

Octrooiraad



⑩ A Terinzagelegging ⑪ 7907110

Nederland

⑲ NL

-
- ⑤4 **Gelijkstroommotor.**
⑤1 Int.Cl.¹: H02K29/02.
⑦1 Aanvrager: Sony Corporation (Sony Kabushiki Kaisha) te Tokio.
⑦4 Gem.: Ir. A. Siedsma c.s.
Octrooibureau Arnold & Siedsma
Sweelinckplein 1
2517 GK 's-Gravenhage.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 7907110.
②2 Ingediend 24 september 1979.
③2 Voorrang vanaf 22 september 1978.
③3 Land van voorrang: Japan (JP).
③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 117196/78.
②3 --
⑥1 --
⑥2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 25 maart 1980.

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

Gelijkstroommotor.

De uitvinding heeft betrekking op een gelijkstroommotor, en in het bijzonder op een vlakke, borstelloze gelijkstroommotor, waarvan de rotor een veldmagneet omvat en de stator een spoel, die is aangebracht in een vlak, evenwijdig
5 aan en tegengesteld gericht ten opzichte van het ondervlak van de magneet.

Bekend is, dat het koppel, uitgezet tegen de hoeksnelheid van een gelijkstroommotor een "dalende" aard bezit, d.w.z., dat het door de motor opgewekte koppel afneemt met,
10 toenemende hoeksnelheid. Indien een mechanische viscositeitsfactor μ wordt gedefinieerd als de reciproce van de helling van de kromme, die het verband aangeeft tussen het koppel en de hoeksnelheid, zal een gelijkstroommotor met een hoge mechanische viscositeitsfactor μ in het algemeen betere prestaties
15 vertonen. Bijvoorbeeld zal een gelijkstroommotor met een hoge mechanische viscositeitsfactor μ een betere snelheidsregeling vertonen, d.w.z., dat er minder tijd voor nodig is om de motor van de ene naar de andere snelheid over te laten gaan als gevolg van belastingsvariaties. Bovendien zal een motor met een
20 hogere waarde van μ een groter koppel vertonen en derhalve meer vermogen kunnen leveren. Verder kan de werkstroom, en daarmee het bij een bepaalde aandrijfspanning opgenomen elektrische vermogen, worden verlaagd bij toeneming van de waarde van μ . Derhalve zal een motor met een hoge waarde van μ betere
25 bedrijfseigenschappen bezitten.

Gelijkstroommotoren van het beschreven type zijn evenwel totnogtoe steeds door een "trial and error"-methode ontworpen, en er zijn geen pogingen in het werk gesteld om op systematische wijze de mechanische viscositeitsfactor μ te
30 verhogen met het oog op een verbetering van de bedrijfseigenschappen van de motor. Daardoor vertonen dergelijke gelijkstroommotoren in het algemeen een zeer lage bedrijfsrendement.

De uitvinding stelt zich derhalve ten doel, een gelijkstroommotor te verschaffen, waarbij de bovenbeschreven
35 problemen volgens de stand der techniek zijn vermeden.

7907110

In het bijzonder stelt de uitvinding zich ten doel, een gelijkstroommotor te verschaffen, waarvan de mechanische viscositeitsfaktor μ is gemaximaliseerd voor een rotor-magneet van bepaalde afmetingen.

5 Een ander doel van de uitvinding is het verschaffen van een gelijkstroommotor, waarvan de mechanische viscositeitsfaktor μ is gemaximaliseerd door keuze van de gereduceerde luchtspleetafstand d' van de motor en de gemiddelde radiale afstand f van de spoel binnen bepaalde gebieden.

10 Een verder doel van de uitvinding is het verschaffen van een gelijkstroommotor met een verbeterde snelheidsregeling, die relatief krachtig is en relatief weinig elektrische energie verbruikt.

Volgens een aspect van de uitvinding wordt een
15 gelijkstroommotor verschaft met een veldmagneet met een radiaalgericht, ringvormig oppervlak en tenminste één spoelelement in de vorm van een lus, die is gelegen in een met het genoemde ringvormige oppervlak evenwijdig vlak, welke lus zich omtreksgewijze uitstrekkende gedeelten bevat, die ten opzichte
20 van het midden van het ringvormige oppervlak aan de binnen- en de buitenzijde bevinden. De magneet en elk spoelelement zijn ten opzichte van elkaar roteerbaar rond een as door het midden van het ringvormige magneetvlak. Bovendien kunnen de gemiddelde radiale afstand f tussen het binnenste en buitenste
25 zich aan de omtrek uitstrekkende gedeelte van elke spoelelement, en de radiale breedte b van het ringvormige oppervlak van de magneet zodanig gekozen zijn, dat de verhouding b/f zich in het gebied tussen 0,8 en 1,2 bevindt.

Volgens een verder kenmerk van de uitvinding
30 ligt de gereduceerde luchtspleet d' van de motor zich in het gebied tussen 0,15 en 0,30, welke gereduceerde luchtspleet is gedefinieerd als $d' = \sqrt{2d/\sqrt{ab}}$, waarbij d de afmeting van de luchtspleet tussen het ringvormige magneetvlak en de stator, waarop het spoelelement is gemonteerd, voorstelt, en
35 a de gemiddelde straal van de magneet.

Verdere kenmerken en bijzonderheden van de motor volgens de uitvinding zullen worden genoemd en toegelicht aan de hand van de bijgevoegde tekening. Hierin tonen:

7907110

Figuur 1 een dwarsdoorsnede van een door een tweefasige wisselstroom aandrijfbare, bekende, borstelloze gelijkstroommotor;

Figuur 2 een schakeling voor het aandrijven van 5 de motor van figuur 1;

Figuur 3 een grafische weergave van de algemene eigenschappen van de borstelloze gelijkstroommotor volgens figuur 1;

Figuur 4 een dwarsdoorsnede van een gedeelte van 10 een magneet en een spoel ter illustratie van de afmetingen daarvan en de relatie daartussen, volgens een uitvoeringsvoorbeeld van de uitvinding;

Fig. 5 een gedeeltelijk weggebroken bovenaanzicht van de magneet en de spoелеlementen volgens het in figuur 4 weerge- 15 geven uitvoeringsvoorbeeld, waarin de afmetingen van de spoel-elementen zijn getekend;

Figuur 6 een grafiek van de verdeling van de magnetische fluxdichtheid B in de luchtspleet d , in radiale richting van de motor volgens de figuren 4 en 5;

20 Figuur 7 een grafiek van het verband tussen de magnetische fluxlekcoefficient F en de gereduceerde luchtspleet d' ;

Figuur 8A en 8B grafieken van het verband tussen de grootte van de luchtspleet d en de mechanische viscositeitsfactor μ voor twee magneten met onderling verschillende 25 afmetingen;

Figuur 9 een grafiek van het verband tussen de mechanische viscositeitsfactor μ en de gereduceerde luchtspleet d' voor vier magneten met verschillende afmetingen; en

30 Figuren 10A-10D grafieken van het verband tussen de gemiddelde radiale afstand f van de spoel en de mechanische viscositeitsfactor μ , voor vier magneten met onderling verschillende afmetingen.

Figuur 1 toont een bekende borstelloze gelijk- 35 stroommotor 2, die zodanig is ingericht, dat hij door een tweefasige wisselstroom kan worden aangedreven. De motor 2 omvat een motoraandrijfas, die door middel van lagers 8a, 8b en 8c roteerbaar wordt gedragen in een cilindrische as-

7907110

drager 6. Een poelie 10 is aan het bovineinde van de as 4 bevestigd voor het op een bekende wijze daarvandaan overdragen van een koppel en een schijfvormige rotor 12 met een omtreksrand 12a is bevestigd aan en omringt de omtrek van de poelie 10. Een ringvormige permanente magneet 14 met een rechthoekige dwarsdoorsnede en een zich in radiale richting uitstrekkend, ringvormig oppervlak 14a is bevestigd aan de onderzijde van de rotor, en wel door daartoe geschikte middelen, bijvoorbeeld hechting, zodanig, dat het ringvormige vlak 14a zich in loodrechte richting ten opzichte van de motoras 4 uitstrekt. De magneet 4 bezit bij voorkeur een aantal magneetpolen, bijvoorbeeld acht polen met afwisselende polariteiten. Verder is een cirkelvormig, als een plaat uitgevoerd statorjuk 16 aan het buitenomtreksoppervlak van de asdrager 6 bevestigd, op het bovenvlak van welk 16 een aandrijfspool 18 is bevestigd in een vlak, evenwijdig aan het ringvormige vlak 14a.

Figuur 2 toont een schakeling, die kan worden toegepast in samenhang met de motor volgens figuur 1, waarbij de spoel 18 bestaat uit twee fasespoelelementen 18a en 18b, die zijn gerangschikt onder een faseverschil van $N\pi/2$ elektrische graden, waarin N een oneven getal is, en waarbij de magneet 14 een zodanige magnetisatie bezit, dat de daarvan afkomstige magnetische flux sinusoidaal varieert langs elke willekeurige omtreksbaan. Detectie-elementen, bijvoorbeeld met het hol-effekt werkende elementen 20a en 20b, zijn op het statorjuk 16 gerangschikt met dezelfde faserelatie als de spoelelementen 18a en 18b, danwel met een faseverschil van $N'2\pi$ elektrische graden ten opzichte daarvan, waarbij N' een geheel getal is, voor het detecteren van de rotatiepositie van de magneet 14 en het opwekken en afgeven van aandrijfsignalen, waarvan de grootte rechtevenredig is met de intensiteit van de met de spoelelementen 18a en 18b gekoppelde magnetische flux. De van de elementen 20a en 20b afkomstige aandrijfsignalen worden toegevoerd aan resp. de aandrijfbesturingsschakelingen 22a en 22b, die op hun beurt sinusoidaal variërende aandrijfstromen afgeven, die rechtevenredig zijn met de fluxkoppeling, aan de spoelelementen 18a en 18b. Deze spoelelementen 18a en 18b

7907110

worden daardoor in de juiste fase geëxciteerd, waardoor ze een magnetisch rotatieveld opwekken, dat dient voor het ontwikkelen van een koppel in een bepaalde richting op de magneet 14, waarbij de aan de magneet 14 bevestigde rotor 12 en de poelie 10 in rotatie worden gedrongen. De waarde van het koppel is afhankelijk van de intensiteit van de aandriifstroom en de fluxkoppeling, en is bovendien rechtevenredig met resp. $\sin^2\phi$ en $\cos^2\phi$, waarbij ϕ de rotatiehoek van de rotor 12 voorstelt. Aangezien $\sin^2\phi + \cos^2\phi = 1$, is het totale koppel konstant, ongeacht de rotatiehoek van de rotor 12, waardoor een koppel met geringe rimpel en ruis wordt afgegeven.

In figuur 3 zijn met de krommen A en B de koppelhoeksnelheidskarakteristieken (statische karakteristieken) van twee verschillende borstelloze gelijkstroommotoren van het aan de hand van figuur 1 beschreven type weergegeven; de krommen A' en B' corresponderen met de koppel-bedrijfsstroomkarakteristieken van dergelijke motoren. Zoals in figuur 3 is getekend, vertoont de koppelhoeksnelheidskarakteristiek een "dalende" tendens, d.w.z. dat de hoeksnelheid toeneemt met afnemend, door de motor 2 opgewekt koppel. Dit betekent, dat de motor een zekere viskeuze resistiviteit vertoont. In dit verband is de mechanische viscositeitsfactor μ gedefinieerd als $\Delta T / \Delta \omega$ ($\frac{\text{g.cm}}{\text{rad/sec}}$), en wordt gerepresenteerd door de reciproke van de helling van de koppelhoeksnelheidskarakteristiek A of B.

Het is bekend, dat bij het verhogen van de waarde van de mechanische viscositeitsfactor μ de bedrijfseigenschappen van een gelijkstroommotor worden verbeterd. Aangezien de helling van de koppelhoeksnelheidskarakteristiek afneemt met toenemende waarden van μ , zal het duidelijk zijn, dat een gelijkstroommotor met de met de kromme A weergegeven karakteristiek bijvoorbeeld beter is dan een gelijkstroommotor met de karakteristiek volgens de kromme B. Aangezien het effect van belastingsvariaties op de motorsnelheid geringer wordt met toenemende waarden van μ , bezit de met de kromme A weergegeven motor een betere snelheidsbesturing dan de met de kromme B weergegeven motor. Dit kan gemakkelijker als volgt wordt ingezien:

7907110

Indien het traagheidsmoment van een motor, waarop een belasting wordt uitgeoefend, door J_m wordt weergegeven, kan de tijdconstante τ , waarbinnen de motor zijn stationaire hoeksnelheid bereikt, worden uitgedrukt door de vergelijking $\tau = J_m/\mu$, waarin $\mu = T_0/w_0$ en w_0 de stationaire hoeksnelheid van de motor voorstelt voor een vaste stroom door de Hall-elementen 20a en 20b. Het blijkt derhalve, dat de tijdconstante τ afneemt met toenemende waarde van μ , d.w.z., dat er minder tijd verstrijkt, voordat de motor zijn gewenste snelheid w_0 bereikt. Hetzelfde effect treedt op, wanneer de aan de motor aangelegde belasting wordt verlaagd voor het verminderen van de waarde J_m .

Derhalve voor een motor met een vaste waarde van μ de tijd, waarbinnen de motor zijn hoeksnelheid verandert tengevolge van een belastingsvariatie, uitgedrukt door de vergelijking $\Delta\tau = \Delta J_m/\mu$. Het blijkt uit deze vergelijking, dat voor een gegeven belastingsvariatie ΔJ_m een motor met een hogere waarde van μ in staat zal zijn, zijn hoeksnelheid binnen een korter tijdsbestek te variëren. Derhalve bezit voor elke bepaalde belastingsvariatie een motor met de met de kromme A weergegeven koppel-hoeksnelheidskarakteristiek een snelheidsbesturing, die beter is dan die van de motor met de met kromme B weergegeven karakteristiek.

Aangezien verder $\mu = T/w$ voor een bepaalde snelheid, levert een motor met een hogere waarde van μ (kromme A) een groter koppel en is derhalve krachtiger dan een motor met een lagere waarde van μ (kromme B) voor elke bepaalde snelheid. Bovendien kan de bedrijfsstroom, en daarmee het opgenomen elektrische vermogen bij een bepaalde aandrijfspanning, worden verlaagd door het verhogen van de waarde van μ , zoals uit de in figuur 3 weergegeven krommen A' en B' blijkt. Het blijkt derhalve, dat een motor met een hoge waarde van μ verbeterde bedrijfseigenschappen vertoont. Gelijkstroommotoren van het bovenbeschreven type zijn evenwel totnogtoe slechts langs empirische weg ontworpen, zonder dat voorzieningen zijn getroffen voor het nauwkeurig maximaliseren van de mechanische viscositeitsfactor μ voor motoren met veldmagneten van equivalente dimensies.

7907110

In de figuren 4 en 5 zijn gedeelten van een borstelloze gelijkstroommotor weergegeven, waarnaar zal worden verwezen bij het beschrijven van de met de uitvinding bereikte verbeteringen; in deze figuren zijn elementen, die corresponderen met elementen van de in figuur 1 weergegeven bekende gelijkstroommotor, met dezelfde verwijzings- symbolen aangeduid. In figuur 4 is de gemiddelde straal van de ringvormige permanente magneet 3 door de letter a weergegeven, de radiale breedte van het ringvormige vlak 14a van de magneet is weer-
10 gegeven door de letter b, en de axiale dikte is door de letter c voorgesteld. Een luchtspleet met de afmeting d is aangebracht tussen het ringvormige vlak 14a van de magneet 14 en het bovenvlak van het statorjuk 16, terwijl verder de afstand tussen het ringvormige vlak 14a en het bovenvlak van de spoel 18 door
15 de letter e is voorgesteld.

Zoals uit figuur 5 blijkt, bezitten de spoelelementen 18a en 18b de vorm van een sectorvormige lus, maar ook andere lusvormen, bijvoorbeeld een cirkelvormige of langwerpige, kan worden toegepast. Elk van de spoelelementen 18a en
20 18b omvat een stel radiale gedeelten 24, die een onderlinge hoekverstelling over een centrale steekhoek θ vertonen, die althans bij benadering correspondeert met een elektrische hoek π , alsmede een stel zich omtreksgewijze uitstrekken-
25 gedeelten 26a en 26b, die resp. aan de binnenzijde en de buitenzijde van het midden van het ringvormige vlak 14a zijn gelegen, en een onderlinge afstand van de gemiddelde radiale afstand f vertonen. Elk spoelelement 18a en 18b bezit een wikkelingsbreedte g, en er bevindt zich een afstand h tussen aangrenzende spoelelementen. Verder zijn de spoelelementen
30 18a en 18b zodanig geplaatst, dat ze een onderling faseverschil van $3\pi/2$ elektrische graden bezitten. Bij voorkeur omvat de motor 2 additionele spoelelementen 18a' en 18b', die, zoals met de streep-streepje-stippellijnen in figuur 5 is weergegeven, omtreksgewijze zijn gerangschikt, en wel op
35 een afstand van 180° van en in serie aangesloten met resp. de spoelelementen 18a en 18b.

De met de uitvinding bereikte verbetering is gelegen in de maximalisering van de mechanische viscositeits-

7907110

faktor μ voor een magneet van bepaalde dimensies. In het bijzonder is gebleken, dat de mechanische viscositeitsfactor μ een gewenste maximale waarde kan bereiken, indien de verhouding tussen de radiale breedte b van het ringvormige vlak 14a van de magneet 14 en de gemiddelde radiale afstand f van de spoелеlementen 18a en 18b, d.w.z. b/f , zich binnen het gebied van 0,8-1,2 bevindt. De mechanische viscositeitsfactor bezit eveneens een maximale waarde, indien de afmeting van de gereduceerde luchtspleet d' ($= \sqrt{2d/\sqrt{ab}}$) zich binnen het gebied 10 tussen 0,15 en 0.3 bevindt. De achtergrond voor het voorgaande zal nu meer in detail worden beschreven.

In het algemeen kan het op een geleider van een spoелеlement in een gelijkstroommotor van het bovenbeschreven type uitgeoefende koppel T door de volgende vergelijking worden 15 beschreven:

$$T = F \times R = B \times l \times I \times R \quad (1),$$

waarin F de op de geleider werkende kracht voorstelt, l de lengte van de geleider is, R de gemiddelde rotatiestraal van de geleider, I de stroom door de geleider, en B de magnetische 20 fluxdichtheid in de luchtspleet in de omgeving van de geleider. Indien de relatieve hoeksnelheid van de geleider door ω wordt weergegeven, verplaatst de geleider zich in een snelheid $R\omega$ in het magnetische veld. Daardoor wordt in de geleider een spanning E opgewekt, die voldoet aan de volgende vergelijking:

$$E = B \times l \times R \times \omega \quad (2).$$

De tegenspanningsfactor K_V kan in dat geval als volgt worden gedefinieerd:

$$K_V = E/\omega \quad (3).$$

Er dient evenwel op te worden gewezen, dat de met de geleiders 30 effectief gekoppelde magnetische flux minder zal zijn dan de fluxkoppeling in de ideale situatie, waarbij de mate van vermindering van de fluxkoppeling afhankelijk is van de vorm van het toegepaste spoелеlement. Het is voor praktisch gebruik derhalve noodzakelijk, een koppelingscorrectiefactor α te 35 definieren als de verhouding van de effectieve fluxkoppeling met de ideale fluxkoppeling.

Reeds eerder is bijvoorbeeld opgemerkt, dat de spoелеlementen 18a en 18b een wikkelingsbreedte g bezitten

langs hun binnenste en buitenste zich aan de omtrek uitstrek-
kende gedeelten 26a en 26b. De hoeksecties van de spoeelemen-
ten evenwel, die eveneens deel uitmaken van hun zich aan de
omtrek uitstrekken-
5 gedeelten, zijn onder voorafbepaalde
hoeken ten opzichte van de corresponderende raaklijnen ge-
plaatst ten opzichte van de omtrek van de magneet 14. Aange-
zien deze magneet 14 sinusoidaal is gemagnetiseerd langs
elke willekeurige omtrekbaan daarvan, is voor de spoeelemen-
ten 18a en 18b de magnetische fluxdichtheid b niet uniform
10 tengevolge van de genoemde hoeksecties. Derhalve dient een
van de vorm van de spoeelementen afhankelijke correctie-
factor α' te worden gebruikt ter verkrijging van de gemiddelde
magnetische fluxdichtheid $B \times \alpha'$, die inwerkt op elk spoel-
element met de wikkelingsbreedte g . De correctiefactor α' kan
15 worden geschreven als een funktie van g en r , waarin r de
radiale afstand van de motor voorstelt. Aangezien een koppel
onder een rechte hoek ten opzichte van de richting van de
magneetflux en de door de stroom vloeiende geleider wordt
opgewekt, wordt op dezelfde wijze het koppel (in de tangentiële
20 richting) verlaagd ter plaatse van de hoeksectie van de spoel-
elementen tengevolge van de vermindering daar ter plaatse van
de effectieve gekoppelde magnetische flux. Derhalve kan een
tweede correctiefactor α'' op dezelfde wijze als boven worden
geformuleerd. De correctiefactoren α' en α'' kunnen tot één
25 correctiefactor $\alpha(g,r)$ worden gecombineerd, waarbij $0 \leq \alpha \leq 1$.
Op dezelfde wijze dient de vergelijking 3 voor de tegenspan-
ningsfaktor K_v als volgt te worden gewijzigd:

$$K_v \approx B \times l \times N \times \alpha \times R \quad (4),$$

waarin N het totale aantal geleiders in de spoel voorstelt
30 en waarin de equivalente waarde voor E op basis van vergelij-
king 2 in vergelijking 3 is gesubstitueerd.

Het uitgangsvermogen $T\omega$ van de motor dient gelijk
te zijn aan het door de motor opgenomen elektrische vermogen
 EI , vermindert met verwaarloosbare wrijvingsverliezen. Voor
35 alle praktische doeleinden geldt derhalve:

$$T\omega = EI \quad (5),$$

en, indien de draadweerstand van de geleider door R_m wordt
weergegeven, geldt de volgende vergelijking:

7907110

$$R_m = E/I \quad (6).$$

Indien de vergelijkingen (3), (5) en (6) worden gecombineerd, en de correctiefactor α wordt verwaarloosd, kan de mechanische viscositeitsfactor μ als volgt worden uitgedrukt:

$$\mu = T/\omega = K_v^2/R_m \quad (7).$$

Opgemerkt dient verder te worden, dat de in de vergelijkingen (1), (2) en (4) gebruikte waarde van de magnetische fluxdichtheid B in het algemeen als nagenoeg konstant is beschouwd in de nabijheid van de geleiders. Gebleken is evenwel, dat deze waarde varieert in radiale richting van de motor. Wanneer in het bijzonder de afmeting van de luchtspleet d tussen het stapeljuk 17 en de permanentmagneet 14 gering is, varieert de magnetische fluxdichtheid B op de in figuur 6 met de kromme H weergegeven wijze, zodat hij in hoofdzaak uniform is in de nabijheid van de geleiders. Bij het toenemen van de afmeting van de luchtspleet d , spreidt de verdeling van de dichtheid b zich in radiale richting van de motor, zoals in figuur 6 met de kromme I is weergegeven. De aldus verkregen vergrote luchtspleetdimensie d resulteert in een toeneming van de magnetische fluxlekcoëfficiënt F en een afneming van de maximale fluxdichtheid B_m .

Aangezien het moeilijk is, de maximale fluxdichtheid B_m te berekenen uit de vorm met het materiaal van de magneet 14, de luchtspleet d en de remanentie B_r , is de relatie tussen de maximale fluxdichtheid B_m en de luchtspleet-afmeting d experimenteel vastgesteld. Deze bepaling is uitgevoerd onder toepassing van diverse ferrietmagneten met de in figuur 4 weergegeven vorm, en de maximale dichtheden B_m werden gemeten bij verschillende luchtspleetafmetingen of lengten d .

De lekfactor of -coëfficiënt F kan uit onderstaande vergelijking worden berekend:

$$F = B_r/B_m - \mu_m d/c \quad (8),$$

waarin μ_m de permeabiliteit van de magneet voorstelt. Op deze wijze kan de lekfactor F uit de vergelijking 8 worden berekend onder toepassing van de gemeten waarden van B_m voor diverse waarden van d , waarbij voor een bepaalde magneet de waarden van B_r , μ_m en c konstant zijn. De berekende waarden voor de

lekfactor zijn in de grafiek van figuur 7 weergegeven, waarbij de ordinaat op logaritmische schaal $\ln F$ (lekfactor) en de abscis de gereduceerde luchtspleetlengte $d' = \sqrt{2d/\sqrt{ab}}$, die afhankelijk is van de vorm van de magneet, weergeeft.

- 5 Uit figuur 7 blijkt dat de benaderde waarde van de lekcoëfficiënt F uit de kromme J kan worden verkregen, indien de lengte of de afmeting van de gereduceerde luchtspleet d' klein is. Deze waarde van de uit de kromme J bepaalde lekfactor F benadert de waarde, die is verkregen onder toepassing van bekende analytische methoden voor het berekenen van de permeantie in afhankelijkheid van de configuratie van de magneet. In gelijkstroommotoren van het aan de hand van de figuren 4 en 5 beschreven type is evenwel de gereduceerde luchtspleet d' in het algemeen groter dan die, welke is verkregen ter plaatse van het overgangspunt tussen de krommen J en K , zodat de benaderde waarde van lekfactor F moet worden bepaald uit de kromme K volgens figuur 7. Een experimentele formule voor $F(d')$ is verkregen uit de in figuur 7 getekende kromme K . De maximale fluxdichtheid B_m kan worden berekend in termen van $F(d')$ door het als volgt transformeren van vergelijking 8:

$$B_m = \frac{r}{F(d') + \mu_m d/c} \quad (9).$$

- Wanneer de afmeting van de luchtspleet d klein is, kan, zoals eerder beschreven is aan de hand van figuur 6, de magnetische fluxdichtheid B voor alle praktische doeleinden in de luchtspleet als uniform worden beschouwd en equivalent met de maximale fluxdichtheid B_m , zoals die uit vergelijking 9 kan worden berekend. Bij het toenemen van de afmeting van de luchtspleet d neemt de fluxdichtheid B evenwel af ter plaatse van de radiale extremen of de binnen- en buiten-omtrek van de ringvormige magneet 14, zoals in figuur 6 met de kromme I is weergegeven. Op deze wijze kan de magnetische fluxdichtheid in de luchtspleet d worden weergegeven door een geschikte tweedimensionale verdelingsfunctie, waarbij wordt verondersteld, dat de magnetische variaties uniform zijn verdeeld over het ringvormige vlak 14a van de magneet 14, en waarbij de distributiefunctie als parameter de uit vergelijking 9 bepaalde maximale magnetische fluxdichtheid B bevat. Voor een magneet 14 met bepaalde of vaste afmetingen kan derhalve

7907110

de magnetische fluxdichtheid B de luchtspleet worden uitgedrukt in de vorm van een funktie $B(d, r)$.

Derhalve kan de tegenspanningsfaktor K_v op basis van vergelijking 4 nu worden uitgedrukt door de som van ΔK_v , telkens genomen over een kleine lengte Δl van de geleider met een straal r_n :

$$K_v = \xi \Delta K_v = N \xi B_n(d, r_n) \cdot \alpha_n(g, r_n) \cdot r_n \cdot \Delta l \quad (10).$$

Ook kan de wikkeldraadweerstand R_m volgens vergelijking 6 als volgt worden uitgedrukt:

$$R_m = N^2 L/S \quad (11),$$

waarin L de resistiviteit van de draad voorstelt, N het aantal wikkelingen (het aantal de spoel vormende geleider), L de gemiddelde lengte van één winding en S de effectieve dwarsdoorsnede van de draad. Door het samenvoegen van de vergelijkingen 7, 10 en 11 kan de mechanische viscositeitsfactor μ als volgt worden uitgedrukt:

$$\mu = \frac{S}{\rho} \cdot \left\{ \xi B_n(d, r_n) \cdot \alpha(g, r_n) \cdot r_n \cdot \Delta l \right\}^2 \quad (12).$$

In deze vergelijking wordt de waarde van S bepaald uit de luchtspleetafmeting d , de afstand e tussen het ringvormige vlak 14a en het bovenvlak van de spoel 18 en de wikkelbreedte g , en de waarde van L wordt bepaald uit de gemiddelde radiale afstand f , de spoelbreedte g en de steekhoek θ , terwijl de correctiefactor α_n , die correspondeert met veranderingen in de vorm van de spoелеlementen, eveneens van die dimensies afhankelijk is. Op deze wijze kan de mechanische viscositeitsfactor μ worden berekend uit de geometrische dimensies (d, e, f, g, θ) , onafhankelijk van de specificaties van de spoel, zoals de diameter van het draad of het aantal windingen.

In de praktijk wordt de afstand e tussen het ringvormige vlak 14a en het bovenvlak van de spoel 18 ingesteld op een voorafbepaalde geringe waarde met de enige voorwaarde, dat de magneet 14 en spoel 18 niet met elkaar in kontakt verkeren. Bijvoorbeeld kan de relatie tussen e en d luiden: $e = 0,05 + 0,15d$, ter verkrijging van een bevredigende waarde van e . Verder wordt de steekhoek θ bepaald door het aantal

7907110

op de magneet 14 aanwezige magneetpolen, en wordt de afstand h tussen aangrenzende spoелеlementen 18a en 18b op een minimale waarde gekozen, in overeenstemming met beschikbare ver-
 5 vaardigingsnauwkeurigheid en de toegepaste elektrische isolatie. De wikkelbreedte g wordt typisch bepaald uit de steek-
 hoek θ en de spoelafstand h . Onder toepassing van de magneet
 met bepaalde dimensioneringen kan worden waargenomen, dat n
 en L uitsluitend afhangen van de gemiddelde radiale afstand
 f , en dat S en B_n afhankelijk zijn van de afmeting van de
 10 luchtspleet d . In overeenstemming met het voorgaande zullen
 wijzigingen in de mechanische viscositeitsfaktor μ , berekend
 op basis van vergelijking 12, in verband met twee permanente
 magneten M_1 en M_2 met verschillende dimensioneringen worden
 nagegaan. De dimensies $\varnothing(1)$, $\varnothing(2)$ en c van de magneet M_1 zijn
 15 resp. 45 mm, 22 mm en 7 mm, terwijl die van de magneet M_2 resp.
 160 mm, 100 mm en 15 mm bedragen, waarbij $\varnothing(1)$ de buitendia-
 meter, $\varnothing(2)$ de binnendiameter, en c de axiale dikte van de mag-
 neet voorstellen. Uit een berekening blijkt hiermee, dat de
 dimensies a en b voor de magneten M_1 en M_2 zijn: $a = 16,75$ mm
 20 en $b = 11,5$ mm voor M_1 , en $a = 65$ mm en $b = 30$ mm voor M_2 .
 Indien de afmeting van de luchtspleet d gering is, kan de
 dwarsdoorsnede S van de spoel groot zijn, hetgeen resulteert in
 een kleine mechanische viscositeitsfaktor μ , waarvan de waarde
 toeneemt met toenemende waarde van d . Wanneer evenwel de leng-
 25 te van de luchtspleet d een bepaalde waarde overschrijdt,
 neemt de magnetische fluxdichtheid B_n , en daarmee de mechani-
 sche viscositeitsfaktor μ af. Zoals in de figuren 8A en 8B is
 weergegeven, bereikt op deze wijze de mechanische viscosi-
 teitsfaktor μ een maximale waarde bij een bepaalde luchtspleet-
 30 lengte d .

Zoals in figuur 9 is weergegeven, bereikt de mecha-
 nische viscositeitsfaktor μ op dezelfde wijze een dergelijke
 piekwaarde als functie van $d' (= \sqrt{2d/\sqrt{ab}})$ voor de magneten M_1 -
 M_4 , waarbij de dimensies $\varnothing(1)$, $\varnothing(2)$ en c voor de magneten M_3
 35 en M_4 resp. zijn: 55 mm, 25 mm, 7 mm en 37 mm, 25 mm en 5 mm.
 Zoals duidelijk blijkt uit figuur 9, vertoont de mechanische
 viscositeitsfaktor μ een maximale waarde, wanneer d' zich
 binnen het gebied van 0,15 - 0,30 bedraagt, d.w.z. $0,15 \leq d' \leq$

7907110

0,3. Binnen dit gebied is de afwijking van de faktor μ vanaf zijn maximale waarde slechts ongeveer 5-10%. Na het kiezen van de magneetdimensies a en b , resulteert derhalve de berekening van een optimale luchtspleetafstand d , zodanig, dat d' zich binnen het bovengenoemde gebied bevindt, in een maximale waarde van μ .

Zodra de mechanische viscositeitsfaktor μ is berekend, en de bedrijfsspanning E_0 , het koppel T_0 en de hoeksnelheid ω_0 zijn bepaald, kunnen de bedrijfsstroom I_0 en de tegenspanningsfaktor K_v worden berekend op basis van vergelijkingen 3 en 5-7. Zoals uit figuur 8 blijkt, in welke figuur ook het verband tussen de bedrijfsstroom I_0 en de luchtspleet d is weergegeven, neemt de bedrijfsstroom I_0 af bij het toenemen van de mechanische viscositeitsfaktor μ . Met andere woorden, de door de motor gebruikte hoeveelheid elektrische energie kan worden verlaagd door verhoging van de mechanische viscositeitsfaktor μ . Opgemerkt wordt dat tengevolge van de invloed van de ijzerverliezen (hysterese- en wervelstroomverliezen), de afmeting van de luchtspleet d , waarbij de mechanische viscositeitsfaktor μ een maximale waarde vertoont, niet samenvalt met de afmeting van de luchtspleet d , waarbij de bedrijfsstroom I_0 een minimale waarde bezit. Voor alle praktische doeleinden is dit verschil evenwel zonder betekenis. In elk geval dient rekening te worden gehouden met de ijzerverliezen bij het bepalen van de voor T_0 gebruikte waarde. Zodra I_0 en K_v zijn verkregen, kan uit vergelijking 1 de wikkeldraadweerstand R_m worden berekend.

Nu wordt verwezen naar de figuren 10A en 10D, waarin de relaties tussen de gemiddelde radiale afstand f van de spoелеlementen 18a en 18b en de mechanische viscositeitsfaktor μ zijn weergegeven voor de magneten M_1-M_4 : uit de figuren blijkt, dat in elk geval de mechanische viscositeitsfaktor μ op basis van vergelijking 12 is berekend. In figuur 10A zijn variaties in de mechanische viscositeitsfaktor μ weergegeven voor luchtspleten van verschillende lengten d , terwijl in de figuren 10B, 10C en 10D wijzigingen in de mechanische viscositeitsfaktor zijn weergegeven voor een luchtspleet met een vaste afmeting over de lengte d . Het zal uit

7907110

de figuren 10A-10D duidelijk zijn, dat de mechanische viscositeitsfactor μ een maximale waarde bereikt bij een zekere gemiddelde radiale afstand f van de spoelementen 18a en 18b, d.w.z., wanneer de waarde van f zich binnen het gebied van 5 $0,8 \times b$ tot $1,2 \times b$ bevindt. De mechanische viscositeitsfactor μ kan op deze wijze in voldoende mate groot zijn, mits de afmeting f van elk spoeelement zich binnen 20% van de radiale breedte b van het ringvormige vlak van de magneet bevindt, of met andere woorden $0,8 \leq f/b \leq 1,2$. Op deze wijze 10 kan een mechanische viscositeitsfactor μ met een bevredigende waarde worden verkregen onder de voorwaarden $0,15 \leq d' \leq 0,3$ en/of $0,8 \leq f/b \leq 1,2$, waarbij een motor met een dergelijke mechanische viscositeitsfactor μ verbeterde bedrijfseigenschappen vertoont.

15 De uitvinding beperkt zich niet tot de beschreven tweefasige gelijkstroommotor, maar kan worden toegepast in samenhang met een vlakke borstelloze gelijkstroommotor van het schakelende type, waarbij een aantal (bij voorkeur met drie fasen corresponderende) spoeelementen sequentieel worden 20 bekrachtigd, in overeenstemming met daaraan toegevoerde rotorpositiedetectiesignalen. Verder kan de uitvinding worden toegepast in samenhang met een borstelloze gelijkstroommotor, waarbij de stator een veldmagneet omvat en de rotor de spoel en een positiedetectiemagneet omvat, en waarbij verder een 25 sinusoidaal variërende aandrijfstrom via een sleepkring aan de spoel wordt toegevoerd op basis van de van een op de stator aangebrachte positie-detectie-element verkregen detectiesignalen.

De uitvinding beperkt zich niet tot de in het 30 voorgaande beschreven en aan de hand van de tekening toegelichte uitvoeringsvoorbeelden. Diverse wijzigingen in de onderdelen en hun onderlinge samenhang kunnen worden aangebracht, zonder dat daardoor het kader van de uitvinding wordt overschreden.

7907110

CONCLUSIES

1. Gelijkstroommotor, omvattende een radiaalgericht ringvormig vlak, en tenminste één spoeelement in de vorm van een evenwijdig met dat vlak aangebracht lus, welke lus is voorzien van zich omtreks-gewijze uitstrekken-de gedeel-
5 ten, die ten opzichte van het midden van dat ringvormige vlak aan de binnenzijde en de buitenzijde zijn geplaatst, welke magneet en elk van welke de spoeelementen ten opzichte van elkaar roteerbaar zijn rond een as door het midden van het ringvormige vlak, met het kenmerk, dat elk spoeelement een
10 gemiddelde radiale afstand (f) bezit tussen de binnenste en buitenste zich omtreks-gewijze uitstrekken-de gedeelten, welke afstand samenhangt met de radiale breedte (b) van het ringvormige vlak van de magneet, zodanig, dat de verhouding b/f zich in het gebied van 0,8 - 1,2 bevindt.
- 15 2. Gelijkstroommotor volgens conclusie 1, gekenmerkt door steunmiddelen, een roteerbaar door die steunmiddelen gedragen rotor, die axiaal op één lijn is gelegen met de genoemde as door het midden van het ringvormige oppervlak, en aan de steunmiddelen bevestigde statormiddelen.
- 20 3. Gelijkstroommotor volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de magneet aan de rotor is bevestigd en dat tenminste één spoeelement aan de statormiddelen is bevestigd.
4. Gelijkstroommotor volgens conclusie 3,
25 gekenmerkt door twee met een faseverschil van $N\pi/2$ elektrische graden op de statormiddelen aangebracht spoeelementen, waarin N een oneven geheel getal is.
5. Gelijkstroommotor volgens conclusie 4, gekenmerkt door in een faserelatie ten opzichte van de genoem-
30 de spoeelementen op de statormiddelen aangebrachte detectie-elementen, waarin N' een geheel getal is.
6. Gelijkstroommotor volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de magnetische flux een koppeling vormt tussen de spoeelementen en de magneet en dat de detectie-
35 elementen zijn ingericht voor afgifte van rotor-positionerings-signalen aan de spoeelementen, de waarde van welke signalen rechtevenredig is met de gekoppelde magnetische flux, waardoor

7907110

een koppel op de rotor wordt uitgeoefend.

7. Gelijkstroommotor volgens conclusie 6, gekenmerkt door een aandrijfschakeling, waaraan de rotor-positioneringssignalen worden toegevoerd voor toevoer van een
5 sinusoidaal variërend aandrijfsignaal aan de spoелеlementen, en dat de magneet aan zijn omtrek langs het genoemde ring-vormige vlak sinusoidaal variërend is gemagnetiseerd.

8. Gelijkstroommotor volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat de magneet een aantal polen met afwisselende polariteiten omvat.
10

9. Gelijkstroommotor volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het spoелеlement is uitgevoerd als een sectorvormige lus.

10. Gelijkstroommotor, omvattende een veldmagneet
15 met een zich in radiale richting uitstrekkend ringvormig vlak, statormiddelen, en tenminste één spoелеlement in de vorm van een aan de statormiddelen bevestigde lus, die is aangebracht in een met het genoemde vlak evenwijdig vlak, welke magneet en elk van welke spoелеlementen ten opzichte van elkaar
20 roteerbaar zijn rond een as door het midden van het ringvormige vlak, met het kenmerk, dat de motor een gereduceerde luchtspleet ($d' = \sqrt{2d/\sqrt{ab}}$) binnen het gebied van 0,15 - 0,30 bezit, waarbij d de lengte van de luchtspleet tussen het ringvormige vlak en de statormiddelen voorstelt, a de gemiddelde
25 de straal van het ringvormige vlak is, en b de radiale breedte van de magneet voorstelt.

11. Gelijkstroommotor volgens conclusie 10, gekenmerkt door steunmiddelen en een roteerbaar door die steunmiddelen gedragen rotor, die axiaal op één lijn is gelegen met de genoemde as door het midden van het ringvormige vlak, en dat de statormiddelen aan de steunmiddelen zijn bevestigd.
30

12. Gelijkstroommotor volgens conclusie 11, met het kenmerk, dat de magneet aan de rotor is bevestigd.

35 13. Gelijkstroommotor volgens conclusie 12, gekenmerkt door op de statormiddelen onder een faseverschil van $N\pi/2$ elektrische graden aangebrachte spoелеlementen, waarin N een oneven geheel getal is.

7907110

14. Gelijkstroommotor volgens conclusie 13,
gekenmerkt door in een faserelatie ten opzichte van de genoem-
de spoeelementen van $N'2\pi$ elektrische graden op de stator-
middelen aangebrachte detectie-elementen, waarin N' een geheel
5 getal is.

15. Gelijkstroommotor volgens conclusie 14,
met het kenmerk, dat de magnetische flux een koppeling vormt
tussen de spoeelementen en de magneet, en dat de detectie-
elementen de rotorpositioneringssignalen afgeven aan de spoel-
10 elementen, de waarde van welke signalen rechtevenredig is
met de gekoppelde magnetische flux, waardoor een koppel op de
genoemde rotor wordt ugeoefend.

16. Gelijkstroommotor volgens conclusie 15,
gekenmerkt door een aandrijfschakeling, waaraan de rotorposi-
15 tioneringssignalen worden toegevoerd voor toevoer van een
sinusoidaal variërend aandrijfsignaal aan de spoeelementen;
en dat de genoemde magneet aan zijn omtrek langs zijn ring-
vormige vlak sinusoidaal variërend is gemagnetiseerd.

17. Gelijkstroommotor volgens conclusie 10,
20 met het kenmerk, dat de magneet een aantal polen met afwisselende
polariteiten bezit.

18. Gelijkstroommotor volgens conclusie 10,
met het kenmerk, dat elk spoeelement is uitgevoerd als een
sectorvormige lus.

25 19. Gelijkstroommotor, omvattende een veldmagneet
met een radiaalgericht ringvormig vlak, statormiddelen, en
tenminste één spoeelement in de vorm van een aan de stator-
middelen bevestigde lus, welke lus in een met het genoemde
ringvormig vlak evenwijdig vlak is aangebracht, en welke lus
30 zich omtreksgewijze uitstreckende gedeelten vertoont, die
ten opzichte van het midden van het ringvormige vlak aan de
binnenzijde en de buitenzijde gelegen zijn, welke magneet
en elk van welke spoeelementen ten opzichte van elkaar
roteerbaar zijn rond een as door het midden van het ringvor-
35 mige vlak, met het kenmerk, dat elk spoeelement een gemiddel-
de radiale afstand (f) tussen de binnenste en buitenste zich
'omtreksgewijze uitstreckende gedeelten bezit, welke afstand
samenhangt met de radiale breedte van het ringvormige vlak

7907110

van de magneet, zodanig, dat de verhouding b/f zich in het gebied van 0,8 - 1,2 bevindt; en dat de gereduceerde luchtspleet, die is gedefinieerd als $d' = \sqrt{2d}/\sqrt{ab}$, zich in het gebied van 0,15 - 0,30 bevindt, waarin a de gemiddelde
5 straal van het ringvormige vlak is en d is lengte van de luchtspleet tussen het ringvormige vlak en de statormiddelen voorstelt.

7907110

7907110

FIG.1

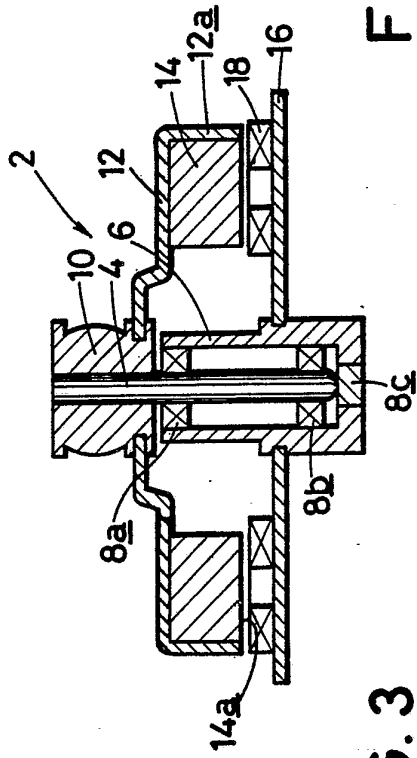


FIG.3

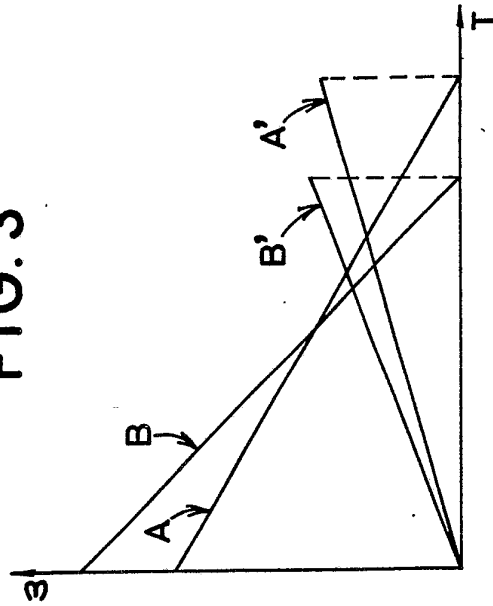


FIG.2

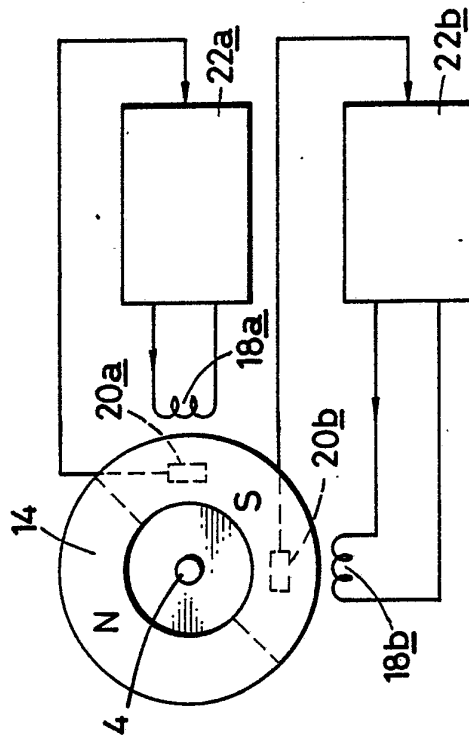


FIG. 4

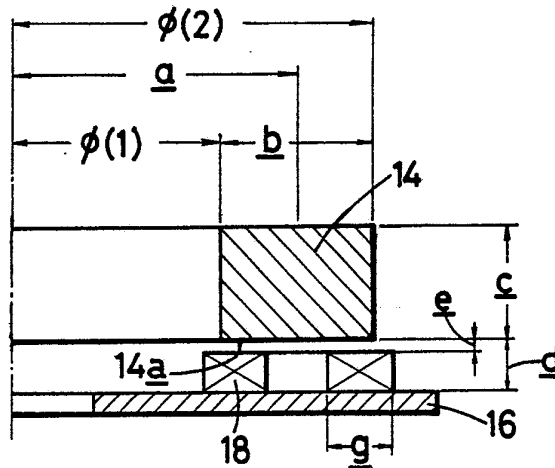
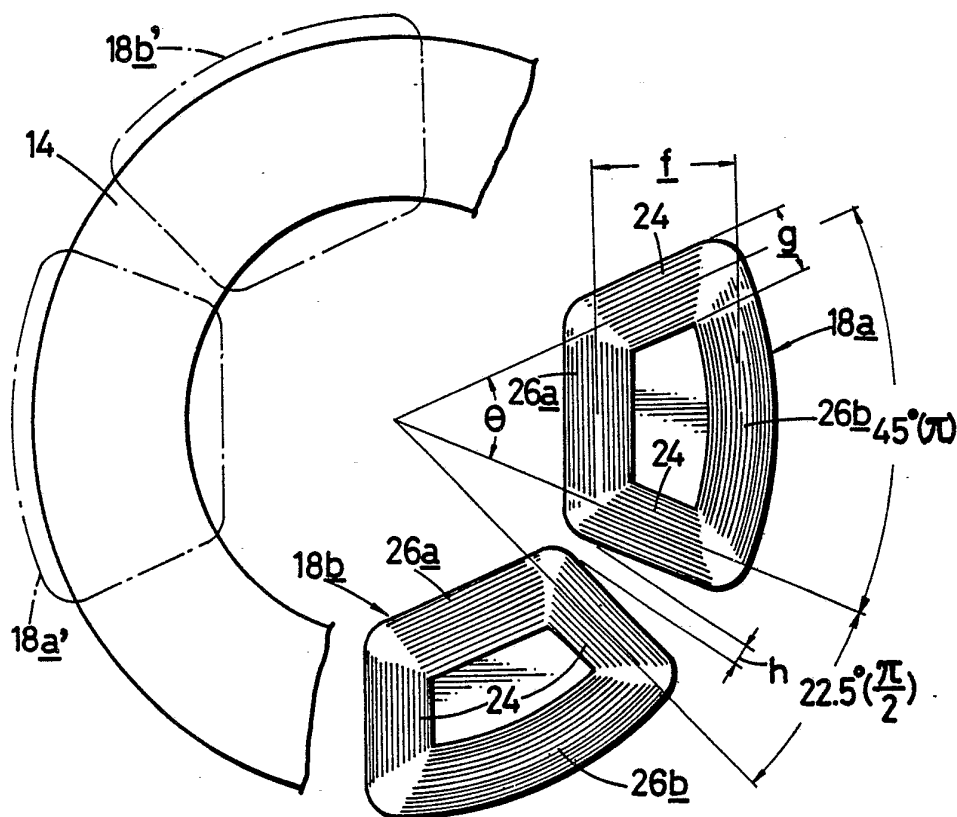


FIG. 5



7907110

FIG.6

B

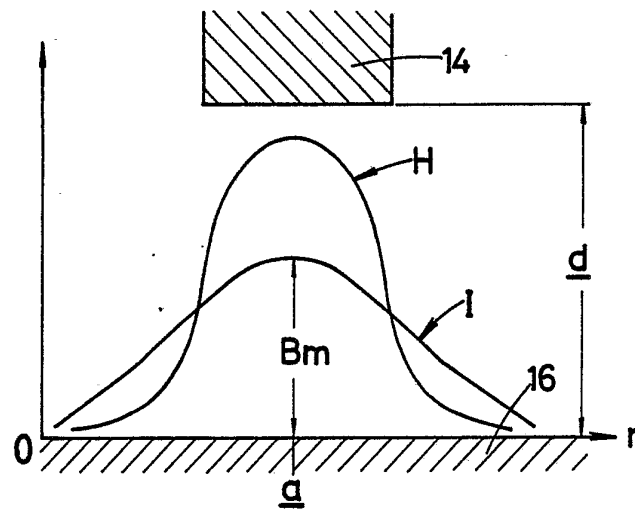
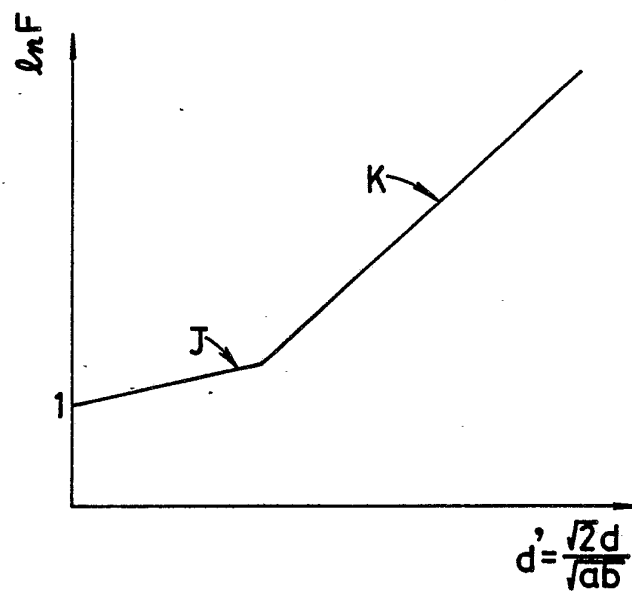


FIG.7



7907110

FIG. 8A

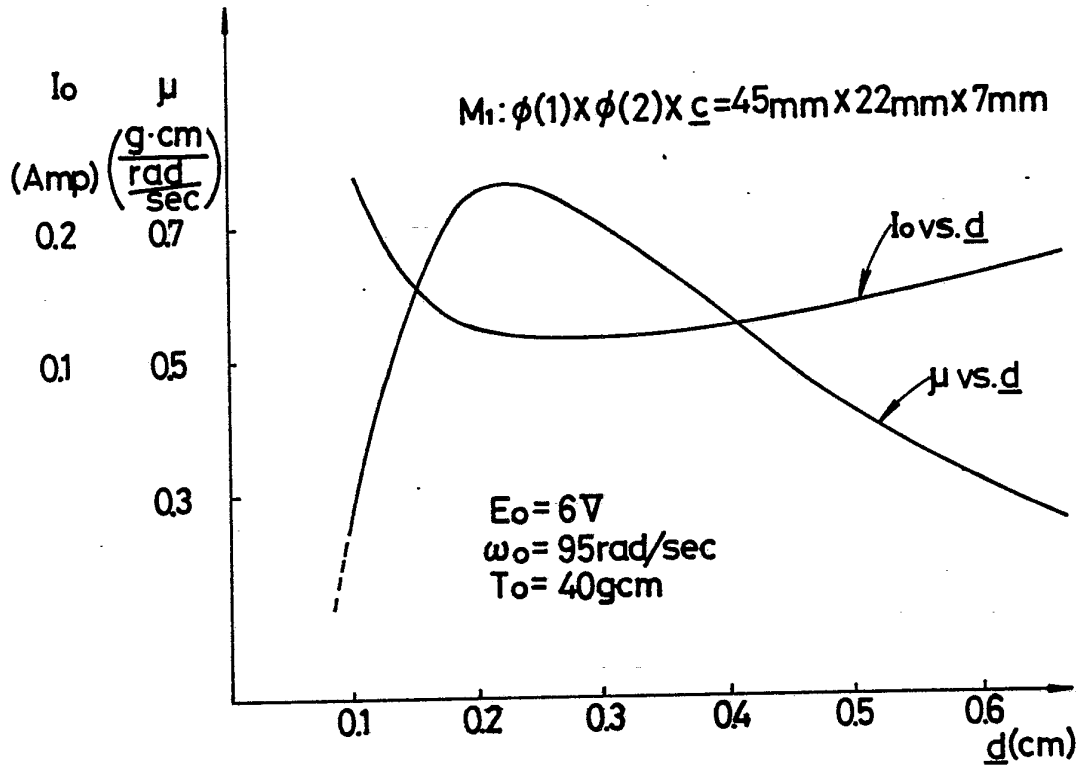
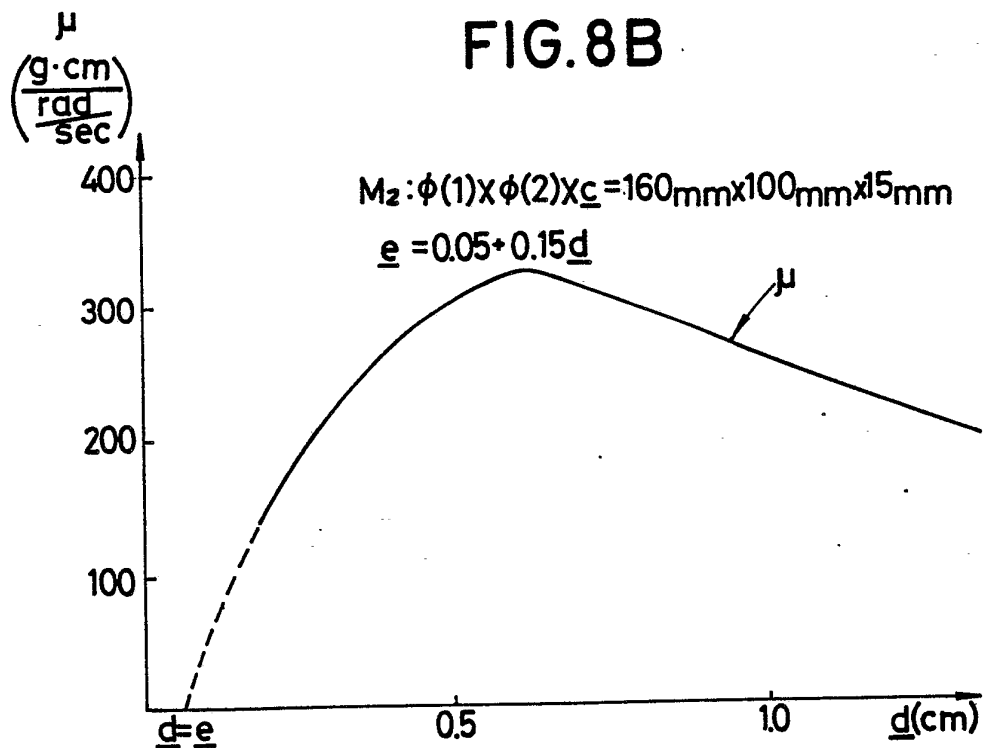


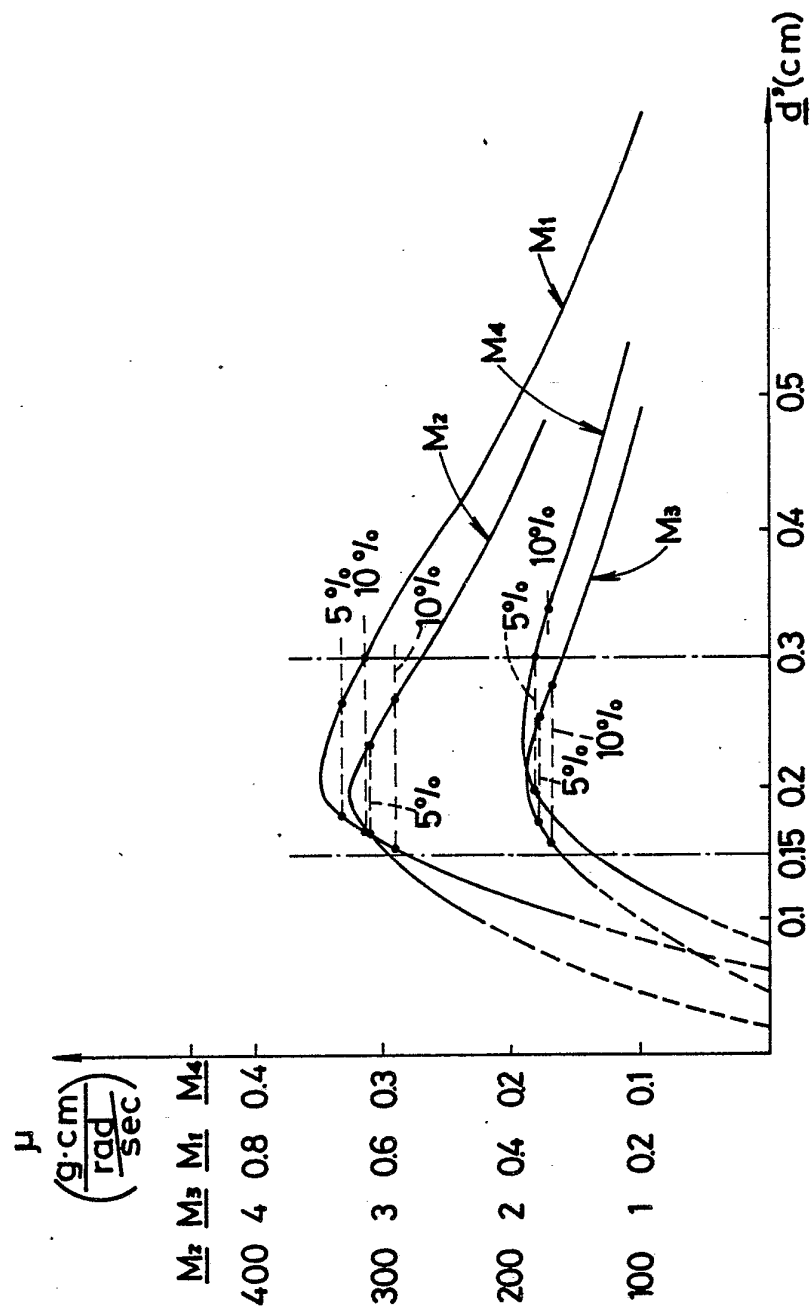
FIG. 8B

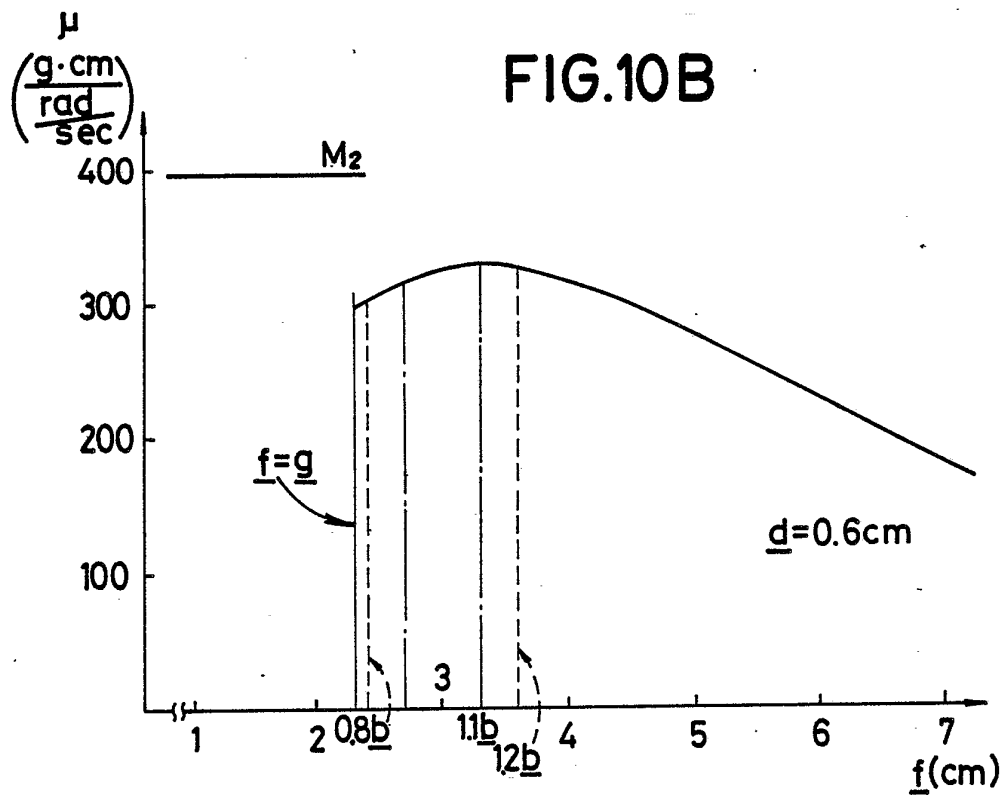
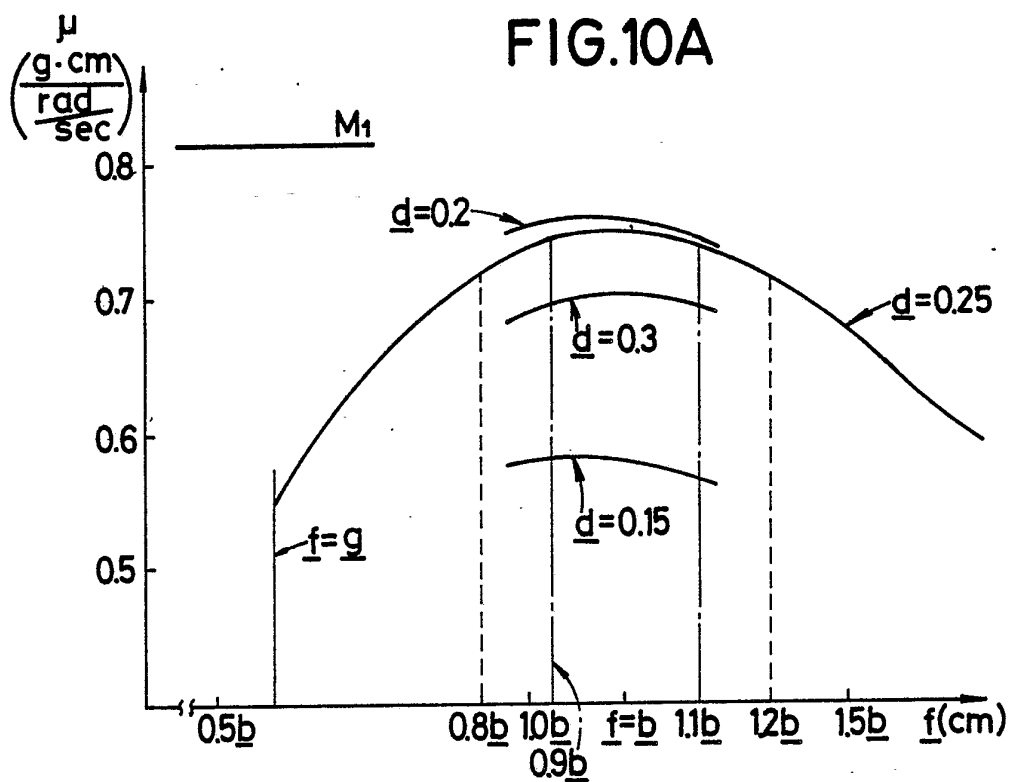


7907110

7907110

FIG.9





7907110

FIG.10C

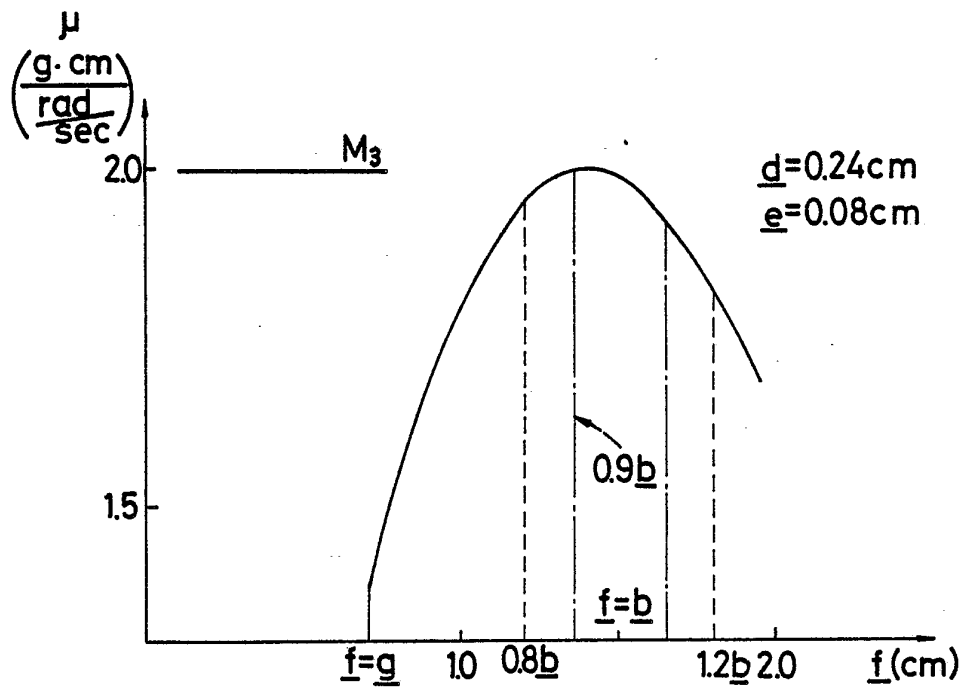
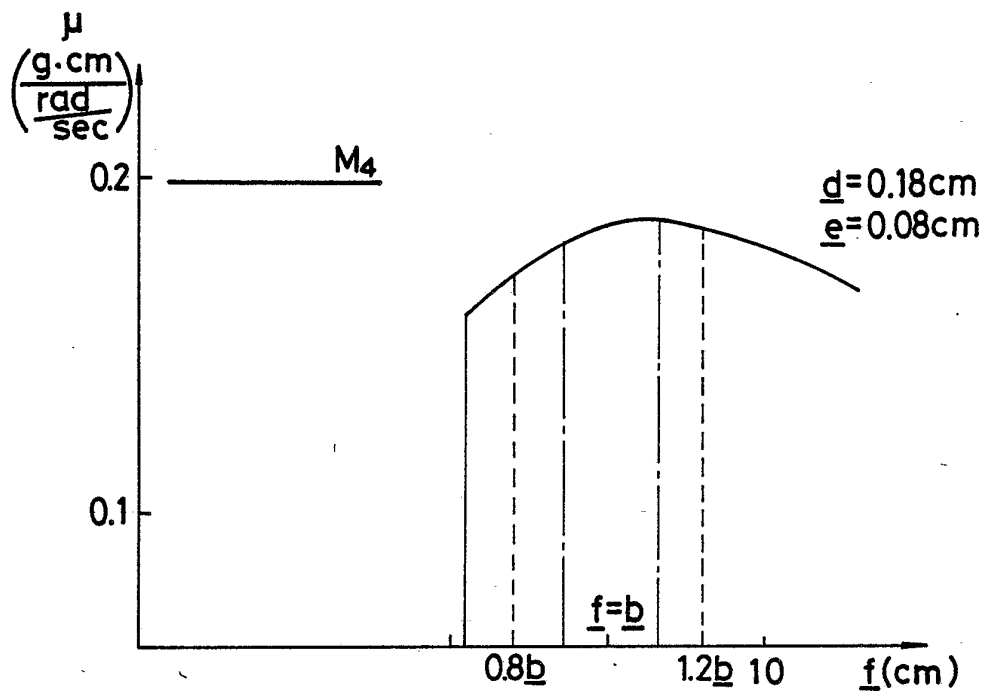


FIG.10D



7907110