



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **325511**

(13) **B1**

NORGE

(51) Int Cl.

H02K 55/04 (2006.01)

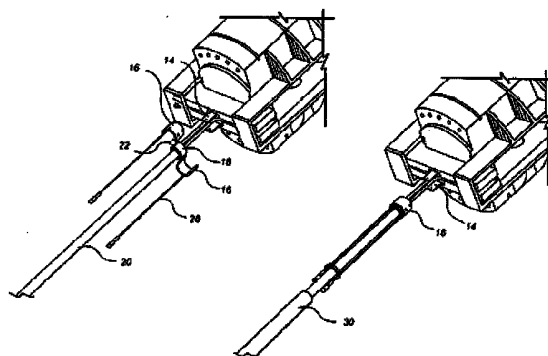
H01F 6/06 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20022307	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2002.05.14	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	2002.05.14	(30)	Prioritet	2001.05.15, US, 855034
(41)	Alm.tilgj	2002.11.18			
(45)	Meddelt	2008.05.26			
(73)	Innehaver	General Electric Co, 1 River Road, NY12345 SCHENECTADY, US			
(72)	Oppfinner	James Pellegrino Alexander, 12 Northwest Pass, Ballston Lake, NY 12019, US			
		Evangelos Trifon Laskaris, 15 Crimson Oak Court, Schenectady, NY 12309, US			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 7085 Majorstua, 0306 OSLO			

(54)	Benevnelse	Strømledninger for høytemperaturrotor med supraledelementer
(56)	Anførte publikasjoner	D1 JP 7335422, D2 JP 7297455
(57)	Sammendrag	

Rotorfeltviklinger viklet av supraledende ledning og beregnet for høye temperaturer (HTS-viklinger) har sine resistive strømledninger (26) lagt inn i vakuum nær rotorens sentrale lengdeakse og er kjølt ned ved varmeledning til en returstrømvei (20) ved at ledningene er festet til en gjennomføring (18) for en røranordning gjennom keramiske isolatorer (22). Lengde, tverrsnitt og elektrisk motstand av ledningene (26) blir optimalisert for å redusere varmeledningen og den varme som avgis ved at ledningene har ohmsk motstand, til den nedkjølte gass som brukes som kjølemedium. Varmeutvidelse eller -sammentrekning av ledningene (26) kan ivaretas ved fleksible ledningsseksjoner ved ledningenes (26) varme og kalde ende.



Oppfinnelsens bakgrunn

Denne oppfinnelse gjelder generelt synkronmaskiner med rotor og roterende drivaksel. Nærmere bestemt gjelder oppfinnelsen strømledninger for supralede-
5 feltviklinger og beregnet for høye temperaturer, i en slik maskins rotor.

Elektriske synkronmaskiner har feltspoleviklinger og omfatter foruten generatorer og motorer med roterende aksel også lineære motorer. Rotasjonsmaskiner har generelt en stator og en rotor som er elektromagnetisk koplet til hverandre. Rotoren har en to- eller flerpolet hoveddel eller rotorkjerne, en rotoraksel og viklinger rundt de
10 enkelte poler på denne. Rotorkjernen er gjerne av eller kan omfatte et fast magnetisk materiale med stor magnetisk permeabilitet, for eksempel jern.

Konvensjonell isolert koppertråd har oftest vært brukt i rotorviklingene, med sin dessverre ikke ubetydelige elektriske motstand, og dette reduserer naturligvis synkronmaskinens virkningsgrad og kan gi en betydelig oppvarming av viklingene og
15 dermed av rotoren. I den senere tid har man for å unngå dette derfor tatt i bruk supraledeende (SC) viklinger som i praksis ikke har elektrisk motstand og derfor gir store fordeler.

Typiske SC-viklinger er gjerne laget av salformede spoler som vikles og monteres rundt sylindriske skall for å få støtte, og viklingene blir ofte ganske komplekse
20 og kjøles direkte ned av et nedkjølt fluid (kryogener). Også strømledningene kjøles ned samtidig via parallelle strømningsveier, og disse representerer en utfordring for styring og kontroll av gjennomstrømning og temperaturstabilitet i de kraftige akselerasjonsfeltene under rotorens rotasjon.

I følge oppfinnelsen, løses de overnevnte problemer ved en anordning angitt i
25 krav 1 og som har de karakteristiske trekk som angitt i den kjennetegnende del av kravet; en anordning angitt i krav 6 og som har de karakteristiske trekk som angitt i den kjennetegnende del av kravet; og et apparat angitt i krav 10 og som har de karakteristiske trekk som angitt i den kjennetegnende del av kravet.

Kort gjennomgåelse av oppfinnelsen

I et typisk eksempel for oppfinnelsen har man en strømledning til en supraledeende vikling beregnet for høye temperaturer (HTS). Ledningen omfatter det man kan kalle en varmestasjonsblokk som er festet til en rørgjennomføring for returløp, en keramisk isolator som er holdt på plass gjennom blokken og gjennomføringen, og
35 varmeoptimaliserte strømledninger som er koplet til blokken. Fortrinnsvis består blokken av to halvblokker som er dimensjonerte for å klemme gjennomføringen mellom seg, idet strømledningen egentlig kan være to strømledninger med varmeoptimalisering, en koplet til hver av disse halvblokker. Halvblokkene kan være festet til hverandre med elektrisk isolerte bolter. Isolatoren kan være utført av beryllium og safir eller et av disse materialer

og kan være metallbelagt på begge sider, innbefattet kantene. Strømledningene kan særlig ha tverrsnitt, lengde og elektrisk motstand egnet til å føre rotorstrømmen til eller fra maskinen med marginer for transienter og samtidig ved å redusere varmeoverføringen, som et resultat av oppvarming på grunn av ohmsk motstand og varmeoverføring ved varmeledning.

I et annet typisk eksempel av oppfinnelsen omfatter en strømledning for en HTS-rotorvikling slike varmestasjonsblokker som er elektrisk tilkoplbare en rotor tilhørende en elektrisk maskin. Disse blokker er elektrisk isolerte fra en returstrømrørordning og er samtidig varmemessig koplet til denne anordning via en keramisk isolator som er lagt inn mellom dem for å lede varme mellom blokkene og rørordningen.

I nok et eksempel for oppfinnelsen er det skaffet tilveie en elektrisk maskin som omfatter en stator, en rotor som er koplet til statoren for rotasjon i forhold til denne og om sin langsgående rotorakse, idet rotoren omfatter ledningsterminaler anordnet i nærheten av rotoraksen, en returstrømrørordning som fører et kjølemiddel for varmevekslingskjøling, og en supralevende rotorvikling for høye temperaturer og koplet til terminalene via resistive strømledninger, idet disse strømledninger er i samsvar med andre trekk ved oppfinnelsen. Ledningsseksjoner av skjermflettet kopper eller liknende er fortrinnsvis koplet mellom blokken og terminalene.

Kort gjennomgåelse av tegningene

Fig. 1 viser en sammenstillingsillustrasjon av strømledningen til en feltvikling av typen HTS, fig. 2 viser samme strømledning og et støtterør for en varmestolpe, fig. 3 viser strømledningen koplet til HTS-rotoren, fig. 4 viser de termisk optimaliserte strømledninger koplet med skjermledningsseksjoner av kopper for forbindelse med de keramiske vakuumgjennomføringer som brukes, fig. 5-8 viser hvordan det mekanisk er ordnet for HTS-rotorens strømledninger og oppfinnelsens rotor, og fig. 9 viser i større målestokk oppfinnelsens strømledning.

Detaljbeskrivelse av oppfinnelsen

Det vises til tegningene hvor strømledningene for en HTS-rotorvikling er vist. HTS-viklingen har det man kan kalle start- og avslutningsledninger (ikke vist), og disse er fortrinnsvis loddet til kopperterminaler 14 anordnet nær rotorens langsgående rotasjonsakse slik at de får beskjedne sentrifugalbelastninger. Et returløpsrør fører kryogenisk fluid fra et kjølerør i en HTS-viklingsvarmeveksler nær terminalene 14, til enden av rotorakselen (vist på fig. 8) hvor en fluidoverføringskopling formidler det kryogeniske fluid til en ekstern kilde for slikt fluid. Korte kopperledningsseksjoner 12 av skjerm- eller flettverkstypen forbinder viklingsterminalene 14 med det som her er kalt varmestasjonsblokker 16, likeledes av kopper. Fortrinnsvis er disse blokker dannet av to halvblokker som er dimensjonerte for å omslutte gjennomføringen 18 for returstrømrøret

20. Halvblokkene er boltet sammen med elektrisk isolerte bolter 24 slik det er vist på fig. 9 for å kunne oppta sentrifugalbelastninger.

Metallbelagte keramiske isolatorer 22 er loddet på den ene side av blokkene 16 og på den andre side til gjennomføringen 18 slik at strømledningene blir avkjølt ved varmeavledning for å lede bort varme fra rotorens returstrømvei. Blokkene 16 er elektrisk isolerte fra røret 20 ved hjelp av disse isolatorer 22, men vil avvise varme effektivt ved den lave temperaturforskjell siden disse isolatorer 22 er utformet for stor varmeledning ved kryogeniske temperaturer. Isolatorene 22 er typisk lagret av tynne plater av beryllium (beryllium oksid) eller sapphire og kan være metallbelagte på begge sider, unntatt kantene, for å gi tilstrekkelig elektrisk isolasjon til HTS-viklingen. Typiske isolatortykkelser kan variere fra 1 til 3,2 mm. Tykkere isolatorer gir bedre isolasjon eller spenningsfasthet for HTS-viklingen, men på bekostning av reduksjon av varmestasjonens kjølekapasitet.

Termisk optimaliserte strømledninger 26 er loddet til den ene ende av blokkene 16 og til den andre ende til ledningsseksjoner 28 av kopperflettverk og som forbinder de keramiske vakuumgjennomføringer (vakuumtette keramiske isolerte kopperterminaler). Strømledningene 26 er optimaliserte for å kunne føre den maksimale elektriske strøm for den minste varmebelastning til varmestasjonen. Tverrsnitt, lengde og elektrisk motstand av disse varmeoptimaliserte seksjoner 28 av ledningene 26 er dimensjonert for å kunne føre rotorstrømmen med god margin for transienter og for reduksjon av varmeoverføringen til den kalde ende som et resultat av ohmsk motstandsoppvarming og varmeledning. De termiske optimaliserte seksjoner av ledningene er holdt på plass av et tynnvegget fiberglassrør 30 som en varmestolpe og som er festet til en rotorboring i den ene ende og bærer varmestasjonsblokkene 16 og returrørgjennomføringen 18 i motsatt ende.

Med konstruksjonen av oppfinnelsens strømledninger for en HTS-rotor vil varmestasjonsblokkene for strømledningene kunne koples elektrisk til eller i en rotor i en elektrisk maskin og vil kunne være elektrisk isolerte fra et returstrømrør samtidig med at de er varmemessig koplet til dette rør via en innskutt keramisk isolator. Denne isolator gir god termisk ledningsevne mellom blokkene og returstrømrøret. De termisk optimaliserte strømledninger vil kunne oppta transienter, men samtidig redusere varmoverføringen.

Selv om oppfinnelsen er beskrevet i forbindelse med det som for tiden anses å være den mest praktiske og foretrukne utførelse er det klart at den ikke er begrenset til akkurat det som er beskrevet og vist på tegningene, men tvert imot vil kunne dekke alle utførelser hvor viklingene har langsgående sidedeler nær plane flater.

P a t e n t k r a v

5 1. Strømledning for en supraledeende rotorvikling for høye temperaturer (HTS) og omfattende:

 en varmestasjonsblokk (16) som er festet til en gjennomføring (18) for et returstrømrør,

 en keramisk isolator (22) som kan festes mellom blokken og gjennomføringen,

10 og

 termisk optimaliserte strømledninger (26) som er koplet til blokken, **karakterisert ved** at blokken (16) omfatter to halvblokker som er dimensjonerte for å klemme gjennomføringen (18) mellom seg, og at ledningen selv er oppdelt i to termisk optimaliserte strømledninger (26), hver koplet med sin respektive halvblokk.

15 2. Ledning for en HTS-rotorvikling og ifølge krav 1, **karakterisert ved** at halvblokken er festet til hverandre ved hjelp av elektrisk isolerte bolter (24).

 3. Ledning for en HTS-rotorvikling og ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den keramiske isolator (22) er av et av materialene beryllium eller sapphire.

 4. Ledning for en HTS-rotorvikling og ifølge krav 3, **karakterisert ved** at
20 isolatoren (22) er metallbelagt på begge sider unntatt på kantene.

 5. Ledning for en HTS-rotorvikling og ifølge krav 1, **karakterisert ved** at de termisk optimaliserte strømledninger (26) er konfigurerte med tverrsnitt, lengde og elektrisk motstand for å kunne føre rotorstrøm med en margin for transienter, samtidig med reduksjon av varmeoverføring som føle av ohmsk motstandsoppvarming og termisk
25 varmeledning.

 6. Strømledning for en supraledeende rotorvikling for høye temperaturer, der varmestasjonsblokker (16) som elektrisk kan tilkoples den supraledeende rotorvikling og som er elektrisk isolert fra en returstrømrør-anordning (20) samtidig som de er termisk koplet til denne anordning via en keramisk isolator (22) som er innskutt for å gi
30 varmeledning mellom blokkene og anordningen,

karakterisert ved at blokkene (16) omfatter to halvblokker som er dimensjonerte for å klemme gjennomføringen (18) mellom seg, og at termisk optimaliserte strømledninger (26) koplet til varmestasjonsblokkene (16).

 7. Ledning ifølge krav 6, **karakterisert ved** at strømledningene (26) er
35 konfigurert med tverrsnitt, lengde og elektrisk motstand for å kunne føre rotorstrøm med en margin for transienter samtidig med reduksjon av varmeoverføringen som et resultat av ohmsk motstandsoppvarming og overføring av varme ved ledning.

 8. Ledning ifølge krav 6, **karakterisert ved** at isolatoren (22) er av beryllium eller safir.

9. Ledning ifølge krav 8, **karakterisert ved** at isolatoren er metallbelagt på begge sider unntatt på kantene.

10. Elektrisk maskin som omfatter:

en stator,

5 en rotor som er koplet til statoren for rotasjon i forhold til denne og om sin langsgående rotorakse, idet rotoren omfatter ledningsterminaler anordnet i nærheten av rotoraksen,

en returstrømrørordning som fører et kjølemiddel for varmevekslingskjøling, og

10 en supraledende rotorvikling for høye temperaturer og koplet til terminalene via resistive strømledninger, idet ledningene omfatter:

en varmestasjonsblokk (16) som kan festes til en gjennomføring (18) for returstrømrørordningen,

en keramisk isolator (22) som kan festes mellom blokken og gjennomføringen,

15 og

termisk optimaliserte strømledninger (26), **karakterisert ved** at blokken (16) omfatter to halvblokker som er dimensjonerte for å klemme gjennomføringen (18) mellom seg, og at ledningen selv er oppdelt i to termisk optimaliserte strømledninger (26), hver koplet med sin respektive halvblokk.

20 11. Maskin ifølge krav 10, **karakterisert ved** ledningsseksjoner (12) koplet mellom blokken og rotorledningsterminalene.

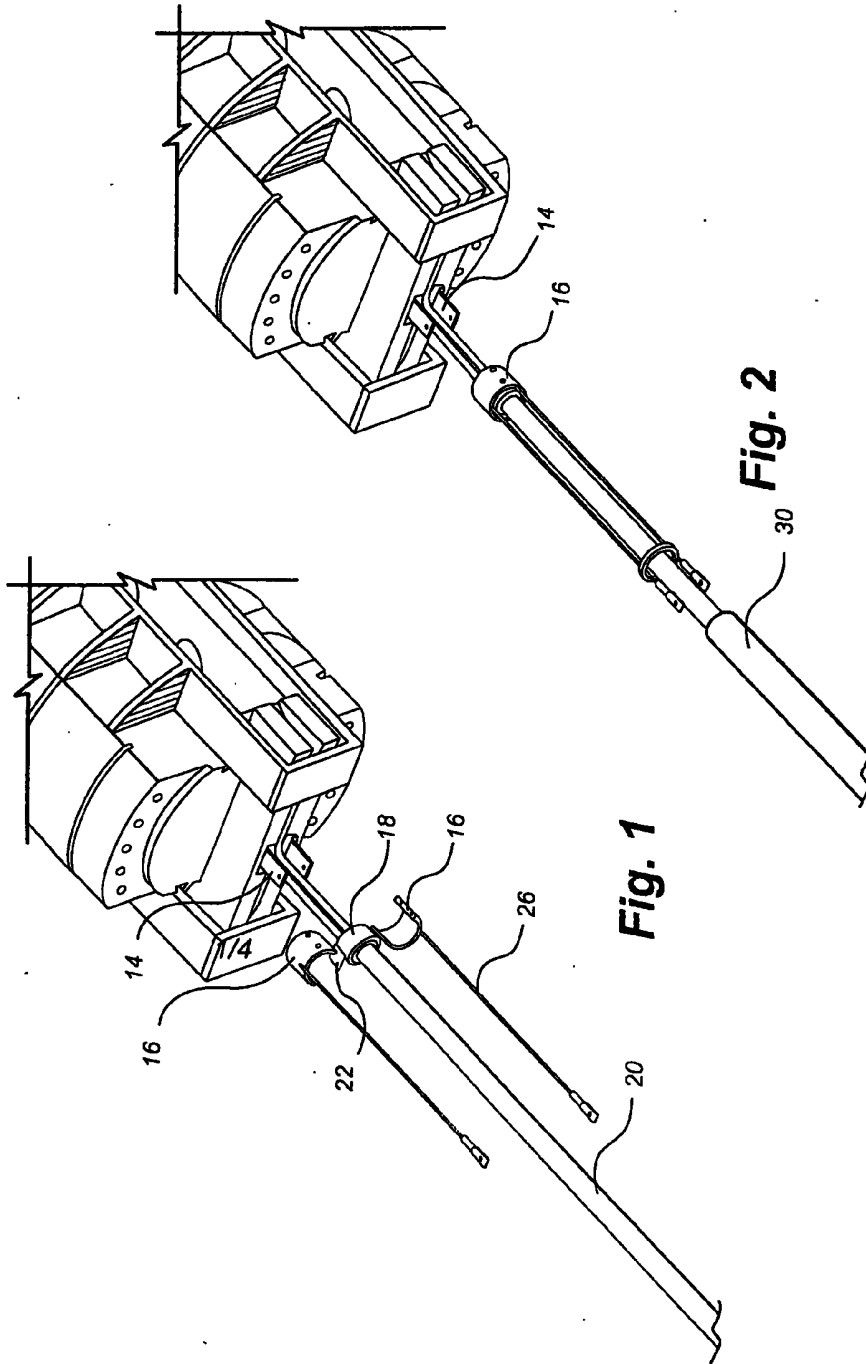
12. Maskin ifølge krav 11, **karakterisert ved** at ledningsseksjonene (12) omfatter et kopperflettverk.

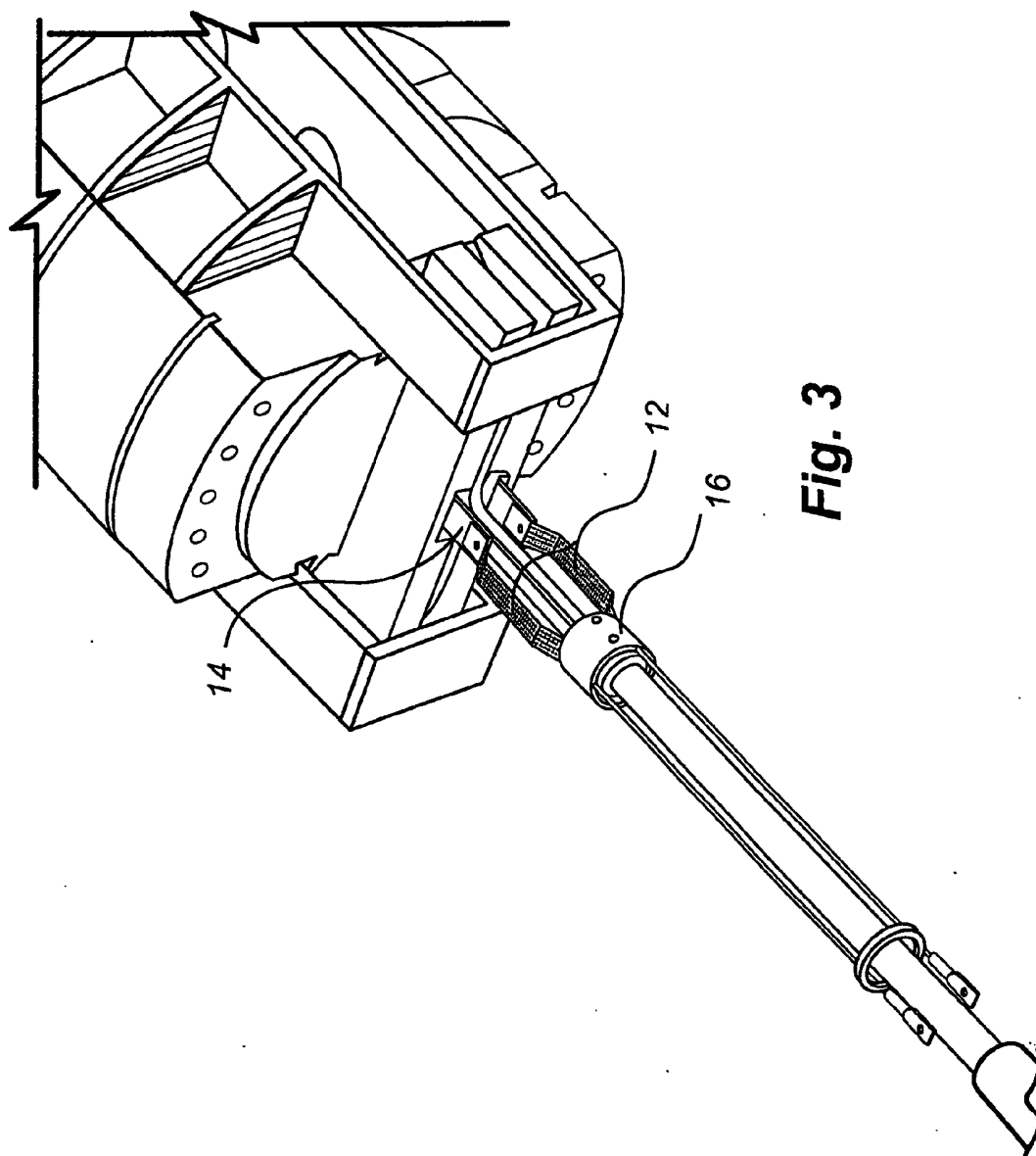
25 13. Maskin ifølge krav 10, **karakterisert ved** at halvblokken er festet til hverandre ved hjelp av elektrisk isolerte bolter (24).

14. Maskin ifølge krav 10, **karakterisert ved** at den keramiske isolator (22) er av et av materialene beryllium eller safir.

15. Maskin ifølge krav 14, **karakterisert ved** at isolatoren (22) er metallbelagt på begge sider unntatt på kantene.

30 16. Maskin ifølge krav 10, **karakterisert ved** at de termisk optimaliserte strømledninger (26) er konfigurerte med tverrsnitt, lengde og elektrisk motstand for å kunne føre rotorstrøm med en margin for transienter, samtidig med reduksjon av varmeoverføring som følge av ohmsk motstandsoppvarming og termisk varmeledning.





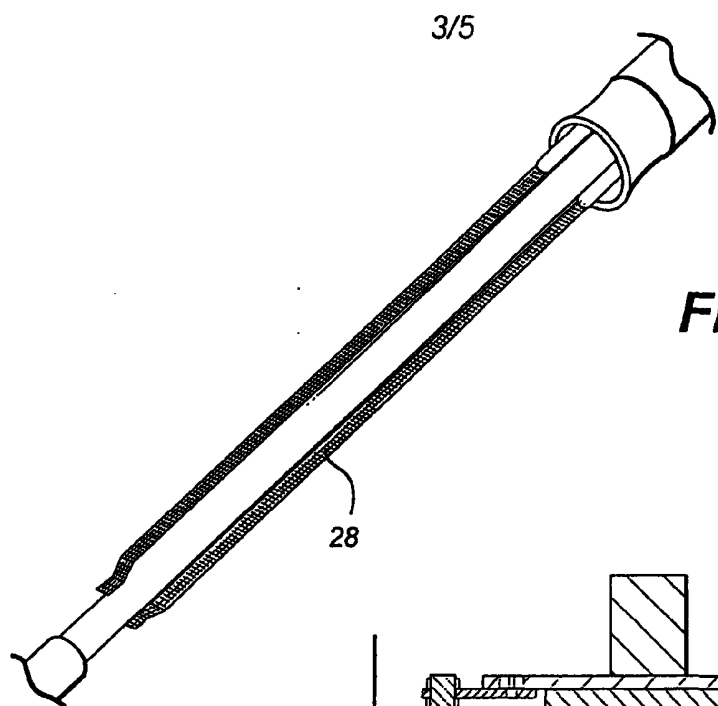


Fig. 4

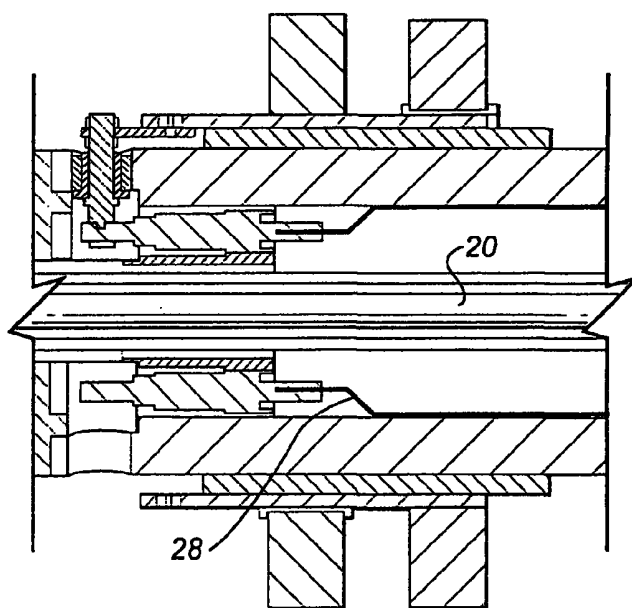


Fig. 5

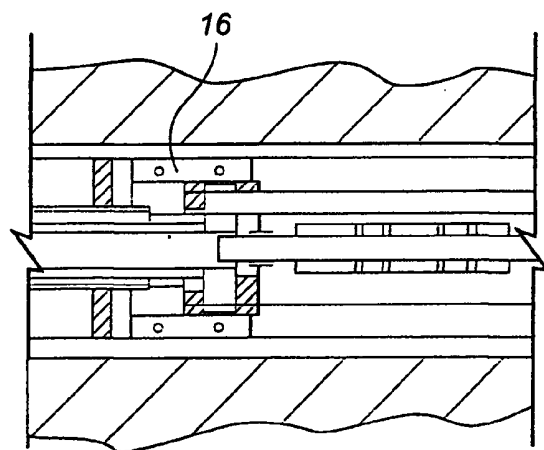


Fig. 6

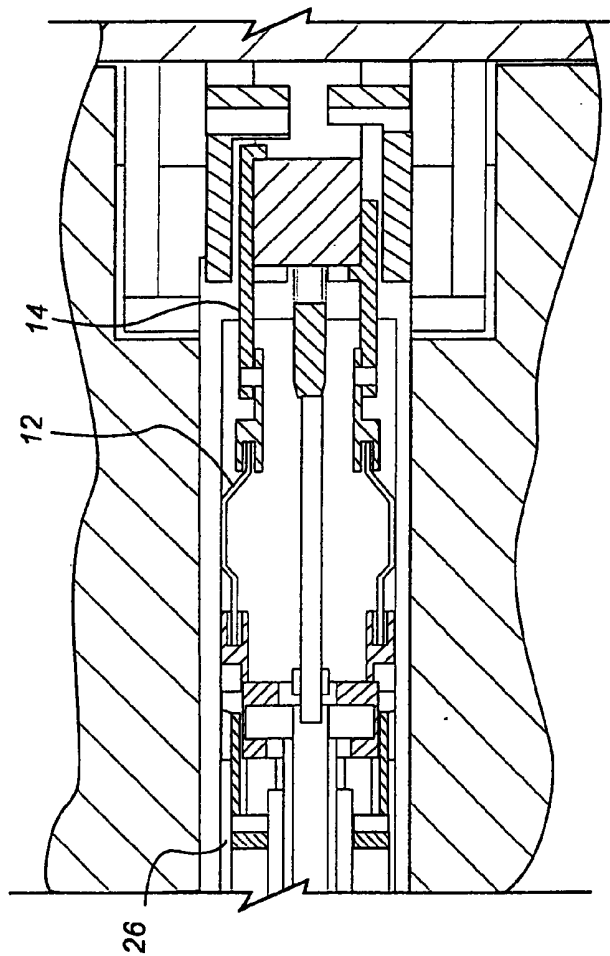


Fig. 7

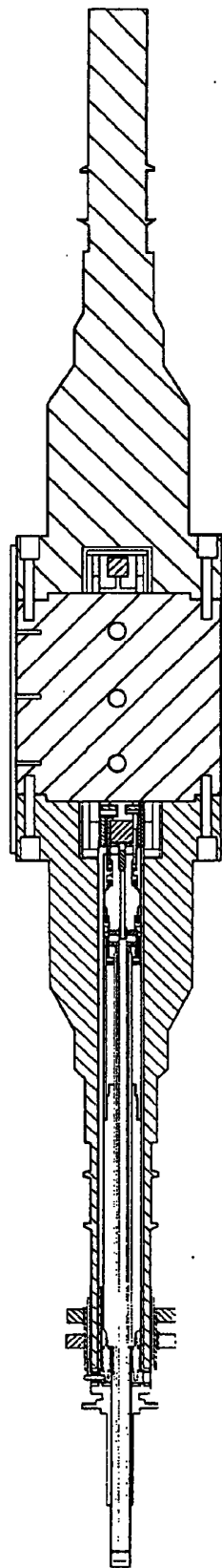
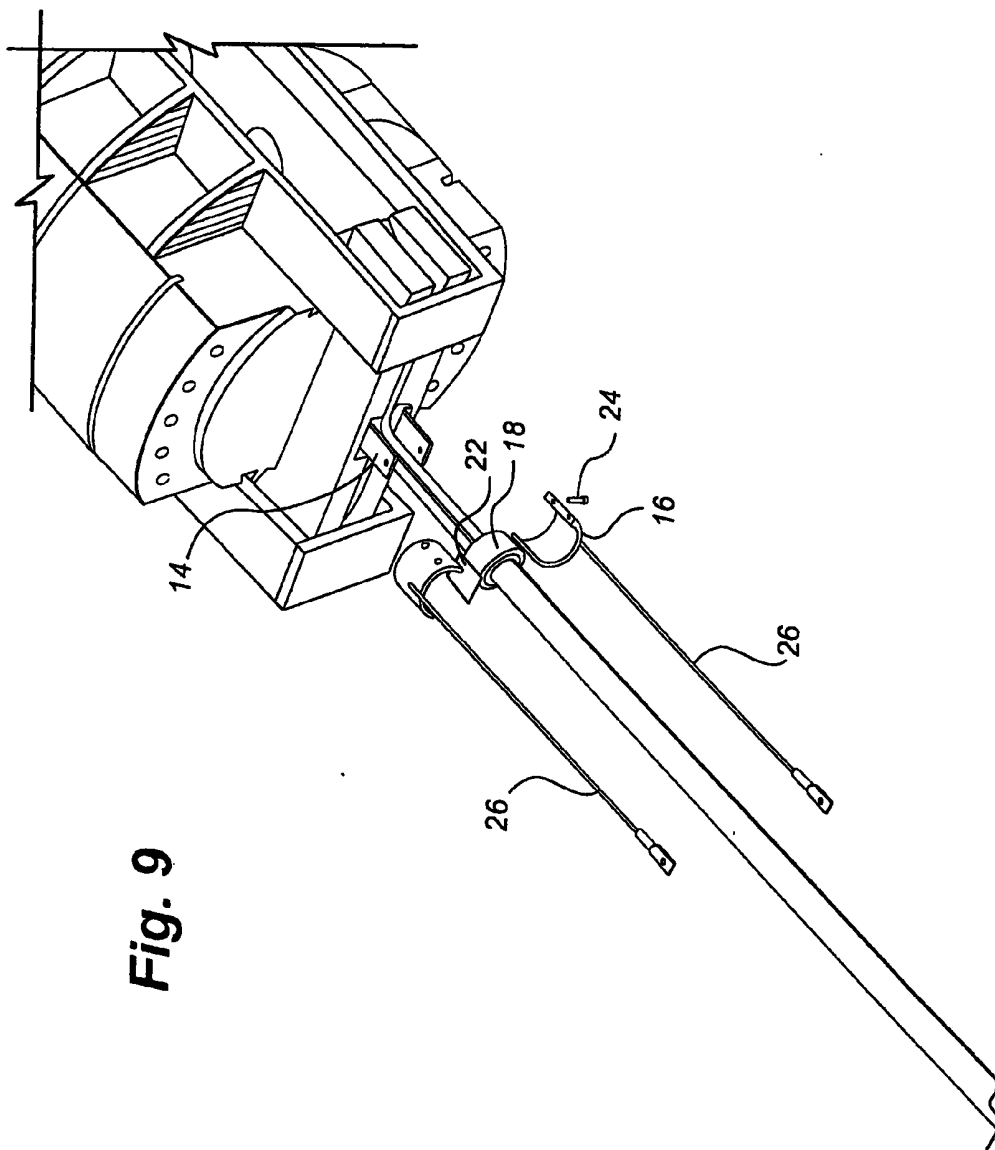


Fig. 8

**Fig. 9**