásobníku 2 pevných těles uvolní a vznikne přetlak, který se pro zabránění vzniku škod musí omezit. V druhé větvi systému 7 odváděcích trubek je uspořádáno vakuové čerpadlo 14, mezi kterým a zásobníkem 2 pevných těles se nachází stavěcí ventil 8, zejména uzavírací ventil. Vakuovým čerpadlem 14 je při otevřeném stavěcím ventilu 8 inertní plyn ze zásobníku 2 pevných těles odsáván a přiváděn komínem 15. Vakuové čerpadlo 14 může se použít také k tomu, aby se do elektrického stroje 1 zavedený vodík oprostil od případně se vyskytujících zbytků inertního plynu. Za tím účelem se plynová směs nasaje z elektrického stroje 1 do zásobníku 2 pevných těles ať již ochlazením nebo další, na výkresu neznázorněným čerpadlem, načež se vodík ze směsi plynu v zásobníku 2 pevných těles usadí a tak se oddělí od inertního plynu. Inertní plyn může se odsát prostřednictvím vakuového čerpadla 14. Možnost čištění plynu v elektrickém stroji 1 se realizuje využitím absorpční schopnosti zásobníku 2 pevných těles pro jiné plyny nežli je vodík, zejména plyny obsahující kyslík. Periodickou změnou směru dopravy vodíku mezi elektrickým strojem 1 a zásobníkem 2 pevných těles se nečistoty vodíku vnesou do zásobníku 2 tuhých těles a tam se absorbují. Tímto způsobem lze dosáhnout takové čistoty vodíku, která daleko přesahuje čistotu obvyklého obchodně dosažitelného vodíku, která předpokládá obvyklé příměsy až do hodnoty 0,1 %.

Vynález se týká vynášení vodíku z elektrického

stroje, naplněného vodíkem, přičemž vodík se převede z plynné fáze ve sloučeninu s pevnými tělesy. Přitom se stávají zbytečnými dosud potřebná zařízení pro vedení a odvádění větších množství plynného vodíku. Podle vynálezu může se tak provozní spolehlivost v zařízeních s elektrickými stroji, které obsahují vodík, podstatně zvýšit.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob vynášení vodíku z elektrického stroje naplněného vodíkem a vnášení vodíku do zásobníku pevných těles, vyznačující se tím, že do stroje (1) se zavěde inertní plyn a smísí s vodíkem, vzniklá směs plynů se nasává skrz zásobník (2) pevných těles, přičemž vodík se váže v zásobníku (2) pevných těles a inertní plyn se odvádí odděleně ze zásobníku (2) pevných těles.

2. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že inertní plyn neobsahuje kyslík.

3. Způsob podle nároku 2, vyznačující se tím, že inertní plyn je dusík.

4. Způsob podle některého z předcházejících nároků 1 až 3, vyznačující se tím, že zásobník (2) pevných těles se pro vnášení vodíku ochlazuje.

5. Způsob podle nároku 4, vyznačující se tím, že ochlazováním se v zásobníku (2) tuhých těles vytvoří podtlak, prostřednictvím kterého se vodík ze stroje (1) vysaje.

6. Způsob podle některého z předcházejících nároků 1 až 5, vyznačující se tím, že vodík se ve stroji (1) zcela nahradí inertním plynem.

7. Zařízení k vynášení vodíku z elektrického stroje naplněného vodíkem a pro vnášení vodíku do zásobníku (2) pevných těles, vyznačující se tím, že jsou uspořádány prostředky (4, 5, 6) pro zavedení inertního plynu do stroje (1) a pro tvoření plynové směsi z inertního plynu a vodíku a prostředky (7, 8, 14, 15) pro nasávání plynové směsi ze stroje skrz zásobník (2) pevných těles, přičemž vodík se v zásobníku (2) pevných těles váže a pro odvedení inertního plynu ze zásobníku (2) pevných těles do okolí.

8. Zařízení podle nároku 7, vyznačující se tím, že prostředky (7, 8, 14, 15) pro nasávání plynové směsi skrz zásobník (2) pevných těles a pro odvedení inertního plynu do okolí obsahují čerpadlo (14), kterým je inertní plyn ze zásobníku (2) pevných těles odveditelný do okolí.

9. Zařízení podle nároku 7 nebo 8, vyznačující se tím, že zásobník (2) pevných těles je absorpční zásobník, výhodně hydridní zásobník.

10. Zařízení podle některého z nároků 7 až 9, vyznačující se tím, že zásobník (2) pevných těles má přetlakový ventil (9), kterým je napojitelný na prostředky (7, 15) pro odvádění vodíku do okolí.

11. Zařízení podle některého z předcházejících nároků 7 až 10, vyznačující se tím, že obsahuje pro -

středky (10, 11, 12) pro ochlazení zásobníku (2) pevných těles.

12. Zařízení podle některého z nároků 7 až 11, vyznačující se tím, že obsahuje prostředky (10, 11, 13) pro temperování, zejména pro ohřívání zásobníku (2) pevných těles.

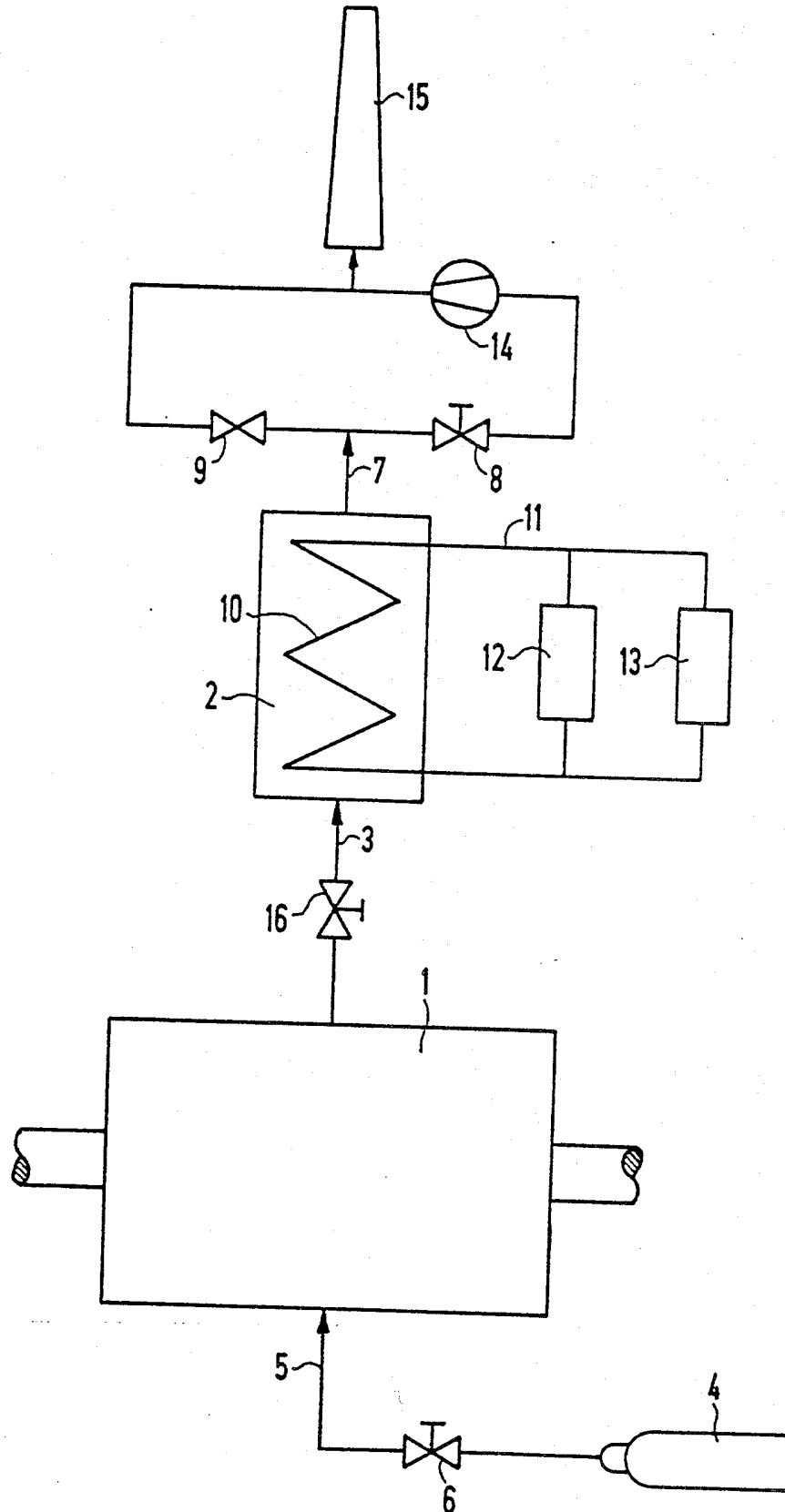
13. Použití zařízení podle některého z předcházejících nároků 7 až 12, pro vynášení vodíku z dynamoelektrických velkostrojů, zejména z turbogenerátoru.

14. Použití podle nároku 13, přičemž vodík se vynáší s průtokem přibližně $1 \text{ Nm}^3/\text{sec}$.

15. Použití pro vnášení podle některého z předcházejících nároků 7 až 14 pro meziskladování vodíku během revize elektrického stroje (1).

16. Použití zařízení podle některého z nároků 7 až 15 pro čištění vodíku ve stroji (1), přičemž se vodík periodicky alespoň částečně ze stroje (1) vynáší, ukládá v zásobníku (2) pevných těles a opět se vede zpět do stroje (1).

1/1



RECEIVED
CHEMICAL ENGINEERING
DIVISION

96	11/23
01500	
881970	10