PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

294 974

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl. : [7]
G 01 M 15/00
G 01 L 3/00

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA

ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1998-3287**
(22) Přihlášeno: **20.03.1997**
(30) Právo přednosti: **15.04.1996 FR 1996/9604672**
(40) Zveřejněno: **15.09.1999**
(Věstník č. 09/1999)
(47) Uděleno: **24.02.05**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **13.04.2005**
(Věstník č. 4/2005)
(86) PCT číslo: **PCT/EP1997/001416**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 1997/039323**

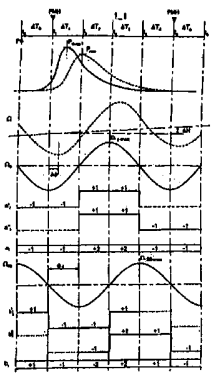
(73) Majitel patentu:
SIEMENS AUTOMOTIVE S. A., Toulouse Cédex, FR

(72) Původce:
Rossignol Alain, Toulouse, FR
Suquet Michel, Villeneuve-Tolosane, FR

(74) Zástupce:
Dr. Karel Čermák, Národní 32, Praha 1, 11000

(54) Název vynálezu:
Způsob vyhodnocení točivého momentu spalovacího motoru

(57) Anotace:
Podle vynálezu se určí pozorovací okénko vymezené úhlovými pozicemi předem determinovanými úhlovými pozicemi klikové hřídele pro každou fázi spalování směsi palivo/vzduch. Měří se série časových intervalů (ΔT_i) oddělujících průchody klikové hřídele předem určenými pozicemi v každém okénku. Dále se vypočítají dvě lineární kombinace ($\Sigma a_i \Delta T_i$) a ($\Sigma b_i \Delta T_i$) časových intervalů (ΔT_i), přičemž každý z koeficientů (a_i) a (b_i) těchto kombinací je zvolen pro zesílení variací střídavé složky úhlové rychlosti (Ω_i, Ω_2) klikové hřídele během měření příslušného časového intervalu (ΔT_i) příslušným pozorovacím okénkem během první i druhé funkce motoru, pro které byly pozorované střídavé složky (Ω_0, Ω_{90}) fázově posunuty jedna vzhledem k druhé o předem stanovený úhel (Φ_0). Nakonec se vyhodnotí točivý moment z hodnoty normy aplikované na dvě lineární kombinace.



CZ 294974 B6

Způsob vyhodnocení točivého momentu spalovacího motoru

Předmět vynálezu

Vynález se týká vyhodnocení točivého momentu spalovacího motoru zejména na základě pozorování variací rychlosti rotace klikové hřídele motoru.

Dosavadní stav techniky

Točivý moment spalovacího motoru je důležitým parametrem charakteristiky funkce a výkonu spalovacího motoru, zejména pro motorová vozidla. Přístroj zvané „měřiče točivého momentu" umožňují měřit točivý moment spalovacího motoru během zkoušek ve zkušebně. Není prakticky možné zabudovat takový přístroj do motorového vozidla, a to zejména z důvodu značných nákladů s tím spojených. Byly již navrženy různé způsoby vyhodnocení točivého momentu, a to měřením okamžité rychlosti motoru pomocí snímače instalovaného nyní v motorových vozidlech, jejichž motor je ovládán počítačem, který přijímá různé signály, mezi jiným i ze snímače rychlosti. V tomto ohledu je možno se odvolat na publikaci z r. 1989 W.B. RIBBENS a G. RIZZONI o názvu „ Applications of precise crankshaft position measurements for Engine testing, control and diagnosis" uvedenou pod č. SAE 890885 v publikacích „Society of Automotive Engineers" USA. Tato publikace popisuje způsob založený na maticových výpočtech měření okamžitých rychlostí každého cyklu motoru za účelem odvození absolutní hodnoty točivého momentu pro každý válec a zjištění nenormálních variací tohoto točivého momentu. Tyto výpočty jsou složité a navíc vyžadují výkonná výpočetní zařízení, která není v současné době možno umístit v motorovém vozidle. Navíc by podle uvedené publikace bylo možno použít tento způsob pouze v případě nižších otáček (méně než 3500 ot/min).

Další způsoby vyhodnocená točivého momentu jsou založeny na pozorování variací rychlosti motoru v časovém „horizontu", který zahrnuje řadu postupných fází spalování směsi palivo / vzduch v několika válcích motoru. Závada ve spalování, jako je např. selhání zapalování v jednom ze sledovaných válců, však podstatně narušuje celkové provedené pozorování, čímž ovšem zkresluje odvozené vyhodnocení.

Z přihlášky evropského patentu 532 419 přihlášené Régie Nationale des Usines Renault SA je znám způsob a zařízení pro dosažení representativní hodnoty průměrného točivého momentu při každém spalovacím cyklu ve válcích spalovacího motoru. Zařízení ke stanovení točivého momentu pro každý spalovací cyklus plynné směsi ve válcích spalovacího motoru umožňuje určit primární hodnotu trvání průtoku ryskami umístěnými na věnci setrvačníku nebo na klikové hřídeli motoru pomocí snímače. Tato primární hodnota se přemění na dvě sekundární hodnoty, a to hodnotu průměrné uhlíkové rychlosti rysek během spalovací periody resp. hodnotu projekce na referenční linii fáze rysek připadajících na úhlové periody spalování a hodnotou okamžité úhlové rychlosti rysek. Z těchto sekundárních hodnot se pak odvodí representativní hodnota příslušného točivého momentu.

Tento způsob umožňuje dosáhnout uspokojujícího výsledku v případě, že

1) „centrum spalování" nebo maximum tlaku ve válci při spalování zůstane v podstatě nastaveno na fixní úhlové pozici klikové hřídele a

2) průměrná rychlost motoru se v intervalu mezi dvěma horními úvratěmi pístu nijak značně nemění.

Na připojeném výkresu je znázorněn graf variací tlaku P ve válci, kde dochází ke spalování a odpovídajících variací úhlové rychlosti Ω mezi dvěma horními úvratěmi pístu, kterých se nás-

ledně po sobě dosáhne dvěma písty pohybujícími se ve dvou válcích motoru, např. u čtyřválcového motoru. Experimenty potvrdily, že při zvýšených otáčkách motoru, kdy je směs palivo / vzduch normálně bohatá, zůstává centrum tlaku $P_{0\,max}$ ve fixní pozici k horní úvrati pístu v první čtvrti úhlového intervalu oddělujícího dvě po sobě následující horní úvratě pístu. Odpovídající výkyvy úhlové rychlosti motoru jsou vyznačeny Ω_0 a vykazují maximum $\Omega_{0\,max}$ v podstatě na konci druhé čtvrti intervalu mezi horními úvratěmi pístu.

Jestliže je funkce motoru jiná, např. při nízkých otáčkách nebo při středních otáčkách motoru s méně bohatou směsí palivo / vzduch může se nevyšší tlak posunout o 45° úhlu rotace klikové hřídele (pozice P_{max}) k centru tlaku $P_{0\,max}$. Je možno pozorovat fázový posun odpovídající příslušné úhlové rychlosti Ω_{90}, která je fázově posunuta z $\pi/2$ vzhledem k převážně sinusoidním výkyvům rychlosti Ω_0 na frekvenci horních úvratí pístu.

Mimo tyto způsoby funkce motoru lze pozorovat fázový posun $\Delta\Phi$ veličiny Ω vzhledem k Ω_0 mezi 0 a $\pi/2$.

Vypočítaný algoritmus točivého momentu spalovacího motoru, který by nevzal v úvahu posun nejvyšší nebo maximální úhlové rychlosti klikové hřídele by neposkytl uspokojující vyhodnocení tohoto mementu při všech možných způsobech funkce motoru.

Podstata vynálezu

Vynález má za cíl vyvinout způsob vyhodnocení točivého momentu, který by byl spolehlivý při jakékoli funkci spalovacího motoru a při jakékoli četnosti variací průměrné rychlosti tohoto motoru.

Tohoto cíle vynálezu – stehně jako další, které budou zmíněny v popisu této přihlášky vynálezu – lze dosáhnout vyhodnocením točivého momentu spalovacího motoru odvozeném z variací rychlosti rotace klikové hřídele motoru. Tento způsob sestává

a) z určení pozorovacího okénka vymezeného předem determinovanými úhlovými pozicemi klikové hřídele pro každou fázi spalování směsi palivo / vzduch v každém z válců motoru,

b) z měření série časových odchylek ΔT_i oddělujících průchodky klikové hřídele předem určenými pozicemi v každém okénku,

c) ve výpočtu dvou lineárních kombinací $\Sigma a_i \Delta T_i$ a $\Sigma b_i \Delta T_i$ časových odchylek ΔT_i, při čemž každý z koeficientů a_i a b_i těchto kombinací je zvolen pro zesílení variací střídavé složky úhlové rychlosti klikové hřídele během měření příslušné časové odchylky ΔT_i příslušným pozorovacím okénkem během první i druhé funkce motoru, pro které byly pozorované střídavé složky fázově posunuty jedna vzhledem k druhé o předem stanovený úhel a

d) z vyhodnocení točivého momentu u hodnoty normy aplikované na dvě lineární kombinace a vztažené na třetí mocninu průměrné časové odchylky ΔT^3 v daném okénku.

Jak bude dále zmíněno, tento způsob umožňuje přesně vyhodnotit točivý moment spalovacího motoru ve všech jeho funkcích, ať při normálních otáčkách nebo vysokých otáčkách nebo i při nízkých otáčkách či při spalování málo bohaté směsi.

Přehled obrázků na výkresech

Další charakteristika a výhody vynálezu budou zřejmé z popisu, který dále následuje, jakož i z výkresu, na kterém jsou v jediném obrázku soustředěny všechny grafy znázorňující způsob vyhodnocení točivého momentu podle vynálezu.

Příklady provedení vynálezu

Obrázek zobrazuje postup založený v podstatě na pozorování účinků spalování směsi palivo / vzduch ve válci spalovacího motoru přu úhlové rychlosti Ω klikové hřídele motoru. Po zapálení plynné směsi dosáhne tlak ve válci motoru maxima $P_{0\,max}$ krátce po horní úvrati pístu při normálních nebo zvýšených otáčkách nebo maxima více či méně zpožděného vzhledem k $P_{0\,max}$ např. při nízkých otáčkách, jak bylo zmíněno v úvodu tohoto popisu. Poté dojde k expansi plynu ve válci do té doby, kdy další píst dosáhne své horní úvrati v cyklu funkce klasického čtyřválcového motoru. V zájmu jasnosti popisu je třeba uvést, že popisovaný příklad provedení, který zdaleka neomezuje rozsah vynálezu, se týká čtyřválcového spalovacího motoru.

Z obrázku vyplývá, že maxima úhlové rychlosti $\Omega_{0\,max}$ a $\Omega_{90\,max}$ odpovídající maximům tlaku $P_{0\,max}$ a P_{max} jsou v podstatě soustředěny na konci první čtvrti a v polovině časového intervalu, který odděluje dva po sobě jdoucí průchody pístu motoru horní úvratí. Na obrázku je rovněž znázorněno, že variace úhlové rychlosti klikové hřídele motoru je v podstatě sinusoidní o stejné frekvenci jako je frekvence následných průchodů válce motoru horní úvratí. Je zřejmé, že příčinou těchto variací je střídavá složka úhlové rychlosti motoru, která zahrnuje také setrvačnou složku. Tyto variace odpovídají variacím ΔN otáček N motoru, jak je znázorněno na obrázku variací sklonu osy křivky veličiny Ω.

Podle vynálezu se pro každou fázi spalování směsi palivo / vzduch v každém válci motoru definuje pozorovací okénko o šířce větší než je úhlový prostor oddělující dva po sobě jdoucí průchody dvou pístů horní úvratí tak, že umožní celkové pozorování fází zrychlení a zpomalení klikové hřídele, která jsou způsobena spalováním směsi palivo / vzduch v příslušném válci motoru. Toto pozorovací okénko však bude s výhodou menší nebo se bude rovnat jeden a půl násobku uvedeného úhlového prostoru. Definuje se 7 úhlových pozicí klikové hřídele dosažených postupně v dobách t_0 až t_6, při čemž tyto doby jsou odděleny časovými intervaly $\Delta T_i = t_{i+1} = (i = 0$ až $5)$. Sedm úhlových pozicí je od sebe vzdáleno o konstantní úhel. Mezi dvěma horními úvratěmi dochází tedy ke čtyřem časovým intervalům, jejichž rozhraní v podstatě spadá do charakteristických vlnových bodů, tedy maximálního, minimálního průchodu a nulového průchodu. První interval ΔT_0 a poslední interval ΔT_5 jsou umístěny v intervalu mezi horními úvratěmi pístu pozorovaných variací úhlové rychlosti.

Je třeba nyní poznamenat, že při měření časových intervalů ΔT_{n+1} a ΔT_n vymezených třemi stejně oddělenými úhlovými pozicemi a dosaženými v dobách t_{n-1}, t_n, t_{n+1}, pak je okamžitý točivý moment t_{n+1} určen takto:

$$C_{a+1} \cong J\,\alpha\,.\,1/\Delta T_n^{3}\,.\,(\Delta T_{n+1} - \Delta T_a) \qquad (1)$$

J je setrvačný moment točivé části motoru a α konstantní úhlový interval dvou následných úhlových pozic.

J a α jsou konstanty, existuje tedy proporcionální vztah mezi točivým momentem a veličinou $\Sigma/\Delta T^3$, kde $\Sigma = \Delta T_{n+1} - \Delta T_n$ je lineární kombinace měřených časových intervalů a ΔT^3 je třetí mocnina průměrného měřeného časového intervalu, při čemž ΔT_n se blíží ΔT_{n+1} při pozorování časových intervalů ve stejném pozorovacím okénku.

Podle vynálezu se vyhodnotí točivý moment na základě proporcionality stejného typu takovým vztahem a točivým momentem, při čemž výraz Σ vstupující do vztahu je modifikován, aby se zajistilo přesné vyhodnocení točivého momentu, ať je funkce motoru jakákoliv. Za tímto účelem musí tento výraz brát v úvahu eventuelní prostorovou úchylku formy vlny variace úhlové rychlosti, jež může zaujmout jakoukoli pozici jednou nebo druhou z pozic znázorněných na výkresech u křivek Ω_0 a Ω_{90}.

Podle vynálezu se vypočítají dvě lineární kombinace $\Sigma a_i.\Delta T_i$ a $\Sigma b_i.\Delta T_i$ časových intervalech ΔT_i. Koeficienty a_i a b_i jsou korelovány s variacemi úhlových rychlostí Ω_0 a Ω_{90} tak, že se v pozorovacím okénku zesílí variace střídavé složky pozorované úhlové rychlosti klikové hřídele na straně jedné při pevním způsobu funkce motoru o konstantních otáčkách, u kterého nejvyšší bod spalování zaujímá nejpravděpodobnější pozici a na druhé straně při druhém způsobu funkce, kde je úhlová rychlost fázově posunuta na rozdíl od prvního způsobu funkce o předem určený úhel Φ_0.

První lineární kombinace umožňuje dosáhnout „projekce“ variací rychlosti Ω podél „osy“ fáze křivky Ω_0.

Druhá lineární kombinace realizuje podobnou projekci na ose fáze křivky představující fázově posunutou rychlost.

S výhodou se zvolí fázový posun Φ_0 o velikosti: $\pi/2$. Po výpočtu hodnot dvou lineárních kombinací $\Sigma a_i \Delta T_i$ a $\Sigma b_i \Delta T_i$ je možno aplikovat na tyto hodnoty jednoduchou euklidovskou nebo kvadratickou normu:

$$[(\Sigma a_i.\Delta T_i)^2 + (\Sigma b_i.\Delta T_i)^2]^{1/2}$$

a zavést takto vypočtenou normu do výrazu typu výrazu (1) výše uvedeného, kde nahradí lineární kombinaci $(\Delta T_{n+1} - \Delta T_a)$ a odvodit vyhodnocení okamžitého točivého momentu motoru.

Přesto lze fázový posun Φ_0 zvolit odlišně od $\pi/2$, zejména když rysky na věnci setrvačníku neumožňují regulovat fázový posun na $\pi/2$. V tomto případě má výpočetní norma poněkud složitější formu:

$$[(\Sigma a_i.\Delta T_i)^2 + (\Sigma b_i.\Delta T_i)^2 + 2\Sigma a_i \Delta T_i.\Sigma b_i \Delta T_i \cos\Phi_0]^{1/2}$$

Jako nikterak omezující příklad bude nyní popsán způsob výpočtu koeficientů a_i a b_i vyskytujících se ve výše uvedených normách.

Předem je nutno poznamenat, že jestliže se zanedbá variace ΔN otáček motoru odpovídající variacím průměrné úhlové rychlosti motoru, stačí pozorovat variace okamžité úhlové rychlosti mezi dvěma horním úvratěmi pístu, tedy při jediném spalování, aby bylo možno vyhodnotit otáčivý moment motoru vyvolaný tímto spalováním. V příkladu na obrázku je možné se omezit na lineární kombinaci o čtyřech koeficientech působících na délku časových intervalů ΔT_i měřených mezi dobami t_1 a t_5 pro zesílení variace rychlosti v rozpětí mezi maximem a minimem v redukovaném pozorovacím okénku (t_1, t_5) odpovídající jednomu intervalu mezi dvěma horními úvratěmi pístu a jedním spalováním, při čemž se zcela zanedbá setrvačná složka (průměrné otáčky N motoru).

Zvolí se tedy koeficienty a_i (nebo b_i) alternativně pozitivní (např. +1) nebo negativní (např. –1) podle okamžité rychlosti Ω nad nebo pod průměrnou rychlostí. Podle vynálezu se zvolí a_i (nebo b_i) tak, že Σa_i (nebo Σb_i) bude nula, aby se vyloučil vliv setrvačné složky.

Podle výhodného provedení vynálezu se za účelem vyloučení vlivu variace ΔN průměrné rychlosti (nebo otáček N), jak je znázorněno na obrázku pro křivku Ω, zvolí pozorovací okénko (t_0, t_6)

zvětšené o jeden a půl násobek periody průchodu horních úvratí pístu, při čemž je toto okénko umístěno na střed (t_3) intervalu mezi dvěma po sobě následujícími horními úvratěmi pístu. Každý z koeficientů a_i, b_i se definuje jako součet dvou koeficientů jako $a_i = a'_i + a''_i$ a $b_i = b'_i + b''_i$. Koeficienty a'_i a b'_i jsou definovány čtyřmi časovými intervaly ΔT_i v intervalu (t_0, t_4), zatímco koeficienty a''_i a b''_i jsou definovány čtyřmi časovými intervaly v intervalu (t_2, t_6), při čemž tyto intervaly trvají v podstatě stejnou dobu jako interval mezi dvěma následnými horními úvratěmi pístu. Součty $\Sigma a'_i$, $\Sigma a''_i$, $\Sigma b'_i$ a $\Sigma b''_i$ jsou nulové v souladu s tím, co bylo výše zmíněno, aby se tak vyloučil vliv setrvačné složky.

Vliv variace ΔN na první kombinaci $\Sigma a'_i \Delta T_i$ je stejný ve druhé kombinaci $\Sigma a''_i \Delta T_i$, s opačným znaménkem, jelikož v okénku (t_2, t_6) je variace Ω_0 ve fázové opozici k variace pozorované v okénku (t_0, t_4). Tyto vlivy se eliminují součty $a_i = a'_i + a''_i$ realizovanými pro odpovídající časové intervaly ΔT. Stejně tomu je u koeficientů b_i lineární kombinace $\Sigma b_i \Delta T_i$, zvolenými takovým způsobem, aby se zajistilo stejné zesílení jako u kombinace $\Sigma a_i \Delta T_i$.

Z toho vyplývá vyloučení vlivu variace ΔN otáček N motoru tím, že se rozloží každý koeficient a_i, b_i do součtu dvou koeficientů $a'_i + a''_i$, $b'_i + b''_i$ a posloupnosti koeficientů a'_i, a''_i, b'_i, b''_i dávají nulový součet, pak se posloupnosti každého páru koeficientů (a'_i, a''_i, b'_i, b''_i) odečítají jeden od druhého anulováním, při čemž v každé posloupnosti jsou koeficienty přidruženy k časovými intervalům symetrickým s časovými intervaly druhé posloupnosti se zřetelem na střední dobu t_3 pozorovacího okénka (t_0, t_6).

Na připojeném obrázku je znázorněn způsob výpočtu koeficientů a_i, b_i, ovšem pouze jako příklad nikterak omezující, jelikož průměrný odborník může podle vynálezu použít jiný způsob výpočtu.

U koeficientů a_i se vychází ze dvou forem pravoúhlých vln a'_i, a''_i, které sledují úhlovou rychlost Ω_0 na intervalech (t_0, t_4) a (t_2, t_6), při čemž tyto formy vlny variují mezi úrovněmi – 1a + 1. Každá forma vlny sleduje úhlovou rychlost ve čtyřech časových intervalech. Jestliže se sečtou pro každý interval ΔT_i úrovně dosažené dvěma formami vlny, získá se série koeficientů a_i na linii a_i na obrázku 1, tedy:

$$a_0 = -1,\ a_1 = -1,\ a_2 = +2,\ a_3 = +2,\ a_4 = -1,\ a_5 = -1.$$

Jestliže se postupuje stejně u koeficientu $b_i = b'_i + b''_i$, pak je výsledek:

$$b_0 = +1,\ b_1 = -1,\ b_2 = -2,\ b_3 = +2,\ b_4 = +1,\ b_5 = -1.$$

Na základě popsaného vynálezu se zavádí vliv významných časových intervalů ΔT_i do výpočtu točivého momentu, ať je pozice formy vlny úhlové rychlosti v pozorovacím okénku jakákoliv. Jestliže se blíží křivce Ω_0, pak ji ovlivňuje součet $\Sigma a_i \Delta T_i$ a $\Sigma b_i \Delta T_i$ je minimalizována koeficienty b_i. Jestliže se forma vlny posune ke křivce Ω_{90}, je možno pozorovat opačný jev. Ať je funkce motoru jakákoliv, významná lineární kombinace se zavádí do výpočtu točivého momentu.

Uplatnění způsobu vyhodnocení točivého momentu podle vynálezu přímo v automobilu nevyžaduje žádný výpočetní prostředek než ten, který je normálně používán pro elektronické ovládání řídicích parametrů motoru jako je doba vstřiku nebo úhel předstihu spalování. Elektronická počítač užívaný obvykle za tímto účelem přijímá signál z různých snímačů a zejména ze snímače citlivého na posun zubů na obvod kola výstupní hřídele motoru; počítač analyzuje signály dodávané tímto snímačem za účelem určení úhlové pozice klikové hřídele motoru v každém okamžiku a tedy fázování různých válců motoru. Tyto signály a vhodný program umožňují počítači vyhodnocovat točivý moment podle vynálezu, což vznáší požadavek pouze na program počítače a představuje zvláště ekonomicky výhodné řešení, které lze aplikovat ve velkém rozsahu v automobilovém průmyslu.

Mimo hlavní výhodu vynálezu, která spočívá ve spolehlivém stálém vyhodnocování točivého momentu motoru, ať je jeho funkce jakákoliv, a to včetně rychlých variací průměrné úhlové rychlosti hřídele v intervalu mezi dvěma horními úvratěmi pístu, je možno zaznamenat, že provedené vyhodnocení působí jen na zrychlení a zpomalení v důsledku spalování směsi palivo / vzduch v jednom z válců motoru. Podle dosavadní techniky použité pozorovací okénko zahrnovalo neustále několik po sobě jdoucích spalování, jejichž účinky se vzájemně maskovaly, což nepříznivě ovlivnilo vyhodnocení točivého momentu motoru.

Vynález není samozřejmě omezen na popsaný a znázorněná způsob provedení, který vyl uveden pouze jako příklad. Vynález tedy není omezen na uplatnění u čtyřválcového motoru a může být přizpůsoben bez potíží průměrným odborníkem např. i na pěti- nebo šestiválcový motor.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob vyhodnocení točivého momentu spalovacího motoru z variací rychlosti rotace klikové hřídele motoru, který se vyznačuje po sobě následujícími kroky

a) z určení pozorovacího okénka vymezeného předem determinovanými úhlovými pozicemi klikové hřídele pro každou fázi spalování směsi palivo / vzduch v každém z válců motoru,

b) z měření série časových intervalů ΔT_i oddělujících průchody klikové hřídele předem určenými pozicemi v každém okénku,

c) ve výpočtu dvou lineárních kombinací $\Sigma a_i \Delta T_i$ a $\Sigma b_i \Delta T_i$ časových odchylek ΔT_i, při čemž každý z koeficientů a_i a b_i těchto kombinací je zvolen pro zesílení variací střídavé složky úhlové rychlosti klikové hřídele během měření příslušného časového intervalu ΔT_i daným pozorovacím okénkem při první i druhé funkci motoru, pro které byly pozorované střídavé složky fázově posunuty jedna vzhledem k druhé o předem daný úhel a

d) z vyhodnocení točivého momentu z hodnoty normy aplikované na dvě lineární kombinace a vztažené na třetí mocninu průměrné časové odchylky ΔT^3 v předem daném okénku.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačený tím**, že první funkce motoru při v podstatě konstantních otáčkách dosahuje vrcholu spalování v pozici nejpravděpodobnější.

3. Způsob podle nároku 2, **vyznačený tím**, že druhá funkce motoru vykazuje vrchol spalování fázově posunutý o $\Phi_0 = 90°$ vzhledem k první funkci.

4. Způsob podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačený tím**, že definuje pozorovací okénko pokrývající úhlový prostor oddělující dva po sobě následující horní úvratě pístu dvou válců motoru, při čemž okénko přesahuje na obou stranách úhlový prostor tak, že jeho šířka je menší nebo se rovná jeden a půl násobku úhlového prostoru.

5. Způsob podle nároku 4 uplatněný u čtyřválcového motoru, **vyznačený tím**, že časové intervaly (ΔT_i) odpovídají konstantnímu úhlovému intervalu (α) rovnajícímu se čtvrtině úhlového prostoru oddělujícího dvě horní úvratě následující po sobě, při čemž pozorovací okénko pokrývá šest úhlových intervalů.

6. Způsob podle nároku 5, **vyznačený tím**, že meze různých následných úhlových intervalů se kryjí s charakteristickými body formy vlny střídavé složky (Ω_0, Ω_{90}) úhlové rychlosti motoru mezi dvěma horními úvratěmi po sobě následujícími.

7. Způsob podle nároku 6, **vyznačený tím**, že charakteristické body jsou zvoleny z maxima, minima a z nulových průchodů.

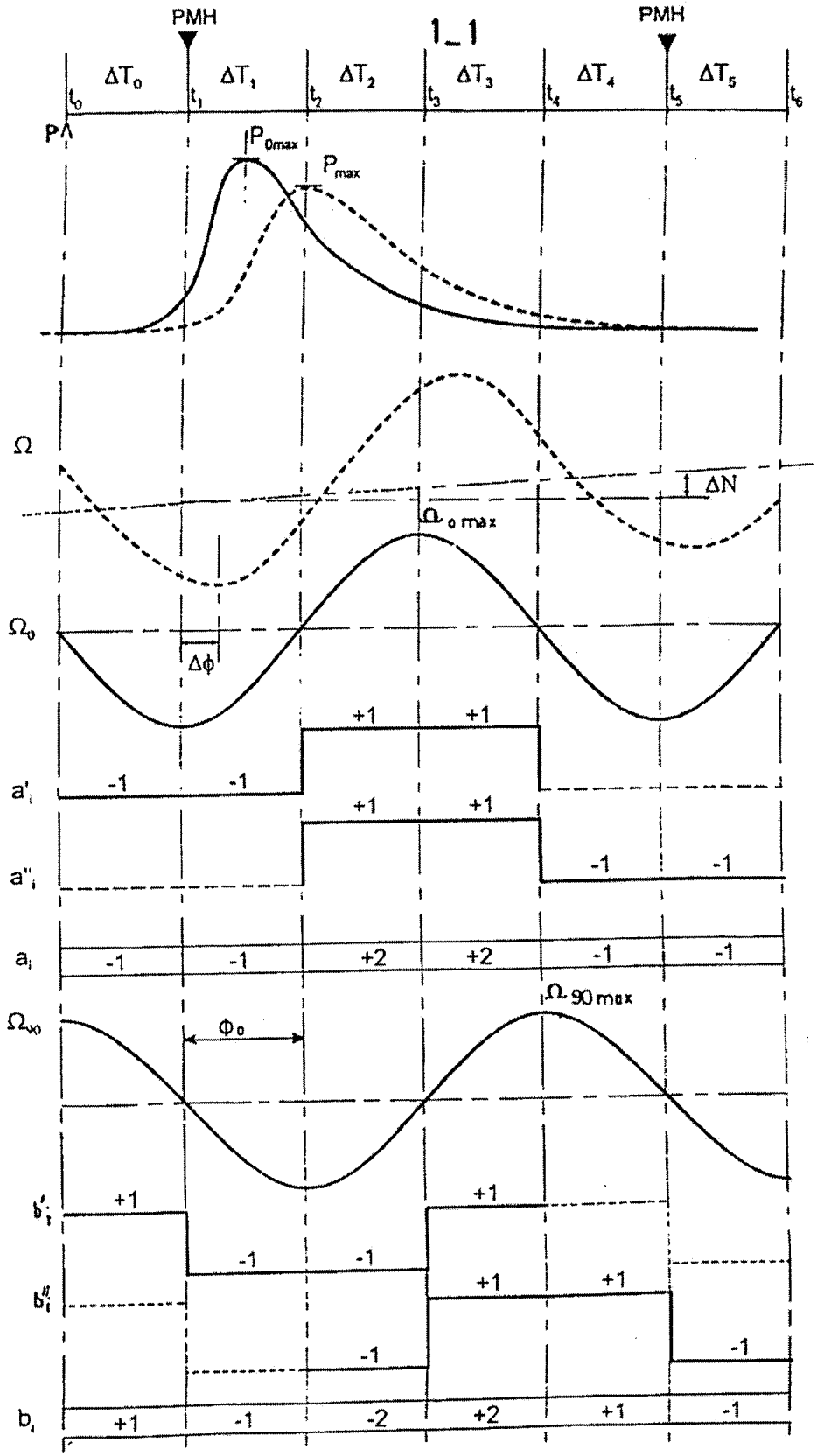
8. Způsob podle nároku 7, **vyznačený tím**, že se vyloučí vliv setrvačné složky úhlové rychlosti (Ω) motoru výběrem koeficientů (a_i) a (b_i) tak, že součty (Σa_i a Σb_i) jsou nulové.

9. Způsob podle nároku 8, **vyznačený tím**, že se vyloučí vliv variace (ΔN) otáček (N) motoru rozložením každého koeficientu (a_i, b_i) do součtu dvou koeficientů ($a'_i + a''_i$; $b'_i + b''_i$) a posloupnosti koeficientů a'_i, a''_i, b'_i, b''_i dávají nulový součet, pak se posloupnosti každého páru koeficientů (a'_i, a''_i; b'_i, b''_i) odečítají jeden od druhého anulováním, při čemž v každé posloupnosti jsou koeficienty přidruženy k časovým intervalům symetrickým s časovými intervaly druhé posloupnosti se zřetelem na střední dobu (t_3) pozorovacího okénka (t_0, t_6).

10. Způsob podle nároku 9, **vyznačený tím**, že koeficienty (a_i) jsou $a_0 = -1$, $a_1 = -1$, $a_2 = +2$, $a_3 = +2$, $a_4 = -1$, $a_5 = -1$ a že koeficienty (b_i) jsou $b_0 = +1$, $b_1 = -1$, $b_2 = -2$, $b_3 = +2$, $b_4 = +1$, $b_5 = -1$.

11. Způsob podle kteréhokoli z předchozích nároků, **vyznačený tím**, že se na lineární kombinace ($\Sigma a_i \Delta Ti$) a ($\Sigma b_i \Delta Ti$) aplikuje euklidovská norma.

1 výkres



Konec dokumentu