



(11) FREMLÆGGELSESSKRIFT 143083

DANMARK

(51) Int. Cl.³ G 01 L 23/08



(21) Ansøgning nr. 3033/77 (22) Indleveret den 5. jul. 1977

(24) Løbedag 5. jul. 1977

(44) Ansøgningen fremlagt og
fremlæggelsesskriftet offentliggjort den 23. mar. 1981

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

(30) Prioritet begæret fra den
19. jul. 1976, 2632470, DE

(71) B & W DJESEL A/S, Torvegade 2, 1400 København K, DK.

(72) Opfinder: Oluf Rahbek Schmidt, Vestbirk Alle 60, 2770 Kastrup, DK.

(74) Fuldmægtig under sagens behandling:
Internationalt Patent-Bureau.

(54) Apparat til måling af øjebliksværdier for trykket i en stempelfor-
brændingsmotors cylindre og til beregning af det indicerede middeltryk.

Opfindelsen angår et apparat til måling af øjebliksværdier for trykket i en stempelforbrændingsmotors cylindre og til beregning af det indicerede middeltryk ved integration af trykket som funktion af stempelvejen; omfattende en transor til aftastning af cylindertrykket med intervaller, som fastlægges af en stationær føler, der samvirker med markeringer på en del af maskinens drivværk, samt en elektronisk kalkulator, hvortil transoren og føleren er koblet.

Et kendt apparat af denne art, som leveres af det norske firma Autronica A/S, Trondhjem, indbefatter et storageoscilloskop til optegning af hver cylinders arbejdskurve, dvs. sammenhængen mellem cylindertryk og stempelvandring, samt et display, der kan vise dels det af den elektroniske kalkulator beregnede indicerede middeltryk, dels trykket på forudbestemte punkter af arbejdskurven, såsom kompressionstrykket og det maksimale forbrændingstryk.

I det kendte apparat findes markeringerne, som bestemmer tryktransorens aftastningstidspunkter, på et rundtgående bånd, som er spændt omkring krumtapakslen ved dennes ene ende, således at aftastningen sker ved forudbestemte vinkelstillinger af den pågældende ende af krumtapakslen. Der kræves derfor et elektronisk udstyr, som for hver cylinder kan foretage en omregning af krumtapvinklen til stempelposition, hvilket komplicerer apparatet. En anden væsentlig mangel ved det kendte apparat består i, at krumtapakslen under belastning er underkastet vridningsdeformationer, dels statiske deformationer, som varierer med den øjeblikkelige belastning af motoren, og som generelt vokser med afstanden fra markeringerne til den cylinder, hvor trykket måles, dels dynamiske deformationer, som

fremkaldes af krumtapakslens torsionssvingninger, hvis amplituder afhænger både af belastningen og af omdrejningstallet. Den heraf betingede ubestemthed i relationen mellem krumtapvinklen ud for markeringerne og stempelpositionen i de enkelte cylindre fører til en tilsvarende usikkerhed i de aflæste måleværdier. Ubestemtheden med hensyn til stempelpositionen i hvert af de øjeblikke, da der udløses en triggerimpuls for trykmålingen, gør sig i det kendte apparat genske særligt bemærket for topdødpunktets vedkommende. Da beregningen af det indicerede middeltryk foregår ved summation af de trykværdier, som indlæses i kalkulatoren, skal de målte værdier indlæses med plusfortegn under ekspansionslaget og minusfortegn under kompressionslaget, dvs. at der i hvert af stemplets dødpunkter skal udføres et fortegnsskift mellem tryktransoren og kalkulatoren. En unøjagtighed i aftastningen af topdødpunktet, som medfører, at fortegnsskiftet på dette sted kommer blot ganske lidt for tidligt eller lidt for sent, bevirker en anseelig unøjagtighed i det beregnede middeltryk (eftersom det maksimale cylindertryk jo optræder i nærheden af topdødpunktet). Det er konstateret, at en "toppunktforskydning" på blot 1° (målt som krumtapvinkel) ved et indiceret middeltryk på 10 bar giver en fejl på over 6% i det beregnede middeltryk og ved lavere p_i en stærkt stigende fejl. Ved brugen af det kendte apparat foreskrives en forudgående bestemmelse af topdødpunktstillingen, som består i, at man tager et såkaldt "kompressionsdiagram", dvs. et indikatorgram ved afbrudt brændselstilførsel, således at der ikke sker tænding i cylinderen, og for hver cylinder justerer et potentiometer i kalkulatoren således, at apparatet viser et diagramareal nul. I virkeligheden er kompressionsdiagrammets areal imidlertid ikke nul ved korrekt indstilling af topdødpunktet, hvilket kan skyldes varmeudveksling mellem cylinderen og omgivelserne og/eller lækage af gas fra cylinderen. Ved den foreskrevne justeringsmetode indfører man derfor i realiteten en fejl på toppunktsværdien, som adderes til den ovenfor omtalte fejl, der hidrører fra drivværkets belastningsafhængige deformationer.

Opfindelsen tager sigte på at angive et apparat, som muligvis gør en væsentlig reduktion af måleusikkerheden, og som samtidig er enklere end det kendte apparat.

Dette opnås ifølge opfindelsen ved, at hver cylinder har sit eget sæt markeringer, som er anbragt på en maskindel, der uden for cylinderen er stift forbundet med den til cylinderen hørende stempelstang, at markeringerne slutter et stykke før det sted på

maskindelen, som svarer til stemplets bunddødpunkt, og at der i den elektroniske kalkulator indgår en omskifter, som skifter fortegnet for transorens måleværdi under passagen af det markeringsfrie område, og en tæller, som igen skifter fortegn for måleværdien efter modtagelsen af et forudbestemt antal signaler fra markeringsføleren.

Ved placeringen af markeringerne i direkte tilslutning til den enkelte cylinder og på en maskindel, som udfører en med stemplets vandring identisk bevægelse, har man for hver cylinder etableret en umiddelbar sammenhæng mellem hvert af de tidspunkter, da der foretages en aftastning af trykket i den pågældende cylinder, og den stilling mellem stempelslagets dødpunkter, som stemplet indtager på aftastningstidspunktet. Man undgår herved helt virkningerne af krumtapakslens mere eller mindre uberegnelige vridningsdeformationer og opnår en hidtil ukendt stor nøjagtighed af måleresultatet, hvad enten det drejer sig om aftastning af trykket på udvalgte punkter af arbejds cyklussen eller om beregning af middeltrykket under en arbejds cyklus. Det elektroniske udstyr forenkles ved, at der ikke skal foretages nogen omregning fra krumtapvinklen til de enkelte cylindres stempelposition. Ved den for opfindelsen karakteristiske gennemførelse af de successive fortegnsskift udnytter man det forhold, at cylindertrykket omkring bunddødpunktet er praktisk taget konstant og derfor ikke giver noget bidrag til indikatordiagrammets areal, således at der i det højeste opstår en helt uvæsentlig fejl ved at udelade trykmåling i det markeringsfrie område. Ved at lade det ene fortegnsskift foregå i dette område har man et præcist defineret udgangspunkt for målingerne under kompressionsslaget, og næste fortegnsskift ved topdødpunktet er fastlagt med samme nøjagtighed ved, at tælleren har modtaget et antal impulser fra markeringsføleren svarende til stemplets slaglængde.

Når der til hver cylinder hører et teleskopprør for stempelskølemiddel, kan markeringerne være anbragt på teleskopprøret. Herved udnyttes en i forvejen eksisterende del af maskinen til anbringelse af markeringerne, og da der normalt ikke optræder væsentlige mekaniske spændinger i et sådant teleskopprør, kan markeringerne frembringes ved bearbejdning i rørets overflade, dvs. med høj præcision.

Markeringerne kan specielt være udført som ækvidistante og indbyrdes lige brede tænder på teleskopprørets overflade, og føleren kan være en induktiv føler. Ved denne udførelsesform får man to positionssignaler for hver passage af en tand forbi føleren, nemlig

henholdsvis ved forkanten og bagkanten, således at trykmålingerne kan foretages med tilsvarende korte intervaller.

Føleren monteres hensigtsmæssigt i væggen af en tætningsbøsning, gennem hvilken teleskoprøret er ført ind i motoren, og som er centreret ved hjælp af røret. På dette sted af motoren er der let adgang til at bringe føleren i umiddelbar nærhed af markeringerne på teleskoprøret og til at føre en signalledning ud fra føleren. Centreringen af bøsningen i forhold til røret sikrer overholdelse af en ønsket afstand mellem rørets overflade og føleren.

Føleren kan være monteret excentrisk i en cylindrisk bøsning, som er drejeligt lejret i en indsats, der er fastgjort i tætningsbøsningens væg. Herved er der skabt mulighed for at foretage en finjustering af følerens aksiale stilling i forhold til markeringerne og derved udligne længdetolerancer i markeringernes placering på røret og i forbindelsen mellem røret og stemplet.

Omskifteren kan være styret via en ELLER-kobling med to indgange sluttet henholdsvis til tælleren og til en forsinkelseskreds. Der vil da komme signal til fortegnsskift ved bunddødpunktet, hvis der inden udløbet af forsinkelsesperioden ikke er kommet noget signal fra markeringsføleren, dvs. når denne står ud for det markeringsfrie område. Ved topdødpunktet skal fortegnsskiftet derimod ske alene ved styring fra tælleren. Dette volder normalt ingen vanskelighed, hvis apparatet skal arbejde inden for et relativt begrænset område for motorens omdrejningstal, idet man på grund af det næsten konstante cylindertryk omkring bunddødpunktet kan vælge det markeringsfrie område væsentlig længere end afstanden mellem to markeringssignaler. Som yderligere sikkerhed mod en af forsinkelseskredsen fremkaldt fejlaktivering af omskifteren ved topdødpunktet kan man imidlertid anvende en forsinkelseskreds, hvis tidsforsinkelse er afhængig af motorens omdrejningstal.

Opfindelsen forklares i det følgende nærmere under henvisning til den delvis skematiske tegning, på hvilken

fig. 1 er et lodret tværsnit gennem en totaktsdieselmotor udstyret med en udførelsesform for måleapparatet ifølge opfindelsen,

fig. 2 et lodret snit i væsentlig større skala gennem et med markeringer for stempelvandringen forsynet teleskoprør og en tilhørende pakkåse, hvori en føler til aftastning af markeringerne er indbygget,

fig. 3 et blokskema for apparatet, og

fig. 4 et indikatordiagram for en af motorens cylindre.

I fig. 1 ses en cylindersektion af motoren omfattende en cylinderforing 1 med tilhørende cylinderdæksel 2 og stempel 3, som gennem en stempelstang 4 er forbundet med et krydshoved 5. Gennem en plejlstang 6 er krydshovedet 5 forbundet med motorens krumtapaksel 7. Et stempelkølemiddel tilføres fra en stationær fordeler 8 gennem et lodret teleskoprør 9, der er fast forbundet med krydshovedet 5, og videre gennem kanaler i krydshovedet og stempelstangen 4 til stemplet 3.

I cylinderdækslet 2 er indbygget en tryktransor 10, som afføler trykket i forbrændingskammeret 11 over stemplet 3 og afgiver et analogt spændingssignal, hvis amplitude er proportional med arbejdsstrykket i kammeret 11, til en elektronisk kalkulator 12. Tryktransoren er fortrinsvis af den piezoelektriske type, men andre egnede transorer kan også anvendes, eksempelvis baseret på strain-gauge-teknikken.

Den udvendige overflade af teleskoprøret 9 er forsynet med markeringer 13 i form af tværgående "tænder", som er adskilt af indfræsedede ækvidistante riller 14. Der findes tænder 13 og riller 14 på en længde af teleskoprøret, som er lidt kortere end stemplet 3's slaglængde, og til aftastning af tænderne findes en føler 15, fortrinsvis en induktiv føler, som på ikke nærmere vist måde er fastgjort i en vandret bøsning 16, som igen er drejeligt understøttet af en ydre bøsning 17, der er skruet ind i væggen af en lodret tætningsbøsning 18, som omgiver teleskoprøret 9. Tætningsbøsningen 18 er monteret med radiale spillerum i et ydre rør 19, således at den frit kan følge eventuelle tværgående forskydninger af teleskoprøret 9. Røret 19 er tætnet i forhold til en del af motorens stativ 20 ved hjælp af tætningsringe 21, og ved hjælp af en anden tætningsring 22 er den vandrette bøsning 17 tætnet i forhold til stativdelen 20. Som det ses af fig. 2, er føleren 15's akse placeret excentrisk i forhold til akse for anlægsfladen mellem bøsningerne 16 og 17. Ved drejning af bøsningen 16 kan man således foretage en finjustering af føleren 15's lodrette position i forhold til markeringerne 13 på teleskoprøret 9. Der findes ikke viste låseorganer til fastholdelse af bøsningen 16 efter dens justering.

Under stemplet 3's bevægelse op og ned i motorcylinderen udfører teleskoprøret 9 en dermed synkron bevægelse, hvorved markeringstænderne 13 passerer tæt forbi føleren 15. Hver passage af

en tand forbi føleren udløser to elektriske impulser, den første ved passagen af tandens forkant og den anden ved bagkantens passage. Disse impulser benyttes til styring af aftastningen af trykket i forbrændingskammeret 11. For at sikre tilvejebringelsen af de nævnte to styreimpulser skal rillerne 14's dybde blot være så stor, at spændingsniveauforskellene eller impulsamplituderne i føleren 15's udgangssignal bliver sikkert detekterbare. I praksis kan rilledybden være ca. 1,5 mm, medens bredden af tænderne 13 kan være ca. 2 mm og bredden af rillerne 14 ca. 4 mm. Dette giver en styreimpuls for hver 3 mm af stempelvandringen.

Som vist i fig. 3 ledes impulssignalet fra stempelvejsføleren 15 gennem en forstærker 23 til en impulsformer 24, der som udgangssignal leverer et firkantsignal. Signalet fra tryktransoren 10 ledes gennem en forstærker 25 til en analog/digital omsætter 26, hvor det analoge spændingssignal fra transoren omsættes til et digitalt udgangssignal. Omsætteren 26 er forbundet med impulsformereren 24's udgang, således at det af transoren 10 målte tryk digitaliseres, hver gang der ankommer en impuls fra impulsformereren 24, dvs. hver gang stemplet 3 har bevæget sig et stykke svarende til den halve deling for tænderne 13.

Ciffersignalerne fra omsætteren 26 overføres via en elektronisk omskifter 27 til en CPU-enhed 28 (Central Processing Unit), hvor signalerne akkumuleres og behandles i overensstemmelse med det i enheden stående program. Sådanne enheder er almindelig kendt og beskrives derfor ikke nærmere.

Enheden 28 har to indgange, den ene til modtagelse af ciffersignaler optaget under stemplet 3's kompressionslag, og den anden til modtagelse af ciffersignaler optaget under ekspansionslaget. Ved beregning af det indicerede middeltryk skal de førstnævnte signaler regnes med negativt fortegn og de sidstnævnte med positivt fortegn. Den elektroniske omskifter 27 skal således frembringe et fortegnskift, hver gang stemplet står i et af sine to dødpunkter, og dette sker på følgende måde.

Impulsformereren 24's udgang er forbundet til en forsinkelseskreds 29 og til en tæller 30, hvis respektive udgange er forbundet til hver sin indgang af en to-input ELLER-kreds 31, hvis udgang er forbundet til omskifteren 27. Udgangssignalet fra forsinkelseskredsen 29 er endvidere sluttet til enheden 28, som taktstyres af signalet fra forsinkelseskredsen.

Som nævnt ovenfor findes der stempelvejsmarkeringer i form

af tænder 13 og riller 14 på en længde af teleskoprøret 9, som er lidt kortere end stemplet 3's slaglængde. Den nederste tand 13 står ud for føleren 15, når stemplet befinder sig umiddelbart under topdødpunktet. I den modsatte ende af teleskoprøret er der således et markeringsfrit område, som i praksis kan svare til en vinkeldrejning af krumtapakslen 7 på ca. 25° på hver side af bunddødpunktet. I dette område af stempelvandringen afgiver føleren 15 således ingen signaler. Dette område svarer på indikatorgrammet i fig. 4 til stempelvandringen mellem bunddødpunktet 32 og et punkt 33, hvor trykket i forbrændingskammeret 11 er praktisk taget konstant, idet cylinderens skylleporte 34 (se fig. 1) under ekspansionslaget er åbnet af stemplet noget før punktet 33 og tilsvarende under kompressionslaget først lukker et stykke efter punktet 33. Der opstår derfor ikke nogen fejl i beregningen af det indicerede middeltryk, når man på diagrammet udelader området mellem punkterne 32 og 33.

Forsinkelseskredsen 29 indstilles til at give en tidsforsinkelse, som er større end det maksimale tidsinterval mellem to positionssignaler fra føleren 15 i det område af teleskoprøret, hvor der findes markeringstænder 13. Under denne del af stempelvandringen vil der således ikke komme noget udgangssignal fra kredsen 29. I det markeringsfrie område mellem punkterne 32 og 33 på indikatorgrammet vil kredsen 29 derimod afgive et signal til ELLER-kredsen 31, som derved afgiver et udgangssignal og stiller omskifteren 27 om til den modsatte indgang på enheden 28. Omskiftningen i topdødpunktet sker ved, at tælleren 30 er indstillet til at afgive et udgangssignal, når den fra impulsformerer 24 har modtaget et antal signalimpulser svarende til det dobbelte antal tænder 13 på teleskoprøret 9 (idet der som ovenfor nævnt afgives to positionssignaler for hver passage af en tand). Tælleren 30 starter ved den forudgående omskiftning i bunddødpunktet, og når den afgiver sit udgangssignal til ELLER-kredsen 31, nulstilles den påny.

Enheden 28 behandler som ovenfor nævnt de i dens lagre akkumulerede værdier for trykket i forbrændingskammeret 11 og udlæser en gang under hver arbejds cyklus, f.eks. i forbindelse med et af fortegnskiftene, resultatet af beregningen, som vises på det til apparatet hørende display 36. Samtidig tilbagesendes enheden 28 og er således klar til næste arbejds cyklus.

Da der findes markeringstænder 13 umiddelbart op til det sted på teleskopprøret 9, som svarer til stemplets topdødpunkt, og da man ydermere har mulighed for at foretage en finjustering af føleren 15's stilling i forhold til tænderne, er det muligt at foretage en aftastning af trykket i forbrændingskammeret 11 tæt op til topdødpunktet. Den maksimale positionsfejl bliver her ca. en halv tanddeling, hvilket for en motor med en slaglængde på 1600 mm og den ovenfor omtalte tanddeling på 6 mm svarer til en fejl på maksimalt ca. 2 promille på det indicerede middeltryk.

For den lige omtalte motor med 1600 mm slaglængde svarer et markeringsfrit område på 3 mm på hver side af topdødpunktet til en krumtapvinkel på ca. $8,8^\circ$, dvs. væsentligt mindre end den vinkel på ca. 50° ved bunddødpunktet, hvor fortegnskiftet sker under styring af forsinkelseskredsen 29. Under forudsætning af at det beskrevne måleapparat kun skal kunne fungere inden for et interval af motorens omdrejningstal, hvor det maksimale omdrejningstal er rundt regnet tre gange det minimale, kan man ved at vælge en værdi af kredsen 29's tidsforsinkelse, som ved højeste omdrejningstal, er større end tre gange $8,8^\circ$, dvs. ca. 27° krumtapvinkel - og samtidig mindre end 50° - med sikkerhed opnå, at forsinkelseskredsen 29 ikke udløser noget fortegnskift ved topdødpunktet, men alene ved bunddødpunktet. Skal apparatet anvendes ved omdrejningstal inden for et væsentlig større interval, kan tidsforsinkelsen gøres afhængig af motorens omdrejningstal, f.eks. ved at udgangssignalet fra forstærkeren 23 ved hjælp af en frekvens/spændings-omsætter omformes til en frekvensafhængig spænding, hvis spidsværdi benyttes i forsinkelseskredsen.

Fortegnskiftet ved topdødpunktet kunne på lignende måde være styret af en særskilt forsinkelseskreds. Da tidsforsinkelsen for denne kreds må være væsentlig kortere end ved bunddødpunktet på grund af den mindre krumtapvinkel, som er til rådighed for skiftet, vil det i reglen være nødvendigt at lade den være afhængig af motorens omdrejningstal. Ved anvendelse af en forsinkelseskreds i stedet for en tæller bliver fortegnskiftet ved topdødpunktet uafhængigt af den nøjagtighed, hvormed markeringerne er udført og placeret.

Det vil forstås, at enheden 28 på i øvrigt kendt måde kan indrettes til at vise ønskede øjebliksværdier af trykket i cylinderkammeret svarende til udvalgte punkter af arbejdsdiagrammet ifølge fig. 4, eksempelvis kompressionstrykket og det maksimale forbræn-

dingstryk. Normalt vil apparatets behandlingsenhed 28 med de umiddelbart tilsluttede elektroniske komponenter være fælles for hele motoren, medens der for hver cylinder findes en tryktransor 10 og en føler 15, som manuelt kan kobles til og fra resten af apparatet.

Ved beregning af det indicerede middeltryk kan man om ønsket foretage integrationen (summationen) af cylindertrykkene over flere successive omdrejninger af krumtapakslen - i stedet for som beskrevet over kun én omdrejning - og derefter i beregningsenheden 28 udregne en middelværdi. Enheden 28 og displayet 36 kan også være indrettet til at vise f.eks. størrelsen af ekspansionsarbejdet (arealet under ekspansionskurven i fig. 4) og kompressionsarbejdet separat. Endelig kan enheden også kombineres med et oscilloskop, som direkte optegner et indikatoridiagram visende cylindertrykket som funktion af stempelbevægelsen eller som funktion af tiden under en arbejds cyklus. Apparatet kan også udformes således, at det giver alarm i tilfælde af fejl, f.eks. ved registrering af urimelige målevær-

P A T E N T K R A V

1. Apparat til måling af øjebliksværdier for trykket i en stempelforbrændingsmotors cylindre og til beregning af det indicerede middeltryk ved integration af trykket som funktion af stempeelvejen; omfattende en transor (10) til aftastning af cylindertrykket med intervaller, som fastlægges af en stationær føler (15), der samvirker med markeringer på en del af maskinens drivværk, samt en elektronisk kalkulator, hvortil transoren og føleren er koblet, k e n d e t e g n e t ved, at hver cylinder har sit eget sæt af markeringer (13), som er anbragt på en maskindel (9), der uden for cylinderen er stift forbundet med den til cylinderen hørende stempelstang (4),

at markeringerne (13) slutter (ved 33) et stykke før det sted på maskindelen (9), som svarer til stemplets (3) bunddødpunkt (32),

og at der i den elektroniske kalkulator indgår en omskifter (27), som skifter fortegnet for transorens (10) måleværdi under passagen af det markeringsfrie område (32-33), og en tæller (30), som igen skifter fortegn for måleværdien efter modtagelsen af et forudbestemt antal signaler fra føleren (15).

2. Apparat ifølge krav 1, og hvor der til hver cylinder hører et teleskopprør for stempelkølemiddel, k e n d e t e g n e t ved, at markeringerne (13) er anbragt på teleskopprøret (9).

3. Apparat ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at markeringerne er udført som akvidistante og indbyrdes lige brede tænder (13) på teleskoprørets (9) overflade, og at føleren (15) er en induktiv føler.

4. Apparat ifølge krav 2 eller 3, k e n d e t e g n e t ved, at føleren (15) er monteret i væggen af en tætningsbøsning (18), gennem hvilken teleskoprøret (9) er ført ind i motoren, og som er centreret ved hjælp af røret.

5. Apparat ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at føleren (15) er monteret excentrisk i en cylindrisk bøsning (16), som er drejeligt lejret i en indsats (17), der er fastgjort i tætningsbøsningens (18) væg.

6. Apparat ifølge ethvert af kravene 1-5, k e n d e t e g n e t ved, at omskifteren styres via en ELLER-kobling (31) med to indgange sluttet henholdsvis til tælleren (30) og til en forsinkelseskrede (29).

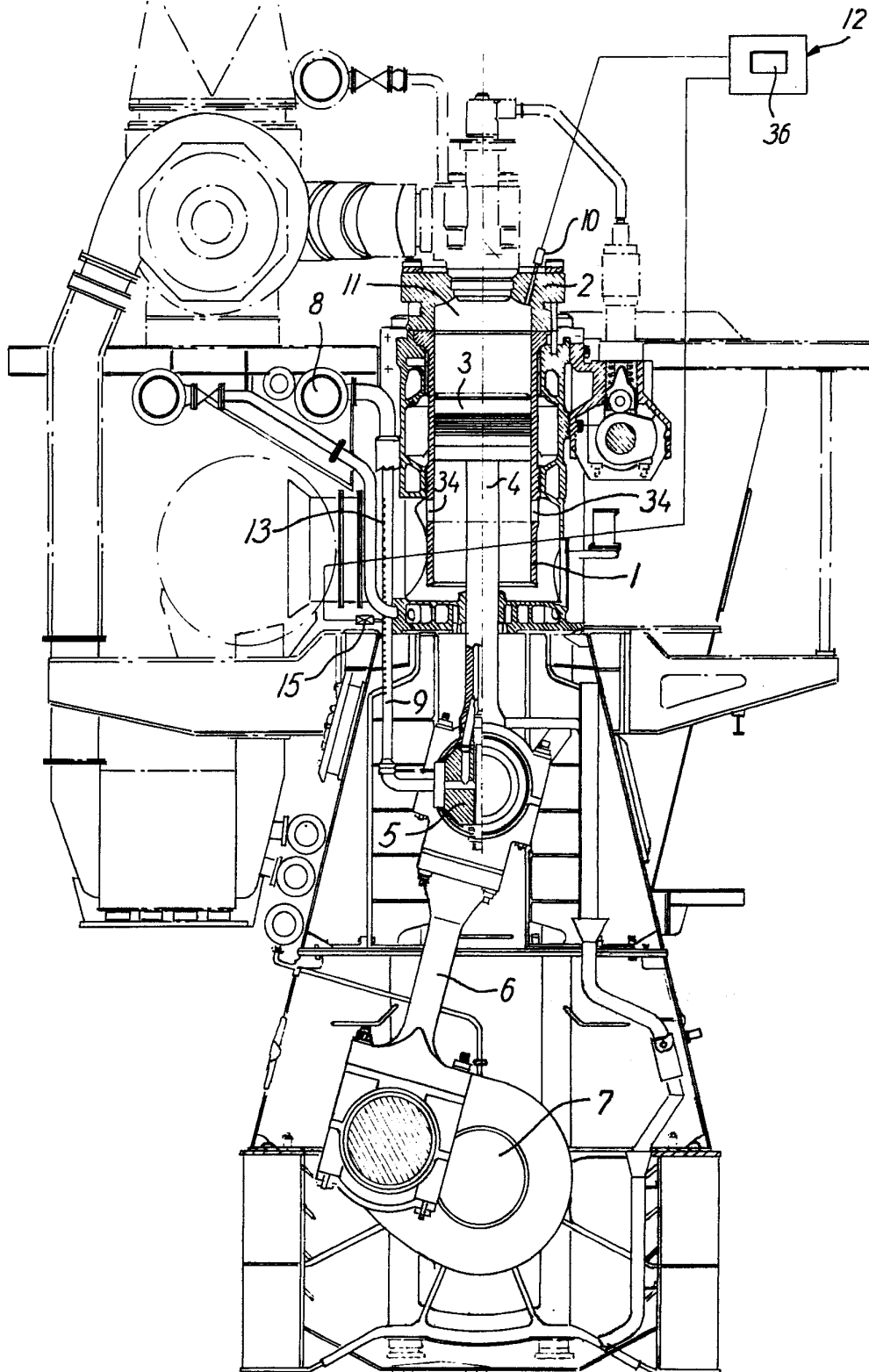
7. Apparat ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at forsinkelseskrede (29) tidsforsinkelse er afhængig af motorens omdrejningstal.

8. Apparat ifølge ethvert af kravene 1-7, k e n d e t e g n e t ved, at det markeringsfrie område (32-33) svarer til ca. 25 krumtapgrader på hver side af bunddødpunktet.

Fremdragne publikationer:

Tyske offentliggørelsesskrifter nr. 2247890, 2348066
USA patenter nr. 3389599, 3503256.

FIG. 1



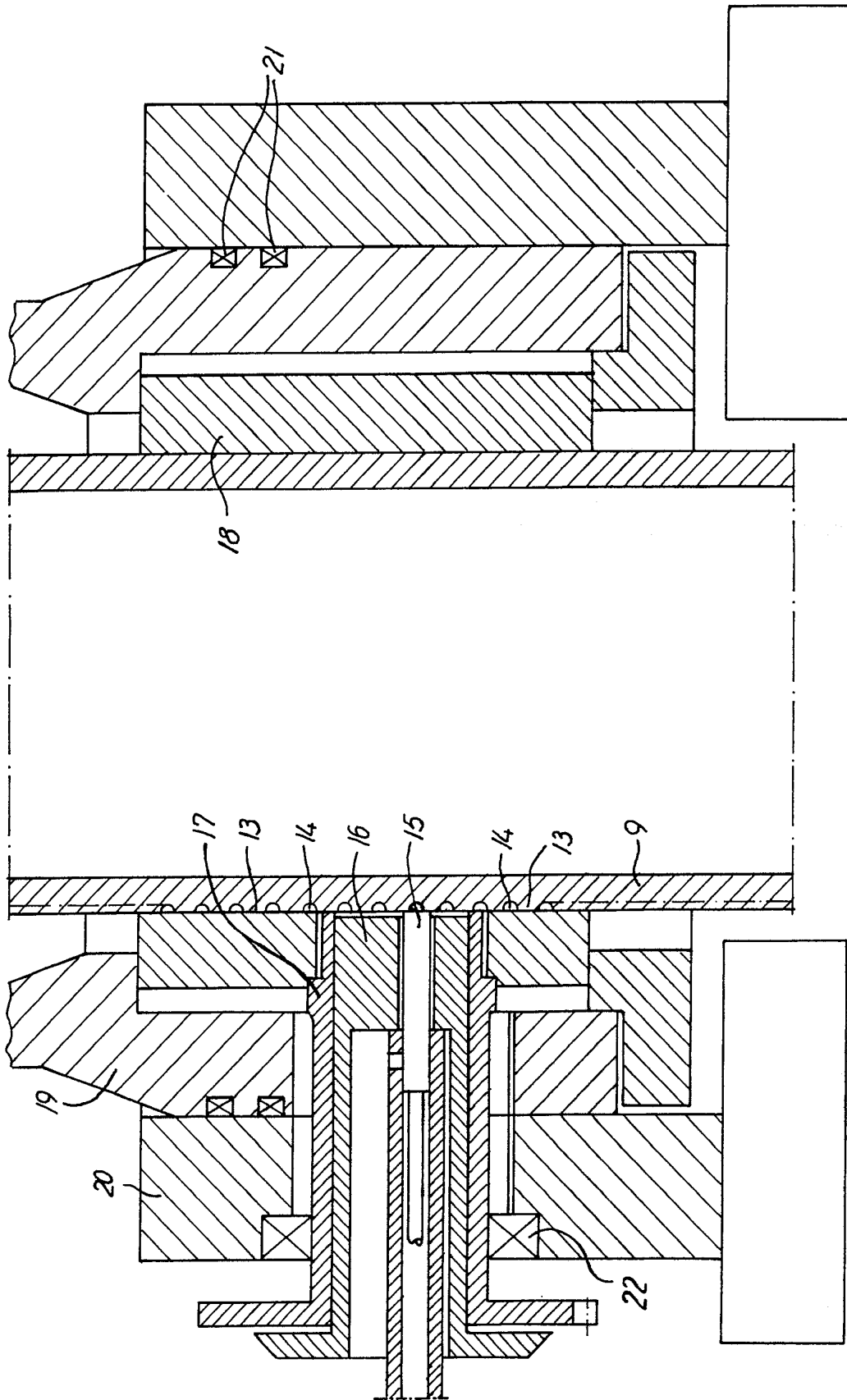
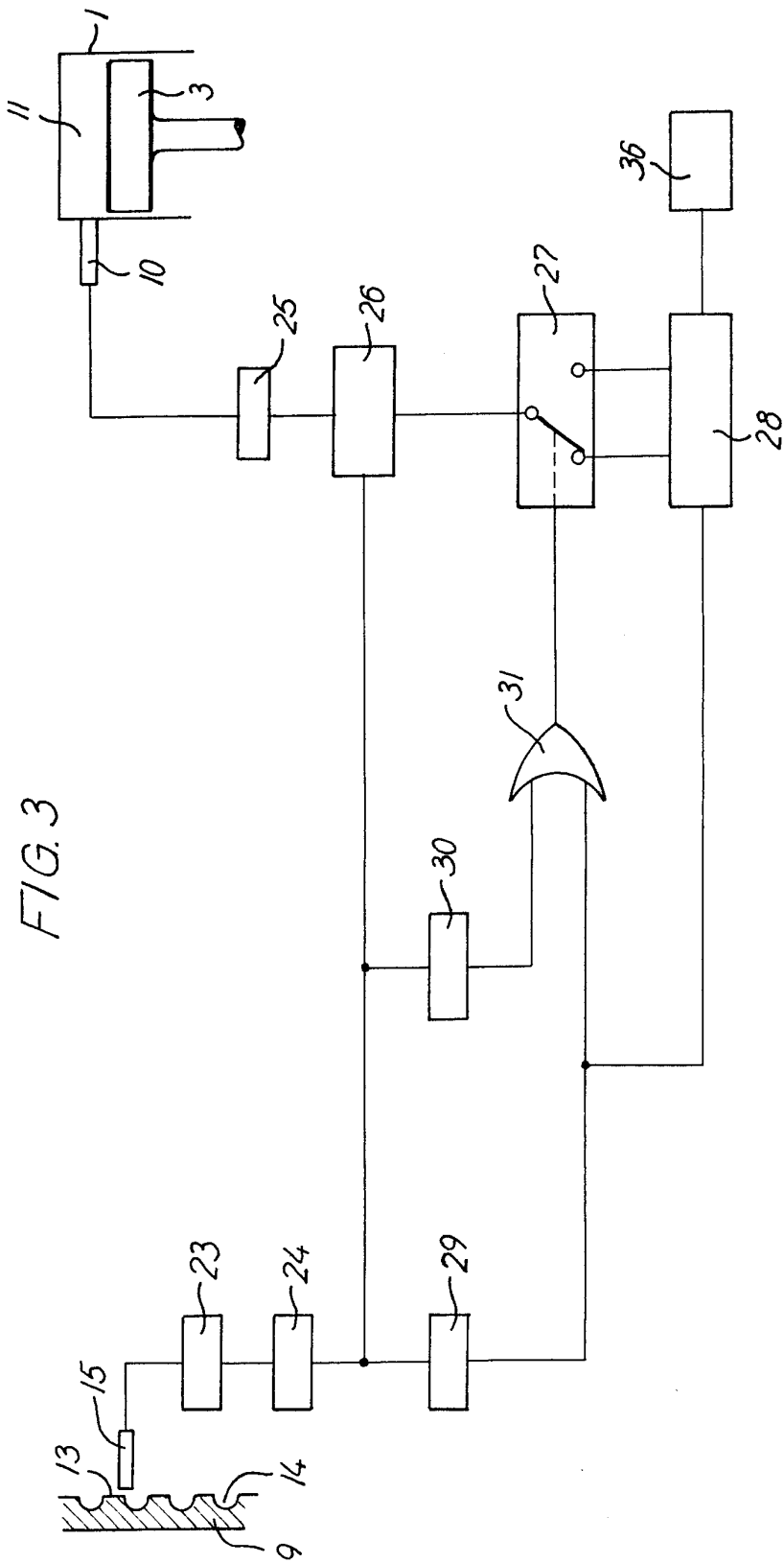


FIG. 2



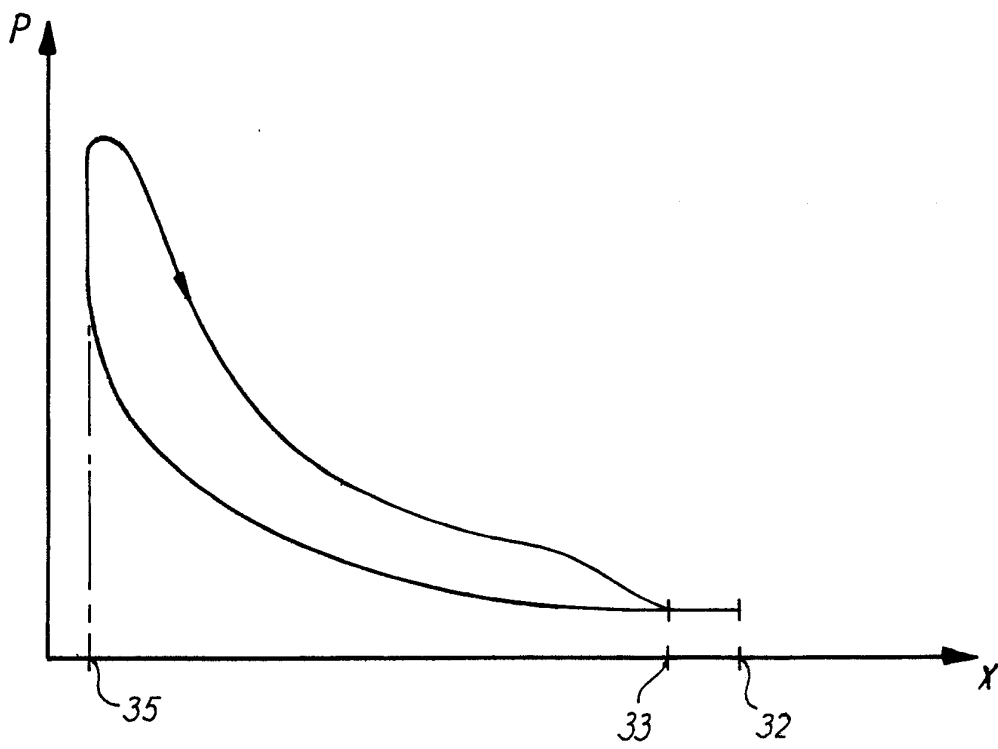


FIG. 4