

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

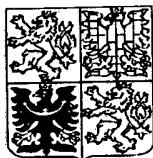
zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

40-99

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **01. 07. 97**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: 08.07.96

(31) Číslo prioritní přihlášky: 96/19627422

(33) Země priority: DE

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **11. 08. 99**
(Věstník č. 8/99)

(86) PCT číslo: **PCT/EP97/03434**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 98/01215**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶:

B 01 D 53/047
C 01 B 13/02
C 01 B 21/04

(71) Přihlášovatel:

BAYER AKTIENGESELLSCHAFT,
Leverkusen, DE;
SGI-PROZESSTECHNIK GMBH, Altenstadt,
DE;

(72) Původce:

Reiss Gerhard, Leverkusen, DE;
Amlinger Heinrich, Niddatal, DE;

(74) Zástupce:

Všetečka Miloš JUDr., Hálkova 2, Praha 2,
12000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob adsorpčního dělení vzduchu

(57) Anotace:

Řešení se týká zdokonaleného způsobu oddělování kyslíku nebo dusíku ze vzduchu pomocí vakuové adsorpce Swing /VSA/, popřípadě tlakově-vakuové adsorpce Swing /PVSA/ pomocí systému vývěv, optimalizovaných pro desorpci adsorbovaných podílů vzduchu. Tento systém je tvořen rotačním ventilátorem a vývěvou, která pracuje na principu vytěsňování, zejména vývěvou s krouživým pístem.

99 A3

07.01.99

PV 40-99

JUDr. Miloš VŠETEČKA
advokát
120 00 PRAHA 2, Mládkova 2

Způsob adsorpčního dělení vzduchu

Oblast techniky

Vynález se týká zdokonaleného způsobu oddělování kyslíku nebo dusíku, ze vzduchu pomocí vakuové adsorpce Swing (VSA), popřípadě tlakově-vakuové adsorpce Swing (PVSA) pomocí systému vývěv, optimalizovaných pro desorpci adsorbovaných podílů vzduchu.

Dosavadní stav techniky

Přímá výroba kyslíku ze vzduchu při teplotě okolí se již rozsáhle provádí průmyslově pomocí zeolitových molekulových sít.

Při tom se využívá zvýhodněná adsorpce dusíku proti kyslíku, tj. dusík ze vzduchu se adsorbuje na zeolitu, méně silně adsorbované složky vzduchu, jako je kyslík, nebo argon, se při průtoku vzduchu vrstvou zeolitu na výstupu z této vrstvy jímají jako produkt. Desorpce adsorbovaného dusíku se může například provést evakuací vrstvy. V takovém případě se jedná o způsob VSA (vakuová adsorpce Swing), na rozdíl od stejné známého postupu PSA (tlaková adsorpce Swing). Kontinuální postup se u způsobu VSA dosahuje těmito kroky:

- a) Prohánění vzduchu vrstvou zeolitu na vstupu adsorbéru, například při tlaku okolí, na výstupu z adsorbéru se odtahuje plyn obohacený O_2 .

- b) Evakuování vrstvy na vstupu vývěvou na tlak asi 100 až 400 hPa v protiproudu k toku vzduchu, přičemž se současně proplachuje částí produktu.
- c) Naplnění vrstvy produktem O_2 v protiproudu k průtoku vzduchu přibližně na okolní tlak. V postupu PSA se krok a) provádí při tlaku od 200 do 600 kPa a krok b) probíhá za tlaku asi 100 kPa za proplachování částí produktu s O_2 . (Tlaky se vztahují vždy k absolutním hodnotám.)

V důsledku těchto tří kroků se obvykle pracuje se třemi oddělenými vrstvami zeolitu, které se krátce označují jako adsorbéry, které se provozují střídavě v cyklech.

Jsou však popsány též postupy dělení s vakuovou regenerací, při nichž se cyklicky provozují dva adsorbéry s jedním zásobníkem produktu (US 397 696), nebo se též pracuje s jen jedním adsorbérem střídavě se zásobníkem produktu.

Hospodárnost těchto zařízení je ovlivněna investicemi, například množstvím adsorpčního prostředku, velikostí vývěv a zejména pak provozními náklady, jako je spotřeba proudu vývěvou. Cílem každého vývoje je proto optimalizace množství molekulového síta, velikosti vývěvy a spotřeby energie vývěvou. Dosud používané vývěvy při vakuové desorpci jsou dvoustupňové, případně třístupňové vývěvy s krouživým pístem s vytěšňovací funkcí (viz EP 158 262), nebo vodokružné vývěvy, spočívající rovněž na vytěšňovacím účinku.

Jinými kompresory, které se rovněž mohou použít, jsou odstředivé kompresory, které se používají jako vývěvy (viz

například EP 585 591). Tyto kompresory, známé jako radiální ventilátory, mají tu vlastnost, že se mohou provozovat do poměru tlaků protitlaku k sacímu tlaku asi 2,6, ale pro optimální použití, tj. k docílení co nejnížší spotřeby energie, vyžadují určitý poměr mezi sacím tlakem a tlakem na výstupu. To se označuje jako optimální tlakový poměr σ . Tento tlakový poměr σ u obvyklých radiálních ventilátorů činí asi 1,6 až 1,7. Když se proto má radiální ventilátor optimálně použít jako vývěva a protitlak včetně tlakové ztráty následného tlumiče hluku činí právě 1000 hPa, pak se musí na sací straně nastavit konstantní tlak 625, případně 588 hPa. Protože však u zařízení VSA evakuační tlak v průběhu asi jedné minuty klesá z nejvyšší úrovně (P_{des-1}), typicky 950 hPa, na nejnížší úroveň ($P_{des-min}$) například 300 hPa, není s přihlédnutím k optimální nízké spotřebě energie možné použití jen jednoho radiálního ventilátoru jako jediného stupně.

Jedna možnost spočívá v umělém vytvoření tlakového spádu pomocí klapky před radiálním ventilátorem. Při σ 1,6 pak ale činí minimální evakuační tlak jen 625 hPa. Pak ale vznikají v průběhu doby evakuace vlivem sníženého sacího výkonu klapkou značné ztráty energie. Když je pak proto žádoucí dosáhnout pomocí radiálního ventilátoru nižší evakuační tlak, než určuje tlakový poměr σ , pak musí být radiální ventilátor zařazen do sacího potrubí a za radiální ventilátor se musí připojit vývěva s přibližně konstantní sací schopností. Vývěvami s přibližně konstantní sací schopností jsou například vývěvy s vytěšňovacím působením, jako jsou vodokružné vývěvy, nebo vývěvy s rotačním šoupátkem, plněné olejem. Dalším vytěšňovacím čerpadlem je vývěva s krouživým pístem.

Úkolem předloženého vynálezu je nalezení energeticky výhodnějšího postupu pro získávání O_2 ze vzduchu pomocí soustavy vývěv s co nejnižší spotřebou proudu.

Podstata vynálezu

Bylo zjištěno, že v případě získávání O_2 ze vzduchu postupy VSA/PVSA přináší kombinace radiálního ventilátoru a vytěšňovacího čerpadla, pracujících v paralelním provozu a v časově následném sériovém provozu, popřípadě pracujících během celého procesu evakuace pouze v sériovém provozu, v širokém rozmezí tlaků, významné výhody proti dosavadním dvoustupňovým vývěvám s krouživými písty.

Předmětem vynálezu je způsob oddělování kyslíku nebo dusíku ze vzduchu pomocí adsorpčního zařízení s jedním adsorbérem nebo s několika adsorbéry, které obsahují adsorbenty pro kyslík, nebo dusík, výhodně pro dusík a se soustavou vývěv, připojenou na adsorpční zařízení, která je tvořena radiálním ventilátorem a vývěvou, pracující na vytěšňovacím principu, zejména vývěvou s krouživým pístem, přičemž se vzduch za tlaku okolí, nebo za mírně sníženého tlaku až do -100 hPa proti okolnímu tlaku, nebo při přetlaku až do 500 hPa, vede například vstupem do adsorbéru a na výstupu adsorbéru se plyn obohacený kyslíkem, případně dusíkem, odtahuje a tlak v adsorbéru se po určité době adsorpce, výhodně po době adsorpce 20 až 120 sekund, uvede ve fázi uvolnění na tlak P_{Des-1} , odpovídající tlaku okolí, nebo na tlak P_{Des-1} , který je nejméně 0,6 násobkem tlaku okolí, pak se ve fázi desorpce adsorbér, naplněný adsorpčním prostředkem, nasyceným dusíkem, popřípadě kyslíkem, během

určité doby desorpce, například během 20 až 120 sekund, uvede pomocí soustavy vývěv z vyššího tlaku P_{Des-1} na nižší tlak $P_{Des-min}$, odpovídající nejméně 0,05 násobku okolního tlaku, k desorpci adsorbovaného dusíku, popřípadě kyslíku a ve fázi plnění se uvede na tlak adsorpční fáze, vyznačující se tím, že na počátku desorpční fáze radiální ventilátor, případně přiškrcený klapkou a vývěva vyčerpávací stanice, vyčerpávají adsorbér v paralelním nebo sériovém zapojení, zejména v paralelním zapojení a při nižším desorpčním tlaku radiální ventilátor a vytěšňovací vývěva vyčerpávají adsorbér v sériovém zapojení, přičemž je vytěšňovací vývěva zapojena na tlakové straně radiálního ventilátoru a že během sériového provozu radiálního ventilátoru a vytěšňovací vývěvy je vytěšňovací vývěva, pracující na tlakové straně, nastavena tak, případně je dimenzována tak, aby radiální ventilátor během fáze vyčerpávání dosahoval v průměru svůj optimální tlakový poměr η .

Případné přestavení čerpacího uspořádání z paralelního provozu na provoz sériový probíhá výhodně při evakuačním tlaku P_{Des-0} před radiálním ventilátorem, zejména tehdy, když evakuační tlak P_{Des-0} dosáhne hodnotu, tvořenou tlakem P_0 na výstupu vytěšňovací vývěvy, umístěné na tlakové straně, děleným 0,65 $\cdot \eta$.

Výhodně se již při začátku evakuační fáze radiální ventilátor a vývěva provozují v sériovém zapojení.

Výhodná varianta způsobu podle vynálezu se vyznačuje tím, že tlak P_{Des-0} , při němž se přepíná z paralelního na sériový provoz, je nejméně roven tlaku P_0 na výstupu vytěšňovací vývěvy, umístěné na tlakové straně, děleným 1,15 násobkem tlakového poměru η radiálního ventilátoru.

Obzvláště výhodná varianta způsobu podle předloženého vynálezu se vyznačuje tím, že při daném počátečním tlaku evakuace P_{Des-1} na začátku desorpce leží minimální evakuační tlak $P_{Des-min}$ v tlakovém rozmezí, daném rovnicí

$$P_{Des-min} = P_0 / 1030 \text{ hPa} * (0,25 * P_{Des-1} - 100 \text{ hPa})$$

a

$$P_{Des-min} = P_0 / 1030 \text{ hPa} * (0,5 * P_{Des-1})$$

Přestavování čerpacího zařízení z paralelního provozu na sériový provoz se může řídit například pomocí řídicího systému adsorpčního zařízení podle zadaných časů, nebo podle zadaných tlaků.

Pro zvláštní případ, když vzadu zapojená vývěva na výtláčném principu musí pracovat při tlaku odčerpávání pod 0,25 tlaku okolí, může tato být tvořena ze dvěma nebo třemi za sebou zapojenými vytěšňovacími vývěvami.

Další zvláštní provedení vynálezu jsou uvedena v závislých nárocích.

Přehled obrázků na výkresech

Způsob VSA podle předloženého vynálezu je dále blíže vysvětlen na obrázcích.

Obrázky ukazují:

- Obr.1 Charakteristika sacího výkonu známé jednostupňové vývěvy s krouživým pístem
- Obr.2 Charakteristika sacího výkonu a příkon známé dvoustupňové vývěvy s krouživým pístem
- Obr.3 Charakteristika a příkon, závislý na tlaku, čerpací soustavy z radiálního ventilátoru a vývěvy s krouživým pístem v sériovém zapojení
- Obr.4 Charakteristika a příkon, závislý na tlaku, čerpací soustavy z radiálního ventilátoru a vývěvy s krouživým pístem při přepojení z paralelního na sériový provoz
- Obr.5 Schéma zařízení VSA k provádění způsobu podle předloženého vynálezu
- Obr.6 Naměřený průběh tlaku na vstupu adsorbéru během vyčerpávací fáze pomocí
- a) kombinace radiálního ventilátoru a vývěvy s krouživým pístem v sériovém provozu
 - b) dvoustupňové vývěvy s krouživým pístem
 - c) kombinace radiálního ventilátoru a vývěvy s krouživým pístem s přepojováním z paralelního provozu na provoz sériový při výchozím tlaku 950 hPa.
- Obr.7 Křivky průběhu tlaku jako na obrázku 6. při výchozím tlaku 800 hPa

Schéma zařízení VSA, použitého pro následující příklady je na obr.5.

Příklady provedení vynálezu

Zařízení VSA má tyto součásti:

Vstupní ventily: 11A, 11B, 12B, 11C, 12C

Výstupní ventily: 13A, 14A, 15A, 13B, 14B, 15B, 13C, 14C,
15C

Regulační ventily: 17ABC, 18ABC

Ventil: 16ABC

Ventilátor vzduchu: C10

Topení: H18

Ventilátor produktu: G10

Soustava vývěv: V10

Při následujícím popisu způsobu jsou použity tyto zkratky:

P_0 = Tlak na výstupu čerpací soustavy $\leq$ tlak okolí plus dynamický tlak tlumiče hlukun a konci čerpací soustavy

P_{Des-1} = Tlak před čerpací soustavou na počátku fáze evakuace

P_{Des-0} = Tlak před čerpací soustavou při němž se přepojuje z paralelního provozu na provoz sériový

$P_{Des-0,min}$ = Nejnižší tlak před čerpací soustavou při přepojování z paralelního provozu na provoz sériový

$P_{Des-min}$ = Nejnižší evakuační tlak před čerpací soustavou

Adsorbéry A, B a C jsou naplněny granulátem Ca-zeolitu A o zrnění 1 až 2,5 mm, který je vyroben podle příkladu 2 podle spisu EP-A 0 170 026. Adsorpce dusíku na tomto granulátu činí při 1000 hPa a 25 °C 14 Nl/kg, adsorpce kyslíku pak 4,3 Nl/kg.

Vnitřní průměr adsorbéru činí 1000 mm, výška vrstvy celkového násypu 2200 mm. Na vstupu do adsorbéru je uložena vrstva 20 cm silikagelu. Sypná výška granulátu zeolitu činí 200 cm, hmotnost zeolitu je 1000 kg.

Adsorbéry A, B a C pracují v taktech. Znázornění průběhu způsobu začíná v okamžiku $t = 0$, kdy je ukončena adsorpce v adsorbéru A.

V časovém období do $t = 8$ s (označované též jako čas BFP), probíhá následující :

Na adsorbéru A je otevřen pouze ventil 15A . Na adsorbéru C jsou otevřeny jen ventily 12C a 13C. Nasávání soustavou vývěv V10 proudí nyní plyn bohatý na O_2 z adsorbéru A ventilem 15A, otevřeným regulačním ventilem 17ABC a ventilem 13C do adsorbéru C. Tlak v adsorbéru A tím klesá z adsorpčního tlaku na nižší tlak P_{Des-1} (fáze uvolnění). V adsorbéru C se při tom ukončí evakuace, přičemž tlak v adsorbéru C stoupne z koncového tlaku $P_{Des-min}$ na tlak vyšší.

V adsorbéru B začíná dělení vzduchu (fáze adsorpce, tj. vzduch z okolí vstupuje ventilem 11B do adsorbéru B. Plyn bohatý kyslíkem opouští adsorbér ventilem 14B a kompresorem G10 se odvádí do zásobníku produktu (neznázorněn).

V době taktu od 8 do 60 sekund probíhá toto:

Na adsorbéru A se opět uzavře ventil 15A a otevřen je jen ventil 12A. Adsorbér A se v desorpční fázi odčerpává vývěvou V10 z tlaku P_{DES-1} na tlak $P_{Des-min}$. Adsorbér B je ve fázi adsorpce, tj. jsou otevřeny ventily 11B a 15B. Současně se přes ventily 18ABC, 16ABC, a 13C plní adsorbér C plynem bohatým na kyslík. Na adsorbéru C je otevřen jen ventil 13C. Plnění množství je vyměřeno tak, aby na konci této doby byl dosažen v adsorbéru C tlak, přibližný tlaku adsorpčnímu (fáze plnění).

V dalším taktu cyklu dělí vzduch adsorbér C (fáze adsorpce), v třetím taktu cyklu adsorbér A, tj. obě doby taktu 0-8 sekund a 8-60 sekund se vždy odpovídajícím způsobem opakují.

Pro vyhodnocení následujících příkladů pokusů se použila vyrobená množství O_2 s koncentrací 93 % objemových a časový průběh evakuačního tlaku před čerpací soustavou, evakuované množství plynu a objemový výkon čerpací soustavy při 300 hPa.

Maximální adsorpční tlak činil stále 1100 hPa, minimální evakuační tlak $P_{Des-min}$ stále 300 hPa. Vedle typu čerpací soustavy se porovnával tlak P_{Des-1} na počátku evakuačního kroku, přičemž v první variantě činil tento výchozí tlak 950 hPa a při srovnání činil 800 hPa. Tlak na výstupu

čerpací soustavy ($P_0 \leq$ okolní tlak včetně dynamického tlaku tlumiče hluku za čerpací soustavou) činil v průměru 1050 hPa.

V souvislosti se způsobem dělení se zkoumal způsob činnosti následujících čerpacích soustav:

- D) Dvoustupňová vývěva s krouživým pístem, jejíž kapacita v pokusu při 300 hPa činila asi $1000 \text{ m}^3/\text{h}$.
- E) Kombinace, tvořená radiálním ventilátorem a vývěvou s krouživým pístem, tj. obě čerpadla byla stále zapojena v serii, přičemž kapacita při pokusu činila asi $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ při 300 hPa.
- F) Kombinace, tvořená radiálním ventilátorem a vývěvou s krouživým pístem podle obr. 4, přičemž až do evakuačního tlaku 650 hPa před čerpací soustavou čerpaly radiální ventilátor a vývěva s krouživým pístem paralelně a při tlaku od 650 hPa čerpaly sériově, tj. radiální ventilátor na straně sání a vývěva s krouživým pístem na straně výtlaku, dopravní výkon činil při 300 hPa asi $1000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Na obrázku 1 je znázorněna charakteristika jedno-
stupňové vývěvy s krouživým pístem. Z ní vyplývá, že při
sacím tlaku pod 400 hPa je sací výkon značně omezen proti
sacímu výkonu při 1000 hPa.

Na obrázku 2 je znázorněna charakteristika dvoustupňové
vývěvy s krouživými písty. Seriově zapojený druhý stupeň má
při okolním tlaku proti prvnímu stupni na sací straně o 40 %
nižší sací výkon, odpovídající poměru odstupňování. Mezi

1000 hPa a 200 hPa klesá sací výkon celkové charakteristiky o asi 10 %.

Na obrázku 3 je znázorněna charakteristika čerpací soustavy s radiálním ventilátorem na sací straně a vývěvou s krouživým pístem na výtlačné straně (sériový provoz).

Pro změření charakteristik na obrázku 4 byly použity stejné části čerpacího zařízení, jako na obrázku 3. V rozmezí od 650 do 1000 hPa však radiální ventilátor a vývěva s krouživým pístem sají paralelně, přičemž radiální ventilátor je klapkou regulován na 650 hPa na sací straně. V rozmezí pod 650 hPa jsou radiální ventilátor a vývěva s krouživým pístem zapojeny v serii, jako na obrázku 3 při měření charakteristiky.

V jiném příkladu provádění procesu se evakuační tlak P_{Des-1} dosáhne tím, že ve výše uvedeném časovém taktu "0-8 sekund" je ventil 12C uzavřen, tj. dochází k vyrovnání tlaků, nebo k částečnému vyrovnání tlaků mezi adsorbéry A a C. V tomto období vývěva V10 neevakuuje adsorbér C a pracuje ve "volnoběhu".

V dalším příkladu se evakuační tlak P_{Des-1} dosáhne tím, že ve výše uvedeném časovém taktu "0-8 sekund" je na adsorbéru C otevřen jen ventil 12C, čímž je adsorbér C evakuován na svůj koncový tlak. Na adsorbéru B je otevřen jen ventil 11B, takže vzduchový ventilátor C10 plní adsorbér B vzduchem. Na adsorbéru A je otevřen pouze ventil 14C, takže kompresor produktu G10 odsává plyn bohatý kyslíkem a v adsorbéru A klesne tlak na požadovaný tlak evakuační P_{Des-1} .

V dalším příkladu postupu se optimální výchozí tlak P_{Des-1} pro evakuaci při připojené čerpací soustavě relativně rychle dosáhne tím, že na adsorbéru C je v časovém taktu "0-8 sekund" otevřen jen ventil 13C. Na adsorbéru B jsou otevřeny jen ventily 11B a 14B, takže vzduchový ventilátor C10 plní vzduchem adsorbér B a již produkuje plyn. bohatý kyslíkem. Na adsorbéru A jsou otevřeny ventily 12A a 15A. Plyn, bohatý kyslíkem, z adsorbéru A plní přes ventily 15A, 17ABC a 13C adsorbér C. Tlak v adsorbéru A relativně rychle klesá vlivem vývěvy V10, připojené na ventil 12A, na požadovaný optimální výchozí tlak P_{Des-1} .

Pomocí výpočetního programu "ADSIM" fy. ASPEN TECH / Cambridge byly vypočítány průběh evakuace pro obohacovací zařízení na kyslík s výkonem $5\,000\text{ m}^3/\text{h}$ kyslíku v produktu a s koncentrací O_2 93 % objemových při použití výše uvedených tří čerpacích soustav D), E), F) v obou rozmezích evakuace 950 hPa ($= P_{Des-1}$) až 300 hPa ($= P_{Des-min}$) a velikost vývěv na základě stanovení výtěžků kyslíku (poměr množství kyslíku v produktu ke kyslíku ve vzduchu). Při tom se použily charakteristiky, dopravovaná množství a potřeba energií z obrázků 2, 3 a 4, proporcionálně přepočtené na jiné velikosti vývěv.

Obrázek 6 uvádí změřený průběh tlaku při výchozím tlaku P_{Des-1} ve výši 950 hPa. Čerpací soustava E) (sériové zapojení radiálního ventilátoru s vývěvou s krouživým pístem) při své nízké sací schopnosti při vyšších tlacích má podle toho v průběhu odsávání relativně vysokou tlakovou hladinu proti typu D (dvoustupňová vývěva s krouživým pístem).

Čerpací soustava F) (začátek s paralelním provozem

radiálního ventilátoru a vývěvy s krouživým pístem) se svou vysokou sací schopností při vyšších tlacích má podle toho relativně nižší tlakovou hladinu v průběhu odsávání proti typu D (dvoustupňová vývěva s krouživým pístem), což proto může ukazovat na nepříznivou spotřebu energie.

Obrázek 7 ukazuje naměřený průběh tlaku při výchozím tlaku P_{Des-1} 800 hPa. Naproti obrázku 6 leží evakuační charakteristiky vzájemně méně vzdálené.

Byly zjištěny následující velikosti vývěv:

Tabulka 1

Evakuační tlak 950 až 300 hPa

Typ vývěv	Velikost vývěv při 1000 hPa m^3/h	Velikost vývěv při 300 hPa m^3/h
D) srovnání	135 024 $\leq$ 100%	124 460 $\leq$ 100%
E) (sériové)	74 452 $\leq$ 58%	132 765 $\leq$ 106,6%
F) (paralelně- sériové)	143 920 $\leq$ 106%	119 870 $\leq$ 96%

Tabulka 2

Evakuační tlak 800 až 300 hPa

Typ vývěv	Velikost vývěv při 1000 hPa m^3/h	Velikost vývěv při 300 hPa m^3/h
D) srovnání	136 425 $\leq 100\%$	119 335 $\leq 100\%$
E) (sériové)	72 160 $\leq 55\%$	122 115 $\leq 102\%$
F) (paralelně- sériové)	141 713 $\leq 108,6\%$	118 029 $\leq 98,6\%$

Protože evakuační tlak v rozmezí 600 až 700 hPa, při kterém by se případně měla přepojovat soustava radiálního ventilátoru a vývěvy s krouživým pístem z paralelního provozu na provoz sériový, může proběhnout relativně rychle, může se toto přepojení provést pomocí řídicího systému zařízení O_2 -VSA/PVSA. Může to proběhnout tak, že po odsazení určitého evakuačního tlaku, nebo po zadaném čase evakuace, dojde k odpovídajícímu přepojení.

Jak ukazuje obrázek 1, klesá u jednostupňové vývěvy s krouživým pístem při tlaku 400 hPa její sací výkon již relativně silně. Aby se při sériovém uspořádání radiálního ventilátoru s vývěvou s krouživými písty dosáhly nižší evakuační tlaky pod 25 %, případně též pod 15 % okolního tlaku, aniž by radiální ventilátor vypadl pro svůj příliš vysoký nutný poměr stlačení, navrhlo se provést vývěvu s krouživým pístem dvoustupňově a vícešupňově (sériový provoz).

Z průběhu evakuace a z charakteristik soustav vývěv D),

E), a F) a z vypočítaných velikostí vývěv se vypočítala spotřeba energie při 5000 Nm³/h kyslíku v produktu a při koncentraci O₂ 93 % objemových pro tři soustavy vývěv D), E), F) pro obě rozmezí tlaku 950 až 300 hPa a 800 až 300 hPa. Při tom se použily proporcionálně přepočítané charakteristiky pro příkon podle obrázků 2,3 nebo 4 na jiné velikosti vývěv.

Byly stanoveny následující specifické příkony při účinnosti převodů 4 %.

Tabulka 3

Typ vývěv	Evakuační tlak 950 až 300 hPa Potřeba energie kWh/Nm ³ /O ₂	Evakuační tlak 800 až 300 hPa Potřeba energie kWh/Nm ³ /O ₂
D) srovnání	0,405 ≤ 100%	0,408 ≤ 100%
E) (sériové)	0,382 ≤ 94,38%	0,356 ≤ 87,3%
F) (paralelně- sériové)	0,371 ≤ 91,6%	0,364 ≤ 81,2%

Je překvapivé, že typ vývěv E) s časově průběžným seriovým provozem (radiální ventilátor s vývěvou s krouživým pístem) přes omezené dopravované množství při vyšších tlacích, též při počátečním evakuačním tlaku např. 800 hPa, tedy značně nad teoretickým nejpriznivějším počátečním tlakem ($P_{Des-0} = P_0/n$ asi 1050/1,6 = 650 hPa), vykazuje nejnižší spotřebu energie proti kombinaci D) (= dvoustupňová vývěva s krouživým pístem) a docela i proti typu vývěv F) s počátečním paralelním provozem a sériovým provozem, počínajícím při 650 hPa (viz tabulka 3, druhý sloupec,

výchozí tlak 800 hPa).

Je překvapivé, že s typem vývěv E) byla dosažena úspora energie proti dvoustupňové vývěvě s krouživým pístem (typ D) již při vyšších výchozích tlacích, např. 950 hPa (tabulka 3, první sloupec).

Proto je možné při procesu O_2 -VSA se soustavou vývěv, tvořenou radiálním ventilátorem a vývěvou s krouživým pístem, již před dosažením optimálního počátečního evakuačního tlaku P_{Des-0} (= okolní tlak včetně dynamického tlaku tlumiče hluku k optimálnímu tlakovému poměru σ radiálního ventilátoru) přepojit kombinaci radiálního ventilátoru a vývěvy s krouživým pístem na sériový provoz.

V normálním případě by byl při 1000 hPa okolního tlaku a 50 hPa dynamického tlaku tlumiče hluku a při tlakovém poměru σ 1,6 nejpriznivější výchozí tlak sériového provozu (P_{Des-0}) asi 650 hPa. V případě získávání kyslíku ze vzduchu způsobem VSA se již může evakuace optimálně provést již při relativně vysokém tlaku pomocí sériového provozu radiálního ventilátoru s vývěvou s krouživým pístem. To znamená, že již při tlacích značně nad optimálním výchozím tlakem P_{Des-0} se kombinace vývěv může přepojit z paralelního na sériový provoz, nebo že se může počít se sériovým provozem již od počátku evakuace.

Patentové nároky

1. Způsob oddělování kyslíku a dusíku ze vzduchu pomocí adsorpčního zařízení s jedním adsorbérem, nebo s více adsorbéry, které obsahují adsorbenty pro dusík, nebo kyslík, výhodně pro dusík, a s čerpací soustavou, tvořenou radiálním ventilátorem a vývěvou, pracující na vytěšňovacím principu, zejména vývěvou s krouživým pístem, přičemž vzduch se vede v adsorpční fázi do adsorbéru při tlaku okolí, při tlaku mírně sníženém proti tlaku okolnímu o $-0,1 \times 10^5$ Pa, nebo při přetlaku až $0,5 \times 10^5$ Pa a na výstupu z adsorbéru se odsává plyn, obohacený kyslíkem, případně dusíkem, tlak v adsorbéru se po určité době adsorpce, výhodně po 20 až 120 sekundách, uvede ve fázi uvolnění na tlak P_{Des-1} , což odpovídá okolnímu tlaku, nebo tlaku nižšímu, než je tlak okolí, až alespoň 0,6 násobek tlaku okolí, pak se ve fázi desorpce uvede adsorbér, obsahující adsorpční prostředek, nasycený dusíkem, případně kyslíkem, během určité doby desorpce, zejména od 20 do 120 sekund, uvede, případně pomocí soustavy vývěv, z vyššího tlaku P_{Des-1} na nižší tlak $P_{Des-min}$, odpovídající nejméně 0,05 násobku tlaku okolí, k desorpci adsorbovaného dusíku, popřípadě kyslíku, a ve fázi plnění se uvede opět na tlak adsorpční fáze,

v y z n a č u j í c í s e t í m , že na počátku desorpční fáze vyčerpává radiální ventilátor, případně přiškrcený a vytěšňovací vývěva soustavy vývěv, zapojené paralelně nebo sériově, zejména zapojené paralelně, a při nižším desorpčním tlaku radiální ventilátor a vytěšňovací

vývěva, zepojené v sérii, adsorbér, přičemž je vytěšňovací vývěva zapojena na výtlačné straně radiálního ventilátoru, že během sériového provozu radiálního ventilátoru a vytěšňovací vývěvy je vývěva, pracující na výtlačné straně, nastavena tak, případně je dimenzována tak, aby radiální ventilátor během fáze vyčerpávání v průměru dosáhl svého optimálního tlakového poměru η , a že případné přestavění čerpací soustavy z paralelního provozu na provoz sériový při evakuačním tlaku P_{Des-0} před radiálním ventilátorem proběhne zejména tehdy, když evakuační tlak P_{Des-0} dosáhne nejméně hodnotu, tvořenou tlakem P_0 na výstupu vývěvy na výtlačné straně děleným $0,65 \cdot \eta$.

2. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že na počátku evakuační fáze pracují radiální ventilátor a vývěva v sériovém zapojení.

3. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že tlak $P_{Des-0min}$ při němž se přepojuje z paralelního na sériový provoz, je roven nejméně tlaku P_0 na výstupu vytěšňovací vývěvy na výtlačné straně, děleným $1,15$ násobkem tlakového poměru η radiálního ventilátoru.

4. Způsob podle nároků 1 až 3, v y z n a č u j í c í s e t í m , že při daném počátečním evakuačním tlaku P_{Des-1} leží minimální evakuační tlak v rozmezí tlaků, které jsou dány rovnicemi

$$P_{Des-min} = P_0 / 1030 \text{ hPa} * (0,25 * P_{Des-1} - 100 \text{ hPa})$$

a

$$P_{\text{Des-min}} = P_0/1030 \text{ hPa} * (0,5 * P_{\text{Des-1}})$$

5. Způsob podle nároků 1 až 4,

v y z n a č u j í c í s e t í m , že přestavování soustavy vývěv z paralelního provozu na provoz sériový probíhá pomocí řídicího systému adsorpčního zařízení podle zadání času.

6. Způsob podle nároků 1 až 4,

v y z n a č u j í c í s e t í m , že přestavení soustavy vývěv z paralelního provozu na provoz sériový probíhá pomocí řídicího systému adsorpčního zařízení podle zadání tlaku.

7. Způsob podle nároků 1 až 6,

v y z n a č u j í c í s e t í m , že vzadu zapojená vývěva na vytěšňovacím principu je při odčerpávacím tlaku pod 0,25 násobek okolního tlaku tvořena dvěma nebo třemi za sebou zapojeným vývěvami.

8. Způsob podle nároků 1 až 7,

v y z n a č u j í c í s e t í m , že se provozují jeden až tři adsorbéry (A), (B), (C), výhodně dva nebo tři adsorbéry, v taktech změn adsorpční fáze, uvolňovací fáze a desorpční fáze a plnicí fáze.

9. Způsob podle nároku 8,

v y z n a č u j í c í s e t í m , že adsorbér (A), který se má evakuovat na konci své adsorpční fáze, je svým výstupem napojen na výstup adsorbéru (B), který je ve fázi evakuace, a adsorbér (A) je evakuován vývěvovou soustavou,

napojenou na vstup adsorbéru (B), maximálně až na tlak $P_{Des-min}$.

10. Způsob podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m , že adsorbér (A), který se má evakuovat na konci své adsorpční fáze, je svým výstupem napojen na výstup nebo vstup právě evakuovaného adsorbéru (B) a adsorbér (A) se rozpíná pomocí vyrovnávání tlaků, nebo částečného vyrovnávání tlaků, s adsorbérem (B) maximálně na podtlak $P_{Des-0,min}$.

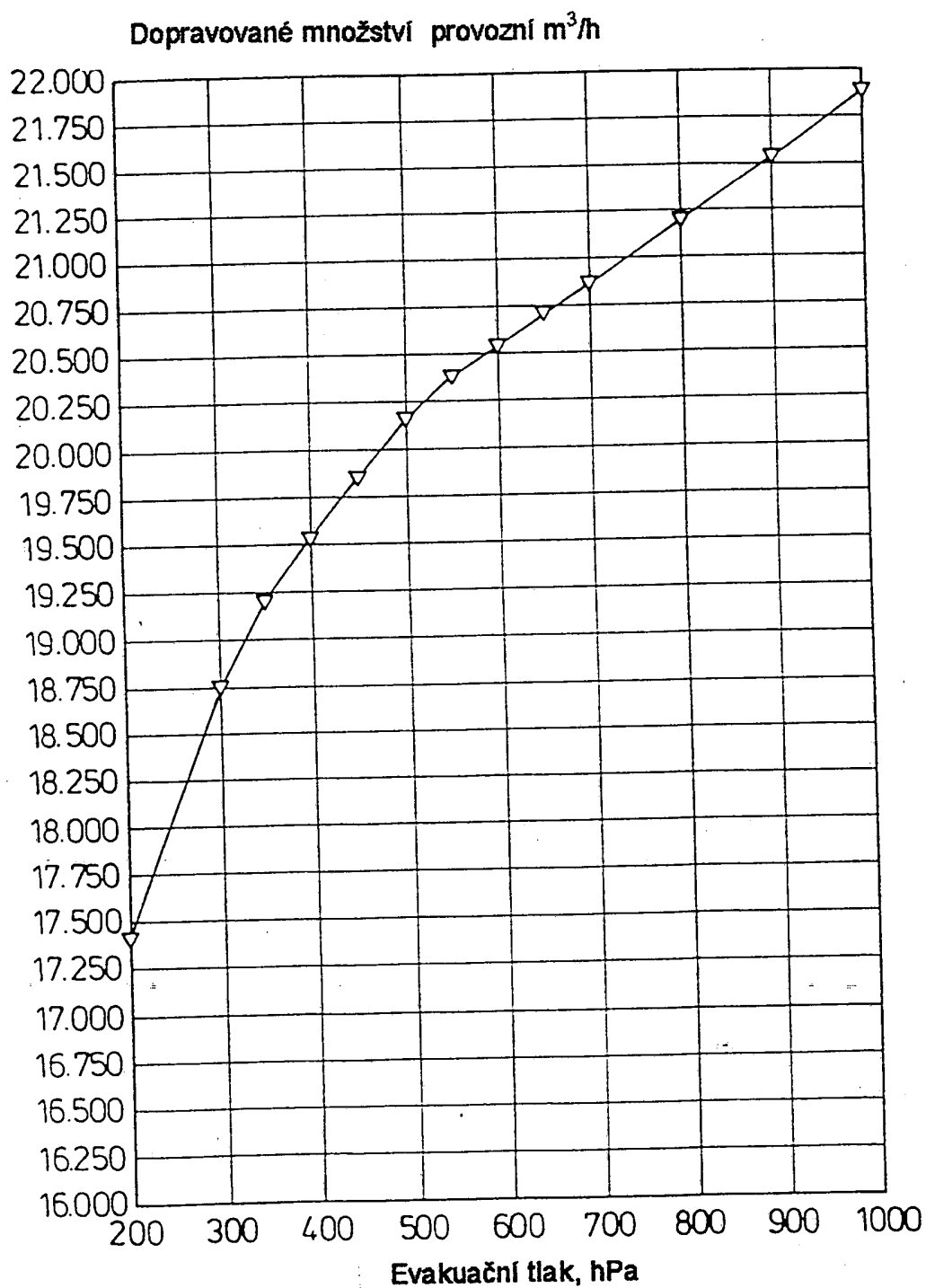
11. Způsob podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m , že adsorbér (A), který se má evakuovat na konci své adsorpční fáze, nebo na konci fáze uvolňování na okolní tlak, zůstává svým výstupem připojen ke kompresoru produktu, přičemž je vstup adsorbéru (A) uzavřen a tlak v adsorbéru (A) klesá pod okolní tlak, maximálně na tlak $P_{Des-0,min}$.

12. Způsob podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m , že adsorbér (A), který se má evakuovat na konci své adsorpční fáze, nebo na konci fáze uvolňování na okolní tlak, je ze svého vstupu evakuován soustavou vývěv a současně je svým výstupem spojen s výstupem právě evakuovaného adsorbéru (B) a tím se adsorbér (B) plní.

07.01.99

PV 40-99

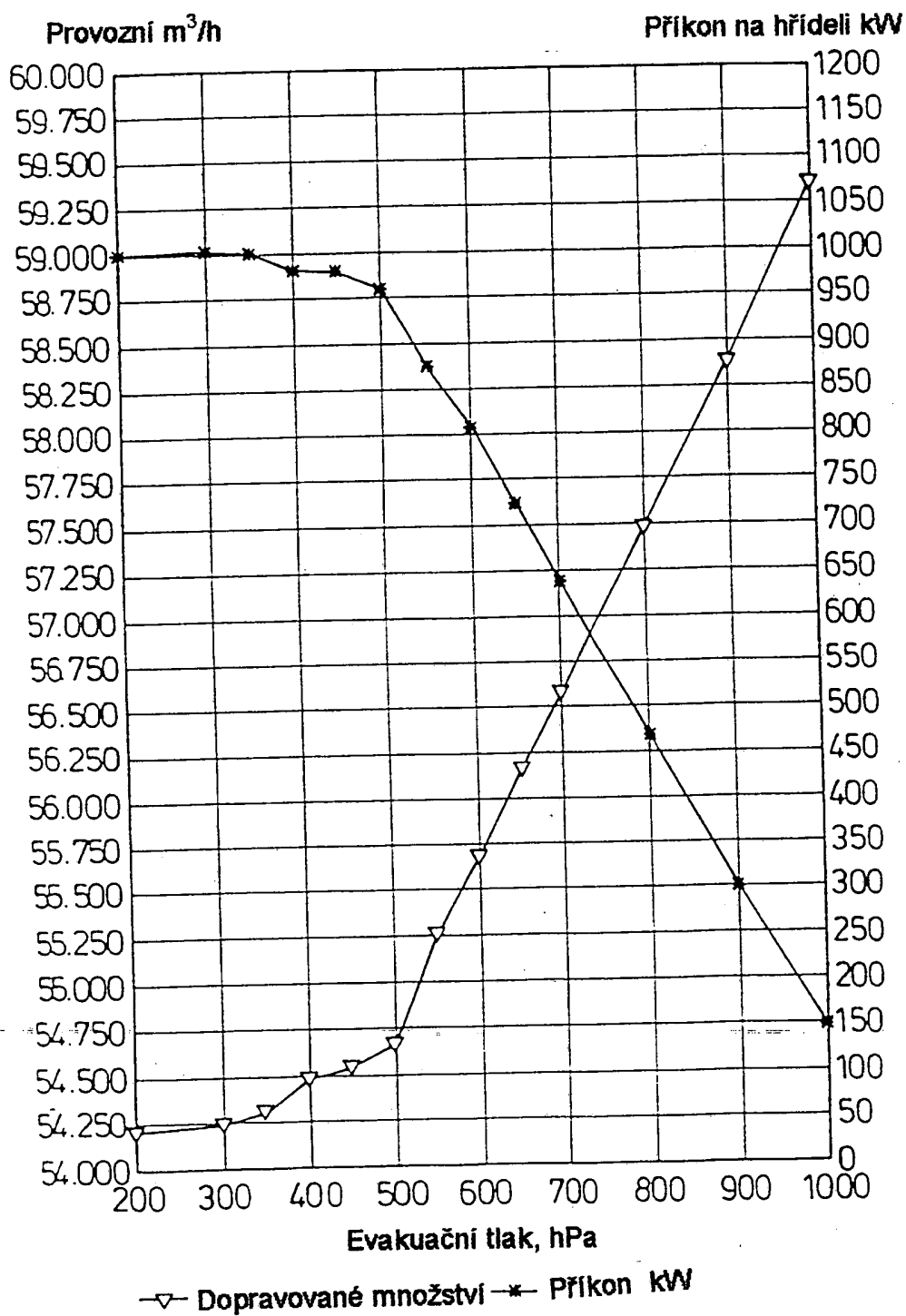
Obr.1



07.01.99

PV 40-99

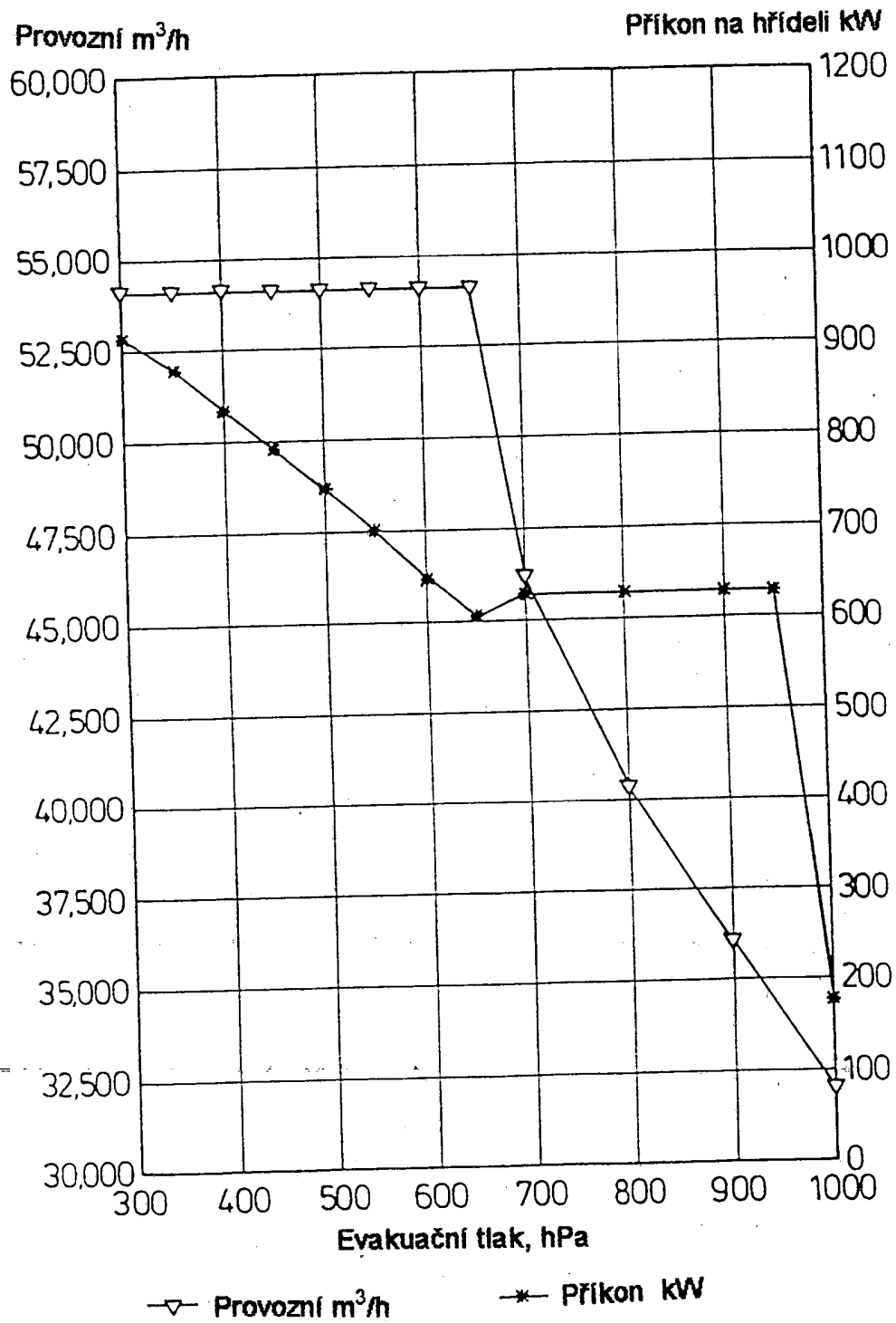
Obr. 2



07.01.99

PV 40-99

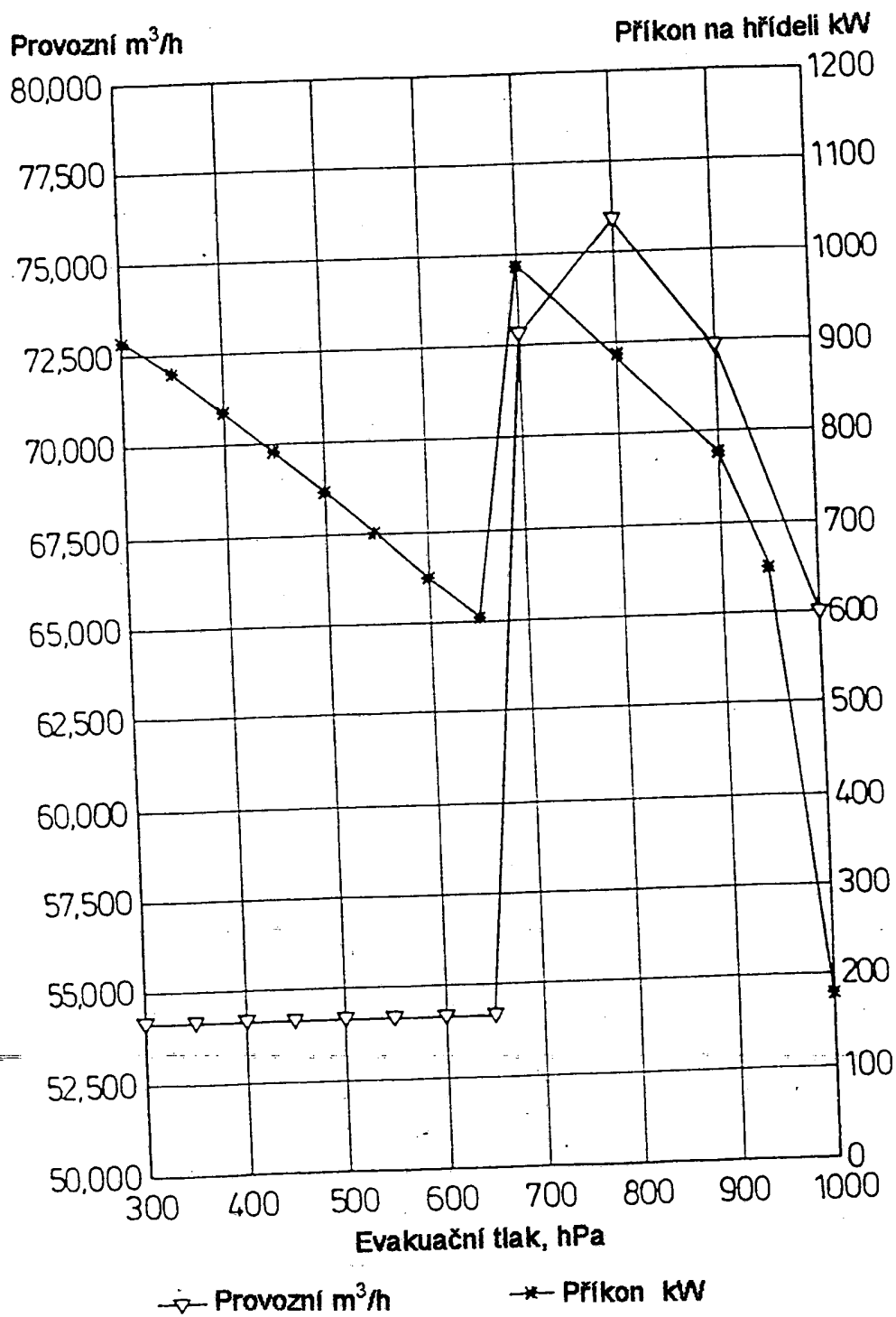
Obr.3



07.01.99

PV 40-99

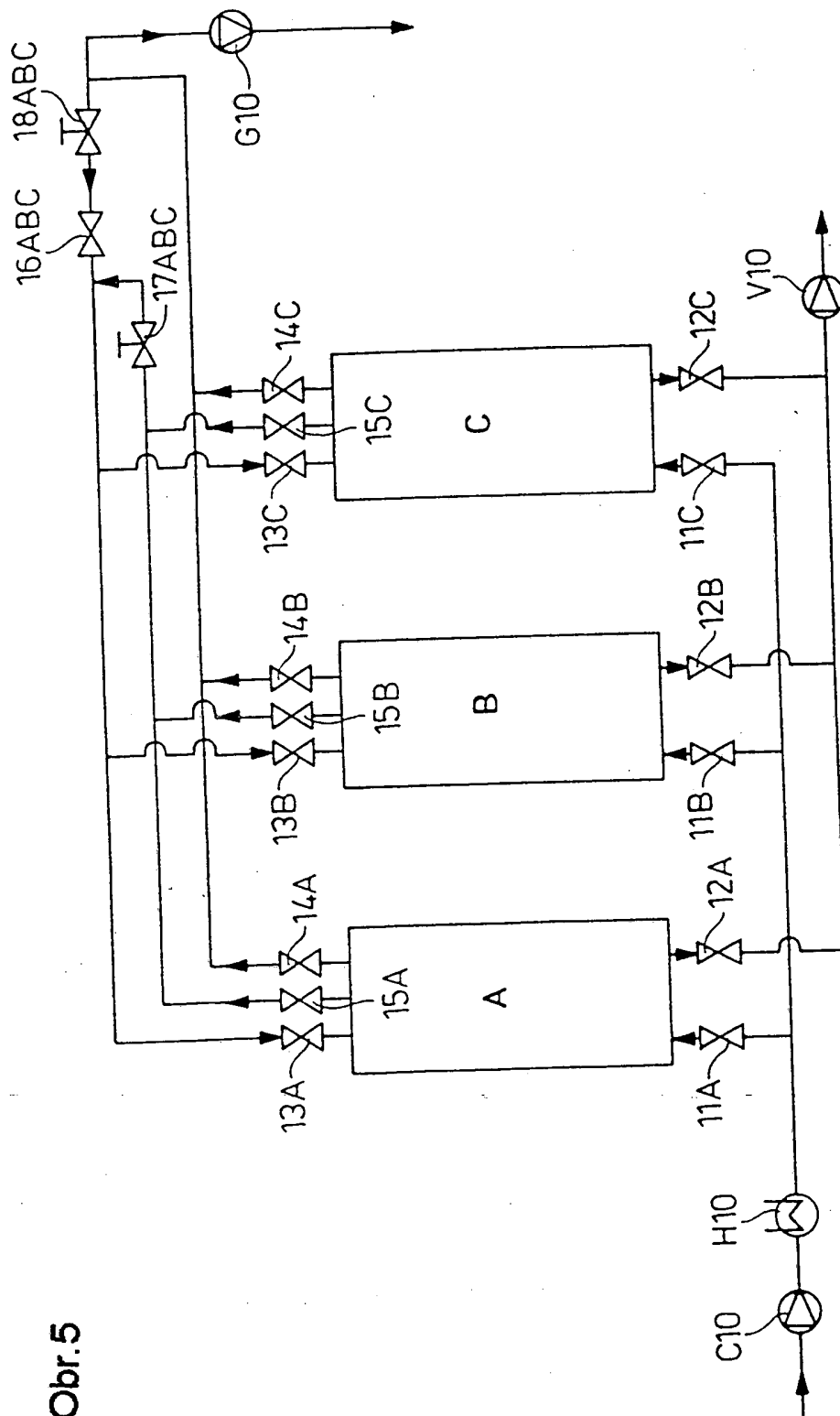
Obr.4



07.01.99

PV 40-99

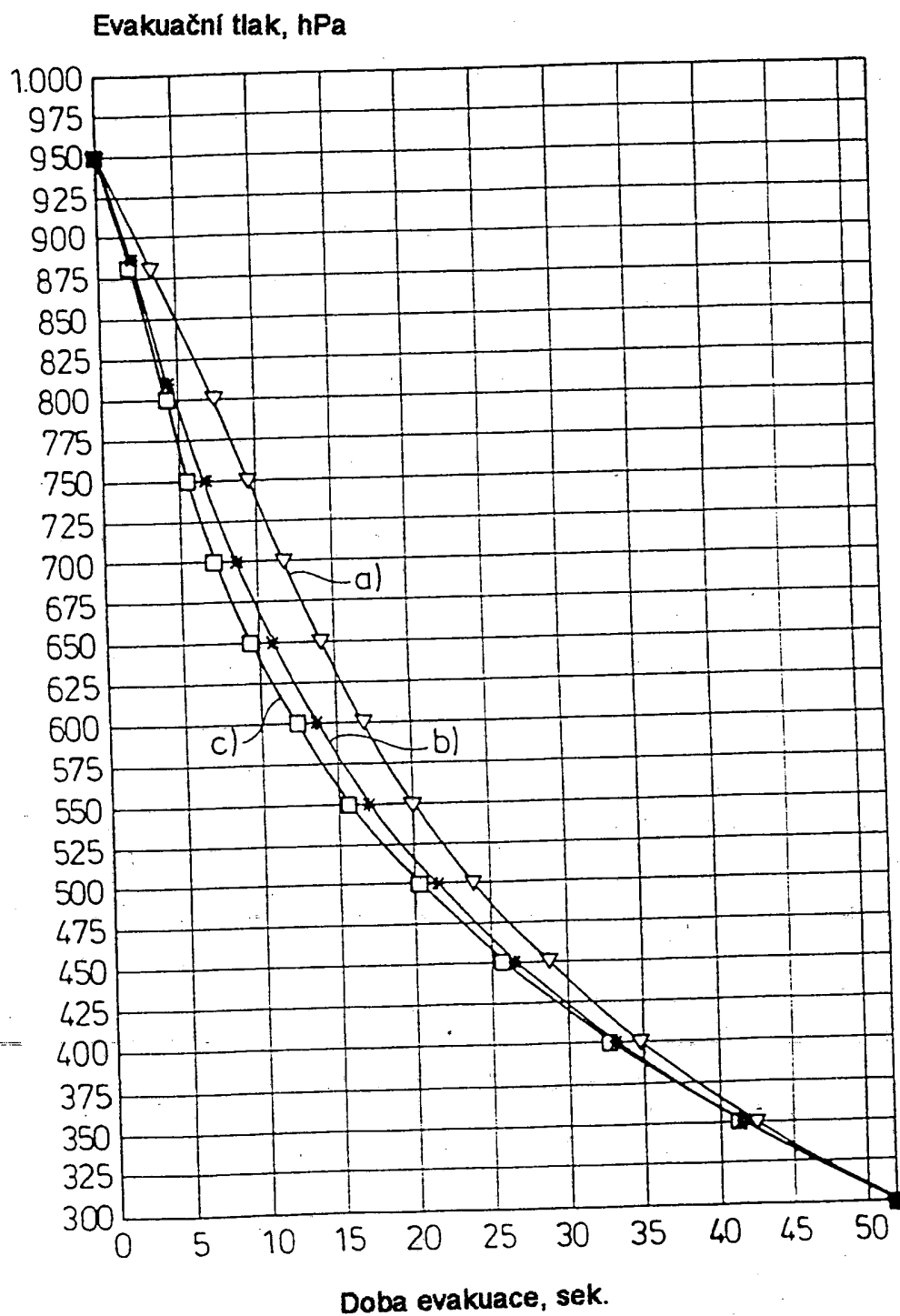
Obr. 5



07.01.99

PV 40-99

Obr.6



07.01.99

PV 40-99

Obr.7

