Octrooiraad

(12)A **Terinzagelegging** (11) **9002449**

Nederland (19) **NL**

(54) **Inrichting voor het uitbalanceren van door een verbrandingsmotor veroorzaakte onbalanskrachten en onbalansmomenten.**

(51) Int.Cl.[5]: F16F 15/26.

(71) Aanvrager: Volvo Car B.V. te Helmond.

(74) Gem.: Ir. A.C.Th. Timmermans c.s.
Octrooibureau Zuid
Tramstraat 35a
5611 CN Eindhoven.

(21) Aanvrage Nr. 9002449.

(22) Ingediend 9 november 1990.

(32) - -

(33) - -

(31) - -

(62) - -

(43) Ter inzage gelegd 1 juni 1992.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Volvo Car B.V.
Helmond, Nederland

Inrichting voor het uitbalanceren van door een verbrandingsmotor veroorzaakte onbalanskrachten en onbalansmomenten.

Beschrijving

De uitvinding heeft betrekking op een inrichting voor het uitbalanceren van door een verbrandingsmotor veroorzaakte onbalanskrachten en -momenten, welke inrichting tezamen met de verbrandingsmotor en eventueel een met de verbrandingsmotor gekoppelde transmissie en verdere gebruikelijke componenten, zoals oliepomp, carburateur, etc., als een aandrijfeenheid is op te hangen aan chassisbevestigingspunten, en welke inrichting balansmiddelen bevat.

Een dergelijke inrichting is bekend uit het octrooischrift DE 2455667. Hieruit is het bekend om aan weerszijden van een viercilinderlijnmotor parallel aan de krukas lopende balansassen aan te brengen. De balans-assen zijn langs-assen en aan weerszijden op horizontale afstanden x_1 en x_2 van het langsvlak door de krukas en de nokkenas aangebracht, waarbij de balans-assen voorts op een verticale afstand y ten opzichte van elkaar zijn aangebracht. Met de bekende inrichting wordt beoogd om naast de eliminatie van de tweede orde onbalanskrachten ook een minimalisatie van de tweede orde momenten te bereiken. De som van de drie momenten van tweede orde, omvattende een eerste moment ten gevolge van de heen en weer gaande massa's, een tweede door de verbrandingsdruk opgewekt moment en een derde met de beweging van de balans-assen samenhangend moment, wordt geminimaliseerd als functie van x_1, x_2 en y. Het minimum wordt bereikt als x_1 gelijk is aan x_2 en als y gelijk is aan driekwart maal de krukstanglengte. Hierdoor zijn ook de trillingen in de motor minimaal.

Het nadeel van de bekende inrichting is dat veel ruimte in het toch al krap bemeten motorcompartiment door de motor en met name door de aan weerszijden van de motor aangebrachte balans-assen wordt ingenomen. Bovendien moeten de balans-

assen op een nauwkeurig voorgeschreven verticale afstand ten opzichte van elkaar zijn geplaatst.

Doel van de uitvinding is het verschaffen van een inrichting, die minder ruimte inneemt en waarin de plaatsing en aandrijving van de balans-assen een grotere toepassingsvrijheid verschaft, en welke voorts de mogelijkheid bezit om de aan de fundering opgewekte trillingen minimaal te houden. Een dergelijke inrichting is behalve ruimtesparend ook eenvoudiger van constructie een daarom goedkoper te vervaardigen. Tevens zijn de wrijvingsverliezen lager. Voorts wordt beoogd om het toepassingsgebied van de bekende inrichtingen te verruimen en deze ook geschikt te maken voor het uitbalanceren van motoren met bijvoorbeeld 2 of 5 cilinders, welke in rij of bijvoorbeeld in V-formatie kunnen zijn opgesteld. Daartoe bezit de inrichting overeenkomstig de uitvinding het kenmerk, dat de massa en de plaats van de balansmiddelen zodanig zijn bepaald, dat een gedeelte α van de onbalanskrachten en -momenten door de balansmiddelen wordt gecompenseerd, waarbij de waarde van α volgt uit berekening van het minimum van de kwadratische som van de gewogen aanstootkrachten F_{gi} van de aandrijfeenheid op de chassisbevestigingspunten.

Het voordeel van de inrichting overeenkomstig de uitvinding is, dat een gedeeltelijke beperking van de onbalans, in de vorm van onbalanskrachten en onbalansmomenten thans samengaat met een minimum van de kwadratische som van de gewogen aanstootkrachten van de aandrijfeenheid op de chassisbevestigingspunten. De kwadratische som nu is een maat voor de totale geluids- of trillingsbelasting die via de chassisbevestigingspunten aan het chassis van het voertuig wordt toegevoerd, en die mede het geluidsniveau en daarmede het comfort tijdens het met name bij hogere motortoerentallen bedrijven van de motor bepaalt. Minimalisatie van de kwadratische som houdt tevens in minimalisatie van het geluids- en trillingsniveau zoals dat met name door inzittenden in het voertuig wordt ervaren.

De onderhavige uitvinding legt bovendien de basis voor een

nieuw concept, waarbij de verbrandingsmotor niet als een op zichzelf staande trillende aandrijfeenheid wordt gezien, waarvan de oscillerende krachten en momenten, die deze veroorzaakt dienen te worden geminimaliseerd, doch waarbij rekening wordt gehouden met het feitelijk gegeven dat de aandrijfeenheid een transmissie, bijvoorbeeld een continu variabele of een handgeschakelde, een koppeling, alsmede verdere gebruikelijke componenten, omvat, die mede hun invloed doen gelden op bijvoorbeeld de plaats van het zwaartepunt van de aandrijfeenheid en de wijze waarop de door de motor veroorzaakte onbalansen, via de daardoor bewegende aandrijfeenheid en via de gezamenlijke op bepaalde plaatsen bevestigde chassisbevestigingspunten naar het chassis van het voertuig worden geleid en daarin waarneembaar en voelbaar worden voor inzittenden.

Van voordeel is bovendien dat de toepassing van de onderhavige uitvinding zich in principe uitstrekt tot bijvoorbeeld 2, 3, 4, 5 of meer cilindermotoren, met in lijn, niet in lijn of bijvoorbeeld volgens een V-formatie opgestelde cilinders. Toepassing kan ook plaatsvinden bij bijvoorbeeld scheepmotoren of gasmotoren.

Plaatsing van de balansmiddelen aan de distributiezijde of de transmissiezijde van de verbrandingsmotor verdient de voorkeur, omdat dan de motor met inrichting smal kan blijven, hetgeen aan weerszijden van de motor tot ruimtewinst leidt in het motorcompartiment en meer plaatsingsvrijheden schept voor de overige componenten in het motorcompartiment.

In een uitvoeringsvorm van de inrichting overeenkomstig de uitvinding bevinden de balansmiddelen zich in hoofdzaak tussen de krukas en de nokkenas, aan de distributiezijde van de verbrandingsmotor.

Het voordeel van de uitvoeringsvorm van de inrichting overeenkomstig de uitvinding is, dat hiermede op betrekkelijk eenvoudige wijze onbalanskrachten kunnen worden gecompenseerd. Daar het aangrijpingspunt van de onbalanskrachten in het midden van de krukas tussen het zwaartepunt van de verbrandingsmotor en de aan de distributiezijde aangebrachte

balansmiddelen ligt, waarbij dus de balanskrachten voor het compenseren van de onbalanskrachten slechts een fractie behoeven te bedragen van de massakrachten die de onbalans veroorzaken, worden met name de lagers van de balansmiddelen minder belast en behoeven deze minder robuust te zijn uitgevoerd.

Er ontstaat een extra moment, doordat de balanskracht hier aan de distributiezijde van de motor aangrijpt en de onbalanskracht in het midden van de krukas aangrijpt, welk extra moment een richting bezit die ligt in een vlak dat loodrecht staat op de krukasrichting. Deze "offset" biedt de mogelijkheid om een onbalansmoment in dit vlak te compenseren, hetgeen voor bepaalde soorten motoren van belang is, zonder dat hierdoor momenten in krukasrichting worden beïnvloed. Met het ontstaan van het extra moment, ontstaat tevens de mogelijkheid om hiermede de verdeling van de trillingsniveaus die optreden in de op een fundering van het chassis aangebrachte chassisbevestigingspunten c.q. motorsteunen aan te passen aan de eigenschappen van de motorsteunen, waardoor het mogelijk wordt om naar een verdere minimale trillingsaanstoting van de fundering te optimaliseren.

Een verdere uitvoeringsvorm van de inrichting overeenkomstig de uitvinding bezit het kenmerk, dat de balansmiddelen zich aan eenzelfde zijde van het door de krukas en de nokkenas van de verbrandingsmotor lopende langsvlak bevinden.

Door de balansmiddelen bij elkaar aan dezelfde zijde van het langsvlak te plaatsen en door elk paar van de balansmiddelen met tweemaal het toerental van de krukas tegen elkaar in te laten roteren ontstaat een zuivere niet-roterende kracht, die nog een extra mogelijkheid biedt om door middel van het hierdoor geïntroduceerde verdere extra moment de verdeling van de krachten aan te passen aan de eigenschappen van de motorsteunen, rekening houdend met bijvoorbeeld de soort, de belastbaarheid en de effecten die trillingen op elk van de motorsteunen aan individueel verschillende bijdragen leveren aan de geluids- of trillingsbelasting op met name het chassis en in het voertuig.

Een verdere uitvoeringsvorm van de inrichting overeenkomstig de uitvinding bezit het kenmerk dat de krukas en de nokkenas van de verbrandingsmotor elk van poelies zijn voorzien, waarover een drijfriem is gelegd, welke drijfriem van ten minste een getande zijde is voorzien, die in aangrijping is met de balansmiddelen.

Het voordeel van deze verdere uitvoeringsvorm van de inrichting overeenkomstig de uitvinding is, dat door het op passende wijze ten opzichte van elkaar positioneren van de bij voorkeur met balanswielen, balanstandwielen of balansassen uitgevoerde balansmiddelen het toepassen van een in het algemeen aanwezig spanorgaan, zoals een spanwiel of een kettingspanner, ten behoeve van het spannen van de drijfriem of een equivalente distributieketting, achterwege kan blijven.

Een volgende uitvoeringsvorm van de inrichting overeenkomstig de uitvinding welke een zeer beperkt beslag op de aanwezige ruimte in het motorcompartiment legt, bezit het kenmerk dat de nokkenas van een aan de distributiezijde van de verbrandingsmotor aangebrachte holle poelie van een inwendige vertanding is voorzien, welke vertanding is gekoppeld met draaibaar in het motorblok van de verbrandingsmotor gelagerde van paren balanstandwielen voorziene balansmiddelen.

De uitvinding en haar verdere voordelen zullen nader worden toegelicht aan de hand van de tekening, waarin corresponderende elementen van dezelfde verwijzingscijfers zijn voorzien. Daarbij toont:

figuur 1 een bekende inrichting voor het uitbalanceren van door in verbrandingsmotor veroorzaakte onbalanskrachten en momenten van tweede orde;

figuur 2 een aanzicht op de distributiezijde gezien van een eerste mogelijke uitvoeringsvorm van de inrichting overeenkomstig de uitvinding;

figuur 3 een aanzicht op de distributiezijde van een tweede mogelijke uitvoeringsvorm van de inrichting overeenkomstig de uitvinding;

figuur 4 een aanzicht op de distributiezijde van een derde

mogelijke uitvoeringsvorm van de inrichting overeenkomstig de uitvinding;

figuur 5 een schematische dwarsdoorsnede van in het bijzonder de aangrijpingspunten van de motor/transmissie ophanging, aan de hand waarvan het realiseren van een minimale auditieve belasting van de fundering van de ophanging zal worden toegelicht.

Figuur 1 toont een vooraanzicht op de distributiezijde van een bekende inrichting 1 voor het uitbalanceren van door een verbrandingsmotor 2 veroorzaakte onbalanskrachten en momenten van tweede orde. De motor 2 bezit een krukas 3 en een in de figuur weergegeven nokkenas 4. De nokkenas 4 is via een drijfriem 5 aandrijfbaar met de krukas 3 gekoppeld, welke drijfriem 5 voorts is geslagen om een poelie 6 voor het aandrijven van verdere niet nader aangeduide middelen. De drijfriem 5, welke ook kan zijn uitgevoerd als een distributieketting is geslagen om op de assen 3 en 4 aangebrachte poelies 3' en 4'.

Een langsvlak AA loodrecht op het vlak van figuur 1, gaat door de krukas 3 en de nokkenas 4. Aan weerszijden van het langsvlak AA zijn op respectievelijke afstanden x_1 en x_2 balansmiddelen in de vorm van balans-assen 7 en 8 op een onderling verschillende hoogte y aangebracht. De balans-assen 7 en 8 worden aangedreven door de krukas 3 door middel van een over een additionele poelie 9 geleide drijfriem 10. De bekende inrichting 1 neemt veel ruimte in beslag doordat de balans-assen 7 en 8 zijn uitgevoerd als langsassen en als zodanig buiten de contouren van de motor 2 uitsteken.

In de figuren 2 tot en met 4 zijn uitvoeringsvormen van een inrichting 1 getoond welke smaller zijn. Elk van deze weergegeven uitvoeringen bevat slechts één drijfriem 11.

In de in figuur 2 weergegeven uitvoeringsvorm van de inrichting 1 bevat deze aan weerszijden van de drijfriem 11 aangebrachte balansmiddelen, uitgevoerd als twee relatief korte balans-assen 7 en 8. In deze uitvoering is het aanbrengen van een spanrol 12 (zie figuren 3 en 4), voor het op spanning houden van de drijfriem of distributieketting 11 bij

een passende positionering van de balans-assen, niet nodig. De korte balans-assen 7 en 8 zijn uitgevoerd met balanswielen welke zich enkel aan de weergegeven distributiezijde van de motor 2 bevinden. Dit in tegenstelling tot de balans-assen 7 en 8, die in figuur 1 zijn weergegeven en die zijn uitgevoerd als zich langs de motor 2 uitstrekkende langs-assen. De balanswielen of balanstandwielen zijn op eenvoudige wijze aan de weergegeven distributiezijde of aan bijvoorbeeld de daartegenover gelegen transmissiezijde van de motor 2 te lageren. In de uitvoeringen van de figuren 2 en 3 zijn de balanswielen in hoofdzaak tussen de krukas 3 en de nokkenas 4 aangebracht. In de uitvoering van figuur 2 bevindt met name het balanswiel 7 zich dicht bij het langsvlak AA, terwijl in de uitvoering van figuur 3 beide balanswielen zeer dicht tegen zelfs in het langsvlak AA liggen, waardoor een subtiele compensatie van onbalansen mogelijk is geworden. In figuur 2 zijn de balanswielen aan één zijde van het langsvlak AA aangebracht. In de uitvoering van figuur 3 zal de poelie 3' en zullen de balansassen 7 en 8 van een passende tandwieloverbrenging zijn voorzien voor het direct aandrijven van de balanstandwielen.

Figuur 4 toont een uit het oogpunt van ruimtebesparing zeer gunstige uitvoeringsvorm van de inrichting 1, welke is voorzien van een op de nokkenas aangebrachte holle poelie 13. De poelie 13 is voorzien van een niet-weergegeven inwendige vertanding voor het aandrijven van in het weergegeven geval aan de distributiezijde van de motor 2 gelagerde paren balanstandwielen 7, 8; 7', 8'; 7'', 8''; 7''', 8'''. Ook deze balanstandwielparen zullen van corresponderende vertandingen zijn voorzien die gekoppeld zijn met de inwendige vertanding van de poelie 13 voor het aandrijven van de paren balanstandwielen.

Figuur 5 toont een langsdoorsnede van de motor 2 met een daarmede gekoppelde transmissie 14. De motor 2 is met de transmissie 14 en verdere niet-weergegeven gebruikelijke componenten, zoals waterpomp en bijvoorbeeld olie- en luchtfilter, carburateur, etc. opgehangen in chassisbevestigingspunten M_1, M_2 en M_3. De bevestigingspunten zijn ten minste

voorzien van verende elementen met dynamische veerconstanten C_1, C_2 en C_3. Bevestigingspunt M_1 bevindt zich op een afstand r_1 van een zwaartepunt Zw en M_2 bevindt zich op een afstand r_2 van Zw. In de verschillende punten treden krachten F_1, F_2 en F_3 op. De punten bezitten achtereenvolgende akoestische gevoeligheidsfactoren A_1, A_2 en A_3. De respectievelijke verplaatsingen aan de bevestigingspunten zijn aangeduid met x_1, x_2 en x_3. Op een afstand r_0 van het zwaartepunt Zw grijpt een kracht F_0 aan, welke de onbalanskracht representeert die aangrijpt in het midden van de schematisch door middel van een streeplijn aangeduide krukas. Aan het einde van de krukas, te weten aan de distributiezijde D van de motor 2 grijpt een kracht F_b aan, die wordt veroorzaakt door de roterende balansmiddelen zoals in de figuren 2, 3 en 4 aangegeven. Wanneer we definiëren:

$$F_b = \alpha . F_0$$

waarbij M de massa van de motor en J het massa-traagheidsmoment van de motor voorstelt, gelden in het hiernavolgende voorbeeld nader toe te lichten, ten behoeve van de eenvoud van berekeningen, vereenvoudigde uitdrukkingen voor de éédimensionale verplaatsing x_i van de motor bij een bevestigingspunt i.

Als we voorts definiëren respectievelijk de gewogen aanstootkracht F_{gi} van bevestigingspunt i op de fundering en de kwadratische som F_{gtkw} volgens:

$$F_{gi} = A_i . C_i . x_i \text{ en}$$
$$F_{gtkw} = \sum_i F_{gi}^2$$

kan F_{gtkw} geoptimaliseerd worden als functie van α door te stellen:

$$\frac{d\, F_{gtkw}}{d\alpha} = 0$$

Hierbij stelt F_{gtkw} de totale effectieve aanstoting van de fundering voor, welke wordt verkregen op basis van de kwadratisch gesommeerde gewogen krachten F_{gi}. Voor praktische gevallen is de totale effectieve aanstoting minimaal voor waarden van α die kleiner dan 1 zijn. Daarmede is de kracht

F_b kleiner dan de kracht F_0, zodat minder zware eisen worden gesteld aan de lagering van de balansmiddelen 7 en 8. Doordat de waarde van α volgt uit het minimum van de totale effectieve aanstoting, zal hierdoor F_b een zodanige waarde hebben, dat een extra moment resulteert op basis van de krachten F_b en F_0, welk extra moment zal liggen in een vlak loodrecht op de tekening, dat wil zeggen loodrecht op de lengte-as van de krukas 3. Door passende keuze van de veerconstanten C_1, C_2 en C_3 en door een kiezen van r_1 en r_2, kan dit extra moment variabel worden gemaakt.

Verdere onbalansen kunnen worden gecorrigeerd door in de uitvoeringen van de figuren 2 en 3 de verticale afstanden tussen de balansmiddelen 7 en 8 onderling te beïnvloeden, dan wel de individuele horizontale afstanden van de balansmiddelen 7 en 8 tot het langsvlak AA in te stellen. Eventueel kan een verdere onbalans gecorrigeerd door de posities die de balansmiddelen 7 en 8 gezamenlijk innemen langs de lijn AA te beïnvloeden.

Voorbeeld I

Uitgaande van de elementaire vergelijkingen wordt voor de verplaatsing x_i, bij een gegeven onbalanskracht F_0 gevonden:

$$x_i = \omega^{-2} [(F_0 - F_b) M^{-1} + (F_0 r_0 - F_b r_b) r_i J^{-1}] ,$$

waarin ω het toerental van de motor voorstelt.

Gegeven de voornoemde definities, volgt in een vereenvoudigd geval, waarbij de waarde van de relevante parameters is:

$$A_3 = 2 A_1 = 2 A_2 = 2 ,$$
$$C_1 = C_2 = 1{,}5.10^5 \text{ [N/m]} , C_3 = 2.10^5 \text{ [N/m]} ,$$
$$r_1 = r_2 = 0{,}3 \text{ [m]} , r_3 = 0 \text{ [m]} ,$$
$$r_b = 4 r_0 = 0{,}4 \text{ [m]} ,$$
$$M = 180 \text{ [kg]} , J = 10 \text{ [kg m}^2\text{]} ,$$

dat na optimalisatie geldt:

$$\alpha = 0{,}621 ,$$

waardoor de totale gewogen effectieve kracht door toevoeging van de balanskracht met ongeveer een factor 4, dus 6dB, blijkt te zijn beperkt.

Voorbeeld II

Uitgaande van de elementaire vergelijkingen wordt voor de

verplaatsing x_i, bij een gegeven onbalansmoment M_0 gevonden:

$$x_i = \omega^{-2} [F_b M^{-1} + (M_0 - F_b r_b) r_i J^{-1}] , M_0 = F_0 r_0 ,$$

waarin ω weer het toerental van de motor voorstelt.

Gegeven de hiervoor gegeven definities, volgt in een vereenvoudigd geval, waarbij de waarde van de relevante parameters is:

$$A_3 = 2 A_1 = 2 A_2 = 2 ,$$
$$C_1 = C_2 = 2.10^5 \text{ [N/m]} , C_3 = 2,5.10^5 \text{ [N/m]} ,$$
$$r_1 = 0,4 \text{ [m]} , r_2 = -0,3 \text{ [m]} , r_3 = 0 \text{ [m]} ,$$
$$r_0 = 0,15 \text{ [m]} , r_b = 0,5 \text{ [m]}$$
$$M = 200 \text{ [kg]} , J = 12 \text{ [kg m}^2\text{]} ,$$

dat na optimalisatie geldt:

$$\alpha = 0,202 ,$$

waardoor de totale gewogen effectieve kracht door toevoeging van de balanskracht met ongeveer een factor 3,5, dus 5,5 dB, blijkt te zijn beperkt.

De beide voorbeelden zijn sterk vereenvoudigd en slechts bedoeld ter toelichting. Generalisaties in meer dimensies met in het algemeen complexe weegfactoren, verschillende massatraagheden in verschillende richtingen, onbalanskrachten met behoud van fase leidt daarbij tot correctie door middel van meerdere balanskrachten op willekeurige plaatsen en in willekeurige richtingen, hetgeen leidt tot een verdere verbetering van de onderhavige inrichting voor het uitbalanceren van onbalanskrachten en onbalansmomenten.

CONCLUSIES

1. Inrichting voor het uitbalanceren van door een verbrandingsmotor veroorzaakte onbalanskrachten en -momenten, welke inrichting tezamen met de verbrandingsmotor en eventueel een met de verbrandingsmotor gekoppelde transmissie en verdere gebruikelijke componenten, zoals oliepomp, carburateur, etc. als een aandrijfeenheid is op te hangen aan chassisbevestigingspunten, en welke inrichting balansmiddelen bevat, met het kenmerk, dat de massa en de plaats van de balansmiddelen zodanig zijn bepaald, dat een gedeelte α van de onbalanskrachten en -momenten door de balansmiddelen wordt gecompenseerd, waarbij de waarde van α volgt uit berekening van het minimum van de kwadratische som van de gewogen aanstootkrachten F_{gi} van de aandrijfeenheid op de chassisbevestigingspunten.

2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de balansmiddelen zich aan de distributiezijde dan wel aan de transmissiezijde van de verbrandingsmotor bevinden.

3. Inrichting volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat de balansmiddelen zich in hoofdzaak tussen de krukas en de nokkenas, aan de distributiezijde van de verbrandingsmotor bevinden.

4. Inrichting volgens een van de conclusies 1-3, met het kenmerk, dat de balansmiddelen zich aan eenzelfde zijde van het door de krukas en de nokkenas van de verbrandingsmotor lopende langsvlak bevinden.

5. Inrichting volgens een van de conclusies 1-4, met het kenmerk, dat de krukas en de nokkenas van de verbrandingsmotor elk van poelies zijn voorzien, waarover een drijfriem is gelegd, welke drijfriem van twee getande zijden is voorzien, die in aangrijping is met de balansmiddelen.

6. Inrichting volgens een van de conclusies 1-5, met het kenmerk, dat de balansmiddelen en de krukas en/of de nokkenas zijn voorzien van een tandwieloverbrenging voor het direct aandrijven van de balansmiddelen.

7. Inrichting volgens een van de conclusies 1-6, met het

kenmerk, dat de balansmiddelen zijn uitgevoerd met balanswielen, balanstandwielen of balans-assen.

8. Inrichting volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat de balans-assen of balanswielen paarsgewijze zijn aan te drijven met een toerental dat twee maal zo groot is als het toerental van de krukas.

9. Inrichting volgens conclusie 7 of 8, met het kenmerk, dat het hoogteverschil tussen de balanswielen is bepaald in afhankelijkheid van de minimale waarde van het totale tweede orde moment ~~van tweede orde~~.

10. Inrichting volgens een van de conclusies 1-9, met het kenmerk, dat de nokkenas van een aan de distributiezijde van de verbrandingsmotor aangebrachte holle poelie met een inwendige vertanding is voorzien, welke vertanding is gekoppeld met draaibaar in het motorblok van de verbrandingsmotor gelagerde, van paren balanstandwielen voorziene balansmiddelen.

Eindhoven, 28 september 1990

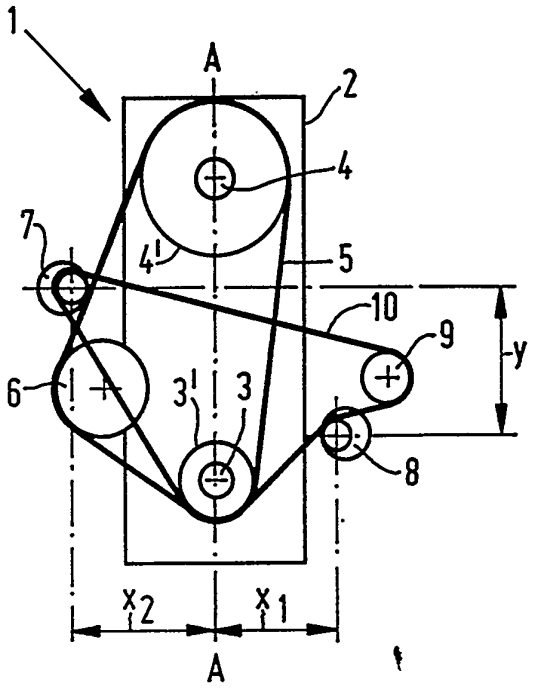


FIG. 1

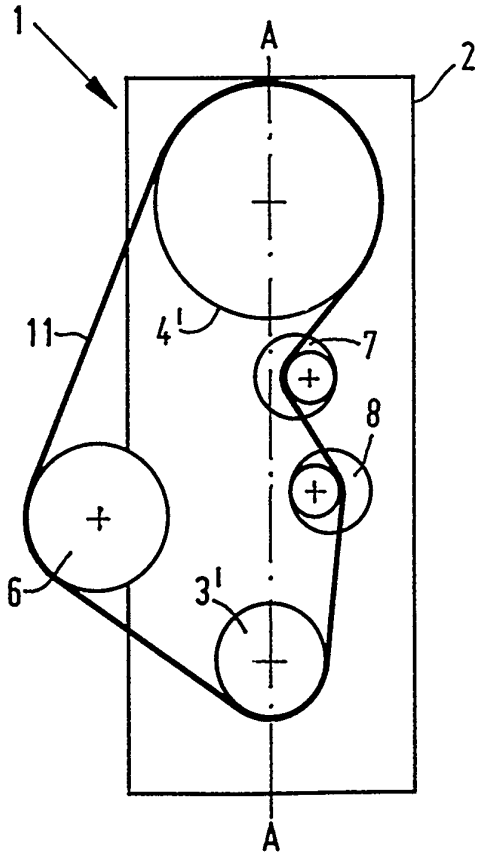


FIG. 2

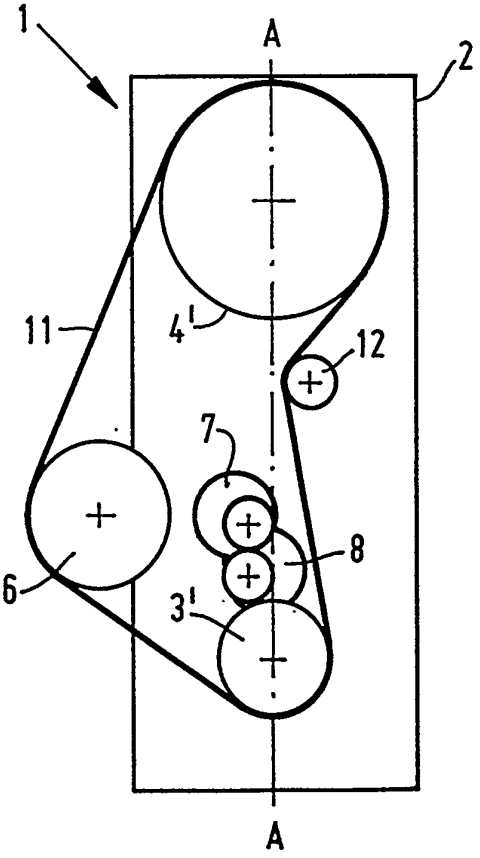


FIG. 3

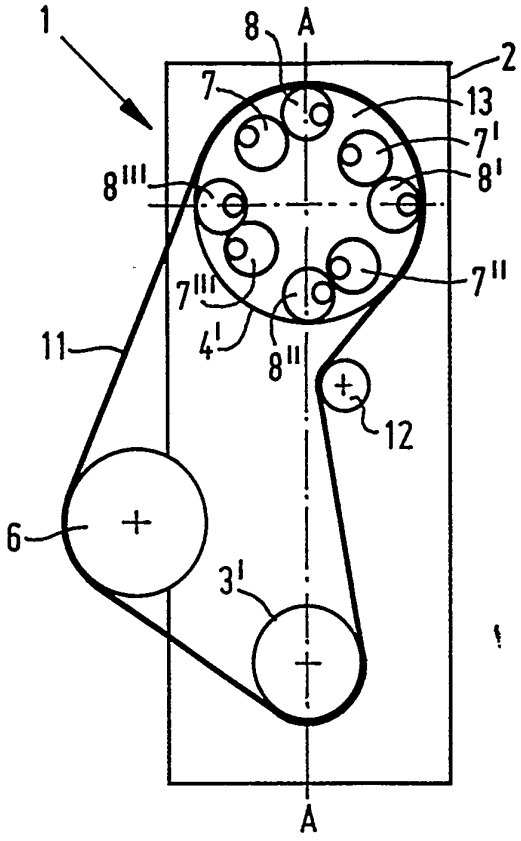

1
8
A
2
7
13
7'
8'
8'''
7'''
7''
4'
8''
11
12
6
3'
A

FIG. 4

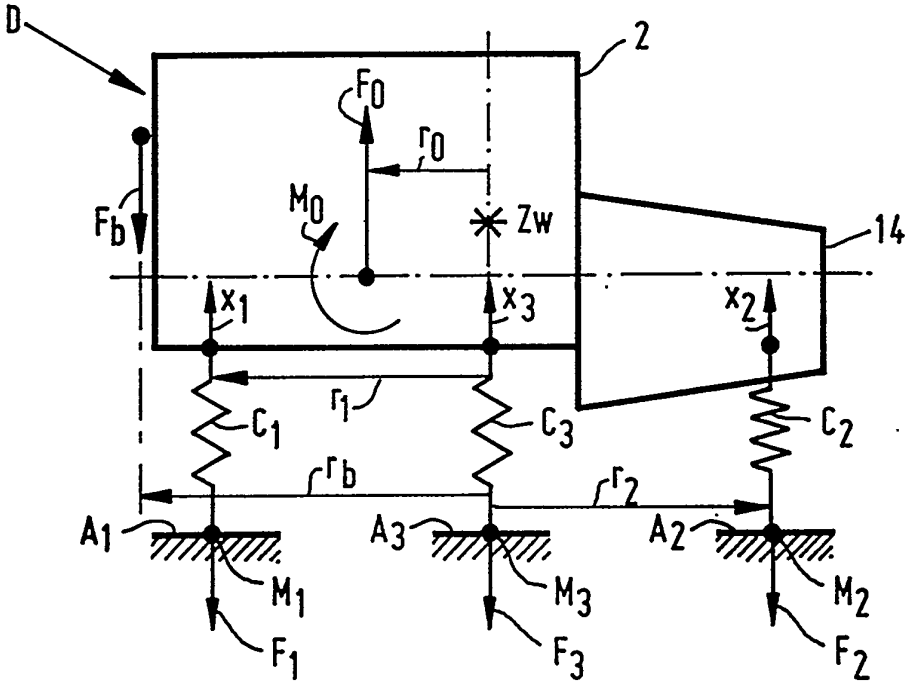

D
2
F0
r0
Fb
M0
Zw
14
x1
x3
x2
r1
C1
C3
C2
rb
r2
A1
A3
A2
M1
M3
M2
F1
F3
F2

FIG. 5