

(19) DANMARK



DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 144183 B

(21) Ansøgning nr. 5094/78

(51) Int.Cl.³ F 04 B 17/04

(22) Indleveringsdag 16. nov. 1978

(24) Løbedag 16. nov. 1978

(41) Alm. tilgængelig 17. maj 1980

(44) Fremlagt 4. jan. 1982

(86) International ansøgning nr. -

(86) International indleveringsdag -

(85) Videreførelsesdag -

(62) Stamansøgning nr. -

(30) Prioritet -

(71) Ansøger TAISAN INDUSTRIAL CO. LTD., Tokyo, JP.

(72) Opfinder Akira Toyoda, JP.

(74) Fuldmægtig Kontor for Industriel Eneret v. Svend Schønning.

(54) Elektromagnetisk stempelpumpe.

Den foreliggende ansøgning angår en elektromagnetisk stempelpumpe, navnlig til anvendelse med enkeltensrettet strøm som energikilde, og omfattende en elektromagnetisk spole anbragt koaksialt omkring et hus, en ringformet magnetledekerne og en magnetpol anbragt ved modsatte ender af magnetpolens akse, således at der dannes en fluxspredende del mellem dem, et elektromagnetisk anker monteret frem- og tilbagebevægeligt i huset i retning af magnetpolens akse på en sådan måde, at en del af ankeret altid befinder sig i magnet-

UK 144183 B

ledekernen og sammen med et leveringsstempel holdt i en ligevægtsstilling mellem en kontrafjeder og en modsatvirkende hjælpefjeder, idet en afstand l_b mellem spolens og ankerets neutrale punkter, samt en afstand l_a mellem ankerets mod magnetpolen vendende ende og denne har relationen $0,3 < l_a/l_b < 1$.

Et problem ved sådanne pumper er, at pumpens leveringstryk forøges kraftigt ved en forøgelse af driftsspændingen. En sådan karakteristik er uheldig ved mange anvendelser, f.eks. ved anvendelse som oliepumpe til et oliefyr med trykforstøvningsdyse.

Ved kendte pumper af den omhandlede art, f.eks. som omtalt i beskrivelserne til de danske patentansøgninger nr. 6259/74 og 2624/75, er det anbefalet henholdsvis at anvende en pulsationsudlignende trykreguleringsventil eller en membranstyret trykreguleringsventil udformet som et simpelt omløb. Selvom disse løsninger muliggør en præcis regulering, medfører de også, at der i pumpen forekommer et energispild, der ikke er ønskeligt ved en optimering af pumpens konstruktionselementer.

Den foreliggende opfindelse tager sigte på at udforme pumpen således, at dens leveringstryk inden for et i praksis forekommende interval kun i ringe grad ændres ved stigende driftsspænding. Dette formål opnås ifølge opfindelsen ved, at pumpen er ejendommelig ved det i den kendetegnende del af krav 1 angivne.

Den foreliggende opfindelse bygger på, at det magnetiske anker afbalanceres på en bestemt måde i forhold til den elektromagnetiske spole og den magnetiske pol, hvorved den ønskede stabilitet i leveringstrykket er opnåelig uden anvendelse af en trykreguleringsventil. I stedet for at indstille ligevægtsstillingen for ankeret således, at der opnås et maksimalt leveringstryk, anvendes en del af pumpens leveringskarakteristik, hvor en forøgelse af fjederspændingen medfører et faldende leveringstryk. Praktiske forsøg viser, at det er muligt at fremstille en pumpe som inden for et interval, som strækker sig med 50 Volt under og over en normal spænding på 230 Volt har et næsten konstant leveringstryk.

Ifølge opfindelsen kan leveringstrykket og -mængden også indstilles på de i krav 2 og 3 angivne måder, der navnlig kan være fordelagtige, hvis pumpen skal indgå i et forseglet system.

Opfindelsen belyses nærmere i det følgende i forbindelse med tegningen hvor

fig. 1 er en kurve som viser forholdet mellem spændingskildens spænding og leveringstrykket for en elektromagnetisk stempelpumpe af kendt type,

fig. 2 er et lodret snit gennem en kendt elektromagnetisk stempelpumpe,

fig. 3 er et lodret snit gennem en elektromagnetisk stempelpumpe som udgør en udførelsesform for opfindelsen,

fig. 4 er en kurve som viser forholdet mellem de stillinger, hvori det elektromagnetiske stempel er i ligevægt og forbliver stationært og værdierne for en elektrisk strøm som opnås når der udføres justeringer af leveringstrykket fra den elektromagnetiske stempelpumpe ifølge opfindelsen som vist på fig. 3,

fig. 5, 6 og 8 er kurver som viser karakteristikken for forholdet mellem spænding og leveringstryk hos elektromagnetiske stempelpumper ifølge opfindelsen,

fig. 7 og 9 er kurver som viser forholdet mellem spænding og strømstyrke hos den elektromagnetiske stempelpumpe ifølge opfindelsen når pumpen har den på henholdsvis fig. 6 og 8 viste karakteristik,

fig. 10 er en kurve som viser forholdet mellem belastningen og sammentrækningen af den sammensatte fjeder til det elektromagnetiske stempel ifølge opfindelsen,

fig. 11-a er et tværsnit gennem den magnetiske kredsløbsdel til forklarelse af den magnetiske kraft som udøves på det elektromagnetiske stempel i den elektromagnetiske stempelpumpe ifølge opfindelsen, og

fig. 11-b er en kurve som viser forholdet mellem det elektromagnetiske stempels stilling som vist på fig. 11-a og de kræfter som virker derpå.

Før den detaljerede beskrivelse af den elektromagnetiske

stempelpumpe ifølge opfindelsen skal egenskaberne hos en kendt elektromagnetisk stempelpumpe beskrives under henvisning til fig. 2.

Den på fig. 2 viste elektromagnetiske stempelpumpe er i det væsentlige konstrueret således at et pumpehus 108 af ikke-magnetisk materiale er indsat i en aksial boring dannet langs centeraksen af en elektromagnetisk spole 121 med et åg bestående af et spoledække 105, et nedre magnetisk kredsløb 104 og et øvre magnetisk kredsløb 103, et elektromagnetisk stempel 101 er indsat i stempelhuset 108 til frem- og tilbageglidende bevægelse og et magnethoved 102 er indrettet ved den ene endedel af stempelhuset 108 (til glide bevægelse langs midteraksen af det øvre magnetiske kredsløb 103 til bevægelse op og ned som vist)^{er}/anbragt sammen med en afstand fra det elektromagnetiske stempel 101. Den magnetiske tiltrækningskraft som virker på det elektromagnetiske stempel 101 er en sammensat magnetisk tiltrækningskraft bestående af en solenoid tiltrækningskraft udøvet af en magnetisk flux som trænger gennem stempelhuset 108 og spredes ind i dette samt en tiltrækningskraft som frembringes i en kløft af det magnetiske hoved 102.

Det elektromagnetiske stempel 101 er anbragt således at det støder mod et leveringsstempel 106 som er indsat i en cylinder 107 placeret i en hovedkrop 111 til frem- og tilbageglidende bevægelse, og de to stempler 101 og 106 er anbragt imellem en kontrafjeder 109 monteret mellem den nedre ende af det øvre magnetiske kredsløb 103 og stemplet 101 samt en hjælpefjeder 110 monteret mellem en flange 107' i cylinderen 107 og den øvre ende af stemplet 106, således at de to stempler 101 og 106 fastholdes i en stilling hvori de er i ligevægt. Hvis der passerer en strøm gennem den elektromagnetiske spole 121 vil der som nævnt ovenfor blive frembragt en magnetisk tiltrækningskraft som virker på det elektromagnetiske stempel 101 til bevægelse af dette opad på fig. 2, hvorved der sker en nedsættelse af afstanden $l''b$ mellem magnethovedet 102 og det elektromagnetiske stempel 101. Dette giver en sammenpresning af kontrafjederen 109 og en udvidelse af hjælpefjederen 110. Når strømmen afbrydes ophører den magnetiske tiltrækningskraft med at eksistere og det elektromagnetiske stempel 101 føres tilbage til sin oprindelige stilling ved hjælp af kontrafjederens 109 fjederkraft. Idet det elektromagnetiske stempel 101 bevæger sig

som beskrevet udfører leveringsstempellet også en frem- og tilbagegående bevægelse. Ved intermitterende tilføring af strøm til den elektromagnetiske spole 121 arbejder den elektromagnetiske stempelpumpe således at en væske trækkes ved sugning gennem en indløbsport 119 i retning af en pil A og flyder gennem en kontraventil 114 på sugesiden, porte 122 og 122' dannet i cylinderen 107 og en kontraventil 115 på leveringssiden hvorefter det udtømmes gennem en udgangsport 120 i retning af en pil B. Ved at dreje en justeringsskrue 116 som er anbragt på den øvre ende af det magnetiske hoved 102 på en sådan måde at man nedsætter størrelsen af den magnetiske kløft $l''b$, er det muligt at forøge pumpens leveringstryk. Hvis omvendt størrelsen af den magnetiske kløft $l''b$ forøges reduceres pumpens leveringstryk. Dette skyldes at den magnetiske tiltrækningskraft som virker på det magnetiske stempel 101 er omvendt proportional med kvadratet på den magnetiske kløft $l''b$.

Pumpens leveringstryk kan også varieres hvis størrelsen af den magnetiske kløft $l''b$ justeres ved at variere udbøjningerne for kontrafjederen 109 og hjælpefjederen 110 ved at dreje en justeringsskrue 124, som på lufttæt måde er skruet ind i hovedkroppen 111, efter at cylinderen 107 er anbragt i bund på et sæde 123.

Der er monteret låsemøtrikker 117 og 125 til fastgørelse af justeringsskruerne henholdsvis 116 og 124. En møtrik 118 er monteret til med gevind at fastholde spoledækket 105 på plads.

Den på fig. 2 viste kendte elektromagnetiske stempelpumpe har en sådan karakteristisk at variationer i spændingen over den elektromagnetiske spole 121 giver store forandringer i leveringstrykket som vist på fig. 1. Således har det hidtil været nødvendigt at forsyne den elektromagnetiske stempelpumpe med de førnævnte forskellige midler til at holde et i det væsentlige konstant leveringstryk fra pumpen til trods for variationer i den tilførte spænding.

Fig. 3 viser en elektromagnetisk stempelpumpe ifølge opfindelsen. Den på fig. 3 viste pumpe er forsynet med en visende stang til bekvem bestemmelse af stillingen af det elektromagnetiske stempel, som er i ligevægt og forbliver stationært og den stilling som den bevæges til under drift samt måling af det elektromagnetiske stempels slag, til forklaring af de væsentlige træk ved den

foreliggende opfindelse.

I det på fig. 3 viste elektromagnetiske stempel er der indsat et stempelhus 8 i en aksial boring dannet langs centeraksen af en elektromagnetisk spole 21 og der er et ringformet magnetisk kredsløb 3 og en ringformet magnetisk pol 4 anbragt over henholdsvis den øvre endedel og den nedre endedel deraf. En magnetisk fluxspredende del 40 dannes mellem det ringformede magnetiske kredsløb 3 og den ringformede magnetiske pol 4 og et magnetisk stempel 1 er monteret i stempelhuset 8 og anbragt i nærheden af den magnetiske fluxspredende del 40 med en frem- og tilbagegående bevægelse ved hjælp af fjederkræfter fra en hjælpefjeder 9 og en kontrafjeder 10. Den magnetiske fluxspredende del 40 kan være i form af en kløft eller kan være fremstillet af ikke-magnetisk materiale. Et spoledække 5 omgiver den elektromagnetiske spole 21 og en nedre plade 26 virker som et åg som tjener som et magnetisk returkredsløb. En leveringsforbindelse 32 er fastgjort på spoledækket 5 og står i forbindelse med det indre af pumpen gennem en forbindelsesport 28 i lufttæt forhold. En justeringsstang 16 er med gevind indsat i den ene ende af det ringformede magnetiske kredsløb 3 med lufttæt forhold og er i sin nedre ende forbundet med et fjedersæde 33 til montering af hjælpefjederen 9 mellem dette og et elektromagnetisk stempel 1. Kontrafjederen 10 er monteret mellem en flange 38 til et leveringsstempel 6 indsat i en cylinder 7 i en hovedkrop 11 til frem- og tilbageglidende bevægelse og et fjedersæde tilvejebragt i hovedkroppen 11, og fastholdes i et engagement hvor det støder op mod det elektromagnetiske stempel 1. Det elektromagnetiske stempel 1 og leveringsstemplet 6 presses af fjederkræfterne fra de to fjedre 9 og 10, som har samme værdi og som er orienteret i modsat retning, til bevægelse til en stilling hvor de er i ligevægt og forbliver stationære.

Når der føres en strøm til den elektromagnetiske spole 21 bevæges det elektromagnetiske stempel 1 mod den ringformede magnetpol 4 af den elektromagnetiske tiltrækningskraft som er en kraft sammensat af en solenoid tiltrækningskraft og en tiltrækningskraft som frembringes af kløften mellem det elektromagnetiske stempel 1 og magnetpolen 4. Som resultat sammenpresses kontrafjederen 10 og hjælpefjederen 9 udvides, hvilket får leveringspumpen 6 til at bevæge sig nedad. Hvis strømmen til spolen 21 afbrydes forsvinder

den magnetiske kraft og det elektromagnetiske stempel 1 og leveringsstemplet 6 føres tilbage til deres oprindelige stilling ved hjælp af kontrafjederens 10 fjederkraft. På denne måde er en frem- og tilbagegående bevægelse af stemplet tilendebragt. Hvis derfor en afbrudt strøm føres til den elektromagnetiske spole 21 som når en kommerciel tilgængelig vekselstrøm underkastes enkel ensretning, vil der blive indført væske gennem en indførsingsport 19 dannet i hovedkroppen 11 under påvirkning af en kontraventil 14 på sugesiden. Derpå vil væsken passere gennem en åbning 22 dannet i hovedkroppen 11 og stående i forbindelse med cylinderen 7 gennem et kompressionkammer 27 og derefter påvirkes den af en kontraventil 15 på udleveringssiden for at flyde gennem et rør 13 dannet i hovedkroppen 11 ind i stempelhuset 8, hvorfra væsken flyder gennem en boring 34 dannet i det elektromagnetiske stempel 1 og gennem en forbindelsesport 28 ind i udleveringssamlingen 32. I udleveringssamlingen 32 vil væsken blive forhindret i at flyde bagud af kontraventiler 29 og 30 og den udtømmes gennem et udleveringselement 31 som med gevind er forbundet til udleveringssamlingen 32. På denne måde kan det på fig. 3 viste apparat udføre en pumpefunktion.

Kontraventilerne 29 og 30 er tilvejebragt for at udføre følgende funktioner. Når pumpen anvendes til at levere væske til en væskeopbevaringstank som befinder sig på et niveau oven over pumpen modvirker de at vand trænger fra tanken til leveringssiden af pumpen eller modvirker forekomsten af det som betegnes som et efterstrømningsfænomen under det tidsrum hvor pumpen er standset. Når pumpen anvendes til at bringe brændselsolie under tryk og sprøjte det som forstøvede partikler ind i et forbrændingsanlæg kan disse kontraventiler virke til at drosle brændselsoliestrømmen for at forsinke en trykstigning, for derved at nedsætte leveringstrykket til reduktion af den mængde brændselsolie som tilføres og nedsætte den eksplosionsstøj der kommer når brændselsolien tændes. Disse ventiler udgør ikke nogen del af den foreliggende opfindelse. Henvisningstallet 35 angiver en akkumulator.

Når den elektromagnetiske stempelpumpe af den ovenfor beskrevne type bringes til at udføre et forventet stykke arbejde

ved på effektiv måde at anvende en solenoid tiltrækningskraft og en tiltrækningskraft frembragt af en kløft spiller de relative stillinger af det elektromagnetiske stempel 1 og den elektromagnetiske spole 21 samt længden af den magnetiske kløft mellem det elektromagnetiske stempel 1 og den ringformede magnetpol 4 en yderst vigtig rolle. Afstanden mellem det magnetisk neutrale punkt for den elektromagnetiske spole 21, som er det centrale punkt af den elektromagnetiske spoles 21 lodrette akse repræsenteret ved $l_{1/2}$ når den elektromagnetiske spole 21 har en længde l_1 og det magnetisk neutrale punkt, som befinder sig på det elektromagnetiske stempels 1 lodrette akse og som har en afstand fra dets nedre ende med en afstand l_3 (hvis formen er lodret symmetrisk i forhold til det magnetisk neutrale punkt, $l_3 = l_2/2$, hvis længden af det elektromagnetiske stempel 1 er betegnet l_2) vil være betegnet l_b . Afstanden mellem den nedre ende af det elektromagnetiske stempel 1 og den øvre ende af den ringformede magnetpol 4 vil være betegnet l_a . Hvis den frie længde og den sammenpressede længde af hjælpefjedre 9 betegnes h_1 og h'_1 og den frie længde og den sammenpressede længde af kontrafjederen 10 betegnes h_2 og h'_2 , så vil disse to fjedre holde det elektromagnetiske stempel 1 og leveringsstempet i en ligevægtsstilling når mængden af afvigelser, som er omvent proportionale med deres fjederkonstanter K_1 og K_2 , udtrykkes med følgende ligning:

$$\frac{h_1 - h'_1}{h_2 - h'_2} = \frac{K_2}{K_1}.$$

Afstanden mellem de modsatte ender af det elektromagnetiske stempel 21 til fjedersæderne for de to fjedre 10 og 9 er betegnet med a og b. Hvis længden af justeringsstangen 16 betegnes c' vil værdierne af l_a og l_b kunne beregnes ved at måle længden c af stangen 16 som rager opad fra den øvre ende af den ringformede magnetkredsløb 3 hvor justeringsstangen 16 er drejet til at indstille længden b.

Til sikring af værdierne $1a$ og $1b$ fundet ved beregning og for at kunne måde stillingerne og længderne af slaget af den frem- og tilbagegående bevægelse af det elektromagnetiske stempel 1 (indbefattet leveringsstemplet 6 som samarbejdet med det elektromagnetiske stempel 1) er fjedersædet 33 og justeringsstangen 16 dannet deri med en aksialt udstrakt boring hvori en viserstang 36 er indsat til frem- og tilbagegående bevægelse. Viserstangen 36 er indsat i og fastgjort til det elektromagnetiske stempel 1 i den ene ende og bærer en viser 37 i den anden ende. En cylinderformet gennemsigtig hætte 38 er i bunden fastgjort til den med gevind forsynede ende af justeringsstangen 16 til tilvejebringelse af en forsegling af enden af justeringsstangen. Disse dele udgør et måleorgan til udførelse af forsøg. Låsemøtrikken 17 er beregnet til at modvirke rotation af justeringsstangen 16.

Der blev udført forsøg ved drejning af justeringsstangen 16 for at variere længden af c eller af værdierne $1a$ og $1b$ idet der til denne elektromagnetiske stempelpumpes elektromagnetiske spole 21 påføres en spænding vundet ved at underkaste en vekselstrøm på 50 Hz og 200 V enkelensretning og ved at sprøjte petroleum under tryk i form af forstøvede partikler i en hastighed på 6 liter/time (1,5 gallon pr. time).

Fig. 4 viser pumpens karakteristik for leveringstrykket og værdien af den strøm som sendes gennem den elektromagnetiske spole 21 når værdierne for $1a$ og $1b$ varieres som nævnt ovenfor. Værdierne for c , $1a$ og $1b$ er angivet i mm langs abscisseaksen og værdierne for leveringstrykket og strømstyrken er angivet på ordinataksen i henholdsvis kg/cm^2 og mA. Det fremgår af fig. 4 at der er to punkter hvor trykket har samme værdi på 7 kg/cm^2 . Dvs. at der er to indstillede punkter for $cA = 16 \text{ mm}$ og $cB = 21 \text{ mm}$ og at værdien for strømstyrken er en lille smule større i stillingen cB . I dette tilfælde er værdien for a en konstant på $7,2 \text{ mm}$.

Fig. 5 viser karakteristikken for leveringstrykket i forhold til spændingen og karakteristikken for strømstyrken i forhold til spændingen hos en pumpe fundet når $cA = 16 \text{ mm}$ og $cB = 21 \text{ mm}$ hvor justeringsstangen 16 er drejet til at indstille værdien c og pumpens indstillede leveringstryk ved 7 kg/cm^2 . Værdien af spændingen

V indført på den elektromagnetiske spole 21 er angivet på abskisseaksen og leveringstrykket p kg/cm^2 og strømstyrken mA i den elektromagnetiske spole er angivet på ordinataksen.

På fig. 5 viser en kurve med runde markeringer en karakteristik som udøves når pumpen var indstillet på cA og en kurve med krydsmarkeringer repræsenterer en karakteristik som udøves når den var indstillet på cB. Det fremgår at når pumpen var indstillet på cB steg leveringstrykket i det væsentlige proportionalt med en forøgelse af den på den elektromagnetiske spole tilførte spænding på samme måde som i en konventionel magnetisk stempelpumpe, men når pumpen var indstillet på cA var variationerne i leveringstrykket yderst små og leveringsstrykket var i det væsentlige stabilt når den tilførte spænding til den elektromagnetiske spole overskred 170 V. Når pumpen var indstillet på cB havde leveringstrykket også en tendens til at stige som vist på fig. 4 idet summen af udbøjninger af kontrafjederen 10 og hjælpefjederen 9 forøgedes til at bevæge det elektromagnetiske stempel 1 nærmere til den ringformede magnetpol 4. Når imidlertid pumpen var indstillet på cA faldt leveringstrykket idet summen af udbøjninger af kontrafjederen 10 og hjælpefjederen 9 steg til bevægelse af det elektromagnetiske stempel nærmere mod den ringformede magnetpol 4. Dette er en tendens som går modsat den tendens som udvises af konventionelle elektromagnetiske stempelpumper. Den ovennævnte metode til anvendelse af kontrafjederen 10 og hjælpefjederen 9 udgør en udtalt forskel mellem den elektromagnetiske stempelpumpe ifølge opfindelsen og konventionelle elektromagnetiske stempelpumper. Også det numeriske forhold mellem 1a og 1b er en vigtig faktor.

Forholdet mellem værdierne af spændingen og strømstyrken som påføres den elektromagnetiske spole er således at de er proportionale med hinanden på i det væsentlig lineær måde. Strømstyrken er en lille smule større når pumpen er indstillet på cB.

Fig. 6 og 8 viser karakteristikken mellem leveringstryk og spænding hos en pumpe under samme betingelser fundet når leveringsstrykket varieredes til henholdsvis 6 kg/cm^2 , 7 kg/cm^2 og 8 kg/cm^2 mens der førtes en vekselstrøm på 50 Hz og 200 V gennem den elektromagnetiske spole ved at variere værdierne for c efter at summen af udbøjninger af kontrafjederen 10 og hjælpefjederen 9 var steget til at bevæge det elektromagnetiske stempel 1 mod den ringformede magnetpol 4 således at pumpen blev bragt i en tilstand

hvor leveringstrykket falder. Det skal tilføjes at på fig. 6 er værdien af a 7,2 mm og på fig. 8 er den tilsvarende værdi 10,7 mm mens de øvrige betingelser er de samme. Fig. 7 og 9 viser værdierne for strømstyrken i mA som går gennem den elektromagnetiske spole i forhold til værdierne af spændingen V i den forbindelse med fig. 6 og 8 beskrevne pumpe. På fig. 6-9 angiver en brudt linie, en fast linie og en streg-prik-linie de forandringer som fremkommer når trykket indstilles på henholdsvis 6, 7 og 8 kg/cm².

Det fremgår af de på fig. 6-9 viste kurver at leveringstrykket er i det væsentlige stabilt når spændingen ændres med $\pm 15\%$ over eller under 200 V. Det fremgår også at værdierne for strømstyrken varierer i det væsentlige lineært proportionalt med ændringerne i spændingen. Karakteristikken mellem leveringstryk og spænding er således at den ikke udviser nogen ændring selv hvis mængden af den væske som udsendes gennem dysen varieres, bortset fra at den udviser ændringer når justeringsstangen 16 drejes i en retning hvori værdien af c nedsættes. Leveringstrykket har tværtimod tendens til at blive mere og mere stabilt. Dette gælder når pumpen indstilles på et lavt leveringstryk. Hvis det imidlertid er nødvendigt i høj grad at forøge den mængde væske som udsprøjtes gennem dysen eller at forøge pumpens leveringstryk vil der opstå en tendens som er modsat den ovenfor nævnte tendens. Det siger derfor sig selv at det er nødvendigt at variere specifikationerne for den elektromagnetiske stempelpumpe eller at ændre udformningen af den elektromagnetiske spole, det elektromagnetiske stempel og leveringsstemplet når man skal opfylde de ovennævnte krav.

Efter gennemføring af en række forsøg er det fastslået at karakteristikken mellem leveringstryk og spænding for pumpen kan stabiliseres hvis værdierne for 1a og 1b og deres indbyrdes forhold holdes inden for bestemte områder.

Tabel 1 viser resultaterne fra disse forsøg.

Tabel 1

Nr.	a' (mm)	c' (mm)	c (mm)	h ₁ -h' ₁ (mm)	h ₂ -h' ₂ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	l _a /l _b	50 Hz 200 V x		50 Hz 200 V		Stabilitet spænding-leveringstryk
									tryk (kg/cm ²)	strømstyrke (mA)	tryk (kg/cm ²)	Udløbsport lukket strømstyrke (mA)	
1	7,2	42	15	9,4	10,6	1,2	2,45	0,49	4,0	310	4,8	314	o
2	"	"	16	9,0	10,0	1,8	3,05	0,59	5,0	312	5,6	315	o
3	"	"	17	8,5	9,5	2,3	3,55	0,65	6,1	316	6,7	318	o
4	"	"	18	8,0	9,0	2,8	4,05	0,69	7,1	320	7,65	325	o
5	"	"	19	7,5	8,5	3,3	4,55	0,73	8,3	322	9,3	328	o
6	"	"	20	7,1	7,9	3,9	5,15	0,76	9,2	324	10,3	334	Δ
7	"	"	21	6,6	7,4	4,4	5,65	0,78	9,8	328	11,2	337	Δ
8	"	"	21,5	6,4	7,1	4,7	5,95	0,79	10,0	330	11,6	342	x
9	"	40	13	9,4	10,6	1,2	2,45	0,49	3,8	310	4,6	312	o
10	"	"	14	9,0	10,0	1,8	3,05	0,59	4,9	312	5,6	314	o
11	"	"	15	8,5	9,5	2,3	3,55	0,65	6,0	316	6,6	316	o
12	"	"	16	8,0	9,0	2,8	4,05	0,69	7,0	320	7,6	324	o
13	"	"	17	7,5	8,5	3,3	4,55	0,73	8,2	324	9,2	327	o
14	"	"	18	7,1	7,9	3,9	5,15	0,76	9,4	328	10,4	334	Δ
15	"	"	19	6,6	7,4	4,4	5,65	0,78	9,8	330	11,4	338	Δ
16	"	"	20	6,1	6,9	4,9	6,15	0,80	8,7	340	9,7	350	x
17	"	"	21	5,7	6,3	5,5	6,75	0,81	7,0	350	7,6	360	x
18	"	"	21,5	5,4	6,1	5,7	6,95	0,82	6,3	360	6,7	367	x
19	"	43	19,0	8,0	9,0	2,8	4,05	0,69	7,0	320	7,7	325	o

x 1,5 G/h dyse

Tabel 1 (fortsat)

Nr.	a' (mm)	c' (mm)	c (mm)	h ₁ -h' ₁ (mm)	h ₂ -h' ₂ (mm)	z _a (mm)	z _b (mm)	z _a /z _b	50 Hz 200 V x		50 Hz 200 V		Stabilitet spænding- leveringstryk
									tryk ₂ (kg/cm ²)	strømstyrke (mA)	tryk ₂ (kg/cm ²)	udløbsport lukket strømstyrke (mA)	
20	7,2	43	22,5	6,4	7,1	4,7	5,95	0,79	9,9	330	11,3	340	x
21	9,2	43	20,5	6,4	7,1	2,7	3,95	0,68	6,9	320	7,5	324	o
22	10,7	40	15	6,8	7,7	0,6	1,85	0,32	3,3	310	4,3	310	o
23	"	"	16	6,4	7,1	1,2	2,45	0,49	4,1	310	5,0	314	o
24	"	"	17	5,9	6,6	1,7	2,95	0,58	4,9	312	5,7	316	o
25	"	"	18	5,4	6,1	2,2	3,45	0,64	6,0	316	6,8	318	o
26	"	"	19	5,0	5,5	2,8	4,05	0,69	6,9	320	7,6	324	o
27	"	"	20	4,5	5,0	3,3	4,55	0,73	8,1	322	9,2	326	o
28	"	"	21	4,0	4,5	3,8	5,05	0,75	9,0	326	10,4	334	Δ
29	"	"	21,5	3,8	4,2	4,1	5,35	0,77	9,45	328	10,6	336	Δ

Tabel 1 viser at selv hvis afstanden a mellem den nedre ende af det elektromagnetiske stempel 21 og sædet for kontrafjederen 10 samt længden c' af justeringsstangen 16 varieres, er det muligt at indstille og fastlægge værdierne af l_a og l_b til i det væsentlige konstante områder ved at indstille værdien af c og at pumpens karakteristik mellem leveringstryk og spænding stabiliseres på denne måde. Pumpens leveringstryk er således at det er det samme som det leveringstryk som kræves til at udsprøjte petroleum under tryk gennem en dyse i forstøvede partikler med en hastighed på 1,5 gallon pr. time som nævnt ovenfor. Betegnelsen "tryk med udløbsport lukket" refererer til et tryk som hersker når udløbs-siden er lukket. Det vil bemærkes at i nogle tilfælde er værdien af den strømstyrke som passerer gennem den elektromagnetiske spole en lille smule større når udløbssiden er lukket end når olien udsendes som forstøvede partikler. Det fremgår at når udløbssiden er lukket forbliver det elektromagnetiske stempel 1 i det væsentlige stationært i en stilling hvori det har en lille afstand fra den ringformede magnetpol 4, med det resultat at den magnetiske kløft er en lille smule større og at strømstyrken har højere værdi. Som vist i tabel 1 er der imidlertid ikke nogen stor forskel i værdien af den gennem spolen gående strømstyrke mellem det tidspunkt hvor udløbssiden er lukket og det tidspunkt hvor der udsendes olie som forstøvede partikler i forhold til de forskelle i strømstyrkens værdi som fremkommer når der anvendes en vekselstrøm og man kan betragte strømstyrkens værdi som i det væsentlige konstant. Værdierne for l_b og l_a er beregnet som beskrevet ovenfor. Det er muligt at bekræfte værdierne l_a og l_b på grundlag af visserens 37 stilling.

Der blev derpå udført et forsøg til måling af stillingen af den frem- og tilbagegående bevægelse af det elektromagnetiske stempel og slagets længde ved måling af bevægelsen af visseren 37 under anvendelse af et stroboskop, hvor c_a var indstillet på 16 mm eller $l_a \div 2,8$ mm og $l_b \div 4,05$ mm hvor karakteristikken mellem leveringstryk og spænding er mest stabiliseret når der sendes olie gennem dysen med en hastighed på 1,5 gallon pr. time som beskrevet ovenfor. Resultaterne viser at når olien leveres ved et leveringstryk på 7 kg/cm^2 bevæges den nedre ende af det elektromagnetiske stempel nedad i forhold til stillingen af den øvre ende af den ringformede magnetpol 4 eller med en afstand på 2,8 mm og det bevæger sig i frem- og tilbagegående bevægelse med en afstand på ca.

$\bar{z}$ 1 mm opad og nedad eller med en slaglængde på ca. $\bar{z}$ 2 mm fra den nævnte stilling. På dette tidspunkt var strømhastigheden af den leverede olie $3780 \times 1,5 \times \eta = 5400 \text{ cm}^3/\text{h}$. Leveringsstempellet 6 har en diameter på 5 mm og bevæger sig i en frem- og tilbagegående bevægelse med en hastighed på 50 gange pr. sekund således at dets slaglængde kan beregnes på følgende måde:

$$\frac{5400}{60 \times 60 \times 50 \times \frac{\pi \cdot 0,5^2}{4}} \div 1,5 \text{ mm}$$

Det skyldes indflydelsen fra olie som siver mellem stemplet 6 og cylinderen 7, sugeventilens og udtømningsventilens ventilvirkning og komprimerbarheden af den gas som er indeholdt i petroleumen, at den faktisk målte slaglængde er en smule større end den slaglængde der vindes ved beregning, og at der er en lille variation som er ca. $\bar{z}$ 2 mm. Hvis dysen fjernes fra leveringsenden af pumpen er det elektromagnetiske stempels 1 arbejdsstilling sådan at det har en slaglængde på ca. 6 mm, som kan opdeles i ca. 1 mm opad fra den stationære ligevægtsstilling og ca. 5 mm ned derfra. Strømhastigheden for den leverede olie er på dette tidspunkt 18,5 liter pr. time. Denne værdi er i det væsentlige i overensstemmelse med den værdi der vindes ved beregning udført på den ovenfor omtalte måde. Det bemærkes at det øvre døde center for slaglængden strækker sig ca. 1 mm opad fra den stationære ligevægtsstilling. Dette skyldes energien af massens inertie i kontrafjederen 10 som det elektromagnetiske stempel 1 er underkastet i returslaget. Det er et ejendommeligt træk ved den elektromagnetiske stempelpumpe ifølge opfindelsen i forhold til kendte elektromagnetiske stempelpumper at det nedre døde center for slaglængden af det elektromagnetiske stempel 1 befinder sig i en stilling hvor det kun er ca. 1 mm under den øvre overflade af den ringformede magnetpol 4, uanset om pumpen har et højt leveringstryk med en dyse monteret på dens leveringsende eller om pumpen har et lavt leveringstryk fordi dens leveringsende er åben.

Forholdet mellem det elektromagnetiske stempels stilling og dets slagbevægelse i magnetiske stempelpumper med en ringformet magnetpol af denne type er beskrevet i kendte publikationer inden for området, såsom beskrivelsen til japansk brugsmønster nr. Sho 42-16698 med titlen "Elektromagnetisk apparat af vibrationstypen" og japansk patentskrift nr. Sho 48-25563 med titlen "Forbedring

af elektriske motorer", og navnlig i den offentliggjorte japanske patentansøgning nr. Sho 51-60002 med titlen "Stempelpumpe af den elektromagnetiske type". I disse publikationer er det beskrevet at ændringer i den magnetiske tiltrækningskraft foregår langsomt i forhold til ændringer i det elektromagnetiske stempels stilling, og at der kan opnås en forholdsvis stabil strømningshastighed sammenlignet med tidligere kendte pumper selv hvis den spænding som sættes til den elektromagnetiske spole nedsættes. En sammenligning af fig. 4 og 5 viser at den elektromagnetiske tiltrækningskraft er mindre end ca. 1,5 kg når den tilførte spænding har en normal værdi, og at middelværdien af den elektromagnetiske tiltrækningskraft nedsættes til det halve med værdien værende på 0,7 til 1 kg, når den tilførte spænding nedsættes til 70% af værdien. Dette vil give en udtalt reduktion af leveringstrykket og sådanne pumper vil ikke være egnede til praktisk brug hvis det er nødvendigt at fastholde et leveringstryk på ca. 7 kg/cm^2 hele tiden og at stabilisere leveringstrykket sådan som det er tilfældet med pumpen ifølge den foreliggende opfindelse.

Ved den foreliggende opfindelse har den magnetiske tiltrækningskraft en lineær relation i forhold til de relative stillinger af det elektromagnetiske stempel og den elektromagnetiske spole og stillingen af kløften mellem det elektromagnetiske stempel og den ringformede magnetpol. Summen af den solenoide tiltrækningskraft og den tiltrækningskraft som frembringes af kløften stiger i en skarp kurve. Før beskrivelsen af dette fænomen skal udbøjningen og belastningen af en såkaldt sammensat fjeder bestående af kontrafjederen og hjælpefjederen som virker i overensstemmelse med den magnetiske tiltrækningskraft beskrives under henvisning til fig. 10. På fig. 10 repræsenterer et punkt Q udbøjningen ($h_1 - h'_1$) i mm af hjælpefjederen når leveringstrykket af pumpen er indstillet til 7 kg/cm^2 ved at indstillingsstangen er justeret frem langs den vandrette akse mod højre fra et punkt O, og et punkt R repræsenterer udbøjningen ($h_2 - h'_2$) i mm for kontrafjederen når den indstilles mod venstre for punktet O.

Fjederkonstanterne for de to fjedre kan betegnes med henholdsvis K_1 og K_2 . Derpå afmærkes som beskrevet ovenfor en belastning på $K_1 (h_1 - h'_1) = K_2 (h_2 - h'_2)$ i et punkt O' på en linje lodret over punktet O, punkterne Q og O' samt R og O' forbindes og et skæringspunkt P på forlængelsen af linjen RO' og en linje vinkel-

ret på punktet Q forbindes. En linje parallelt med linjen OP trækkes fra punktet O' således at den skærer forlængelsen af linjen Q'P i et punkt P'. Punkterne O' og P' forbindes. Linjen O'P' repræsenterer karakteristikken for udbøjning/belastning for den sammensatte fjeder. Hvis det elektromagnetiske stempel, som er i ligevægt og stationært i punktet O' idet det er underkastet fjederkræfterne fra de to fjedre som er lige store i intensitet men modsat rettet, bevæges af den magnetiske tiltrækningskraft mod den ringformede magnetpol, så vil kontrafjederen komprimeres og dens udbøjning forøges, således at dens belastning forøges. På den anden side vil hjælpefjederen udvides og dens udbøjning vil reduceres, således at dens belastning reduceres. Således vil den relative belastning som tilføres den sammensatte fjeder forøges. Dvs. at det elektromagnetiske stempel bringes i ligevægt når en forandring af belastningen med hensyn til udbøjningen og en forandring i den magnetiske tiltrækningskraft som får det elektromagnetiske stempel til at bevæge sig, er lige store. Hvis pumpens leveringstryk er 7 kg/cm^2 og strømhastigheden af den af pumpen leverede væske er $5400 \text{ cm}^3/\text{h}$ som beskrevet ovenfor vil det elektromagnetiske stempel bevæge sig i en frem- og tilbagegående bevægelse i en stilling som er ca. 2,8 mm under ligevægtsstillingen eller i en stilling hvor dets nedre ende i det væsentlige er i plan med den øvre ende af den ringformede magnetpol 4, med en slaglængde på ca. 2 mm eller 1 mm over denne stilling og 1 mm under denne stilling. Hvis dette fænomen iagttages på fig. 10 er belastningen af den sammensatte fjeder på ca. 1500 g i et punkt Q", som er fjernet med 2,8 mm fra punktet O' mod punktet Q', en gennemsnitlig belastning. I den nuværende praksis arbejder den sammensatte fjeder her med at udvide og trække sig sammen med en belastning inden for området mellem 1000 og 2000 g.

Leveringsstemplet 6 har et tværsnitsareal på $0,2 \text{ cm}^2$, således at det kan modstå trykket på 7 kg/cm^2 . Det vil være helt naturligt at den magnetiske tiltrækningskraft til at holde leveringstrykket på 7 kg/cm^2 bør være en tiltrækningskraft som er større end den nævnte fjederbelastning, når de friktionsmodstande som fremkommer af forskellige glidende dele i pumpen, den strømningsmodstand som gives af fluidet, ventilernes virkning og en udsivning af fluidum mellem leveringsstemplet og cylinderen tages i betragtning.

Den såkaldte solenoide tiltrækningskraft som virker mellem

det elektromagnetiske stempel og den elektromagnetiske spole skal beskrives. Når det elektromagnetiske stempel går ind i den elektromagnetiske spole er den førstnævnte mættet. Umiddelbart før det elektromagnetiske stempel kommer under indflydelse af den magnetiske flux i spolen og når spolens magnetisk neutrale punkt falder sammen med stemplets neutrale punkt eller når $l_b=0$ bliver tiltrækningskraften 0. Det er en meget kompliceret proces at bestemme den magnetiske tiltrækningskraft nøjagtigt, fordi der ikke blot fremkommer ændringer i en sådan kraft som følge af ændringer i amperevinding men også ved formen og dimensionerne af spolen og ved stemplets længde og den magnetiske fluxintensitet. Ved den foreliggende opfindelse har det elektromagnetiske stempel en mindre længde end den elektromagnetiske spole, men længden af det elektromagnetiske stempel plus længden af det ringformede magnetkredsløb 3 og den ringformede magnetpol 4 er større end længden af den elektromagnetiske spole. Ifølge nuværende praksis kan den solenoide tiltrækningskraft beregnes ud fra følgende eksperimentelle formel:

$$F_s = CS \frac{NI}{l_1}$$

hvor S = det elektromagnetiske stemplets tværsnitsareal (cm^2)

I : strømstyrken i spolen (A)

N : antallet af viklinger i spolen

l_1 : spolens længde (cm)

C : en konstant ($1,6 \sim 1,9$) $\times 10^{-3}$ (hvilket kan være

$C = 1,7 \times 10^{-3}$ til praktisk brug)

F_s : solenoid tiltrækningskraft (kg)

Den maksimale tiltrækningskraft af et mættet elektromagnetisk stempel er direkte proportionalt med en strømstyrke. Hvis det elektromagnetiske stemplets magnetiske fluxdensitet befinder sig under bøjningen af B-H-kurven vil konstanten C ændre sig i direkte forhold til ampereviklingerne, hvilket betyder at tiltrækningskraften vil undergå en ændring med forholdet $(NI)^2$.

Når det cylindriske elektromagnetiske stempel går ind i et koaksialt cylindrisk rum såsom det der dannes af den ringformede magnetpol 4 og de magnetiske kraftlinjer prøver at trænge ind i det elektromagnetiske stempel i en retning vinkelret på dets side

udtrykkes kløftens magnetiske ydeevne med følgende relation:

$$P = \frac{\mu S'}{l} = \frac{\pi \mu (D+2\delta) l_c}{\delta}$$

hvoraf fås

$$\frac{dP}{dl_c} = \frac{\pi \mu (D+2\delta)}{\delta}$$

$$F_c = \frac{\pi}{2} U^2 \frac{\mu (D+2\delta)}{\delta} \cdot \frac{1}{9,81}$$

hvor symbolerne har følgende betydning

P: magnetisk ledeevne

μ : $\div \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/AT.m

S': det areal (m^2) af den ringformede magnetpol som overlapper det elektromagnetiske stempel

D: det elektromagnetiske stempels diameter (m)

l_c : den længde hvormed det elektromagnetiske stempel overlapper den ringformede magnetpol

δ : magnetisk kløft mellem elektromagnetisk stempel og ringformet magnetpol

U: magnetomotorisk kraft NI ampereviklinger

F_c : tiltrækningskraft kg (vægt).

Det vil sige at tiltrækningskraften F_c virker i en retning hvori l_c stiger, og at det elektromagnetiske stempel trækkes ind i den ringformede magnetpol. I den foreliggende elektromagnetiske pumpe trækkes imidlertid den nedre endedel af det elektromagnetiske stempel i en lille smule nedad i forhold til den øvre ende af den ringformede magnetpol, og det elektromagnetiske stempel arbejder i et nedre dødcenterområde på $l_c < 1$ mm, uanset om trykket til levering af et fluidum under tryk er næsten 0 eller leveringsstrykket stiger til et niveau i nærheden af 7 kg/cm^2 . Det elektromagnetiske stempel trækkes ikke dybere ind i den magnetiske pol end inden for det ovennævnte område.

Som vist på fig. 11-a og 11-b målttes arbejdsstillingerne for det elektromagnetiske stempel i stempelhuset 8 og arbejdskræfterne for stemplet ved at fjerne denne pumpekontrafjeder 10 og hjælpefjeder 9 samt leveringsstempel 6. Når en enkeltensrettet strøm

på 50 Hz og 200 V førtes til den elektromagnetiske spole 21 og der ikke indførtes noget fluidum i pumpen bevægedes det elektromagnetiske stempel 1 i en vibrerende bevægelse med meget lav intensitet eller forblev i det væsentlige stationær i en stilling på $l_c \div 4$ mm. Når det elektromagnetiske stempel 1 blev anbragt til højre på fig. 11-a bevægede det sig mod venstre. Hvis pumpen blev anbragt lodret som vist på fig. 3 bevægede det i den nedre del anbragte elektromagnetiske stempel 1 sig opad. I alle tilfælde bevægede stemplet sig i vibrerende bevægelse med meget lav intensitet eller forblev i det væsentlige stationært i stillingen $l_c \div 4$ mm. Når det elektromagnetiske stempel 1 var placeret i venstre side bevægede det sig mod højre på grund af den pludselige forøgede magnetiske tiltrækningskraft og bevægede sig i en vibrerende bevægelse med meget lav intensitet i stillingen $l_c \div 4$ mm. Den vibrerende bevægelse med meget lav intensitet af det elektromagnetiske stempel kunne ikke registreres med det blotte øje og det elektromagnetiske stempel så ud som om det forblev stationært. Imidlertid blev det elektromagnetiske stempel 1 bedømt som værende i vibrerende bevægelse med lav intensitet fordi der blev frembragt en svagt vibrerende lyd af en umagnetisk metallisk stang påført det elektromagnetiske stempel 1.

Fra det foregående vil det fremgå at det elektromagnetiske stempels arbejdsstilling og slaglængde udviser ændringer i afhængighed af den tilstand hvorunder det er bragt i ligevægt af kontrafjederen og hjælpefjederen, tilstedeværelse eller fraværelse af sådanne fjedre og trykket og strømhastigheden af det leverede fluidum, selv hvis den strømstyrke som passerer gennem den elektromagnetiske spole er en enkeltensrettet strøm af samme værdi. Hvis derfor pumpen tages i praktisk brug må forholdet mellem den magnetiske tiltrækningskraft og belastningen af den sammensatte fjeder fastlægges på en sådan måde at det elektromagnetiske stempels 1 slagende eller det nedre døde center deraf er placeret i en stilling hvori værdien l_c er mindre end 1 mm.

Det fremgår at fjedrenes elastiske kræfter virker således at de påfører en bremse på den tiltrækkende kraft F_c som virker til at forøge der overlappende dele af det elektromagnetiske stempel 1 og den ringformede magnetpol 4 eller værdien l_c .

Ifølge den foreliggende opfindelse har det elektromagnetiske stempel 1 en nedre endedel som er formet som en udragende ringfor-

met kant, og den ringformede magnetpol 4 er også udformet således at den har fremragende ringformet kant. Således har den magnetiske flux tendens til at flyde fra kanten af det elektromagnetiske stem-pels 1 nedre ende mod den ringformede magnetpol 4, og det elektro-magnetiske stempel arbejder med høj effektivitetsgrad fordi der kun er en lille spredning af magnetisk flux. Det med a betegnede mellemrum, som befinder sig mellem den nedre ende af det elektro-magnetiske stempel 1 og den øvre ende af den ringformede magnetpol 4 og som ligger på linje med den elektromagnetiske spoles 21 mid-terakse, kan betragtes som en magnetisk kløft.

Den tiltrækningskraft som virker i kløften i et organ med en magnetpol eller et magnethoved tilvejebragt for et elektromag-netisk stempel kan almindeligvis udtrykkes med følgende eksperimen-telle formel:

$$F_G = \frac{100B^2}{2\mu} \cdot \frac{S}{9,81}$$

I formelen betegner μ : $4\pi \times 10^{-7}$ Henry/m = $4\pi \times 10^{-9}$ Henry/cm.

B: magnetisk fluxdensitet Weber/cm²

S: jernkernens tværsnitsareal cm²

F_G : den i kløften virkende tiltrækningskraft
kg (vægt).

Værdien af B kan beregnes på grundlag af den elektromagnetiske spoles amperevinding og dimensionerne af det magnetiske kredsløb. Hvis den magnetiske modstand i åget eller det magnetiske re-turkredsløb og spredningen derfra negligeres kan følgende relation opnås:

$$B = 1,25 \frac{NI}{la} \times 10^{-8}$$

Når det magnetiske kredsløb ikke er mættet kan F_G skrives som føl-ger ud fra de ovennævnte to formler:

$$F_G = 6,35 \times 10^{-8} S'' \left(\frac{NI}{la}\right)^2$$

S'' er det effektive areal af endefladen af den ringformede kant på den nedre ende af det elektromagnetiske stempel.

I tilfælde af en elektromagnetisk vekselstrømsspole nedsættes det elektromagnetiske organs reaktans når den magnetiske kløft forøges som følge af det elektromagnetiske stempels bevægelse, hvorved værdien af en forsyningsstrøm forøges i høj grad. Imidlertid reduceres værdien af forsyningsstrømmen når kløften bliver mindre af størrelse. I tilfælde af en elektromagnetisk jævnstrømsspole vil på den anden side en strøm som føres gennem den elektromagnetiske spole ikke blive påvirket af ændringer i kløftens størrelse. Ved gennemføring af forsøg med udførelsesformen for opfindelsen anvendtes en vekselstrømskilde efter at den havde været underkastet enkeltensretning og strømmen blev anvendt som en jævnstrøm. Derfor er der som vist på fig. 4 og i tabel 1 meget små ændringer af værdien af en strøm som føres gennem den elektromagnetiske spole som følge af variationer i operationsstillingen af det elektromagnetiske stempel eller ændringer i størrelsen af kløften λ_a . Amperevindingen kan beregnes under anvendelse af værdier aflæst på et jævnstrømsamperemeter under pumpens drift. Hvis imidlertid et elektrisk kredsløb og et magnetisk kredsløb strækker sig gennem hinanden i det tilfælde hvor en enkeltensrettet strøm anvendes til at energiforsyne en elektromagnetisk spole, som er en elektromagnet til at igangsætte et elektromagnetisk stempel, så vil strømstyrken i det elektriske kredsløb udnytte den øvre halvdel af vekselstrømcyklen som ændres med tiden, således at der frembringes en magnetisk flux i det magnetiske kredsløb med den magnetomotoriske kraft fra en sådan strøm som undergår ændring ved en ændring i strømmen. På grund af dette vil der fremkomme et selvinduktionsfænomen, hvori en elektromotorisk kraft vendes i retning eller der indføres en modvirkende elektromotorisk kraft idet elektriske kredsløb. Således indføres der i det elektriske kredsløb en elektromotorisk kraft modsat strømandringen. Når derfor strømstyrken stiger i værdi indføres der en elektromotorisk kraft modsat strømmens retning således at der derved undgås en strømforøgelse, og når strømstyrkens værdi nedsættes induceres der en elektromotorisk kraft i samme retning som strømmen således at der undgås en reduktion af strømstyrken. Den elektromotoriske kraft e der induceres ved selvinduktion er proportional med en ændring i forholdet mellem strømmen i (A) og tiden t (sekunder). Dvs. forholdet kan skrives på følgende måde:

$$e = -L \frac{di}{dt} \quad (V)$$

hvor L betegner selvinduktion udtrykt i Henry og er en proportional konstant. Hvis en ændring i den indbyrdes forbundne magnetiske flux i forhold til en ændring i strømmen i udtrykkes med $d\Phi$ så er

$$d\Phi = L di, \text{ dvs. } L = \frac{d\Phi}{di}.$$

Som beskrevet ovenfor udgør den magnetiske tiltrækningskraft som virker på den elektromagnetiske stempelpumpe ifølge den foreliggende opfindelse en sammensætning af positive magnetiske kræfter F_s , F_x og F_G beskrevet ovenfor, og er påvirket af den før nævnteselvinduktionsspænding. Desuden frembringes der en magnetisk kraft F'_c i den modsatte retning mellem den øvre ende af det elektromagnetiske stempel 1 og det ringformede magnetiske kredsløb 3, og en magnetisk kraft F'_s med modsat retning frembringes når værdien af z_b bliver negativ eller når det centrale punkt af det elektromagnetiske stempel 1 passerer den elektromagnetiske spoles 21 center eller magnetiske neutralpunkt mens det elektromagnetiske stempel 1 arbejder. Derfor må sammensætningen af disse negative magnetiske kræfter trækkes fra sammensætningen af de positive magnetiske kræfter, hvilket gør situationen kompliceret. Desuden varierer sammensætningen af magnetiske tiltrækningskræfter som følge af formen af det magnetiske kredsløb som en helhed, spalten, den magnetiske permeabilitet og de relative placeringer af det elektromagnetiske stempel og den elektromagnetiske spole. Der mødes således store vanskeligheder ved beregning af den sammensatte magnetiske tiltrækningskraft for det elektromagnetiske stempel 1 i hver af dets arbejdsstillinger. Fig. 11-b viser værdierne for arbejdskraften F (g, vægt) for det elektromagnetiske stempel 1 aktuelt målt i forskellige stillinger i det magnetiske kredsløb eller i stempelhuset 8. På fig. 11-b er det elektromagnetiske stempels 1 stilling angivet på abscissen og værdierne for tiltrækningskraften er angivet på ordinaten. Fra denne kurve fremgår det at arbejdskraften på det elektromagnetiske stempel 1 hurtigt stiger når stemplets venstre ende på fig. 11-a (svarende til den øvre ende på fig. 3) er fuldstændig indtrådt i den elektromagnetiske spole 21 og hurtigt falder når den højre ende (svarende til den nedre ende på fig. 3) passerer en stilling hvori den falder sammen

med den øvre ende af den ringformede magnetpol eller $l_a = 0$ og $l_c = 0$. Når det elektromagnetiske stempel 1 når en stilling hvori dets magnetiske neutralpunkt har passeret den elektromagnetiske spoles 21 magnetiske neutralpunkt og hvor den højre ende af det elektromagnetiske stempel 1 træder ind i den ringformede magnetpol 4 med ca. 4 mm eller $l_c \div 4$ mm, er de sammensatte magnetiske tiltrækningskræfter af de positive kræfter F_s , F_c og F_G og de sammensatte tiltrækningskræfter med negative kræfter $F's$ og $F'c$ i ligevægt og det elektromagnetiske stempel 1 bliver næsten stationært. Det fremgår at det elektromagnetiske stempel 1 bevæges i vibrerende bevægelse med en lav intensitet som følge af den dertil intermitterende satte enkelt ensrettede strøm og en ændring af $\frac{di}{dt}$ deraf.

På fig. 11-b viser en fuldt optrukken linje, en brudt linje og en streg-prik-linje de magnetiske tiltrækningskræfter der udøves når der tilføres en enkeltensrettet vekselstrøm på 50Hz og henholdsvis 200 V, 170 V og 230 V. Det er forklaret i det foregående at når pumpen blev indstillet til et leveringstryk på 7 kg/cm^2 og anvendt til at udsprøjte en væske under tryk i form af forstøvede partikler med en hastighed på 1,5 gallon pr. time så var arbejdsstillingerne for det elektromagnetiske stempel 1 sådan at det bevægede sig med en amplitude inden for 1 mm opad og nedad i forhold til stillingen $l_a \div 0$, hvor den nedre ende af stemplet falder sammen med den øvre ende af den ringformede magnetpol 4. Dvs. $l_c < \pm 1$ mm. Det antages at $l_c = \pm 1$ mm eller at det elektromagnetiske stempel 1 arbejder med et slag på 2 mm og det elektromagnetiske stempels hastighed ændres fra begyndelseshastigheden på $V_0 = 0$ til den maksimale hastighed på V_1 i løbet af tidsrummet hvor $l_a = 1$ mm bliver $l_a = 0$ mm og ændrer fra den maksimale hastighed til den afsluttende hastighed $V_2 = 0$ i løbet af tidsrummet fra $l_c = 0$ til $l_c = +1$ mm. Det antages endvidere at tiden t_1 for hastighedens ændring fra V_0 til V_1 er den samme som tiden t_2 for hastighedens ændring fra V_1 til V_2 . Da der tilføres en vekselstrøm på 50 Hz som er underkastet enkeltensretning og som derefter føres til pumpen så er $t_1 = t_2 = \frac{1}{50} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{200}$ sekund. Heraf fås:

$$V_1^2 = V_0^2 + 2\alpha S$$

$$V_0 = V_2 = 0$$

$$V_0^2 = V_1^2 + 2\alpha' S$$

$$S = S' = 1 \text{ mm}$$

$$S = \frac{\alpha}{2} t^2 = \frac{\alpha}{2} \left(\frac{1}{200}\right)^2$$

$$\alpha = 80 \text{ m/sek}^2$$

$$\alpha' = -80 \text{ m/sek}^2$$

$$V_1 = \sqrt{2\alpha S} = \sqrt{0,16} \text{ m/sek}$$

Hvis vægten af det elektromagnetiske stempel antages at være 20 g vil kraften f til bevægelse af stemplet være $f = \frac{W}{g}\alpha = 0,16 \text{ kg}$ og en magnetisk tiltrækningskraft svarende til kraften f plus summen af de kræfter som spildes ved tab som følge af den glidende friktionsmodstand som gives af de bevægende dele i pumpen og den strømningsmodstand som gives af fluidet samt en kraft som kræves til at frembringe et leveringstryk fra pumpen vil blive krævet til at køre pumpen til opnåelse af det ønskede leveringstryk. Hvis pumpens leveringstryk er 7 kg/cm^2 og leveringsstemplets 6 diameter er 5 mm så må den kraft der kræves til at frembringe dette leveringstryk være mindst over $7 \times \frac{\pi}{4} \times 0,5^2 \div 1,4 \text{ kg}$. Det vil forstås at den førnævnte magnetiske tiltrækningskraft må have en værdi som indbefatter de tab der går tabt på den førnævnte måde eller en værdi som er vundet ved at dividere kraften med pumpens effektivitet. Ved den foreliggende opfindelse har kontrafjederen 10 og hjælpefjederen 9 imidlertid hvad der betegnes som en svingende fjedervirkning hvor fjedrene optager det elektromagnetiske stemplets 1 begyndelsesenergi når det når det nedre døde center og det øvre døde center ved afslutningspunkterne for dets frem- og tilbagegående bevægelse og derefter frigøres den absorberede energi ved hjælp af fjedrenes elasticitet. Således bibringes fluidet i pumpen med det samme tryk således at der skabes resonans mellem den frem- og tilbagegående bevægelse af det elektromagnetiske stempel og leveringsstemplet og fjedrenes fjederkræfter og pumpens output forøges.

Det er underbygget af de førnævnte forsøgsresultater at når dysen ved pumpens udløbsende blev fjernet og udløbet åbnedes eller når den modstand som blev givet mod strømmen af fluidum ved pumpens udløbsende nedsattes, så undergik det elektromagnetiske stem-

pels 1 arbejdsstilling en ændring på en sådan måde at det øvre døde center af returslaget bevægede sig opad med ca. 1 mm fra den stilling hvori stemplet forblev stationært ved hjælp af fjederkræfterne i fjedrene 9 og 10.

Når ved en pumpe ifølge opfindelsen leveringsstempellet 6 sammenpresser fluidet inden for cylinderen 7 og presser det ud gennem kontraventilen 15 på leveringssiden ind i stempelhuset 8 gennem ledningen 13 i dets fremadgående slag eller når det elektromagnetiske stempel 1 trækkes mod den ringformede magnetpol 4 ved hjælp af den magnetiske tiltrækningskraft, så nedsættes rumfanget af stempelhuset 8 med en mængde der svarer til den rumfangsmængde hvormed leveringsstempellet 6 træder ind i cylinderen 7. Det rumfang som forskydes ved at leveringsstempellet 6 træder ind i cylinderen 7 indføres i stempelhuset 8 således at fluidet blot bevæges inden for pumpen og ikke leveres fra pumpen gennem udløbet eller leverings-samlingen 31. Når den magnetiske tiltrækningskraft forsvinder udøves pumpens sugevirkning og leveringsvirkning samtidigt i returslaget af leveringsstempellet 6, hvilket muliggøres af kontra-fjederens 10 fjederkraft. Kort fortalt kan det konkluderes at pumpens leveringsstryk bestemmes af den elastiske genopbygningskraft fra den sammensatte fjederbelastning af kontra-fjederen 10 og hjælpefjederen 9, og at den magnetiske tiltrækningskraft kun skal have en sådan intensitet at den forøger fjedrenes udbøjning indtil der frembringes en genopretningskraft til tilvejebringelse af et i forvejen fastlagt leveringsstryk eller en i forvejen fastlagt sammensat fjederbelastning og fjedrenes udbøjning passer med den ovenfor nævnte samlede magnetiske tiltrækningskraft med hensyn til det elektromagnetiske stempels stilling.

I den på fig. 3 viste udførelsesform beskrives pumpens sugevirkning og udtømningsvirkning under henvisning til et tilfælde hvor et fluidum udtømmes på leveringssiden gennem kontraventilen 15, ledningen 13, stempelhuset 8 og leveringssamlingen 31. Selv hvis leveringssamlingen 31 lukkes og akkumulatoren 35 fjernes til udtømning af fluidum gennem en åbning i hovedkroppen 11 modsat sugeporten 19, udøver denne pumpes leveringsstempel 6 samme sugevirkning og udtømningsvirkning så længe stempelhuset 8 holdes i forbindelse med kontraventilen 15 på leveringssiden. Hvis ledningen 13 ikke er forbundet med kontraventilen 15 på leveringssiden udføres der en fluidumleveringsoperation i et såkaldt fremadgående

slag, hvori det elektromagnetiske stempel 1 tiltrækkes af den magnetiske tiltrækningskraft mod den ringformede magnetpol 4 eller leveringsstemplet 6 træder ind i cylinderen 7 og der frembringes en sugevirkning i et returslag hvori leveringsstemplet 6 føres tilbage til sin oprindelige stilling ved hjælp af den elastiske genopretningskraft i kontrafjederen 10.

Kontrafjederens 10 elastiske genopretningskraft udnyttes ikke i leveringsslaget og fjederen 10 virker kun i sugeslaget. Imidlertid bør kontrafjederens 10 elasticitet passe sammen med den magnetiske tiltrækningskraft i leveringsslaget og bør være synkront med det pulsantal som indføres på den elektromagnetiske spole 21 eller slagantallet for det elektromagnetiske stempel 1. Derfor må kontrafjederen 10 have en høj fjederkonstant. Det er fastslået som et resultat af forsøg at en fjeder med sammen specifikationer som den fjeder der er vist på fig. 3 kan anvendes i forbindelse med den foreliggende opfindelse.

Relationerne mellem stillingerne for det elektromagnetiske stempel 1 og stempelhuset 8 samt de virkende tiltrækningskræfter vil blive forklaret nærmere i detaljer under henvisning til fig. 11-a og 11-b. På fig. 11-b er afstanden l_d i mm som dækker bevægelsen af den højre ende af det elektromagnetiske stempel (den nedre ende i tilfældet på fig. 3) sat ud af abscissen mens den magnetiske tiltrækningskraft F i g (vægt) direkte målt for hvert bevægelsespunkt er sat ud af ordinaten. En fuldt optrukken linje, en brudt linje og en streg-prik-linje repræsenterer tilføring af en vekselstrøm på 50 Hz og henholdsvis 200 V, 170 V og 230 V til den elektromagnetiske spole 21 efter at den er underkastet enkeltensretning. I denne forbindelse er det tidligere fastslået at når strømmen er på 200 V vil det elektromagnetiske stempel 1 stoppe i en stilling $l_c \div 4$ mm, hvor den sammensatte magnetiske tiltrækningskraft som består af den solenoide tiltrækningskraft som udøves når $l_b' = 0$ eller når det elektromagnetiske stempels 1 magnetiske neutralpunkt falder sammen med den elektromagnetiske spoles 21 magnetiske neutralpunkt langs dennes lodrette akse samt den tiltrækningskraft som virker i kløften i en retning hvori afstanden mellem den højre ende af det elektromagnetiske stempel 1 og den venstre ende af den ringformede magnetpol 4 bliver 0 eller $l_a' = 0$ og værdien l_c stiger med indføringen af den højre endedel af det elektromagnetiske stempel 1 ind i den ringformede magnetpol 4, fal-

der sammen med den sammensatte magnetiske tiltrækningskraft som virker i den modsatte i retning i forhold til den retning hvormed den førnævnte sammensatte magnetiske tiltrækningskraft virker eller den sammensatte magnetiske tiltrækningskraft bestående af tiltrækningskraften i kløften mellem det elektromagnetiske stempel 1 og det ringformede magnetiske kredsløb 3 og den solenoide tiltrækningskraft som virker på en sådan måde at $l_b' < 0$. Når strømmen er på 170 V stopper det elektromagnetiske stempel i en stilling $l_c = 5$ mm, når strømmen er på 230 V stopper stemplet 1 i en stilling $l_c = 3$ mm. Det er fastslået at afstanden l_d hvori det elektromagnetiske stempel 1 kan bringes til at virke fra venstre mod højre (opad på fig. 3) på fig. 11-a ved hjælp af den sammensatte magnetiske tiltrækningskraft er på ca. 18 mm når strømmen er på 200 V. Dette skyldes konstruktionen af det magnetiske kredsløb hvori ligevægtspunktet for de positive og negative magnetiske tiltrækningskræfter bevæges mod venstre på fig. 11-a, at jo højere spænding der indføres på den elektromagnetiske spole 21 jo mindre bliver værdien l_c .

Det punkt hvor den højre ende af det elektromagnetiske stempel 1 falder sammen med den venstre ende af den ringformede magnetpol 4 eller hvor $l_a' = 0$ og $l_c = 0$ vil blive betegnet med Q".

Når pumpen var sammensat som vist på fig. 3 og sat igang ved at der dertil blev sat en enkeltensrettet vekselstrøm på 50 Hz og 200 V til udsprøjtning af fluidum gennem en dyse med en hastighed på 1,5 gallon pr. time ved et leveringstryk på 7 kg/cm^2 forblev det elektromagnetiske stempel 1 stationært i en stilling hvori afstanden mellem den nedre ende af stemplet 1 og den øvre ende af den ringformede magnetpol 4 var $l_a \doteq 2,8$ mm som tidligere beskrevet. Den på fig. 10 viste lige linje som repræsenterer den sammensatte karakteristik mellem fjederafvigelse og belastning blev beskrevet på fig. 11-b som en linje $O'_A - P'_A$ gående gennem et punkt O'_A (se punkt A på fig. 4) som befinder sig til venstre for punktet Q" og repræsenteres af $l_a = 2,8$ mm. Det har vist sig at skæringer mellem denne lige linje og den brudte linje, den fuldt optrukne linje og streg-prik-linjen befinder sig i nærheden af en stilling som har en magnetisk tiltrækningskraft på $l_c = 1$ mm i det væsentlige ved det nedre døde punkt i slaget af det elektromagnetiske stempel 1. Dette beviser at hvis en enkeltensrettet strøm føres til den elektromagnetiske spole 21 på en sådan måde

at der i det væsentlige ikke er nogen forskelle i de kræfter som påvirker det elektromagnetiske stempel 1 til trods for at der er variationer i spændingen på 170 V, 200 V og 230 V og hvis summen af udbøjningerne af kontra fjederen 10 og hjælpe fjederen 9 er reguleret således at udbøjningen af den sammensatte fjeder og belastningen påført dertil passer sammen med den magnetiske tiltrækningskraft som påvirker det elektromagnetiske stempel 1, så er der tilvejebragt en elektromagnetisk stempelpumpe som har en stabil karakteristik mellem spænding og leveringstryk.

I den ovenfor viste og beskrevne udførelsesform har opfindelsen været beskrevet under anvendelse af en strøm på 50 Hz og med 200 V. Det er imidlertid fastslået ved forsøg at karakteristiken mellem spænding og leveringstryk for en elektromagnetisk stempelpumpe kan stabiliseres under de samme betingelser bortset fra at den elektromagnetiske spoleforbindelse må ændres til en forbindelse til udelukkende anvendelse af en anden frekvens og spænding, som fx 60 Hz og/eller 100 V.

På fig. 11-b er O'_B (se punkt B på fig. 4) repræsenterende $l_a = 5,5$ mm aftegnet på forlængelsen af linjen $Q-O'_B$ og forholdet mellem en linje $O'_B-P'_B$ som karakteriserer en sammensat fjeders udbøjning i forhold til belastningen og som går gennem punktet O'_B og kurverne for de kræfter som udøves på det elektromagnetiske stempel 1 som vist med en streg-prik-linje, en brudt linje og en fuldt optrukken linje, undersøgtes. Det har vist sig at skæringspunkterne mellem fjederudbøjnings-belastnings-karakteriseringslinjen og kurverne i høj grad ligger adskilt fra hinanden og ikke går gennem et enkelt punkt sådan som tilfældet var med den linje som går gennem O'_A . Dette viser at ændringer i leveringstrykket i forhold til ændringer i den spænding som påføres den elektromagnetiske spole 21 bliver større idet ligevægtspunktet for det elektromagnetiske stempel 1 forrykkes på det tidspunkt hvor det er stationært. Dette forklarer det samme fænomen som blev forklaret ved sammenligning af kurverne P_A og P_B på fig. 5.

På fig. 4 er punktet A et punkt hvor leveringstrykket fra pumpen er indstillet på 7 kg/cm^2 , hvor karakteristiken mellem spænding og leveringstryk er stabiliseret, hvilket punkt kan nås hvis summen af udbøjninger for hjælpe fjederen 9 og kontra fjederen 10 forøges til nedsættelse af afstandene l_a og l_b og sænkning af pumpens leveringstryk. På samme figur er punktet B et punkt hvor

leveringstrykket er indstillet på samme niveau som i punkt A med forøgelse af afstandene l_a og l_b ved nedsættelse af udbøjningssummen for de to fjedre, men hvor leveringstrykket ændres lineært i forhold til spændingsændringer. Ifølge den foreliggende opfindelse er det ganske naturligt at punktet A bør udvælges som et justeringspunkt da det er opfindelsens formål at stabiliseres karakteristikken mellem spænding og leveringstryk.

Når punktet A vælges som et indstillingspunkt ses det at dette punkt angiver en tilstand med mætning i B-H-kurven, som repræsenterer den magnetiske fluxdensitet og den magnetomotoriske kraft som angivet med kurven P_A på fig. 5 og som vist på fig. 6 og 8. Det vil imidlertid være klart ud fra forklaringen af kurven P_B på fig. 5 at fænomenet ikke skyldes magnetisk mætning. Dette vil klart fremgå af beskrivelsen af kurven P_B på fig. 5.

Når den nedre ende af det elektromagnetiske stempel 1 går endnu længere ned end den øvre ende af den ringformede magnetpol 4 eller når afstanden l_c forøges udviser det magnetiske kredsløb som omfatter det ringformede magnetiske kredsløb 3, det elektromagnetiske stempel 1 og den ringformede magnetpol 4 en såkaldt magnetisk mættet tilstand, hvor den elektromagnetiske spoles 21 magnetiske tiltrækningskraft er i det væsentlige stabil når strømkildens spænding forøges. Imidlertid påvirkes det elektromagnetiske stempel 1 mod den ringformede magnetpol 4 med en samlet kraft af "den sammensatte magnetiske tiltrækningskraft af positive kræfter F_S , F_C og F_G og den sammensatte tiltrækningskraft af negative kræfter F'_S og F'_C " og "de elastiske kræfter fra de fjedre som virker på en sådan måde at de tilfører en bremsning af tiltrækningskraften F_C , som virker til forøgelse af værdien l_c ", hvorved pumpens leveringstryk kan betragtes som i det væsentlige stabiliseret i området med spændingsværdier på $200 \text{ V} \pm 30 \text{ V}$. Som beskrevet under henvisning til fig. 11-b er det muligt i det væsentlige at stabilisere pumpens leveringstryk hvis den magnetiske tiltrækningskraft som udøves på det elektromagnetiske stempel 1 i det nedre døde center af stempelslaget indstilles således at det passer sammen med den belastning som påføres ved udbøjning af den sammensatte fjeder, så længe ændringerne af værdierne af den spænding som tilføres den elektromagnetiske spole afgrænses inden for et i forvejen fastlagt område. Det er på grund af F_C 's magnetiske tiltrækningskraft at den magnetiske tiltrækningskraft for hver

spænding udviser en forøgelse i stillingen $l_a = 0$.

Når endvidere afstanden l_b mellem den elektromagnetiske spoles 21 magnetisk neutrale punkt og det elektromagnetiske stempels 1 magnetisk neutrale punkt langs den lodrette akse bliver en negativ værdi så vil kraften F_S blive negativ og den kraft som igangsætter det elektromagnetiske stempel 1 til den ringformede magnetpol 4 nedsættes, således at pumpens effekt nedsættes. Dette arrangement med negativ værdi for l_c betyder at det elektromagnetiske stempels 1 magnetisk neutrale punkt ligger lavere end den elektromagnetiske spoles 21 neutralpunkt.

Hvis afstanden l_b er mindre end afstanden l_a mellem det elektromagnetiske stempels 1 endeoverflade og den overfor liggende endeflade af den ringformede magnetpol 4 eller hvis denne afstand er i det væsentlige nul så er det muligt ved et relativt lille leveringstryk og en relativt lille leveringsstrømning at der ikke fremkommer nogen væsentlig stor variation i pumpens leveringstryk fordi værdien af F_G er meget større end F_S . Imidlertid gør sådanne anvendelsesbetingelser det ikke muligt at udnytte den magnetiske tiltrækningskraft fordi værdien for F_S er betydeligt nedsat.

Tabel 1 skal nu forklares under henvisning til de kurver der er vist på fig. 4 og fig. 11-b. Tabel 1 viser udbøjningen ($h_1 - h'_1$) for hjælpefjederen 9 og udbøjningen ($h_2 - h'_2$) for kontrafjederen 10 beregnet på grundlag af værdierne for a , c' og c , og værdierne for l_a og l_b vundet som beskrevet ovenfor og fastslået ved hjælp af stillingen af viseren 37. Der blev gennemført forsøg med at føre enkeltensrettet vekselstrøm på 50 Hz og 200 V til den elektromagnetiske spole 21 og ved påsætning af en sprøjtedyse med en leveringskapacitet på 1,5 gallon pr. time til pumpens leveringsende, for at bestemme forholdet mellem de førnævnte værdier og leveringstrykkets værdi. Forholdet l_a/l_b blev også beregnet som vist i tabel 1. Forskellige værdier for strømstyrken vist i tabel 1 viser at strømstyrken med disse forskellige værdier blev ført gennem den elektromagnetiske spole 21 når værdierne for pumpens leveringstryk varieredes. Derefter blev der også gennemført forsøg med lukning af pumpens levering. I dette tilfælde er der på tabellen vist værdierne for pumpens indre tryk samt for den strøm som gik gennem den elektromagnetiske spole 21. Ved at antage at det elektromagnetiske stempel 1 forbliver stationært ved det førnævnte ligevægtspunkt når pumpens leveringsende er lukket vandtes

ændringerne i strømstyrkens værdi i forhold til ændringerne i afstand l_b mellem de magnetisk neutrale punkter for det elektromagnetiske stempel 1 og den elektromagnetiske spole 21 samt afstanden l_a mellem den øvre ende af den ringformede magnetpol 4 og den nedre ende af det elektromagnetiske stempel 1. Som det fremgår af tabellen er ændringerne en lille smule større i sidstnævnte tilfælde sammenlignet med det første, men forskellene er meget små. Navnlig i det område af værdier hvor karakteristikken mellem spændingen og leveringstrykket er stabiliseret er forskellene inden for 1%. Stabiliteten i karakteristikken mellem spænding og leveringstryk er angivet med symbolet o når værdierne for leveringsstrykket var i det væsentlige stabile som vist med kurven P_A på fig. 5 og andre kurver på fig. 6 og 8 i området med spændingsværdier på $200 \text{ V} \pm 30 \text{ V}$. Stabiliteten er angivet med symbolet Δ når der var lineær forandring i karakteristikken mellem spænding og leveringstryk når spændingen varieredes mellem 170 V og 230 V. Stabiliteten er angivet med symbolet X når karakteristikken mellem spænding og leveringstryk viste en lineær forøgelse som på kurven P_B på fig. 5 eller en lige linje vist på fig. 1.

Det fremgår af tabel 1 at ved udførelsesformer, hvor leveringstrykket er forholdsvis stabilt med hensyn til ændringer på ca. $\pm 15\%$ af den i forvejen fastlagte spænding på 200 V (de udførelsesformer som er angivet med symbolet o) når indstillingsstangen drejedes for at ændre og indstille leveringstrykket på forskellige værdier i en pumpe hvor der på udleveringsenden af pumpen er fastgjort en dyse med en leveringskapacitet på 1,5 gallon pr. time (ved leveringstrykket 7 kg/cm^2) er forholdet l_a/l_b i det væsentlige inden for området mellem 0,75 og 0,3.

Den ovenfor beskrevne karakteristik mellem spænding og leveringstryk er fundet når pumpen havde en dyse med en leveringskapacitet på 1,5 gallon pr. time fastgjort på pumpens leveringsende. En undersøgelse af pumpekaraktistikken under henvisning til tabel 1 vil hurtigt vise at hvis strømhastigheden af et leveret fluidum reduceres eller der fastgøres en dyse med lavere kapacitet på pumpens udleveringsende så bliver forholdet l_a/l_b mindre end 0,3. Hvis der fx på pumpen fastgøres en dyse med en leveringskapacitet på 0,4 gallon pr. time vil forholdet mellem mængden af fluidet og slaglængden for leveringsstemplet være $0,4/1,5 \div 0,27$ sammenlignet med en pumpe med en dyse med leveringskapacitet på 1,5 gallon pr. time.

Hvis pumpen anvendes med en lavtryksbrænder (en såkaldt gun pot burner) som kræver et leveringstryk på kun 3 kg/cm^2 beregnes forholdet $l_a/l_b \doteq 0,114$ groft på grundlag af tabel 1. Pumpen kan således anvendes i praksis selv når $l_a/l_b \doteq 0,1$ hvis denne pumpes karakteristikker som vist på de forskellige kurver tages i betragtning, på betingelse af at den energikilde som anvendes er en sådan hvor variationerne i spændingsværdien forbliver inden for $\pm 10\%$.

Hvis der ønskes en forøgelse i den mængde af fluidum som leveres af pumpen eller hvis der kræves en dyse med en leveringskapacitet på 3 gallon pr. time vil stemplets slaglængde blive dobbelt så stor som når der anvendes en dyse med en leveringskapacitet på 1,5 gallon pr. time som forklaret under henvisning til den ovenfor viste og beskrevne udførelsesform. Hvis dette er tilfældet er det muligt at opnå det ønskede leveringstryk og den ønskede strømningshastighed af fluidet hvis værdierne for l_a og l_b varieres i høj grad ved indstilling af justeringsstangen. Det vil imidlertid være naturligt at pumpens karakteristik for spænding og leveringstryk reduceres i forhold til når der anvendes en dyse med 1,5 gallons kapacitet, hvis pumpen er således udformet at dens udgangskarakteristik er fast.

Når det ønskes yderligere at forøge den mængde fluidum som leveres af pumpen samt dens leveringstryk eller når der kræves en pumpe med højere kapacitet er det nødvendigt at forøge amperevindingen og at forøge størrelsen af den elektromagnetiske spole tilsvarende således så pumpens output forøges. Naturligvis bør specifikationerne ændres på en sådan måde at størrelse, form og magnetiske egenskaber hos det elektromagnetiske stempel og leveringsstempel, det ringformede magnetiske kredsløb, den ringformede magnetpol og åget som omgiver dem samt dimensionerne af kontrafjederen og hjælpefjederen ændres på en fornuftig måde således at alle dele er i ligevægt. Hvis der anvendes et leveringsstempel med samme diameter som leveringsstempel som anvendtes i en pumpe med leveringskapaciteten på 1,5 gallon pr. time og der er brug for en leveringskapacitet på 5 gallon pr. time, så vil stemplets slaglængde være $5/1,5 \doteq 3,34$ gange så stor som for stemplet i den pumpe som har leveringskapacitet på 1,5 gallon pr. time, hvilket giver en forøgelse af værdierne for l_a og l_b . I dette tilfælde bliver værdien af forholdet l_a/l_b tæt ved 1, men $l_b - l_a = a$,

hvor α er positiv og konstant.

Det ses let at der vil blive tilvejebragt en pumpe med en karakteristisk for spænding og leveringstryk som er i det væsentlige stabil og der mødes ingen problemer ved at anvende den i praksis selv om værdien af forholdet l_a/l_b yderligere bliver nærmere ved 1, hvis pumpen anvendes med den fornævnte lavtrykspumpe af den specielle type og under den betingelse at kraftkildesystemet er stabilt eller variationerne i kraftkildens spænding er inden for området mellem $\pm 10\%$ og $\pm 5\%$.

Som tidligere nævnt må pumpen ifølge opfindelsen opfylde fordringen $0,3 < l_a/l_b < 1$ for at leveringstrykket kan være stabilt til trods for ændringer i spændingen.

Når der ønskes en forøgelse af pumpens leveringstryk er det nødvendigt at forøge dens ydeevne. Dette gør det nødvendigt at udskifte gamle dele med nye dele som tidligere nævnt. Imidlertid bør værdien af forholdet l_a/l_b blive inden for det nævnte område.

I de forsøg med pumpen der er angivet med symbolet o for stabil karakteristisk mellem spænding og leveringstryk blev der opnået en reduktion af leveringstrykket ved en nedsættelse af værdierne for l_a og l_b fremkaldt ved en forøgelse af udbøjningerne for hjælpefjederen 9 og kontrafjederen 10 til bevægelse af det elektromagnetiske stempel 1 mod den ringformede magnetpol 4. Omvendt gav en forøgelse af værdierne for l_a og l_b en forøgelse i leveringstrykket. På fig. 4 repræsenteres denne karakteristisk af den venstre side af trykkurven indbefattet punktet A set fra det højeste punkt af kurven, mens den højre side af kurven indbefattet punktet B repræsenterer en karakteristisk som er modsat denne karakteristisk hvilket er forklaret i forbindelse med fig. 5 og tabel 1. Det vil også tydeligt fremgå af fig. 11-b at en reduktion af værdien for l_a giver en reduktion i leveringstrykket men at karakteristikken mellem spænding og leveringstryk er stabilt på den højre side af de udragende centrale dele af kurverne som repræsenterer den magnetiske tiltrækningskraft placeret i det væsentlige midt mellem de to lige linjer $O'_B - P'_B$ og $O'_A - P'_A$, men at en reduktion af værdien l_a giver en forøgelse i leveringstrykket og en karakteristisk for spænding og leveringstryk som ændres lineært på venstre side af de udragende centrale dele af de kurver som repræsenterer den magnetiske tiltrækningskraft.

Konstruktionen af den elektromagnetiske stempelpumpe med en

karakteristik mellem spænding og leveringstryk som er stabilt som beskrevet ovenfor vil yderligere blive beskrevet under henvisning til figurerne 3 og 11-a. Den magnetiske fluxspredende del 40 som befinder sig imellem det ringformede magnetkredsløb hvorpå den magnetiske tiltrækningskraft virker eller den ringformede magnetpol 4 i denne udførelsesform og det ringformede magnetkredsløb 3 som er anbragt sammen med og med en afstand fra polen 4, dannes således at en større del af længden 15 befinder sig på den ringformede magnetpols 4 side end på det ringformede magnetkredsløbs 3 side i forhold til den elektromagnetiske spoles 21 magnetiske neutralpunkt. Med andre ord afstanden mellem den øvre ende af den ringformede magnetpol 4 og det elektromagnetiske stempels 21 magnetiske neutralpunkt er større end afstanden mellem den nedre ende af det magnetiske kredsløb 3 og det magnetiske stempels 21 magnetiske neutralpunkt, således at det elektromagnetiske stempel 1 er anbragt i det ringformede magnetkredsløb 3 hele tiden under drift. Hvis endvidere en del af det elektromagnetiske stempel 1, som har en længde 14 og har et større tværsnitsareal når det skæres med rette vinkler i forhold til stemplets akse som vist på fig. 11-a, anbringes i det ringformede magnetkredsløb 3 og i det væsentlige udfylder den magnetiske fluxspredende del 40 således at der tilvejebringes en kløft mellem den ende af stemplet 1 som vender mod magnetpolen 4 og den øvre ende af magnetpolen 4, så vil kløften virke på en sådan måde at den magnetiske flux koncentrerer deri og den magnetiske tiltrækningskraft kan opnås med forøget effekt. Boringen 34 som strækker sig aksialt gennem det elektromagnetiske stempel kan være af et antal på flere og borerne kan være placeret med indbyrdes lige stor afstand på en cirkel koncentrisk med stemplets 1 midterakse, eller der kan være dannet lodret udstrakte furer i den ydre perifere overflade på stemplet 1 i stedet for de lodret udstrakte borer, for derved at tillade at et fluidum i stempelhuset 8 for stemplet 1 flyder derigennem og for at nedsætte den modstand som dannes mod fluidets strømning. Alternativt kan lodret udstrakte borer og lodret udstrakte furer være tilvejebragt i kombination med hinanden.

I den udførelsesform for opfindelsen som er vist på fig. 3 er den stationære ligevægtsstilling af det elektromagnetiske stempel 1 eller værdier 1a og 1b indstillet ved at dreje på justeringsstangen 16 for at indstille udbøjningerne ($h_1 - h'_1$) og ($h_2 - h'_2$)

for henholdsvis hjælpefjederen 9 og kontrafjederen 10, således at der derved foretages en indstilling af pumpen på det ønskede leveringsstryk. Det er også muligt at gennemføre indstillinger som beskrevet under henvisning til en stempelpumpe af solenoidtypen virkende på samme måde som elektromagnetisk ventil beskrevet i japansk patentskrift nr. Sho 51-24726, ved at tilvejebringe et justeringsgevind på den ydre periferioverflade af det ringformede magnetkredsløb 3 eller den ringformede magnetpol 4. Leveringssamlingen 32 kan være forbundet med gevind på en med gevind forsynet del af det magnetiske kredsløb 3 eller hovedkroppen 11 kan med gevind være forbundet til den med gevind forsynede del af magnetpolen 4, og den med gevind forsynede del kan drejes til at bevæge det magnetiske kredsløb 3 og magnetpolen 4 op og ned således at der derved sker en indstilling af værdierne $1a$ og $1b$ til indstilling af pumpen på det ønskede leveringsstryk.

Det fremgår af tabel 1 at når pumpen indstilles på samme leveringsstryk og strømningshastighed ved at dreje justeringsstangen 16 så varierer udbøjningen ($h_1 - h'_1$) af hjælpefjederen 9 og udbøjningen ($h_2 - h'_2$) af kontrafjederen på en sådan måde at værdierne for $1a$ og $1b$ er i det væsentlige konstante uafhængigt af værdien af a .

Selv hvis summen af udbøjninger ($h_1 - h'_1$) og ($h_2 - h'_2$) varierer er forholdet mellem forandringer i udbøjningerne for de to fjedre omvendt proportionale med fjederkonstanterne K_1 og K_2 for disse fjedre hele tiden. Derfor starter udbøjnings-belastningslinjen for den sammensatte fjeder ved det stationære ligevægtspunkt for de to fjedre og underkastes ingen forandring. De karakteristiske træk for den foreliggende opfindelse er således værdierne $1a$ og $1b$ og forholdet derimellem, formen og størrelsen af de magnetiske kredsløb og sammenhængen mellem den sammensatte magnetiske tiltrækningskraft som frembringes når en strøm føres gennem den elektromagnetiske spole og den sammensatte fjederbelastning som påføres når det elektromagnetiske stempel understøttes af hjælpefjederen og kontrafjederen. Ud fra disse træk er det muligt at tilvejebringe en elektromagnetisk stempelpumpe med simpel konstruktion, lille størrelse og høj varighed, hvilken pumpe er let at vedligeholde og stabil med hensyn til karakteristikken mellem spænding og leveringsstryk. Den tilvejebragte elektromagnetiske

stempelpumpe er særlig nyttig til levering af brændselsolie under tryk i form af forstøvede partikler til en gun pot burner og kan anvendes med et varmtvandsføddeanlæg, opvarmningsanlæg, tørringsanlæg og mange andre typer af anlæg, hvorved der i høj grad bidrages til industriens udvikling.

P a t e n t k r a v

1. Elektromagnetisk stempelpumpe, navnlig til anvendelse med enkeltensrettet strøm som energikilde, og omfattende en elektromagnetisk spole anbragt koaksialt omkring et hus (8), en ringformet magnetledkerne (3) og en magnetpol (4) anbragt ved modsatte ender af magnetpolens akse, således at der dannes en fluxspredende del (40) mellem dem, et elektromagnetisk anker (1) monteret frem- og tilbagebevægeligt i huset (8) i retning af magnetpolens akse på en sådan måde, at en del af ankeret altid befinder sig i magnetlederkernen og sammen med et leveringsstempel (6) holdt i en ligevægtsstilling mellem en kontrafjeder (10) og en modsatvirkende hjælpefjeder (9), idet en afstand l_b mellem spolens og ankerets magnetisk neutrale punkter, samt en afstand l_a mellem ankerets mod magnetpolen vendende ende og magnetpolen har relationen $0,3 < l_a/l_b < 1$, k e n d e t e g n e t ved, at ligevægtsstillingen er således valgt, at pumpen ved forøgelse af fjederens spænding har et reduceret leveringstryk.

2. Elektromagnetisk stempelpumpe ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at leveringstrykket og strømningshastigheden for et fluidum gennem pumpen kan indstilles varieret ved at indstille stillingen af den elektromagnetiske spole langs centeraksen for denne elektromagnetiske spoles vindinger for derved at ændre værdien l_b .

3. Elektromagnetisk stempelpumpe ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at leveringstrykket og strømningshastigheden af et fluidum gennem pumpen kan indstilles varieret ved at indstille stillingen af den ringformede magnetpol langs dennes midterakse til ændring af værdien for l_a .

Fremdragne publikationer:

DK ans.nr. 6259/74, 2624/75.

FIG. 1

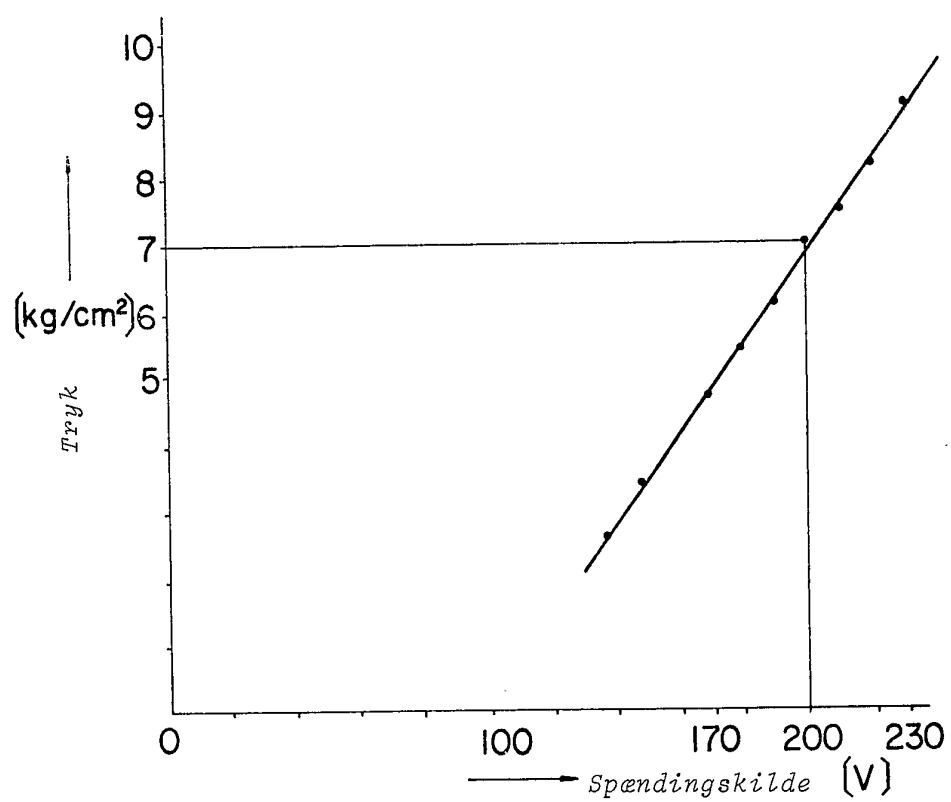


FIG. 2

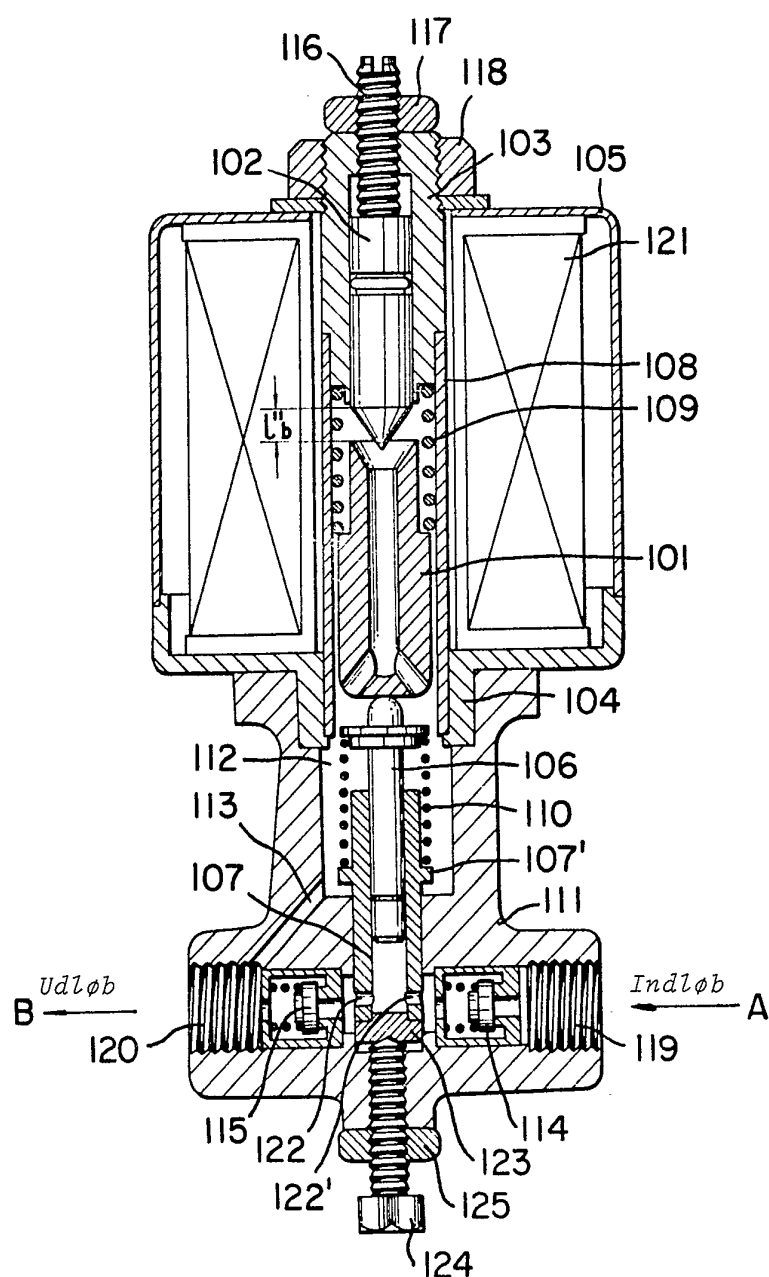


FIG. 3

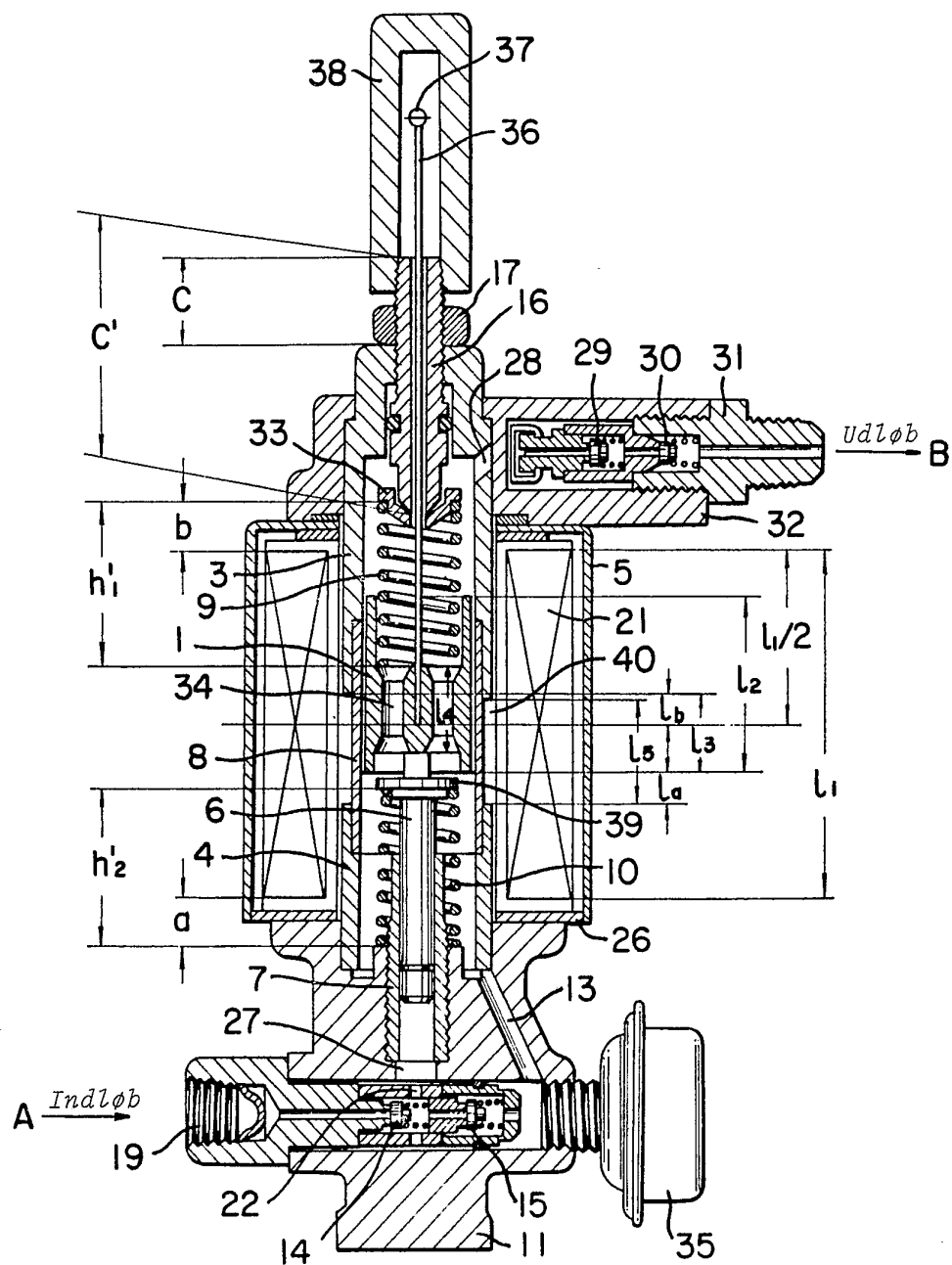


FIG. 5

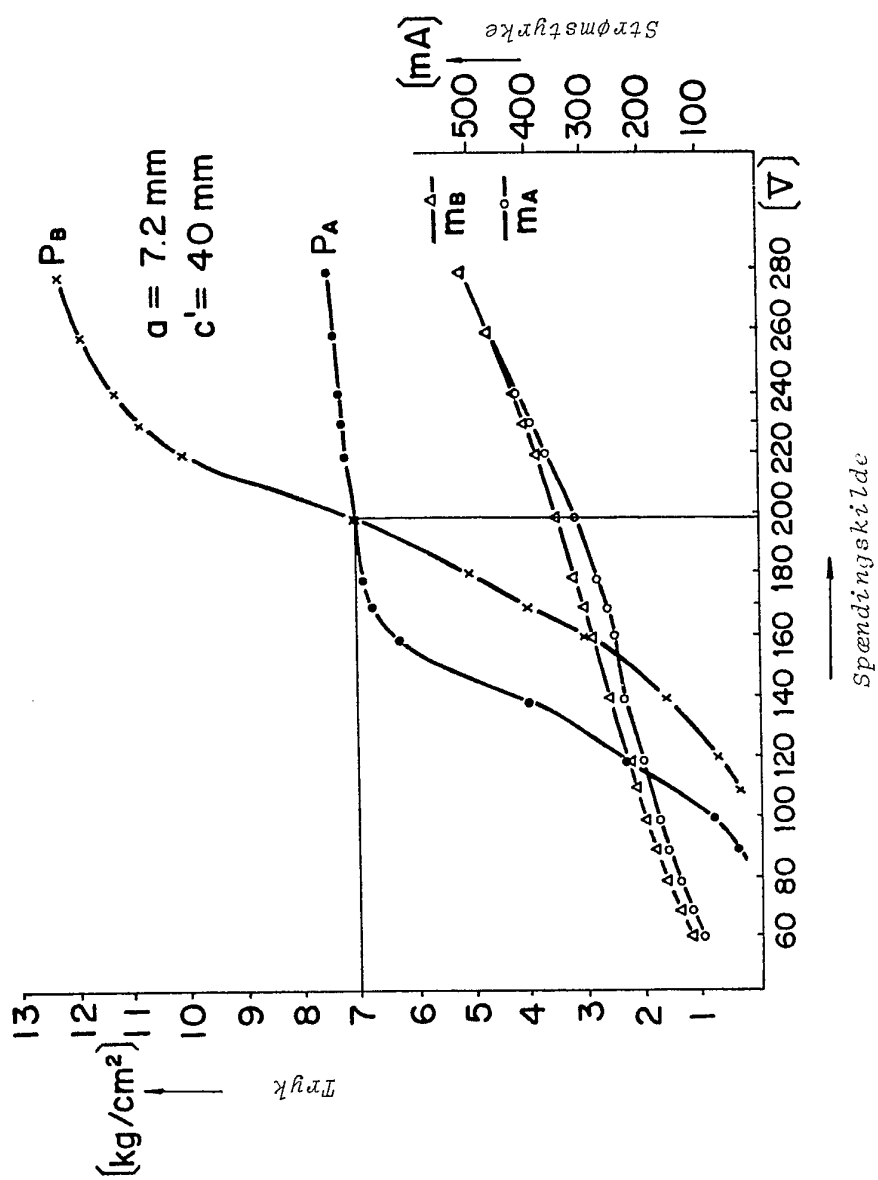


FIG. 6

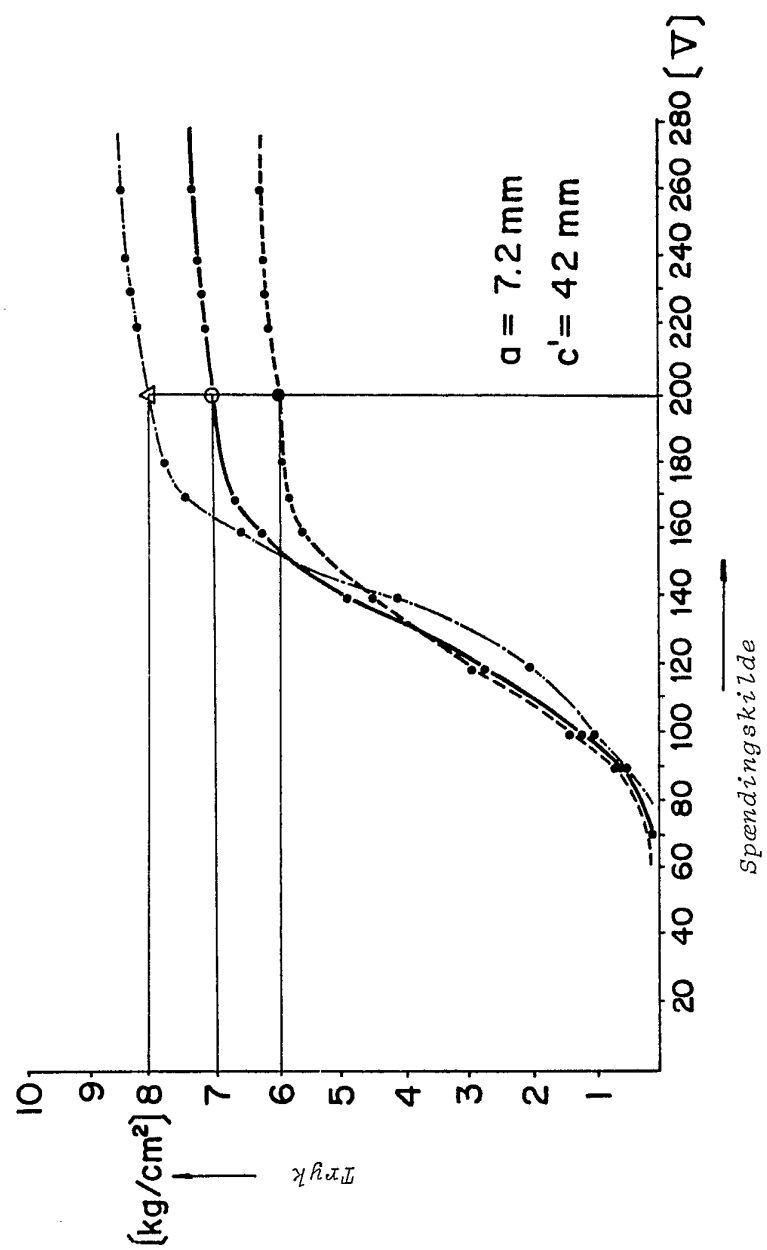


FIG. 7

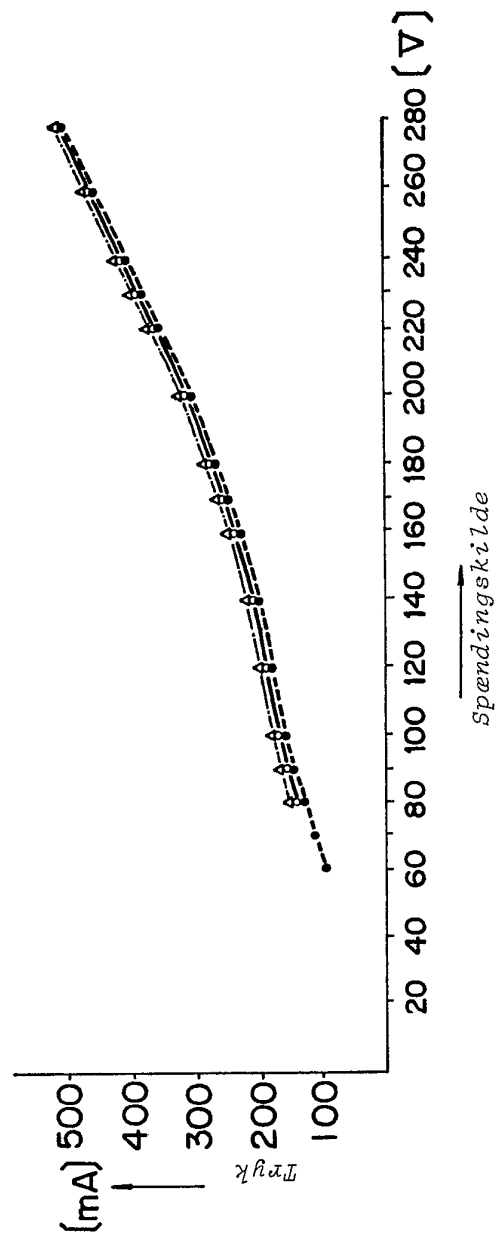


FIG. 8

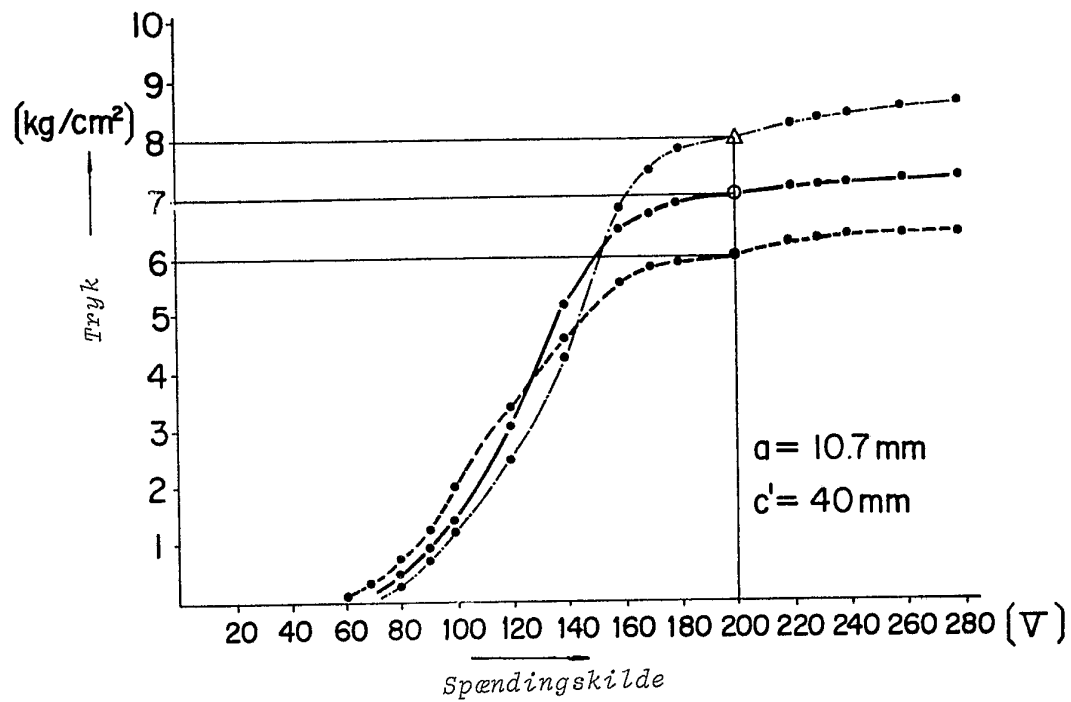


FIG. 9

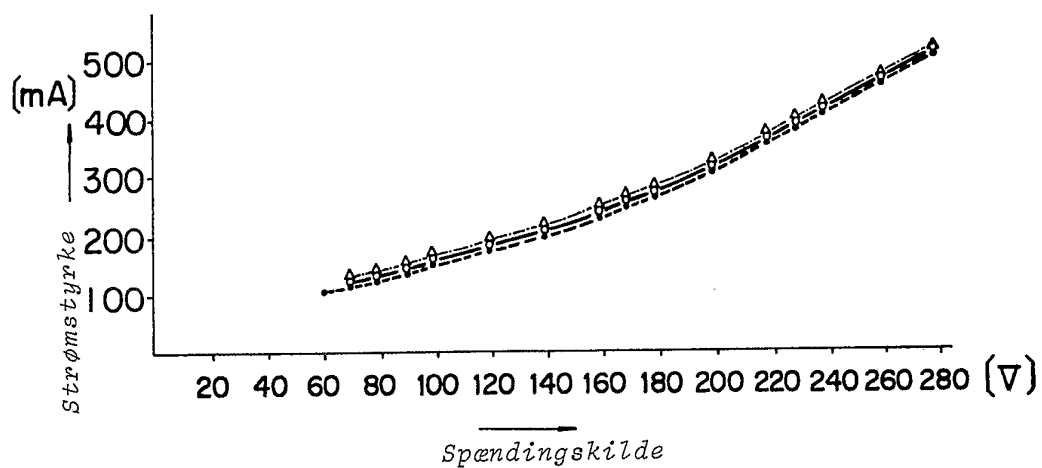


FIG. 10

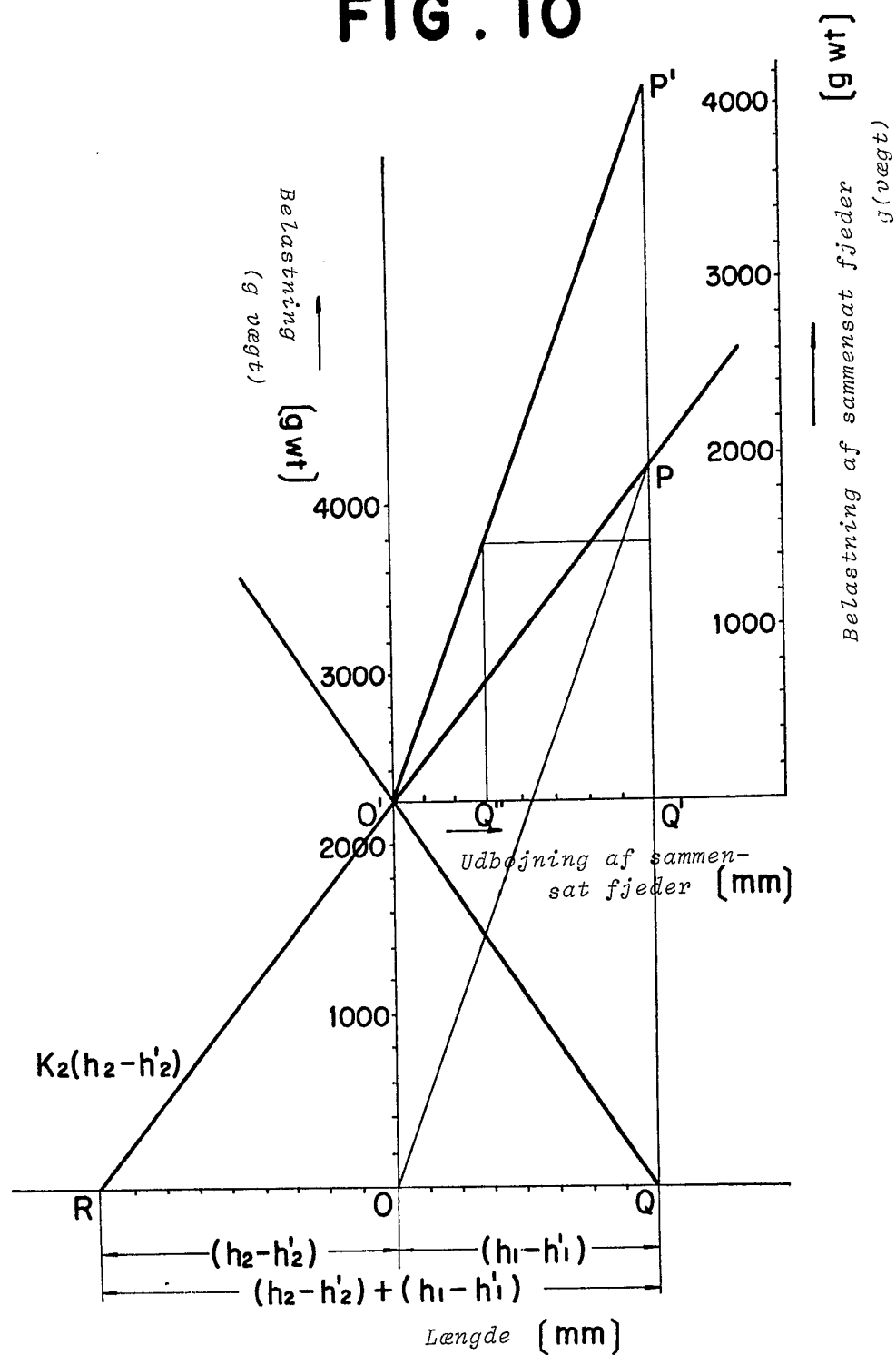


FIG. 11-a

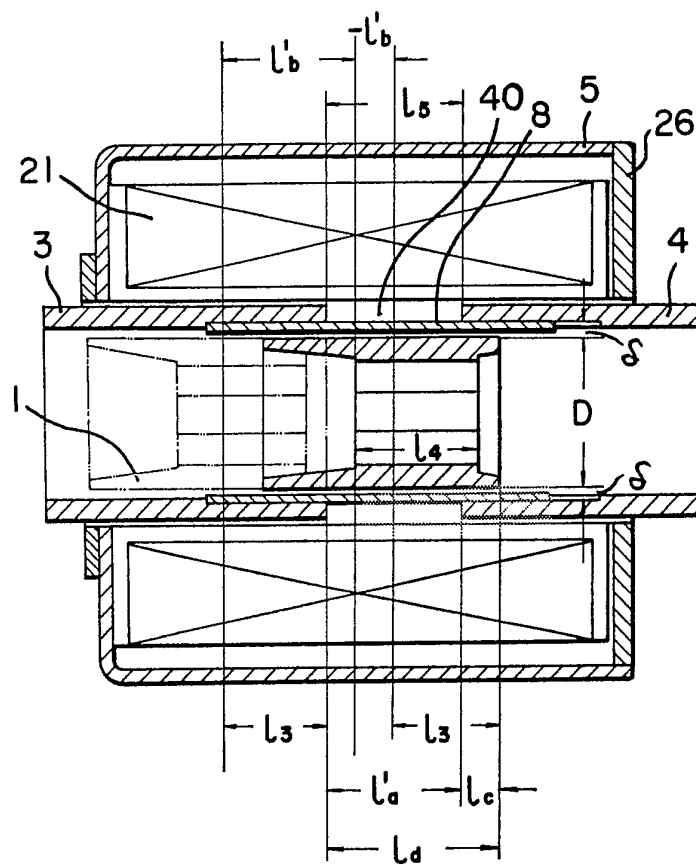


FIG. 11-b

