



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

214747
(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
B 60 K 41/20

(22) Přihlášeno 26 03 77

(21) (PV 6220-77)

(32) (31) (33) Právo přednosti od 30 03 76
(76 29411) Francie

(40) Zveřejněno 10 09 81

(45) Vydáno 15 09 84

(72)

Autor vynálezu

BASTENHOF DIRK ing., EAUBONNE (Francie)

(73)

Majitel patentu

SOCIÉTÉ D'ÉTUDES DE MACHINES THERMIQUES — S.E.M.T.
SAINT DENIS (Francie)

(54) Zařízení pro zlepšování vzduchového brzdění Dieselova motoru

1

2

Zařízení pro zlepšování vzduchového brzdění Dieselova motoru s měnitelným směrem otáčení, jehož alespoň některé válce jsou opatřeny rozjíždějícími ventily s postupným pneumatickým ovládáním otevření pomocí alespoň jednoho rozdělovače stlačeného vzduchu, který je opatřen otáčivým přepínačem, majícím v sobě vybrání pro průchod stlačeného vzduchu a umístěná tak, že v průběhu otočky přepínače procházejí před vstupními otvory do uvedených kanálků. Rozdělovač má vybrání pro rozjížděcí ventily každé řady válců, každé vybrání má tvar protáhlého otvoru sledující oblouk kružnice, na níž se nachází rovněž vstupní otvory kanálků přidružených jedné řadě válců, přičemž pro rozjížděcí ventily jedné řady válců odpovídá střední obvodový oblouk pro průchod stlačeného vzduchu do jednoho rozjížděcího ventilu, tvořený součtem křivkové délky odpovídajícího vybrání a přidruženého vstupního otvoru, středovému úhlu 15° až 30°, kdežto střední obvodový oblouk průchodu stlačeného vzduchu do jednoho rozjížděcího ventilu druhé řady válců tvořený součtem křivkové délky odpovídajícího vybrání a přidruženého vstupního otvoru odpovídá středovému úhlu 75° až 50°, a přičemž přepínač je unášen vačkovým hřídelem motoru.

Obr. 7, 8.

Vynález se týká zařízení pro zlepšování vzduchového brzdění Diesellova motoru.

Vynález se týká obecně Dieselových motorů. Zejména se týká Dieselových motorů s měnitelným směrem otáčení a se sudým počtem válců, uspořádaných do tvaru písmene V ve dvou řadách o stejném počtu těchto válců, z nichž alespoň některé válce každé řady jsou opatřeny jednotlivými rozjížděcími ventily s automatickým uzavíráním vratnou prožinou po vytváření, a s postupným pneumatickým ovládním otevření pomocí alespoň jednoho rozdělovače stlačeného vzduchu. Vztahuje se na zařízení pro zlepšování vzduchového brzdění takových motorů, které zahrnuje alespoň jeden rozdělovač stlačeného vzduchu, připojený jednak ke zdroji stlačeného vzduchu a jednak k vedením vedoucím každé do jednoho rozjížděcího ventilu, a který je opatřen otáčivým přepínačem, majícím v sobě vybrání pro průchod stlačeného vzduchu a umístěná tak, že v průběhu otočky přepínače procházejí před vstupními otvory do uvedených kanálků.

Je známo, že kupříkladu lodě, které jsou poháněny lodními Dieselovými motory s měnitelným směrem otáčení a s více válci pomocí lodního šroubu s pevným stoupáním, mají v zásadě dobrou ovladatelnost, která se však nepříznivě snižuje se vzrůstající rychlostí plavby nebo se vzrůstající setrvačností lodě. Když se přeruší přívod paliva do motoru velkého plavidla v plné rychlosti, uplyne ještě poměrně značná doba, než se loď zastaví, přičemž vzdálenost, kterou loď uplave až do svého zastavení, může někdy dosahovat i několika kilometrů. V případě nebezpečí nebo jiné potřeby zastavení, například při nebezpečí srážky, v tísni, nebo podobné situaci, je zapotřebí provést rychle pomocný manévř, určený k nezbytnosti lodě s motorem, který je v plné rychlosti pohybu kupříkladu vpřed, a to v co možná nejkratší době, s výhodou pomocí rychlého obrácení chodu, pro které je však nutné před tím zastavit motor, to znamená nejprve ho rychle zabrzdit až po jeho zastavení a po té ho znovu spustit obráceným směrem. Provedení takového nouzového manévru může být u lodí s motorem s vnitřním spalováním velmi obtížné, neboť když loď pokračuje v plavbě po své dráze v důsledku své před tím získané rychlosti, je motor umášen lodním šroubem v důsledku setrvačnosti lodí v jejím původním, kupříkladu dopředním pohybu. Pro obrácení chodu plavidla a spuštění motoru do chodu směrem vzad je proto nutné čekat, až se zbytková rychlost otáčení a setrvační síly dostatečně zmenšily. Pro ovládnutí lodě je tedy nutné, nebo dokonce nezbytné, moci účinně zabrzdit motor tak, aby se dosáhlo uměle značného zpomalení lodě, aby se loď rychle zastavila a mohl se co nejrychleji spustit zpětný chod motoru.

Z uvedených důvodů je nutné, aby motor byl vybaven účinným systémem pro brzdění a opětný rozjezd, který by byl snadno ovlá-

datelný a který by spolehlivě fungoval. Pro rozjezd a brzdění pneumatickou cestou jsou alespoň některé válce motoru opatřeny jednotlivými odpovídajícími rozjížděcími ventily, do kterých se v postupném sledu pro dosažení opakované a cyklicky přerušované činnosti, tj. periodické, avšak dočasné, přivádí stlačený vzduch, a to buď hlavní stlačený vzduch pro pohon nebo brzdění, nebo pomocný ovládací stlačený vzduch pro ovládnutí rozjížděcích ventilů.

Tento stlačený vzduch je přiváděn z alespoň jednoho centrálního rozdělovače, s výhodou otáčivého a majícího přepínací ústrojí, jako je kluzný kotouč nebo hvězdovitě uspořádané šoupátkové ventily s jedinou společnou vačkou, přičemž tento rozdělovač je poháněn v zásadě synchronizovaně s otáčením vačkového hřídele, ovládacím přívodním a výfukové ventily motoru, nebo je poháněn přímo tímto hřídelem.

Přepínací ústrojí se tedy otáčí s úhlovou rychlostí otáčení vačkového hřídele, tj. poloviční rychlostí než je rychlost otáčení klikového hřídele v případě čtyřtakového motoru. V případě motoru s měnitelným směrem otáčení má každý vačkový hřídel tohoto motoru soupravu vaček pro dopředný chod a soupravu vaček pro chod vzad, jejichž použití je vzájemně zaměnitelné, přičemž záměna dovoluje změnit smysl otáčení tím, že se rozdělování pro kupříkladu dopředný chod nahradí rozdělováním pro chod vzad.

Taková záměna se obvykle provádí osovým posunem každého vačkového hřídele v podélném směru v jednom nebo ve druhém smyslu mezi dvěma krajními protilehlými polohami pro chod vpřed a pro chod vzad. V případě otáčivého rozdělovače opatřeného pouze jedním přívodem ovládacího vzduchu je takové posouvání vaček pro rozjezd do obráceného směru současně provázeno průvodním úhlovým posunem přepínacího ústrojí o určitý přiměřený úhel ve vhodném smyslu. Tento úhlový posun nenastává v případě otáčivého rozdělovače, opatřeného dvěma rozdílnými přívody ovládacího vzduchu pro chod vpřed a pro chod vzad.

Zejména v případě motorů s poměrně vysokým počtem válců a obzvláště při sudém počtu nejméně 10 válců, uspořádaných zejména do tvaru V se dvěma řadami se stejným počtem válců, je dle dosavadního stavu techniky možno používat jeden nebo druhý ze dvou následujících způsobů ovládnutí:

1) Pouze jedna řada válců je opatřena jednotlivými rozjížděcími ventily, tedy jedním na každý válec, zatímco druhá řada válců nemá rozjížděcí ventily, takže k pneumatickému spouštění motoru dochází přiváděním stlačeného vzduchu pouze do jedné řady válců. V důsledku toho odpovídá kupříkladu v motoru se 12 válci, uspořádanými ve dvou řadách po šesti válci do útvaru písmene V, společná redukovaná hodnota

dob po sobě následujících otevření rozjízďecích ventilů v rozdělovači, tedy rozjízďecích ventilů pouze jedné řady válců, obvyklému úhlu pootočení klikového hřídele přibližně o $148,5^\circ$. Začátek otevření při spouštění nastává přibližně 10° před úhlovou polohou horního mrtvého bodu pístu každého válce (při vzájemném překrývání mezi dobami plnění dvou po sobě plněných válců o $28,5^\circ$), zatímco druhá řada válců nemá rozjízďecí ventily.

2) Každá z obou řad válců je opatřena odpovídajícími rozjízďecími ventily pro každý válec, přičemž každý je střídavě uváděn do polohy otevření a polohy uzavření, a to pneumaticky do polohy otevření, a samočinně do polohy uzavření působením vratné pružiny po vyprázdnění válce. V tomto případě dochází k pneumatickému spouštění při přivádění stlačeného vzduchu do současně obou řad válců, avšak existují dvě následující možnosti:

a) Doby každého nespojitého otevření rozjízďecích ventilů jsou stejné v obou řadách válců a odpovídají kupříkladu v rozdělovači úhlu pootočení klikového hřídele nejvýše rovnému 180° (tj. úhlové vzdálenosti oddělující po sobě následující horní a dolní mrtvý bod zdvihu pístu válce).

V tomto případě dochází k poměrně velkému překrývání každého intervalu mrtvé doby mezi okamžikem uzavření každého rozjízďecího ventilu, a okamžikem otevření následujícího rozjízďecího ventilu (následujícím v obvyklém sledu zapalování) ve stejné řadě válců, dobou otevření rozjízďecího ventilu odpovídajícího válce druhé řady válců, zatímco pro druhou řadu válců je překrývání každého obdobného časového intervalu dobou otevření rozjízďecího ventilu odpovídajícího nebo stejnoohlého ventilu první řady válců relativně malé.

Podle velikosti trvání doby otevření rozjízďecích ventilů a počtu válců v jednotlivé řadě mohou být po sobě následující doby otevření rozjízďecích ventilů dvou válců stejné řady, plněných po sobě, buď od sebe časově vzdáleny, tedy odděleny mrtvým bodem, anebo se vzájemně překrývají. V tomto druhém případě to znamená, že začátek plnění jednoho válce nastává před koncem plnění bezprostředně předcházejícího válce z hlediska sledu jejich zapalování. Kupříkladu u desetiválcového motoru s válci uspořádanými do tvaru písmene V s dobou otevření rozjízďecích ventilů v rozdělovači odpovídající úhlu otočení klikového hřídele $148,5^\circ$ bude takové překrývání odpovídat úhlu otočení o přibližně $4,5^\circ$.

Sleduje-li se diagram znázorňující graficky změny posunu pístu válce čtyřtákního motoru během jeho střídavých vzestupných a sestupných zdvihů v závislosti na odpovídajícím úhlu otočení klikového hřídele, stejně jako i skutečné okamžiky a délky dob

otevření a uzavření s posunem přívodních a výfukových ventilů, zjišťuje se v důsledku výše uvedeného, že optimální doby otevření každého rozjízďecího ventilu se umísťují do každé doby expanze pracovního cyklu rozjízďecí činnosti motoru v období uzavření všech rozdělovacích ventilů, přičemž začíná alespoň v okamžiku horního mrtvého bodu pístu válce a končí s výhodou před následujícím dolním mrtvým bodem v blízkosti okamžiku otevření výfukových ventilů, čímž se vyloučí jakákoli ztráta stlačeného vzduchu těmito ventily. To má za následek, že otevření rozjízďecích ventilů v průběhu každé doby plnění je nepříznivé, neboť k němu dochází při otevření přívodních ventilů, což vede k vyšší spotřebě stlačeného vzduchu v důsledku ztrát těmito ventily.

Podobně je při brzdě činnosti motoru optimální, otevře-li se každý rozjízďecí ventil v průběhu každé doby komprese v období uzavření rozdělovacích ventilů, přičemž jeho okamžik otevření leží v blízkosti dolního mrtvého bodu válce a zejména okamžiku uzavření výfukových ventilů (po záměně vaček pro obrácení smyslu otáčení) a jeho okamžik uzavření alespoň v horním mrtvém bodě.

V uvedeném případě při trvání doby otevření každého rozjízďecího ventilu v rozdělovači v průběhu otočení klikového hřídele o úhel 180° , je krajní koncová doba otevření pro rozjízďení, která se shoduje se začátkem doby otevření výfukových ventilů, méně účinná a tedy i méně výhodná v důsledku ztrát stlačeného vzduchu těmito otevřenými ventily. Z toho také plyne zvýšená spotřeba stlačeného vzduchu při rozjízďení.

b) Doby nespojitého otevření rozjízďecích ventilů v obou řadách válců jsou různé, takže doba otevření rozjízďecích ventilů jedné řady je kratší než doba otevření rozjízďecích ventilů druhé řady válců. Tyto dvě různé doby otevření rozjízďecích ventilů v obou řadách válců v rozdělovači jsou kupříkladu rovné v prvním případě 110° a ve druhém případě $148,5^\circ$ nebo 130° .

Při předpokladu, že do válců první řady se přivádí stlačený vzduch dříve, než do stejnoohlého válce druhé řady, je patrné z předchozího případu, kdy doba otevření každého rozjízďecího ventilu v rozdělovači odpovídala úhlu otočení klikového hřídele 180° , tj. mezi po sobě následujícími horním a dolním mrtvým bodem expanze při rozjízďení, že tato doba otevření v rozdělovači je pro každý rozjízďecí ventil první řady válců zbytečně dlouhá ke konci nebo v blízkosti dolního mrtvého bodu, neboť tato krajní koncová část doby otevření se shoduje s otevřením výfukových ventilů, z čehož vyplývá ztráta stlačeného vzduchu těmito otevřenými ventily.

Tato nevýhoda je v posledním případě odstraněna zkrácením doby otevření rozjízďecí

cích ventilů první řady válců v rozdělovači. V tomto případě je překrývání každého časového intervalu mezi dvěma po sobě následujícími dobami otevření dvou rozjízďecích ventilů v rozdělovači dobou otevření odpovídajícího rozjízďecího ventilu ve druhé řadě válců rovněž zmenšeno v důsledku zkrácené doby otevření na 110° , která končí uzavřením dotyčného rozjízďecího ventilu přibližně 70° před dolním mrtvým bodem, takže výše uvedená krajní koncová část údobí otevření, která je málo účinná, je odstraněna. Doba otevření rozjízďecích ventilů druhé řady válců nemůže být v rozdělovači tolik zkrácena a musí být delší než je doba otevření u první řady válců, neboť je zapotřebí zachovat dostatečné překrývání mezi dvěma po sobě následujícími dobami otevření v uvedené druhé řadě válců odpovídajícími dobami otevření v první řadě válců, aby se tak zabránilo jakýmkoli nedostatkům hnací energie motoru.

Tento známý systém má nevýhodu v tom, že u velkorozměrových motorů je střídavé otevírání a zavírání alespoň některých rozjízďecích ventilů (a zejména těch ventilů, které jsou ve válcích relativně vzdálených od výše uvedeného rozdělovače stlačeného vzduchu) z časového hlediska fázově zpožděno vzhledem k odpovídajícím okamžikům vytvoření a přerušení spojení mezi zdrojem stlačeného vzduchu a uvedenými rozjízďecími ventily přepínacím ústrojím uvedeného rozdělovače, tj. vzhledem k odpovídajícím okamžikům přívodu ovládacího stlačeného vzduchu a zastavení přívodu tohoto vzduchu (se současným vyprázdněním válce) přepínacím ústrojím.

Toto střídavé ovládání je dáno příslušnými ovládacími pneumatickými signály k uvádění pod tlak, a periodickému výfuku vzduchu, vysílanému dočasně rozdělovačem, přičemž uvedené časové zpoždění mezi okamžiky vyslání těchto ovládacích signálů nebo příkazů v rozdělovači a odpovídajícími okamžiky přijetí nebo vykonání uvedených příkazů v rozjízďecích ventilech lze přičítat době šíření těchto pneumatických signálů v dlouhých spojovacích vedeních nebo potrubích, a to v důsledku poměrně časových nároků na zvýšení nebo poklesu tlaku stlačeného vzduchu v každém rozjízďecím ventilu.

Tato doba šíření pak způsobuje přenosové zpoždění mezi okamžikem vyslání pneumatických signálů v rozdělovači a jejich přijetím v rozjízďecích ventilech nejvzdálenějších válců. Toto zpoždění se negativně projevuje v době pneumatického brzdění motoru, neboť je tím větší, čím je větší rychlost otáčení motoru, od které se začíná motor pneumaticky brzdít. Zpoždění okamžiku otevření každého rozjízďecího ventilu ve vztahu k rozdělovači je dáno rychlostí tlakové vlny ve vzduchu a dobou plnění ovládacího válce ventilu.

Toto zpoždění je relativně malé a působí málo obtíží při jakékoliv rychlosti otáčení

motoru. Zpoždění okamžiku otevření každého rozjízďecího ventilu je mnohem delší než okamžiku otevření, neboť pokles tlaku v ovládacím válci ventilu, přenášený po délce potrubí, je pomalejší. Toto zpoždění uzavírání ventilů je přímo úměrné vzrůstající rychlosti otáčení motoru a zvyšuje se tím rychleji, čím dříve se začne brzdít od okamžiku, kdy byl vydán příkaz k zastavení motoru.

Negativním důsledkem uvedeného zpoždění okamžiku zavírání je to, že každý rozjízďecí ventil může zůstat otevřený za horní mrtvý bod pístu příslušného válce a připouští tak nadále vstup stlačeného vzduchu do tohoto válce v průběhu exanzního zdvihu, tedy kdy píst začíná klesat, a vyvíjí tak hnací sílu, která může být vyšší než je účinek brzdění. Vzniká tedy nebezpečí opětného zrychlování motoru ve smyslu jeho původního otáčení a působí se tak proti bezprostředně předcházejícímu účinku brzdění. Čím nižší je tedy rychlost otáčení motoru, tím menší je zpoždění okamžiku uzavření a tím lepší je brzdění. Pro rychlost otáčení motoru 400 nebo 300 otáček za minutu kupříkladu zpoždění okamžiku uzavření vyvolává zrychlující účinek, zatímco při rychlosti 50 otáček za minutu se každý rozjízďecí ventil uzavírá blízko před horním mrtvým bodem, což je uspokojivé. Nebezpečí převrácení smyslu působení vyvolávaného momentu, který se z brzdícího může stát hnacím, lze při použití výše uvedeného systému zabránit pouze tehdy, když se motor začne pneumaticky brzdít teprve od relativně malé rychlosti otáčení, jako například 50 otáček za minutu. Znamená to čekat, až se motor zpomalil na tuto nízkou rychlost, takže pneumatické brzdění ztrácí na svém významu, neboť se značně zvětšuje doba potřebná na zpomalení motoru až po jeho zastavení.

Při pohonu lodí zejména Dieselvým lodním motorem ztrácí motor od okamžiku, kdy byl vydán příkaz k zastavení motoru tím, že se přeruší vstřikování paliva do válců, za předpokladu, že se nepoužije žádného umělého brzdění, počátku poměrně rychle svoji rychlost přirozeným zpomalováním, které je způsobováno pasivními odpory, jako je odpor vody vůči pohybu vpřed a vůči otáčení, tření, atd. Toto přirozené zpomalování probíhá až do rychlosti rovné kupříkladu 40 procentům normální provozní rychlosti, přičemž motor pokračuje dále v unášení lodního šroubu pomalou rychlostí, až je sám tímto lodním šroubem otáčen, a to v důsledku toho, že reakce vodní vlny a relativní odtok vody při setrvačném pohybu lodi vpřed vede k otáčení šroubu ve stejném smyslu, jakým byl tento šroub otáčen motorem.

Vzduchové brzdění může začít v okamžiku, který je funkcí účinného brzdícího momentu, jaký je k dispozici pro momentální rychlost otáčení motoru. Tento brzdící moment, jaký je momentálně k dispozici, musí být při nej-

menším roven minimálnímu účinnému brzdícímu momentu, a připadá v úvahu teprve tehdy, kdy rychlost otáčení je rovna přibližně 25 % původní normální rychlosti.

Uvedené nedostatky odstraňuje zařízení pro zlepšení vzduchového brzdění Diesela motoru podle vynálezu s měnitelným směrem otáčení a se sudým počtem válců uspořádaných zejména do tvaru písmene V ve dvou řadách o stejném počtu těchto válců, z nichž alespoň některé válce každé řady jsou opatřeny jednotlivými rozjížděcími ventily s automatickým uzavíráním vratnou pružinou po vyprázdnění, a s postupným pneumatickým ovládním otevření pomocí alespoň jednoho rozdělovače stlačeného vzduchu, který je připojen jednak ke zdroji stlačeného vzduchu a jednak k vedení vedoucím každé do jednoho rozjížděcího ventilu, a který je opatřen otáčivým přepínačem, majícím v sobě vybrání pro průchod stlačeného vzduchu a umístěná tak, že v průběhu otočky přepínače procházejí před vstupními otvory do uvedených kanálků.

Podstata zařízení podle vynálezu spočívá v tom, že rozdělovač má vybrání pro rozjížděcí ventily každé řady válců, každé vybrání má tvar protáhlého otvoru sledující oblouk kružnice, na níž se nacházejí rovněž vstupní otvory kanálků přidružených jedné řadě válců, přičemž pro rozjížděcí ventily jedné řady válců odpovídá střední obvodový oblouk pro průchod stlačeného vzduchu do jednoho rozjížděcího ventilu, tvořený součtem křivkové délky odpovídajícího vybrání a přidruženého vstupního otvoru, středového úhlu 15° až 30° , kdežto střední obvodový oblouk průchodu stlačeného vzduchu do jednoho rozjížděcího ventilu druhé řady válců tvořený součtem křivkové délky odpovídajícího vybrání a přidruženého vstupního otvoru odpovídá středovému úhlu 75° až 50° , a přičemž přepínač je unášen vačkovým hřídelem motoru.

Konstrukcí uvedeného rozdělovače je umožněno uvádět zkrácenou hodnotu skutečné relativní doby trvání signálu ovládacího otevření rozjížděcího ventilu jedné řady válců pro brzdění (pro zvýšení okamžité hodnoty klesající rychlosti otáčení motoru, od které je možno začít brzdit, takže se tedy posune vpřed začátek brzdění) na optimální úroveň a eventuálně optimalizuje i stejnou dobu každého rozjížděcího ventilu druhé řady válců pro rozjíždění.

Užitečná oblast okamžiků účinného uzavření každého rozjížděcího ventilu v období brzdění se může určit tak, že toto uzavření nastává po každé obzvláště před otevřením přívodních nebo výfukových ventilů odpovídajícího válce, a to v oblasti relativních úhlových poloh klikového hřídele okolo horního mrtvého bodu (mezi dobou komprese a expanze) pístu příslušného válce, přičemž se vždy dosáhne pracovního brzdícího momentu, který je kladný nebo nejméně roven

minimálnímu účinnému momentu, a přičemž optimální okamžik otevření, který odpovídá maximálnímu brzdícímu momentu, je v podstatě okamžik, ve kterém průběh snižujícího se tlaku v uvedeném válci při poklesu pístu, neboli v průběhu expanze, projde hodnotou tlaku stlačeného vzduchu, který je k dispozici.

Uvedená užitečná oblast pro uvedenou řadu válců s ovládním rozjížděcích ventilů optimalizovaným pro brzdění leží mezi rychlostí otáčení motoru rovnou přibližně 52 % jmenovité nebo pracovní rychlosti motoru, odpovídající začátku brzdění, a rychlosti otáčení motoru přibližně 16 %, přičemž výše uvedený optimální okamžik odpovídá rychlosti otáčení přibližně 40 %, kdežto pro druhou řadu válců tato oblast leží mezi rychlostí otáčení motoru přibližně 24 % a jeho zastavením, a uvedený optimální okamžik odpovídá tedy rychlosti otáčení motoru přibližně 12 %.

Vynález tedy přináší výrazné zlepšení brzdícího působení, poněvadž okamžik začátku brzdění, který by u systému dle známého stavu techniky odpovídal rychlosti otáčení motoru rovné 24 nebo 28 % normální rychlosti, se posouvá tak, že brzdění začíná podstatně dříve, například při rychlosti 200 otáček za minutu nebo přesněji při rychlosti rovné přibližně 52 % jmenovité nebo normální rychlosti motoru.

Přínos získaný zařízením podle vynálezu tedy spočívá v tom, že se získá uvedený minimální potřebný brzdící moment při podstatně vyšší rychlosti otáčení motoru než při známém stavu techniky, a to s celkovým časovým ziskem při zpomalování přibližně 63 % (tj. od vydání příkazu k zastavení, až po úplné zastavení lodě a rozjezd v opačném směru) ve srovnání s klasickým vzduchovým brzděním. V důsledku toho pak dojde k odpovídajícímu zkrácení brzdné dráhy, kterou loď během zpomalování projede.

Relativní doba trvání průchodu stlačeného vzduchu uvedeným rozdělovačem je pro příslušnou řadu válců, jak je samo o sobě známo, rovna úhlu otočení klikového hřídele, a to buď obvyklému nebo normálnímu úhlu přibližně $148,5^\circ$, nebo zmenšenému na přibližně $128,5^\circ$ nebo dokonce 110° . Naproti tomu zkrácená doba pro druhou uvedenou řadu válců je dána tak, aby u každého válce této druhé řady překrývala délkou interval neboli přechodovou oblast mezi dobami přívodu pro jednotlivé stejnohlé válce, postupně plněné stlačeným vzduchem. V tomto případě a podle dalšího účinku vynálezu je tato zkrácená relativní doba rovna úhlu otočení klikového hřídele o přibližně 30° až 60° , neboli jedné dvanáctině až jedné šestině otáčky.

Je možno buď opatřit každou řadu válců jedním rozdělovačem, určeným pro zásobení nebo obsluhu všech rozjížděcích ventilů příslušné řady válců, tedy použít celkem dva

rozdělovače, anebo použit pouze jeden rozdělovač, zásobíci nebo obsluhující všechny rozjížděcí ventily obou řad válců současně. V případě dvou rozdělovačů má otáčivý přepínač každého rozdělovače jen jedno vybrání, odpovídající vstupním otvorům do válců jedné řady. V případě společného rozdělovače má jeho přepínač dvě vybrání, a to jedno s větší a jedno s menší obvodovou délkou.

Vynález je použitelný i pro případ, kdy se místo jednoho centrálního rozdělovače stlačeného vzduchu použije jednotlivých rozdělovačů na každý válec, například s posuvnými šoupátkovými ventily ovládanými vačkou. V tomto případě přináší vynález rovněž zlepšení, ačkoliv je méně výrazné a méně potřebné neboť zpoždění okamžiku uzavření rozjížděcích ventilů je menší vzhledem k tomu, že kanálky spojující každý jednotlivý rozdělovač s odpovídajícím rozjížděcím ventilem jsou kratší. Použití centrálního rozdělovače je však výhodnější z důvodů úspornosti (méně ústrojí a méně součástí) a z důvodů nedostatku místa pro vačky a tlačné prvky u každého válce.

Technický problém, který vynález řeší, je tedy vyřešen velmi jednoduchým způsobem, přičemž je umožněna úspornost výroby se současným zajištěním účinné a spolehlivé funkce.

Vynález je blíže vysvětlen na příkladech provedení, neomezuje jeho rozsah, v následujícím popise s odvoláním na přípojené výkresy.

V těchto výkresech značí: obr. 1 čelní pohled na otáčivý přepínač jediného centrálního rozdělovače stlačeného vzduchu pro rozjíždění a vzduchové brzdění podle vynálezu, určeného pro rozvádění vzduchu do dvou řad válců současně, ze strany dotykové těsnicí plochy tohoto kotouče, přičemž doby otevření rozjížděcích ventilů jsou pro jednu řadu válců, kde tato doba má obvyklou hodnotu, přibližně $74,2^\circ$ otočení vačkového hřídele, a pro druhou řadu válců se zkrácenou hodnotou přibližně 19° otočení vačkového hřídele, obr. 2 podobný pohled na přidruženou plochu statoru výše uvedeného rozdělovače pro případ dvanáctiválcového motoru s válci uspořádanými do tvaru písmene V ve dvou řadách po šesti válcích, proti které se přiloží přepínač znázorněný na obr. 7, obr. 3 schematický půdorysný pohled zespodu na dvanáctiválcový motor s válci uspořádanými do tvaru písmene V ve dvou řadách po šesti válcích, opatřených každý samostatným rozjížděcím ventilem, přičemž na obrázku je znázorněno rozvádění vzduchu do rozjížděcích ventilů jediným rozdělovačem, jehož těsnicí plochy rotoru a statoru jsou obdobné, jak byly znázorněny na obr. 1 a 2, obr. 4 podobný pohled jako na předchozím obrázku, avšak znázorňující variantu provedení, podle které jsou všechny rozjížděcí ventily obou řad válců zásobeny ze dvou rozdělovačů stlačeného vzduchu, při-

čemž doby otevření rozjížděcích ventilů levé řady válců jsou normální a pro pravou řadu válců zkrácené podle vynálezu, a přičemž těsnicí plocha rotoru každého rozdělovače obsahuje tedy jediné vybrání pro přívod stlačeného vzduchu, jehož délka je upravena podle odpovídající doby otevření, obr. 5 grafické znázornění proměny zdvihů (vynášených na svislou osu) jednotlivého rozjížděcího ventilu, a to zdvihu teoretického (plnou čarou) a zdvihu skutečného (čárkovaně), v závislosti na čase, tj. na odpovídajícím úhlu otočení klikového hřídele (vynášeném na vodorovnou osu), pro rozjížděcí ventil se zkrácenou dobou otevření, ovládaný podle působu vynálezu a při použití zařízení podle vynálezu, obr. 6 diagram znázorňující aplikaci principu vynálezu na desetiválcový motor s válci uspořádanými do tvaru písmene V ve dvou řadách po pěti válcích, které jsou každý opatřen jednotlivým rozjížděcím ventilem, přičemž diagram znázorňuje jednak různé doby trvání příkazu otevření (vyjádřené ekvivalentními úhly otočení klikového hřídele, vynášenými na vodorovnou osu (pro rozjížděcí ventily první a druhé řady válců, a jednak relativní polohy doby příkazu k otevření pro různé rozjížděcí ventily ve dvou řadách válců, a přičemž obr. 6a se vztahuje na případ rozjíždění, zatímco obr. 6b na případ brzdění s obrácením smyslu otáčení motoru a opětným rozjížděním v obráceném směru, obr. 7 (a a b) diagram podobný obr. 6, avšak aplikovaný na dvanáctiválcový motor s válci uspořádanými do tvaru písmene V ve dvou řadách po šesti válcích, obr. 8 diagram znázorňující graficky závislost velikosti brzdného momentu (vynášeného na svislou osu) na úhlové rychlosti otáčení motoru (vyjádřené v otáčkách za minutu a vynášené na vodorovnou osu) pro případ brzdění pouze jednou řadou válců s dobou otevření buď obvyklou nebo zkrácenou (plné křivky), a pro případ brzdění oběma řadami válců současně způsobem podle vynálezu (čárkovaná křivka), obr. 9 tři vzájemně si odpovídající, nad sebou uspořádané diagramy, které znázorňují princip vynálezu a v nichž jednotlivé dílčí diagramy značí: diagram 9a grafické znázornění změny tlaku (vynášeného na svislou osu) plynu v pracovní komoře s proměnlivým objemem u jednoho válce motoru během střídavého vzestupného a sestupného zdvihu pístu v průběhu po sobě následujících dob komprese a expanze jeho pracovního cyklu mezi dvěma po sobě následujícími mrtvými body, a to v oblasti okolo horního mrtvého bodu, oddělujícího od sebe tyto dvě doby, v závislosti na poloze otočení klikového hřídele (vyjádřené ve stupních a vynášené na vodorovnou osu) pro tři konkrétní případy tří různých případů použití rozjížděcího ventilu tohoto válce, diagram 9b grafické znázornění závislosti relativní

úhlové rychlosti otáčení (vynášené na svislou osu) klikového hřídele motoru, vztažené na plnou rychlost, na relativní úhlové poloze otočení (vynášené na vodorovnou osu) klikového hřídele během po sobě následujících údobí vzduchového brzdění dvou řad válců současně způsobem podle vynálezu, s předchozí změnou vaček ovládajících rozdělování na obrácení smyslu otáčení a následný rozjezd do opačného směru, přičemž tento diagram ukazuje zpoždění doby otevření a uzavření rozjížděcích ventilů a určuje příznivé a nepříznivé oblasti pro vzduchové brzdění v podstatě během jednoho pracovního cyklu válce motoru, alespoň částečně odpovídajícím diagramu 9a, diagram 9c grafické znázornění, odpovídající diagramům 9a, 9b, závislosti průběhu brzdícího momentu s jeho smyslem vyjádřeným znaménkem (vynášeným na svislou osu), vyvíjeného v odpovídající části výše uvedeného pracovního cyklu válce, na relativní úhlové poloze otočení (vynášené na vodorovnou osu) klikového hřídele, při znázornění příznivých a nepříznivých oblastí pro brzdění, obr. 10 diagramy srovnávající chování motoru při vzduchovém brzdění podle vynálezu se dvěma případy dle známého stavu techniky, používajícími brzdění buď jedinou řadou válců nebo dvěma řadami válců současně, ve kterém jednotlivé dílčí diagramy značí: diagram 10a grafické znázornění závislosti relativní úhlové rychlosti otáčení klikového hřídele motoru, vztažené na jeho normální nebo jmenovitou pracovní rychlost (a vynášenou na svislou osu) na čase (vynášeném na vodorovnou osu), během údobí přirozeného zpomalování a vzduchového brzdění od okamžiku vydání příkazu „stůj“ až do úplného zastavení motoru, s předchozím přestavením vaček ovládajících rozdělování pro obrácení smyslu otáčení s ohledem na následující rozjezd v obráceném směru, a to ve třech výše uvedených případech, tj. podle vynálezu a ve dvou případech dle známého stavu techniky, diagram 10b grafické znázornění závislosti brzdícího momentu (vynášeného na svislou osu), vyvíjeného při vzduchovém brzdění jedinou řadou válců s obvyklou dobou otevření jejich rozjížděcích ventilů, na čase (vynášeném na vodorovnou osu) v případě dle známého stavu techniky a podle vynálezu, diagram 10c grafické znázornění průběhu brzdícího momentu (vynášeného na svislou osu), vyvíjeného druhou řadou válců se zkrácenou dobou otevření rozjížděcích ventilů podle vynálezu na čase, diagram 10d grafické znázornění průběhu výsledného nebo součtového brzdícího momentu (vynášeného na svislou osu), vyvíjeného současně oběma řadami válců, v závislosti na čase (vynášeném na vodorovnou osu), a to v případě použití známého stavu techniky a v případě použití vynálezu.

Obr. 1 znázorňuje čelní pohled na leštěnou těsnicí dotykovou plochu otáčivého pře-

pínače 13 rozdělovače stlačeného vzduchu podle vynálezu, který je společný pro obě řady válců motoru a současně tyto řady zásobí stlačeným vzduchem. Jak je z obrázku patrné, má přepínač 13 tvar kruhového kotouče. Tečkované části označují plné úseky těsnicí dotykové plochy přepínače 13, zatímco nevytečkované části označují prohloubené úseky nebo díry či vybrání vytvořená v této dotykové ploše. Přepínač 13 se otáčí synchronizovaně s vačkovým hřídelem motoru pomocí sousedního otáčivého hřídele 14, spřaženého přímo nebo nepřímo s tímto vačkovým hřídelem. V přepínači 13 jsou na celou jeho tloušťku vytvořena dvě oblouková vybrání 15 a 16, mající každé měsíčkovitý tvar s protilehlými konci konkávně zakřivenými. Vybrání jsou zakřivena do soustředných oblouků s poloměry v podstatě rovnými poloměrům, na nichž leží ústí přívodních kanálků válců motoru, před kterými se vybrání 15 a 16 postupně otáčejí. Konkávní tvar výše uvedených konců každého vybrání 15 a 16 umožňuje snažší otevření nebo uzavření příslušného vstupního otvoru přívodního kanálku, když se vybrání před ním posouvá.

Vybrání 15, které je umístěno v radiálním směru uvnitř, je určeno pro zajišťování přívodu vzduchu do válců levé řady s dobou otevření průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači s normální hodnotou, tj. odpovídající úhlu otočení klikového hřídele o například $148^{\circ} 27' 12''$, kdežto vybrání 16 umístěné v radiálním směru vně vybrání 15 je určeno k zásobení válců pravé řady se zkrácenou dobou otevření průchodu stlačeného vzduchu, odpovídající úhlu otočení klikového hřídele o například $37^{\circ} 37' 36''$. To znamená, že střední oblouk přívodu stlačeného vzduchu pro normální dobu otevření průchodu stlačeného vzduchu u válců levé řady, tvořený součtem střední klikové délky vybrání 15 a vstupního otvoru ústí (jsou znázorněny na obr. 7 jako díry vyznačené čárkování) ve směru obvodu přepínače 13 odpovídá středovému úhlu $74^{\circ} 13' 36''$ (tj. úhlu otočení vačkového hřídele, rovnému polovině úhlu otočení klikového hřídele $148^{\circ} 27' 12''$). Stejně tak střední obvodový oblouk průchodu stlačeného vzduchu do pravé řady válců se zkrácenou dobou průchodu otevření průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači odpovídá středovému úhlu $18^{\circ} 48' 38''$ (tj. úhlu otočení klikového hřídele $37^{\circ} 37' 36''$).

Pro názornost lze uvést, že střední oblouk ve směru obvodu vnitřního vybrání 15 a šest příslušných vstupních otvorů do přívodních kanálků jednotlivých válců levé řady jsou umístěny na kružnici o průměru 80 mm, kdežto radiálně vnější vybrání a příslušné vstupní otvory do válců pravé řady leží na kružnici o průměru 128 mm. Vnitřní minimální šířka vybrání 16 ve směru obvodu je přitom kupříkladu okolo 6 mm. Každý vstup-

ní otvor pro přívod stlačeného vzduchu do válců má průměr kupříkladu 15 mm, který odpovídá šířce každého z obou vybrání **15** a **16** v radiálním směru.

Díry o průměru 15 mm, znázorněné čárkovane na obr. 7, znázorňují relativní polohu odpovídajících vstupních otvorů 1' až 12' do přívodních kanálků válců v okamžiku začátku otevírání vybráním **15** nebo **16** v jednom směru otáčení přepínače **13**, nebo v okamžiku začátku zavírání v obráceném směru otáčení přepínače.

Místo středového úhlu $74^{\circ} 13' 36''$ (nebo přibližně $74,2^{\circ}$) odpovídajícího době otevření radiálně vnitřním vybráním, je též možno použít kupříkladu $64,2^{\circ}$ nebo přibližně 55° (odpovídající úhlům otočení klikového hřídele motoru přibližně $128,5^{\circ}$ a přibližně 110°), zatímco místo úhlu $18^{\circ} 48' 38''$ (nebo přibližně 19°) odpovídajícího době otevření radiálně vnějším vybráním **16** je možno též použít úhlové hodnoty například přibližně 30° nebo přibližně 20° (odpovídající úhlům otočení klikového hřídele o přibližně 60° a přibližně 40°).

Výše uvedená čelní plocha přepínače **13** je kromě toho opatřena obloukovitým prohloubením **17** s plným dnem, které se otevírá do této čelní těsnicí plochy a je v podstatě symetrické vzhledem k průměrové ose procházející středem otáčení, tj. osou hřídele **14** a přepínače **13**. Tato průměrová osa je rovněž společná osa symetrie vybrání **15** a **16**. Toto prohloubení **17** je dimenzováno a tvarováno tak, že když vstupní otvor pro přívod do válce jedné nebo druhé řady je spojen s radiálně vnitřním vybráním **15** nebo radiálně vnějším vybráním **16**, pevné vstupní otvory do jedné nebo druhé řady, které mají být v poloze výfuku neboli vyprazdňování do volného ovzduší, jsou umístěny proti prohloubení **17**. Přepínačem **13** kromě toho procházejí dva diametrálně protilehlé otvory **18**, které slouží k úniku stlačeného vzduchu procházejícího mezi dotýkajícími se povrchy přepínače **13**, neboli rotoru, a pevného tělesa, neboli statoru rozdělovače, a k vyrovnávání tlaků vzduchu vyvíjených na obě osově protilehlé plochy přepínače **13**.

Obr. 2 znázorňuje přidruženou čelní plochu statoru **19** rozdělovače, o kterou se má přepínač **13** těsně opírat. Tato čelní plocha statoru je rovněž leštěná, a do této plochy vyúsťuje všech dvanáct vstupních otvorů (1' až 12') přívodních kanálků do jednotlivých válců obou řad po šesti válcích. Tyto vstupní otvory mají konstantní průměr kupříkladu 15 mm. Levé řadě šesti válců **1** až **6** odpovídají vstupní otvory 1' až 6', jejichž středy jsou stejnoměrně rozmístěny se stejnými úhlovými roztečemi na radiálně vnitřní kružnici o průměru 80 mm, který je stejný, jako má kružnice, na níž leží radiálně vnitřní vybrání **15** v přepínači **13**. Stejně tak leží šest vstupních otvorů 7' až 12' šesti válců **7** až **12** pravé řady se stejnými úhlovými roztečemi na radiální vnější kružnici s průměrem

128 mm, rovným průměru kružnice, na níž leží radiálně vnější vybrání **16** v přepínači **13**.

V každé z těchto dvou kruhových řad šesti vstupních otvorů jsou jednotlivé otvory neboli ústí uspořádány ve sledu zapalování odpovídajících válců (ve směru otáčení hodinových ručiček), takže v radiálně vnitřní řadě jednotlivé vstupní otvory následují v pořadí 1'-2'-4'-6'-5'-3', kdežto v radiálně vnější řadě vstupních otvorů následují v pořadí 7'-8'-10'-12'-11'-9' v uvedeném směru otáčení. Ve statoru **19** jsou kromě toho vytvořeny tři otvory **20** stejného průměru, umístěné svými středy na kružnici o průměru kupříkladu 50 mm, odpovídajícímu průměru kružnice procházející středy dvou zářezů **21**, vybíhajících radiálně směrem dovnitř z prohloubení **17** v otáčivém přepínači **13**. Uvedené otvory **20** v pevném tělese **19** rozdělovače jsou v trvalém spojení s okolním volným ovzduším a umožňují únik neboli vyprázdnění stlačeného vzduchu z příslušných válců pomocí vyprazdňovacího přepínače **17** na otáčivém přepínači **13**.

Obr. 3 znázorňuje použití otáčivého rozdělovače podle obr. 1 a 2 pro zásobení rozjžděcích ventilů motoru **22** se dvanácti válci uspořádanými do tvaru písmene V ve dvou řadách po šesti válcích, označené jako válce **1** až **6** pro levou řadu a válce **7** až **12** pro pravou řadu. Z obrázku je patrné, že radiálně vnitřní vybrání **15** s normální dobou otevření zásobí levou řadu válců **1** až **6**, kdežto radiálně vnější vybrání **16** zásobí pravou řadu válců **7** až **12**.

Obr. 4 ukazuje použití dvou samostatných rozdělovačů, z nichž každý má jeden přepínač, a to přepínač **13'**, **13''**, určené každý pro zásobení jednotlivých řad válců motoru **22**, přičemž každý se otáčí pomocí odpovídajícího vačkového hřídele příslušné řady válců. V tomto případě může mít otáčivý přepínač každého rozdělovače menší průměr než v případě obr. 9 a má pouze jediné vybrání pro průchod stlačeného vzduchu. Otáčivý přepínač **13'** rozdělovače zásobí levou řadu válců je opatřen pouze dlouhým vybráním **15**, odpovídajícím normálně době otevření, rovné kupříkladu úhlu otočení klikového hřídele o $148,5^{\circ}$, kdežto otáčivý přepínač **13''** rozdělovače zásobí pravou řadu válců má v sobě pouze krátké vybrání **16**, odpovídající zkrácené době průchodu stlačeného vzduchu, rovné úhlu otočení klikového hřídele motoru **22** například o přibližně 38° . Stator každého rozdělovače má tedy poze jedinou kruhovou řadu šesti pevných vstupních otvorů.

Alternativně je možno místo krátkého vybrání v těsnicí ploše rotoru, pohybující se před kruhovými shodnými otvory v pevné těsnicí ploše statoru rozdělovače v rámci rozsahu vynálezu vytvořit v otáčivé těsnicí ploše otvor o normální velikosti a nahradit shodné kruhové otvory v pevné ploše sta-

toru otvory o různých křivkových délkách ve směru obvodu, proměnlivých v závislosti na vzdálenosti příslušných válců od rozdělovače. Tato proměnlivá ústí přivodů k jednotlivým válcům tedy mohou mít tvar obloukovitých vybrání nebo měsíčků, která jsou tím menší (tj. mají střední oblouk ve směru obvodu tím kratší), čím jsou odpovídající válce vzdálenější. S takovými relativně krátkými ústími se získají proměnlivé teoretické doby otevření.

Obr. 5 znázorňuje účinek zkrácené doby otevření rozjízďecího ventilu podle vynálezu v případě vzduchového brzdění. Plná křivka znázorňuje průběh teoretického nebo ideálního zdvihu S rozjízďecího ventilu na základě hypotézy, že nedochází k žádnému zpoždění při přenosu pneumatických signálů, vyvolávajících otevření nebo uzavření, mezi rozdělovačem stlačeného vzduchu a příslušným rozjízďecím ventilem, to znamená, že signály jsou přenášeny okamžitě. Plná křivka tedy odpovídá celkové době otevření nebo průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači.

Čárkovaná křivka na obr. 5 znázorňuje skutečný průběh pohybu zdvihu rozjízďecího ventilu, při kterém se bere v úvahu zpoždění při přenosu, přičemž průběh této křivky se mění jednak v závislosti na době otevření nebo průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači a jednak v závislosti na rychlosti otáčení motoru. Znázorněný příklad provedení se vztahuje na případ zkrácené doby otevření v rozdělovači, odpovídající úhlu otočení klikového hřídele AM o přibližně 60° a pro okamžitou rychlost otáčení motoru například 24 %, takže skutečný okamžik začátku zavírání S' rozjízďecího ventilu se v podstatě shoduje s okamžikem průchodu pístu příslušného válce svým horním mrtvým bodem PMH.

Na obou křivkách vyjadřují vodorovné úseky plné otevření rozjízďecího ventilu a je tak zřejmé, že zpoždění okamžiku otevírání je relativně malé, například 8° mezi plným teoretickým otevřením S_0 (v rozdělovači) a skutečným otevřením S' , v rozjízďecím ventilu, kdežto zpoždění okamžiku otevření je poměrně značné, například 70° (příkaz byl vydán 70° před horním mrtvým bodem PMH) mezi okamžikem S_0 teoretického uzavření v rozdělovači a okamžikem S' skutečného uzavření rozjízďecího ventilu.

Bylo již řečeno, že ve známých rozdělovačích odpovídá obvyklá doba otevření v rozdělovači úhlu otočení klikového hřídele $148,5^\circ$ v případě motoru s alespoň deseti válci uspořádanými do tvaru V. Tuto dobu otevření je možno zkrátit o nejméně 20° , takže na jedné řadě válců se mění ze $148,5^\circ$ na $128,5^\circ$, například na levé řadě válců, upravené pro optimální rozjízďení způsobem podle vynálezu, a použít pro druhou řadu válců, tj. pravou řadu, upravenou pro optimální brzdění podle vynálezu, krátkou dobou otevření, a to přes to, že v levé řadě

válců dochází v důsledku zkrácení doby otevření každého rozjízďecího ventilu v rozdělovači na $128,5^\circ$ ke vzniku mrtvého údobí nebo intervalu mezi po sobě následujícími údobími otevření rozjízďecích ventilů dvou válců této řady, postupně za sebou plněných stlačeným vzduchem v pořadí sledu jejich zapalování, který odděluje od sebe okamžik uzavření rozjízďecího ventilu jednoho válce a okamžik otevření rozjízďecího ventilu dalšího válce, plněného stlačeným vzduchem v pořadí zapalování válců.

Tato možnost se vysvětluje tím, že přes krátkost doby trvání otevření rozjízďecích ventilů pravé řady válců překrývá každá doba otevření interval nebo mrtvou dobu stejnohlavého válce levé řady, takže nedochází k žádnému přerušení nebo nespojitosti ve výsledném rozjízďecím nebo brzdícím momentu motoru, který se proto získává jako spojitý. Tato možnost však nastává pouze za podmínky, že doba otevření každého rozjízďecího ventilu pravé řady válců je optimálně upravena tak, aby při brzdění se rovnala úhlu otočení klikového hřídele přibližně 60° , což není dokonale optimální pro brzdění, a za podmínky, že každý válec z této první řady je opatřen rozjízďecím ventilem, aby se využilo relativní úhlové nebo časové polohy doby otevření každého rozjízďecího ventilu pravé řady válců vzhledem k úhlové poloze horního mrtvého bodu pístu příslušného válce. Tato relativní poloha je velmi výhodná v důsledku příznivých okolností zajišťujících optimální účinnost během vzduchového rozjízďení nebo brzdění.

Obr. 6 znázorňuje sled dob otevření rozjízďecích ventilů na dvou řadách válců desativálcového motoru s válci uspořádanými do tvaru písmene V ve dvou řadách po pěti válcích, označených ve sledu jejich zapalování jako válce 1-2-3-4-5 pro levou řadu G a válce 6-7-8-9-10 pro pravou řadu D. Podle vynálezu je doba otevření rozjízďecích ventilů válců 1-2-3-4-5 řady G optimálně nastavena na rozjízďení, zatímco doba otevření rozjízďecích ventilů válců 6-7-8-9-10 řady D optimálně nastavena na brzdění.

Na obr. 6a jsou na první vodorovné stupnici AC znázorněny po sobě následující úhlové polohy (vyjádřené v šedesátinných stupních) mrtvých bodů zdvihu pístu prvního válce 1, levé řady válců, a to horní mrtvý bod PMH₁ a dolní mrtvý bod PMB₁. Tyto polohy jsou dány odpovídajícími úhlovými polohami vačkového hřídele. Na druhé stupnici AM jsou vyznačeny po sobě následující úhlové polohy (rovněž vyjádřené v šedesátinných stupních) mrtvých bodů zdvihu stejného pístu, avšak vyjádřené odpovídajícími úhlovými polohami klikového hřídele motoru. Jelikož motor má čtyřdobý pracovní cyklus, činí každá úhlová hodnota, znázorněná na první stupnici AC, odpovídající úhlové hodnoty na druhé stupnici AM, vztahující se na klikový hřídel. Opačně řečeno, jsou hod-

noty na druhé stupnici dvojnásobkem stejnoměhlých hodnot první stupnice.

Obr. 6a se týká vzduchového rozjíždění. Jak je vyznačeno ve výkresu, je doba otevření v rozdělovači, tj. relativní doba trvání průchodu vzduchu rozdělovačem, pro každý rozjížděcí ventil levé řady válců **1** až **5** rovna úhlu otočení klikového hřídele z úhlové polohy horního mrtvého bodu zdvihu pístu odpovídajícího válce o přibližně $128,5^\circ$, nebo úhlu otočení vačkového hřídele o $128,5^\circ : 2$, tj. o $64,2^\circ$.

Jelikož ústí přírodních kanálků, zásobících rozjížděcí ventily pěti válců stejné řady, jsou ve statoru rozdělovače rozmístěna po obvodu kruhu s úhlovými roztečemi $360/5 = 72^\circ$, je interval mrtvé doby, oddělující okamžik konce této doby průchodu stlačeného vzduchu rozdělovačem na začátku doby bezprostředně následující pro další válec v pořadí jejich zapalování roven úhlu otočení vačkového hřídele odpovídajícího stupnici AC přibližně $72^\circ - 64,2^\circ = 7,8^\circ$, tj. $7,8^\circ \times 2 = 15,6^\circ$ pro klikový hřídel odpovídající stupnici AM.

Na obr. 6a jsou horní mrtvé body, odpovídající každému válci levé řady, označeny vztahovou značkou PHM s číselným indexem, odpovídajícím označení příslušného válce.

Pro řadu válců **6** až **10** jsou relativní polohy doby otevření v rozdělovači časově posunuty pro odpovídající ventily o určitý úhel směrem doleva, takže každá z těchto dob (například doba pro rozjížděcí ventil válce **7**) překrývá výše uvedený interval mrtvé doby mezi dvěma odpovídajícími dobami otevření rozjížděcích ventilů válců **1** a **2** druhé nebo levé řady válců **G**. Uvedená doba otevření je pro každý rozjížděcí ventil pravé řady válců rovna úhlu otočení klikového hřídele o přibližně 60° , a to z místa přibližně 5° za úhlovou polohou mrtvého bodu pístu příslušného válce, takže leží mezi $+5^\circ$ a 65° a tato doba tedy odpovídá úhlu otočení vačkového hřídele $60^\circ/2 = 30^\circ$. Interval mrtvé doby, oddělující každý okamžik konce jedné doby otevření od začátku doby otevření bezprostředně následující, je tak roven úhlu otočení vačkového hřídele o $72^\circ - 30^\circ = 42^\circ$, tj. $42 \times 2 = 84^\circ$ pro klikový hřídel.

Z uvedeného je zřejmé, že relativní poloha v úhlu nebo v čase každé doby průchodu stlačeného vzduchu je pro válce **6** až **10** pravé řady **D** velmi účinná pro rozjíždění, neboť okamžik začátku každé doby otevření se umísťuje poněkud za horní mrtvý bod zdvihu pístu příslušného válce.

Obr. 6b se týká obrácení směru chodu motoru vzduchovým brzděním, vedoucím až k zastavení motoru a k následnému opětovnému rozjíždění v opačném směru. Pro takový úkon je zapotřebí provést nejprve změnu vaček, zajišťujících hlavní ovládání válců (tj. ovládání přírodních a výfukových ventilů), a to osovým nebo podélným posunem každého vačkového hřídele (nesoucího

vačky pro chod vpřed a vačky pro chod vzad) vhodným směrem. Tímto posunem se jedny vačky uvedou do činné polohy, zatímco druhé jsou vyřazeny z činnosti a naopak.

V případě rozdělovače stlačeného ovládacího vzduchu, opatřeného jediným přívodem vzduchu, je rovněž zapotřebí nejprve otočit přepínač každého rozdělovače stlačeného vzduchu o vhodný úhel potřebný pro uvedení jeho obloukového vybrání do vhodné relativní úhlové polohy, zajišťující umístění tohoto vybrání proti vstupnímu otvoru do přírodních kanálků válce, jehož píst se nachází v blízkosti svého horního mrtvého bodu s takovou úhlovou orientací příslušné ojnice, že je připraven začínat sestupný hnací zdvih v opačném směru pohybu. Ve známých systémech je toto předchozí otočení kotoučového přepínače rozdělovače obvykle ovládáno drážkovaným hřídelem s drážkami ve tvaru šrobovice, vytvářející určitý druh šroubu, zabírajícího do závitů pevně spojeného s vačkovým hřídelem pohánějícím kotouč. Tento drážkovaný hřídel se osově posouvá ve svém podélném směru vačkovým hřídelem při jeho výše uvedeném osovém přesunu. Přítomností šroubovitého drážkování vyvolává tento osový posun otáčení drážkovaného hřídele a tím i kotoučového přepínače rozdělovače o potřebný úhel v požadovaném smyslu otáčení.

V daném případě se předpokládá, že otáčivý přepínač rozdělovače se úhlově posouvá v průběhu záměny vaček změnou polohy vačkového hřídele při obrácení směru chodu o přibližně $128,5^\circ$. To má za následek, že v případě vzduchového brzdění (při čtení obr. 6b zleva doprava) se umístí okamžik začátku každé doby ($128,5^\circ$ úhlu otočení klikového hřídele) otevření rozjížděcích ventilů levé řady **G** válců **1** až **5** do polohy $0^\circ - 128,5^\circ = -128,5^\circ$, tj. $128,5^\circ$ před horní mrtvý bod pístu odpovídajícího válce, zatímco okamžik konce této doby se shoduje s úhlovou polohou tohoto horního mrtvého bodu. U válců **6** až **10** pravé řady **D** se umístí okamžik začátku každé výše uvedené doby otevření do polohy $+5^\circ - 128,5^\circ = -123,5^\circ$ stupňů úhlu otočení klikového hřídele a okamžik konce do polohy $+65^\circ - 128,5^\circ = -63,5^\circ$ úhlu otočení klikového hřídele, takže každá doba otevření začíná $123,5^\circ$ a končí $63,5^\circ$ před úhlovou polohou horního mrtvého bodu pístu příslušného válce.

Skutečnost, že každá doba otevření začíná velmi brzo před odpovídajícím horním mrtvým bodem, je velmi příznivá, neboť dovoluje účinné pneumatické brzdění motoru. Jakmile byl motor takto zastaven, rozjíždí se opačným směrem podle schématu na obr. 6b, který však musí být čten v opačném smyslu než dosud, tj. zprava doleva.

Obr. 7 je podobný obr. 6, avšak týká se použití dvanáctiválcového motoru s válci uspořádanými do tvaru písmene V, označenými jako válce **1** až **6** pro levou řadu **G**,

optimálně nastavenou na rozjíždění, a válce 7 až 12 pro pravou řadu **D**, optimálně nastavenou pro brzdění. Jako v předchozím případě desetiválcového motoru jsou všechny válce dvanáctiválcového motoru opatřeny rozjížděcími ventily. Skutečnost, že v desetiválcovém nebo dvanáctiválcovém motoru s válci uspořádanými do tvaru písmene V jsou všechny válce obou řad opatřeny po jednom rozjížděcím ventilu se vysvětluje potřebou vyhnout se jakémukoli přerušení mezi po sobě následujícími dobami přívodu stlačeného vzduchu do různých válců stejné řady ve sledu jejich zapalování. I v případě, že by takové intervaly mrtvé doby neexistovaly, je cílem tohoto opatření vyloučit nedostatečné nebo příliš krátké překrývání (z hlediska správné funkce) po sobě následujících dob otevření v rozdělovači.

Jako v příkladě na předchozím obrázku, vztahuje se diagram 7 na vzduchové rozjíždění a obr. 7b na obrácení směru chodu motoru s předchozím vzduchovým brzděním. Stejně tak tyto diagramy znázorňující délky a relativní polohy dob otevření v rozdělovači pro levou řadu válců, které jsou rovny hodnotám z obr. 6. Také pro levou řadu **G** válců 1 až 6 má každá doba průchodu vzduchu v rozdělovači trvání odpovídající úhlové délce $128,5^\circ$ počínaje úhlovou polohou horního mrtvého bodu pístu odpovídajícího válce, a zasahuje za tento horní mrtvý bod pro rozjíždění a před něj pro brzdění. Pro pravou řadu **D** válců 7 až 12 má každá doba otevření neboli průchodu stlačeného vzduchu rozdělovačem trvání rovné úhlové délce 60° , ležící v rozmezí od $+5^\circ$ do $+65^\circ$ po příslušném horním mrtvém bodu v případě rozjíždění a od $-123,5^\circ$ do $63,5^\circ$ před příslušným horním mrtvým bodem pro brzdění a rozjíždění v opačném směru.

Z uvedeného je zřejmé, že po sobě následující uvedené doby otevření se u řady válců 1 až 6 vzájemně překrývají o pevnou úhlovou hodnotu. Jelikož ústí kanálků zásobící příslušné rozjížděcí ventily šesti válců stejné řady jsou stejnoměrně rozmístěny ve statoru rozdělovače po obvodě kruhu se stejnou roztečí, tj. $360^\circ/6 = 60^\circ$, každé výše uvedené překrytí je rovno $60^\circ - 64,2^\circ = -4,2^\circ$ úhlu otočení vačkového hřídele nebo $-4,2^\circ \times 2 = -8,4^\circ$ úhlu otočení klikového hřídele. Pro válce 7 až 12 pravé řady **D** válců činí konstantní interval mrtvé doby po sobě následujícími dobami otevření $60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$ úhlu otočení vačkového hřídele nebo $30^\circ \times 2 = 60^\circ$ úhlu otočení klikového hřídele (poněvadž doba, za kterou se klikový hřídel otočí o 60° odpovídá otočení vačkového hřídele o 30°).

V příkladě podle obr. 7 se samozřejmě též předpokládá, že pro obrácení směru chodu motoru se otáčivý přepínač rozdělovače úhlově pootočí při záměně vaček změnou relativní polohy vačkového hřídele vhodným směrem o přibližně $128,5^\circ$. V důsledku vzájemného překrývání po sobě následujících

dob plnění válců 1 až 6 levé řady **G** je možno ještě více zkrátit odpovídající zkrácené doby plnění válců 7 až 12 pravé řady **D** tím, že se pro tuto řadu zvolí úhel otočení klikového hřídele 40° (místo $60^\circ = 65^\circ - 5^\circ$ pro příklad podle obr. 7). V tomto případě bude každá zkrácená doba otevření pro válce pravé řady **D** ležet kupříkladu v rozmezí od $+25^\circ$ do $+65^\circ$ po úhlové poloze odpovídajícího horního mrtvého bodu při rozjíždění a od $-103,5^\circ$ do $-63,5^\circ$ před uvedenou polohou horního mrtvého bodu pro obrácení směru chodu s předchozím vzduchovým brzděním.

Jestliže je v levé řadě válců požadováno místo použití doby otevření v rozdělovači zkrácené na $128,5^\circ$, jak je tomu v případech obr. 6 a 7, zachovat normální délku otevření, rovnou úhlu otočení klikového hřídele o $148,5^\circ$, (přičemž tato doba začíná například po otočení klikového hřídele o 10° před úhlovou polohou odpovídajícího horního mrtvého bodu), určuje se při rozjíždění zkrácená hodnota doby otevření v rozdělovači pro válce pravé řady **D** výhradně podle konstrukčních požadavků a její minimální hodnota se tedy rovná úhlu otočení klikového hřídele o přibližně 40° .

V tomto případě pro deseti nebo dvanáctiválcový motor s uspořádáním válců do tvaru písmene V bude při rozjíždění každá doba otevření v rozdělovači ležet pro levou řadu válců v rozmezí od -10° (před horním mrtvým bodem) do $138,5^\circ$ po horním mrtvém bodu) pro pravou řadu válců, kdežto pro obrácení chodu motoru s předchozím vzduchovým brzděním budou tyto hodnoty pro levou řadu válců **G** v rozmezí od $-10^\circ - 128,5^\circ = -138,5^\circ$ (před horním mrtvým bodem) do $+138,5^\circ - 128,5^\circ = 10^\circ$ (po horním mrtvém bodu) a pro pravou řadu **D** od $+15^\circ - 128,5^\circ = -113,5^\circ$ do $+55^\circ - 128,5^\circ = -73,5^\circ$ (před horním mrtvým bodem), při předpokladu, že pro obrácení směru otáčení motoru dojde k pootočení otáčivého kotouče rozdělovače opět o $128,5^\circ$ stupně.

V případě dvanáctiválcového motoru může každá doba otevření v rozdělovači zkrácená na 40° ležet též v rozmezí od $+5^\circ$ do $+45^\circ$ (po horním mrtvém bodu) při rozjíždění a od $-123,5^\circ$ do $-83,5^\circ$ (před horním mrtvým bodem) při brzdění.

V případě výše uvedených příkladů, vztahujících se na motory s deseti nebo dvanáctiválci uspořádanými do tvaru písmene V dokázaly experimentální práce a pokusy, že spotřeba vzduchu se zvětšuje pouze v případě, kdy doby otevření v rozdělovači měly pro rozjížděcí ventily obou řad válců obvyklé hodnoty a byly stejné.

V případě čtrnácti-, šestnácti- nebo osmnáctiválcového motoru s válci uspořádanými do tvaru písmene V stačí pro zajištění pneumatické rozjíždění motoru pouze jediná řada válců, například levá řada válců, takže

druhá, tj. pravá řada válců je optimálně nastavena na vzduchové brzdění, přičemž válce nejvzdálenější od rozdělovače stlačeného vzduchu jsou eventuálně bez rozjížděcích ventilů (jelikož jejich přívodní potrubí je příliš dlouhé, což je nepříznivé při brzdění vzhledem ke vzrůstu zpoždění okamžiku uzavírání ventilů). Kromě toho může být zkrácená doba otevření v rozdělovači u rozjížděcích ventilů této pravé řady válců, optimálně nastavené na brzdění, zmenšena na hodnotu odpovídající úhlu otočení hřídele o přibližně 40° , neboť je stále ještě zajištěno dostatečně vzájemné překrývání mezi dobami otevření obou řad válců.

Obr. 8 ilustruje výhody a technický pokrok přinášený vynálezem na případě vzduchového brzdění motoru z rychlosti otáčení okolo 400 ot/min. až do jeho úplného zastavení. Obrázek ukazuje závislost velikosti brzdicího momentu C_f na okamžité rychlosti N otáčení motoru. Plná křivka **A** se vztahuje na vzduchové brzdění motoru jedinou řadou válců, například levou řadou válců, zásobenou vzduchem pomocí rozdělovače, který zajišťuje normální dobu trvání přívodu nebo průchodu vzduchu rozdělovačem rovnou úhlu otočení klikového hřídele motoru o například $148,5^\circ$. V okamžiku, kdy se zastaví vstříkování paliva do motoru, točí se motor při svém normálním režimu, například při rychlosti otáčení 500 ot/min., a od okamžiku otevření hlavního spouštěcího ventilu, tj. od začátku doby vzduchového brzdění pomocí stlačeného vzduchu, obdrží motor brzdicí moment, který plynule klesá s postupným zpomalováním rychlosti otáčení motoru, až klesne na nulu při rychlosti otáčení N_2 nižší než je normální provozní rychlost otáčení, nebo eventuálně obrátí svůj smysl, takže se stane záporným (tj. vytváří práci, uděluje motoru zrychlení v pásmu vymezeném osou x a úsekem křivky **A** ležícím pod ní). Tím, že obrátí svůj smysl, stává se tak brzdicí moment akceleračním momentem, schopným případně znovu hnát motor do směru otáčení, ze kterého motor má být brzděn. Tento jev může ještě být posílen, když má motor mnoho válců a tedy i dlouhá potrubní vedení, spojující rozdělovač stlačeného vzduchu s jednotlivými rozjížděcími ventily na válcích. Vzniklé zpoždění pak způsobuje, že vnášený moment vyvolává místo brzdicího účinku hnací účinek.

Jestliže nedojde k opětnému rozjezdu motoru do původního směru, motor se dále zpomaluje a záporný brzdicí moment po dosažení maximální hodnoty (tj. absolutní hodnoty) v nejnižším bodě křivky znovu klesá, až dosáhne nulové hodnoty při rychlosti otáčení N_1 (nižší než je rychlost otáčení N_2). Po té znovu změní smysl a stane se kladným, načež začíná opět vzrůstat se vzrůstajícím brzdicím účinkem na otáčení motoru.

Křivka **B** diagramu na obr. 8 vyjadřuje případ, kdy vzduchové brzdění je dosahováno pouze jedinou řadou válců, například

pravou řadou válců, zásobenou stlačeným vzduchem z otáčivého rozdělovače, u níž doba otevření neboli doba průchodu stlačeného vzduchu rozdělovačem je krátká nebo zkrácená podle vynálezu a odpovídá například úhlu otočení klikového hřídele o přibližně 40° nebo 60° . Zjišťuje se, že získaný moment je vždy brzdicí čili kladný a že na začátku doby brzdění (tj. při rychlosti otáčení motoru přibližně 400 ot/min.) je brzdicí moment vyšší než moment obdržený při normální délce doby otevření podle křivky **A**. S postupujícím zpomalováním motoru tento brzdicí moment klesá (podle křivky **B**), a to plynule a v zásadě stejnoměrně.

Čárkovaná křivka **C** vyjadřuje součtový účinek, tj. výsledný brzdicí moment vyplývající ze součtu samostatných brzdicích momentů získávaných současně oběma řadami válců podle křivky **A** a **B**. Tento výsledný moment je vždy kladný a tedy brzdicí, a je po většinu období brzdění vyšší než kterýkoli z obou výše uvedených brzdicích momentů, jsou-li posuzovány samostatně.

Obr. 9 znázorňuje graficky závislost tlaku **P** v komoře s proměnlivým objemem válce motoru na okamžité úhlové poloze otáčení klikového hřídele v podstatě mezi dvěma po sobě následujícími dolními mrtvými body PMB zdvihu pístu, tj. během dvou po sobě jdoucích dob komprese (vzestupný zdvih) a expanze (sestupný zdvih) pracovního cyklu motoru. Počátek souřadnic vodorovné osy (odpovídající nulové hodnotě úhlu otáčení klikového hřídele) byl záměrně zvolen jako v podstatě shodující se se začátkem doby otevření nebo průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači, zásobícím jednotlivé rozjížděcí ventily válců. Během alespoň větší části uvažované a znázorněné doby pracovního cyklu jsou oba rozdělovací ventily (přívodní a výfukový) uzavřeny.

Plná křivka **a1** odpovídá případu, kdy rozjížděcí ventil zůstává stále uzavřený v průběhu uvažované a znázorněné doby pracovního cyklu motoru (tedy bez vstříku paliva a bez přívodu stlačeného vzduchu). Tato křivka má zvonovitý průběh, a její vrchol leží v horním mrtvém bodě zdvihu pístu, takže jinými slovy během uvažované doby tlak ve válci roste až po dosažení maximální hodnoty v tomto mrtvém bodě a po té znovu klesá.

Vodorovná čárkovaná přímka s ypsilonovou souřadnicí P_a odpovídá hlavnímu spouštěcímu tlaku vzduchu, který je normálně k dispozici, a který se může měnit například mezi nejvyšší hodnotou okolo 3 MPa a nejnižší hodnotou okolo 0,8 MPa.

Čerchovaná křivka **a2** se vztahuje na případ, kdy se rozjížděcí ventil od začátku výše uvedené doby pracovního cyklu válce otevřít (tj. alespoň od počátku vodorovné osy, kdy úhlová poloha klikového hřídele je 0°) a zavírá se v bodě F_1 , tj. v průsečíku vodorovné přímky P_a s křivkou **a2**. Je patrné, že

na začátku je tlak vzduchu ve válci (bez vstřikování paliva) vyšší než odpovídající tlak v předchozím případě (křivka a_1), avšak nižší, než je spouštěcí tlak stlačeného vzduchu P_a , který je k dispozici, takže stlačený vzduch vniká do válce během vzestupného zdvihu pístu, čímž začíná jeho vzduchové brzdění. Tlak ve válci potom během kompresního zdvihu pístu stoupá, a rozjízďecí ventil se zavírá v okamžiku, kdy tlak vzduchu dosáhne hodnoty P_a . Po jeho uzavření tlak stoupá dále, až dosáhne maximální hodnoty kupříkladu 10 MPa v horním mrtvém bodě zdvihu pístu. Potom začíná klesat.

Předpokládá-li se, že doba otevření v rozdělovači má zmenšenou hodnotu podle vynálezu, a že rozjízďecí ventil se zavírá při poměrně nízké rychlosti otáčení motoru (tj. chvíli před jeho zastavením pro maximální snížení zpoždění okamžiku zavření), nachází se při zastavení motoru píst alespoň jednoho válce u horního mrtvého bodu svého zdvihu a před tímto bodem a vytváří tak poměrně značné stlačení vzduchu. Tato okolnost příznivě působí na opětovný rozjezd motoru v opačném smyslu otáčení expanzí tohoto stlačeného vzduchu, který je pod vysokým tlakem (například 10 MPa).

Vykonaná práce je rovna plošnému obsahu plochy vymezené křivkou a vodorovnou osou. Přitom část této plochy, ležící vlevo od svislice vedené horním mrtvým bodem PMH, odpovídá brzdící práci, zatímco část této plochy vpravo od uvedené svislice představuje akcelerační práci. Výsledná práce, vykonaná během této doby, je rovna algebraickému součtu těchto dvou částí umístěných po obou stranách svislice vedené souřadnicí horního mrtvého bodu PMH. Tato výsledná práce může být akcelerační zejména tehdy, kdy vzduchové brzdění začíná poněkud později, nebo když se rozjízďecí ventil zavře příliš brzy, což však nemá vážné důsledky, neboť vzduchové brzdění je zajišťováno druhou řadou válců a při malé rychlosti je to mimoto příznivé pro následující rozjezd motoru do opačného smyslu otáčení, jak bylo právě uvedeno. Je třeba si povšimnout toho, že tlak stlačeného vzduchu, který je k dispozici, je obecně nižší, než nejvyšší kompresní tlak vyvíjený při normální funkci.

Čárkovaná křivka a_3 odpovídá případu, kdy se rozjízďecí ventil zavírá v bodě F_2 , kdy tlak ve válci znovu dosáhne hodnoty P_a při sestupném zdvihu pístu hlavního hnacího tlaku stlačeného vzduchu, který je k dispozici. Je zřejmé, že od chvíle, kdy kompresní tlak ve válci přesáhne hodnotu P_a , je směr proudění stlačeného vzduchu obrácený, takže píst žene stlačený vzduch do přírodního kanálku stlačeného vzduchu otevřeným rozjízďecím ventilem. To má za následek, že okamžitý tlak dosahovaný v každém bodě křivky a_3 během vzestupného zdvihu pístu je nižší než odpovídající tlak na křivce a_2

vzhledem k tomuto obrátu směru proudění stlačeného vzduchu, a nejvyšší hodnota tlaku se dosahuje poněkud dříve, než píst dosáhne svého horního mrtvého bodu.

Tato nejvyšší hodnota tlaku na křivce a_3 je přitom nižší než odpovídající nejvyšší hodnota křivky teoretického tlaku a_1 , takže křivka a_3 protíná křivku a_2 , a sestupná neboli pravá větev křivky a_3 je tak níže než odpovídající větev křivky a_1 . Stejně tak je z obrázku patrné, že pokud tlak ve válci zůstává vyšší než je tlak stlačeného vzduchu P_a , který je k dispozici (část křivky a_3 ležící nad vodorovnou přímkou s ypsilonovou souřadnicí P_a), vzniká pracovní účinek vzduchového brzdění a průsečík F_2 křivky a_3 s vodorovnou přímkou P_a představuje mezní okamžik, ve kterém se rozjízďecí ventil musí zavřít, aby se zabránilo tomu, že stlačený vzduch bude znovu vstupovat do válce během sestupného zdvihu pístu (od okamžiku, kdy tlak ve válci poklesl pod hodnotu P_a) a bude zrychlovat motor, místo aby ho brzdil.

V případě pozdějšího uzavření rozjízďecího ventilu, tj. za bodem F_2 , čili pod vodorovnou přímkou s ypsilonovou souřadnicí P_a , bude odpovídající větev křivky rozšířena nebo posunuta směrem doprava a zvětší se tak část plochy vymezené vodorovnou souřadnicovou osou a svislicí vedené horním mrtvým bodem, což vysvětluje výsledný akcelerační efekt takto získané práce. Zavřeli se naproti tomu rozjízďecí ventil před bodem F_2 na části křivky a_3 ležící nad vodorovnou přímkou s souřadnicí P_a , tj. při tlaku vyšším než je tlak P_a , bude větev křivky za bodem uzavření rozjízďecího ventilu posunuta směrem nahoru a doprava, a zvýší se tak jednak nejvyšší dosahovaný tlak ve válci a jednak se zvětší část plochy ležící vpravo od svislice vedené horním mrtvým bodem PMH, z čehož vyplývá odpovídající přírůstek akcelerační práce a tedy zmenšení brzdícího účinku. Optimální okamžik uzavření rozjízďecího ventilu odpovídá tedy bodu F_2 , kdy se také dosahuje nejvyšší hodnoty brzdícího momentu, jak bude ukázáno dále.

V předchozím popisu, stejně jako i v následujícím, se předpokládá, že před začátkem vzduchového brzdění motoru, otáčejícího se směrem dopředu, se nastaví obrácení smyslu otáčení motoru otáčejícího se dopředným směrem tím, že se současně posunou oba vačkové hřídele obou řad válců, čímž se posunou vačky pro chod vzad do polohy vaček pro chod vpřed, přičemž tento osový posun vyvolá současně pootočení otáčivého kotouče rozdělovače stlačeného vzduchu o vhodný úhel (například o $128,5^\circ$ v důsledku vhodného spřažení na šroub a matku mezi kotoučem a jeho ovládacím hřídelem).

Obr. 9b znázorňuje úhlové polohy otevření a uzavření průchodu stlačeného vzduchu

v rozdělovači a v rozjížděcím ventilu (vztahen k odpovídajícím úhlům pootočení klikového hřídele motoru) v závislosti na okamžité relativní rychlosti otáčení motoru N (vztahen k hodnotě plné rychlosti), a ukazuje vliv zpoždění okamžiku otevření a okamžiku uzavření rozjížděcího ventilu, vyplývající z dynamických jevů. Pro poskytnutí konkrétní představy se předpokládá, že pro jednu ze dvou řad válců motoru, například pro levou řadu optimálně nastavenou na rozjíždění, je doba otevření nebo průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači rovna přibližně úhlu otočení klikového hřídele o $148,5^\circ$, kdežto pro druhou řadu válců, tj. pravou řadu optimálně nastavenou na brzdění, odpovídá tato doba úhlu otočení klikového hřídele o 60° .

Okamžiky otevření v rozdělovači leží tedy na svislé přímce, která ve znázorněném případě se shoduje se souřadnicovou svislou osou ON . Okamžiky zpožděného nebo skutečného otevření rozjížděcího ventilu budou ležet na nakloněné přímce b_1 . Okamžiky uzavření v rozdělovači pro krátkou dobu otevření, tj. pro pravou řadu válců optimálně nastavenou na brzdění, budou ležet na svislé přímce b_2 s úhlovou souřadnicí 60° , kdežto okamžiky uzavření v rozdělovači pro normální délku doby otevření, tj. pro levou řadu válců optimálně nastavenou na rozjíždění, budou ležet na svislé přímce b_3 s úhlovou souřadnicí $148,5^\circ$.

Okamžiky skutečného uzavření rozjížděcích ventilů pro krátkou dobu otevření v rozdělovači 60° , tj. pro pravou řadu válců, leží na šikmé přímce b_4 , kdežto skutečné okamžiky uzavření rozjížděcích ventilů s normální nebo obvyklou dobou otevření $148,5^\circ$ v rozdělovači leží na nakloněné přímce b_5 , v podstatě rovnoběžné s přímkou b_4 . Je třeba poznamenat, že každému válci odpovídají dva vlastní sklony přímek b_1 a b_4 (proměnlivé od jednoho válce ke druhému), závisející na délce přívodního vzduchového potrubí příslušejícího tomuto válci, takže přímky b_1 a b_4 na obr. 9b představují střední hodnoty pro každou řadu válců.

Obr. 9c znázorňuje střední brzdicí moment vyvýšený každou řadou válců v závislosti na úhlové poloze okamžiku skutečného uzavření rozjížděcích ventilů (vztahen k úhlu otočení klikového hřídele). Tři nad sebou umístěné diagramy 9a, 9b a 9c si navzájem odpovídají svými souřadnicemi vodorovné osy, vymezenými stejnými vztažnými svislými přímkami. Na obr. 9c je vyznačena vodorovná přímka s ypsilonovou souřadnicí C_0 , vyjadřující nejmenší účinnou hodnotu brzdicího momentu, pod kterou brzdicí moment prakticky neprojevuje žádný účinek. Plošný obsah plochy vymezené křivkou a vodorovnou souřadnicovou osou má kladné znaménko a vyjadřuje brzdicí účinek momentu tehdy, leží-li nad vodorovnou souřadnicovou osou, zatímco v oblasti pod touto osou je

záporný a vyjadřuje akcelerační účinek. Je zřejmé, že brzdicí moment každé řady válců prochází největší hodnotou C_m když každý rozjížděcí ventil uvažované řady se zavře v okamžiku odpovídajícímu bodu F_2 , definovanému v souvislosti s obr. 9a. Tento bod leží za horním mrtvým bodem PMH, čili vpravo od tohoto bodu. Křivka obr. 9c tak ukazuje brzdicí moment získaný jednou řadou válců pro každou úhlovou polohu uzavření rozjížděcích ventilů této řady.

Je možno tak rozlišovat různé následující oblasti:

1) Oblast D_1 , ležící vpravo neboli před svislicí C_1 , vedenou průsečíkem křivky s vodorovnou přímkou minimálního brzdicího momentu C_0 , přičemž tato svislice C_1 leží vlevo neboli před horním mrtvým bodem PMH. Tato oblast není příznivá pro brzdění, neboť brzdicí moment je nedostatečný a protože v každém válci je vysoký tlak. Tato oblast odpovídá tedy okamžiku uzavření rozjížděcího ventilu, umístěnému před neboli vlevo od svislice C_1 .

2) Oblast D_2 , vymezená mezi dvěma svislicemi C_1 a C_2 , procházejícími dvěma po sobě následujícími průsečíky křivky s vodorovnou přímkou nejmenšího brzdicího momentu C_0 . Tato oblast se tedy rozprostírá od polohy ležící vlevo nebo před horním mrtvým bodem PMH až do polohy ležící vpravo nebo za tímto horním mrtvým bodem a hodnota brzdicího momentu je zde nejméně rovna nebo vyšší než nejmenší brzdicí moment C_0 . Tato oblast D_2 je tedy obzvláště příznivá pro brzdění.

3) Oblast D_3 , ležící mezi svislicemi C_3 a C_4 vedenými dvěma po sobě následujícími průsečíky křivky s vodorovnou souřadnicovou osou, tj. mezi body, kdy dochází k anulování absolutní hodnoty momentu s následnou změnou jeho znaménka, ležícími před a za dolním mrtvým bodem PMH. Část křivky, vymezená touto oblastí, leží pod vodorovnou souřadnicovou osou a tedy v oblasti záporných ypsilonových souřadnic, takže vyjadřuje akcelerační moment. V důsledku toho je oblast D_3 nepříznivá z hlediska brzdicího účinku.

4) Oblast D_4 , ležící za svislicí C_4 , kde křivka leží opět nad vodorovnou souřadnicovou osou, tj. v oblasti kladných ypsilonových souřadnic, takže vyjadřuje brzdicí moment. Podle obr. 9c je však tato oblast D_4 umístěna do doby, během které jsou přívodní ventily (a nikoliv výfukové ventily v důsledku změny vaček) otevřeny, bude mít vzduchové brzdění, vykonávané v této oblasti D_4 , nedostatek v poměrně značné spotřebě stlačeného vzduchu ztrátou nebo únikem přes otevřené přívodní ventily, což jinak také vysvětluje poměrně malou hodnotu získávaného brzdicího momentu, který sotva dosahuje nebo eventuálně nepatrně přesahuje nejmenší přípustnou hodnotu brzdicího momentu C_0 .

Vrátíme-li se znovu k obr. 9b, je patrné, že ve zvoleném a znázorněném příkladě provedení se oblast **D₂**, příznivá pro vzduchové brzdění, rozprostírá na jedné straně od relativní rychlosti motoru přibližně 52 % do relativní rychlosti motoru přibližně 16 % na přímce **b₁** pro pravou řadu válců s krátkou dobou otevření (60°) průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači, a jednak od relativní rychlosti motoru přibližně 24 % až do úplného zastavení motoru na šikmé přímce **b₅** pro levou řadu válců s normální neboli obvyklou dobou otevření (148,5°) průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači. Tyto dvě dílčí oblasti jsou pro každou řadu válců vyznačeny tučně vytaženou úsečkou na příslušné přímce. Maximální moment pro pravou řadu válců s krátkou dobou otevření tedy odpovídá (v bodě **F'₂** přímky **b₄**) relativní rychlosti otáčení motoru přibližně 40 procent, kdežto pro levou řadu válců s normální dobou otevření odpovídá (v bodě **F''₂** přímky **b₅**) relativní rychlosti otáčení motoru přibližně 12 %, přičemž bod **F₂** obrázku 9a, body **F'₂** a **F''₂** na obr. 5b a bod **C_m** na obr. 9c jsou seřazeny na stejné svislé přímce.

Oblast **D₃**, nepříznivá pro brzdění, se naproti tomu rozprostírá jednak od relativní rychlosti otáčení motoru přibližně 97 % až po relativní rychlost přibližně 58 % pro pravou řadu válců s krátkou dobou otevření (na přímce **b₄**), a jednak od relativní rychlosti otáčení motoru přibližně 68 % až po relativní rychlost přibližně 31 % pro levou řadu válců s normální dobou otevření v rozdělovači.

Zajišťování změny směru chodu motoru, za předpokladu že se motor otáčí směrem dopředu, probíhá tedy následovně:

Zastaví se vstřikování paliva se současným posunutím obou vačkových hřídelů pro přestavení vaček pro chod vzad do polohy, kterou před tím zaujímaly vačky pro chod vpřed, se současným vyvolaným pootočením otáčivého přepínače rozdělovače. Po té se čeká, až se motor přirozeným způsobem zpomalí na rychlost rovnou asi 52 % původní plné rychlosti. Pak se otevře hlavní hnací ventil pro přivádění stlačeného vzduchu do obou otáčivých rozdělovačů (nebo jediného centrálního), zásobících stlačeným vzduchem obě řady válců, které pak současně jsou plněny stlačeným brzdícím vzduchem. Vzduchové brzdění pomocí pravé řady válců optimálně nastavené na brzdění (přímka **b₄**) tak probíhá v užitečné brzdící oblasti **D₂**, kde se vyvíjí kladný účinný brzdící moment až do okamžiku, kdy se motor zpomalí na asi 16 % původní rychlosti. Současně vyvíjí levá řada válců (přímka **b₅**) záporný neboli akcelerační moment (který se tedy odečítá od brzdícího momentu získávaného pravou řadou válců) v oblasti **D₃** nepříznivě pro brzdění, až rychlost otáčení motoru klesne na přibližně 31 %, přičemž v tomto bodě se smysl momentu obrátí a stane se brzdícím a tedy optimálním (v oblasti

D₂), a to od rychlosti otáčení motoru 24 % až po jeho úplné zastavení.

V této užitečné oblasti **D₂** se tedy příslušné brzdící momenty obou řad válců sčítají a jejich výsledkem je celkový moment. Jakmile se motor zastavil, rozjede se do opačného chodu, tj. do chodu vzad a tento opětový rozjezd účinkem stlačeného vzduchu do opačného směru je vyvolán hlavně levou řadou válců, optimálně nastavenou pro rozjíždění, avšak za současné nápomoci pravé řady válců, optimálně nastavené na brzdění, která též výrazně přispívá k tomuto rozjíždění, jak bylo ukázáno výše. Vyplývá to z toho, že ke vstupu rozjížděcího vzduchu dochází ihned po horním mrtvém bodě zdvihu pístů.

Obr. 10a až 10d demonstrují výhody dosažené způsobem podle vynálezu. Obr. 10a srovnává obvyklé dva případy vzduchového brzdění dle známého stavu techniky se způsobem podle vynálezu na průběhu relativní rychlosti **N** otáčení motoru (vztaženo k normální provozní rychlosti) v závislosti na čase. Počátek časových hodnot vynášených na vodorovnou souřadnicovou osu se na tomto diagramu shoduje s okamžikem, kdy je vydán příkaz „stůj“, tj. kdy dojde k přerušování vstřikování paliva.

Křivka **A₁** se týká případu vzduchového brzdění jedinou řadou válců opatřených rozjížděcími ventily s normální dobou otevření v rozdělovači, která se rovná kupříkladu úhlu otočení klikového hřídele motoru o přibližně 148,5°, přičemž válce druhé řady nemají rozjížděcí ventily. Pro poskytnutí měřítka časových hodnot vynášených na vodorovnou souřadnicovou osu je možno stanovit jako časovou jednotku celkovou dobu zpomalování motoru od okamžiku, kdy je vydán příkaz „stůj“, až po jeho úplné zastavení. Tato doba se tedy rovná časové hodnotě 100 %.

Obr. 10b znázorňuje pomocí čerchované křivky **B₁** odpovídající závislost brzdícího momentu na čase. Vodorovnou přímkou s ypsilonovou souřadnicí **C₀** je vyjádřena minimální přípustná velikost brzdícího momentu. Obr. 6b ukazuje, že příkaz k záměně vaček pro obrácení smyslu chodu motoru je vydán ve stejném okamžiku jako příkaz „stůj“ a jeho vykonání vyžaduje čas kupříkladu okolo 4 %, což je na obrázku znázorněno šrafováním oblastí **R**. Během této změny vaček se motor přirozenou cestou zpomaluje až na rychlost kupříkladu 68 %. Začne-li se stlačený vzduch přivádět do uvedené řady válců od okamžiku dosažení této rychlosti, tj. od okamžiku, kdy byla ukončena změna vaček, obdržený moment je nejprve záporný, tedy se sklonem zrychlovat běh motoru až do okamžiku, kdy se rychlost snížila na přibližně 32 % po uplynutí doby 44 %, kdy moment klesne na nulu. V tomto bodě moment mění znaménko, takže se stává kladným, tj. brzdícím, avšak zůstává nižší než je

minimální potřebný brzdící moment C_0 , až po uplynutí doby 72 %, kdy křivka B_1 protne přímkou s ypsilonovou souřadnicí C_0 . Tento průsečík ve kterém brzdící moment nabyde minimální potřebné hodnoty C_0 , odpovídá rychlosti otáčení motoru přibližně 24 %, takže vzduchové brzdění začíná být účinné teprve od dosažení této rychlosti, tj. vpravo od svislice vedené tímto průsečíkem. Brzdící moment se potom zvětšuje až do dosažení maximální hodnoty, odpovídající rychlosti otáčení motoru přibližně 12 % (na konci času 16 % po začátku vzduchového brzdění). Od tohoto okamžiku pak klesá až po úplné zastavení motoru (ke kterému dojde po uplynutí času 28 % po začátku vzduchového brzdění). V tomto okamžiku je brzdící moment přibližně dvojnásobný, než je minimální požadovaný moment C_0 , načež náhle poklesne na nulu.

Pozorujeme-li na obr. 10a část křivky A_1 předcházející začátek pneumatického brzdění, tj. část ležící vlevo od svislice V_1 , je patrné, že po vydání příkazu „stůj“ má křivka nejprve poměrně strmý sestupný průběh, odpovídající přirozenému zpomalování motoru, až po dosažení rychlosti 40 %. V průběhu tohoto strmého úseku motor pokračuje v unášení lodního šroubu. Tato strmá část je následována povlnnější částí, během které naopak motor je hnán lodním šroubem, jak bylo vysvětleno výše.

Určitého zlepšení je možno dosáhnout vzduchovým brzděním dvěma řadami válců současně a tento případ je znázorněn křivkou A_2 na obr. 10a, které odpovídají křivky d_0 , d_1 na obr. 6d. Tento poslední diagram ukazuje, že minimálního požadovaného brzdícího momentu C_0 se dosahuje, když motor se přirozenou cestou zpomalil až na rychlost otáčení přibližně 28 % (po uplynutí doby 60 %, vymezené svislicí V_2). Od tohoto okamžiku pak začíná vlastní vzduchové brzdění. Každá řada válců poskytné tedy brzdící moment znázorněný křivkou d_0 na obr. 10d, takže výsledný brzdící moment, znázorněný křivkou d_1 , se rovná součtu příslušných brzdících momentů obou řad válců, neboli dvojnásobku brzdícího momentu d_0 pro jednu řadu válců, předpokládá-li se, že brzdící momenty obou řad válců se sobě rovnají. Největší celkový brzdící moment (rovný dvojnásobku brzdícího momentu v předchozím případě) tedy nastává při rychlosti otáčení motoru okolo 12 % (v čase okolo 12 % po začátku brzdění), a úplného zastavení motoru se dosáhne po uplynutí doby 75 % (po vydání příkazu stůj), takže celková doba přirozeného a nuceného zpomalování až po úplné zastavení motoru je přibližně o 25 % kratší než v předchozím případě. Je zde zejména zřejmé, že pro pře-

chod z rychlosti 28 % na rychlost 12 % je zapotřebí o přibližně 25 % méně času, než je v předchozím případě zapotřebí pro přechod z rychlosti 24 % na rychlost 12 %.

Průběhu vyjádřeného plnou křivkou A_3 se dosáhne při použití způsobu podle vynálezu, a této křivce odpovídá na obr. 10b plná křivka B_2 , znázorňující průběh brzdícího momentu získávaného levou řadou válců s normální nebo obvyklou dobou otevření průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači rovnou úhlu otočení klikového hřídele o kupříkladu 148,5°. Jediná plná křivka na obr. 10c znázorňuje průběh brzdícího momentu, získaného pravou řadou válců s krátkou dobou otevření průchodu stlačeného vzduchu v rozdělovači, rovnou například otočení klikového hřídele motoru o okolo 60°. Plná křivka d_2 na obr. 10d pak znázorňuje průběh součtového brzdícího momentu, získaného oběma řadami válců. Tento součtový brzdící moment je roven algebraickému součtu ypsilonových souřadnic křivky B_2 z obr. 10b a křivky z obr. 10c.

Křivka d_2 na obr. 10b ukazuje, že minimální požadovaný brzdící moment C_0 je dosahován po poklesu rychlosti otáčení motoru na přibližně 48 %, které se dosahuje po uplynutí doby přibližně 8 %. Vzduchové brzdění tedy začíná již od této rychlosti, tj. od svislice V_3 vedené průsečíkem křivky d_2 na obr. 10c s vodorovnou přímkou vyjadřující minimální požadovaný brzdící moment C_0 . Obr. 6b ukazuje, že brzdící moment levé řady válců prochází největší hodnotou po uplynutí doby přibližně 30 %, odpovídající rychlosti otáčení motoru 12 %. Křivka na obr. 10c naopak tomu ukazuje, že brzdící moment dosahovaný pravou řadou válců nabývá maximální hodnoty po uplynutí doby přibližně 10 %, odpovídající rychlosti otáčení motoru přibližně 40 %. Křivka d_2 na obr. 10d ukazuje, že součtový neboli výsledný brzdící moment nabývá dvou po sobě následujících maxim, odpovídajících rychlostem otáčení 40 % a 12 %, a oddělovaných mezilehlým minimem. Úplné zastavení motoru se docílí po uplynutí doby 37 % po vydání příkazu „stůj“, z čehož vyplývá značný zisk, a to jak zkrácením potřebné doby, tak i zvýšením rychlosti při které se začíná pneumaticky brzdít, při srovnání se dvěma výše uvedenými případy při použití známého stavu techniky, vyjádřenými čárkovanými křivkami A_1 a A_2 na obr. 10a.

Je samozřejmé, že vynález není omezen na popsané příklady provedení. Vztahuje se též na technické ekvivalenty popsaných prostředků, stejně jako jejich kombinace, pokud jsou realizovány v souladu s myšlenkou vynálezu vymezenou definicí jeho předmětu.

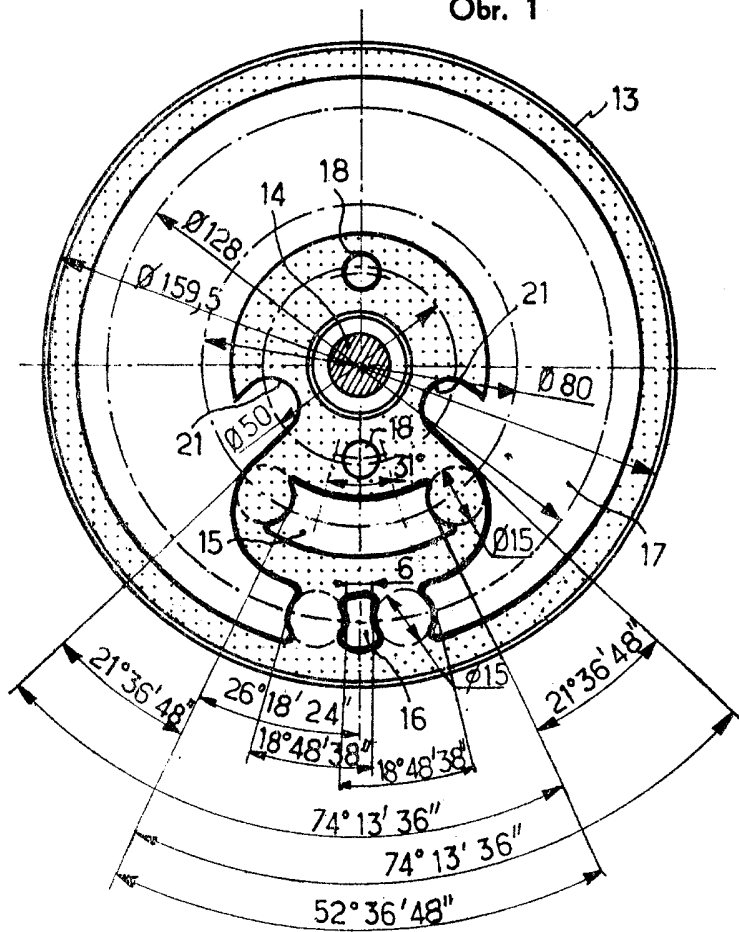
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zařízení pro zlepšování vzduchového brzdění Diesellova motoru s měnitelným směrem otáčení a se sudým počtem válců uspořádaných zejména do tvaru písmene V ve dvou řadách o stejném počtu těchto válců, z nichž alespoň některé válce každé řady jsou opatřeny jednotlivými rozjížděcími ventily s automatickým uzavíráním vratnou pružinou po vyprázdnění, a s postupným pneumatickým ovládáním otevření pomocí alespoň jednoho rozdělovače stlačeného vzduchu, který je připojen jednak ke zdroji stlačeného vzduchu a jednak k vedení vedoucím každé do jednoho rozjížděcího ventilu, a který je opatřen otáčivým přepínačem, majícím v sobě vybrání pro průchod stlačeného vzduchu a umístěná tak, že v průběhu otočky přepínače procházejí před vstupními otvory do uvedených kanálků, vyznačené tím, že rozdělovač má vybrání (15, 16) pro

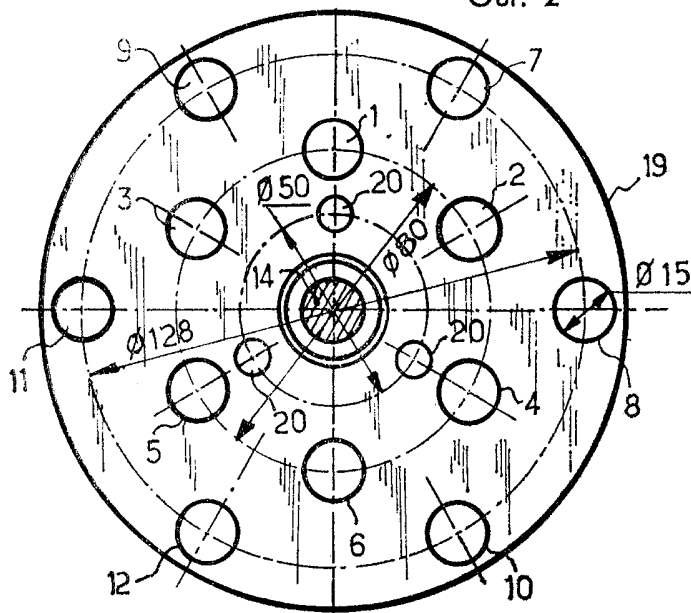
rozjížděcí ventily každé řady válců, každé vybrání (15, 16) má tvar protáhlého otvoru sledující oblouk kružnice, na níž se nacházejí rovněž vstupní otvory (1 až 12) kanálků přidružených jedné řadě válců, přičemž pro rozjížděcí ventily jedné řady válců odpovídá střední obvodový oblouk pro průchod stlačeného vzduchu do jednoho rozjížděcího ventilu, tvořený součtem křivkové délky odpovídajícího vybrání (16) a přidruženého vstupního otvoru (7' až 12'), středovému úhlu 15° až 30° , kdežto střední obvodový oblouk průchodu stlačeného vzduchu do jednoho rozjížděcího ventilu druhé řady válců tvořený součtem křivkové délky odpovídajícího vybrání (15) a přidruženého vstupního otvoru (1' až 6') odpovídá středovému úhlu 75° až 50° , a přičemž přepínač (13, 13', 13'') je unášen vačkovým hřídelem motoru.

6 listů výkresů

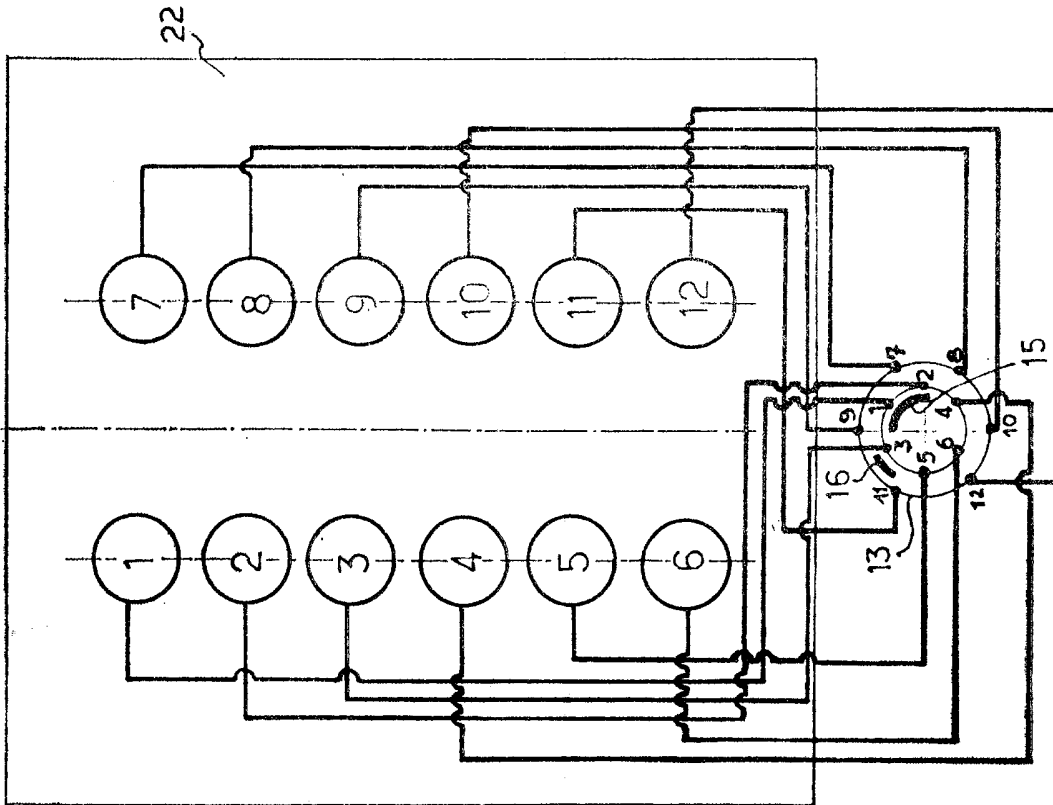
Öbr. 1



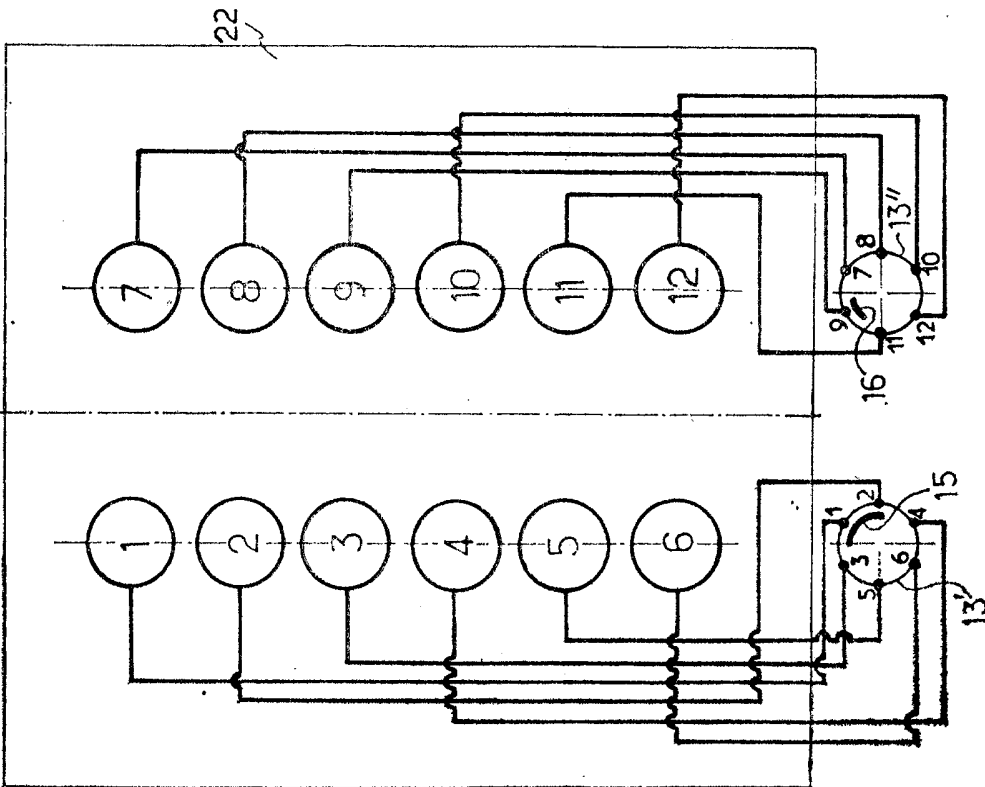
Obr. 2



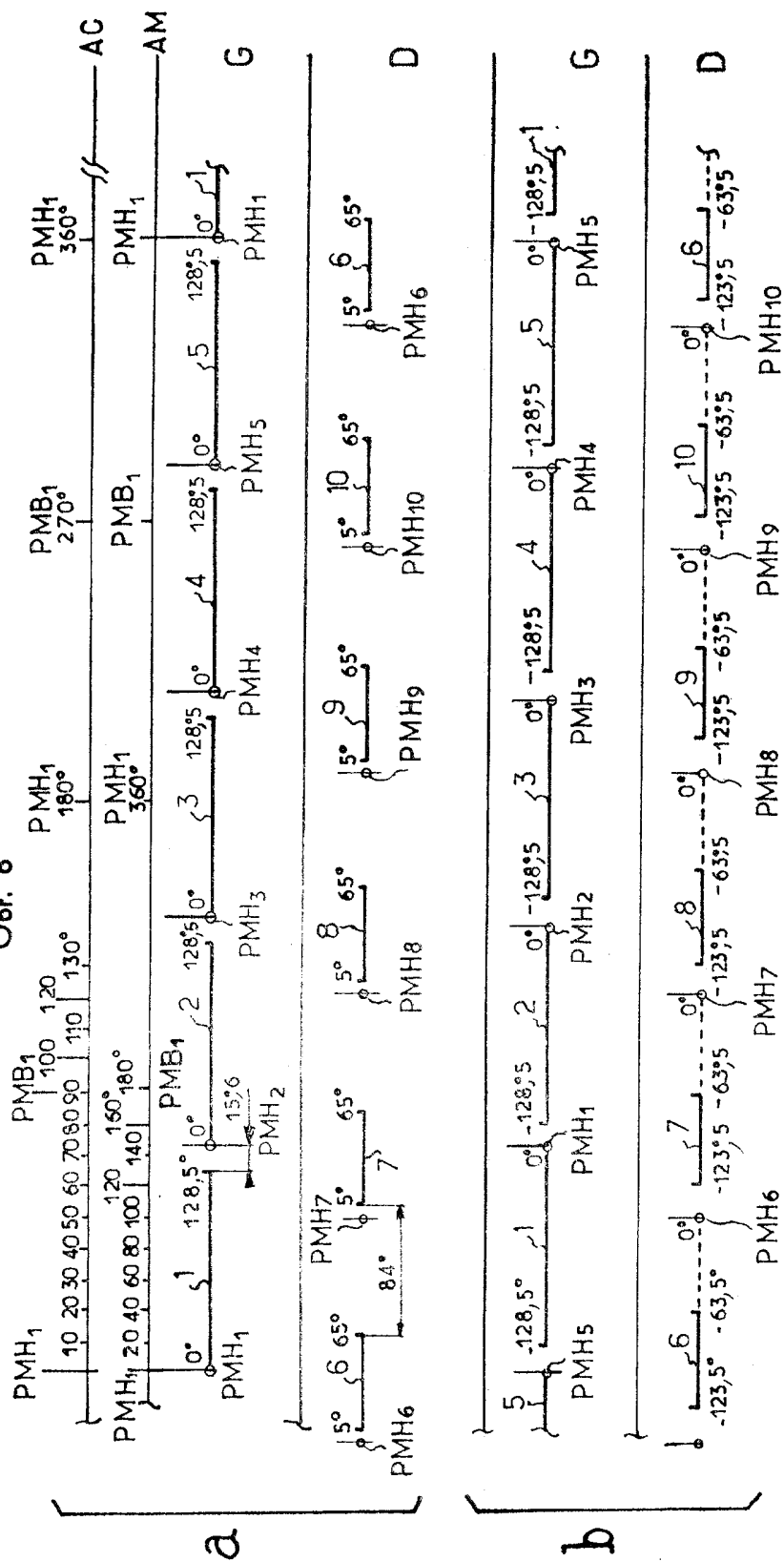
Obr. 3

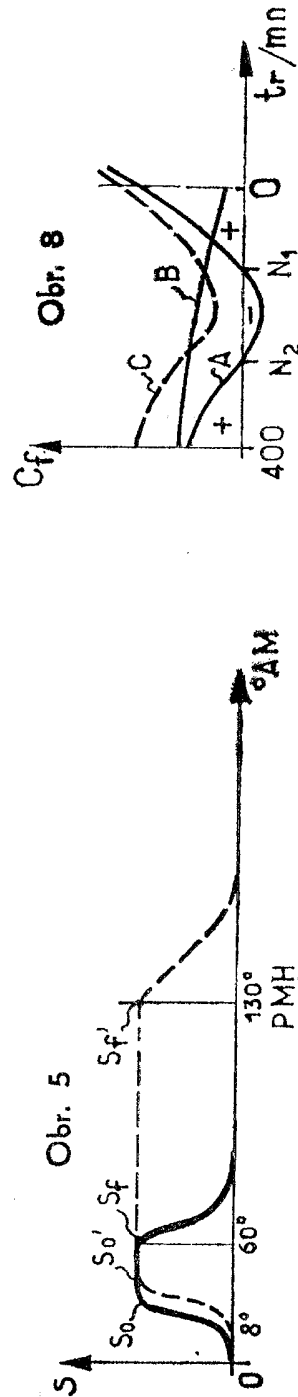
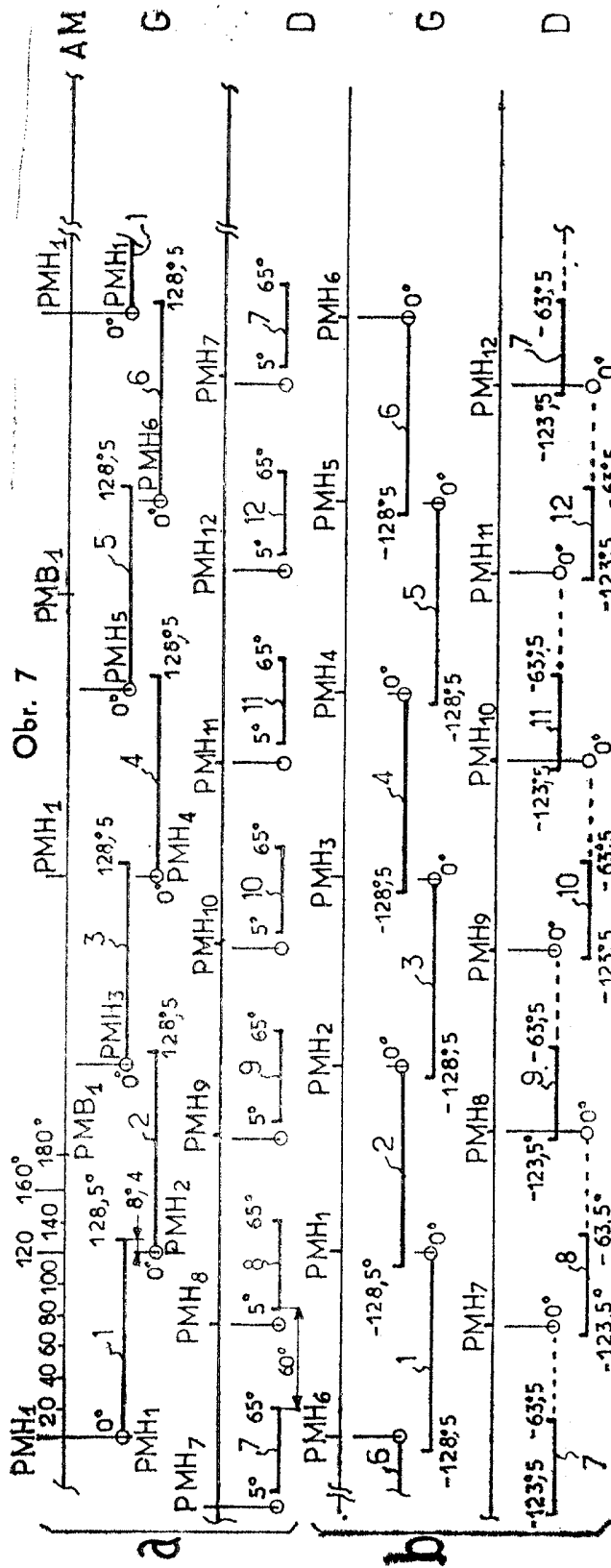


Obr. 4

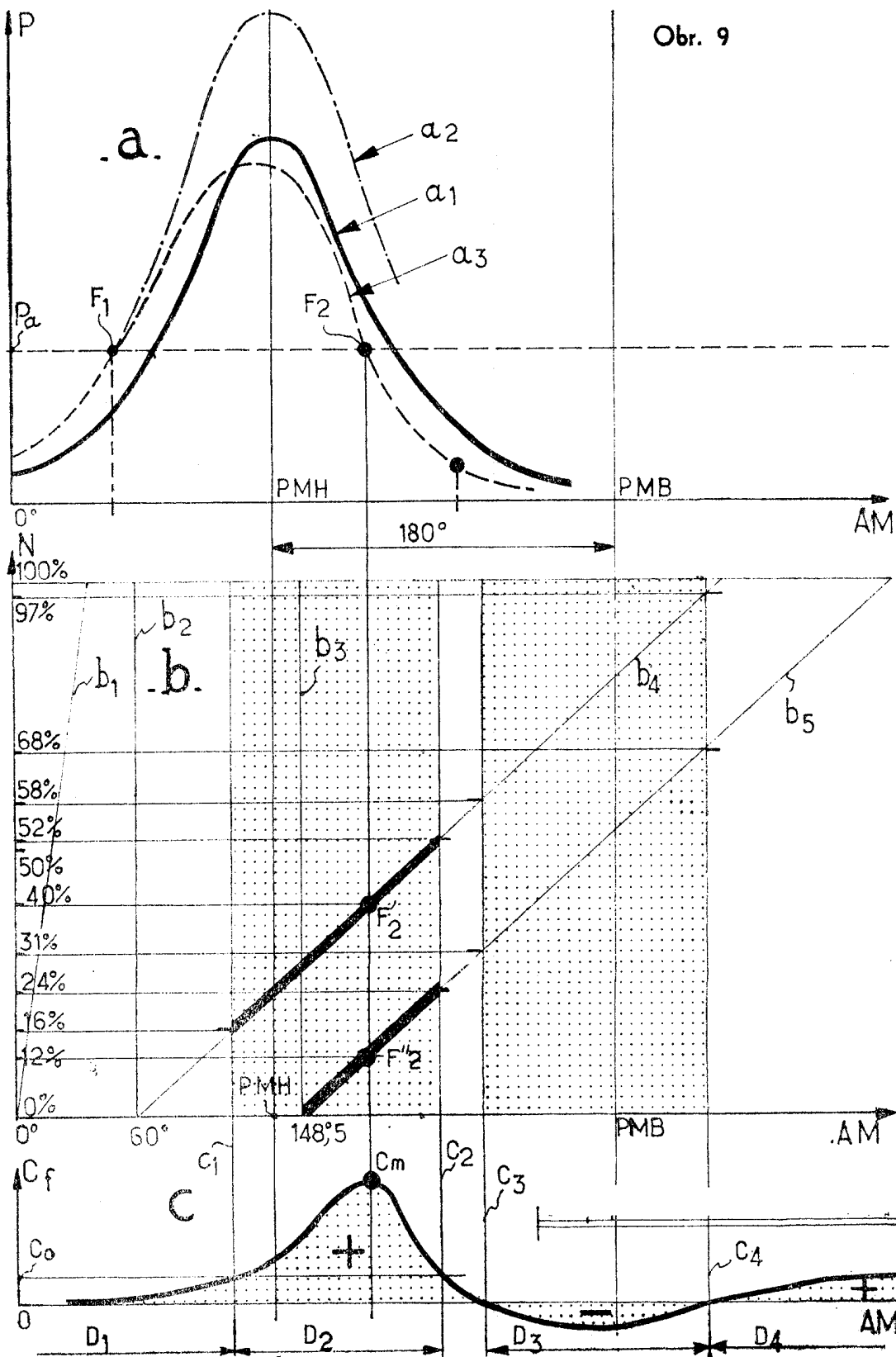


Obr. 6





Obr. 9



Obr. 10

