



(12) PATENT

(19) NO

(11) 340036

(13) B1

NORGE

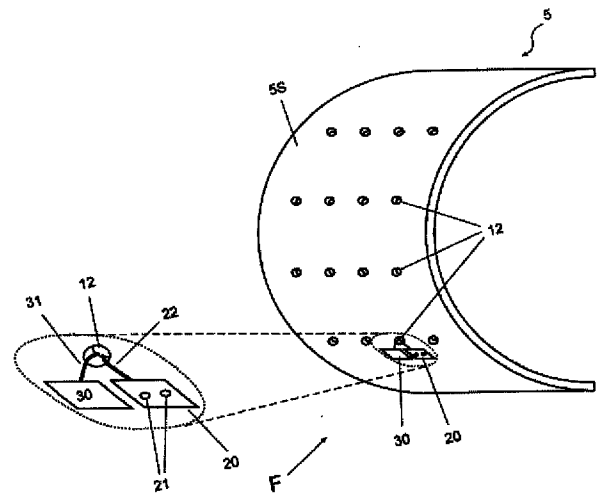
(51) Int Cl.  
*B64D 15/20 (2006.01)*  
*G08B 19/02 (2006.01)*

### Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20085377	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2007.05.29 PCT/IB2007/001397
(22)	Inng.dag	2008.12.23	(85)	Videreføringsdag	2008.12.23
(24)	Løpedag	2007.05.29	(30)	Prioritet	2006.05.31, IT, TO06A000400
(41)	Alm.tilgj	2009.03.02			
(45)	Meddelt	2017.03.06			
(73)	Innehaver	SISVEL SpA Società Italiana per lo Sviluppo dell' Elettronica, Via Sestriere 100, IT-10060 NONE (TO), Italia			
(72)	Oppfinner	Lorenzo Battisti, Via 3 Novembre No.63, IT-38100 TRENTO, Italia			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	<b>Fremgangsmåte og system for påvisning av risiko for ising på aerodynamiske overflater</b>
(56)	Anførte publikasjoner	EP 0657349 A1 WO 2005020175 A1
(57)	Sammendrag	

Det er beskrevet en fremgangsmåte og system for påvisning av risiko for ising på aerodynamiske overflater som omgis av en fluidstrømning (F), særlig på fluidmaskiners lastbærende overflater, av en type som omfatter en temperaturføler (20). Systemet er kjennetegnet ved at temperaturføleren (20) er lokalisert nær den aerodynamiske overflate (5S) som skal overvåkes for påvisning av temperaturen på overflaten (5S) og at systemet omfatter en regnføler (30) plassert nær overflaten (5S) for påvisning av nærvær av vann på denne overflate (5S). Systemet kan således påvise risikoen for ising på aerodynamiske overflater på en meget effektiv, enkel og billig måte.



Foreliggende oppfinnelse gjelder en fremgangsmåte ved påvisning og signalering av risiko for ising på aerodynamiske overflater, særlig på fluidmaskiners lastbærende overflater, f.eks. rotorblader på vindenergiomdannende systemer (WECS – Wind Energy Converting Systems).

Oppfinnelsen anvendes hovedsakelig på WECS-området hvor ingen løsning enda er funnet på problemet med å forutsi opptreden av betingelser som fører til ising på en vindturbinblader. Denne forutsigelse brukes for to hovedformål, dvs. for å påvise isingsbetingelser og stanse vindturbinen, eller for å aktivere og deaktivere et antiisings- og avisingsssystem installert på turbinen.

På luftfartøyområdet er det blitt funnet en løsning for påvisning av isingsbetingelser ved å brukere følere av typen *Rosemount*. En sådan føler er en liten metallsylinder som utsettes for de faktiske atmosfæriske forhold og som blir dekket med is når isingsbetingelser eksisterer, for således å endre dens vibrasjonsfrekvens og signalere at ising opptrer. Denne føler installeres direkte på vingen og treffes av fluidstrømningen rettet mot den, slik at den gir en nøyaktig angivelse av de faktiske isingsforhold på den overvåkede overflate.

Når den samme føler brukes på en vindturbinblader forårsaker det problemer med betraktelig rotorubalanse som skyldes selve følerens masse. Når den er installert på faststående overflater av WECS'en, f.eks. på en vindturbin maskinhus gir den upålitelige indikasjoner om den faktiske ising som skjer på rotorbladene på grunn av forskjellen som eksisterer mellom den relative hastighet av strømmingen som omgir (eller stryker over) de forskjellige seksjoner av bladet og vindens absolutte hastighet som påvises på et faststående sted. I praksis kan føleren installert på maskinhuset angi ingen ising, mens alvorlig ising opptrer på bladet. Når isføleren begynner å sende isingssignaler kan rotor allerede være i kraftige isingstilstander. Bemerkningene ovenfor med hensyn til en føler av *Rosemount*-type gjelder også generelt en hvilken som helst kjent føler som er i stand til å måle ising direkte på faste overflater av en WECS.

Kjente systemer tar i bruk en strategi for å påvise nærværet eller risikoen for ising, som er basert på påvisning av maskinparametre og atmosfæriske forhold. De kan f.eks. måle enten tårnvibrasjoner og omgivelsestemperatur eller effektavgivelsen og omgivelsestemperaturen, slik som i US-patentdokument nr. 2005/276 696 og US 6 890 152. Sådanne strategiers logikk er å utlede opptreden av isingsfenomenet ved å påvise en anomal oppførsel ved vindturbinen, slik som for mye vibrasjon eller et fall i effektavgivelsen samtidig som omgivelsesparametre verifiseres, f.eks. ved å kontrollere at omgivelsestemperaturen er under 0°C.

De ovenfor nevnte kjente systemer har en hovedulempe bestående i at de er upålitelige med hensyn til effektivt å forutsi og påvise nærværet av is så snart isingsfenomenet opptrer. Når ising påvises kan faktisk fenomenet allerede være så langt fremskredet at det fordrer at vindturbinen stanses i den hensikt å hindre den fra å bli skadet, eller det kan oppstå sådanne forhold når det bare er en liten risiko for ising, mens systemet signalerer at ising er i ferd med å opptre. Når f.eks. turbulente hendelser eller kraftige vindendringer (som er typisk i fjellområder) forårsaker anomale vibrasjonsfenomener og en temperatur under 0°C påvises, vil systemet stanse turbinen selv om ingen isingsbetingelse foreligger, siden driftsmiljøet ikke er tilstrekkelig fuktig.

I henhold til dokumentene US 5 005 015 og EP 1 466 827 er det også kjent følere for påvisning av nærvær av vann eller is, som anvendes direkte på aerodynamiske overflater, særlig motorblader. Disse systemer kan bare påvise nærværet eller tykkelsen av vann eller is som eventuelt finnes på overflatene, men de kan ikke forutsi fremtidig ising.

Dokumentet EP 0 893 605 gjelder en fremgangsmåte ved identifisering av forskjellige tilstander av vann på overflaten av en struktur, på hvilken et følerement fremstilt av et material som formidler akustisk oscillasjon, er blitt plassert. Den gjelder også et følerarrangement basert på et sådant følerement rettet mot avising eller påvisning av isdannelse på overflater.

Dokumentet WO 2005/020175 anskueliggjør en fremgangsmåte og et systemt for påvisning av betingelser for ising eller begynnende ising utenfor et kjøretøy. Særlig er det anordnet en temperaturføler og en vanninnholdsføler som påviser temperatur og vanninnhold i en luftstrøm og som er konfigurert for å sende respektive signaler til en behandlingsenhet som behandler sådanne data i den hensikt å frembringe en beskjed eller signaler om begynnende isingsbetingelser på kjøretøyet.

Dokumentet EP 0657349 viser et sensorarrangement for identifisering av vanns ulike tilstander på en konstruksjons overflate. Sensorarrangementet omfatter minst ett langsgående sensorelement fremstilt av et materiale som overfører akustisk oscillering og en sender-mottakerenhet koplet til endene av sensorelementet for overføring av akustisk oscillering.

Foreliggende oppfinnelse har som oppgave å løse de ovenfor nevnte ulemper ved tidligere kjent teknikk ved å fremskaffe en fremgangsmåte ved påvisning av risikoen for ising på aerodynamiske overflater, som virksomt og effektivt kan forutsi opptreden av vannisingsbetingelser på aerodynamiske overflater, særlig på en vindturbins blader. Oppfinnelsen omfatter også et system for implementering av nevnte fremgangsmåte.

Det er et formål for foreliggende oppfinnelse å fremskaffe et system som er enkelt, billig og absolutt effektivt uansett driftsbetingelsene for de aerodynamiske overflater som risikoen for ising skal påvises for.

I henhold til foreliggende oppfinnelse oppnås nevnte formål ved hjelp av en fremgangsmåte og et system for påvisning av risiko for ising på aerodynamiske overflater, som har de trekk som er angitt i de vedføyde patentkrav.

Systemet omfatter en temperaturløser og en løser for påvisning av nærvær av vann eller is, som installeres i umiddelbar nærhet av den aerodynamiske overflate på hvilken risikoen for ising skal påvises i den hensikt å påvise både temperaturen og nærværet av vann på denne overflate. Derfor er de avfølende partier av de respektive lølere installert på en slik måte at de faktiske betingelser for den overvåkede aerodynamiske overflate kan påvises.

Påvisningen av temperatur og av nærværet av vann oppnådd direkte på vedkommende overflate gjør det mulig å overvåke risikoen for ising på en effektiv måte. Når f.eks. nærværet av vandrdåper påvises sammen med en temperatur under en forhåndsinnstilt kritisk temperatur, dvs. en temperatur hvor risikoen for umiddelbart forestående ising skal signaleres (f.eks. 3°C), kan systemet i henhold til oppfinnelsen signalere en virkelig fare for ising.

Systemet i henhold til oppfinnelsen kan også i kombinasjon med den faktiske overflate-temperatur verifisere empirisk at vandrdåper virkelig er dannet på nevnte overflate, for således å bestemme om risikoen for ising er reell eller ikke. Dersom temperaturen f.eks. ligger på mellom -1° og 1°C og det ikke er noe vann på den overvåkede overflate, kan systemet i henhold til oppfinnelsen avstå fra å signalere risiko for ising, hvilket absolutt er tilfellet når luftfuktigheten er meget lav.

Fortrinnsvis anordnes lølerne på den aerodynamiske overflate som skal overvåkes i posisjoner tilsvarende eller omkring områder med størst trykk i fluidstrømningen, dvs. sådanne områder av den aerodynamiske overflate hvor risikoen for ising er høyest. En sådan posisjon kan f.eks. være den fremre kant av en vinges eller et rotorblads overflate.

Videre er lølerne anordnet nær hverandre på den aerodynamiske overflate slik at homologe betingelser for fluidstrømningen kan påvises på innbyrdes meget nære steder. Dette hindrer i stor grad feilpåvisninger av de faktiske forhold for fluidstrømningen som treffer et visst punkt på overflaten. Ut fra denne betraktning er den ideelle løsnings å bruke en løler som har funksjoner for påvisning av nærvær av vann eller is såvel som funksjoner for måling av temperatur på den samme, lille overflate.

Ytterligere formål, trekk og fordeler ved foreliggende oppfinnelse vil fremgå av den etterfølgende detaljerte beskrivelse av en utførelse av denne gitt som et ikke-begrensende eksempel med henvisning til vedlagte fig. 1 som er en perspektivskisse av systemet i henhold til oppfinnelsen anvendt på en seksjon eller "grunnvoll" (keystone) av et rotorblad.

Særlig er rotorbladseksjonen, som er vist og betegnet med henvisningstallet 5, av den type som er vist i dokumentet WO 2004/36038 i samme navn som søkeren i foreliggende patentsøknad. Nevnte blad 5 er derfor forsynt med hull 12 på sin ytre overflate 5S. Nær den fremre kant av bladprofilen og av hullet 12 og på den ytre overflate av bladet 5S er det en første værføler som i dette tilfelle er en temperaturføler 20, og en andre værføler som i dette tilfelle er en føler for påvisning av nærvær av vann eller is 30, og som heretter ganske enkelt betegnes en regnføler. Med henvisning til retningen for fluidstrømningen F som omgir bladet 5 er disse følere 20, 20 lokalisert oppstrøms for hullet 12, slik at de respektive avlesninger ikke påvirkes av fluidstrømningen som kommer ut av hullet.

Temperaturføleren 20, som f.eks. er et termoelement, er en liten, lett enhet av kjent type tilformet som en tynn plate og utført med et avfølende parti 21 som er installert på en slik måte at den avskjærer fluidstrømningen omkring den ytre overflate 5S. Føleren er lokalisert oppstrøms for hullet 12 og limt eller på annen måte festet til den ytre overflate 5S. På baksiden har den en elektrisk forbindelse 22 som løper langs den indre overflate av bladet 5 opp til et datafangssystem (DAS – Data Acquisition System) som ikke er vist av hensyn til enkelheten.

DAS'et er av kjent type og med fordel anordnet utenfor rotorbladet av treghetshensyn, f.eks. på WECS'ens maskinhus, idet systemet i henhold til foreliggende oppfinnelse omfatter kjent utstyr for overføring av signaler påvist av følerne til DAS'et.

Regnfølere 30 som er av samme type som dem installert på kjøretøyers frontrute, er også limt fast oppstrøms for hullet 20 og utformet med en respektiv elektrisk forbindelse 31 som løper langs sideveggene av hullet og den indre overflate av bladet 5 opp til DAS'et. Følerne 20, 30 som anvendes er kjent og så snart de er installert på den ytre overflate 5S påvirker deres fasong og dimensjon ikke strømningen F mot nevnte overflate.

DAS'et kan behandle informasjon om nærvær/fravær av vann som sendes av regnføleren 30 og overflatetemperaturverdien påvist av temperaturføleren 20, slik at når dråper av vann ikke påvises på overflaten vil det ikke signalere risiko for ising. Når nærvær av vann påvises sammen med en temperatur under en forutbestemt kritisk verdi, f.eks. 3°C, vil derimot DAS'et signalere risiko for ising eller umiddelbart forestående ising til en sentral styringsenhet.

På fordelaktig måte gjør den lave vekt, enkelheten og påliteligheten ved kjente regnfølere og temperaturfølere dem i stand til lett å bli anvendt også på vindturbiners rotasjonsblader for derved å gi et system for påvisning av risiko for ising på aerodynamiske overflater, som er enkelt, pålitelig og billig.

Til forskjell fra tidligere kjent teknikk utfører systemet i henhold til foreliggende oppfinnelse påvisning av et par fysiske parametre, særlig temperatur og nærvær av vann, direkte på vedkommende overflater utsatt for risiko for ising, for derved å gi en nøyaktig måling i tide. Etter å ha blitt behandlet av DAS'et muliggjør nevnte parametre forutsigelse av den faktiske risikoen for ising på en effektiv måte. I motsetning til dette blir i henhold til tidligere kjent teknikk risikoen for ising i hovedsak forutsagt på grunnlag av parametre som ikke måles på den overflate som skal overvåkes, ved at de utledes og behandles av følere som ofte er plassert langt fra de involverte overflater. Derfor blir sådanne målinger i mange tilfeller gale og de representerer ikke de faktiske overflatebetingelser.

Kort sagt gjør systemet for påvisning av ising på aerodynamiske overflater i henhold til oppfinnelsen det mulig å signalere risikoen for ising og eventuelt aktivere et antiisingsystem, meget nøyaktig og effektivt uten å risikere at ising allerede har skjedd på de angjeldende aerodynamiske overflater, for derved alltid å holde den overvåkede maskin ved de beste driftsbetingelser.

Det er klart at mange endringer kan gjøres for fagfolk på området med hensyn til systemet for påvisning av risiko for ising på aerodynamiske overflater, særlig på fluidmaskiners lastbærende overflater, i henhold til foreliggende oppfinnelse og likeledes er det også klart at den praktiske implementering av oppfinnelsen og de detaljer som her er illustrert kan variere med hensyn til fasong eller bli erstattet med ekvivalente tekniske elementer.

Dersom systemet f.eks. anvendes på rotorblader uten hull kan egnede hull frembringes for å rute de elektriske forbindelser til følerne eller romme selve følerne, som isåfall er konfigurert og installert slik at deres avfølende parti ligger på den overflate som skal overvåkes.

Når det benyttes forholdsvis tykke følere kan også passende åpninger oppnås i bladet for å romme slike følere uten å påvirke fluidstrømningen (som stryker) omkring bladet.

## PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for påvisning av risiko for ising på aerodynamiske overflater (5S) omgitt av en fluidstrømning (F), slik som fluidmaskiners (5) lastbærende overflater, idet fremgangsmåten omfatter trinn hvor:
  - føle temperaturen på den aerodynamiske overflate (5S),
  - føle nærvær av vann på overflaten;
  - prosessere data som gjelder temperatur og nærvær av vann;
  - når det foreligger vann på overflaten og temperaturen er under en forhåndssatt kritisk verdi, generere et signal relatert til risiko for ising.
2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, hvori de aerodynamiske overflater (5S) er dem på en vindturbinrotor.
3. System for implementering av fremgangsmåten i henhold til de foregående krav .omfattende en aerodynamisk overflate (5S) som skal overvåkes, en temperaturføler (20) lokalisert på den aerodynamiske overflate (5S) for å påvise temperaturen på den aerodynamiske overflate (5S), og en regnføler (30) lokalisert på den aerodynamiske overflate (5S) for påvisning av nærvær av vann på den aerodynamiske overflate (5S), et datafangstsystem forbundet med nevnte følere (20, 30), som prosesserer informasjonen om nærvær/fravær av vann sendt av regnføleren (30) og overflatetemperaturverdien påvist av temperaturføleren (20), hvori når følerne (20, 30) føler nærværet av vann og en temperatur under en forhåndssatt kritisk verdi, signaliserer datafangstsystemet risiko for ising eller trussel om ising til en sentral styringsenhet.
4. System som angitt i krav 3, hvori datafangstsystemet ikke vil signalere risiko for ising når regnføleren (30) ikke påviser vanndråper på den aerodynamiske overflate (5S).
5. System som angitt i et av kravene 3 - 4, hvori følerene (20, 30) er anordnet i posisjoner tilsvarende eller omgivende områder med høyest trykk på den aerodynamiske overflate (5S) som skal overvåkes.
6. System som angitt i et av kravene 3 - 54, hvori temperaturføleren (20) har et avfølende parti (21) lokalisert der fluidstrømningen (F) omgir eller stryker over den aerodynamiske overflate (5S).
7. System som angitt i et av kravene 3 - 6, hvori følerene (20, 30) er anordnet nær hverandre på den aerodynamiske overflate (5S).

8. System som angitt i krav 7, hvori følerne (20, 30) er av en type bygget opp av små plater og er festet til den aerodynamiske overflate (5S).
9. System som angitt i et av kravene 3 - 8, hvori temperatur- og regnfølerne (20, 30) er bygget inn i en enkelt føler.
10. System som angitt i et av kravene 3 - 9, hvori nevnte aerodynamiske overflate er den ytre overflate (5S) av et rotorblad (5), og fluidmaskinen er en vindturbin.
11. System som angitt i krav 10, hvori bladet er av en hullet type og følerne (20, 30) er lokalisert oppstrøms for et enkelt hull (12) i forhold til fluidstrømningen (F) som omgir den ytre overflate (5S) av bladet (5).
12. System som angitt i krav 10 eller 11, hvori datafangstsystemet er anordnet på vindturbinens maskinhus, idet systemet omfatter utstyr for å overføre signalene påvist av følerne (20, 30) til den sentrale styringsenhet.

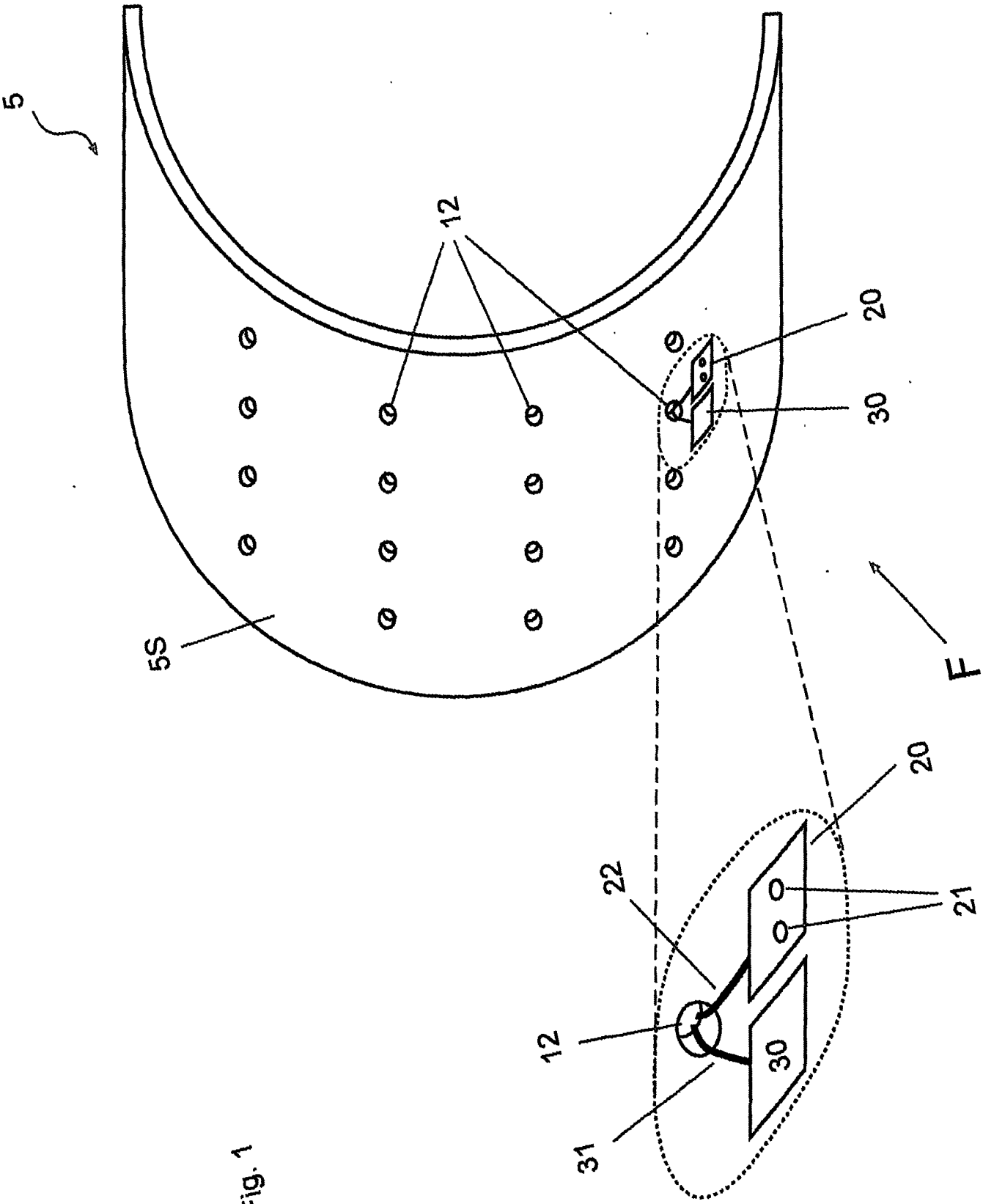


Fig. 1