Octrooiraad

(12)A **Terinzagelegging** (11) **8600143**

Nederland (19) **NL**

(54) **Manipulator met stangenmechanisme.**

(51) Int.Cl⁴.: B25J 9/04.

(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) Aanvrage Nr. 8600143.

(22) Ingediend 23 januari 1986.

(32) - -

(33) - -

(31) - -

(62) - -

(43) Ter inzage gelegd 17 augustus 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.

Manipulator met stangenmechanisme.

De uitvinding heeft betrekking op een manipulator met een door een stangenmechanisme van een viertal armen verplaatsbare eindeffector, waarbij twee van de vier armen draaibaar zijn om een hoofdas met behulp van een voor elk van de genoemde twee armen individuele aandrijving, welke hoofdas loodrecht staat op het vlak waarin de verplaatsing van ten minste twee van de vier armen van het stangenmechanisme plaatsvindt.

Bij een bekende manipulator (robot) van de in de aanhef genoemde soort (uit het in 1984 verschenen boek van John Hartley : "Flexible Automation in Japan", p. 74-75, ISBN 3-540-13499-9 en de in 1982 verschenen brochure van de firma Pentel Co. Ltd. Sōka-city, Japan, catalogusnr. L'82-10-3,000) worden een relatief lange, zgn. achterarm en een relatief korte, zgn. voorarm die deel uitmaken van het stangenmechanisme aangedreven door individuele motoren waarvan de positie steeds is gelegen aan de naar de eindeffector toegekeerde zijde van een vertikale zuil. De hartlijn van deze zuil vormt de genoemde hoofdas van de manipulator. Om de gehele, banaanvormige werkruimte te kunnen bestrijken moeten de twee sequentieel of simultaan bekrachtigbare gelijkstroommotoren worden aangedreven met ongelijke hoeksnelheden. De ene motor dient uitsluitend voor de absolute rotatie van de achterarm, terwijl de andere motor uitsluitend dient voor de relatieve rotatie van de voorarm ten opzichte van de achterarm.

Doordat bij de bekende manipulator de totale massa van het stangenmechanisme, de motoren, het ophangjuk van de motoren de eindeffector en de last vanaf één zijde op de zuil werkt moet deze relatief zwaar worden uitgevoerd door de daarop uitgeoefende relatief grote buigende momenten. Verder moet het vermogen van de aan de achterarm gekoppelde motor relatief groot zijn omdat daarmee de totale massa van het stangenmechanisme, de motoren, de eindeffector, het ophangjuk van de motoren en de last wordt verplaatst. Tenslotte verdient vermelding dat het voor de gewenste bewegingen benodigde computerprogramma relatief gecompliceerd is. Dit is een gevolg van het

8600143

feit dat voor het positioneren van de eindeffector niet kan worden gebruik gemaakt van cylindercoördinaten.

Het doel van de uitvinding is een manipulator te verschaffen met een optimale massaverdeling en een relatief klein motorvermogen, terwijl een besturingsprogramma kan worden gebruikt dat is gebaseerd op cylindercoördinaten.

De uitvinding heeft daartoe tot kenmerk, dat de manipulator een in dwarsdoorsnede volgens een vlak loodrecht op de hoofdas ringvormige werkruimte bezit, waarbij de in een differentieel-aandrijving geïntegreerde, simultaan geactiveerde individuele aandrijvingen van de twee genoemde armen van gelijke lengte bij gelijke en tegengesteld gerichte hoeksnelheid van de twee armen om de hoofdas een vanaf de hoofdas gezien radiale verplaatsing van de eindeffector bewerkstelligen en bij gelijke hoeksnelheid in dezelfde richting van de twee armen om de hoofdas een cirkelvormige verplaatsing van de eindeffector leveren.

Een bijzondere uitvoeringsvorm van de manipulator die een rotatie van 2π radialen in totaal (π radialen rechtsom plus π radialen linksom) toelaat van het stangenmechanisme om de hoofdas en dus een buisvormige werkruimte mogelijk maakt zonder hinder te ondervinden van de voor de aandrijvingen benodigde aansluitingen, heeft verder tot kenmerk, dat elk van de twee aangedreven armen van gelijke lengte is bevestigd aan een individuele om de hoofdas draaibare electromotor die via een rondsel in ingrijping is met een vast opgesteld tandwiel waarvan de hartlijn samenvalt met de hoofdas.

Een verdere uitvoeringsvorm van de manipulator waarbij op eenvoudige wijze een rotatie of translatie van de eindeffector ten opzichte van het stangenmechanisme wordt verkregen zonder dat het daartoe benodigde aandrijfmechanisme gevaar kan opleveren voor de bedienende persoon, heeft tot kenmerk, dat op ten minste een van de twee nabij de hoofdas gelegen armen van gelijke lengte een electromotor is bevestigd waarvan een uitgaande as is gekoppeld met de eindeffector via een binnen een eerste kokervormige arm aangebrachte eerste tandriem en een binnen een tweede kokervormige arm aangebrachte tweede tandriem, waarbij de eerste arm draaibaar is ten opzichte van de tweede arm door middel van een scharnieras waarvan de hartlijn evenwijdig is aan de hoofdas en waarop een eerste en een tweede poelie is bevestigd voor de

koppeling van de beweging van de eerste en de tweede tandriem.

Een nog verdere uitvoeringsvorm van de manipulator met relatief eenvoudig bestuurbare en storingsongevoelige aandrijvingen, heeft verder tot kenmerk, dat de differentieelaandrijving twee simultaan bestuurbare electromotoren met een gelijk elektrisch en mechanisch vermogen bevat, waarbij de ene motor mechanisch is gekoppeld met de ene nabij de hoofdas gelegen arm van het stangenmechanisme, terwijl de andere nabij de hoofdas gelegen arm van het stangenmechanisme mechanisch is gekoppeld met de andere motor.

Een verdere uitvoeringsvorm van de manipulator met een relatief eenvoudige en goedkope differentieelaandrijving, heeft verder tot kenmerk, dat de motoren identieke gelijkstroommotoren zijn die worden gevoed vanuit eenzelfde stroombron via een individuele wisselschakelaar, waarbij voor de circulaire verplaatsing van de eindeffector en bij een ongelijkpolige stand van de wisselschakelaars de motoren tegengesteld zijn bekrachtigd, terwijl voor de radiale verplaatsing van de eindeffector en bij een gelijkpolige stand van de wisselschakelaars de motoren gelijk zijn bekrachtigd.

De uitvinding zal nader worden toegelicht aan de hand van de tekening, waarin :

fig. 1 een zijaanzicht toont van een bijzondere uitvoeringsvorm van de manipulator,

fig. 2 een bovenaanzicht toont van de manipulator volgens figuur 1,

fig. 3 een gedeeltelijk zijaanzicht en een gedeeltelijke doorsnede toont op vergrote schaal van een deel van de manipulator volgens de figuren 1 en 2,

fig. 4 een doorsnede toont van de aandrijving van de eindeffector in de manipulator volgens figuur 1,

fig. 5 een blokschema toont van een deel van de differentieelaandrijving in de manipulator volgens fig. 1.

De met fig. 1 geïllustreerde manipulator bevat een verticale draagzuil 1 waarvan de hartlijn wordt gevormd door een verticale hoofdas 3. De zuil 1 bezit een sokkel 5 waarmee de manipulator kan worden bevestigd op een in fig. 1 niet aangegeven, gebruikelijke ondersteuning. Aan de zuil 1 is een in een horizontaal vlak loodrecht op de hoofdas 3 vast opgesteld eerste tandwiel 7

bevestigd. Op enige afstand onder het eerste tandwiel 7 is een tweede vast opgesteld tandwiel 9 aan de zuil 1 bevestigd. Het tandwiel 9 is identiek aan het tandwiel 7 en bevindt zich eveneens in een horizontaal vlak loodrecht op de hoofdas 3. De manipulator bezit een stangenmechanisme dat wordt gevormd door vier scharnierend met elkaar verbonden, kokervormige armen (stangen) 11, 13, 15 en 17 (zie ook fig. 2). De arm 13 is draaibaar ten opzichte van de arm 11 om een verticale scharnieras 19, terwijl de arm 11 draaibaar is om de hoofdas 3 op nog nader te beschrijven wijze. Ook de arm 17 is draaibaar ten opzichte van de arm 15 om een verticale scharnieras 21, terwijl de arm 15 draaibaar is om de hoofdas 3 op nog nader te beschrijven wijze. De arm 13 is draaibaar ten opzichte van de arm 17 om een verticale scharnieras 23. Van het stangenmechanisme gevormd door de vier armen 11, 13, 15 en 17 zijn de armen 11 en 15 (achterarmen) gelijk in lengte en relatief kort ten opzichte van de even lange armen 13 en 17 (voorarmen). Een in een horizontaal vlak gelegen, vanuit de hoofdas 3 gezien radiaal gerichte diagonaal 25 van het stangenmechanisme snijdt de hoofdas 3 in een punt P. Alle armen 11, 13, 15 en 17 zijn gelegen en verplaatsbaar in horizontale vlakken loodrecht op de hoofdas 3. Aan de armen 13 en 17 is een in fig. 1 schematisch aangegeven eindeffector 27 (bijvoorbeeld een grijper) opgehangen. De eindeffector 27 is draaibaar (φ) om de scharnieras 23 en kan verticaal (Z) worden verplaatst ten opzichte van de armen 13 en 17 evenwijdig aan de hoofdas 3 op nog nader te bespreken wijze.

Op de arm 11 is een gelijkstroommmotor 29 met een mechanische vertraging 31 bevestigd waarvan een rondsel 33 in ingrijping is met het vast opgestelde tandwiel 7. Ook op de arm 15 is een gelijkstroommotor 35 met een mechanische vertraging 37 bevestigd waarvan een rondsel 39 in ingrijping is met het vast opgestelde tandwiel 9. De motoren 29 en 35, de mechanische vertragingen 31 en 37 en de rondsels 33 en 39 zijn identiek. De arm 11 is met behulp van een daaraan bevestigd pijpvormig, door kogellagers 40 en 42 ondersteund platform 44 draaibaar om de zuil 1 en de hoofdas 3 (zie fig. 3). Op het platform 44 is de motor 29 gemonteerd. Motor 35 is op analoge wijze als motor 29 draaibaar om de hoofdas 3. Zoals blijkt uit fig. 3 is op de arm 11 verder een electromotor 41 met een mechanische vertraging 43 bevestigd. De motor 41 is zo dicht mogelijk bij de hoofdas 3 geplaatst ter

verkleining van de massatraagheid en ook van het op de zuil 1 uitgeoefende buigende moment. Het stangenmechanisme is in fig. 3 over een hoek α (zie figuur 2) gedraaid ten opzichte van de positie in fig. 2 volgens een cirkelvormige baan. De vertraging 43 bezit een door middel van een kogellager 45 in de arm 11 gelagerde aandrijfas 47 waarop een vertande poelie 49 is bevestigd. Een eerste tandriem 51 koppelt de poelie 49 met een vertande poelie 53 die is bevestigd op een holle scharnieras 55 die met kogellagers 57, 59 respectievelijk kogellagers 61, 63 draaibaar is gelagerd in de armen 11 en 13. Op de scharnieras 45 is een verdere vertande poelie 65 bevestigd die door middel van een tweede tandriem 67 is gekoppeld met een vertande poelie 69 (zie fig. 4). De scharnieras 55 functioneert dus enerzijds als verbinding van de armen 11 en 13 en anderzijds als koppeling tussen de eerste tandriem 51 en de tweede tandriem 67. De tweede tandriem 67 is gekoppeld met een vertande poelie 69 die via kogellagers 71 en 73 samen met een moer 75 draaibaar is ten opzichte van de arm 13 om de as 23 (zie fig. 4). De kogellagers 71 en 73 worden ondersteund in de arm 13. Door middel van inwendige schroefdraad 77 is de moer 75 in ingrijping met een van schroefdraad (niet zichtbaar in fig. 4) voorziene holle stang 79 die verplaatsbaar is met een translatiebeweging in de richting van de scharnieras 23. Tijdens translatie van de stang 79 blijft de moer 75 in verticale richting op zijn plaats. De motor 41 bewerkstelligt dus een translatiebeweging in de richting van de scharnieras 23 van de aan de stang 79 bevestigde eindeffector 27.

Zoals blijkt uit fig. 2 is op de arm 15 een electromotor 81 (zie ook fig. 1) bevestigd die analoog aan de electromotor 41 via twee tandriemen en de arm 17 is gekoppeld met een vertande poelie 83. Een van de twee daartoe gebruikte tandriemen, namelijk tandriem 82 is getoond in fig. 4. Samen met de poelie 83 is via in de arm 17 ondersteunde kogellagers 85 en 87 een stang 91 draaibaar ten opzichte van de arm 17 om de as 23. De stang 91 is voorzien van een drietal rollen waarvan in fig. 4 slechts een rol 93 is getoond. De rol 93 is in ingrijping met de stang 79 via een daarin aangebrachte langgerekte groef 95. Zoals is aangegeven in een dwarsdoorsnede 97 loodrecht op de scharnieras 23 bezit de stang 79 nog twee verdere langgerekte groeven 99 en 101 waarmee de niet getekende rollen van een stang 91 in ingrijping zijn. Bij rotatie van de poelie 83 om de scharnieras 23 wordt dus door

de stang 91 via de rol 93 en de twee niet aangegeven rollen een draaibeweging overgebracht op de stang 79 en de daaraan bevestigde eindeffector 27. Om te verhinderen dat de moer 75 tijdens de rotatie van de stang 79 een translatie uitvoert wordt bij bekrachtigde motor 81 ook de motor 41 bekrachtigd en een rotatie bewerkstelligd van de aan de moer 75 bevestigde poelie 69 via de tandriemen 51 en 67. De translatiebeweging van de eindeffector 27 is dus onafhankelijk van de rotatiebeweging van de eindeffector 27. De arm 13 is draaibaar ten opzichte van de arm 17 dia kogellagers 89 en 90.

De in fig. 2 met pijlen aangegeven zgn. R-verplaatsing (radiaal) en θ-verplaatsing (circulair) van de eindeffector 27 geschiedt dor middel van een differentieelaandrijving die behalve het reeds beschreven (electro)-mechanisme deel met o.a. de motoren 29 en 35 nog een electrisch deel bevat in de vorm van de in fig. 5 getoonde besturingsschakeling. De gemakshalve in de figuren 1 en 2 niet nader aangegeven, in de zuil 1 aangebrachte bekabeling voor de voeding van de motoren 29, 35, 41 en 81 bevat een kabelboom 103 voor de motoren 29 en 41 en een kabelboom 105 voor de motoren 35 en 81. De kabelboom 103 en 105 zijn vanuit de zuil 1 door een opening 107 gevoerd van een door middel van een kogellager 109 ten opzichte van de zuil 1 draaibaar deksel 111 (zie figuren 1, 2 en 3). De kabelboom 103 bevat een aansluiting 113 voor de motor 29 en een aansluiting 115 voor de motor 41. De aansluitingen voor de motoren 35 en 81 zijn op analoge wijze uitgevoerd. Door de beschreven positionering van de motoraansluitingen kan het stangenmechanisme over een hoek van π radialen rechtsom en linksom worden verplaatst zonder hinder te ondervinden van de elektrische aansluitingen. Deze bevinden zich bovendien grotendeels in de zuil 1 en de kokervormige armen 11 en 15. De motoren 29 en 35 zijn met de rondsels 33 en 39 naar elkaar toe gekeerd gemonteerd op de armen 11 en 15 zodat bij gelijkpolige bekrachtiging van de motoren de armen naar elkaar toe of van elkaar af bewegen voor de radiale verplaatsing van de eindeffector 27. De circulaire verplaatsing van de eindeffector 27 wordt verkregen bij tegengestelde bekrachtiging van de motoren 29 en 35.

De in fig. 5 getoonde besturingsschakeling voor de motoren 29 en 35 bevat een gelijkstroombron 117 die via een hoofdschakelaar 119 en twee dubbelpolige wisselschakelaars 121 en 123

kan worden verbonden met de motoren 29 en 35. De motor 29 is via een hoekopnemer 125 verbonden met een comparator 127, terwijl de motor 35 door een hoekopnemer 129 is verbonden met een comparator 131. Via een procesregelaar 133 is de comparator 127 gekoppeld met de dubbelpolige wisselschakelaar 121. Op analoge wijze is de comparator 131 via een procesregelaar 137 verbonden met de dubbelpolige wisselschakelaar 123. Aan de comparator 127 wordt een referentiewaarde REF 29 toegevoerd voor de motor 29, terwijl aan de comparator 131 een referentiewaarde REF 35 wordt toegevoerd voor de motor 35. De referentiewaarden REF 29 en REF 35 bepalen de gewenste positie van de eindeffector 27 in radiale (R) richting en in circulaire (θ) richting. Een analoge besturingsschakeling voor de motoren 41 (Z-richting) en 91 (φ-richting) wordt eenvoudigheidshalve niet beschreven.

Opgemerkt wordt dat het teken (positief of negatief) van de aan de comparatoren 127 en 131 aangeboden referentiewaarden REF 29 en REF 35 de stand van de schakelaars 121 en 123 bepaalt en derhalve de draairichting van de motoren 29 en 35. De absolute waarde van de referenties REF 29 en REF 35 is onder alle omstandigheden gelijk. Eenvoudigheidshalve zijn de gebruikelijke data processoren voor het omvormen van de signalen van de hoekopnemers 125 en 129 in fig. 5 niet aangegeven.

In plaats van de electromotoren 29, 35, 41 en 81 kunnen ook pneumatische of hydraulische motoren worden toegepast. De motoren 41 en 81 kunnen eventueel vervallen als voor eenvoudige toepassingen geen Z- en/of φ - beweging van de eindeffector 27 is vereist. Het stangenmechanisme kan worden uitgevoerd als parallelogrammechanisme waarbij alle armen 11, 13, 15 en 17 een gelijke lengte bezitten. Een extra verplaatsing in de richting van de Z-as is mogelijk door de zuil 1 met gebruikelijke middelen in verticale richting verschuifbaar op te stellen, bijvoorbeeld met behulp van een verdere zuil waarlangs de zuil 1 verplaatsbaar is. De beschreven manipulator kan ook hangend zijn opgesteld. Opgemerkt wordt dat, hoewel in het voorgaande steeds sprake is geweest van een ringvormige (in dwarsdoorsnede) of buisvormige werkruimte, de werkruimte ook een sectie van een ring of buis kan omvatten. Het begrip ring- of buisvormig dient dus in deze zin ruim te worden geïnterpreteerd. Door de vorm van de werkruimte is de

orientatie van de manipulator niet meer gebonden aan zijn omgeving en ontstaat een grote vrijheid voor de bevestiging van de manipulator. Hoewel de manipulator is beschreven aan de hand van een bijzondere uitvoeringsvorm met een optimale massaverdeling ten opzichte van de zuil 1 door de motoren 41 en 81 nabij de zuil 1 op de armen 11 en 15 te bevestigen kunnen de motoren 41 en 81 ook aan het eind van de armen 13 en 14 boven de eindeffector 27 worden geplaatst. De gewichtsverdeling is dan echter minder gunstig. De beschreven plaatsing van de motoren waarborgt een relatief klein massatraagheidsmoment van de manipulator. Een relatief grote stijfheid wordt verkregen doordat het stangenmechanisme dubbel is uitgevoerd. In het bijzonder is de torsiestijfheid relatief groot door het dubbele stangenmechanisme. De manipulator is relatief veilig doordat de bekabeling grotendeels inwendig is aangebracht ondanks de relatief grote draaihoek van de armen. In het onderhavige geval is deze draaihoek van de armen 11 en 15 voor de θ - beweging (circulair) gelijk aan π radialen rechtsom en linksom en voor de R - beweging (radiaal) $\pm \frac{\pi}{4}$ radialen. Bij de θ - beweging draait de bekabeling in de zuil 1 over $\pm \pi$ radialen en neemt daarbij het deksel 111 (zie fig. 3) mee. De bekabeling tordeert dan in de zuil 1. De tandwielen 7 en 9 kunnen ook draaibaar ten opzichte van de zuil 1 worden opgesteld. In dat geval zijn de armen 11 en 15 aan de tandwielen 7 en 9 bevestigd, terwijl de motoren 29 en 35 vast zijn opgesteld door ze aan de zuil 1 te bevestigen. De draaihoek van de armen 11 en 15 kan dan echter minder groot zijn vanwege de bekabeling.

Doordat de R - beweging en de θ - beweging wordt verkregen met beide motoren 29 en 35 is het benodigde vermogen gehalveerd. De motoren kunnen derhalve lichter zijn uitgevoerd. Omdat de motoren 29 en 35 identiek zijn is een sterk modulaire constructie verkregen. Ook de manipulator in zijn geheel is sterk modulair door het relatief grote aantal identieke delen. De constructie is bovendien symmetrisch en daardoor van grote eenvoud. De fabricage, de montage en het onderhoud van de manipulator is derhalve zeer vereenvoudigd. Massafabricage van een relatief goedkope manipulator voor in het bijzonder assemblagetaken is mogelijk. Door de stijve, optimaal uitgebalanceerde constructie is een relatief hoge absolute nauwkeurigheid en herhalingsnauwkeurigheid voor het positioneren van de

8000143

eindeffector haalbaar geworden. Tenslotte zij vermeld dat de voor de programmering van de besturingsprocessor van de manipulator benodigde coördinatentransformatie met cylindercoördinaten een relatief snelle en goedkope besturing mogelijk maakt.

Conclusies:

1. Manipulator met een door een stangenmechanisme van een viertal armen verplaatsbare eindeffector, waarbij twee van de vier armen draaibaar zijn om een hoofdas met behulp van een voor elk van de genoemde twee armen individuele aandrijving, welke hoofdas loodrecht staat op het vlak waarin de verplaatsing van ten minste twee van de vier armen van het stangenmechanisme plaatsvindt, met het kenmerk, dat de manipulator een in dwarsdoorsnede volgens een vlak loodrecht op de hoofdas ringvormige werkruimte bezit, waarbij de in een differentieel-aandrijving geïntegreerde, simultaan geactiveerde individuele aandrijvingen van de twee genoemde armen van gelijke lengte bij gelijke en tegengesteld gerichte hoeksnelheid van de twee armen om de hoofdas een vanaf de hoofdas gezien radiale verplaatsing van de eindeffector bewerkstelligen en bij gelijke hoeksnelheid in dezelfde richting van de twee armen om de hoofdas een cirkelvormige verplaatsing van de eindeffector leveren.

2. Manipulator volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat elk van de twee aangedreven armen van gelijke lengte is bevestigd aan een individuele om de hoofdas draaibare electromotor die via een rondsel in ingrijping is met een vast opgesteld tandwiel waarvan de hartlijn samenvalt met de hoofdas.

3. Manipulator volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat op ten minste een van de twee nabij de hoofdas gelegen armen van geljke lengte een electromotor is bevestigd waarvan een uitgaande as is gekoppeld met de eindeffector via een binnen een eerste kokervormige arm aangebrachte eerste tandriem en een binnen een tweede kokervormige arm aangebrachte tweede tandriem, waarbij de eerste arm draaibaar is ten opzichte van de tweede arm door middel van een scharnieras waarvan de hartlijn evenwijdig is aan de hoofdas en waarop een eerste en een tweede poelie is bevestigd voor de koppeling van de beweging van de eerste en de tweede tandriem.

4. Manipulator volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de differentieelaandrijving twee simultaan bestuurbare electromotoren met een gelijk elektrisch en mechanisch vermogen bevat, waarbij de ene motor mechanisch is gekoppeld met de ene nabij de hoofdas gelegen arm van het stangenmechanisme, terwijl de andere nabij de hoofdas gelegen arm van het stangenmechanisme mechanisch is gekoppeld met de andere motor.

2 0 0 1 4 3

5. Manipulator volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de motoren identieke gelijkstroommotoren zijn die worden gevoed vanuit eenzelfde stroombron via een individuele wisselschakelaar, waarbij voor de circulaire verplaatsing van de eindeffector en bij een ongelijkpolige stand van de wisselschakelaars de motoren tegengesteld zijn bekrachtigd, terwijl voor de radiale verplaatsing van de eindeffector en bij een gelijkpolige stand van de wisselschakelaars de motoren gelijk zijn bekrachtigd.

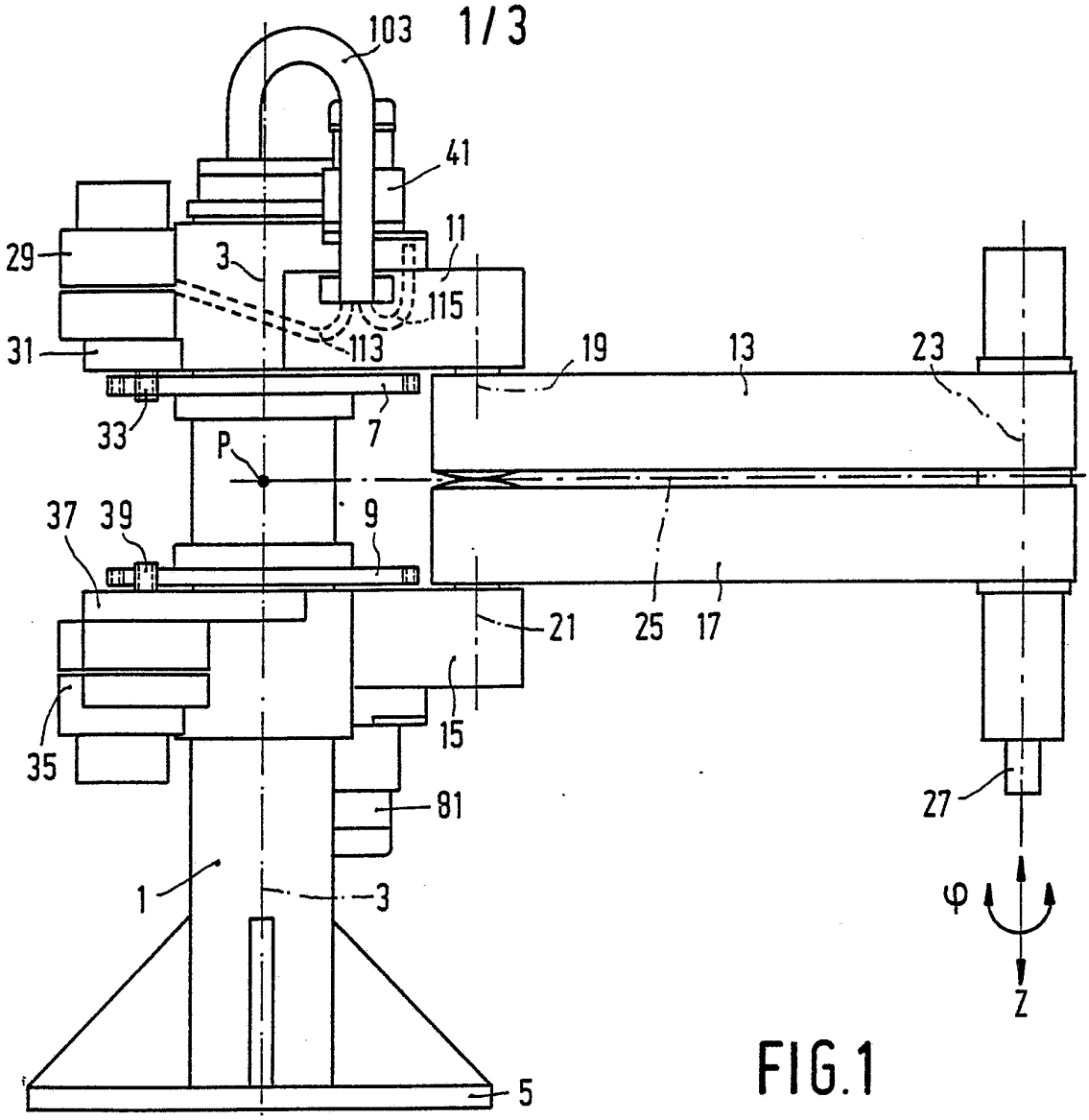
103
41
11
29
3
115
31
113
19
13
23
33
7
P
37
39
9
21
25
17
35
15
81
27
1
3
φ
Z
5

FIG.1

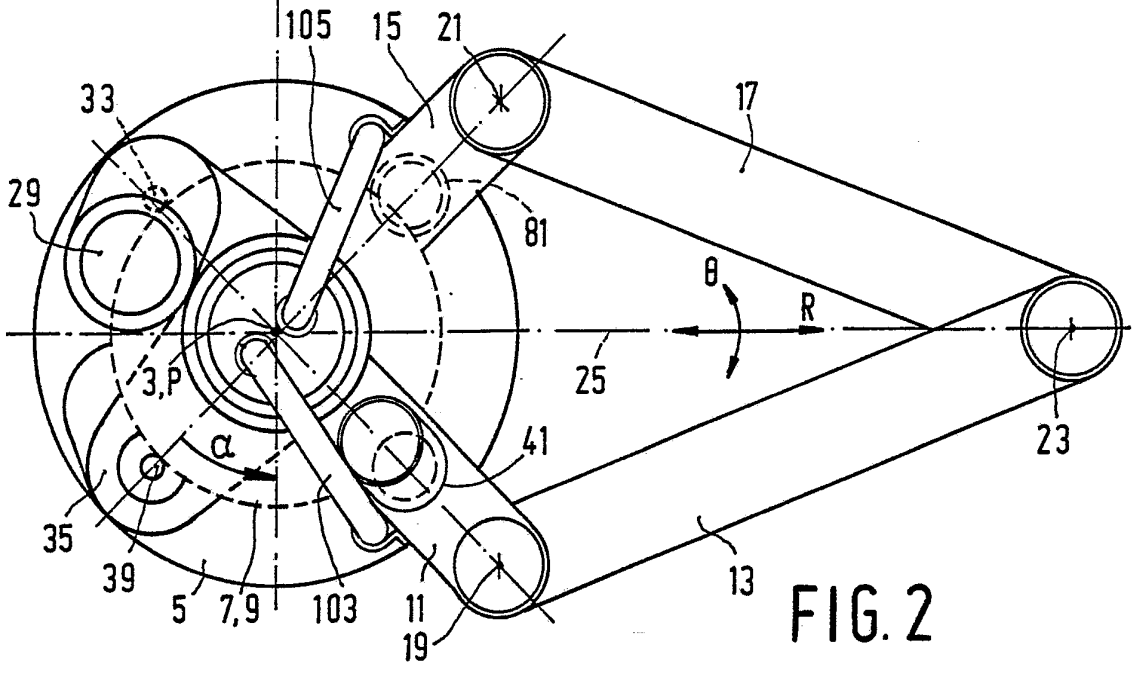
105
15
21
33
17
29
81
θ
R
3,P
25
23
α
41
35
39
5
7,9
103
11
19
13

FIG.2

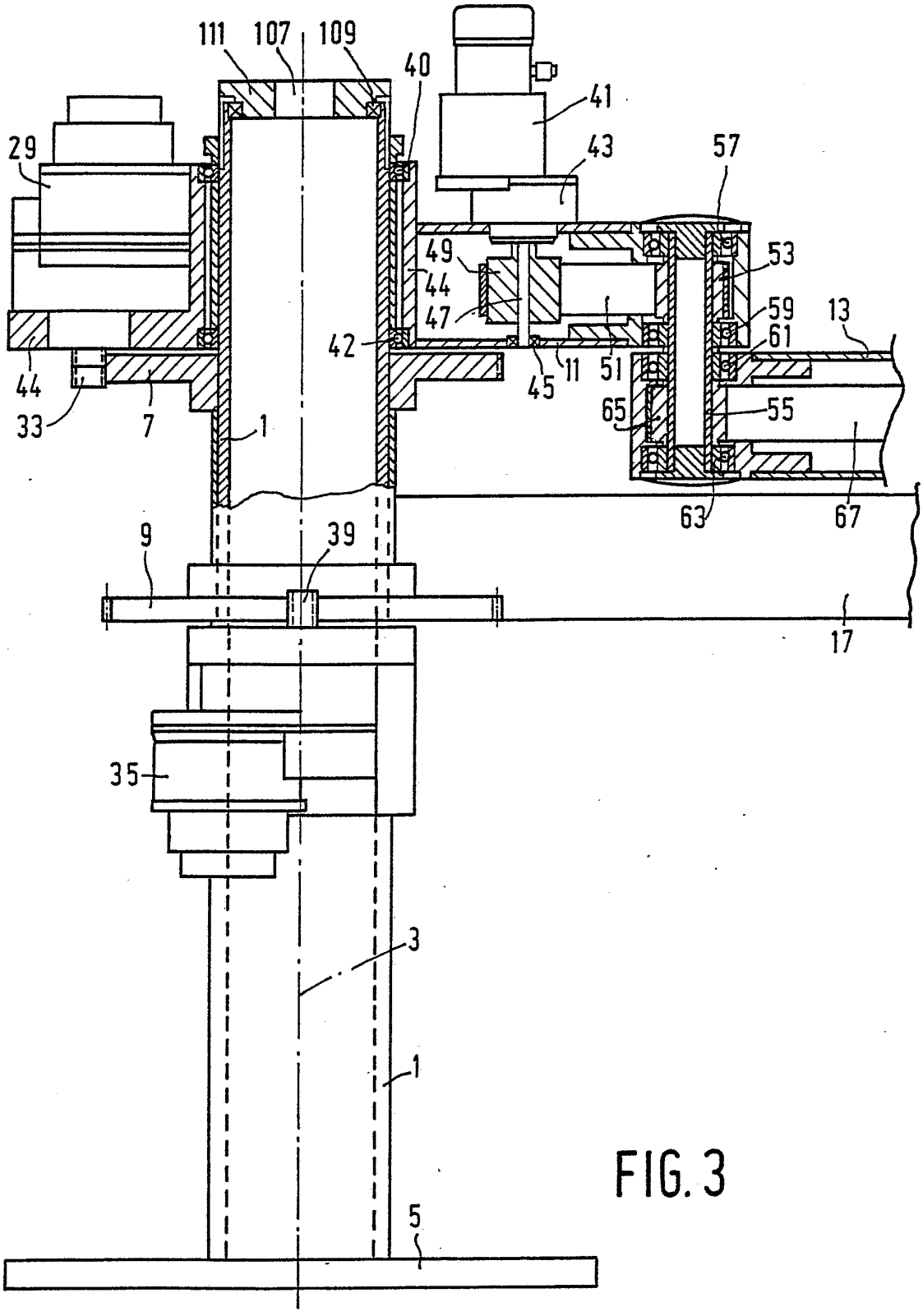
111
107
109
40
41
43
57
29
49
44
47
53
59
13
61
42
45
11
51
44
33
7
1
65
55
63
67
9
39
17
35
3
1
5

FIG. 3

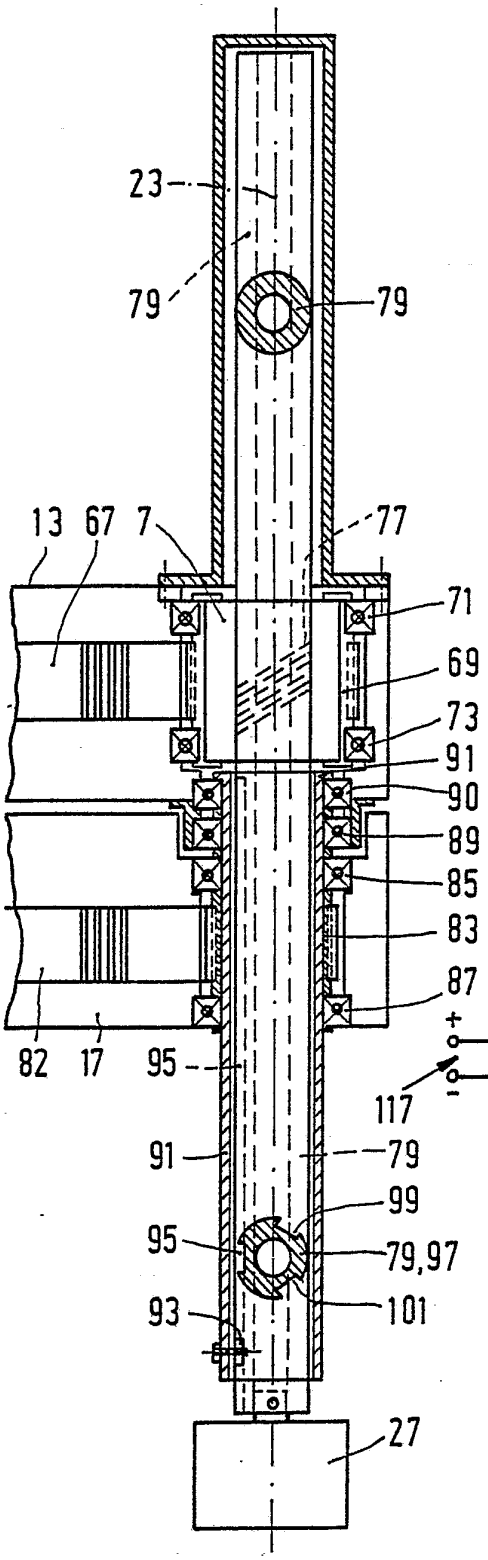
23
79
79
13
67
7
77
71
69
73
91
90
89
85
83
87
82
17
95
91
79
99
95
79,97
93
101
27

FIG. 4

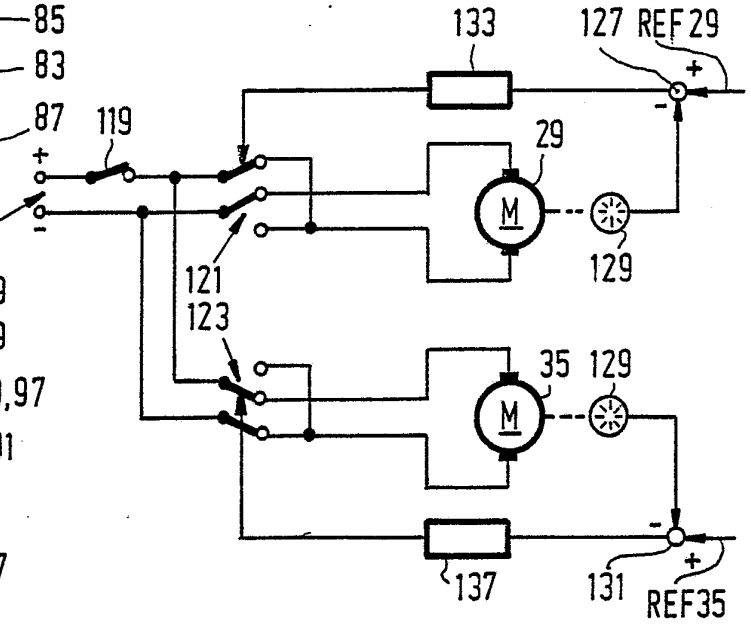
133
127
REF
29
119
29
M
129
117
121
123
35
129
M
137
131
REF
35

FIG.5