

(12) **PATENTSKRIFT**Patent- og
Varemærkestyrelsen(51) Int.Cl.: **H 02 K 3/04** **H 02 K 23/40**(21) Patentansøgning nr: **PA 1986 06229**(22) Indleveringsdag: **1986-12-22**(24) Løbedag: **1986-12-22**(41) Alm. tilgængelig: **1987-06-24**(45) Patentets meddelelse bkg. den: **2001-12-27**(30) Prioritet: **1985-12-23 US 812306**(73) Patenthaver: **UNIQUE MOBILITY INC., 3700 S. Jason St., Englewood Colorado, USA**(72) Opfinder: **Gene A. Fisher, 9198 S. Bitterweed Ct., Highlands Ranch, Colorado 80126, USA**(74) Fuldmægtig: **Hofman-Bang Zacco A/S, Hans Bekkevolds Allé 7, 2900 Hellerup, Danmark**(54) Benævnelse: **Elektromagnetisk transducer**

(56) Fremdragne publikationer:

US A 3663850	US A 3134037
US A 3858071	US A 295368
US A 4451749	US A 497001
US A 3102694	US A 1227185
US A 3312846	US A 3014139
US A 3602749	US A 3128402
US A 3729642	US A 3538364
US A 4114057	US A 4321494
US A 4517484	GB A 9557
US A 3845338	US A 3275853
US A 4398167	US A 4128364

(57) Sammendrag:

En elektromagnetisk transducer, som er let og har et højt effekt/vægtforhold, og er i stand til at fungere som en effektiv motor, vekselstrømsgenerator eller generator, og er særlig anvendelig f. eks. i forbindelse med et selvkørende køretøj såsom en bil. Den elektromagnetiske transducer kan udnytte en skalkonstruktion, som forøger varmeafgivelsen og indeholder et magnetflux frembringende aggregat, som har et antal magnetiske elementer med indbyrdes afstand og et ankeraggregat fremstillet af et viklingsarrangement af spredte ledende elementer, som er adskilt med fluxbærende elementer, som, i den udstrækning, de fluxbærende elementer er elektrisk ledende, er spredt i en, to eller tre dimensioner for således at være spredt-fase fluxbærende elementer. Ankerlederne og de fluxbærende elementer er

ELEKTROMAGNETISK TRANSDUCER

Opfindelsen angår en letvægts elektromagnetisk transducer, med høj udgangseffekt, hvor transduceren omfatter magnetiske flux frembringende organer indeholdende et flertal af spredte magnetiske elementer, og et ankerorgan i banen for den magnetiske flux, som frembringes af det magnetisk flux frembringende organ, hvilket ankerorgan omfatter i indbyrdes afstand beliggende sektioner af spredte ledere og et flertal af spredt-fase fluxbærende organer anbragt imellem sektionerne af spredte ledere, og transduceren desuden omfatter et anker og et ydre cylindrisk hus, til at forbinde de magnetisk flux frembringende organer og ankerorganet og muliggøre bevægelse af et af de magnetisk flux frembringende organer og ankerorganet i forhold til det andet.

Der kendes elektromagnetiske transducere til brug både ved omformning af elektrisk effekt til mekanisk effekt og ved omformning af mekanisk effekt til elektrisk effekt. I begge tilfælde fremkommer den effektproducerende egenskab som følge af relativ bevægelse imellem magnetiske elementer og elektrisk ledende elementer som det f. eks. er kendt ved anvendelsen af dette fænomen til motorer, vekselstrømsgeneratorer og generatorer. Selv om det er kendt, at motor, vekselstrømsgenerator og generatoraggregater kan gøres ganske lette, og selv om i det mindste nogle af disse letvægtsaggregater har været i stand til at fungere med høje hastigheder, har sådanne aggregater ikke været i stand til at fungere ved høje hastigheder til frembringelse af høj effekt. For eksempel kendes højeffektæthedsaggregater med 985,5 W/kg (0,6 hestekræfter pr. 450 g vægt) for intermitterende drift, men sådanne

aggregater er ikke i stand til at udføre kontinuerlig drift ved høje effekttætheder på over 1642,5 W/kg (1,0 hestekræfter pr. 450 g). Kendte elektriske transduceraggregater har altså ikke været i stand til at fungere ved
5 høj hastighed og høj drejningsmoment og/eller har ikke tilvejebragt tilpas effektivitet i drift. Tilmed har de tidligere kendte skalkonstruktionsaggregater ikke anvendt både spredte ledere og spredt-fase fluxbærende organer i ankeret og har derfor også været begrænset til lav ha-
10 stighed, som, selv ved højt moment, fører til lav effekttæthed. Det er også velkendt, at en elektromagnetisk transducer kan indeholde et stator og rotorarrangement, og at et sådant arrangement kan indeholde magnetiske positioneringselementer på rotoren (se f. eks. USA paten-
15 terne nr. 3,663,850, 3,858,071 og 4,451,749) samt på statoren (se f. eks. USA patenterne nr. 3,102,964, 3,312,846, 3,602,749, 3,729,642 og 4,114,057). Det har også tidligere været foreslået, at et dobbeltsæt polstykker kunne anvendes (se f. eks. USA patent nr.
20 4,517,484). Tilmed er der tidligere blevet foreslået en type skalrotor (se f. eks. USA patenterne nr. 295,368, 3,845,338 og 4,398,167), og der er også blevet foreslået en dobbeltskalrotor (se f. eks. USA patent nr. 3,134,037). Det har også tidligere været foreslået, at et
25 bundt af wirer kan anvendes i stedet for en enkelt leder i en motors ankeraggregat (se f. eks. USA patenterne nr. 497,001, 1,227,185, 3,014,139, 3,128,402, 3,538,364 og 4,321,494, samt britisk patent nr. 9,557), med sådanne wirer anført til at være til højspændings og højstrøms-
30 anvendelse og/eller til at nedsætte strømtab, den såkaldte skineffekt, og opvarmning som følge af hvirvelstrømme, og med sådanne wirer anvendt i forbindelse med faste og/eller laminerede kerner (se f. eks. USA patenterne nr.

3,014,139 og nr. 3,128,402, og britisk patent nr. 9,557). Det har også tidligere været foreslået, at en elektromagnetisk transducer kan have et effekt til vægtforhold på op til omkring 1642,5 W/kg (1 hestekraft pr. 450 g) (se f. eks. USA patent nr. 3,275,863). Tilmed er
5 køling af en motor ved anvendelsen af en gas, en væske eller en blanding af en gas og en væske velkendt for at forøge motoreffekten (se f. eks. USA patent nr. 4,128,364). Selv om en række arrangementer til elektromag-
10 netiske transducere tidligere er blevet foreslået og/eller anvendt, har sådanne transducere ikke vist sig at være helt succesrige til i det mindste nogle anvendelser, omfattende tilvejebringelse af en letvægtstransducer, som er i stand til at tilvejebringe høj effekt.
15 Især angiver den tidligere kendte teknik ikke behovet for at sprede lederne for at muliggøre drift ved høj hastighed, i det mindste delvis som følge af en vidt udbredt teori om, at magnetfeltet er meget ringe i lederne. Med ledere opbygget i overensstemmelse med konventionel tek-
20 nik har det imidlertid vist sig, at drejningsmomentet, ved konstant strøm, aftager med voksende hastighed, hvilket resultat er modsat den almindelige forventning om, at drejningsmomentet vil forblive højt, når hastigheden vokser (hvilket er resultatet opnået med denne opfindelse).
25 Det er opfindelsens formål at tilvejebringe en forbedret elektromagnetisk transducer, som er let og alligevel yder høj effektomdannelse, og at transduceren har høje effekttæthedsegenskaber, og at transduceren er i stand til at
30 fungere som en meget effektiv motor, vekselstrømsgenerator eller generator, og at transduceren er i stand til at udføre kontinuert drift ved høje effekttætheder på over

1642,5 W/kg (1,0 hestekraft pr. 450 g), og som leverer et højt drejningsmoment ved høje hastigheder.

Dette kan opnås ved at lederne (84) er spredte, hvor de
5 enkelte ledere er udformet af et flertal af tynde tråde,
og er inddelt i adskilte aktive områder (84a) hovedsage-
ligt med rektangulært tværsnit hvert aktivt område inde-
holdende en første leder og en anden leder, hvor ankeror-
ganet vindes i et sammenhængende mønster hvorved at når
10 den første leder dukker op fra det aktive område drejer
den i en første retning som udgør en første blød kurve,
og når den anden leder dukker op fra den samme ende af
det aktive område drejer den i den modsatte retning som
udgør en anden blød kurve, hvor de bløde kurver og aktive
15 områder derved definerer adskilte langstrakte åbne områ-
der, hvor de fluxbærende organer består af et flertal af
adskilte stænger, en i hvert åbent område, de spredte le-
dere (84) og de fluxbærende organer (86) er derved såle-
des udformet og spredte, at der frembringes svage modsat
20 inducerede strømme og svage hvirvelstrømme, ankeret og
det ydre cylindrisk hus udformet i mindst en mode af de
magnetisk flux frembringende organer og ankerorganet,
idet den relative bevægelse derimellem omfatter bevægelse
med en tilstrækkelig høj hastighed til, at den høje ud-
25 gangseffekten fra transduceren er mere end en hestekraft
pr. 450 g transducervægt.

Herved opnås høj effekttæthed pr. vægtenhed ved anvendel-
se af et ankeraggregat med spredte ledere, som er adskilt
30 med spredt-fase fluxbærende elementer på en måde, således
at der frembringes lave modsat inducerede strømme samt
lave hvirvelstrømme for at muliggøre, at transduceren kan
fungere ved høj effektivitet med højt drejningsmoment op-

retholdt under hurtig drift. Endvidere opnås en forbedret elektromagnetisk transducer, som er let og alligevel yder høj effekt, således at transduceren har høj effekttæthed. Endvidere opnås en forbedret elektromagnetisk transducer, som fungerer med høj virkningsgrad. Endvidere opnås en forbedret elektromagnetisk transducer med høj effekttæthed pr. vægtenhed. Endvidere opnås en forbedret elektromagnetisk transducer med et højt forhold imellem effekt og vægt. Endvidere opnås en forbedret elektromagnetisk transducer, som kan anvendes som meget effektiv motor, vekselstrømsgenerator eller generator. Endvidere opnås en forbedret elektromagnetisk transducer, som er i stand til at fungere kontinuerligt med høje effekttætheder på over 1642,5 W/kg (en hestekraft pr. 450 g). Endvidere opnås en forbedret elektromagnetisk transducer med et ankeraggregat med spredte ledere, hvis forskellige sektioner har fluxbærende elementer positioneret derimellem med lederne og de fluxbærende elementer udformet og anbragt på en sådan måde, at der frembringes lave modsat inducerede strømme. Endvidere opnås en forbedret elektromagnetisk transducer med et ankerarmatur med optimal tykkelse, som repræsenterer en balance blandt virkningerne med varmeoverførsel til kølemediet, varmeproduktion fra modstandsopvarmning og andre kilder og momentfrembringelse.

25

Opfindelsen skal i det følgende nærmere beskrives med henvisning til tegningerne, hvorpå:

fig. 1 er et isometrisk sprængbillede af en roterbar udførelse for den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen,

30

fig. 2 er et sidebillede af den samlede elektromagnetiske transducer, som er vist i fig. 1, sammen med yderligere elementer vist i blokform for bedre at illustrere opfindelsen,

5

fig. 3 er et partielt isometrisk billede, som viser anvendelse af den elektromagnetiske transducer udformet som en trækmotor til at drive et hjul i et tilknyttet køretøj,

10

fig. 4 er et delvis isometrisk billede, som viser anbringelsen af de fordelte ledere og fluxbærende elementer i den elektromagnetiske transducer, som er vist i fig. 1 og 2,

15

fig. 5 er et diagram, som viser en typisk anbringelse af en tolags-vikling dannet af de spredte ledere og viser de fluxbærende elementer anbragt imellem viklingernes vindinger,

20

fig. 6 er et snitbillede langs linien 6-6 i fig. 2, idet den magnetiske fluxvej i transducereen også er vist,

fig. 7 er et delvis snitbillede tilsvarende fig. 6, men
25 viser en anden udførelsesform for den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen,

fig. 8 er et delvis snitbillede ligesom fig. 6, men viser
30 en anden alternativ udførelsesform for den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen,

fig. 9 er et delvis snitbillede ligesom fig. 6, men viser en yderligere alternativ udførelsesform for den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen,

- 5 fig. 10 er et delvis snitbillede ligesom fig. 6, men viser en yderligere udførelsesform for den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen,

fig. 11 er et delvis ende billede, som viser en spredt
10 leder, som bedst ses i fig. 4, og som viser isoleringslaget omkring lederen,

fig. 12 er et ende billede ligesom fig. 11, men viser en anden udførelsesform for ankerkonstruktionen, hvori le-
15 derne har en belægning med et fluxbærende middel (jern) derpå, som er anvendelig i stedet for de fluxbærende elementer, som er vist i fig. 4 til 10,

fig. 13 er et ende billede ligesom fig. 11 og 12, men vi-
20 ser en yderligere alternativ udførelsesform for ankerkonstruktionen, hvori isoleret leder har en belægning med et fluxbærende middel (jern) derpå, som er anvendeligt i stedet for de fluxbærende elementer, som er vist i fig. 4 til 10,

25

fig. 14 er et delbillede, som viser anvendelsen af udførelsesformen i fig. 12 eller 13 som ankeret uden anvendelse af separate fluxbærende elementer,

- 30 fig. 15 er et delbillede svarende til fig. 14, men viser anvendelse af alternerende sektioner af spredte ledere og spredte ledere belagt som vist i udførelsesformen i fig. 12 eller 13,

fig. 16 er et sidebillede af en anden udførelsesform for den i fig. 2 viste elektromagnetiske transducer og viser ankeret fastgjort til akslen, som kan være passende til
5 en børste kommuteret transducer,

fig. 17 er et isometrisk sprængbillede af en anden alternativ udførelsesform for den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen og viser en cylindrisk symmetrisk li-
10 nær udførelse deraf,

fig. 18 er et isometrisk sprængbillede af en yderligere alternativ udførelsesform for den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen og viser en plan lineær ud-
15 førelse derfor,

fig. 19 er en grafisk afbildning, som viser forholdet mellem drejningsmoment og hastighed for en konventionel transducer b og for transduceren ifølge opfindelsen a,
20 og

fig. 20 er en grafisk afbildning, som viser undersøgt hvirvelstrøm, hysteres og viklingstab ved forskellige hastigheder ved et eksempel på transduceren ifølge opfin-
25 delsen.

En ny elektromagnetisk transducer er i særdeleshed beskrevet her, indeholdende alternative udførelsesformer. Det skal forstås, at den elektromagnetiske transducer
30 ifølge opfindelsen kan anvendes som en motor (vekselstrøms eller jævnstrømsmotor), vekselstrømsgenerator eller generator, i afhængighed af hvorvidt et elektrisk signal føres til ankeret (sædvanligvis gennem en kommuta-

tor eller ækvivalent konstruktion), for at frembringe en kraftforårsagende bevægelse af den magnetiske flux frembringende konstruktion i forhold til ankeret og således drive akslen, eller hvorvidt akslen roteres for derved at
5 forårsage bevægelse af den magnetiske flux frembringende konstruktion i forhold til ankeret for at frembringe en elektromotorisk kraft, som igen kan forårsage, at bevægelse af strøm langs ankerets ledere kan kobles fra lederne som et elektrisk signal, som det er velkendt.

10

En elektromagnetisk transducer 35 som vist i fig. 1 og 2, er let og alligevel i stand til at afgive høj effekt, idet transduceren er et apparat med høj effekttæthed, som er særdeles velegnet, f. eks. til anvendelse i forbindelse
15 se med selvdrivende køretøjer, f. eks. biler, selv om opfindelsen ikke er begrænset dertil.

En hul cylindrisk elektromagnetisk transducer 35 med permanent magnet kan, når den anvendes til fremdrivning af køretøj, anvendes som en trækmotor monteret som et hjul,
20 og kan, som vist i fig. 3, monteres direkte ved hvert hjul 37 i nærheden af en aksel 39, med driv fortrinsvis opnået gennem en gearmekanisme 41.

25 Som vist i fig. 1 og 2 omfatter den elektromagnetiske transducer 35 et ydre cylindrisk hus 43, som har forreste og bageste endeplader 45 og 46 anbragt ved modstående ender af det cylindriske hus ved hjælp af låseringe 48 og 49.

30

En aksel 51 har en midterdel 52, som strækker sig gennem det cylindriske hus, idet akslen er monteret i midternav 54 og 55 (kun navet 55 ses i fig. 2) for de respektive

endeplader 45 og 46 ved hjælp af lejer 57 og 58, således at akslens midterdel er koaksialt anbragt i forhold til det cylindriske hus, akslens bageste del 60 med reduceret diameter er monteret i lejet 58, og akslens forreste del
5 62 strækker sig frem fra den forreste endeplade 45, idet en tætning 64 er anbragt i navet 54 i nærheden af lejet 57.

Som ligeledes vist i fig. 2 er en blæser 65 anbragt i
10 nærheden af den bageste endeplade 46, hvilken plade indeholder en forskudt luftindføringsåbning 66 og et antal udløbsåbninger 67 fordelt omkring og nær periferien af endepladen. Anvendt således fungerer transduceren således i et gas (luft) medium (i modsætning til et væskemedium,
15 som kunne omfatte olie eller lignende, f. eks. som ved nogle kendte transducere). Tilmed er en bueformet åbning 68 anbragt for at give adgang for ankerlederforbindelser gennem endepladen 46.

20 Som det bedst er vist i fig. 2 har rotoren 70 en dobbelt-skalkonfiguration med indre og ydre cylindriske dele 72 og 73 med indbyrdes afstand, hvilke dele strækker sig vinkelret fra monteringspladen 75, således at de cylindriske dele 72 og 73 er koaksiale med og inden i det cylindriske hus 43. Monteringspladen 75 har en ringformet
25 monteringsdel 77, som er anbragt på en notdel 78 af akslen 51 indenfor lejet 57.

Rotorens 70 indvendige cylindriske del 72 har derpå monterede magnetiske elementer 80, som er vist som permanente magneter (men om ønsket kunne elektromagneter anvendes). De cylindriske dele 72 og 73 er fremstillet af et i
30 høj grad magnetisk permeabelt magnetisk materiale med la-

ve hysteresetab (f. eks. jern eller stål), og monteringspladen 75 er fremstillet af et ikke-magnetisk materiale, f. eks. plast eller aluminium), mens de magnetiske elementer 80 er stærke permanentmagneter, som fortrinsvis er fremstillet af neodymiumborferit (NdFeB), men kan også være fremstillet af bariumferit keramik (BaFe keramik), samariumkobolt (SmCo), eller lignende.

Ankeret 82 er fast i forhold til huset 43 og er monteret på den bageste endeplade 46, som vist i fig. 2, således at rotoren 70 drejer i forhold til ankeret 82 (samt i forhold til huset 43). Ankeret 82 er således et stationært cylindrisk skalelement, som strækker sig i det cylindriske hus 43 længde imellem rotorens indre og ydre cylindriske dele 72 og 73.

Det er af betydning for opfindelsen, at ankeret 82 indeholder spredte ledere 84, som det bedst fremgår af fig. 4, hvis forskellige sektioner 85 er anbragt imellem fluxbærende elementer 86, som det bedst fremgår af fig. 6. De spredte ledere 84 er fortrinsvis udformet af et bundt kobbertråde 87 med lille diameter omsluttet af isoleringsmateriale 88 (som det bedst ses i fig. 11), idet lederne 84 er vinklet til en forbindelsesmønster, som er vist som et eksempel i fig. 5, idet de modstående ender af trådbundterne er forbundet til ledere 89, som strækker sig gennem åbningen 68 i endepladen 46, som vist i fig. 2.

Lederne 84, som det bedst er vist i fig. 4, udformet til et bundt gennem ankeret (som f. eks. ved vikling i en ring), og hver vinding af wireviklingerne har et fluxbæ-

rende element 86 derimellem, som vist i fig. 5 og 6, med en typisk vinding som skitse-mæssigt vist i fig. 5.

De fluxbærende elementer 86 er fortrinsvis jern (i det mindste delvis), og strækker sig imellem ledernes 84 aktive længde. Lederne 84 har endevinklinger, som strækker sig udover de aktive længder for at forbinde de aktive længder til hinanden i et passende mønster, f. eks. som en bølgevikling som vist i fig. 5. De fluxbærende elementer er fortrinsvis fasefordelte fluxbærende dele til at håndtere de højfrekvente magnetfeltomslag med lave modsat inducerede strømme og lave hvirvelstrømstab. Eftersom jern er elektrisk ledende, skal det være spredt for at undgå (eller i det mindste nedsætte til et minimum) frembringelsen af modsat inducerede strømme. Det har vist sig, at et egnet fluxbærende element kan presses af fint (10 - 100 μ) jernpulver, som tidligere er blevet reaktivt belagt med phosphatisolation og ved anvendelse af "B" trin epoxy og voks som bindemiddel.

20

Ved at tilvejebringe ledere omfattende et antal ledninger med lille diameter med fasefordelte fluxbærende elementer imellem ledningernes vindinger, er modsat inducerede strømme tilstrækkelig nedsat til et minimum til at tillade driften af den elektromagnetiske transducer ved høje hastigheder og ved højt moment, idet en sådan drift fører til høj virkningsgrad. I en arbejdende udførelsesform har der med held været anvendt en stationær ankerskal med kobbevindlinger med pulveriserede jernstænger til at bære den magnetiske flux og gennemtrængt med glasforstærkede novolacepoxy isolationsmateriale støbt imellem viklingerne og stængerne.

30

Når denne opfindelse blev anvendt som motor, har det ved konstant strøm vist sig, at det afgivne moment kan opret- holdes næsten konstant selv med voksende rotorhastighed, som vist i fig. 19 med linie a. Dette er helt ulig tidli-
5 gere kendte anordninger, hvor det blev konstateret, at drejningsmomentet faldt hurtigt med voksende hastighed, når der blev anvendt massive stænger som ledere og flux- bærende elementer, som vist med linien B i fig. 19. Kom- binationen af højt drejningsmoment og høj hastighed, som
10 blev gjort mulige i den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen, frembringer høj effekttæthed.

Som vist i fig. 6 er ankeret 82 (fremstillet af spredte ledere 84 og fluxbærende dele 86) anbragt tæt i forhold
15 til magneterne 80, som er anbragt omkring den indre cy- lindriske væg 72, og desuden tæt anbragt i forhold til den cylindriske væg 73, idet væggene 72 og 73 henholdsvis tilvejebringer indre og ydre returveje for den magnetiske flux. Nogle typiske fluxveje er vist i fig. 6. Som vist
20 er disse fluxveje sløjfer, som hver gennemtrænger ankeret 2 gange, idet de principielt går igennem de fluxbærende dele 86. De fluxbærende dele tillader således et tykt an- ker at opretholde en høj fluxtæthed, hvilket er væsent- ligt for højt drejningsmoment.

25

Som vist i fig. 7 kan den elektromagnetiske transducer også udformes ved anbringelse af magneter 80 på ydervæg- gen 73 (frem for på indervæggen 72). Som vist i fig. 8 kan den elektromagnetiske transducer også udformes ved
30 anbringelse af magneter 80 på både indervæggen og yder- væggen henholdsvis 72 og 73.

Som vist i fig. 9 kan et anker 82 også anbringes ved begge sider af magneterne 80. Selv om det ikke specifikt er vist, er det desuden også klart, at den elektromagnetiske transducer kan udformes ved anbringelse af yderligere lag af anker-rotorelementer radialt indenfor og/udenfor det på tegningen viste. De fluxbærende dele kan også udformes ved anvendelse af en ikke-rektangulær formet del, f. eks. en I-formet del 91 (som vist i fig. 10), som har spredte ledere 84 forløbende derimellem.

10

Ankeret kan også udformes som vist i fig. 12, således at fluxbærende elementer 93 er udformet som en belægning af stærkt permeabelt magnetisk materiale (f. eks. jern) på nogle eller alle de spredte ledere 94. Som vist i fig. 13 kan lederne 94 også have et isolationslag 95 derpå, således at isolationslaget 95 er imellem lederen og det fluxbærende element. I hvert tilfælde dækker et isolerende lag 96 det fluxbærende element (med mindre det selv er elektrisk ikke-ledende).

20

Når de fluxbærende elementer er udformet som belægninger på de spredte ledere (som vist i fig. 12 og 13), beløber de fluxbærende stænger (vist i fig. 4 til 10) ikke at anvendes. De spredte ledere 94 med de fluxbærende elementer belagt derpå kan anvendes som de eneste ankerelementer (som vist i fig. 14) eller kan skifte med spredte ledersektioner 85, dvs. spredte ledere uden et derpå belagt fluxbærende element (som vist i fig. 15).

30 Pulveriseret jern anvendt som fluxbærende elementer 86 (som vist i fig. 6) tilvejebringer 3-dimensional fase-spredning, mens fluxbærende elementer 93 belagt på de spredte ledere (som vist i fig. 12 og 13) danner todimen-

sional fasespredning (jernlamineringsstænger tilvejebringer på den anden side, anvendt som fluxbærende elementer kun endimensional fasespredning).

- 5 Den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen omfatter således et magnetisk flux frembringende aggregat (med mindst et polpar, som kan udformes ved anvendelse af permanentmagneter eller elektromagneter), og et ankeraggregat (som skærer den magnetiske flux frembragt med det
- 10 magnetisk flux frembringende aggregat og har en skiftevis struktur af ledende viklinger og fluxbærende elementer, hvilke fluxbærende elementer kan betegnes som ankerjern). En vikling kan anvendes som hovedkomponent i ankeret hvilken vikling består af bundter af separate ledere (som
- 15 herefter betegnes som spredte ledere), med anvendelsen af spredte ledere af tynd wire, som tillader rotorens hurtige rotation anvendt i forbindelse med spredt-fase fluxbærende elementer.
- 20 Anvendelsen af flere, parallelforløbende isolerede ledere for at nedsætte varmetab ved høje strømme har tidligere været foreslået (se f. eks. USA patent nr. 497 001), og det er velkendt inden for motorteknikken som en metode til at nedsætte skineffektstab i motorer. Skineffekt med-
- 25 fører imidlertid kun tab ved belastning, hvorimod hvirvelstrømstab, som man kommer ud for, når kendte anordninger roteres ved høj hastighed, opstår uden belastning. Denne forskel er som til mekanismen for virkningen.
- 30 Ved ledere med stort tværsnit eller ledende fluxbærende elementer med stort tværsnit som blev anvendt ved tidligere kendte anordninger voksede størrelsen af de inducerede strømme i stængerne, når frekvensen af magnetfelt-

vendingen vokse, og den inducerede strøm reagerer med magnetfeltet til frembringelse af et modstandsmoment, som modvirker tilvæksten i rotationshastighed. Således er de kendte maskiner naturligt begrænset til lav hastighed ved
5 reaktionsmomentet og kan ikke roteres ved høj hastighed og derfor ikke egnet til f. eks. brug som trækmotorer i de fleste anvendelser.

Anvendt som en motor skal et middel til at forskyde (dvs. dreje) magnetfeltet i forhold til ankeret med høj hastighed naturligvis være således tilvejebragt, at elektrisk effekt kan omdannes til mekanisk effekt på en lignende måde som blev benyttet ved kendte motorer. Som vist i fig. 2 kan dette udføres ved at forbinde ledere 97 imellem ankerets 82 forbindelser 89 og strømgenerator og kontrolenheden 98, således at enheden 98, som tilføres strøm til lederne 84, tilvejebringer rotation af rotoren 70, som for akslen 51 til at rotere til drift af en belastning 99.
15

20

Anvendt som alternator eller generator bevirker aktuatoren 99 rotation af akslen 51, som drejer rotoren 70 for at inducere en spænding på lederne 84 og derved frembringe elektrisk strøm fra lederne 84 til en belastning 98. Selv om det ikke specifikt er vist i fig. 1 til 15, er det klart, at strømgeneratoren og styreenheden (eller alternativt ankeret) indeholder nødvendige elektriske kumulatoranordninger, inklusiv de anordninger, hvori kumutering udføres elektronisk (som f. eks. i en børsteløs jævnstrømsmotor), samt de anordninger, som udnytter ensrettere i stedet for kumutering (hvilket ofte anvendes i effektfrembringelsesapparater).
25
30

Fig. 16 viser en udførelsesform for den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen, i hvilken ankeret 82 er forbundet med akslen 51 ved monteringsplade 101, og indre og ydre cylindriske vægge 72 og 73 er fastgjort til huset

5 43. I denne udførelsesform bliver ankeret således roto-
ren, idet den elektriske effekt står i forbindelse med
ankeret ved hjælp af børster/sliberinge 102 (hvilke bør-
ster anvendes i tilfælde af en jævnstrømsmaskine, og sli-
beringe anvendes i tilfælde af en vekselstrømsmaskine).

10 Den i fig. 16 viste udførelsesform foretrækkes til nogle
anvendelser, især ved en jævnstrømskumuteret maskine.

Transduceren ifølge opfindelsen har en betydelig fordel i forhold til en konventionel motor ved anvendelse af en

15 minimum mængde jern, som underkastes fluxvending. Det er
kun jernet i de fluxbærende elementer i ankeret, som ud-
sættes for fluxvending, når hver pol passeres, og således
opstår lave hysterese-tab. Tilmed er virkningerne af flux-
lækage nedsat, således at alle ankerviklingerne viser den

20 samlede fluxændring og er således lige gavnlige til at
frembringe drejningsmoment.

Apparatet ifølge opfindelsen har væsentlige varmeoverfø-
ringsfordele. Af denne grund forøges det høje forhold

25 imellem effekt og vægt yderligere. Et tyndt anker er mu-
liggjort ved, at ankeret er fremstillet helt af isoleret
ledere undtagen det nødvendige volumen for de fluxbærende
dele. Det er derfor muligt at opnå køling både af anke-
rets indvendige og udvendige overflader.

30

Ved principperne med varmeoverførsel afhænger varmeopbyg-
ningen i et anker med konstant overfladetemperatur og
ensartet indre opvarmning pr. enhedsvolumen af kvadratet

af dets tykkelse. Sammenlignet f. eks. et anker, som er 6,5 mm tykt (som det er muligt i opfindelsen) med en massiv rotor, som er 125 mm i diameter (som det er almindeligt i kendte apparater). Varmeopbygningen i sådanne
5 kendte apparater er omtrent 400 gange så stor som i transduceren ifølge opfindelsen med et sådant anker. Det er klart, at den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen ikke kan sprede mere varme end en hvilken som helst kendt transducer med lignende effektværdig.

10

Den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen kan fremstilles i adskillige topologiske variationer fra grundudformningen. I tilknytning til den roterende cylindriske skaludformning kan motoren ved ændring af orientering
15 ringen af magneterne og viklingerne bringes til at frembringe en lineær bevægelse. Andre variationer (ikke vist) omfatter pandekage og koniske udformninger.

Fig. 17 viser en lineær frem- og tilbagegående udformning
20 af den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen, hvor den elektromagnetiske flux frembringende sektion bevæges lineært i forhold til ankeret i en cylindrisk konfiguration. For at udføre dette har ankeret 105 spredte ledere 106 og fluxbærende elementer 107 viklet radialt
25 omkring akslen 51 (i stedet for at strække sig parallelt dermed som i den i fig. 1 viste udførelsesform), og rotoren 109 har magneter 110 derpå, som strækker sig rundtgående omkring den indre cylindriske væg 72 (i stedet for at forløbe parallelt med akslen 51 som i udførelsesformen
30 i fig. 1).

Fig. 18 viser en anden lineær frem- og tilbagegående udførelsesform for den elektromagnetiske transducer ifølge

opfindelsen, i hvilken strukturen er plan. Som vist er magnet 113 monteret på en plan nedre vendeplade 114. Ankeret 115 er tilvejebragt med spredte ledere og fluxbærende elementer 117 på samme måde som beskrevet i det foregående mht. de øvrige viste udførelsesformer med den undtagelse, at ankeret i det væsentlige er plant i stedet for cylindrisk. En øverste returplade 118 er desuden tilvejebragt, og ankeret 115 er lineært bevægeligt i forhold til og imellem nederste og øverste plader 114 og 118 ved hjælp af ruller 120 monteret på kanterne af den øverste plade 118 og ruller 121 monteret i rullemonteringsboks 122 (båret af den nederste plade 114).

Grundudformningen og geometrien for en transducer af prototype ifølge opfindelsen og baseret på databeregninger er som følger (baseret på anvendelsen af 24 magneter, ledere 0,2 mm i diameter og 144 fluxbærende elementer som fremgår af det efterfølgende):

20	Effekt (ved 10000 o/m)	29,83 kW (40 HK)
	Spænding	72 volt dc
	Strøm	425 amp dc
	Diameter	16,5 cm
	Ankerets samlede tykkelse	0,71 cm
25	Længde	8,9 cm
	vægt	6,8 kg
	Virkningsgrad (beregnet ved 10000 o/m)	97.6 %

Nærmere betegnet er de her over angivne motorberegninger baseret på følgende motorberegninger:

Geometriske parametre

L1 = 3,175 L2 = 0,508 L3 = 6,35 L4 = 0,508
 L5 = 7,62 L6 = 3,175 L9 = 50,8 R1 = 63,2
 5 M1 = 17,37 M2 = 13,03 M3 = 4,34 M5 = 2,77
 M6 = 1,37 XI = 12,7 M4 = 19,05

Materialeegenskaber

10 R9 = 0,075 U9 = 0,0000004 DE = 0,054 RO = 1,7241
 BR = 11500 UR = 1,05 HD = 5000 MD = 0,3
 WD = 0,323 KM = 0,000001 N1 = 2

Viklingsvariable

15
 DW = 8,000001E-03 PF = 0,42 VO = 72 IM = 425 NP = 3
 NM = 24 NS = 2 NL = 2 SR = 1 YD = 2
 NT = 1 MI = 2

20 Magnetfelter

 BA = 8000 BM = 10053 HM = 1378 BS = 16000
 B - Indre RP = 15181 B - Ydre RP = 17136
 B - Back ved 425 amp = 754 Max Strøm ved HD = 2042
 25 P(1) = 7,3 P(2) = 1,2 P(3) = 0,3 P(4) = 3,7

Vægte af komponentdele

 Kobber = 0,72 Epoxy = 0,30 Magneter = 2,22
 30 Stator-jern = 1,11 Returneringsveje = 2,32 Hus = 5,87
 Aksel = 2,46 Total vægt = 15,0

Elektriske parametre

Modstand = 0,0027 R pr. fase = 0,004

Tomgangshastighed = 11164,7 o/m

5 Ft-lb ved motorstop (36154 amp) = 1644

Tråde/leder = 56 Effektiv længde = 48

Stat. volumen = 7,8 Lederstørrelse er 0,054 ved 0,125

Beregnet ydelse som funktion af hastighed								
Tab i watt								
rpm	ft-lb	amp	I ² R	eddy	hyst's	wind	hp	eff (%)
1116	19,3	425	359,6	2,5	9,3	0,1	4,1	89,2
2233	19,3	425	359,6	10,2	18,6	0,6	8,2	94
3349	19,3	425	359,6	22,9	27,9	1,3	12,3	95,7
4466	19,3	425	359,6	40,7	37,2	2,6	16,4	96,5
5582	19,3	425	359,6	63,6	46,5	4,3	20,5	97
6699	19,3	425	359,6	91,6	55,8	6,6	24,6	97,3
7815	19,3	425	359,6	124,6	65,1	13,3	28,7	97,4
8932	19,3	425	359,6	162,8	74,4	18,6	32,9	97,6
10048	19,3	425	359,6	206	83,7	25	37	97,6
11033	19,3	425	359,6	248,4	91,9	31,7	40,6	97,6
11099	9,7	213	89,9	251,3	92,5	32,2	20,4	97

10 hvori:

Længdeenheder er i tommer

Felter er i Gauss B, Ørsted H

Tab er i watt

15 Kræfter er lb ligesom vægte

P() = Gauss i Ørsted, permeancer af fluxveje

R = Modstand/ohm

og hvor:

Parameter	Definition
L1	Indre returvejs 72 tykkelse
L2	Indre luftgab
L3	Ankerets 82 tykkelse
L4	Ydre luftgab
L5	Magnetens 80 tykkelse
L6	Ydre returvejs 73 tykkelse
L9	Magnets 80 længde
MI	Valg, 1 for magneters inderside, 2 for yderside, 3 for begge magnetdeling
M1	Magnetdeling
M2	Magnetbredde
M3	Mellemrum imellem magneter ved en delingslinie
M4	M2 som en brøkdel af M3
M5	Ankerjernsdeling
M6	Ankerjernsbredde
XI	Jernbrøkdel
NS	Jernstykker 86 (pr. fase og pr. pol)
NT	# af ledere 84 pr. jernstykke 86
NL	# af vindings lag
NC	Total # af ledere 84 pr. fase
SR	# af ledere pr. fase i serie
NP	# af faser
YD	Valg, 1 for stjerne og 2 for trekant
NW	# af tråde pr. leder
NM	# af magneter 80
PF	tråd pakningsfaktor
DW	Tråd diameter
WD	Densitet af tråd materiale

DE	Densitet af epoxy keramik materiale
VO	Tilført spænding
IM	Maksimum strøm
NR	er tomgangshastighed
R1	Middel anker radius
RO	Tråd resistivitet, mikroohm-cm
KM	Hysteresetabskonstanter
R9	gas/fluid densitet, lbf/kubik fod
U9	Viskositet, lbf-sec/kvadrat fod
MG	Magnetvalg, 1 for keramik, 2 for NdFeB
HC	Pseudo koercitiv intensitet = BR/UR
BR	Residual flux densitet
MD	Densitet af magnetisk materiale
UR	Spole permeabilitet
HD	Koersitiv intensitet ved knæet

For motormomentverifikation blev den elektromagnetiske kraft målt i en faktiske undersøgelse i en lineær konfiguration ligesom den i fig. 18 viste, opbygget til at undersøge datamatsimulering af en roterende konfiguration. En strøm på 125 ampere frembragte en kraft på 222,4 N (50 lb).

Det målte magnetfelt (ved brug af type 8 keramiske magneter) var 3500 gauss. Den aktive lederlængde spændte over tre af de fire poler og bestod af 20 kobberstænger, hver 3,81 x 7,94 mm i tværsnit. Hver af de 3 x 20 = 60 ledere havde en aktiv længde på 7,62 cm. Således var den samlede aktive lederlængde 7,6 x 60 cm = 456 cm (3 x 60 = 180 tommer). Ved anvendelse af disse værdier blev kraften beregnet til at være 200,2 N (45 lb). Den målte kraft på 222,4 N (50 lb) passer godt med den beregnede kraft på 200,2 N (45 lb) i betragtning af undersøgelsens nøjagtig-

hed (f. eks. er magnetfeltet ikke absolut ensartet overalt og randfeltvirkninger var ikke taget i betragtning).

5 Målt hvirvelstrøm, hysteresse og viklingstab for en transducer opbygget efter principperne og beskrivelsen er vist på den grafiske afbildning i fig. 20. Denne motor afgav 11,9 kW (16 hestekræfter) ved 7800 o/m i en undersøgelse.

10 Som det fremgår af det foregående er den elektromagnetiske transducer ifølge opfindelsen således i stand til at tilvejebringe en afgående effekt i forhold til dens vægt, som er større end 1 hk pr. 450 g i et kølende gasmedium (idet luft anvendes som kølende medium), og det anses for at være mere end 5 hestekræfter pr. 450 g i i det mindste
15 noget kølende medier (med et fem til et forhold beregnet for den heri angivne prototypemotor). Det bør endvidere forstås, at opfindelsen tilvejebringer en forbedret elektromagnetisk transducer, som er let, kompakt, effektiv og alligevel i stand til at afgive stor effekt.

PATENTKRAV

1. En letvægts elektromagnetisk transducer med høj udgangseffekt, hvor transducere omfatter magnetiske flux frembringende organer (80) indeholdende et flertal af spredte magnetiske elementer (80), og et ankerorgan (82) i banen for den magnetiske flux, som frembringes af det magnetiske flux frembringende organ, hvilket ankerorgan (82) omfatter i indbyrdes afstand beliggende sektioner af spredte ledere (84) og et flertal af spredt-fase fluxbærende organer (86) anbragt imellem sektionerne af spredte ledere, og transducere desuden omfatter et anker og et ydre cylindrisk hus (82, 43), til at forbinde de magnetiske flux frembringende organer (80) og ankerorganet (82) og muliggøre bevægelse af et af de magnetiske flux frembringende organer og ankerorganet i forhold til det andet, **kendetegnet ved**, at lederne (84) er spredte, hvor de enkelte ledere er udformet af et flertal af tynde tråde, og er inddelt i adskilte aktive områder (84a) hovedsageligt med rektangulært tværsnit hvert aktivt område indeholdende en første leder og en anden leder, hvor ankerorganet vindes i et sammenhængende mønster hvorved at når den første leder dukker op fra det aktive område drejer den i en første retning som udgør en første blød kurve, og når den anden leder dukker op fra den samme ende af det aktive område drejer den i den modsatte retning som udgør en anden blød kurve, hvor de bløde kurver og aktive områder derved definerer adskilte langstrakte åbne områder, hvor de fluxbærende organer består af et flertal af adskilte stænger, en i hvert åbent område, de spredte ledere (84) og de fluxbærende organer (86) er derved således udformet og spredte, at der frembringes svage modsat inducerede strømme og svage hvirvelstrømme, ankeret og

det ydre cylindrisk hus udformet i mindst en mode af de magnetisk flux frembringende organer og ankerorganet, idet den relative bevægelse derimellem omfatter bevægelse med en tilstrækkelig høj hastighed til, at den høje udgangseffekten fra transduceren er mere end en hestekraft pr. 450 g transducervægt.

2. Transducer ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at ankeret og det ydre cylindrisk hus (82, 43) muliggør bevægelsen med en hastighed, som er så høj, at den høje udgangseffekt fra transduceren mindst svarer til 5 hestekræfter pr. 450 g transducervægt.

3. Transducer ifølge ethvert af de foregående krav, **kendetegnet ved**, at de magnetisk flux frembringende organer (80) er valgt blandt neodymiumborferrit, bariumferritkeramik og samariumcobalt.

4. Transducer ifølge ethvert af de foregående krav, **kendetegnet ved**, at de spredte ledere (84) af tynd tråd er udformet som en vikling hvor forskellige vindinger heraf udgør de i afstand liggende sektioner af spredte ledere (84), og hvori de spredt-fase fluxbærende organer (86) er anbragt mellem vindingerne af viklingen.

5. Transducer ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at de spredt-fase magnetisk flux frembringende organer (80) og ankerorganet (82) er cylindriske, og at ankeret og det ydre cylindrisk hus (82, 43) forårsager at de magnetisk flux frembringende organer (80) og ankerorganet (82) drejes i forhold til hinanden til at tilvejebringe høj udgangseffekt fra transduceren.

6. Transducer ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at de magnetisk flux frembringende organer (80) og ankerorganet (82) er cylindriske, og at ankeret og det ydre cylindrisk hus (82, 43) forårsager at de magnetisk flux frembringende organer og ankerorganet bevæges lineært frem og tilbage i forhold til hinanden til at opnå en høj udgangseffekten fra transduceren.

7. Transducer ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at de magnetisk flux frembringende organer (80) og ankerorganet (82) har i det væsentlige plane tilstødende overflader (Fig. 18), og at ankeret og det ydre cylindrisk hus (82, 43) muliggør at de magnetisk flux frembringende organer og ankerorganet bevæges således, at nævnte plane tilstødende overflader bevæges lineært i forhold til hinanden til tilvejebringelse af transducerens høje udgangseffekt.

8. Transducer ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at den yderligere indeholder rotororganer (70), og at de magnetisk flux frembringende organer (80) er anbragt på rotororganerne (70) til bevægelse i en forudbestemt drejningsbane ved rotation af rotororganerne, og at ankerorganet (82) er i form af en tynd skal.

9. Transducer ifølge krav 8, **kendetegnet ved**, at transduceren drives som en motor, og at ankeret og det ydre cylindrisk hus (82, 43) omfatter organer, som er indrettet til at tilføre en strøm til de spredte ledere (89) for at forårsage rotation af rotororganet (70) med en tilstrækkelig høj hastighed, således at motorens udgangseffekt er større end en hestekraft for hver 450 g motorvægt, når motoren arbejder i et kølende gasmedium.

10. Transducer ifølge krav 8, **kendetegnet ved**, at transduceren arbejder som et elektrisk kraftgenererende organ, og at ankeret og det ydre cylindrisk hus (82, 43) omfatter organer (99) til at bringe rotororganet (70) til at
5 rottere med en tilstrækkelig høj hastighed til at frembringe den for transduceren nævnte høje effekttæthed.

11. Transducer ifølge krav 8, **kendetegnet ved**, at den yderligere omfatter et hus (43), et akselorgan (51) med
10 en del (52) inden i huset, og monteringsorganer (54, 55, 57, 58) til at montere rotororganet (70) på akselorganet, og at rotororganet (70) omfatter cylindriske organer (72), som er koaksialt positioneret i forhold til akselorganet, således at det cylindriske organ (72) og akselorganet (51) tvinges til fælles rotation, og at de spredte ledere (84) er en vikling udformet i en tynd ring (82) og de fluxbærende organer (86) har et antal i det mindste todimensionale elementer (86), hvorefter forskellige er anbragt imellem forskellige vindinger af viklingen, som
15 dannes af de spredte ledere.
20

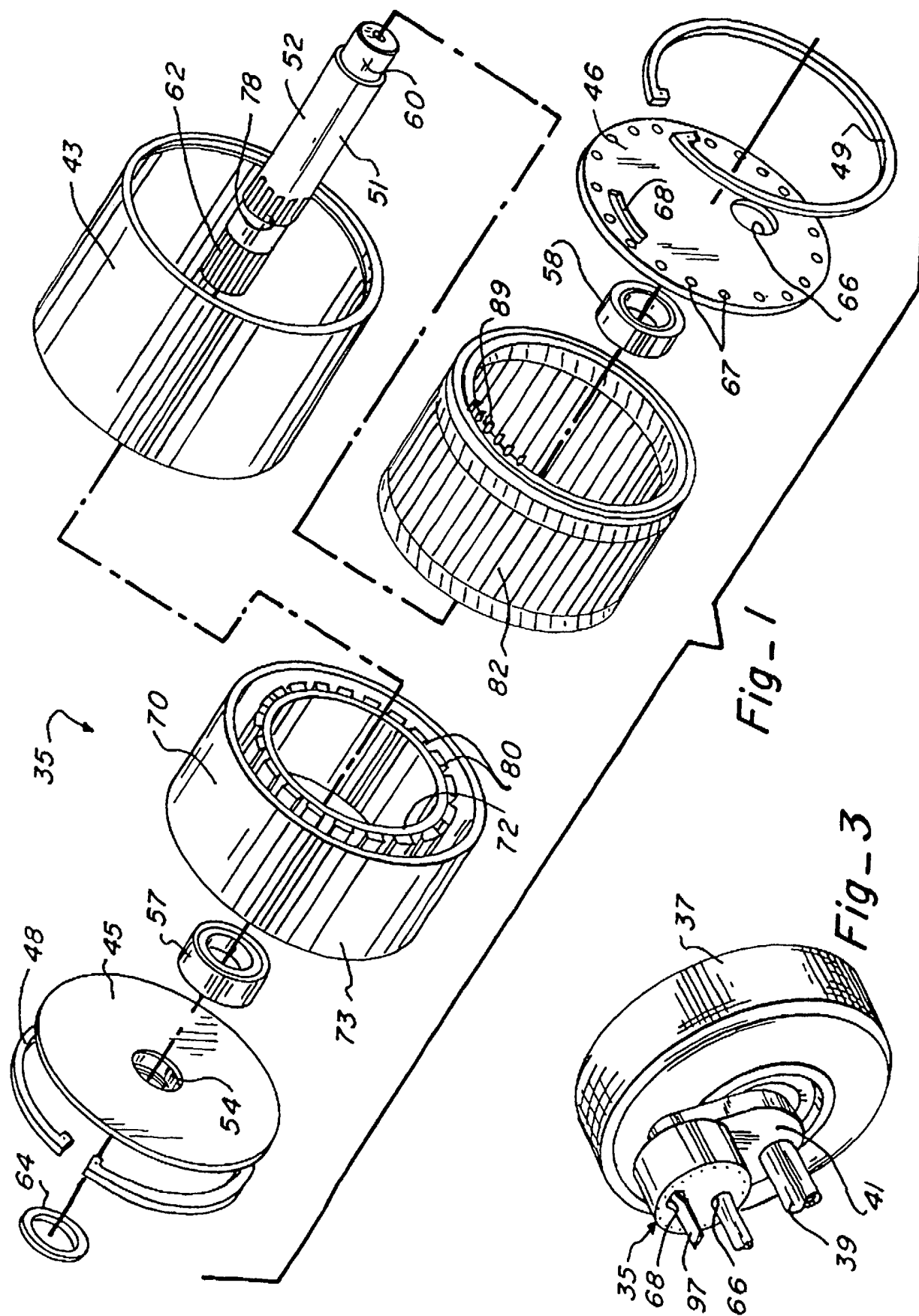
12. Transducer ifølge krav 11, **kendetegnet ved**, at rotororganet (70) omfatter et andet cylindrisk organ (73), og at det cylindriske organ (72) og det andet cylindriske
25 organ (73) tilvejebringer flux returveje.

13. Transducer ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at antallet af fluxbærende organer (86) omfatter presset jernpulver.
30

14. Transducer ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at de i afstand liggende sektioner af spredte ledere (84) er trå-

de, og at de fluxbærende organer (86) er belagt med stærkt magnetisk permeabelt materiale på trådene.

15. Transducer ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at trådene
5 har isolationsmateriale derpå, og at de fluxbærende organer (86) er belægninger af stærkt permeabelt materiale anbragt på isolationsbelægningen på nævnte tråd.



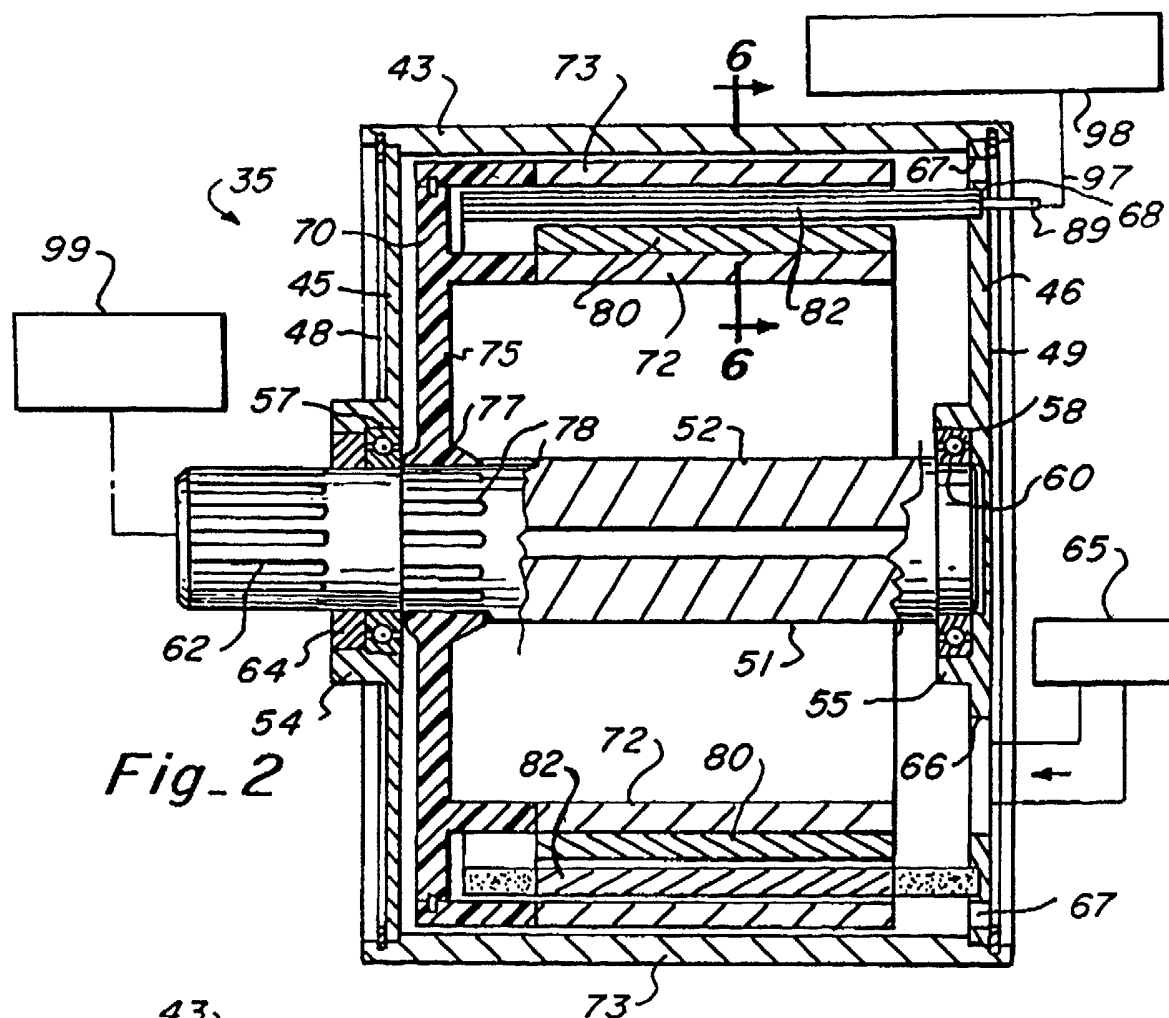


Fig. 2

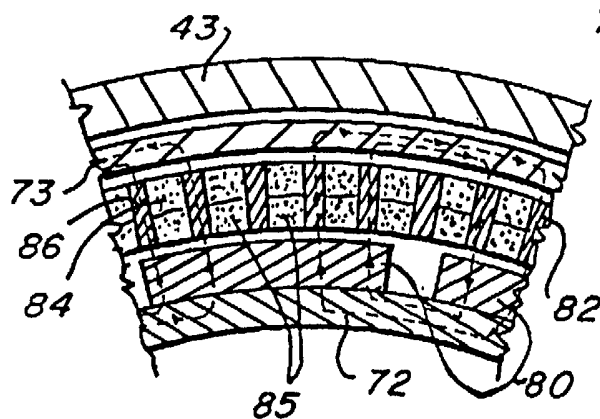


Fig. 6

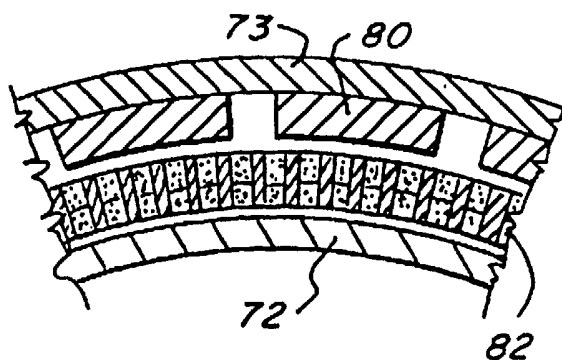


Fig. 7

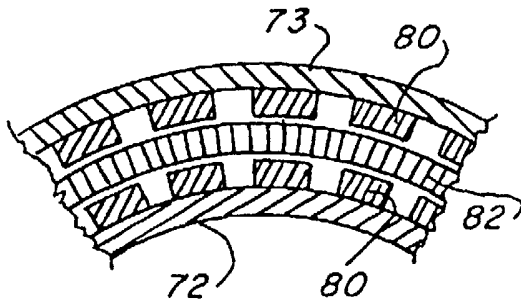


Fig_8

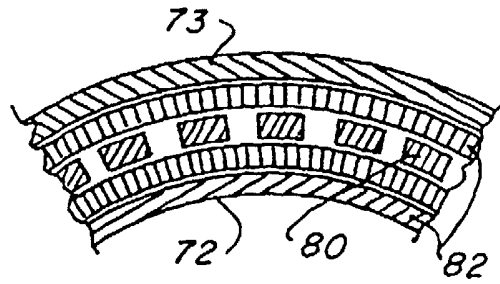


Fig_9

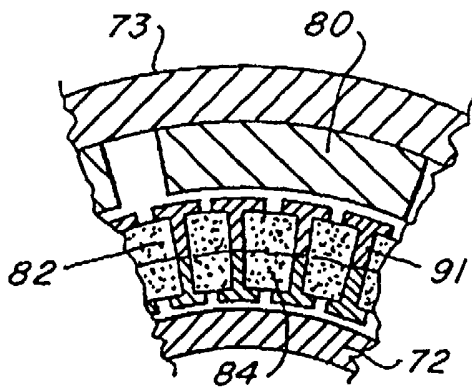


Fig_10

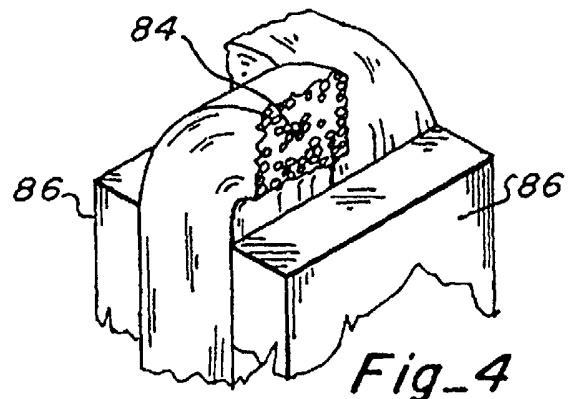


Fig_4

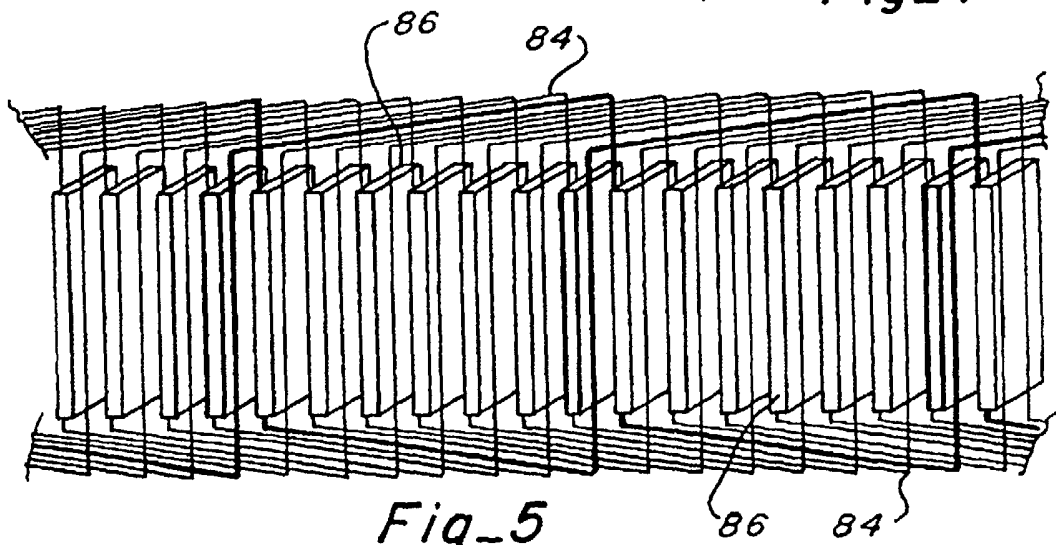


Fig_5

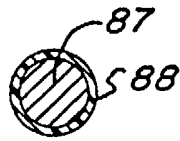


Fig_11

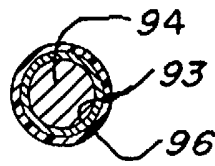


Fig_12

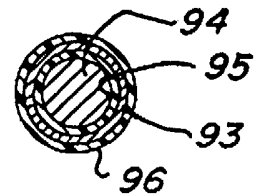


Fig_13

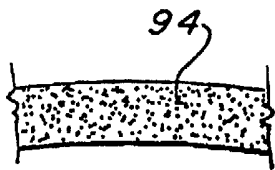


Fig_14

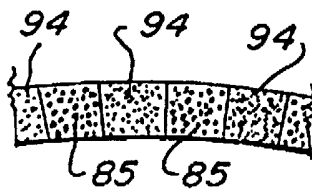


Fig_15

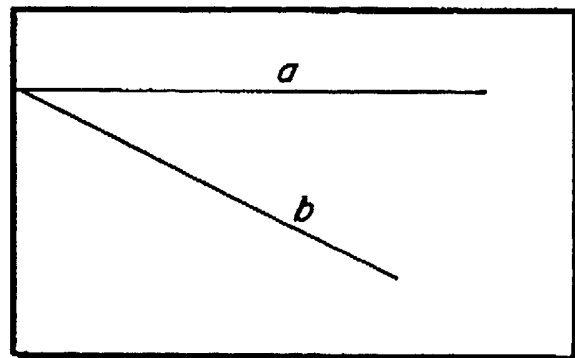


Fig_19

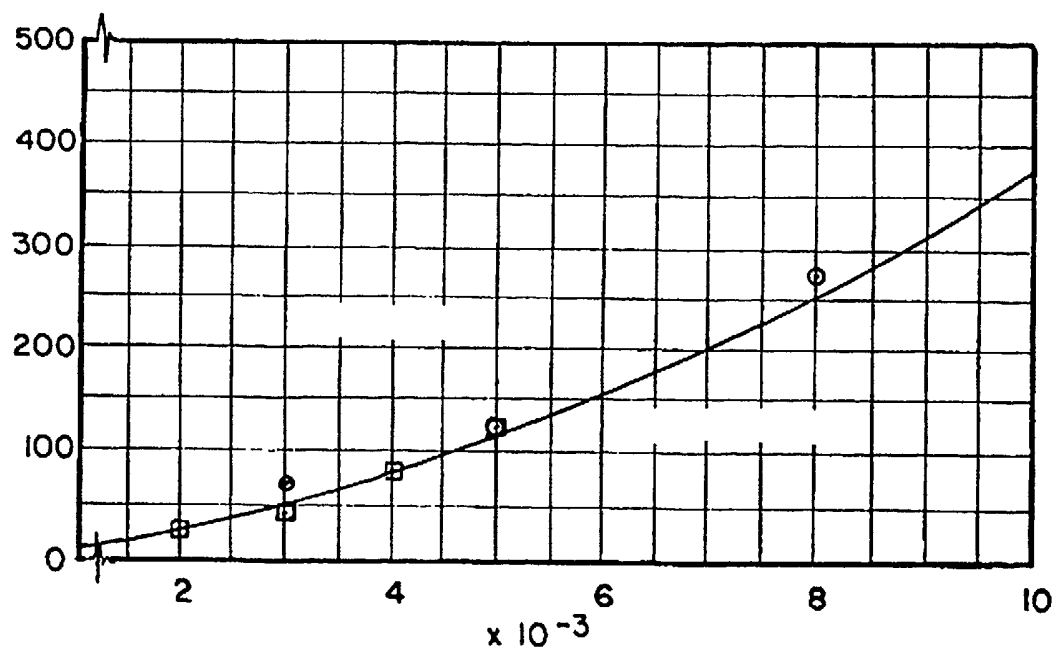
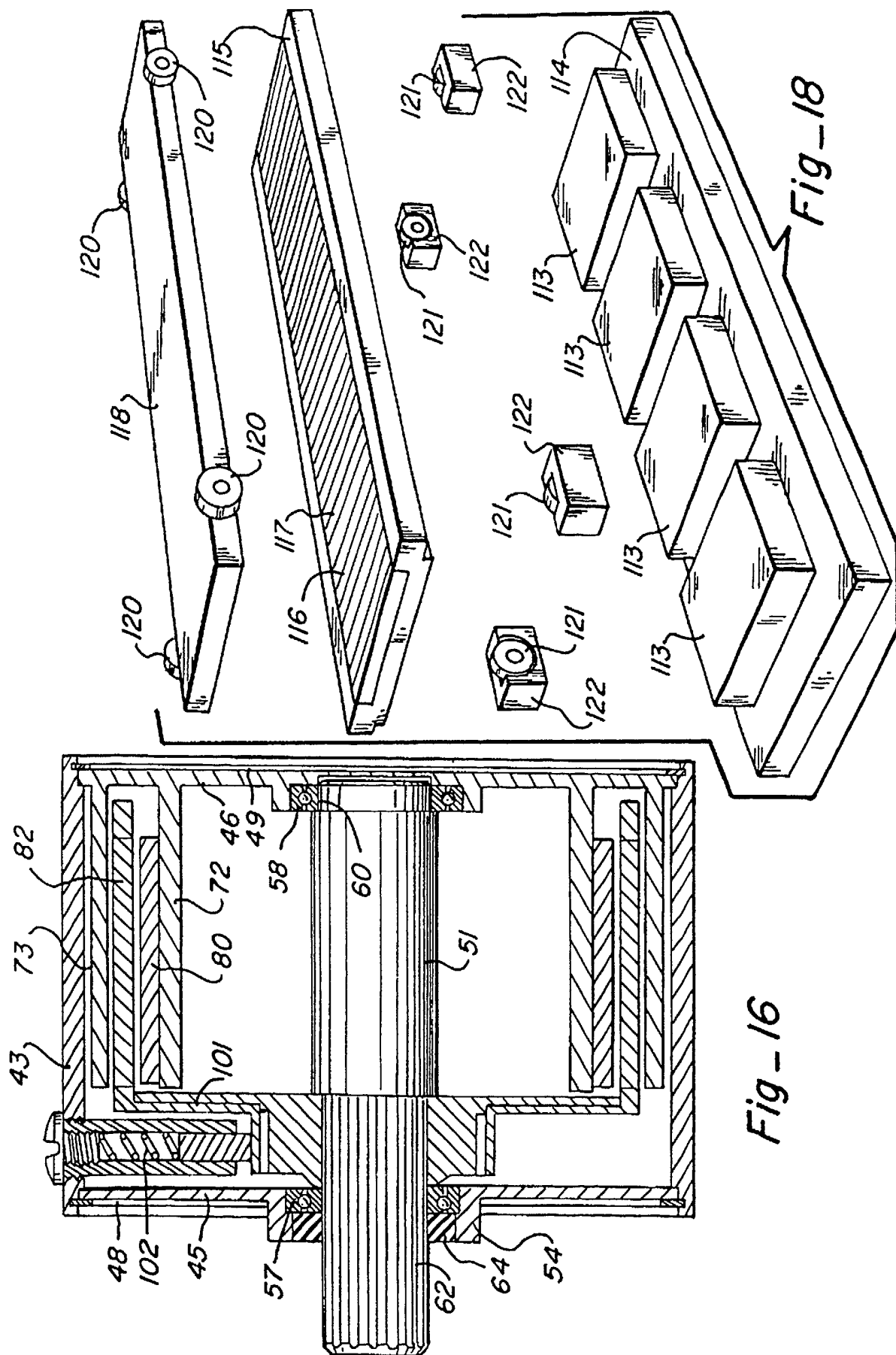


Fig_20



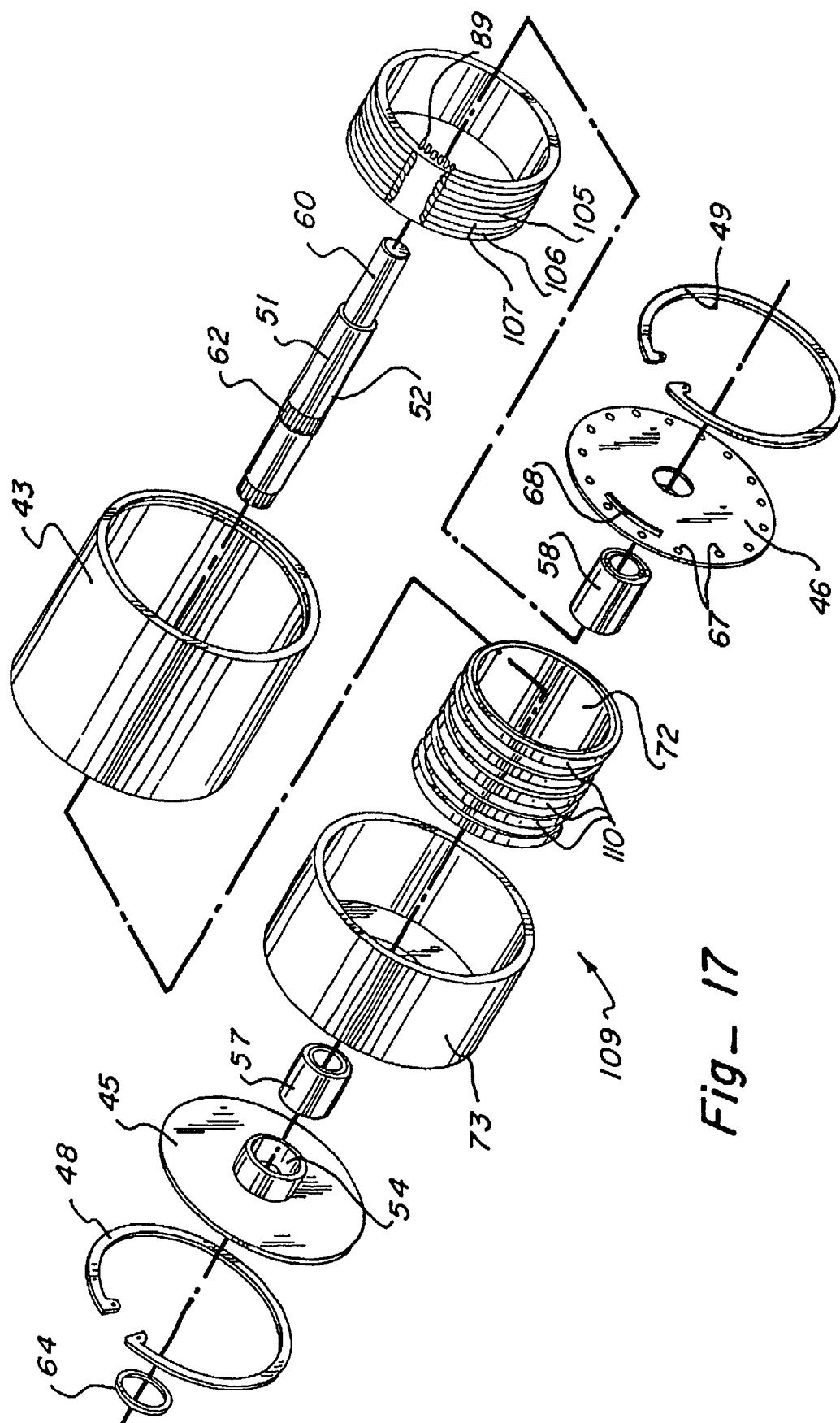


Fig. 17