



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENÍU

264 823

(11) (B1)
[13]

(51) Int. Cl.⁴
F 16 F 15/30

(22) Prihlášené 27 11 86

(21) PV 8716-86.H

(40) Zverejnené 15 12 88

(45) Vydané 15 12 89

(75)

Autor vynálezu

ONDZIK JÁN ing., CSC., NITRA, NOVÁK JAROSLAV ing. CSC., BRNO

(54) **Zotrvačník s premenným hmotovým momentom zotrvačnosti**

(57) Riešenie sa týka vytvorenia prídavného mechanizmu k zvýšeniu momentu zotrvačnosti u piestových spaľovacích motorov pracujúcich v nestacionárnych režimoch. Podstata riešenia spočíva v tom, že na hriđeli prenášajúcom krútiaci moment a nesúcom spojku je v odstupe a rovnobežne so základnou časťou zotrvačníka usporiadaný otočne prídavný kotúč, pričom na základnej časti sú rovnomerne od osi otáčania nosné čapy, na ktorých sú otočne uložené páky so závažím na konci a uprostred opatrené unášacími čapmi, ktorých konce zasahujú do pozdĺžnych otvorov, vytvorených diagonálne v prídavnom kotúči. V základnej časti zotrvačníka sú operky a v prídavnom kotúči výstupky, medzi ktorými sú symetricky po obvode uložené tlačné pružiny.

Vynález sa týka zotrvačníka s premenným hmotovým momentom zotrvačnosti pre piestové spaľovacie motory pracujúce v nestacionárnych režimoch.

V náhodne premenených prevádzkových podmienkach motory poľnohospodárskych a lesných traktorov, zemných a ďalších samohybných strojov vzhľadom k tomu, že vonkajšie zaťaženie má nestacionárny charakter, viac ako 90 % časového fondu pracujú v nestacionárnych režimoch. V závislosti od dynamiky zmien vonkajšieho zaťaženia a na nej závislej dynamike procesu regulácie nestacionárne režimy môžu byť prechodné alebo neustálené. Prechodné režimy sú charakterizované prechodom motora z jedného ustáleného alebo neustáleného režimu do druhého pri špecifickom pôsobení zaťaženia s väčšou periódou zmien. Neustálené režimy sú vyvolané periodickými zmenami vonkajšieho zaťaženia, resp. momentu odporu M_0 okolo určitej strednej hodnoty. Periodické zmeny M_0 pri prechodných a neustálených režimoch vyvolávajú kolísanie otáčok motora i otáčok ústrojenstva prenosu momentu a tým aj kolísanie pojazdovej rýchlosti strojovej súpravy, čo vedie k vzniku a pôsobeniu premenných zotrvačných zaťažení. S kolísaním otáčok motora dochádza k zhoršeniu procesov plnenia, tvorby zmesi, spaľovania i procesu regulácie motora. V dôsledku uvedeného sa výkon motora znižuje až o 30 % a spotreba paliva zvyšuje až o 13 %.

Doteraz známe vyhotovenia zotrvačníka piestových spaľovacích motorov, pokiaľ ide o jeho tvar, veľkosť i moment zotrvačnosti vychádzajú z dovolenej nerovnomernosti chodu motora a z maximálneho prebytku práce, pričom sa berie do úvahy ľahké spúšťanie motora, plynulý rozbeh vozidla či súpravy, menej už kvalita regulácie a vyrovnanie náhlych periodických zmien zaťaženia.

Piestové spaľovacie motory, ktoré pracujú v kvazistacionárnych režimoch, vynikajú vysokou akceleráciou a hospodárnosťou prevádzky v dôsledku nízkych strát z ľahkých pohyblivých častí kľukového ústrojenstva a zotrvačníka s menším momentom zotrvačnosti. Piestové spaľovacie motory, ktoré pracujú v nestacionárnych režimoch, vyžadujú obrátený prístup k ich vyhotoveniu, podmienený potrebou získať čo najväčšie zotrvačné momenty rotujúcich častí kľukového ústrojenstva, najmä zotrvačníka a väčšiu necitlivosť regulácie pri dodržaní stability a periodickej regulácie s ohľadom na dynamiku zmien zaťaženia. Takýto prístup sa doteraz neberie do úvahy, čo vedie k vyššie popísaným negatívnym dôsledkom a nízkej efektívnosti premeny energie vôbec.

Vplyv uvádzaných nedostatkov piestových spaľovacích motorov pracujúcich v nestacionárnych režimoch podstatne obmedzí zotrvačník s premenným hmotovým momentom zotrvačnosti podľa vynálezu. Jeho podstata spočíva v tom, že na kľukovom hriadeľi prenášajúcom moment je v odstupu a rovnobežne so základnou časťou zotrvačníka so spojkou usporiadaný otočne prídavný kotúč, pričom na základnej časti sú rovnomerne od osi otáčania excentricky umiestnené zo strany motora nosné čapy, na ktorých sú otočne uložené páky so závažiami na koncoch a uprostred opatrené unášacími čapmi, ktorých konce zasahujú do pozdĺžnych otvorov vytvorených diagonálne v prídavnom kotúči. V základnej časti zotrvačníka sú operky a na prídavnom kotúči výstupky, medzi ktorými sú symetricky po obvode uložené pružiny.

Výhody zotrvačníka s premenným hmotovým momentom zotrvačnosti podľa vynálezu sú v tom, že umožňuje podstatné zvýšenie momentu zotrvačnosti motora v okamžikoch, keď je najviac potrebný na rýchlejšie prekonanie zvýšeného momentu odporu a pri poklese momentu odporu rýchlejšie zvyšuje frekvenciu otáčania kľukového hriadeľa, čím motor získava vyššiu prispôsobivosť zaťaženiu pri zníženej nerovnomernosti chodu. Následne sa skracuje čas, zlepšuje kvalita a dynamická stabilita regulácie motora. V súhrne v porovnaní s doteraz známymi vyhotoveniami zotrvačníkov, zotrvačník podľa vynálezu zvyšuje výkon motora, znižuje spotrebu paliva a v dôsledku menšieho kolísania pojazdovej rýchlosti strojových súprav zlepšuje kvalitu technologických procesov za efektívnejšej premeny energie.

Vynález je bližšie konštrukčne a funkčne objasnený na príklade jeho prevedenia, kde na obr. 2 je schéma bočného pohľadu na zotrvačník a na obr. 1 schéma osového rezu.

Zotrvačník s premenným hmotovým momentom zotrvačnosti podľa vynálezu pozostáva zo základnej časti 1 zotrvačníka so spojkou upevnených na kľukovom hriadeľi a na ňom je v odstupe a rovnobežne so základnou časťou 1 zotrvačníka usporiadaný otočne prídavný kotúč 2, pričom na základnej časti 1 sú po obvode rovnomerne od osi otáčania excentricky umiestnené zo strany motora nosné čapy 3, na ktorých sú otočne uložené páky 5 so závažiami 6 na koncoch a uprostred opatrené unášacími čapmi 4, ktorých konce zasahujú do pozdĺžnych otvorov 7, vytvorených diagonálne v prídavnom kotúči 2. V základnej časti 1 zotrvačníka sú operky 9 a na prídavnom kotúči 2 výstupky 10, medzi ktorými sú symetricky po obvode uložené pružiny 8. Vzájomná poloha základnej časti 1 zotrvačníka, prídavného kotúča 2, pák 5 so závažiami 6 je viazaná a udržiavaná pružinami 8 tak, aby prídavný kotúč 2 mohol vykývnuť o uhol α a páky 5 so závažiami 6 o uhol ω , pričom dĺžka A pružín 8 pred vykývnutím sa skráti na dĺžku B po ich stlačení.

Funkcia zotrvačníka s premenným hmotovým momentom zotrvačnosti podľa vynálezu je založená na tom, že kľukový mechanizmus piestového spaľovacieho motora a ďalšie členy traktora či vozidla s ním spojené tvoria sústavu hmotných torzne pružných telies, prenášajúcich časovo premenný točivý moment M_t , vyvolaný pracovným obehom a zotrvačnými účinkami kľukového mechanizmu, hlavne zotrvačníka, redukovanými ku kľukovému hriadeľu na jednej strane a na druhej strane časovo premenlivý M_o a zotrvačné účinky posuvných a rotačných hmôt traktora či vozidla i pracovného stroja redukovanými taktiež ku kľukovému hriadeľu.

Ak opísanú reálnu viachmotovú sústavu nahradíme ekvivalentným dynamickým modelom, kde kinetickú energiu E_k jednotlivých hmôt nahradíme rovnako veľkou E_k hmoty príslušného zotrvačníka, potom pri zanedbaní účinkov pružných elementov, torzného kmitania a ďalších zjednodušení možno napísať rovnicu dynamickej rovnováhy v tvare

$$M_t \pm I_m \frac{d\omega}{dt} = M_o \pm I_a \frac{d\omega}{dt}$$

Vo vzťahu M_t a M_o sú okamžité hodnoty točivých momentov, I_m hmotový moment zotrvačnosti motora a I_a hmotový moment zotrvačnosti traktora či vozidla a pracovného stroja. Trecie a iné stratové momenty sú zanedbané.

Zotrvačník s premenným hmotovým momentom zotrvačnosti podľa vynálezu pri prebytku M_t akumuluje energiu a prebytku M_o chýbajúcu energiu dodáva, pričom pôsobí vždy proti zmenám uhlovej rýchlosti ω . Pri časovom vzraste M_o o určitú hodnotu najprv okamžite vznikom a pôsobením odstredivej sily reaguje zotrvačník podľa vynálezu vykývnutím pák 5 so závažiami 6, t.j. zvýšením momentu zotrvačnosti pri relatívne menšom znížení ω a až s istým mizivo krátkym oneskorením zasahuje regulátor. Keď aplikujeme zákon o zachovaní energie platí:

$$E_k = \frac{1}{2} (I_z + \Delta I_z) \cdot \omega^2 - \omega_1^2$$

Vo vzťahu I_z je moment zotrvačnosti zotrvačníka v základnej polohe ΔI_z prírastok momentu zotrvačnosti a ω_1 relatívny pokles uhlovej rýchlosti. Je preukázané, že v danom prípade sa zotrvačník s premenným hmotovým momentom zotrvačnosti podľa vynálezu chová tak, ako klasický zotrvačník s väčším momentom zotrvačnosti a teda aj menším poklesom uhlovej rýchlosti.

Činnosť zotrvačníka s premenným momentom zotrvačnosti je nasledovná. Za rozbehu a rovnomernej frekvencie otáčania hriadeľa budú zotrvačnou silou, trením a napätím tlačných pružín 8 páky 5 so závažiami 6 udržiavané na minimálnej vzdialenosti R od osi kľukového hriadeľa. Pri vzraste M_o dôjde k zníženiu uhlovej rýchlosti ω a pôsobením zotrvačnej sily páky 5 so závažiami 6 vykývnu v smere ω , čím relatívne natočia základnú časť 1 zotrvačníka a prídavný kotúč 2 proti sebe a stlačia pružiny 8. Vykývnutím pák 5 sa závažia 6 dostanú na väčšiu vzdialenosť R + L od osi rotácie, čím sa zväčší moment zotrvačnosti sústavy a vzrastajúci M_o sa rýchlejšie prekoná, čo analogicky vedie k menšiemu poklesu frekvencie otáčania hriadeľa voči doteraz užívanému zotrvačníku a regulačný proces prebehne za kratšiu dobu. Pri následnom poklese M_o a zvýšení frekvencie otáčania hriadeľa tlačné pružiny 8 relatívne natočia základnú

časť 1 a prítlačný kotúč 2 proti sebe a proti smeru ω za súčasného rýchlejšieho vzrastu frekvencie otáčania hriadeľa a zníženia momentu zotrvačnosti sústavy. Opísaný proces v závislosti od veľkosti a priebehu M_0 sa s rôznou intenzitou opakuje.

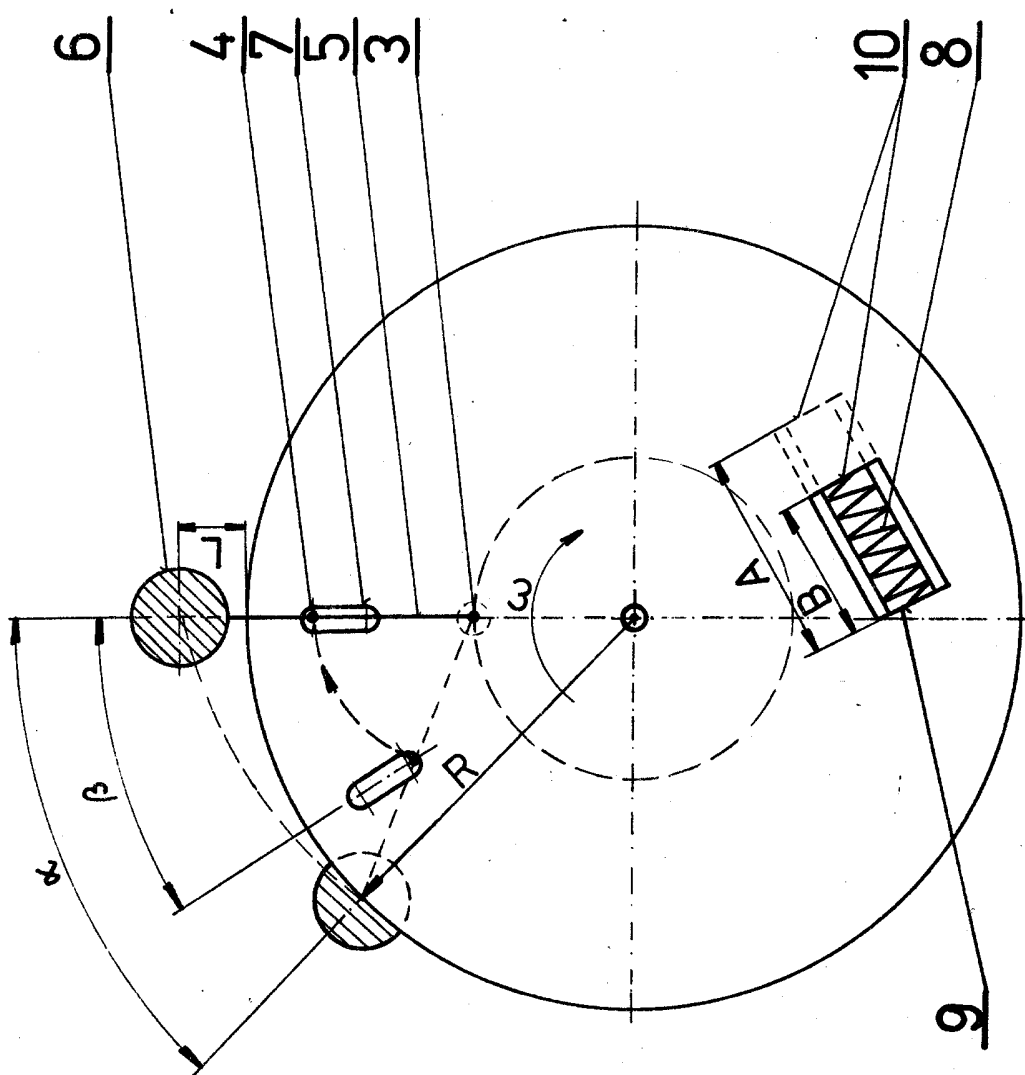
Hlavné výhody zotrvačníka motora s premenným momentom zotrvačnosti podľa vynálezu sú v tom, že pri jeho optimálnom vyhotovení v závislosti od excentricity nosných čapov 3, dĺžky pák 5, veľkosti závaží 6 a parametrov tlačných pružín 8 i vzdialenosti unášacích čapov 4 a pomeru delenia hmotnosti medzi základnú časť 1 zotrvačníka a páky 5 so závažiami 6, umožní podstatné zvýšenie momentu zotrvačnosti a to v čase, keď je najviac potrebný na prekonanie vzrastajúceho M_0 na jednej strane, alebo podstatné zmenšenie tvaru a veľkosti základnej časti 1 v prospech pák 5 so závažiami 6 pri zachovaní pôvodného momentu zotrvačnosti na druhej strane. Ďalej umožní podstatne rýchlejšie prekonávanie vzrastajúceho M_0 a pri jeho poklese podstatne rýchlejšie zvyšuje frekvenciu otáčania hriadeľa, čím motor získava podstatne vyššiu prispôsobivosť zaťaženiu. Následne sa zlepšuje a skracuje proces regulácie motora i jeho kvalita a dynamická stabilita. Popisované vyhotovenie zotrvačníka motora s premenným momentom zotrvačnosti je tiež unikátnym eliminátorom torzného kmitania hriadeľa, resp. sústavy. Okrem toho znižuje nerovnomernosť chodu motora a v súhrne zvyšuje výkon motora, znižuje spotrebu paliva a návazne s tým zlepšuje kvalitu technologického procesu či prevádzky za efektívnejšej premeny energie.

Zotrvačník s premenným momentom zotrvačnosti je možné využiť predovšetkým u piestových spaľovacích motorov pracujúcich v nestacionárnych režimoch, tj. u poľnohospodárskych a lesných traktorov, zemných strojov a samohybných strojov, ale i osobných a nákladných automobilov, ako i priemyselných strojov a zariadení s charakterom nestacionárneho zaťaženia.

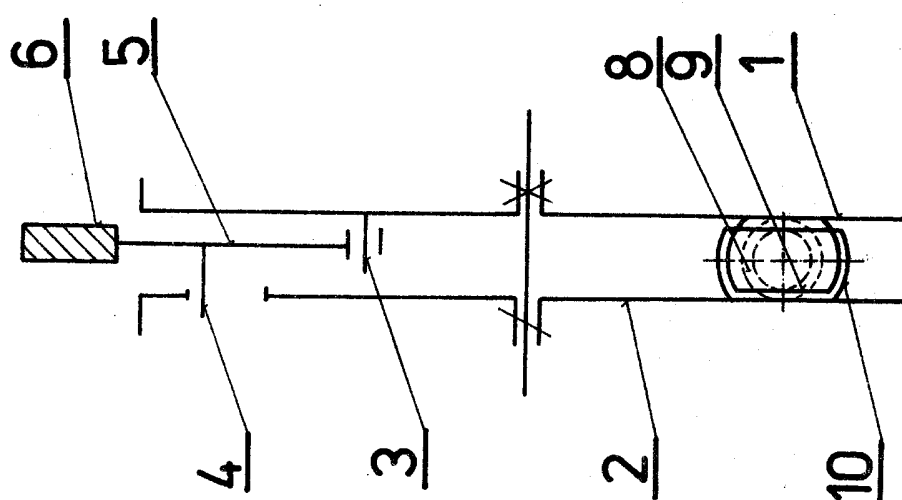
P R E D M E T V Y N Á L E Z U

Zotrvačník s premenným momentom zotrvačnosti, u ktorého základná časť zotrvačníka nesie spojku, vyznačený tým, že na hriadeľ, prenášajúcom krútiaci moment, je v odstupe a rovno-bežne so základnou časťou (1) usporiadaný otočne prídavný kotúč (2), pričom na základnej časti (1) sú rovnomerne od osi otáčania excentricky umiestnené nosné čapy (3), na ktorých sú otočne uložené páky (5) so závažiami (6) na koncoch a uprostred opatrené unášacími čapmi (4), ktorých konce zasahujú do pozdĺžnych otvorov (7) vytvorených diagonálne v prídavnom kotúči (2), pričom v základnej časti (1) zotrvačníka sú operky (9) a v prídavnom kotúči (2) výstupky (10), medzi ktorými sú umiestnené tlačné pružiny (8).

1 výkres



Obr. 2



Obr. 1