(12) **PATENT**

(19) NO (11) **332790** (13) **B1**

NORGE (51) Int Cl.
G01M 3/40 (2006.01)
G01N 27/26 (2006.01)
C23F 13/02 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20040617	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2003.10.10 PCT/FR2003/03007
(22)	Inng.dag	2004.02.11	(85)	Videreføringsdag	2004.02.11
(24)	Løpedag	2003.10.10	(30)	Prioritet	2003.02.14, FR, 0301813
(41)	Alm.tilgj	2004.02.11			
(45)	Meddelt	2013.01.14			

(73) Innehaver Saipem SA, 1/7, avenue San Fernando, FR-78180 MONTIGNY LE BRETONNEUX, Frankrike
(72) Oppfinner Alphonse Boreave, 9, rue de la Remise du Bateaux, FR-28130 HANCHED, Frankrike
(74) Fullmektig Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO, Norge

(54) Benevnelse **Metode for å teste en kryogen tank med katodisk beskyttelse**

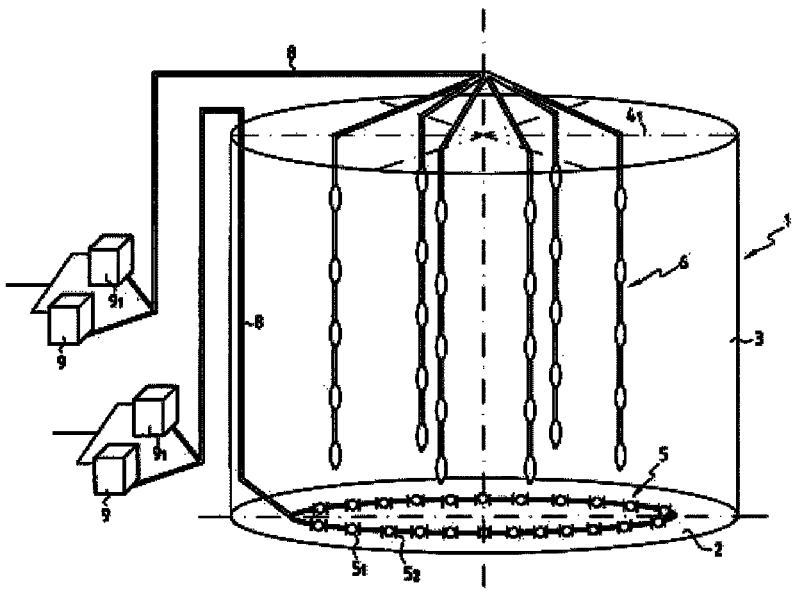
(56) Anførte publikasjoner
US 2941935 A
US 3855102 A
US 4936969 A
US 6511586 B1

(57) Sammendrag

Den foreliggende oppfinnelsen frembringer en fremgangsmåte for testing av en kryogen metalltank før den settes i drift, i denne fremgangsmåten fylles tanken (1) med vann og egnede målinger utføres der det er nødvendig, fremgangsmåten er kjennetegnet ved at følgende trinn utføres:

- fylle den kryogene tanken med sjøvann; og
- frembringe bunnen og sidemetallveggene (2, 3) i nevnte tank (1), som utgjøres hovedsakelig av bart stål, med midlertidig katodebeskyttelse ved å påtrykke en elektrisk strøm på anoder anbragt inne i tanken (1) straks anodene har blitt neddykket.

Fordelaktig plasseres en første anodearray (51) i umiddelbar nærhet av bunnen av tanken ved anvendelse av støtteinnretning (52), støtteinnrettningen (52) og nevnte første anode/ anoder (51) er fortrinnsvis fjernbare. De første anodene (51) er fortrinnsvis anbragt rundt en sirkel (Q) som er konsentrisk rundt senteret av overflaten av bunnen av tanken, og fortrinnsvis er diameteren til sirkelen (Q) 40 % til 75 % av diameteren til bunnoverflaten (2) av tanken.



Den foreliggende oppfinnelsen vedrører kryogene lagringstanker for flytende gasser.

Nærmere bestemt vedrører den foreliggende oppfinnelsen en fremgangsmåte for å teste en kryogen tank for lekkasjer og mekanisk styrke før den settes i drift. Enda mer bestemt vedrører den foreliggende oppfinnelsen en fremgangsmåte for å frembringe en kryogen metalltank med katodisk beskyttelse.

Kryogene tanker for flytende gasser testes generelt for styrke og lekkasje før de settes i drift ved å bli fylt med ferskvann. Tanken fylles fortrinnsvis slik at trykket inne i tanken er større enn det normale trykket for å fremvise enda klarere eventuelle lekkasjer som kan være til stede.

Samtidig tjener oppfylling med vann på denne måten til å teste den mekaniske styrken til den delen av tanken som utsettes for de høyeste nivåene av spenning, det vil si bunndelen av tanken, siden den store tettheten til vann sammenlignet med flytende gass (d = 0,48 for flytende metan ved -170 °C), gjør det mulig å påføre krefter som er dobbelt så store som maksimalkreftene i tanken i drift når den er fylt med flytende gass. Videre, for tanker på land, tjener denne testen samtidig til å teste den mekaniske styrken til fundamentene som tankene står på siden de så utsette for en belastning som er dobbelt så stor som den de vil utsettes for under normal drift.

Kryogene tanker er laget av spesielle stål, spesielt er stålet kjent som et 9 % nikkelstål som samsvarer med standarden ASTM A-353 eller A-353-Type 1, som samsvarer med den følgende kjemiske sammensetningen:

- karbon (maks): 0,13 %;
- mangan (maks): 0,90 %;
- fosfor (maks): 0,035 %;
- svovel (maks): 0,035 %;
- silicium: 0,15 % til 0,40 %;
- nikkel: 0,50 % til 9,50 %; og
- balansen utgjøres av jern.

Denne typen stål anvendes i kryogene tanker siden de representerer egenskaper som er fordelaktige for kryogene anvendelser, spesielt mekanisk styrke og god tøffhet ved kryogene temperaturer. Ikke desto mindre lider det av at det er svært sensitivt overfor korrosjon ved tilstedeværelse av vann, spesielt når pH'en i vannet ikke er helt nøytral, noe som selvfølgelig gjelder når vannet er sjøvann.

De resulterende korrosjonsfenomenene er generelt lokalisert og er verre i overgangssoner, det vil si ved sveiser, eller i materialdefekter som kan oppstå under støping av råmaterialet og valsing av platene eller stengene som utgjør nevnte vegg i nevnte metalltank. Det er derfor svært viktig å garantere absolutt integritet for hele metalltanken som skal omslutte en kryogen gass ved å utføre denne vanntesten.

For å utføre mekanisk styrke- og lekkasjetesting ved å fylle en kryogen tank med vann, er det vanlig praksis å fylle tanken med ferskvann, muligens innbefattende passiverende kjemiske tilsetningsstoffer i den hensikt å begrense korrosjon. Det foretrekkes å holde metallet bart siden påføring av antikorrosjonsmaling kun for vannfyllingstesten vil utgjøre en uaksepterbar kostnad.

Fylling av tanken med vann gjør den mulig å teste den for lekkasje ved å observere veggene i tanken fra utsiden, spesielt dens vertikale sidevegg og det stedet der den vertikale sideveggen møter bunnen av tanken. Fylling av tank med vann på denne måten gjør det også mulig å teste styrken til fundamentet som tanken er plassert på ved å måle den totale lokaliserte setningen av strukturen under en belastning som hovedsakelig svarer til det dobbelte av belastningen den vil behøve for å motstå normal oppfylling med flytende gass. Til slutt tjener denne vannfyllingstanken til å lette tøyningen som skyldes sveising, spesielt for tøyninger i sonen der den vertikale veggen møter bunnen av tanken, da dette skjer kun under virkningen av trykket som skyldes vanntrykket som eksisterer ved bunnen av tanken, dette trykket er omtrent 5 bar og tanken har en høyde på 50 meter, etterfulgt av avspenning på grunn av at tanken tømmes for vann.

Tiden som kreves for å utføre mekanisk styrke- og lekkasjetesting ved å fylle tanken med vann er lang, spesielt på grunn av tiden som kreves for å fylle nevnte tank og utføre de forskjellige målingene og verifikasjonene, det vil si i praksis en tidslengde som kan overskride åtte uker, som er tilstrekkelig tid til at det kan oppstå korrosjonsproblemer når det anvendes et stål som er spesielt sensitivt.

Videre utgjør bruken av ferskvann for tiden et stort problem økonomisk og økologisk siden tilgjengeligheten av ferskvann generelt er dårlig, mens mengden som svarer til volumene i de kryogene tankene under bruk kan være så mye som 150 000 kubikkmeter (m^3) til 250 000 m^3. I tillegg utgjør kostnadene av et slikt volum vann en svært betydelig andel av totalkostnaden av tanken når den er fullført. Til slutt kan ferskvann

kun bli tatt i en begrenset hastighet pr time for å unngå betydelige forstyrrelser av hovedvanntilførselen, noe som fører til at oppfyllingstiden er lang, derved øker ytterligere risikoen for korrosjon, for ikke å nevne den ekstra tiden som trengs for å gjøre installasjonen tilgjengelig. I så henseende skal det også tilføyes at det kan være nødvendig å tilsette korrosjonen inhibitorer hvis klor er til stede, eller passiviseringsmidler for å korrigere en pH som er for aggressiv. Under slike forhold, i tillegg til ekstra kostnader på grunn av tilsetting av tilleggsstoffer, vil miljømessige reguleringer sette restriksjoner når det gjelder måten vannet kan tømmes ut på inn i de naturlige omgivelsene mens tanken tømmes ved slutten av testen, spesielt uttømming i natur må finne sted ved en hastighet som de naturlige omgivelsene er i stand til å absorbere. Dette er grunnen til at det kan være nødvendig å tømme en tank sakte ved slutten av testen, og derved ytterligere forlenge tiden før slike installasjoner kan bli gjort tilgjengelige.

Et første formål med den foreliggende oppfinnelsen er således å frembringe en ny fremgangsmåte for utføring av mekanisk styrke- og lekkasjetesting av kryogene metalltanker før de settes i drift, fremgangsmåten innehar ikke de ovenfor nevnte ulempene, og spesielt er den mindre kostbar og mer effektiv til å unngå korrosjon i nevnte metalltank.

Ifølge en original egenskap ved den foreliggende oppfinnelsen utføres slike metoder for testing av kryogene metalltanker ved anvendelse av sjøvann.

Siden flytende gasslagringsterminaler generelt er beliggende ved havneområder, representerer det å bruke direkte anvendelse av sjøvann fordel med fri tilgjengelighet. I tillegg er det svært enkelt å organisere et opptakspunkt for ekstrahering av den ønskede mengden vann ved høye timehastigheter, mens det å ta ferskvann fra et tilførselsnett eller rett fra en elv så er det generelt en betydelig begrensning i hastigheten som man kan trekke ut vann med for å unngå å forstyrre omgivelsene eller nettet i en uakseptabel grad. Fyllingen kan utføre ti til tyve ganger raskere ved anvendelse av sjøvann, derved frembringes en tilsvarende reduksjon i tiden tanken inneholder vann, og følgelig forkortes tiden før tanken kan gjøres tilgjengelig, siden varigheten av testen reduseres tilsvarende.

Under tilstedeværelsen av sjøvann vil intens korrosjon finne sted umiddelbart og er konsentrert spesielt i det området av tanken som har blitt termisk påvirket av sveisene som gjøres mellom stålplatene, og nærmere bestemt ved støpningene i bunndelen av

tanken som nevnt ovenfor. Imidlertid gjør den foreliggende oppfinnelse det mulig å teste kryogene tanker ved fordelaktig å anvende sjøvann i stedet for ferskvann, mens det samtidig garanteres for integriteten til alle metallveggene i tanken både ved bunnen og opp de vertikale sideveggene av tanken, og det til tross for den svært korrosive virkningen av sjøvann.

Et annet formål med den foreliggende oppfinnelsen er således å frembringe en fremgangsmåte for å frembringe høye nivåer av antikorrosjonsbeskyttelse til en kryogen metalltank mens den utsettes for en vannfyllingstest før den settes i drift, og fortrinnsvis skal dette oppnås uten anvendelse av beskyttende maling, det vil si mens tanken er bart metall.

US patent nr 3 855 102 beskriver prinsipper for langvarighetskatodebeskyttelser mot korrosjon i metalltanker som inneholder ferskvann ved å anvende anoder koblet til strenger/snorer og hengt ned vertikalt inne i tankens innside i volumet av vann som den inneholder, mens elektrisk strøm føres inn i anodene.

Slik katodisk beskyttelse frembringer beskyttelse mot korrosjon som resulterer fra kontakten med metallvegger og vann, nevnte beskyttelse er i tillegg til beskyttelsen frembragt av malingstypeantikorrosjonsbeskyttelser. Prinsippet med katodisk beskyttelse ligger i den kunstige reduseringen av naturlig elektrokjemisk potensiale (E) av metallet som skal beskyttes, slik at den forårsaker at det omgivende vandige mediet som har oksideringskraft, blir mettet med elektroner, således unngås eventuell oppløsning av metallet, nevnte mettethet med elektroner utføres ved hjelp av metall-anoder nedsunket i nevnte vandige medium, som utgjør en elektrolytt ved en gitt pH og ved å innføre direkte strøm (DC) inn i nevnte anoder.

Det er vanlig praksis å betrakte det såkalte Pourbaix-diagrammet som gir elektrokjemiske potensialverdier der metallet som betraktes har immunitet som en funksjon av pH og elektrolyttype, det vil si elektrokjemisk potensiale under hvilket metallet er katodisk beskyttet, det vil si at det er korrekt polarisert.

Denne polarisasjonen skjer ikke instantant, den bygges opp sakte og progressivt rundt anoden, før den når den ønskede verdien over hele overflaten der nevnte anode virker. I de katodiske beskyttelsessystemene som vanligvis implementeres, tar det generelt flere uker eller til og med flere måneder med polarisering av metallflaten som skal beskyttes, før polariseringen blir fullstendig effektiv. I de katodiske beskyttelsessystemene som

vanligvis anvendes, er det ønskelig å begrense forbruket av elektrisitet til en fornuftig verdi, siden denne strømmen trengs å holdes permanent over hele levetiden til strukturen.

I praksis anvendes katodisk beskyttelse i tillegg til antikorrosjonsbelegg som frembringer effektiv beskyttelse, ved å frembringe en installasjon omfattende anoder og en strømmating som er i stand til å generere en strømtetthet på omtrent 50 milliampère pr kvadratmeter (mA/m^2), som er en strømtetthet som er tilstrekkelig til å gi katodisk beskyttelse som er effektiv over tid i et hvilket som helst slags område/sone der antikorrosjonsbelegget kan være skadet, disse områdene estimerer generelt til å utføre 10-20 % av det totalt malte området i kontakt med vann.

US patent nr 4 936 969 beskriver et katodisk beskyttelsessystem som består av å holde en kabel hengende i halv høyde inne i en tank med ferskvann, kabelen virker som en anode for kontinuerlig innsprøyting av en påtrykt strøm, kabelen er hengende fra flottører via linjer/ledninger. Denne anodeinnretningen i form av en kabel representerer lavstrømsinjiseringskapasitet, men den er tilstrekkelig for å beskytte en slik ferskvanns-tank over et svært langt tidsrom. I motsetning til dette, er initiell polarisasjonsprosess svært sakte og gir ikke effektiv katodisk beskyttelse som er egnet for å forhindre initiering av korrosjon i en vannfyllingstest utført på en kryogen tank laget av bart stål som er svært følsomt for korrosjon.

Strømmen som skal påføres er proporsjonal med arealet som skal beskyttes, og dagens praksis begrenser generelt påtrykt strøm til en verdi på 80 mA/m^2 for ordinære ikke-legerte stål, noe som er tilstrekkelig for å frembringe katodisk beskyttelse som er effektiv over tid, og som også tjener til å begrense det elektriske forbruket til en verdi som er fornuftig siden strømmen må opprettholdes permanent over levetiden til strukturen.

Nærmere bestemt frembringer den foreliggende oppfinnelsen en fremgangsmåte for å teste en kryogen metalltank før den settes i drift, tanken fylles med vann, fremgangs-måten er kjennetegnet ved at følgende trinn utføres:

- fylle den kryogene metalltanken med sjøvann; og
- frembringe midlertidig katodisk beskyttelse for metallbunnen og sideveggene i tanken som utgjør hovedsakelig bart stål, ved å anbringe anoder inne i tanken og ved å påføre en elektrisk strøm til anodene straks de er neddykket.

Mens tanken fylles, vil et stort veggareal av tanken initielt vætes hurtig. Det vil si, bunnen av tanken vætes og omkretsen av bunnen utgjør også en av de mest skjøre/ følsomme områdene. Ifølge den foreliggende oppfinnelsen, for at antikorrosjonsbeskyttelsen skal være effektiv så snart som mulig etter at fyllingen har begynt, for å forhindre at korrosjon initieres, plasseres en første anodeoppstilling i den umiddelbare nærheten av tankbunnen ved anvendelse av støtteinnretninger, støtteinnretningene og de(n) første anoden(e) er fortrinnsvis fjernbare.

Denne posisjoneringen av anodene nær bunnen av tanken gjør det mulig for anodene å bli neddykket, og således i stand til å gå inn i drift så hurtig som mulig. Det skal således forstås at støtteinnretningen må være i stand til å holde de første anodene nært bunnen av tanken, og samtidig må de holdes langt nok vekk fra bunnen for å forhindre elektrisk kontakt mellom anodene og bunnen.

Betegnelsen "fjernbar" brukt her, betyr at de første anodene og støtteinnretningen kan tas ut av tanken etter at testen er fullført.

Nærmere bestemt er de første anodene nær bunnen av tanken anbragt over bunnen av tanken i en avstand på mindre enn 50 cm, fortrinnsvis i en avstand som ligger i området 2,5 cm til 20 cm, ytterligere fortrinnsvis i området 5 cm til 10 cm. Denne optimale distansen tjener ikke bare til å unngå elektrisk kontakt mellom anodene og metallbunnen av tanken, men også til å unngå eventuell elektrolyttisk kortslutning som kan forårsake at anoden er for nær. Således, siden anoden er nær bunnen av tanken, opprettholdes maksimal effektivitet mens det unngås eventuell risiko for elektrolyttisk kortslutning.

I den foreliggende oppfinnelsen, for å frembringe optimal katodisk beskyttelse for bunnen av tanken, er nevnte første anoder anbragt rundt en sirkel som er konsentrisk i forhold til sentrum av bunnens overflate i tanken, og som fortrinnsvis har en diameter som ligger i området 40 % til 75 % av diameteren til tankbunnen.

Denne sirkelmessige anbringelsen av nevnte første anode(r) som hviler på bunnen av tanken representerer en anbringelse som er optimal for å unngå interferens mellom anodene og de forskjellige delene av en enkelt anode som ellers kan ha en skadeeffekt på strømtettheten som faktisk sendes ut.

Anodene kan anbringes på en slik måte at de danner flere konsentriske sirkler når tanken har en bunn med stort areal. Ikke desto mindre, i praksis, for tanker som har en diameter på opptil 75 m til 90 m, og med anoder som har en kapasitet på 50 ampère (A), vil en anbringelse omfatte en enkel sirkel med en diameter som ligger i området 40 % til 70 % av diameteren til tanken.

Nevnte første anoder kan utgjøres av:

- en eller flere fleksible metallkabelanoder, også referert til som "vaieranoder", disse anodene danner fortrinnsvis en sirkel, eller disse første anodene utgjør en del av en sirkel og er anbragt rundt den samme sirkelen; og/eller
- flere rigide anoder anbragt diskontinuerlig ved siden av hverandre og eventuelt forbundet sammen av en ledende kabel.

Ikke desto mindre, for å levere høye strømtettheter foretrekkes det å implementere nevnte første anoder i form av flere rigide anoder som hver utgjør spesielt i form av en blokk som er sylindrisk, avlang eller skiveformet.

Nærmere bestemt er de første anodene forbundet med en eller flere kabler for å danne en eller flere første strenger, de første strengene er anbragt hovedsakelig horisontalt over eller nær bunnen av tanken.

Betegnelsen "streng av anoder" brukes for å bety at nevnte rigide/stive anoder er forbundet til hverandre med en kabel som omfatter en ledende vaier, langs hvilken de første anodene er anbragt, fortrinnsvis i regelmessig avstand fra hverandre, vaieren er elektrisk isolert mellom to påfølgende anoder, og elektrisk kontakt etableres mellom vaieren og anodene.

De første anodene er så nær som mulig hverandre, spesielt innenfor en streng, men de har en avstand seg imellom som er tilstrekkelig til å unngå elektrisk interferens av den typen som kan ha en skadelig effekt på deres effektivitet, det vil si på strømtettheten som de sender ut.

I en utførelsesform utgjør nevnte støtteinnretning elementer laget av et elektrisk isolerende materiale og hvilende på bunnen av tanken, elementene er anbragt i motsatte ender av hver av nevnte første anoder, der det er passende, langs en nevnte første streng.

Enda mer bestemt utgjøres støtteinnretningen av skiver som står vertikalt på bunnen av tanken, skivene har deler av isolerende kabler forbundet mellom to påfølgende av nevnte første anoder av en første streng som går igjennom deres sentrum, der det er passende, diameteren til skivene er større enn dimensjonene til nevnte første anoder i nevnte vertikale retning.

For å frembringe ytterligere katodisk beskyttelse til den vertikale sidelinjen av tanken etter at bunnen av tanken har blitt vætet med, er det fordelaktig å plassere de første anodene anbragt horisontalt inne i tanken nær bunnen, og så plassere de andre anodene som henges vertikalt inne i tanken fra toppen, fortrinnsvis på en fjernbar måte, der de andre anodene også fortrinnsvis er forbundet sammen i form av andre strenger som henger vertikalt, nevnte andre strenger er også fortrinnsvis vanligvis med avstand fra hverandre på en slik måte at de også fortrinnsvis beskriver en sirkulær sylinder som har samme akse som tanken.

I en fordelaktig utførelsesform er endene av nevnte andre anoder anbragt ved bunnendene av de vertikalt hengende andre strenger anbragt i en høyde H fra bunnen, slik at området S_1 til den sirkulære overflaten bundet ved nevnte sirkel av første anoder er hovedsakelig lik arealet S_2 av den gjenværende bunnen av tanken pluss arealet S_3 av bunndelen av høyden H av sideveggen av nevnte tank. Arealet S_2 er det gjenværende arelet av bunnen av tanken som er beliggende utenfor arealet S_1, og $S_1 = S_2 + S_3$.

Det skal forstås at nevnte første anoder presenterer en strømkapasitet og er frembragt i antall og anbragt slik at de genererer en strømtetthet som muliggjør at det egnede elektrokjemiske potensialet kan oppnås ved å unngå startende korrosjon, og at denne tidsperioden er kortere enn tiden som trengs for initiering av korrosjon, og spesielt en tidslengde som er kortere enn en time, og fortrinnsvis kortere enn 20 minutter, og aller mest fortrinnsvis praktisk talt instantant, og at dette skjer i alle punkter av bunnoverflaten i tanken (S_1+S_2), og der det er passende ved alle punkter av overflaten i bunndelen i en høyde H av den vertikale sideveggen av tanken (S_3). Dette arrangementet av nevnte første anode som ligger nær bunnen av tanken gjør det mulig å frembringe full katodisk beskyttelse for den nedre delen av tanken (det vil si S_1+S_2+S_3) før de vertikalt hengende andre anodene for frembringing av beskyttelse av sideveggene kan bli nedsenket og begynne å virke.

Målinger utført i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen på 9 % nikkelstål ved tilstedeværelsen av sjøvann har vist at et beskyttende elektrokjemisk potensial på -950

millivolt (mv) relativt til en referanseelektrode av Ag/AgCl-typen er tilstrekkelig for å frembringe immuniteten.

Nærmere bestemt er nevnte metalltank 9 % nikkelstål og det beskyttende elektrokjemiske potensialet på nevnte stål er -950 mV, og nevnte første anoder hviler nær bunnen av tanken på en slik måte at det muliggjør at det kan oppnås en strømtetthet på 200 mg/m^2 til 400 mA/m^2. Denne strømtettheten er således 4-8 ganger større enn strømtetthetsverdiene som vanligvis implementeres i feltet med å frembringe katodisk beskyttelse for konvensjonelle metalltanker som inneholder vann, der polarisasjonen trenger å bli opprettholdt gjennom levetiden til strukturen.

Anodestrenger anbragt ende mot ende rundt en sirkulær geometrisk figur på bunnen av tanken gjør det mulig å påføre strømmer med en tetthet på omtrent 200 mA/m^2 til 400 mA/m^2.

I den foreliggende oppfinnelsen, ved å anvende høykapasitetsanoder, og spesielt anoder som kan gi svært høye injeksjonsstrømmer på 50 A og som er i stand til å levere strømtettheter på 200 mA/m^2 til 400 mA/m^2, og ved å anbringe anoder ved svært høy tetthet, forbundet med lite mellomrom som ligger i området 25 mm til 500 mm mellom anodene nær metallbunnen og tankveggen, er det mulig å nå et immunt elektrokjemisk potensiale på -950 nV og å aktivere polarisasjonsprosessen over hele bunnen av tanken lagd av 9 % nikkelstål svært hurtig, eller til og med praktisk talt instantant, så snart anodene settes i drift etter at de har blitt nedsenket i vann.

Den foreliggende oppfinnelsen gjør det således mulig å utføre en vanntest ved fordelaktig å gjøre bruk av sjøvann i stedet for ferskvann som tradisjonelt anvendes, mens det ikke desto mindre garanteres for integriteten til hele området, både over bunnen og over de vertikale sidene av tanken.

Ifølge en annen fordelaktig egenskap ved den foreliggende oppfinnelsen fylles nevnte tank initielt med ferskvann inntil nevnte første anoder ligger i umiddelbar nærhet av bunnen av tanken som har blitt fullstendig dekket, etter hvilket elektrisk strøm påføres til de første anoder og fyllingen av tanken fortsettes, men med anvendelse av sjøvann.

Gitt nærheten av nevnte første anoder til bunnen av tanken, representerer den initielle fyllingen med ferskvann et lite volum med vann og tjener til å redusere ytterligere noen

risiko for korrosjon før nevnte første anoder er i stand til å virke og frembringe effektiv katodisk beskyttelse av tanksidene.

Fordelaktig, ifølge et annet kjennetegn ved den foreliggende oppfinnelsen, plasseres innretninger på bunnen og mot veggene i nevnte tank for å måle det elektrokjemiske potensialet av nevnte vegg og å styre flere elektriske generatorer eller kontrollinnretninger som er i stand til å mate elektrisk strøm forskjellig til nevnte første og andre anoder slik at man blir i stand til å regulere mengden elektrisk strøm som påtrykkes de forskjellige anodene med funksjon av nevnte målinger utført i forbindelse med de forskjellige anodene, avhengig av deres posisjon.

Den foreliggende oppfinnelsen frembringer også en kryogen tank som har bare metallvegger av stål, egnet for anvendelse i en testmetode av oppfinnelsen, tanken er kjennetegnet ved at den innbefatter et midlertidig katodisk beskyttelsessystem omfattende anoder som definert ovenfor, nevnte anoder er fortrinnsvis anbragt fjernbart inne i nevnte tank, og ved at den også fortrinnsvis innbefatter innretninger som muliggjør måling av det elektrokjemiske potensialet for nevnte vegger for å kontrollere flere elektrisitetsgeneratorer eller kontrollinnretninger som er egnet for mating av forskjellige mengder elektrisk strøm til nevnte anoder som definert ovenfor.

Andre kjennetegn og fordeler ved den foreliggende oppfinnelsen kommer til syne i lys av den følgende detaljerte beskrivelse av forskjellige utførelsesformer, gitt med henvisning til følgende figurer.

Figur 1 et skjematisk perspektivsplittriss av en tank ifølge oppfinnelsen der en oppstilling av anoder mates med strøm av elektriske strømgeneratorer.

Figur 2 er et sideriss i aksielt halvtverrsnitt av en tank ifølge oppfinnelsen, som viser detaljer av en bestemt utførelsesform av et overgangsstykke mellom en elektrisitets-mategenerator og strenger med anoder.

Figur 3 viser en del av en streng av anoder hengt vertikalt.

Figur 4 viser en del av en anodestreng som ligger på bunnen av tanken.

Figur 5 er et planriss i snitt som viser hvordan forskjellige anodestrenger er fordelt til å hvile på bunnen av tanken i et sirkulært diametrisk mønster.

Figur 6 er et perspektivriss av et område av overflaten av bunndelen av tanken innrettet med en anode som hviler på bunnen.

Figur 7A til 7D er kurver der anodene er representert med en •, med polarisasjonsstrømtetthet (i mA/m^2) i y-aksen aksen og med avstand fra anoden langs x-aksen.

Figurene 8A og 8B er grafer som viser hvordan det elektrokjemiske potensialet E (figur 8A) og strømtettheten (I/m^2) varierer ved et tilfeldig sted M på metallsideveggen eller bunnen som skal beskyttes, punktet M er anbragt ved en viss avstand fra anoden, som vist i fig. 8A.

Figur 9 viser et kontrollsystem for styring av påføringen av polarisasjonsstrøm.

Figur 10 er et planriss av en sirkulær tank som har anodestrenger som vist i fig. 5 installert på bunnen, og som mot senteret har en sirkulær anode som utgjøres av to kontinuerlige halvsirkler som holdes ved en avstand over bunnen av isolerende skiver (ikke vist).

Figurene 11 og 12 viser vertikale anodestrenger tilpasset ved sine bunnender med en avlang anode med sylindrisk form (figur 11) eller i form av en skive (figur 12) som hviler på bunnen, kontrollert fra bunnen av skiver (figur 11) eller nagler/bolter (figur 12), og virker således som en av nevnte første anoder.

Figur 1 viser en sirkulær sylindrisk metalltank 1 med stor kapasitet omfattende en bunn 1 og en sirkulær sylindrisk sidevegg 3 som tjener til å omslutte et kryogent fluid som skal lagres.

Figur 2 viser et installasjonssystem for den sylindriske metalltanken 1 gitt dens kryogene egenskaper, isolasjonssystemet utgjøres av et lag av termisk isolerende materialer 3_1 som selv er omgitt av en rigid rørformet struktur som utgjøres av et nett av forsterket betong 3_2. På toppen har tanken 1 et kuppelformet dekke 4 støttet av en metallramme 4_1.

Som et eksempel kan den sylindriske metalltanken presentere et volum som har en innsidediameter på 75 m og en høyde på 50 m, noe som gir et volum på 165 000 m^3.

Det totale arealet av metall som utgjør innsideveggene i tanken og som trengs å beskyttes ved påtrykking av en katodestrøm utgjør omtrent 16 000 m^2.

Den er fordelaktig laget av 9 % nikkelstål som beskrevet ovenfor, og dens vegger har en tykkelse på 19 mm for bunnen 2, og fordelaktig 28,8 mm ved bunnendene av de vertikale sideveggene, der denne tykkelsen til de vertikale sideveggene avsmalner på en hovedsakelig regulær måte mot toppen av tanken slik at det nås en minimumstykkelse på 10 mm i toppdelen til den vertikale sideveggen 3 av tanken.

Figur 2 viser en fundamentplate 2_1 som har en tykkelse på 130 cm som har stor stivhet og som innbefatter et isolerende system.

Laget 3_1 i den termiske isolasjonen som omgir metallsideveggen 3 i tanken 1 er for eksempel laget av perlitt, og representerer en tykkelse på 100 cm. Det ytre nettet 3_2 med forsterket betong har en tykkelse på 80 cm.

I figurene 1, 5, 9 og 10 er det vist forskjellige arrangementer for nevnte første anoder som er anbragt horisontalt nær bunnen 2 av tanken, i sirkulære disposisjoner.

I fig. 1 danner nevnte første anoder 5_1 en enkel "første" streng 5 anbragt i en sirkel C_1. I fig. 9 danner første anoder to "første" strenger/snorer 5, hver opptar hovedsakelig en halvsirkel, der de nevnte to første strenger til sammen gjør opp en sirkel C_1. I fig. 5 omfatter nevnte første anoder mange strenger/snorer, nemlig åtte "første" snorer 5 som strekker seg horisontalt, hver av disse første snorene 5 omfatter tre anoder 5_1. Nevnte første snorer danner deler av en sirkel og de er anbragt slik at det er regelmessig avstand rundt en felles sirkel. Utførelsesformen i fig. 5 med et flertall av nevnte første snorer/ strenger foretrekkes siden nevnte første snorer kan mates med respektive forskjellige strømmer for å sammenpasse strømnivåene til kravene i de angjeldende sonene. For svært store tanker, og spesielt tanker med diameter større enn 75 m, kan nevnte første strenger 5 anbragt rundt en første sirkel C_1, være forbundet med avlange, fleksible anoder med mindre elektrisk strømkapasitet anbragt rundt en sirkel C_2 med mindre diameter slik at det frembringes ekstra katodisk beskyttelse i det midtre området på overflaten av bunnen av tanken. Således, i fig. 10, er to av de nevnte første fleksible anoder lokalisert i den midtre sonen på bunnen av tanken i form av en bøyd kabel som strekker seg rundt en konsentrisk sirkel C_2, der hver av nevnte langstrakte første anoder okkuperer hovedsakelig halvparten av omkretsen. Denne andre serien av første anoder

anbragt i sirkelen C_2 med mindre diameter frembringer således ekstra katodisk beskyttelse i den midtre delen av bunnen 2 i tanken.

I figurene 1 og 2 er det også vist andre strenger av anoder 6 som er hengt vertikalt fra strukturen 4_1 i kuppelen 4 i tanken.

Figur 1 viser den foretrukne anbringelsen for de forskjellige andre strenger av anoder 6 som strekker seg vertikalt, det vil si en sirkel i et horisontalt snittplan.

Figurene 1 til 10 viser seks av nevnte vertikale andre strenger 6 som hver omfatter, av bekvemmelighetsgrunner når det gjelder tegningen, et antall anoder 6_1 som er anbragt med regelmessig mellomrom, der bunnanoden er anbragt i en høyde H over gulvet.

I figurene 3 og 4 utgjøres strengene til anoder 5 og 6 hver av en ledende kabel 7, fortrinnsvis laget av kobber, som forbinder nevnte anode 5_1, 6_1 eller går igjennom dem, anodene er fortrinnsvis "krøllet" rundt nevnte kabel 7 som holdes på plass mekanisk. Nevnte anoder 5_1, 6_1 er laget av et edelt metall slik som wolfram dekket av forskjellige edle metaller. Anodene 5_1, 6_1 er fortrinnsvis anbragt med regelmessig mellomrom mellom seg langs nevnte ledende kabel 7. Mellom to anoder 5_1, 6_1 på en gitt streng 5_6, bærer kabelen 7 isolasjonen 7_1. Imidlertid er den ledende kabelen 7 naturlig forbundet elektrisk til nevnte anoder 5_1, 6_1, og kun de delene av kabelen som strekker seg mellom to påfølgende anoder 5_1 og 6_1 er isolert.

I hver av nevnte strenger, har anodene 5_1, 6_1 stor kapasitet, det vil si de kan gi 50 A, de har sylindrisk eller eggformet utforming, hver er omtrent 1 m lang og omtrent 22 mm i ytre diameter, og anbragt med 3 m til 5 m intervaller langs nevnte strenger for å unngå interferens og for å oppnå maksimal strømtetthet.

I nevnte vertikale andre strenger 6, er kun fem anoder 6_1 vist av bekvemmelighetsgrunner på tegningen, det skal forstås at for en tank som har en høyde på 50 m, er et stort antall av nevnte anoder nødvendig.

De horisontale strengene 5 holdes i den umiddelbare nærheten av bunnen 2 av tanken ved hjelp av støtteelementer 5_2, det vil si de utgjøres av skiver laget av isolerende materiale og har en diameter som er større enn diameteren til anodene 5_1, skivene plasseres rundt kabelen 7 ved hver ende av hver anode 5_1. Disse isolerende skivene 5_2 er anbragt vertikalt og hviler via sine kanter på bunnen 2 av tanken, og har en ytre

diameter på 225 mm for anoder som har en diameter på 25 mm, derved garanteres det at anodene 5_1 har et hovedsakelig konstant mellomrom/avstand på 100 mm fra bunnen 2 av tanken, således tjener de til å unngå elektrisk kontakt mellom anodene 5_1 og bunnen 2, og også til å unngå elektrolyttisk kortslutning.

For en tank som har en diameter på 75 meter, er det fordelaktig at nevnte første anode er anbragt som et antall strenger rundt en sirkel med radius $R_1 = 27$ m.

Plassering av nevnte første anoder 5_1 som hviler på bunnen av tanken i en sirkel utgjør den optimale disposisjonen for å unngå interferens mellom anodene, hvilket kunne ha en skadelig effekt på den utsendte strømtettheten. Plassering av den første anoden 5_1 i en sirkel som har de ovenfor beskrevne karakteristikker (anoder 1 m lange, med en kapasitet på 50 A og med mellomrom fra hverandre på 3 m til 5 m), gjør det mulig å frembringe en initiell strømtetthet på 250 mA/m^2 med 275 mA/m^2 ved å injisere en strøm på 50 A inn i anodene, således frembringes et potensial på overflaten av tanken innenfor en radius på flere titalls meter fra nevnte anoder i løpet av flere titalls minutter, eller til og med i løpet av flere minutter.

I fig. 1 er nevnte vertikale strenger av anoder anbragt rundt en sirkel som har den samme diameteren som nevnte horisontale strenger av anode 5, men som kun er for praktiske grunner for installering og fjerning av anodene. Imidlertid, ut fra et funksjonssynspunkt, er avstanden med hvilke nevnte vertikale andre anoder 6_1 er posisjonert i forhold til overflaten av sideveggen av tanken, kan være forskjellig fra avstanden av nevnte første anode fra nevnte sidevegg. Det er ikke nødvendigvis fordelaktig for de vertikale anodene 6_1 å være for nær overflatene av sideveggen av tanken, siden det vil kreve at det anvendes et stort antall anoder.

I den foretrukne versjonen av anbringelsen for de horisontale strenger av anoder 5 anbragt i en sirkel C_1 som vist i figurene 1, 5 og 9, har nevnte sirkel C_1 en radius R_1 på 25 til 30 m, slik at det defineres et innsideoverflateareal S_1 hovedsakelig lik summen av overflatearealene S_2 som utgjøres av den gjenværende andelen av overflaten på bunnen av tanken utenfor sirkelen som utgjøres av nevnte horisontale strenger 5, pluss overflatearealet S_3 som svarer til bunndelen av den vertikale sideveggen 3 av høyden H svarende til høyden av bunnemnene av nevnte vertikale strenger av anoder ($S_1 = S_2 + S_3$) slik at for en radius R_1 i området 25 m til 30 m, ligger H i området 1 m til 4 m.

Mens tanken fylles, når sjøvann når endeanodene 6_1 ved bunnendene av nevnte vertikale andre strenger av anoder 6, men før den er i kontakt med disse, er det kun den første anoden 5_1 i nevnte horisontale første streng av anoder 5 anbragt på bunnen som frembringer katodisk beskyttelse for bunndelen av tanken omfattende bunnen og den delen av den vertikale veggen som har blitt vætet med sjøvann. Således, inntil nevnte anoder 6_1 i nevnte vertikale strenger av anoder 6 kommer i drift, vil nevnte horisontale strenger av anoder 5 som hviler på bunnen okkupere hovedsakelig gravitasjonssenteret av overflaten av tanken som skal beskyttes omfattende overflatearealet av bunnen av tanken $S_1 + S_2$ pluss overflatearealet av bunndelen av sideveggene S_3 lokalisert under de bunnopphengte anodene 6_1, og de svært høye strømmer som injiseres for å oppnå det påkrevde polarisasjonsnivået så hurtig som mulig fordeles på en jevn og optimal måte fra sentrum av tanken til omkretsen av bunnen og opp sideveggen til en høyde H.

Polarisasjonsprosessen er forklart med henvisning til figurene 7A til 7D og 8A til 8B som viser hvordan strømtettheten (mA/m^2) varierer som en funksjon av posisjonen relativt til anoden i fig. 7A til 7D. Figur 7A viser strømtettheten ved begynnelsen av strøminjiseringen/påtrykkingen inn i anoden, og figurene 7B, 7C og 7D er diagrammer ved påfølgende senere tider. Figurene 8A og 8B viser henholdsvis elektrokjemisk potensial E og strømtetthet (I/m^2) målt ved et gitt punkt på overflaten av tanken som skal behandles, som funksjon av tid.

I figurene 8A og 8B er det vist at det elektrokjemiske potensialet E og strømtettheten stiger samtidig opp til en tid t_p ved hvilken det elektrokjemiske potensialet E når en immunitetsverdi på -0,95 V i det foreliggende tilfellet, som er typisk for polariseringen av det 9 % nikkelstålet som anvendes, og der det hovedsakelig samtidig nås en strømtetthetstopp på 250 mA/m^2 til 275 mA/m^2. En kan se fra figurene 7A til 7D at så snart en strømpåtrykking begynner ved en anode, så er strømtettheten svært stor i området nær anoden og minker vekk fra dette området. Den påtrykte strømmen er frivillig begrenset til en maksimalverdi som ligger i området 250 mA/m^2 til 275 mA/m^2 siden dette nivået er tilstrekkelig for å nå beskyttelsespotensiale (-950 mV) på et slikt stål svært hurtig.

En elektrokjemisk prosess skjer i sjøvannet som er fylt med mineralsalter og en avsetting av kalsium- og magnesiumbasert belegg observeres. Dette belegget/skallet avsettes mellom $t = 0$ og $t = t_p$ i figurene 8A og 8B i området nær anoden, etter hvilket strømtettheten minsker og stabiliserer seg i området 50 mA/m^2 til 100 mA/m^2 mens spenningen E ikke lenger varierer betydelig og forblir ved omtrent -1 V.

Beleggavsetningen skyldes økningen i pH på den polariserte overflaten og den skaper en naturlig isolerende barriere som har den virkningen at den forårsaker at strømtettheten i det angjeldende området minker ned til en verdi som ligger i området på omtrent 50 mA/m^2 til omtrent 100 mA/m^2, som er tilstrekkelig for å holde potensialet E på en verdi som er mer negativ enn -0,95 V for 9 % nikkelstål, således forhindres korrosjonsprosesser.

En kan således se at ved å bevege anoden så nær bunnen av tanken som mulig og ved å øke det påtrykte strømnivået, akselereres betydelig prosessen for dannelse av det beskyttende laget.

I praksis, ved å plassere anodene 5_1 noen få cm fra bunnen, blir de neddykket i løpet av noen få minutter hvis sjøvannsfyllingshastigheten er større enn 1000 kubikkmeter pr time (m^3/t), slik at straks de har blitt neddykket, begynner de å virke nesten instantant og i løpet av noen få minutter kreeres begynnelsen på den effektive beskyttelsen. Videre, når nivået av den påtrykte strømmen er tilstrekkelig høyt i høykapasitetsanoder (kapasitet på 50 A), og når anoden er til stede i et tilstrekkelig antall og passende fordelt som beskrevet ovenfor, er det også mulig å oppnå katodisk beskyttelse hurtig (i løpet av noen få minutter) ved en avstand som kan være så stor som omtrent 10 m. Således, i løpet av noen få titalls minutter, er hele overflaten til bunnen av tanken fullstendig beskyttet på en slik måte at det unngås initiering av korrosjon.

I en foretrukket utførelsesform begynner testen med å verifisere tanken for lekkasje og mekanisk styrke ved å fylle den med vann slik at man i starten fyller tanken med ferskvann med en hastighet på 1000 m^3/t inntil bunnanodene 5_1 er fullstendig neddykket, hvilket generelt representerer en dybde på 5 cm til 10 cm og således et vannvolum som er fornuftig. Deretter påtrykkes strøm på anodene og fyllingen fortsetter ved anvendelse av sjøvann ved en svært høy hastighet.

Ferskvannet kan enten tas fra den lokale vanntilførselshovedledningen eller fra elvevann eller industrivann, forutsatt at det ikke er for aggressivt.

Straks sjøvannet blandes med ferskvannet og strøm påtrykkes anodene, blir metalloverflaten til bunnen av tanken polarisert i en katodisk beskyttelseskonfigurasjon i løpet av noen få minutter på grunn av måten anodene er fordelt på og fordi svært store strømmer påtrykkes samtidig via alle anodene som hviler på bunnen av tanken.

Nevnte strenger med anoder 5 og 6 er forbundet til en eller flere strømgeneratorer 9, og en innretning 9_1 måler og kontrollerer strømmen via en kabel 8 som strekker seg ut fra tanken 1, fortrinnsvis via toppen av denne. Et antall strenger 5, 6 kan kobles sammen i arrayer og en enkel strømgenerator 9. Ikke desto mindre forbindes fortrinnsvis nevnte horisontale første strenger med anoder 5 og nevnte vertikale andre strenger med anoder 6 til forskjellige generatorer 9 eller til en enkel generator 9 forbundet med forskjellige kontrollinnretninger 9A-9C, fortrinnsvis er hver av nevnte anodestrenger 6 forbundet til en annen generator 9 eller kontrollinnretning 9A-9C, slik at det er mulig å kontrollere den påtrykte strømmen i hver av nevnte strenger 5, 6 (som beskrevet nedenfor) slik at den katodiske beskyttelsen optimaliseres som en funksjon av områdene av bunnen 2 og sideveggen 3 som blir beskyttet. Dette kan være nødvendig på grunn av defekter som oppstår i en av de nevnte sonene, og er i hvert fall nødvendig hvis tanken er krismatisk på en polygonalbasis, siden en slik tank har hjørner som er relativt sprø og som krever et høyere nivå av katodisk beskyttelse enn det gjenværende av tanken.

I fig. 2 er de forskjellige vertikale strenger av anoder 6 som henger ned fra superstrukturen 4_1 i kuppelen 4 til tanken, og de forskjellige horisontale strengene 5 som hviler på bunnen av tanken, elektrisk tilkoblet ved hjelp av kabler 8 til en enkel strømgenerator 9, med forskjellige kabler 8 nedhengende fra en brakett 20. En slik brakett 20 kan også installeres på den foretrukne og fordelaktige utførelsesformen vist i fig. 9.

I fig. 9 overvåkes det elektrokjemiske potensialet E på veggen av tanken 1 ved å plassere tre sensorer 10a, 10b og 10c på bunnen 2 av tanken og ved å plassere tre ekstra sensorer 10d, 10e og 10f langs en generatorlinje på de vertikale veggene. Disse sensorene 10a-10f, for eksempel av Ag/AgCl-referansecelletypen, er forbundet til overvåkings- og kontrollenhet 11, og de elektrokjemiske potensialverdiene registreres gjennom varigheten av testen på en PC-type datamaskin 12. Lavspenningspolarisasjonsstrømmen, for eksempel 24 V DC leveres av en transformator og likeretterenhet 9 forbundet til hovedkraftforsyningen og forbundet til tre elektroniske kontrollenheter 9a, 9b, 9c ved anvendelse av tyristorer under kontroll av den sentrale overvåkings- og kontrollenheten 11. Kontrollenheten 9a er forbundet til alle av nevnte vertikale andre strenger 6, og kontrollenhetene 9b og 9c er tilkoblet respektivt til to forskjellige av nevnte første strenger av anoder 5 eller til to av nevnte kontinuerlige første anoder 5_1 anbragt i en halvsirkel og som hviler på bunnen av tanken, men isolert fra denne, som forklart med henvisning til fig. 10.

Sensorene 10a-10c anbragt på bunnen er fordelaktig fordelt som følger:

- sensoren 10a er anbragt nær de sirkulære anodene for å overvåke/måle polarisasjonsbølgen vist i fig. 7a og dens forskyvning mot 7b;
- sensoren 10b er anbragt nær hjørnet ved den sylindriske sideveggen for å måle hvordan polarisasjonsstrømmen varierer når vannet blir dypere; og
- en siste sensor 10c er fordelaktig anbragt mot sentrum av tanken for å overvåke polarisasjonstilstanden til hele bunnen av tanken, som vist i figurene 7c og 7d.

Sensorene 10d, 10e og 10f er fordelaktig installert langs en generatorlinje til den vertikale veggen 3 for å overvåke polarisasjonen etter hvert som vannet stiger opp til tanken.

For å klargjøre figurene, er kablene som fører til sensorene vist å være direkte forbundet til overvåkings- og kontrollsystemet 11, men i virkeligheten følger de en bane lik den til strømkablene 8, det vil si de går opp inne i tanken og forlater den ved kuppelnivå via en brakett 20, før de kommer tilbake ned til nevnte overvåkings/målings- og kontrollsystem 11.

Det elektrokjemiske potensialet trengs å opprettholdes i et område bortenfor en minimums (absolutt)-verdi, for eksempel med negativt -0,95 V, mens det ikke går nedenfor for eksempel -1,2 V. Således, så snart nevnte elektrokjemiske potensial nærmer seg nevnte minimums-(absolutt)-verdi på -0,95 V, øker overvåkings- og kontrollsystemet 11 betydelig strømmen som påtrykkes ved hjelp av den tilsvarende kontrollenheten 9a, 9b og 9c. På samme måte, når det elektrokjemiske potensialet nærmer seg -1,2 V, virker nevnte overvåkings- og kontrollsystem ved å betydelig redusere den tilsvarende mengden av strøm som påtrykkes.

Som vist i fig. 10, er det innenfor omfanget av oppfinnelsen å fordele anodene på bunnen som flere sirkler, eller hvilke som helst slags andre geometriske distribusjoner/ fordelinger, uavhengig av om anodene er diskontinuerlige og sylindriske i utforming, oval utforming eller om de er polygonale, og uavhengig av om de er kontinuerlige i form av en kabel ("vaier"-anoder) som presenterer høyytelse når det gjelder strømpåtrykkingskapasitet, det skal forstås at i alle slike arrangementer holdes nevnte anoder vekk fra overflaten ved isolerende innretninger for å forhindre direkte kortslutninger og elektrokjemiske kortslutninger.

Figurene 11 og 12 viser variantutførelsesformer av nevnte første anoder 5_1, i disse variantene utgjøres de av første anoder lokalisert for å avslutte vertikale andre strenger 6. Nevnte første anoder 5_1 hviler på bunnen 2 av tanken via støtteinnretninger 5_2, nevnte nærmeste andre anode 6_1 er anbragt umiddelbart over den posisjonert ved en høyde H som ligger i området 1 m til 4 m.

I figurene 11 og 12, er nevnte første anoder 5_1 anbragt horisontalt, det vil si deres hoveddimensjon er i en horisontal retning, mens for de andre anodene 6_1 som har til hensikt å beskytte de vertikale sideveggene, er anodene anbragt vertkalt, det vil si deres hoveddimensjon strekker seg i en vertikal retning. I fig. 11 har nevnte første anoder avlang form og holdes av støtteinnretninger 5_2 som utgjøres av vertikalt anbragte isolerende skiver festet til respektive ender av anoden. I fig. 12 er nevnte første anoder 5_1 horisontale skiver støttet av støtteinnretning som er satt sammen av nagler eller ben 5_2 anbragt under nevnte skiver som utgjør nevnte første anode 5_1.

Etter at tanken har blitt bygget og før den fylles med sjøvann, installeres nevnte første anoder på bunnen av tanken og holdes på plass, enten ved at de er festet mekanisk eller ved midlertidige festemidler, eller stabilisering av dem med vekter, slik at det sikres at sammenstillingen ikke deformeres eller flytter seg mens tanken blir fylt, siden nevnte fylling utføres ved en betydelig hastighet (1000 m^3/t til 1500 m^3/t) som gir opphav til store mengder virvling.

Nevnte vertikale andre strenger henges fra rammeverket 4_1 i kuppelen, og de forskjellige kablene for mating av strøm og de forskjellige målekablene som kommer fra de elektrokjemiske potensialmålecellene forlater tanken ved nivået av kuppelen 4 før de når kraftenhetene og overvåkings- og kontrollenhetene.

Veggene til tanken lekkasjetestes både når det gjelder den vertikale sideveggen og forbindelsen mellom bunnen og sideveggen, ved å observere nevnte vegger fra utsiden, spesielt fra området som er satt til side for isolasjon og som er tilgjengelig på grunn av dens størrelse.

Ved slutten av testingen tømmes tanken, og målecellene trekkes ut, i likhet med første og andre anoder.

Tanken skylles så ved anvendelse av en stråle av ferskvannundertrykk, over hele overflaten av veggen for å eliminere alle spor av salt, etter dette tillates vannet å fordampe.

P a t e n t k r a v

1.

Fremgangsmåte for testing av en kryogen metalltank før den settes i drift, der tanken (1) fylles med vann og egnede målinger utføres der det er nødvendig, fremgangsmåten er k a r a k t e r i s e r t v e d at følgende trinn utføres:

- fylle nevnte metallkryogene tank (1) med sjøvann; og
- frembringe midlertidig katodisk beskyttelse for metallbunnen og sidevegger (2, 3) av nevnte tank (1) som hovedsakelig utgjøres av bart stål, ved å anbringe anoder inne i nevnte tank (1) og ved å påtrykke en elektrisk strøm på anodene straks de er neddykket.

2.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første anodearrayen (5_1) er anbragt i umiddelbar nærhet til bunnen av tanken ved anvendelse av støtteinnretninger (5_2), støtteinnretningene (5_2) og første anode/anoder (5_1) er fortrinnsvis fjernbare.

3.

Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte første anoder (5_1) nær bunnen (2) av tanken er anbragt over bunnen av tanken ved en avstand mindre enn 50 cm, og fortrinnsvis i området 2,5 cm til 20 cm, ytterligere fortrinnsvis i området 5 cm til 10 cm.

4.

Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at de første anodene (5_1) er anbragt langs en sirkel (C_1) som er konsentrisk rundt sentrum av bunnoverflaten av tanken, og diameteren til sirkelen (C_1) er fortrinnsvis 40 % til 75 % av diameteren til bunnflaten (2) av tanken.

5.

Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av kravene 2 til 4, k a r a k - t e r i s e r t v e d at de første anodene (5_1) er koblet til hverandre ved en eller flere kabler som utgjør en eller flere første strenger (5), nevnte første strenger er anbragt hovedsakelig horisontalt over og i nærheten av bunnen (2) av tanken.

6.
Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av kravene 2 til 5, k a r a k - t e r i s e r t v e d at støtteinnretningene (5_2) utgjøres av elementer av elektrisk isolerende materiale som hviler på bunnen (2) av tanken og er anbragt ved motstående ender av hver av nevnte første anode (5_1) der det er egnet, langs en nevnte første streng (5).

7.
Fremgangsmåte ifølge krav 5 eller 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte støtteinnretning (5_2) utgjøres av skiver som hviler vertikalt på bunnen (2) av tanken, diameteren til skivene er større enn diameteren til de første anodene (5_1) i vertikal retning, sentrene til skivene, der det er passende, har deler av isolert kabel som går igjennom dem og forbinder to påfølgende av nevnte første anoder (5_1) til nevnte første streng.

8.
Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k - t e r i s e r t v e d at det er plassert på innsiden av nevnte tank de første anodene (5_1) anbragt horisontalt nær bunnen (2) av tanken, og andre anoder (6_1) som henger vertikalt inne i tanken fra toppen (4), fortrinnsvis på en fjernbar måte, de andre anodene er også fortrinnsvis koblet sammen i form av andre strenger (6) som henger vertikalt, de andre strengene (6) har fortrinnsvis regelmessig avstand fra hverandre på en slik måte at de innskriver, også fortrinnsvis, en sirkulær sylinder som har samme akse som tanken (1).

9.
Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k - t e r i s e r t v e d at den siste av nevnte andre anoder (6_1) anbragt ved bunnendene av de vertikalt hengende andre strenger (6) er anbragt ved en høyde (H) fra bunnen (2) på en slik måte at området (S_1) av den sirkulære overflaten definert ved nevnte første anoder (5_1) er hovedsakelig lik summen av arealene (S_2) av de gjenværende overflatene av nevnte bunn (2) av tanken pluss arealet (S_3) av bunndelen av høyden (H) av den vertikale sideveggen (3) av tanken.

10.
Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av kravene 2 til 9, k a r a k - t e r i s e r t v e d at nevnte metall av tanken er 9 % nikkelstål, og det

elektrokjemiske potensiale for nevnte stål er -950 mV, og nevnte første anoder (5_1) nær bunnen (2) av tanken på en slik måte at det muliggjøres en oppnåelse av en strømtetthet på 200 mA/m^2 ti 400 mA/m^2.

11.

Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at innretningene (10, 11) plasseres mot veggene (2, 3) av nevnte tank (1) for å måle det elektrokjemiske potensialet til veggene/bunnen og kontrollere et antall elektriske generatorer (9) som mater nevnte første og andre anoder (5_1, 6_1) på en slik måte at de er i stand til å regulere mengden elektrisk strøm som påtrykkes de forskjellige anodene som en funksjon av nevnte målinger gjort i forbindelse med de forskjellige anodene (5_1, 6_1) avhengig av deres plassering.

12.

Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at tanken initielt fylles med ferskvann inntil nevnte første anoder (5_1) som ligger i umiddelbar nærhet av bunnen (2) av tanken er hovedsakelig fullstendig nedsenket, etter hvilket elektrisk strøm påtrykkes nevnte første anode (5_1) og oppfyllingen av tanken fortsetter ved anvendelse av sjøvann.

13.

Kryogen tank (1) med bare metallvegger av stål, egnet for anvendelse ved fremgangsmåten ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 12, tanken er k a r a k t e r i s e r t v e d at den innbefatter et midlertidig katodisk beskyttelsessystem omfattende anoder (5_1, 6_1), fortrinnsvis anbragt fjernbart inne i nevnte tank (1), som definert i et hvilket som helst av kravene 1 til 10, og fortrinnsvis støtteinnretninger (5_2) som definert i et hvilket som helst av kravene 2 til 10, og ved at det også fortrinnsvis innbefatter innretninger (10-11) som gjør det mulig å måle det elektrokjemiske potensiale til nevnte vegger/bunn (2, 3) for å kontrollere et antall elektriske generatorer (9) som definert i krav 11.

14.

Tank ifølge krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at diameteren til bunnen av tanken ikke er mindre enn 50 m.

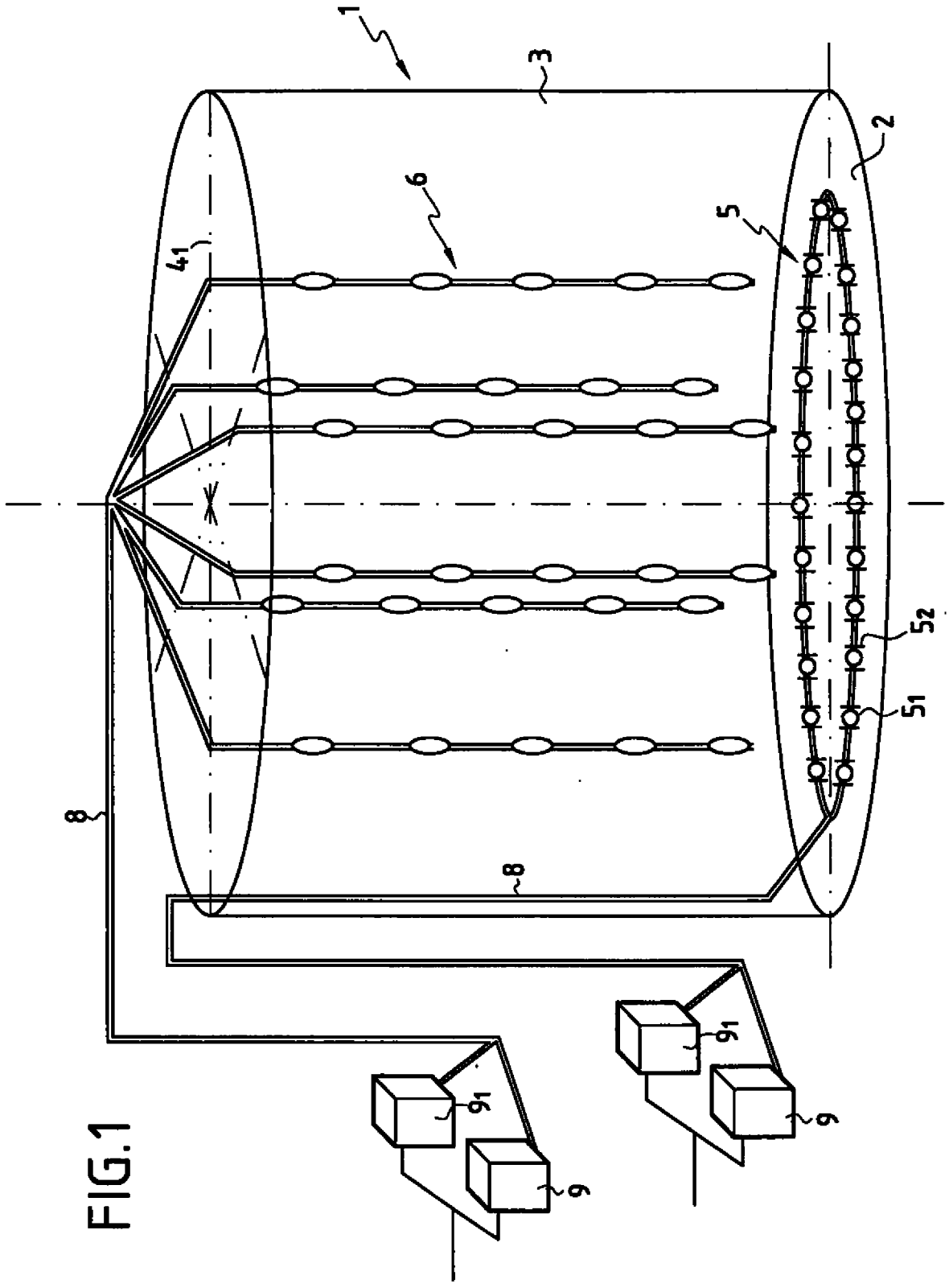


FIG.1

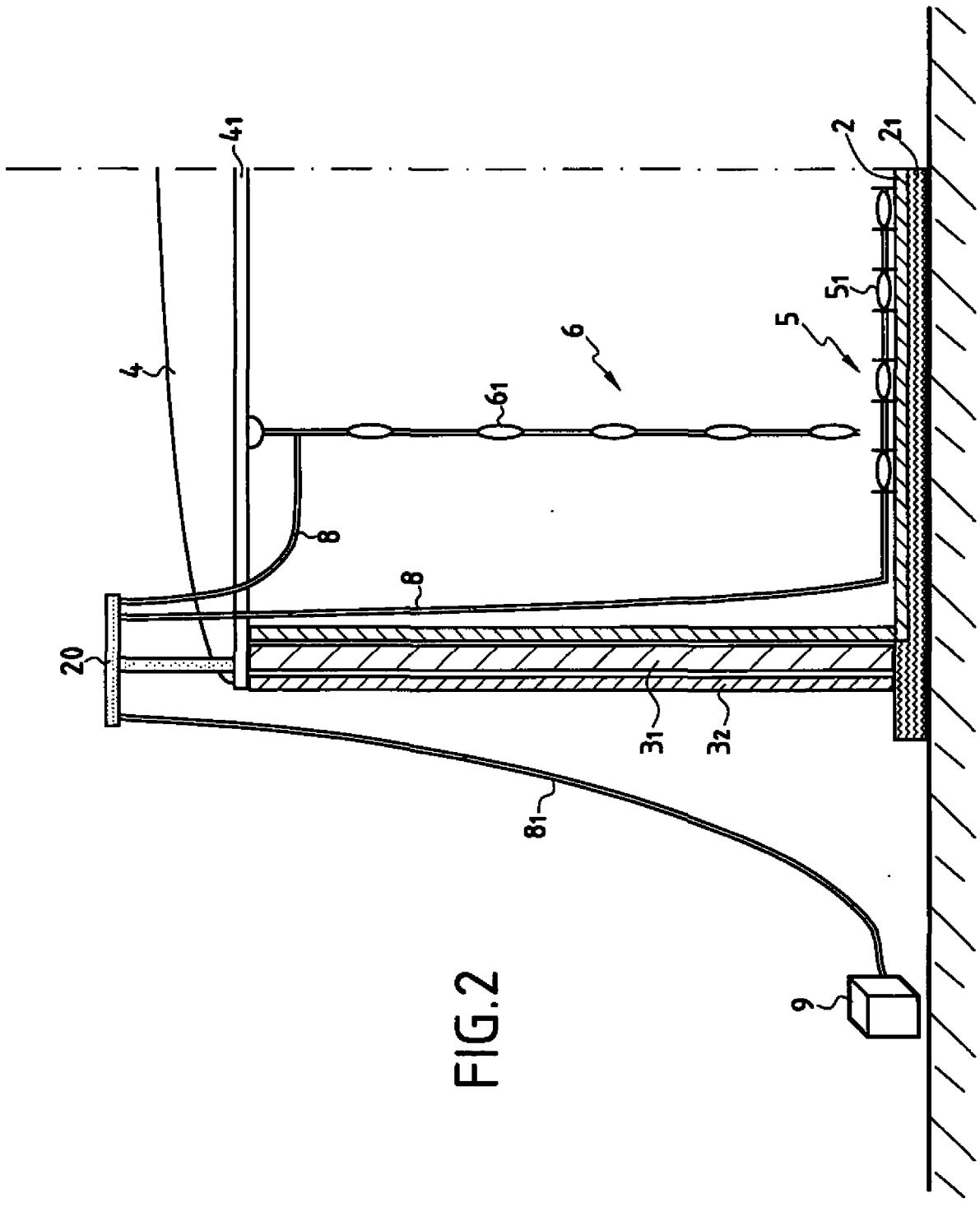


FIG.2

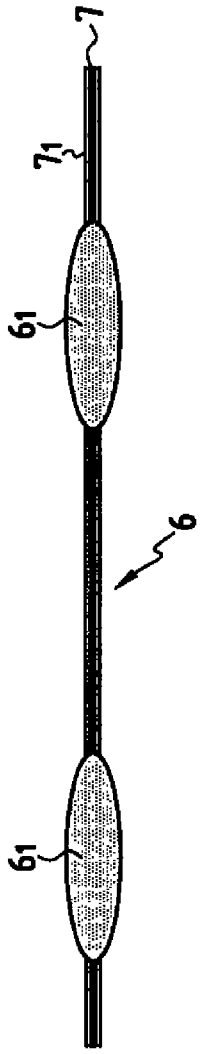


FIG.3

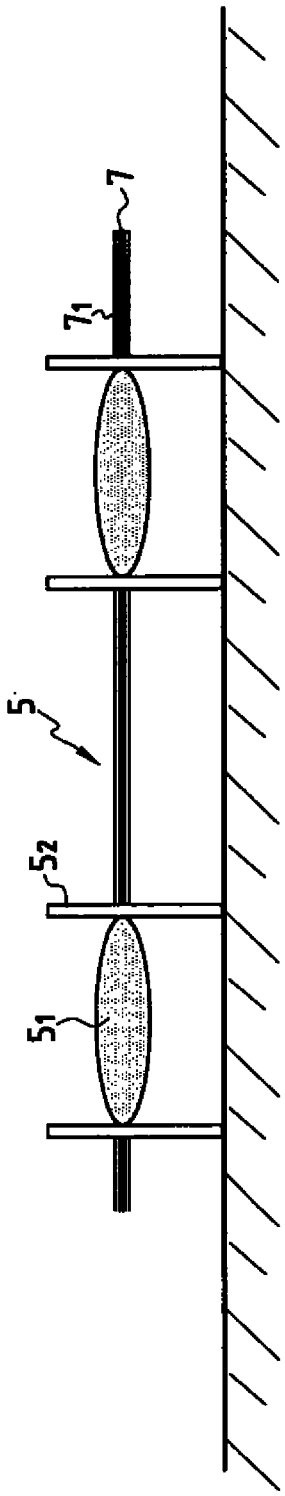


FIG.4

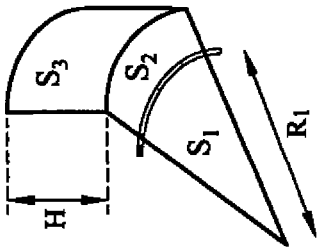


FIG.6

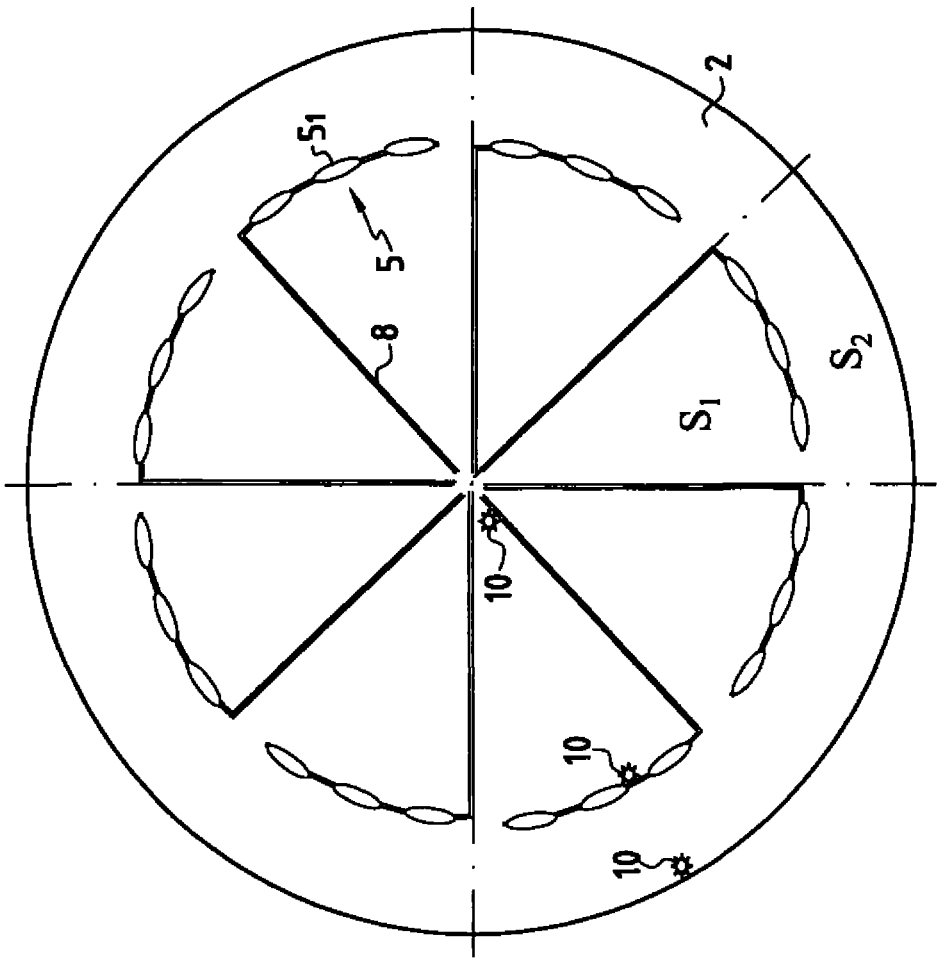


FIG.5

FIG.7B

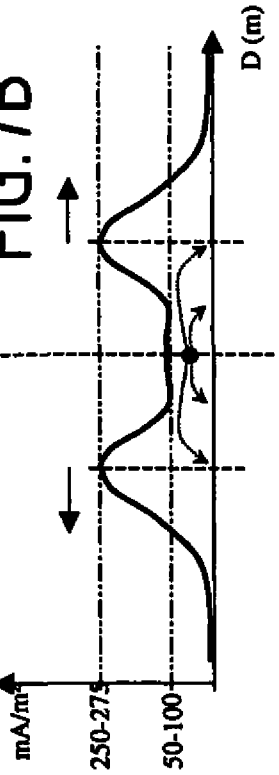


FIG.7A

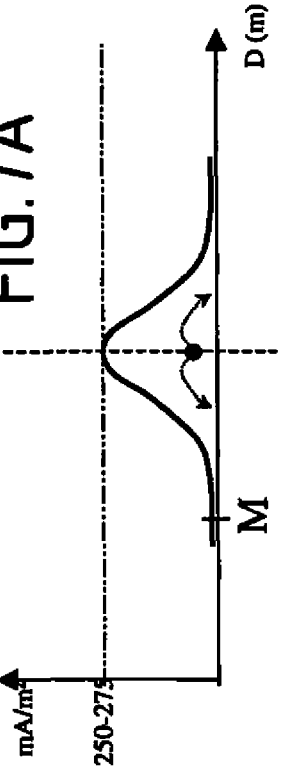


FIG.7AC

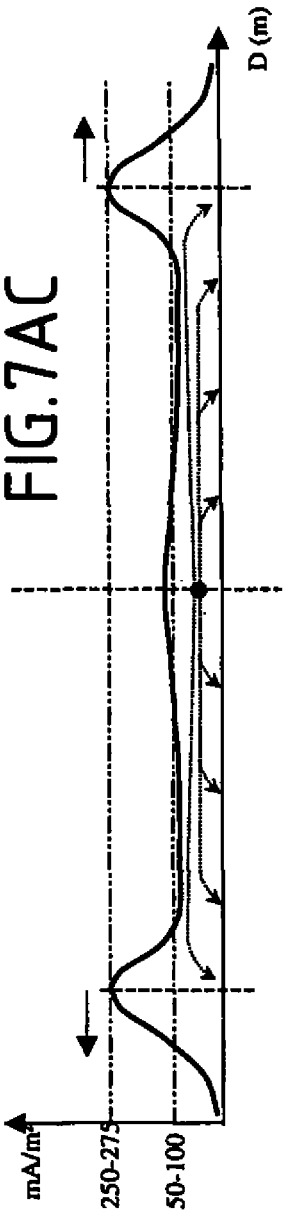


FIG.7D

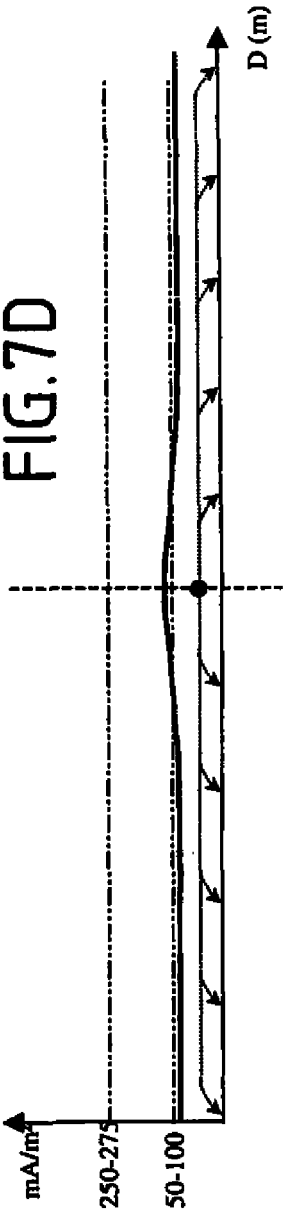


FIG.8B

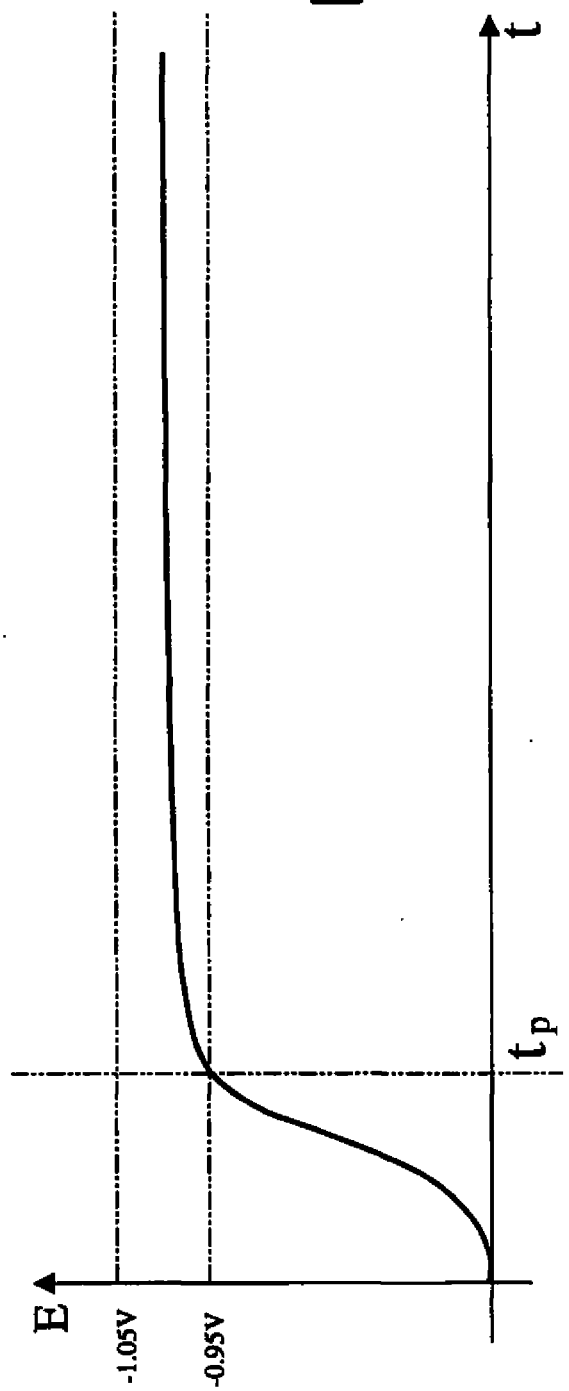
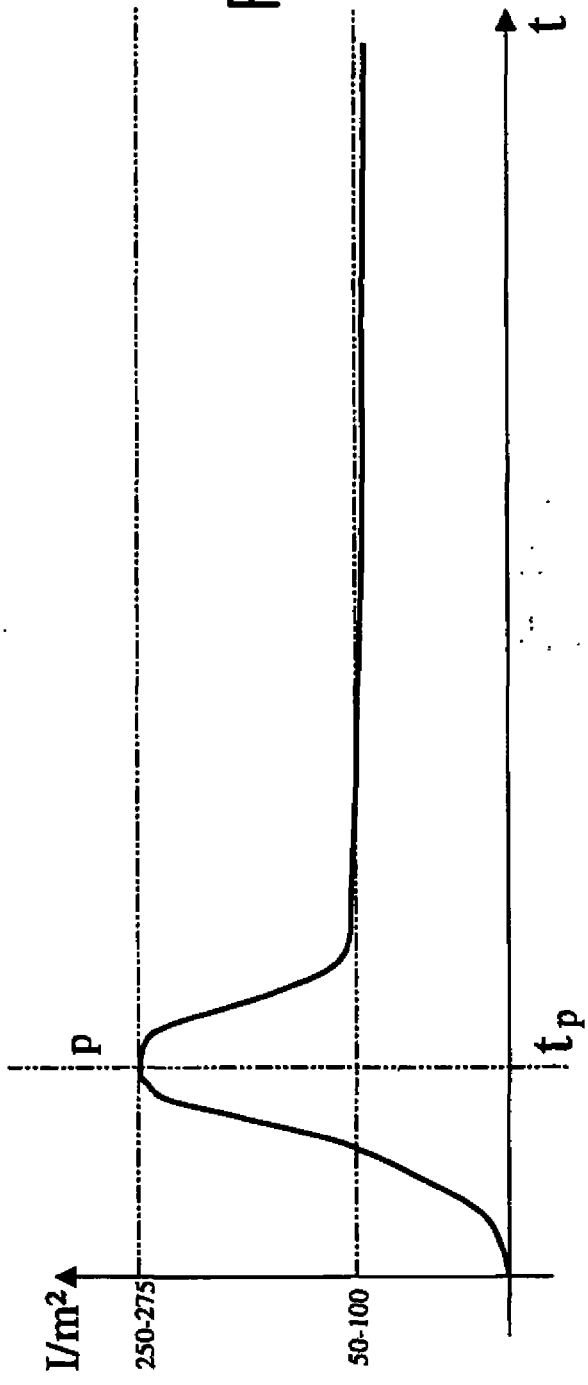


FIG.8A



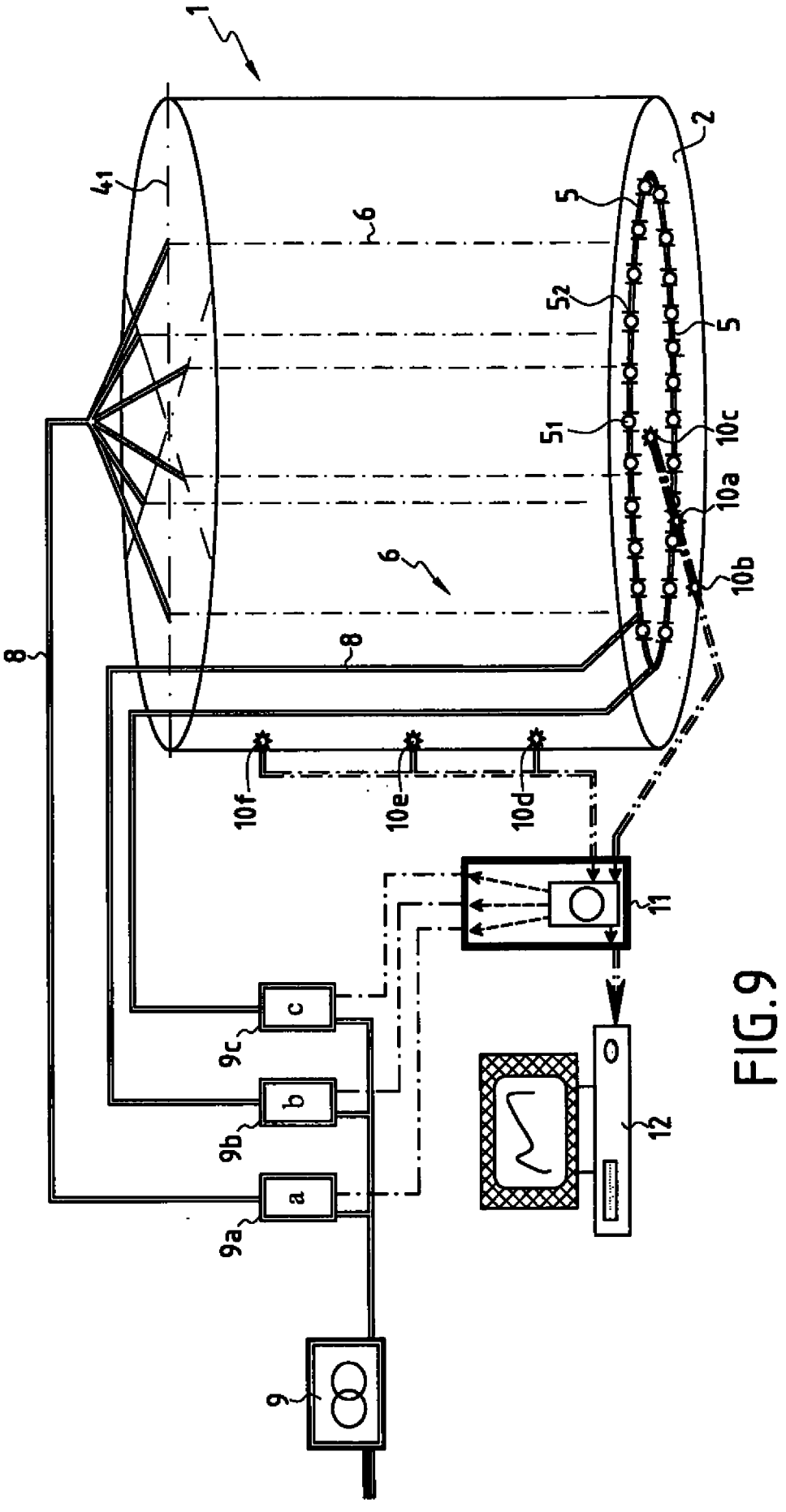


FIG.9

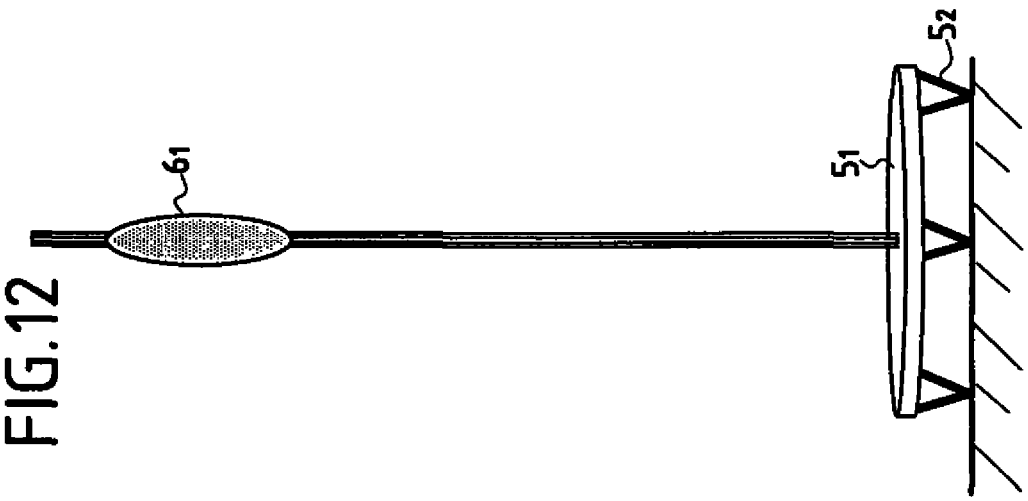


FIG.12

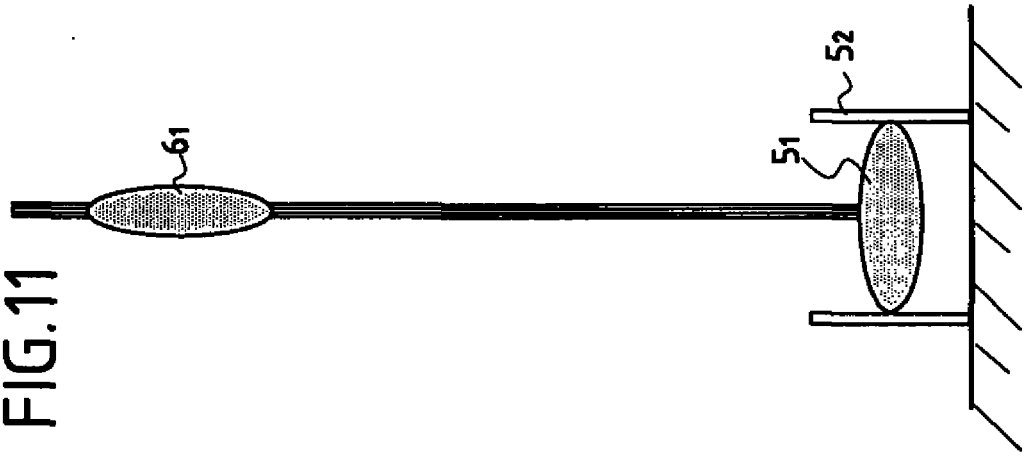


FIG.11

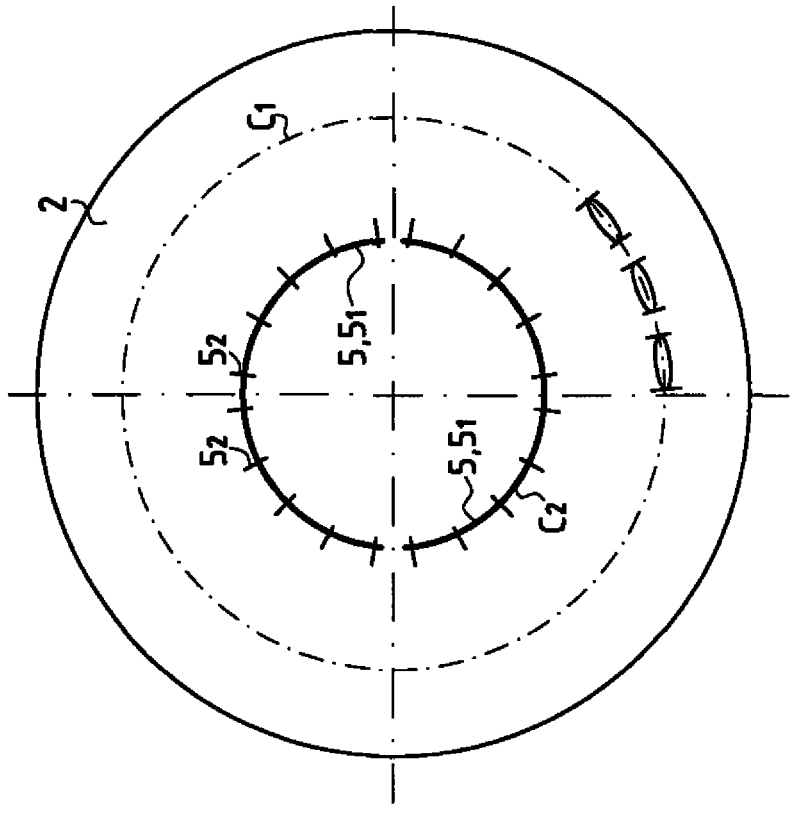


FIG.10