

---

Octrooiraad



⑫ A Terinzagelegging ⑪ 8600464

Nederland

⑲ NL

---

⑤4 Borstelloze gelijkstroommotor.

⑤1 Int.Cl<sup>4</sup>: H02K 29/06.

⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

⑦4 Gem.: Ir. P.J.P.G. Simons c.s.  
Internationaal Octrooibureau B.V.  
Prof. Holstlaan 6  
5656 AA Eindhoven.

---

②1 Aanvraag Nr. 8600464.

②2 Ingediend 25 februari 1986.

③2 --

③3 --

③1 --

③2 --

---

④3 Ter inzage gelegd 16 september 1987.

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

---

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.  
Borstelloze gelijkstroommotor.

De uitvinding heeft betrekking op een borstelloze gelijkstroommotor, omvattende een permanent magnetische rotor, een stator van magnetiseerbaar materiaal waarin ten minste twee statorspoelen zijn aangebracht, een detektieschakeling voor het  
5 detekteren van veranderingen in rotorstandafhankelijke parameters van de statorspoelen, alsmede een kommutatieschakeling voor het bekrachtigen van de statorspoelen in afhankelijkheid van de gedetekteerde veranderingen. Een dergelijke motor is bekend uit de Japanse Kokai No. 55-18834.

10 Bij de bekende motor detekteert de detektieschakeling de rotorstandafhankelijke veranderingen in de zelfinductie van de statorspoelen. Hiertoe is de motor voorzien van schakelingen die de statorspoelen voeden met een hoogfrequente wisselspanning. De  
15 hoogfrequente wisselstromen die hiervan het gevolg zijn worden gedetekteerd. Deze gedetekteerde stromen fungeren als detektiesignalen voor de kommutatieschakeling die hieruit de tijdstippen, waarop de bekrachtigingsstroom gekommuteerd moet worden, afleidt. Deze  
20 detektiesignalen omvatten een rotorstandafhankelijke en een rotorstandonafhankelijke komponent, welke door respectievelijk het rotorstandafhankelijk deel en het rotorstandonafhankelijke komponent van de zelfinductie worden bepaald.

Ter verkrijging van een grote storingsongevoeligheid van de detektie is het wenselijk dat de verhouding tussen het rotorstandafhankelijke deel en het rotorstandonafhankelijke deel van de  
25 zelfinductie groot is. Een grote verhouding tussen deze delen houdt echter in dat de relatie tussen het aantal ampèrewindingen van de statorspoelen en de daardoor opgewekte magnetische flux in sterke mate rotorstandafhankelijk is, hetgeen resulteert in minder gunstige  
aandrijfeigenschappen (zoals bijvoorbeeld het koppelgedrag) van de motor.

30 De uitvinding stelt zich ten doel een borstelloze motor volgens de aanhef te verschaffen, waarbij een storingsongevoelige detektie mogelijk is zonder dat de aandrijfeigenschappen van de motor

nadelig beïnvloed worden.

Dit doel wordt volgens de uitvinding bereikt doordat de motor zodanig is uitgevoerd dat de magnetische koppeling tussen statorspoelen of combinatie van statorspoelen rotorstandafhankelijk is, en dat de detektieschakeling is ingericht voor het detekteren van de veranderingen in de magnetische koppeling daarvan.

De grootte van de magnetische koppeling is nauwelijks gerelateerd aan de aandrijfeigenschappen van de motor. Dit biedt de mogelijkheid om de verhouding tussen de rotorstandafhankelijke component en de rotorstandonafhankelijke component van de magnetische koppeling te optimaliseren zonder dat dit nadelige invloed heeft op de aandrijfeigenschappen van de motor. Buitendat heeft de motor volgens de uitvinding nog het voordeel dat de magnetische koppeling met behulp van zeer eenvoudige schakelingen is te detekteren.

Een aantrekkelijke uitvoeringsvorm van de uitvinding is gekenmerkt doordat de spoelen of combinaties van spoelen via verschillende magnetische sluitwegen zodanig zijn gekoppeld, dat de door de verschillende sluitwegen bepaalde componenten van de magnetische koppeling elkaar tenminste gedeeltelijk compenseren, en dat de verschillen tussen de magnetische weerstanden van de sluitwegen rotorstandafhankelijk zijn.

Bij deze uitvoeringsvorm is als gevolg van de gedeeltelijke compensatie van de door de verschillende magnetische sluitingen bepaalde componenten van de magnetische koppeling het rotorstandonafhankelijke deel van de magnetische koppeling klein, zodat een zeer gunstige verhouding tussen de rotorstandafhankelijke en rotorstandonafhankelijke component van de magnetische koppeling wordt verkregen.

Een verdere uitvoeringsvorm van de uitvinding is gekenmerkt doordat de sluitwegen niet-lineair magnetiseerbaar materiaal omvatten, dat de rotor  $m$  gelijkmatig over de rotoromtrek verdeelde polen omvat dat statorspoelen zijn aangebracht op  $n$  gelijkmatig over de statoromtrek verdeelde statortanden, met  $m$  en  $n$  gehele, niet op elkaar deelbare, getallen, en dat niet-lineair magnetiseerbare gedeelten van de sluitwegen symmetrisch ten opzichte van een der symmetrieassen van de stator zijn gelegen. Bij deze uitvoeringsvorm is als gevolg van de gekozen verhouding tussen het aantal polen en aantal statortanden de

verdeling van de magnetische krachtlijnen binnen de stator slechts bij een beperkt aantal rotorstanden symmetrisch ten opzichte van de symmetrieassen van de stator. Als gevolg van deze rotorstandafhankelijke krachtlijnenverdeling ontstaan er rotorstandafhankelijke verschillen in de magnetische weerstanden in het niet lineair magnetiseerbare gedeelte van de sluitwegen. Deze uitvoeringsvorm heeft het voordeel dat op konstruktief eenvoudige wijze een motor met rotorstandafhankelijke verschillen in de magnetische weerstanden van de sluitwegen wordt verkregen.

10 Een verdere uitvoeringsvorm van de uitvinding is gekenmerkt doordat het aantal statortanden gelijk is aan 4 of een veelvoud van 4, dat de statorspoelen op in elkaars verlengde liggende statortanden in serie zijn geschakeld, dat de detektieschakeling is ingericht voor het detekteren van de magnetische koppeling tussen  
15 serieschakelingen van statorspoelen die zijn aangebracht op loodrecht op elkaar staande statortanden. Deze uitvoeringsvorm heeft het voordeel dat de rotorstandafhankelijke componenten van de magnetische koppeling elkaar vrijwel geheel compenseren, waardoor een bijzonder storingsongevoelige detektie wordt verkregen.

20 Een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding welke is gekenmerkt doordat de detektieschakeling is voorzien van middelen voor het opwekken van een wisselstroom in een van de magnetische gekoppelde spoelen of spoelkombinaties, van welke wisselstroom de frequentie hoger is dan de kommutatiefrequentie en van middelen die ter detektie van de  
25 veranderingen in de magnetische koppeling de door de wisselstroom in de andere spoel of spoelkombinaties veroorzaakte inducties detekteert is vanwege de eenvoud van de detektieschakeling bijzonder aantrekkelijk.

Een verdere uitvoeringsvorm van de uitvinding is gekenmerkt doordat de magnetisch gekoppelde statorspoelen of kombinaties van statorspoelen zijn opgenomen in afgestemde seriekringen met  
30 afstemfrequenties die in hoofdzaak gelijk zijn aan elkaar. Deze uitvoeringsvorm heeft het voordeel dat deze nauwelijks gevoelig is voor stoorsignalen met een frequentie die buiten de door de afgestemde kringen bepaalde frequentieband liggen.

35 Bij een uitvoeringsvorm van de uitvinding die verder is gekenmerkt doordat de afstemfrequenties gelijk zijn aan de oscillatiefrequentie van de oscillator is de sterkte van de

hoogfrequente signalen in de statorspoelen optimaal.

Een verdere uitvoeringsvorm van de uitvinding is gekenmerkt doordat een van de afgestemde seriekringen als frequentiebepalend element in de oscillator is opgenomen. Hierbij is het  
5 aantal benodigde onderdelen van de detektieschakeling uiterst gering vanwege de integratie van de de statorspoel omvattende seriekring in de oscillator.

Een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding, die vanwege het geringe aantal benodigde onderdelen van detektieschakeling bijzonder  
10 aantrekkelijk is wordt gekenmerkt doordat de detektieschakeling is voorzien van een oscillator met een oscillatiefrequentie hoger dan de kommutatiefrequentie, in welke oscillator de gekoppelde statorspoelen of combinaties van statorspoelen als faseverschuivende elementen zijn opgenomen, en dat middelen die ter detektie van de veranderingen in de  
15 magnetische koppeling het faseverschil tussen de faseverschuivende elementen detekteren.

Uitvoeringsvormen van de uitvinding alsmede de verdere voordelen hiervan worden hierna in detail beschreven onder verwijzing naar de figuren 1 tot en met 7, waarin:

20           figuur 1 een schematische doorsnede van de mechanische konstruktie van een motor volgens de uitvinding voorstelt,

              figuren 2a tot en met 2d de magnetische krachtlijnverdeling in de stator voor een aantal verschillende rotorstanden weergeeft,

25           figuur 3 de koëfficiënt  $M_t$  van wederzijdse inductie tussen de fasewikkelingen van een motor volgens de uitvinding weergeeft als funktie van de rotorstand,

              figuur 4 het elektrische schema van een motor volgens de uitvinding weergeeft,

30           figuur 5 een uitvoeringsvorm van een schakeling voor het detekteren van de magnetische koppeling weergeeft,

              figuur 6 een aantal in een motor volgens de uitvinding voorkomende signalen weergeeft als funktie van de rotorstand,

              figuur 7 het elektrische schema van een  
35 kommutatieschakeling weergeeft.

              Figuur 1 toont een schematische weergave van de doorsnede van de mechanische konstruktie van een motor 1 volgens de uitvinding.

Motor 1 omvat een permanent magnetische rotor 2, die draaibaar om een stator 3 van niet-lineair magnetiseerbaar materiaal (zoals bijvoorbeeld ferrometaal) is opgesteld. De stand van rotor 2 ten opzichte van stator 3 is aangeduid met  $\theta$ . Rotor 2 is voorzien van een ferromagnetische  
 5 cilindrische mantel 8, waarop gelijkmatig over de binnenomtrek verdeeld een drietal magnetische noordpolen 9, 10 en 11 en een drietal magnetische zuidpolen 12, 13 en 14 zijn gelegen. Stator 3 omvat een statorkern 19, waaraan een viertal,  $90^\circ$  ten opzichte van elkaar verschoven, statortanden 4, 5, 6 en 7 zijn aangebracht, die van  
 10 schoenvormige uiteinden zijn voorzien. Een viertal statorspoelen 15, 16, 17 en 18 zijn aangebracht op respectievelijk statortanden 4, 5, 6 en 7, statorspoelen 15 en 17 zijn evenals statorspoelen 16 en 18 in serie geschakeld. Daarbij vormt de serieschakeling van statorspoelen 15 en 17 de eerste fasewikkeling F1 van motor 1 en vormt de serieschakeling van  
 15 statorspoelen 16 en 18 de tweede fasewikkeling F2 van motor 1.

Statorspoelen 15 en 16 zijn magnetisch gekoppeld via een eerste sluitweg L1, die statortanden 4 en 5, een gedeelte van statorkern 19 en een gedeelte van rotormantel 8 omvat. Statorspoelen 16 en 17 zijn magnetisch gekoppeld via een tweede magnetische sluitweg L2, die  
 20 statortanden 5 en 6 een gedeelte van statorkern 19 en rotormantel 8 omvat. Statorspoelen 17 en 18 zijn magnetisch gekoppeld via een derde magnetische sluitweg L3, die statortanden 6 en 7, een gedeelte van statorkern 8 en een gedeelte van rotormantel 8 omvat. Statorspoelen 18 en 15 zijn gekoppeld via een vierde magnetische sluitweg L4 die  
 25 statortanden 7 en 4, een gedeelte van statorkern 19 en rotormantel 8 omvat. De mate van magnetische koppeling tussen twee spoelen kan worden uitgedrukt met de koëfficiënt van wederzijdse inductie. Deze koëfficiënt is gelijk aan  $M = (N_1 N_2) / R_m$ , waarin  $N_1$  en  $N_2$  de aantallen windingen van de spoelen en waarin  $R_m$  de magnetische weerstand  
 30 van de sluitweg voorstelt waardoor de twee spoelen gekoppeld zijn.

In de beschreven uitvoeringsvorm zijn de aantallen windingen van de statorspoelen 15, 16, 17 en 18 alle gelijk aan  $N$ . De magnetische koppeling tussen de fasewikkelingen F1 en F2 is gelijk aan de som van de magnetische koppelingen tussen de statorspoelen 14, 15, 16  
 35 en 17 en kan als volgt worden uitgedrukt:  $M_t = -N^2(1/(R_{m1}) - 1/(R_{m2}) + 1/(R_{m3}) - 1/(R_{m4}))$ . Hierin stelt  $M_t$  de koëfficiënt van wederzijdse inductie tussen de fasewikkelingen F1 en F2 voor.  $R_{m1}$ ,  $R_{m2}$ ,  $R_{m3}$  en  $R_{m4}$

stellen de magnetische weerstanden van respectievelijk de sluitwegen L1, L2, L3 en L4 voor. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de wikkelzin van statorspoelen 15, 16, 17 en 18 en de wijze waarop zij in serie geschakeld zijn zodanig zijn gekozen dat de bij een serieschakeling  
5 behorende termen in de uitdrukking voor  $M_t$  verschillend van teken zijn.

Zoals uit voorgaande blijkt is de magnetische koppeling tussen de fasewikkelingen F1 en F2 afhankelijk van de onderlinge verhouding van de magnetische weerstanden in de diverse magnetische sluitwegen.

10 Indien zoals in de hier beschreven uitvoeringsvorm de sluitwegen niet-lineair magnetisch materiaal omvatten zijn de magnetische weerstanden  $R_{m1}$ ,  $R_{m2}$ ,  $R_{m3}$  en  $R_{m4}$  een functie van het in de sluitwegen opgewekte magnetische veld. Dit magnetische veld wordt opgewekt door de magnetische polen 8, ..., 14 en de elektrische stromen  
15 in statorspoelen 15, ..., 18. De sterkte van het gedeelte van het magnetische veld dat door de stromen door de statorspoelen wordt opgewekt is bij motoren met permanent magnetische rotors in het algemeen slechts een fractie (<10%) van het magnetische veld dat door de permanent magnetische polen wordt opgewekt, zodat de verdeling van de  
20 magnetische krachtlijnen binnen de sluitwegen hoofdzakelijk wordt bepaald door de sterkte van de magnetische polen 8, ..., 14 en de rotorstand.

Ter illustratie zijn in de figuren 2a tot en met d de magnetische krachtlijnverdelingen in de stator weergegeven voor  
25 respectievelijk de rotorstanden  $\theta = 0, \pi/4, \pi/8, 3\pi/8$ . Bij rotorstanden  $\theta = 0, \pi/4$  is de verdeling van de krachtlijnen symmetrisch ten opzichte van de symmetrieassen 20 en 21 van stator 3. Bij een dergelijke verdeling van de krachtlijnen zijn de magnetische weerstanden  $R_{m1}$ ,  $R_{m2}$ ,  $R_{m3}$  en  $R_{m4}$  van de vier verschillende magnetische sluitwegen aan elkaar  
30 gelijk, zodat bij de rotorstanden  $\theta = 0, \pi/4$  de magnetische koppeling tussen de serieschakelingen van de statorspoelen gelijk aan nul is. Het zal duidelijk zijn dat soortgelijke symmetrische verdelingen ook voorkomen bij  $\theta = \pi/2, 3/4 \pi, \pi, 5/11 \pi, 3/2 \pi$  en  $7/4 \pi$ . Bij andere dan de hiervoor genoemde rotorstanden is de verdeling van de krachtlijnen  
35 niet symmetrisch ten opzichte van de symmetrieassen 20 en 21.

Aan de hand van figuur 2c zal de invloed van de assymetrie op de koëfficiënt van wederzijdse inductie  $M_t$  worden

geïllustreerd. Bij de in deze figuur getekende rotortoestand  $\theta = \pi/8$  zijn de magnetische veldsterkten in de gedeelten van de sluitwegen L1, ..., L4 die worden gevormd door de statortanden vrijwel gelijk, zodat ook de magnetische weerstanden van deze gedeelten vrijwel gelijk  
5 zijn. Echter in de gedeelten van sluitwegen L2 en L4 die in de statorkern 19 tussen statortanden 4 en 7 en statortanden 5 en 6 zijn gelegen is de veldsterkte aanzienlijk hoger dan de veldsterkte in de gedeelten van sluitwegen L1 en L3 die in statorkern 19 tussen  
10 statortanden 4 en 5 en statortanden 6 en 7 zijn gelegen. Vanwege de niet-lineaire magnetisatiekarakteristiek van het statormateriaal zal de lokale magnetische weerstand in tot de sluitweg L2 en L4 behorende gedeelten van de statorkern 19 met hoge veldsterkte groter zijn dan de lokale magnetische weerstand in de tot sluitweg L2 en L3 behorende  
15 gedeelten met lage veldsterkte, zodat de totale magnetische weerstand Rm2 en Rm4 van respectievelijk sluitwegen L2 en L4 groter is dan de totale magnetische weerstanden Rm1 en Rm3 van respectievelijk sluitwegen L1 en L3. Als gevolg van de verschillen van deze magnetische weerstanden is de koëfficiënt Mt van wederzijdse inductie dan ongelijk aan nul. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de grootte van de koëfficiënt  
20 Mt maximaal is als de veldsterkte in de statorkern 19 in gebied ligt van de magnetisatiekromme (B/H-curve) waarin de verandering van de magnetische flux B bij veranderde magnetische veldsterkte H maximaal is.

Bij de in figuur 2d weergegeven rotorstand treden soortgelijke effecten op als bij de in figuur 2c weergegeven rotorstand  
25 zodat ook bij deze rotorstand de koëfficiënt Mt van zelfinductie ongelijk aan nul is. In figuur 3 is Mt als functie van de rotorstand  $\theta$  weergegeven.

De hier beschreven uitvoeringsvorm heeft een geometrie, waarbij een zestal magnetische polen gelijkmatig over de rotoromtrek  
30 zijn verdeeld en waarbij een viertal statortanden regelmatig over de statoromtrek zijn verdeeld. Bij een dergelijke geometrie is de verdeling van de magnetische krachtlijnen bij een aantal rotorstanden symmetrisch ten opzichte van de symmetrieassen van de stator, terwijl bij de andere rotorstanden de verdeling van de magnetische krachtlijnen assymetrisch  
35 is ten opzichte van een van de symmetrieassen van de stator, waardoor er als gevolg van de verschillen van de magnetische weerstanden in de diverse sluitwegen tussen combinaties van statorspoelen een



rotorstandafhankelijke magnetische koppeling ontstaat met een relatief kleine rotorstandafhankelijke komponent. Het spreekt echter voor zich dat een dergelijke afwisselend symmetrische en asymmetrische verdeling niet alleen optreedt bij motoren met 4 ankertanden en 6 rotorpolen. Voor  
5 het verkrijgen van een dergelijke verdeling is het slechts nodig dat het aantal statortanden en het aantal motorpolen niet deelbaar zijn op elkaar. Ook is het niet nodig dat de sluitweggedeelten met rotorstandafhankelijke weerstand in de stator zijn gelegen. Deze gedeelten kunnen evengoed in de rotor opgenomen worden.

10 In de hier beschreven uitvoeringsvorm worden de veranderingen in de magnetische sluitwegen verkregen door niet-lineair magnetiseerbaar materiaal onder invloed te brengen van een magnetisch veld met een rotorstandafhankelijke sterkte. Het zal voor de vakman zonder meer duidelijk zijn dat deze rotorstandafhankelijke veranderingen  
15 op tal van andere manieren kunnen worden verkregen door bijvoorbeeld toepassing van een rotor waarvan de lokale magnetische weerstand langs de omtrek van rotor varieert. In dat geval zal de magnetische weerstand van de gedeeltes van de sluitwegen die binnen de rotor zijn gelegen een rotorstandafhankelijke magnetische weerstand hebben.

20 Zoals uit het hiervoorgaande blijkt is bij een juiste keuze van de geometrie van de motor de koëfficiënt  $M_t$  van wederzijdse inductie tussen de door de fasewikkelingen F1 en F2 gevormde combinaties van statorspoelen afhankelijk van de rotorstand. Het zal duidelijk zijn dat ook voor andere combinaties voor statorspoelen de  
25 koëfficiënt van wederzijdse inductie rotorstandafhankelijk is.

Een uitvoeringsvorm van een schakeling 30 voor het bepalen van de rotorstandafhankelijke magnetische koppeling tussen fasewikkeling F1 en fasewikkeling F2 van motor 1 is weergegeven in figuur 4.

30 Schakeling 30 omvat een oscillator 37, die de statorspoelen 16 en 18 via een condensator 32 voedt met een wisselstroom  $I_p$  waarvan de frequentie hoger is dan de frequentie van de bekrachtigingsstromen van motor 1 en waarvan de amplitude konstant is. Bovendien genereert oscillator 37 een uitgangssignaal  $V_o$  waarvan de  
35 spanning evenredig is met stroom  $I_p$ . Signaal  $V_o$  wordt aangeboden aan een fasekorrektieschakeling 43. Het uitgangssignaal  $V_p$  van fasekorrektieschakeling is ten opzichte van  $V_o$  een bepaalde hoek in fase

verschoven. Een uiteinde van de serieschakeling van statorspoel 16 en 18 is rechtstreeks aangesloten op nulpotentialiaal. Het andere uiteinde van de serieschakeling is via een condensator 33 en een stroomdetektieschakeling 34 eveneens verbonden met de nulpotentialiaal.

5 Stroomdetektor 34 genereert een signaal  $V_s$  waarvan de spanning in fase is met de stroom  $I_s$  door detektor 34. De signalen  $V_s$  en  $V_p$  vormen de ingangssignalen van een synchrone detektor, die een uitgangssignaal  $V_m$  genereert dat een maat is voor het produkt van de signalen  $V_s$  en  $V_p$ . Signaal  $V_m$  wordt aan een laagdoorlaatfilter 35  
10 aangeboden. Het aan de uitgang van laagdoorlaatfilter 35 beschikbare gefilterde signaal is aangeduid met  $V_m'$ . Het signaal  $V_m'$  is als functie van  $\theta$  weergegeven in figuur 6.  $V_m'$  wordt aangeboden aan een ingang 41 van een kommutatieschakeling 36 voor het bekrachtigen van de statorspoelen 15, ..., 18. Ten einde beïnvloeding van  
15 detektieschakeling 30 door kommutatieschakeling 36 te voorkomen worden de statorspoelen bekrachtigd via laagdoorlaatfilters 90 en 38 die tussen de statorspoelen 15 en 16 en uitgangen 39 en 40 van kommutatieschakeling 36 zijn aangebracht.

De relatie tussen de stromen  $I_p$  en  $I_s$  en de  
20 uitgangsspanning  $U_{os}$  van oscillator kan in het frequentiedomein door de volgende vergelijkingen worden voorgesteld:

$$U_{os} = (j\omega L_1 + 1/(j\omega C_1) + R_1)I_p + j\omega M_t I_s$$

$$0 + (j\omega M_t)I_p + (j\omega L_2 + 1/(j\omega C_2) + R_2)I_s$$

waarin  $L_1$ ,  $R_1$  respectievelijk de koëfficiënt van zelfinductie en de  
25 weerstand van fasewikkeling  $F_1$  voorstelt.  $L_2$  en  $R_2$  stellen respectievelijk de zelfinductie en de weerstand van fasewikkeling  $F_2$  voor.  $j\omega$  stelt de Fourier parameter voor.  $C_1$  en  $C_2$  stellen de capaciteit van respectievelijk condensator 32 en 33 voor. Zoals uit de voorgaande vergelijkingen duidelijk blijkt is de amplitude van stroom  $I_s$  evenredig  
30 met de koëfficiënt  $M_t$  van wederzijdse inductie tussen de fasewikkelingen  $F_1$  en  $F_2$ . De stromen zijn echter in zijn algemeenheid niet in fase. De faseverschuiving van fasekorrektienetwerk 43 is zo gekozen dat de signalen  $V_p$  en  $V_s$  (waarvan de amplitude een maat is voor de amplitude van de stromen  $I_p$  en  $I_s$ ) afhankelijk van het teken van  $M_t$   
35 in fase dan wel in tegenfase met elkaar zijn. Deze twee signalen  $V_p$  en  $V_s$  worden vermenigvuldigd met behulp van een synchrone detektor 35. Het resultaat  $V_m$  van de vermenigvuldiging vormt na filtering door

3000464

laagdoorlaatfilter 35 een goede maat voor de koëfficiënt  $M_t$  wederzijdse inductie. Het spreekt voor zich dat vele varianten van detektieschakeling 30 mogelijk zijn.

Zo is het bijvoorbeeld niet noodzakelijk dat tussen  
5 oscillator 37 en synchrone detektor 39 de fasekorrektieschakeling 43 is  
aangebracht. Ook indien de spanningen op de ingangen van synchrone  
detektor niet precies in fase of tegenfase zijn zal het signaal  $V_m$  aan  
de uitgang van synchrone detektor 39 een maat voor de koëfficiënt  $M_t$   
van wederzijdse inductie zijn. Echter de amplitude van het signaal  $V_m$   
10 zal dan niet optimaal zijn. Ook is het bijvoorbeeld mogelijk om de  
kapaciteiten van condensators 32 en 33 zo groot te kiezen dat de  
afstemfrequenties van de door de serieschakeling van de condensator 32  
en statorspoelen 16 en 18 gevormde seriekring en de afstemfrequentie van  
de door condensator 33 en statorspoelen 16 en 18 gevormde seriekring in  
15 hoofdzaak gelijk zijn aan de oscillatiefrequentie van oscillator 37. Dit  
heeft het voordeel dat detektieschakeling 30 nauwelijks gevoelig is voor  
stoorsignalen met een frequentie die buiten het door de seriekringen  
bepaalde smalle frequentieband ligt. Ook is het bijvoorbeeld mogelijk om  
de door condensator 32 en statorspoelen 15 en 17 gevormde seriekring als  
20 frequentiebepalend element te gebruiken voor oscillator 37.

Nog een andere uitvoeringsvorm van een schakeling voor  
het detekteren van de mate van magnetische koppeling is weergegeven in  
figuur 5. De in deze figuur voorgestelde detektieschakeling wordt  
gevormd door een teruggekoppelde oscillatieschakeling, welke een eerste  
25 spanningsstroomomzetter 80 en tweede spanningsstroomomzetter 82 omvat,  
van welke eerste spanningsstroomomzetter 80 de ingang is verbonden met  
de serieschakeling van spoelen 16 en 18 en de uitgang is verbonden met  
de serieschakeling van statorspoelen 15 en 17, en van welke tweede  
spanningsstroomomzetter 82 de ingang is verbonden met de serieschakeling  
30 van statorspoelen 15 en 17 en de uitgang is verbonden met de  
serieschakeling van statorspoelen 16 en 18. De statorspoelen doen dienst  
als faseverschuivende netwerken van de oscillator. In het geval dat de  
koëfficiënt  $M_t$  van wederzijdse inductie gelijk aan nul is zal de  
faseverschuiving tussen de spanningen aan de uitgangen van  
35 spanningsstroomomzetters 80 en 81 gelijk zijn aan  $90^\circ$ . Echter in het  
geval dat  $M_t$  niet gelijk aan nul is zal het faseverschil afhankelijk van  
het teken van  $M_t$  groter dan wel kleiner dan  $90^\circ$  zijn. Met behulp van

een fasedetektor 83 van een gebruikelijke soort kunnen deze verschillen gedetekteerd worden.

In figuur 6 is  $V_m'$  als functie van de rotorstand  $\theta$  aangegeven. Bovendien is de verhouding  $K_1 = T_1/I_1$  tussen de  
5 bekrachtigingsstroom  $I_1$  door de eerste fasewikkeling  $F_1$  en het daardoor veroorzaakte koppel  $T_1$  en de verhouding  $K_2 = T_2/I_2$  tussen de  
bekrachtigingsstroom  $I_2$  door de tweede fasewikkeling  $F_2$  als functie van de rotorstand  $\theta$  weergegeven. Zoals duidelijk uit figuur 6 blijkt vallen  
10 die rotorstanden waarbij  $V_m'$  gelijk aan nul is, samen met de rotorstanden die geschikt zijn voor het kommuteren van de bekrachtiging, te weten de nuldoorgangen van  $K_1$  en  $K_2$ .

In figuur 7 is een uitvoeringsvorm van een kommutatieschakeling van het type dat in de Europese octrooiaanvraag EP 0.072.597 uitvoerig is beschreven. De kommutatie-inrichting koppelt  
15 uitgang 39 en 40 in afhankelijkheid van signaal  $V_m$  met een (met een positieve spanning  $V_p$  ten opzichte van de nulpotential te verbinden) klem 50 of met een (met een negatieve spanning  $-V_p$  ten opzichte van de nulpotential te verbinden) klem 51. Daartoe is de kommutatieschakeling voorzien van een eerste elektronische schakelaar 52 en een tweede  
20 elektronische schakelaar 53, die worden bediend door de uitgangssignalen  $Q_1$  en  $Q_2$  van een op kommando van een impuls cyclisch doorschakelende 2-bits ringteller 54. De eerste schakelaar 52 is voorzien van een eerste (55) en tweede wisselkontakt 56 en een moederkontakt. De wisselkontakten 55 en 56 zijn verbonden met respectievelijk klem 50 en 51. Het  
25 moederkontakt is verbonden met uitgang 39. De tweede elektronische schakelaar 53 omvat eveneens een eerste (57) en tweede wisselkontakt 58 en een moederkontakt. De wisselkontakten 57 en 58 zijn verbonden met respectievelijk klem 50 en 51. Het moederkontakt is verbonden met uitgang 40. De standen van de schakelaars 52 en 53 als functie van de  
30 stuursignalen  $Q_1$  en  $Q_2$  alsmede de vier opeenvolgende toestanden  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  en  $S_4$  van ringteller 54 zijn in tabel 1 weergegeven.

	toestand van de ringteller 54	Q1	Q2	schakelaar 52 verbindt uitgang 39 met	schakelaar 53 verbindt uitgang 40 met
	S1	1	0	Vp	-Vp
5	S2	1	1	Vp	Vp
	S3	0	1	-Vp	Vp
	S4	0	0	-Vp	-Vp

tabel 1

10

De kommutatieschakeling is verder voorzien van een pulsgeneratieschakeling 59, die in afhankelijkheid van de signalen Vm' en Q1 en Q2 impulsen P genereert voor het doorschakelen van ringteller 54. Het signaal Vm' wordt via ingangsklem 41 van de pulsgeneratieschakeling 59 toegevoerd aan de ingangen van een eerste niveaudetektor 60 en een tweede niveaudetektor 61. Niveaudetektor 60 levert aan zijn uitgang een logisch "0" of een logisch "1" signaal als Vm' respectievelijk lager of hoger is dan een met een gelijkspanningsniveau Vm0 overeenkomende drempelspanning. Niveaudetektor 61 levert aan zijn uitgang een logisch "1" of logisch "0" signaal als Vm respectievelijk lager of hoger is dan de hiervoor genoemde drempelspanning.

De signalen Q1 en Q2 worden via de ingangen van een tot de pulsgeneratieschakeling 59 behorende exclusieve OF-poort 62 aan pulsgeneratieschakeling 59 aangeboden. De uitgang van poort 62 is rechtstreeks verbonden met de ingang van een twee-ingangs EN-poort 65, en via een inverterende schakeling 64 verbonden met een ingang van een twee-ingangs EN-poort 63. De uitgangen van niveaudetektors 60 en 61 zijn verbonden met de andere ingangen van respectievelijk EN-poorten 63 en 65. De uitgangen van EN-poorten 63 en 65 zijn verbonden met een OF-poort 66, waarvan de uitgang is verbonden met een op een positieve flank reagerende monostabiele multivibrator 67. De uitgang van multivibrator 67 doet dienst als kloksignaal voor ringteller 54. De werking van de kommutatieschakeling zal hierna worden verklaard aan de hand van figuur 6.

Hierin zijn behalve de reeds genoemde grootheden K1, K2, Vm, Q1, Q2 en P de spanningen Vf1 en Vf2 over de fasewikkelingen F1 en

F2 weergegeven. De toestanden S1, S2, S3 en S4, die de vier verschillende bekrachtigingstoestanden vertegenwoordigen zijn eveneens in figuur 6 aangegeven. Bij de hier weergegeven spanningen Vf1 en Vf2 is het door de rotor uitgeoefende koppel steeds positief, zodat de rotor 5 in een richting zal draaien waarbij de rotorstand  $\theta$  toeneemt. De bepaling van een overgang van een bekrachtigingstoestand naar een volgende bekrachtigingstoestand zal hierna voor de overgang van S1 naar S2 worden beschreven.

Tijdens S1 is de logische waarde van Q1 gelijk aan "1" en 10 de logische waarde van Q2 gelijk aan "0", zodat het uitgangssignaal van exclusieve OF-poort 62 "1" is, terwijl de uitgang van inverterende schakeling 64 "0" is. Aangezien tijdens S1  $V_m$  groter is dan  $V_{m0}$  zijn de uitgangssignalen van niveaudetektor 60 en 61 respectievelijk "1" en "0". De uitgangen van EN-poorten 63 en 65 zijn dan "0", zodat de uitgang 15 van OF-poort 66 eveneens "0" is. Echter zodra het einde van S1 wordt bereikt, wordt  $V_m$  lager dan  $V_{m0}$ , waardoor het uitgangssignaal van niveaudetektor 61 "1" wordt. Als gevolg hiervan wordt het uitgangssignaal van EN-poort 65 en dus het uitgangssignaal van OF-poort 66 "1". Als gevolg van deze 0-1 overgang op de uitgang van OF-poort 66 20 genereert monostabiele multivibrator 67 een impuls, waardoor ringteller 54 vanuit toestand S1 doorschakelt naar toestand S2. Bij de overgang van S1 naar S2 verandert de logische waarde van Q2 van 0 naar 1. Hierdoor verandert het uitgangssignaal van exclusieve OF-poort 62 van "1" in "0", waardoor de uitgangssignalen van EN-poorten 63 en 64, en dus ook het 25 uitgangssignaal van OF-poort 66 weer gelijk aan "0" zijn. Aan het einde van toestand S2 wordt  $V_m$  weer hoger dan  $V_{m0}$ , waardoor weer een impuls P door monostabiele multivibrator 67 wordt opgewekt, hetgeen tot gevolg heeft dat de toestand van ringteller 54 overgaat in S3. Op overeenkomstige wijze gaat aan het einde van toestand S3 en S4 de 30 toestand van ringteller 54 over in respectievelijk S4 en S1.

Conclusies:

1. Borstelloze gelijkstroommotor, omvattende een permanent magnetische rotor, een stator van magnetiseerbaar materiaal waarin ten minste twee statorspoelen zijn aangebracht, een detektieschakeling voor het detekteren van veranderingen in rotorstandafhankelijke parameters van de statorspoelen, alsmede een kommutatieschakeling voor het bekrachtigen van de statorspoelen in afhankelijkheid van de gedetekteerde veranderingen, met het kenmerk, dat de motor zodanig is uitgevoerd dat de magnetische koppeling tussen statorspoelen of combinatie van statorspoelen rotorstandafhankelijk is, en dat de detektieschakeling is ingericht voor het detekteren van de veranderingen in de magnetische koppeling daarvan.
2. Borstelloze gelijkstroommotor volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de spoelen of combinaties van spoelen via verschillende magnetische sluitwegen zodanig zijn gekoppeld, dat de door de verschillende sluitwegen bepaalde componenten van de magnetische koppeling elkaar tenminste gedeeltelijk compenseren, en dat de verschillen tussen de magnetische weerstanden van de sluitwegen rotorstandafhankelijk zijn.
3. Borstelloze gelijkstroommotor volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de sluitwegen niet-lineair magnetiseerbaar materiaal omvatten, dat de rotor m gelijkmatig over de rotoromtrek verdeelde polen omvat dat statorspoelen zijn aangebracht op n gelijkmatig over de statoromtrek verdeelde statortanden, met m en n gehele, niet op elkaar deelbare, getallen, en dat niet-lineair magnetiseerbare gedeelten van de sluitwegen symmetrisch ten opzichte van een der symmetrieassen van de stator zijn gelegen.
4. Borstelloze gelijkstroommotor volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat het aantal statortanden gelijk is aan 4 of een veelvoud van 4, dat de statorspoelen op in elkaars verlengde liggende statortanden in serie zijn geschakeld, dat de detektieschakeling is ingericht voor het detekteren van de magnetische koppeling tussen serieschakelingen van statorspoelen die zijn aangebracht op loodrecht op elkaar staande statortanden.
5. Borstelloze gelijkstroommotor volgens een der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de detektieschakeling is voorzien van middelen voor het opwekken van een wisselstroom in een van de magnetische gekoppelde spoelen of spoelcombinaties, van welke

wisselstroom de frequentie hoger is dan de kommutatiefrequentie en van middelen die ter detektie van de veranderingen in de magnetische koppeling de door de wisselstroom in de andere spoel of spoelkombinaties veroorzaakte inducties detekteert.

- 5 6. Borstelloze gelijkstroommotor volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de magnetisch gekoppelde statorspoelen of combinaties van statorspoelen zijn opgenomen in afgestemde seriekringen met afstemfrequenties die in hoofdzaak gelijk zijn aan elkaar.
7. Borstelloze gelijkstroommotor, volgens conclusie 6, met  
10 het kenmerk, dat de afstemfrequenties gelijk zijn aan de oscillatiefrequentie van de oscillator.
8. Borstelloze gelijkstroommotor volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat een van de afgestemde seriekringen als frequentiebepalend element in de oscillator is opgenomen.
- 15 9. Borstelloze gelijkstroommotor volgens een der conclusies 1 tot en met 4, met het kenmerk, dat de detektieschakeling is voorzien van een oscillator met een oscillatiefrequentie hoger dan de kommutatiefrequentie, in welke oscillator de gekoppelde statorspoelen of  
20 combinaties van statorspoelen als faseverschuivende elementen zijn opgenomen, en dat middelen die ter detektie van de veranderingen in de magnetische koppeling het faseverschil tussen de faseverschuivende elementen detekteren.



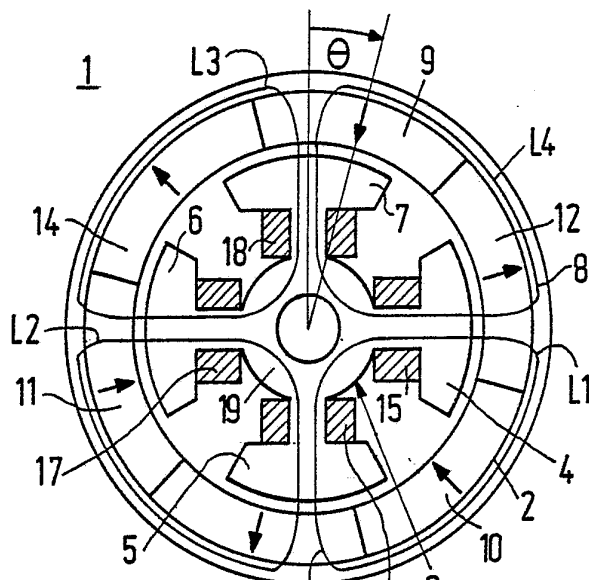


FIG. 1

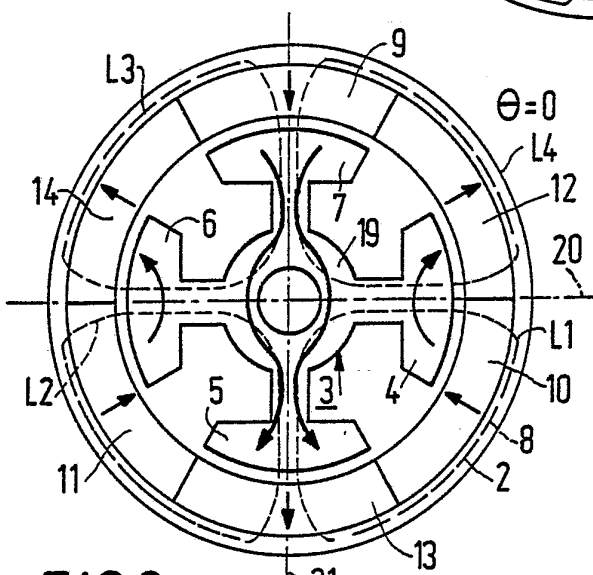


FIG. 2a

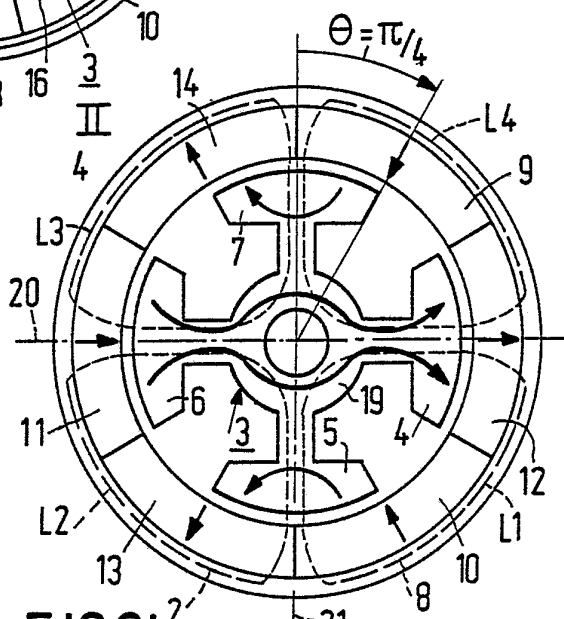


FIG. 2b

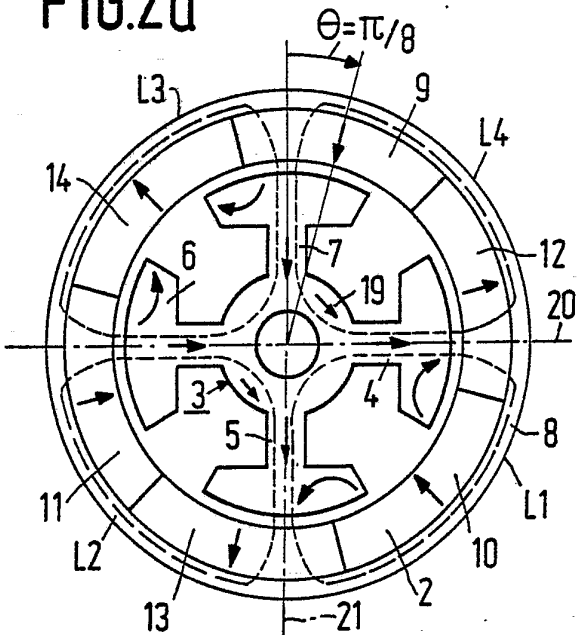


FIG. 2c

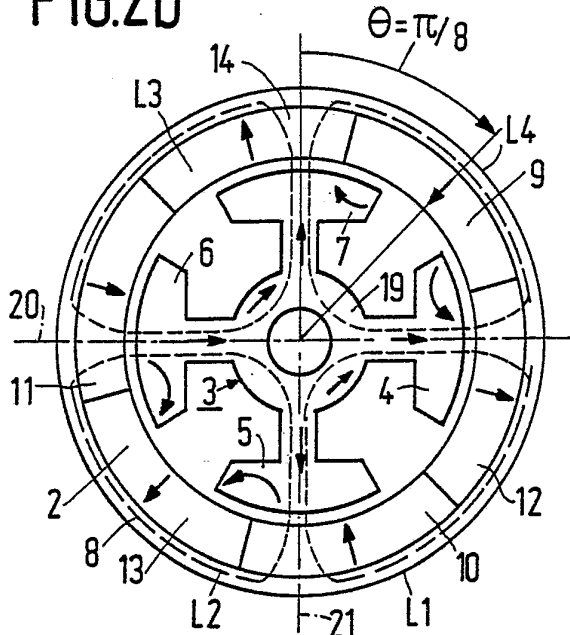
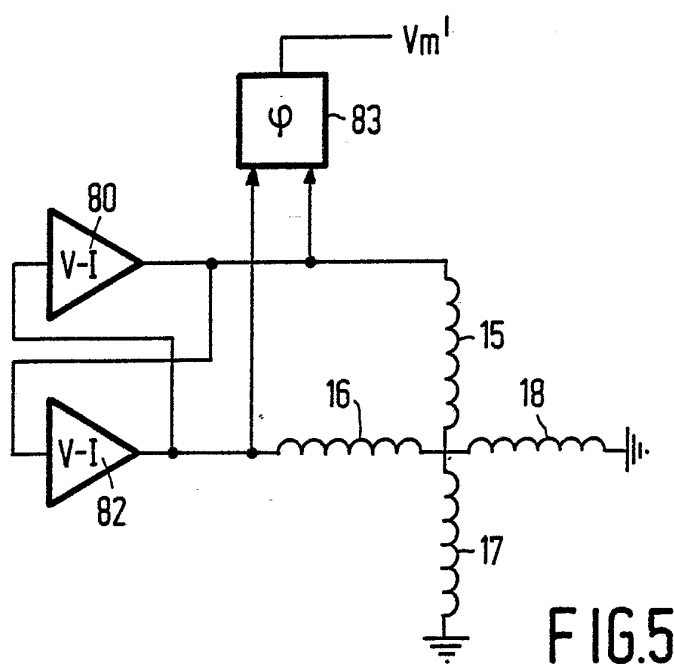
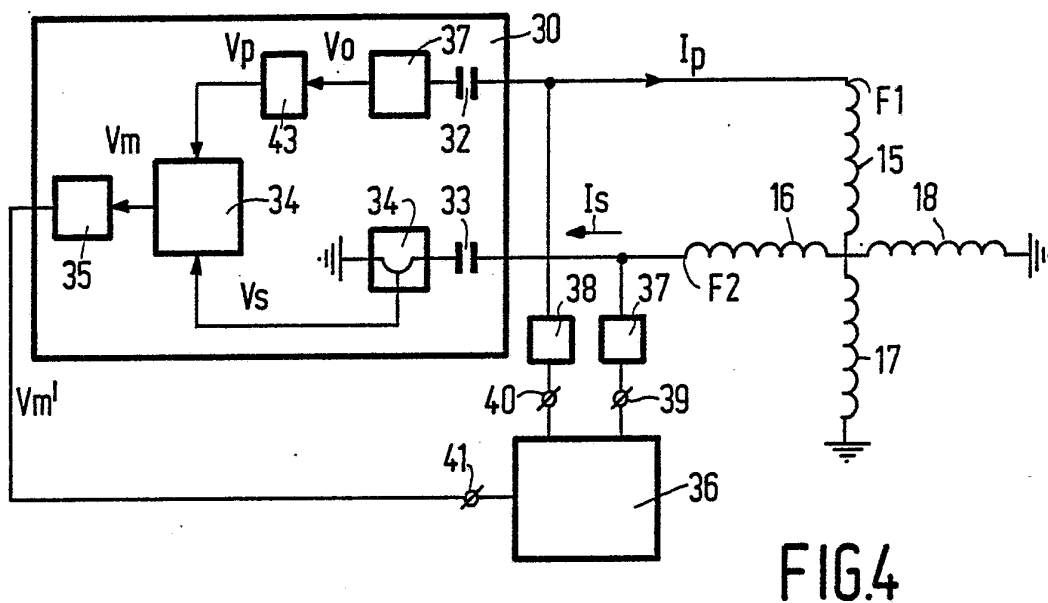
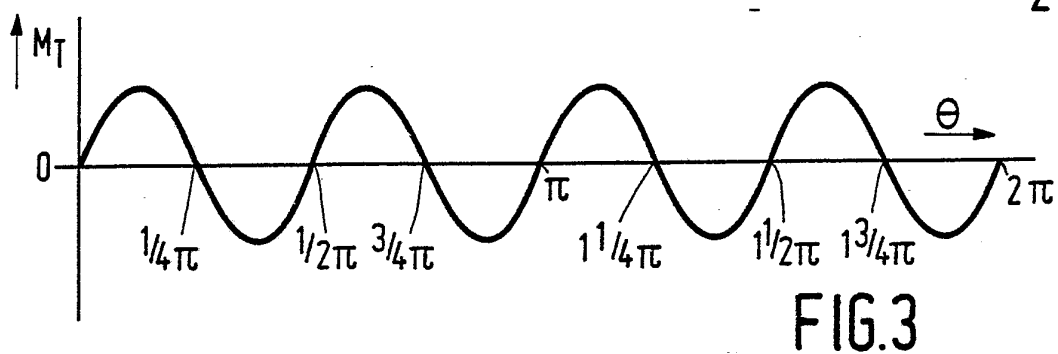


FIG. 2d



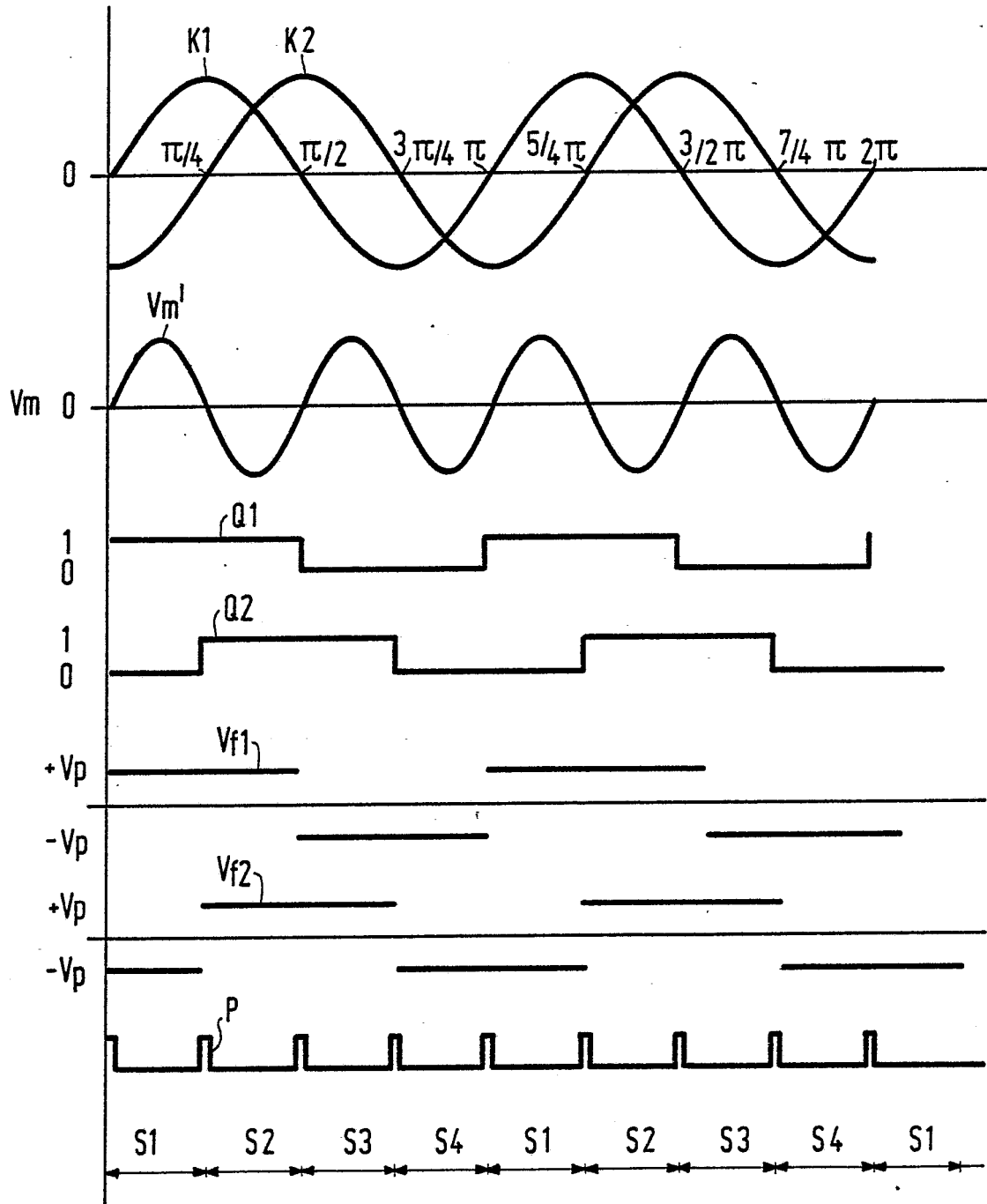


FIG.6

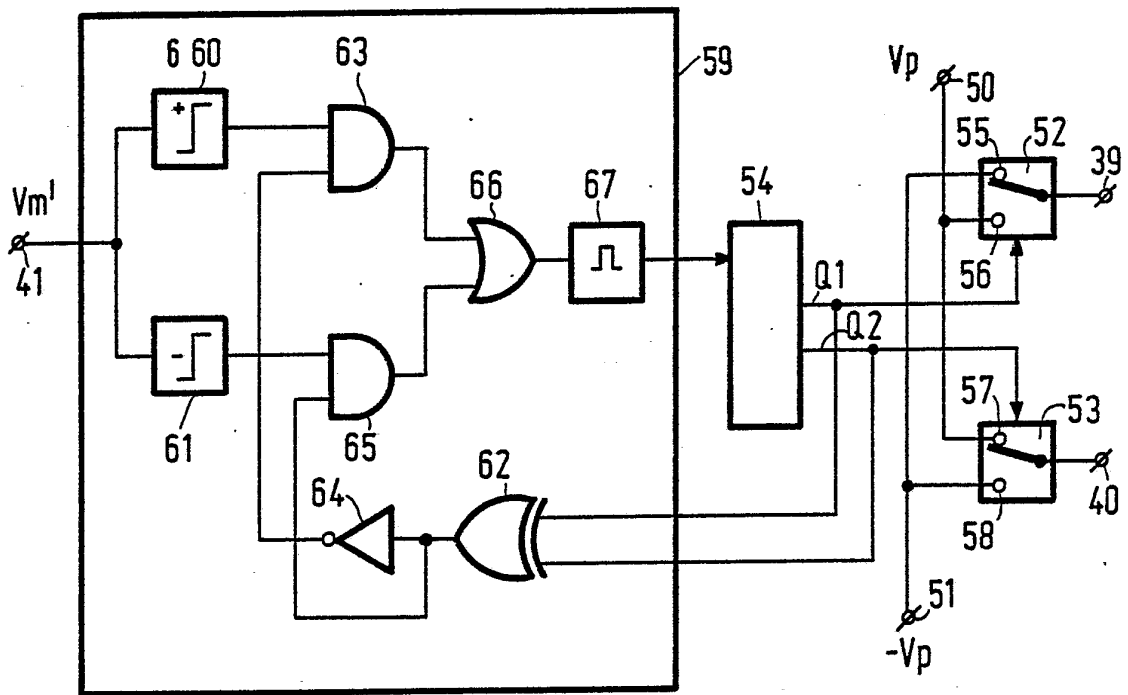


FIG. 7