



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

265 153

(11) (B1)

[19]

(51) Int. Cl.⁴

B 01 D 53/26

(22) Přihlášeno 29 06 87

(21) PV 4813-87.S

(40) Zveřejněno 12 01 89

(45) Vydáno 15 12 89

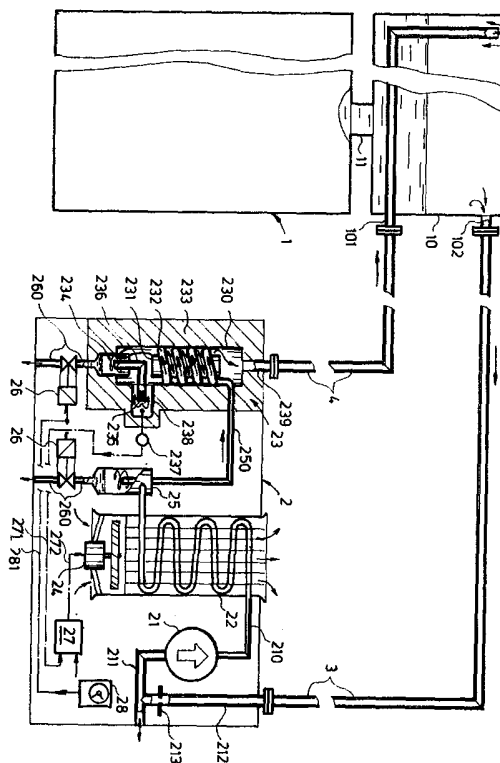
(75)

Autor vynálezu

ALTMANN JOSEF ing., DOMAŽLICE

(54) Zařízení pro vysoušení plynů

(57) Zařízení pro vysoušení plynů je především určeno pro olejové hospodářství velkých transformátorů. Je vytvořeno jako monoblok, napojený na horní část konzervátoru. Vysoušení je založeno na zajištění dostatečného stlačení natékajícího vzduchu do monobloku vysoušeče kompresorem a současně snížení jeho teploty. K tomuto snížení teploty je využito Thompson-Jouleova efektu. Aby nedošlo k namrzání paroplynové směsi, je použito elektronického řízení výkonu chladiče. Aby nedošlo k poklesu vysoušecí schopnosti zařízení při zvýšených teplotách, nebo k namrzání protiproudového výměníku při snížených teplotách okolního prostředí, udržuje se ve spodní části protiproudového výměníku teplota blízká 0 °C. Kondenzovaná voda se shromažďuje v cyklónovém odlučovači a v jímce a je odtud periodicky automaticky vypouštěna, což řídí časovací obvod.



Vynález se týká zařízení pro vysoušení plynů, které je zvláště vhodné pro vysoušení vzduchového polštáře nad volnou hladinou oleje v konzervátorech vysokonapěťových transformátorů.

V současné technické praxi je v mnoha případech požadováno, aby pracovní plynná média byla zbavena vlhkosti s ohledem na nežádoucí fyzikální a chemické děje, generované interakcí vodních par buď s vlastním strojem, nebo se zpracovávanými substráty.

Jednu ze známých aplikací vysoušecích zařízení představuje ochrana olejové náplně vysokonapěťových transformátorů před účinky vzdušné vlhkosti. Nežádoucí proces navlhání oleje je v tomto případě obvykle představován absorpcí par z vlhkého vzduchu do volné hladiny olejového média v konzervátoru vysokonapěťového transformátoru. Zvýšený obsah rozpuštěné vody v transformátorovém oleji má za následek okamžité snížení elektrické pevnosti tohoto dielektrického a chladicího média a spolu s dalším nežádoucím procesem, kdy olej působí jako nosné médium, kterým je vlhkost dopravována do celulózové izolace transformátoru, může vážně ohrozit spolehlivost a životnost tohoto stroje.

Oběma těmito nežádoucím procesům lze účinně zabránit vřazením vhodného vysoušecího zařízení mezi konzervátor s volnou hladinou oleje a okolní atmosféru. Současná vysoušecí zařízení můžeme rozlišovat podle použitých principů, jejichž využitím je v požadované míře redukován obsah vodních par v plynech, které zařízením procházejí. Mezi nejznámější a nejjednodušší vysoušecí zařízení lze zařadit absorbery vzdušné vlhkosti, které vyvazují vodní podíl z procházejícího plynu do vhodně volené náplně. Obvyklou vysoušecí náplní těchto zařízení je například silikagel, nebo zvláště v poslední době, přírodní nebo umělé materiály s vlastností molekulárního síta. Dalším velmi známým principem je vymrazování parního podílu z parovzdušné nebo paroplynové směsi a jeho fixace v podobě ledu nebo jinovatky na povrchu vhodných tepelných výměníků. Mezi nejznámějšími principy, jejichž pomocí je dosahováno potřebného snížení teploty probíhajících plynů, jsou systémy, využívající oběhu pomocného chladicího média v kompresním nebo absorpčním režimu, nebo systémy využívající termoelektrického jevu.

Všechna tato zařízení mají však některé nedostatky. Základním nedostatkem vysoušecích zařízení s absorpční náplní je jejich časově omezený účinek, který je závislý na stupni nasycení absorbátoru vodní frakcí. Překročí-li nasycení absorbátoru určitou hodnotu, účinnost vysoušení prudce poklesne a absorpční náplň je nutno buď vyměnit, nebo renovovat. Principiálním nedostatkem zařízení pro vymrazování vlhkosti je nezbytná návaznost vymrazovacího a odtávacího pracovního režimu, kdy v odtávacím režimu je nutno led nebo jinou jinovatku převést do kapalně fáze a odstranit ze zařízení. Má-li být zachován dostatečný vysoušecí účinek zařízení, je nutno oba režimy dostatečně často opakovat s nebezpečím zpětné kontaminace vysoušeného plynu parou, uvolněnou z odváděné vody nebo vlhkostí z okolní atmosféry. Jako značný nedostatek vysušovacích zařízení s kompresním nebo absorpčním režimem je možno také uvažovat jejich značnou složitost a nákladnost spolu s požadavkem na hermetičnost chladicího oběhu, která je nezbytnou podmínkou dosažení chladicího a tím i vysušovacího účinku zařízení. Je-li jako chladicího principu využito termoelektrického jevu, je za závažný nedostatek současných zařízení možno považovat omezenou životnost polovodičových termoelektrických článků, neopravitelnost zařízení a v neposlední řadě i jeho značnou devizovou náročnost.

Uvedené nedostatky podstatně omezuje zařízení pro vysoušení plynů podle vynálezu, sestávající z kompresoru, chladiče s ventilátorem, protiproudového výměníku, cyklónového odlučovače, elektroventilu, regulátoru teploty, časového obvodu, potrubí a armatur. Podstata spočívá v tom, že k sacímu potrubí kompresoru je připojeno sací potrubí, napojené na horní část konzervátoru a opatřené clonou. Naopak jeho výtlačné potrubí je připojeno k chladiči, opatřenému ventilátorem, a vývod chladiče je připojen k cyklónovému odlučovači opatřenému odvodňovacím nátrubkem s odvodňovací armaturou připojenou k elektroventilu. K horní části cyklónového odlučovače je připojeno převáděcí potrubí, které je dále připojeno ke šroubovicovému potrubí protiproudového výměníku, jehož jímka je rovněž opatřena odvodňovacím nátrubkem s odvodňovací armaturou připojeno k dalšímu elektroventilu, přičemž horní část tohoto protiproudového

výměníku opatřená nátrubkem, je připojena spodním potrubím k zaplavené části konzervátoru, nad jejíž hladinu toto spodní potrubí vyčnívá. Vnější plášť protiproudového výměníku s jímkou je opatřen tepelnou izolací. V tomto vnějším plášti je uložen vnitřní plášť, který obklopuje šroubovicové potrubí ústící do horní části jímky, z níž vychází pravouhlý nátrubek. Ukončení tohoto pravouhlého nátrubku opatřené škrticí clonou, je uloženo v dutině deflektoru, ve které je také umístěno čidlo teploty, spojené se snímačem teploty, který je dále připojen k regulátoru teploty. Elektroventily jsou vzájemně spojeny spojnicí, která je vedením připojena k časovému obvodu, kdežto snímač teploty je připojen signálním vedením k regulátoru teploty, jehož výstup je dále spojen ovládacím vedením s ventilátorem.

Praktický příklad zařízení pro vysušování plynů podle vynálezu je schématicky zobrazen na připojeném výkrese, na němž je ukázáno zařízení pro vysušování vzduchu, připojené ke konzervátoru vysokonapěťového transformátoru.

Podle tohoto výkresu sestává zařízení z monobloku vysušovače 2, který je konzervátorem 10 vysokonapěťového transformátoru 1 spojen horním potrubím 3 a spodním potrubím 4, přičemž konzervátor 10 je ve své spodní části propojen s nádobou vysokonapěťového transformátoru 1 propojovacím nátrubkem 11. Monoblok vysušovače 2 v tomto příkladném provedení sestává z kompresoru 21, chladiče 22, protiproudového výměníku 23, ventilátoru 24, cyklónového odlučovače 25, jímky 234 a elektroventilů 26, které jsou vzájemně propojeny soustavou potrubí 211, 212, 210, 250, 260, přičemž sání kompresoru 21 je sacím potrubím 211 připojeno k přívodnímu potrubí 212, do jehož horní části, kterou je připojeno k hornímu potrubí 3, je vestavěna clona 213 a pravé vyústění sacího potrubí 211 je volně spojeno s atmosférou. Výtlač kompresoru 21 je výtlačným potrubím 210 propojen s horní částí chladiče 22, jehož spodní vyústění je tangenciálně zavedeno do horní části cyklónového odlučovače 25, z jehož spodní části je vyveden odvodňovací nátrubek 260 s vestavěným elektroventilem 26, a z jehož horní části je osově vyvedeno převáděcí potrubí 250, které ústí do horní části protiproudového výměníku 23. Převáděcí potrubí 250 je připojeno na horní část šroubovicového potrubí 232, které je těsně navinuto na vnitřní plášť 231 a hermeticky opláštěno vnějším pláštěm 230 a jeho spodní vyústění je tangenciálně zavedeno do jímky 234, která uzavírá spodní část vnějšího pláště 230. Ze spodní části jímky 234 je vyveden odvodňovací nátrubek 260 s vestavěným elektroventilem 26 a z její horní části je osově vyveden pravouhlý nátrubek 236, opatřený na svém pravém konci škrticí clonou 235. Vnější plášť je zvnějšku opatřen tepelnou izolací 233; ve spodní části je k němu připojen deflektor 238, do něhož je zabudován snímač teploty 237 a horní část vnějšího pláště 230 nad šroubovicovým potrubím 232 je spojena nátrubkem 239 se spodním potrubím 4.

Pracovní režim principiálně využívá pouze fyzikálních vlastností vysušované paroplynové směsi. Pro ilustraci principu, který je v novém zařízení využit je možno vyjít z jednoduché relace popisující maximální množství vodní páry, která je obsažena v 1 kg suchého plynu:

$$1. \quad X_s = k \cdot \frac{P''}{P - P''}; \quad (\text{kg/kg});$$

kde: P'' ... parciální tlak vodní páry

P ... celkový tlak paroplynové směsi

k ... konstanta závislá na daném plynu.

Ze vztahu 1 je patrné, že maximální obsah vody v parní formě v daném množství plynu je při zachování další relace:

$$2. \quad P \gg P'';$$

je zhruba přímo úměrný tlaku sytosti P'' , a tím i teplotě paroplynové směsi a zhruba nepřímo úměrný jejímu celkovému tlaku. Snížíme-li teplotu této směsi, nebo zvýšíme-li její celkový tlak, je možno dosáhnout odloučení zbytku vody v kapalně formě. Maximálního odloučení vodních par z vlhkého plynu je ovšem možno dosáhnout kombinací obou parametrických změn, a to současným stlačením a vychlazením paroplynové směsi. Nezanedbatelnou výhodou tohoto procesu tlakového

odlučování vlhkosti je skutečnost, že potřebného zchlazení směsi je možno jednoduše dosáhnout vhodným využitím tlakového potenciálu stlačeného plynu.

Elektrická instalace monobloku vysoušeče 2 sestává ze dvou elektrických obvodů, které jsou obdobně jako kompresor 21 připojeny k nezakreslenému zdroji elektrické energie. Obvod regulace teploty v příkladném provedení sestává ze snímače 237 teploty, který je signálním vedením 271 připojen k regulátoru 27 teploty, z nějž vycházející ovládací vedení 272 je připojeno k ventilátoru 24. Druhý elektrický obvod sestává z časovacího obvodu 28, který je vedením 281 připojen k oběma elektroventilům 26.

Činnost zařízení podle vynálezu spočívá v jednoduché realizaci vpředu popsaného fyzikálního principu, podle nějž je vlhký vzduch stlačen a stlačená parovzdušná směs schlazena natolik, aby došlo k požadovanému odloučení nežádoucího vodního podílu a uvolněnou vodu bylo možno odvést mimo zařízení bez přerušení procesu vysoušení. Za tímto účelem je vlhký vzduch přiveden z konzervátoru 10 vysokonapěťového transformátoru 1 horním nátrubkem 102, horním potrubím 3, přívodním potrubím 212 a sacím potrubím 211 do sání kompresoru 21. Stlačený a polytropickou kompresí ohřátý vzduch je z výtlačku kompresoru 21 výtlačným potrubím 210 zaveden do horní části chladiče 23. Stlačená parovzdušná směs, která do chladiče 23 vstupuje s relativně vysokou teplotou, je v chladiči 23 za nominálního pracovního režimu, ochlazovaného proudem okolního vzduchu, který je do něj vháněn ventilátorem 24, postupně schlazována. Její relativní vlhkost roste a po překročení rosného bodu je z ní uvolněný vodní podíl v podobě kapek proudem vzduchu strháván ze spodní části chladiče 23 do cyklónového odlučovače 25. Rychlou rotací směsi jsou v cyklónovém odlučovači 25 z protékajícího vzduchu odstředěny i malé kapky a částečně vysušená parovzdušná směs natéká přívodním potrubím 250 do horní části protiproudového výměníku 23. Pro další schlazení stlačené parovzdušné směsi je v příkladném provedení zařízení použito tzv. Lindeho procesu, který spočívá v kombinaci protiproudové výměny tepla a využití chladicího účinku pozitivního Thompson-Jouleova efektu, spojeného se škrcením stlačeného vzduchu. Stlačená parovzdušná směs shora protéká šroubovicovým potrubím 232 a předává svoji tepelnou energii chladnějšímu proudu vyexpandovaného vzduchu, který protéká zdola šroubovicovou mezerou, vytvořenou mezi vnější stěnou šroubovicového potrubí 232, vnitřním pláštěm 231 a vnějším pláštěm 230. Vlivem kontinuálního schlazování stlačené směsi, a to až k teplotě 0°C , dochází k dalšímu odloučení vodního podílu a odloučená voda je stejně jako v předchozím případě strhávána proudem vzduchu do jímky 234. Stlačený vzduch, zbavený převážně většiny vodních par, je z jímky 234 zaveden pravoúhlým nátrubkem 236 na škrticí clonu 235, kde expanduje zhruba na atmosférický tlak. Pokles teploty plynu je přímo úměrný tlakové diferenci na škrticí cloně 235 a zaručuje naznačenou funkci protiproudového výměníku 23. Expanzní ochlazený proud vzduchu, vytékající ze škrticí clony 235, obtéká snímač 237 teploty a je deflektorem 238 zaváděn do spodní části vnějšího pláště 230 nad jímkou 234, odkud volně uniká šroubovicovou mezerou do horní části tohoto pláště. Znovu ohřátý vzduch je nátrubkem 239, spodním potrubím 4 a spodním nátrubkem 101 zaveden nad volnou hladinou oleje v konzervátoru 10. Vysušený vzduch s velmi nízkou úrovní parciálního tlaku vodní páry je v rámci difúzního procesu na rozhraní olej/vzduch znovu nasycen vodními parami uvolněnými z oleje a je opět horním nátrubkem 102 a horním potrubím 3 zaveden do monobloku vysoušeče 2.

Kontinuální a dostatečně účinný proces vysoušení obíhajícího vzduchu v soustavě konzervátor 10 monoblok vysoušeče 2 je podmíněn dostatečným stlačením natékajícího vlhkého vzduchu do monobloku vysoušeče 2 a současně také dostatečným snížením teploty stlačeného vzduchu ve spodní části šroubovicového potrubí 232. Protiproudové chlazení vyvolané Thompson-Jouleovým efektem přitom ovšem nesmí schladit protékající paroplynovou směs natolik, aby například odlučovaná vodní frakce namrzala ve spodní části šroubovicového potrubí 232 nebo v jímce 234. V zařízení podle tohoto příkladu je tohoto cíle dosahováno tím, že teplota směsi se reguluje pomocí regulační smyčky. Při poklesu teploty vzduchu, který vytéká ze škrticí clony 235 je signál, který odpovídá diferenci elektrické veličiny přiváděné ze snímače teploty 237 a žádané veličiny zesílen v regulátoru 27 a tato veličina je ovládacím vedením 272 přivedena na ventilátor 24, jehož otáčky poklesnou. Tím je snížena úroveň nuceného chlazení stlačeného vzduchu v chladiči 22 a teplota, se kterou tento vzduch vystupuje z chladiče 22, vzroste.

Tím současně vzroste i teplota stlačeného vzduchu na vstupu do protiproudového výměníku 23 a při konstantní teplosměnné ploše tohoto výměníku má tato změna za následek i zvýšení teploty před a za škrticí clonou 235. Tímto způsobem realizovaná zpětná vazba je zároveň schopna udržet teplotu v okolí 0 °C ve spodní části šroubovicového potrubí 232 i za značných změn teploty okolního vzduchu, aniž by došlo k poklesu vysoušecí schopnosti zařízení při zvýšených teplotách nebo naopak k zamrznutí protiproudového výměníku 23 při značně snížených teplotách okolního prostředí.

Voda shromážděná v cyklónovém odlučovači 25 a jímce 234, je z monobloku vysoušeče 2 periodicky odpouštěna ve volitelném automatickém režimu. Časovací obvod 28 vysílá po uběhnutí zvoleného časového úseku vedením 281 obdélníkový elektrický puls, jehož délku lze také volit, kterým jsou současně otevřeny oba elektroventily 26 a voda z cyklónového odlučovače 25 a jímky 234 je odvodňovacími nátrubky 260 vypuzena mimo monoblok vysoušeče 2.

Při provozu vysoušecího zařízení dochází odlučováním parního podílu z vlhkého vzduchu k tlakovým změnám v konzervátoru 10. Ke stejným změnám, ale v daleko větší míře dochází také proměnnou zátěží vysokonapěťového transformátoru 1, která rezultuje v pohybu volné hladiny oleje v konzervátoru 10. Ve zcela uzavřené soustavě monoblok vysoušeče 2 konzervátor 10 vysokonapěťového transformátoru 1, by za těchto okolností mohlo dojít k poklesu tlaku vzduchu v této soustavě vůči tlaku atmosférickému a infiltraci vlhkého vzduchu z okolí nad volnou hladinu oleje. V zařízení podle vynálezu je tato možnost potlačena tím, že sání kompresoru 21 je sacím potrubím 211 volně propojeno s okolní atmosférou, zatímco do horní části přívodního potrubí 212 je zabudována clona 213, která při chodu monobloku vysoušeče 2 vždy zaručuje mírný přetlak vysušeného vzduchu v konzervátoru 10 vysokonapěťového transformátoru 2 vůči okolní atmosféře.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Zařízení pro vysoušení plynů, sestávají z kompresoru, chladiče s ventilátorem, protiproudového výměníku, cyklónového odlučovače, elektroventilu, regulátoru teploty časovacího obvodu, potrubí a armatur, vyznačené tím, že k sacímu potrubí (211) kompresoru (21) je připojeno sací potrubí (3), napojené na horní část konzervátoru (10) a opatřené clonou (213), kdežto jeho výtlačné potrubí (210) je připojeno k chladiči (22), opatřené ventilátorem (24), a vývod chladiče (22) je připojen k cyklónovému odlučovači (25) opatřené odvodňovacím nátrubkem (260) s odvodňovací armaturou připojenou k elektroventilu (26), přičemž k horní části tohoto cyklónového odlučovače (25) je připojeno převáděcí potrubí (250), které je dále připojeno ke šroubovicovému potrubí (232) protiproudového výměníku (23), jehož jímka (234) je rovněž opatřena odvodňovacím nátrubkem (260) s odvodňovací armaturou připojenou k dalšímu elektroventilu (26), přičemž horní část tohoto protiproudového výměníku (23), opatřená nátrubkem (239), je připojena spodním potrubím (4) k zaplavené části konzervátoru (10), nad jejíž hladinu toto spodní potrubí (4) vyčnívá.

2. Zařízení podle bodu 1, vyznačené tím, že vnější plášť (230) protiproudového výměníku (23) s jímkou (234) je opatřen tepelnou izolací (233), a v tomto vnějším plášti (230) je uložen vnitřní plášť (231), který obklopuje šroubovicové potrubí (232) ústící do horní jímky (234), z níž vychází pravoúhlý nátrubek (236), jehož ukončení opatřené škrticí clonou (235), je uloženo v dutině deflektoru (238), ve které je také umístěno čidlo teploty, spojené se snímačem (237) teploty, který je dále připojen k regulátoru (27) teploty.

3. Zařízení podle bodů 1 a 2, vyznačené tím, že elektroventily (26) jsou vzájemně spojeny spojnicí, která je vedením (281) připojena k časovacímu obvodu (28), kdežto snímač (237) teploty je připojen signálním vedením (271) k regulátoru (27) teploty, jehož výstup je dále spojen ovládacím vedením (272) s ventilátorem (24).

