



NORGE

(19) [NO]

STYRET FOR DET  
INDUSTRIELLE RETTSVERN

[B] (12) UTLEGNINGSSKRIFT (11) NR. 150136

(C) (45) PATENT MEDDELT  
8. FEB. 1985

(51) Int. Cl.<sup>3</sup> G 01 N 27/61, 27/20

(21) Patentsøknad nr. 821257  
(22) Inngivelsesdag 19.04.82  
(24) Løpedag 19.04.82  
(62) Avdelt/utskilt fra søknad nr.

(86) Internasjonal søknad nr. -  
(86) Internasjonal inngivelsesdag -  
(85) Videreføringssdag -  
(41) Alment tilgjengelig fra 20.10.83  
(44) Utlegningsdag 14.05.84  
(72) Oppfinner HÅREK HOGNESTAD, Haslum.

(71)(73) Soker/Patenthaver  
SENTRALINSTITUTT FOR  
INDUSTRIELL FORSKNING,  
Forskningsveien 1, Blindern,  
Oslo 3.

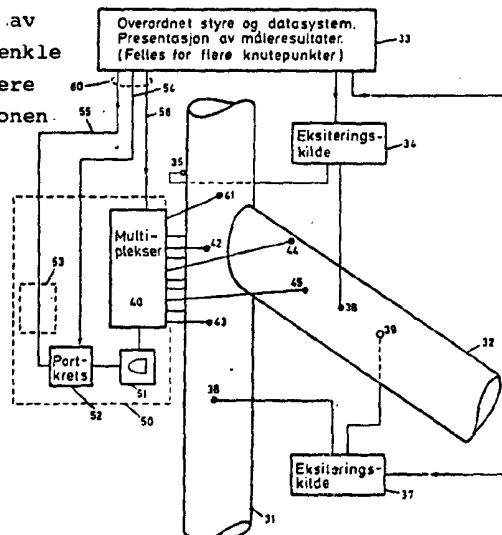
(74) Fullmektig Siv.ing. Rolf Larsen,  
Bryn & Aarflot A/S, Oslo

(30) Prioritet begjært Ingen.

(54) Oppfinnelsens benevnelse  
FREMGANGSMÅTE OG ANORDNING FOR  
OVERVRKNING AV STORE KONSTRUKSJONER  
AV METALL.

(57) Sammendrag Fremgangsmåte og anordning for overvåkning av stålkonstruksjoner for å detektere defekter, f.eks. sprekker. Konstruksjonen (31,32) påtrykkes elektrisk strøm og det måles resulterende spenningsfall mellom kontaktpunkter (41-45) på konstruksjonen. Det benyttes et forholdsvis stort antall faste kontaktpunkter fordelt over det område som ønskes overvåket. Måling av spenningsfallet skjer mellom utvalgte par av kontaktpunktene, og disse spenningsfall sammenlignes med tilsvarende spenningsfall tidligere målt på samme måte med konstruksjonen i en utgangstilstand, fortrinnsvis fri for defekter. En hovedanvendelse av slik overvåkning er på fralands-borerigger og produksjonsplattformer for utvinning av petroleum, hvor det er av betydning at overvåkingen kan skje med robuste og enkle midler, særlig de deler av utstyret som skal detektere mulige defekter i det aktuelle område på konstruksjonen.

(56) Anførte publikasjoner USA (US) patent nr. 2326352.



Store konstruksjoner av metall, særlig stålkonstruksjoner, er i de senere år blitt bygget i slike dimensjoner og tatt i bruk under så vanskelige forhold at behovet for deteksjon og lokalisering av defekter i disse konstruksjoner, f.eks. sprekker eller brudd, er blitt meget påtrengende i mange anvendelser. Eksempler på dette er skipskonstruksjoner og for petroleumsutvinning til havs, som til dels har vært utsatt for ulykker som har aksentuert spørsmålet om nøyere overvåkning av disse under bruk.

Det har vært foreslått forskjellige måleprinsipper for slik overvåkning av konstruksjoner, bl.a. metoder basert på vibrasjonsanalyse, akustisk emisjon, ultralydsystemer, magnetfelt-registrering og visuell inspeksjon. Disse metoder har ikke slått igjennom for de her aktuelle overvåkningsformål, kanskje særlig på grunn av de store påkjenninger av mekanisk og annen art som utstyret kan bli utsatt for, særlig til sjøs eller ved fralands-operasjoner. Det er også av betydning at slike overvåknings-systemer ikke medfører prohibitive omkostninger ved installasjon og vedlikehold, da de deler eller områder av konstruksjonene som skal overvåkes ofte vil ha meget stor utstrekning. Systemer basert på bruk av et antall transdusere, f.eks. for deteksjon av vibrasjon, akustisk emisjon eller ultralydsignaler, vil således kunne innebære montering av et meget stort antall slike transdusere som hver representerer en forholdsvis stor omkostning og risiko for svekt eller feilfunksjon.

Mer spesielt er det også tidligere kjent en metode til undersøkelse av konstruksjonsdeler eller -komponenter med hensyn på sprekker, basert på potensialfall i et elektrisk felt som fremkommer ved påtrykning av en elektrisk strøm på prøvestykket. Denne såkalte potensialfall-metode er kjent i forbindelse med detaljundersøkelse av en allerede lokalisert sprekk. Sprekkens størrelse/dybde måles da ved å plassere en elektrode på hver side av sprekken og så måle spenningsfallet mellom disse. Strømmen som påtrykkes, er da en likestrøm eller en lavfrekvent vekselstrøm.

Noen spesielle versjoner av potensialfallmetoden er publisert i tysk patentsøknad 25 57 658 og britisk patent 804.323.

150136

2

I det førstnevnte tilfelle benyttes høyfrekvent strømpåtrykk hvor undersøkelsen går ut på å måle potensialfallet som funksjon av frekvensen. I det andre tilfelle, som spesielt er angitt å vedrøre overflatesprekker, måles et radiofrekvenspotensial som opptrer mellom to adskilte elektroder som beveges på overflaten av konstruksjonsdelen, idet denne påtrykkes en oscillerende elektrisk strøm fra en radiofrekvenskilde. For overvåkning under slike forhold som foreliggende oppfinnelse tar sikte på, er et arrangement med bevegelige elektroder som skal føres over det aktuelle overvåknings-område, ikke brukbart.

Den oppgave som ligger til grunn for foreliggende oppfinnelse er, under vanskelige og tildels ekstreme forhold, som f.eks. på fralands-borerigger og produksjonsplattformer, å overvåke store områder eller overflater på konstruksjonsdeler over lengre tid med sikte på å detektere eventuelle defekter som måtte oppstå, såsom sprekker eller korrosjonsskader. Oppfinnelsen er forsåvidt basert på prinsippene for potensialfall-metoden, idet konstruksjonen eller en seksjon av denne påtrykkes en elektrisk strøm og tilsvarende spenningsfall måles mellom kontaktpunkter på konstruksjonen.

Det nye og særegne ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen består i første rekke i at konstruksjonen eller en seksjon av denne forsynes med et forholdsvis stort antall faste kontaktpunkter arrangert i et mønster med forholdsvis jevn fordeling over konstruksjonen eller den seksjon som ønskes overvåket, og at det ved påtrykning av elektrisk strøm i det minste gjennom to kontaktpunkter eller elektroder på konstruksjonen, foretas måling av spenningsfallet mellom utvalgte par av kontaktpunktene blant en vesentlig del eller samtlige av det nevnte antall kontaktpunkter, samt at det totale bilde av avvik mellom målingene i utgangstilstanden og de foretatte målinger tas med ved detekteringen og lokaliseringen av eventuelle defekter.

Med en slik fremgangsmåte blir det således med konstruksjonen i en utgangstilstand bestemt eller definert en såkalt signatur som er karakteristisk for konstruksjonen, fortrinnsvis i en slik tilstand hvor man vet at denne er fri for sprekker eller andre defekter som overvåkingen senere skal være rettet mot. Senere målinger under konstruksjonens drift blir sammenlignet med den nevnte signatur og avvik blir beregnet, f.eks. uttrykt i promille av spenningsfallet, samt presentert på en hensiktsmessig måte.

Den her angitte fremgangsmåte har bl.a. den fordel at det ikke benyttes ømfintlige sensorer eller transdusere. De kontaktpunkter som anbringes på konstruksjonen, kan ha form av solide stålbolter som er sveiset fast. Ved hensiktsmessig utførelse og beskyttelse mot korrosjon vil disse kontaktpunkter kunne virke feilfritt i hele den beregnede levetid av konstruksjonen.

En annen stor fordel i mange anvendelser følger av at stål og andre metaller i forhold til saltvann utgjør ekstremt lavohmige systemer som er ufølsomme for lekkasjestrømmer i vannet. Betydningen av dette forhold er åpenbar når det gjelder konstruksjoner som borerigger, produksjonsplattformer og skipsskrog.

Det er mulig å detektere små sprekker før disse har fått slik størrelse at det kan være fare for sammenbrudd av konstruksjonen. Nærmere bestemt kan f.eks. tverrgående sprekker der mindre enn 5% av ståltverrsnittet i et større stålrør er gått tapt, detekteres. Langsgående sprekker i et slikt rør vil kunne detekteres ved å benytte flere strømkilder for påtrykning av eksiteringsstrømmen på konstruksjonen, eller eventuelt ved omkobling av samme kilde til forskjellige par av elektroder for strømpåtrykning. Det er også mulig å utforme og arrangere kontaktpunktene slik at et større antall av disse eller samtlige punkter etter tur og parvis kan benyttes til å mate eksiteringsstrøm inn i konstruksjonen.

I prinsippet er det mulig å bruke såvel likestrøm som vekselstrøm til fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen. Bruk av en stasjonær likestrøm innebærer visse ulemper, i første rekke at termospenninger kan virke forstyrrende og at det oppstår krav om stor stabilitet i de elektroniske kretser som

150136

4

er nødvendige. De spenninger eller potensialfall som opptrer mellom to kontaktpunkter under måling er typisk av størrelsesorden mikrovolt, hvilket innebærer at det alltid vil kreves forsterkning. Videre er det ønskelig å måle spenningsfallet med forholdsvis stor nøyaktighet, f.eks. med en nøyaktighet på omkring en promille. Disse forhold er grunnen til at det ifølge oppfinnelsen foretrekkes å benytte vekselstrøm med hensiktsmessig kurveform og frekvens, selv om dette medfører en del bivirkninger som i noen grad kompliserer måleprinsippet. Allikevel kan dette være en fordel måleteknisk sett. Således er det valgt å benytte en firkantbølgeformet eksiteringsstrøm, enten i form av en vekselstrøm eller i form av en pulset likestrøm.

Eksiteringsstrømmen gir et spenningsfall på grunn av konstruksjonsmaterialets resistivitet. Dette spenningsfall vil ha samme kurveform som eksiteringsstrømmen og er primært grunnlaget for målingene under overvåkingen. I tillegg vil det, som antydnet ovenfor, opptre en del virkninger som etter omstendighetene kan ansees å representere forstyrrelser. Slike virkninger skyldes induksjon i måleledninger som følge av endringer i eksiteringsstrømmen og strømfortrengning (skinneffekt) i vedkommende konstruksjonsdel ved hurtige endringer i strømmen, hvilket innebærer høye frekvenskomponenter. Strømfortrengningen er årsak til høy eller lav strømtetthet i overflaten (avhengig av om vi betrakter den ytre eller indre overflaten i f.eks. et rør), som i sin tur fører til et transient signal som dør ut mer eller mindre langsomt, avhengig av konstruksjonsdelens geometri, og dens elektriske og magnetiske egenskaper.

Betraktningene ovenfor gir bakgrunn for at det ifølge oppfinnelsen blir anvendt så lav frekvens, henholdsvis puls-frekvens, at transienter som initieres av at strømmen stiger eller faller, dør ut før strømmen igjen forandrer seg.

Hvis eksiteringsstrømmen holdes konstant en viss tid, vil det før eller siden oppstå en stasjonær tilstand. Målesignalet vil da bare være gitt av strømfordelingen i konstruksjonen, og av konstruksjonsmaterialets resistivitet, dvs. svarende til ren likestrøms eksitering. Ved å måle differansen i signalet mellom hver halvperiode av vekselstrømmen i en slik stasjonær tilstand, elimineres også den uheldige innvirkning av signaler

som ikke er knyttet til eksiteringsstrømmen, såsom termospenninger, drift i forsterker etc.

Det er videre hensiktsmessig å foreta relative målinger, f.eks. ved at spenningsfallet med jevne mellomrom også måles over et referanse-elektrodepar, som bør være plassert i et område på konstruksjonen hvor det er sannsynlig at sprekker ikke vil oppstå. Derved er det i prinsippet også mulig å få en effektiv kompensasjon for eventuelle endringer i eksiteringsstrømmen. En slik relativ måling vil kunne kompensere for en rekke uønskede effekter, særlig hvis den samme forsterker vekselvis omkobles mellom de aktuelle målepunkter.

Ytterligere trekk ved oppfinnelsen vil fremgå av den følgende beskrivelse i tilknytning til tegningsfigurer, og av patentkravene, idet oppfinnelsen også omfatter en anordning for utførelse av den ovenfor omtalte fremgangsmåte.

På tegningsfigurene viser:

- fig. 1 et eksempel på en rørformet konstruksjonsdel med et inntegnet elektrisk feltbilde tilsvarende en situasjon (fig. 1a) uten defekter i delen, og (fig. 1b) med et feltbilde påvirket av en defekt (tverrgående spekk) i rørdelen,
- fig. 2 et arrangement eller mønster av kontaktpunkter som kan tjene som måleelektroder for deteksjon eller overvåking av en rørdel som på fig. 1, med rørveggen vist utbrettet,
- fig. 3 en utførelsesform til overvåking av et knutepunkt i en konstruksjon bestående av rørformede deler,
- fig. 4 kurveformer på eksiteringsstrøm og andre signaler som opptrer ved en praktisk utførelse av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen,
- fig. 5 en aktuell måte å presentere overvåkningsresultatene på.

På fig. 1a er det vist en lengde av en rørformet konstruksjonsdel 1 hvis høyre ende er bortskåret. Ved den venstre ende er det vist et strømtilførselspunkt 2a, idet et tilsvarende kontaktpunkt er forutsatt ved den ikke viste høyre ende av rørdelen. Denne er her forutsatt å være uten defekter, f.eks. sprekker som kan innvirke på fordelingen av den elektriske strøm og feltet

og dermed potensialfallet langs røret. Med prikkede linjer 10a er det på fig. 1a antydnet ekvipotensiallinjer som viser forløpet av det elektriske felt i røret, mens de heltrukne linjer 20a illustrerer strømbanene i dette temmelig idealiserte tilfelle.

Samme rørdel er på fig. 1b vist i en situasjon hvor det er oppstått en sprekke 3 på tvers av rørets lengderetning. Med påtrykning av en elektrisk eksiteringsstrøm på samme måte som på fig. 1a, vil det her på grunn av sprekken 3 fremkomme et endret feltbilde slik det fremgår av det modifiserte forløp av henholdsvis ekvipotensial-linjene 10b og strømbanene 20b omkring sprekken 3. Disse endringer er størst i nærheten av den uregelmessighet som sprekken 3 representerer og som er årsak til at strømveiene forskyves. Imidlertid er virkningen også målbar i en viss avstand fra sprekken, avhengig av måleutstyrets evne til å detektere små spenningsforandringer.

På figurene 1a og 1b, som bare er ment som en rent elementær og forenklet forklaring på det prinsipp som ligger til grunn for oppfinnelsen, kan det elektriske feltbilde på fig. 1a anses å være den opprinnelige signatur eller utgangstilstand som vedkommende konstruksjonsdel har når overvåkingen innledes. Fortrinnsvis er således konstruksjonsdelen fri for defekter i denne utgangstilstand. Når det i løpet av en tids overvåking oppstår f.eks. en sprekke 3 som vist på fig. 1b, fremkommer det et endret feltbilde som kan detekteres og de måle spenningsfall eller differanser i denne situasjon kan sammenlignes med signaturen ifølge fig. 1a for bestemmelse og lokalisering av defekter angitt ved avvik mellom de to måleserier.

Fig. 2 viser et eksempel på plassering av et antall måle- eller kontaktpunkter merket 1-21 på et rør som vist på fig. 1, forutsatt utbrettet på fig. 2. Som det fremgår av denne figur, er kontaktpunktene arrangert i et regelmessig mønster med tre punkter fordelt rundt omkretsen av røret, og samme avstand innbyrdes mellom nabopunkter i de forskjellige retninger. Målingene av spenningsfall i et slikt arrangement kan skje gruppevis, med utgangspunkt i de enkelte måleelektroder, f.eks. punktene 1, 4 og 13, som antydnet med piler ut fra disse punkter. Målingene i gruppe 1 skjer f.eks. i henhold til pilene  $E_{1-6}$ , henholdsvis  $E_{1-7}$  og  $E_{1-4}$ . Eksiteringsstrømmen tenkes her påtrykket på tilsvarende måte som på figurene 1a og 1b, dvs. i lengderetningen av rørdelen.

Fig. 3 viser skjematisk hvordan målemetoden kan anvendes i praksis for overvåkning av et knutepunkt i en konstruksjon hvor det til en vertikal rørdel 31 er sveiset en skrå rørdel 32. Et slikt knutepunkt er f.eks. på en borerigg, en seksjon av konstruksjonen som det er av stor interesse å overvåke av hensyn til mulige defekter som måtte oppstå under drift.

Overvåkingen står under kontroll av et overordnet styre- og datasystem 33 som eventuelt kan være felles for flere slike seksjoner eller områder på boreriggen som skal overvåkes. Styresystemet 33 har også ikke viste innretninger til presentasjon av måleresultatene.

For påtrykning av eksiteringsstrøm på knutepunktet er det her vist to eksiteringskilder 34 og 37 med tilhørende kontaktpunkter eller mateelektroder 35 og 36, henholdsvis 38 og 39. Med et slikt arrangement står det til disposisjon to alternative strømpåtryknings-muligheter, hver med sin tilhørende opprinnelige signatur, dvs. elektrisk feltbilde i utgangstilstanden.

For deteksjon av potensialfall i de respektive elektriske felter som kildene 34 og 37 setter opp, er det plassert et antall kontaktpunkter 41, 42, 43, 44 og 45, som vist i området ved knutepunktet mellom delene 31 og 32. Disse kontaktpunkter er ved hjelp av ledninger forbundet med en multiplekser 40, idet også andre ikke viste kontaktpunkter er forbundet med multiplekseren. Arrangementet av kontaktpunktene i området ved knutepunktet kan være mer eller mindre i form av et regelmessig mønster, eller det kan være basert på tidligere erfaring om hvilke soner i konstruksjonen som er mest utsatt for defekter, f.eks. sprekker eller korrosjonsangrep. Vanligvis er det hensiktsmessig å anbringe kontaktpunktene med forholdsvis jevn fordeling i det spesielt utsatte område på konstruksjonen. Det er i alle tilfeller av betydning at det benyttes et antall kontaktpunkter som kan gi et dekkende bilde av det elektriske feltforløp og mulige endringer i dette som følge av defekter.

Multiplekseren 40 kan ansees å inngå i en elektronikk-krets 50 som kan utgjøre en egen enhet, fortrinnsvis montert ved eller nær det område av konstruksjonen som enheten skal ta hånd om. En slik elektronikk-krets med tilhørende eksiteringskilder kan f.eks. plasseres inne i et av rørene 31 eller 32. I denne for-

bindelse kan det nevnes at kontaktpunktene 41-45 enten kan være plassert på den ytre overflate eller også på den indre overflate av rørdelene. Det samme gjelder tilførselspunktene 35, 36 og 38, 39 for eksiteringsstrøm.

Multiplekseren 40 står under styring av styresystemet 33 gjennom en ledning 56, og avgir i rekkefølge signaler avtastet fra de forskjellige kontaktpunkter 41-45 osv., til en forsterker 51, hvis utgang er forbundet med en portkrets 52 som likeledes under styring av styresystemet 33 gjennom en ledning 54, tjener til å slippe igjennom de ønskede deler av signalet. Dette skal forklares nærmere under henvisning til fig. 4. Etter portkretsen er det antydnet en boks 53 som kan være en analog/digital-omsetter eller eventuelt en mikroprosessor som foretar en viss behandling av målesignalene i elektronikkenheten 50 før de gjennom en ledning 55 leveres til det overordnede styre- og datasystem 33 for eventuell videre bearbeidelse og registrering eller presentasjon.

Forbindelsene mellom styresystemet 33 og elektronikkenheten 50 kan etter omstendighetene omfatte flere ledninger enn de viste tre ledninger 54, 55 og 56, avhengig av hvilke funksjoner som enheten 50 skal utføre. Det er således antydnet at disse forbindelsesledninger kan ha form av en databus 60.

Hvis kretsen 53 er en mikroprosessor, kan dette besørge styringen av multiplekseren 40 for omkobling til de aktuelle målepunkter samtidig som den sørger for den første behandlingen av de målte signaler. Med en elektronikkenhet 50 plassert nær eller i den seksjon som skal overvåkes, blir ledningsføringen til kontaktpunktene oversiktlig og praktisk hensiktsmessig. Det samme blir oppnådd når eksiteringskildene har en lignende plassering. En spesiell mulighet består i å bruke de samme kontaktpunkter både for måling av spenningsfall og for påtrykning av eksiteringsstrøm. I så fall vil elektronikkenheten 50 også inneholde eksiteringskilden, og multiplekseren 40 må være konstruert for å kunne overføre de høyere strømstyrker som eksiteringsstrømmen skal ha. Med et slikt arrangement står man meget friere til å etablere en rekke forskjellige signaturer for hvert overvåket område slik at det kan anlegges særskilte eksiteringsstrøm-baner med sikte på å detektere spesielle former for defekter, f.eks. langsgående sprekker.

Den nødvendige eksiteringsstrøm avhenger av godstykkelsen i de konstruksjonsdeler som skal overvåkes; for et rør med godstykkelse 25 mm bør eksempelvis eksiteringsstrømmen være omkring 30 ampere eller høyere. Dette gjelder ved firkantbølgeformet vekselstrøm med en forholdsvis lav frekvens, f.eks. 1-2 Hz.

Det overordnede styre- og datasystem 33 kan i hovedsak bestå av en mindre datamaskin, f.eks. en bordregnemaskin av litt større type. Denne kan ha som viktige oppgaver:

- Kommunikasjon med lokale eksiteringskilder, elektronikk-enheter og eventuelt mikroprosessorer, samt valg av hver seksjon etter et visst program blant et antall seksjoner under overvåkning.
- Lagring av signaturer.
- Beregning av avvik fra de respektive signaturer.
- Presentasjon av avvik.
- Beregning av middelerverdier og presentasjon av disse.
- Trend-analyse av mindre uregelmessigheter i de målte verdier.
- Eventuell grafisk presentasjon av data, hvilket med fordel kan skje i form av farvegrafikk.

Fig. 4 viser øverst (a) en firkantbølgeformet eksiteringsstrøm (vekselstrøm) med frekvens 1,5 Hz., dvs. periode 0,67 sek. Nedenfor (b) er det vist hvordan styresignalet for en portkrets, såsom portkretsen 52 på fig. 3, kan være for å blokkere for uønskede deler av det resulterende målesignal, idet dette vil være beheftet med transienter som kan overstyre de etterfølgende elektroniske kretser.

Nederst (c) på fig. 4 vises det resulterende målesignal på utgangen av portkretsen. De spenninger som skal måles, er betegnet  $E_1$  og  $E_2$ , og det er for hver halvperiode vist tidsintervaller henholdsvis  $T_1$  og  $T_2$  ved slutten av hver målesignalpuls, hvor den egentlige måling blir foretatt. Det fremgår av fig. 4c at målesignalet i disse avsluttende tidsintervaller  $T_1$  henholdsvis  $T_2$  har nådd en konstant verdi etter at den transiente del av signalet ved begynnelsen av hver halvperiode har dødd ut. Som tidligere nevnt skyldes disse transienter forskjellige faktorer såsom induksjon i måleledninger, strømfortrengning (skinneffekt) etc. Den verdi som skal be-

stemmes er  $E = E_1 - E_2$ . Denne ønskes bestemt så nøyaktig som mulig, fortrinnsvis med en nøyaktighet på ca. 1 promille eller bedre. I det minste bør den relative nøyaktighet mellom en måling vedrørende en gruppe kontaktpunkter (se omtalen av fig. 2) og en måling over et referanseelektrodepar, være i denne størrelsesorden.

Støy av forskjellig slag vil kunne føre til unøyaktigheter i målingene. De viktigste støykilder er:

- Fra elektriske installasjoner induseres det signaler i målesløyfen (ledninger til kontaktpunktene og selve den aktuelle konstruksjonsdel). Slik støy opptrer i hovedsak på to forskjellige måter, nemlig:
  - a) Mer eller mindre kontinuerlig på nettfrekvensen og dens harmoniske. 50 og 150 Hz er oftest de dominerende komponenter.
  - b) Transienter som oppstår ved inn- og utkobling av elektriske apparater.
- Støy i forsterkeren.
- Drift i forsterkeren, multiplekseren etc. Kravet om stabilitet i slike kretser og enheter er begrenset til den tid som er nødvendig for å ta en komplett måling, dvs. at referanse-elektrode-måling er inkludert.

Med de betingelser som man må arbeide med i praksis innebærer disse støykilder at det vanligvis blir nødvendig med statistiske metoder for behandling av målesignalene.

For å illustrere hva som her menes med statistisk behandling, er følgende prosedyre tatt med som et eksempel:

Først blir det sørget for å midle flere tidsforløp av målesignalet (fig. 4c). Det blir så tatt 20 samplinger i måletidsintervallet ( $T_1$  henholdsvis  $T_2$  på fig. 4c). Av disse samplinger forkastes de fem høyeste og de fem laveste i hver gruppe på 20 samplinger. Datamaskinen beregner aritmetisk middelværdi av de gjenstående 10 samplinger (av  $E_1$  og  $E_2$ ). Deretter beregnes  $E = E_1 - E_2$ .

Denne sekvens blir gjentatt fire ganger, slik at det fremkommer fire måleverdier på  $E$ . Den høyeste og laveste verdi av  $E$  forkastes. Til slutt beregnes aritmetisk middelværdi av de to gjenstående verdier på  $E$ .

En måling ifølge denne prosedyre kan ta noen minutter med

utstyr i en vanlig laboratorieoppstilling. Med spesialbygget utstyr og en mer avansert midlingsprosedyre vil den nødvendige tid bli sterkt redusert. På dette punkt er det imidlertid riktig å bemerke at ved slik overvåkning som det her er tale om, har man vanligvis god tid, idet de defekter eller fenomener som ønskes overvåket, ikke vil utvikle seg særlig raskt i de faser som det er aktuelt å detektere.

Hvis sinusbølgeformet vekselstrømeksitering benyttes, vil det resulterende målesignal mellom to kontaktpunkter også bli sinusformet med amplitude og fase gitt av de ovenfor nevnte forhold, dvs. konstruksjonsmaterialets resistivitet, skinn-effekt og induksjon i måleledningene. Sinusformet eksiteringsstrøm vil imidlertid kreve andre metoder for signalbehandlingen enn beskrevet ovenfor i forbindelse med bruk av firkantbølgeform. Eksempelvis vil det være av vesentlig betydning å skille mellom de signalkomponenter som ligger i fase med eksiteringsstrømmen og de som er  $90^\circ$  forskjøvet i forhold til denne.

Den nødvendige sammenligning av avvik mellom opprinnelig signatur og en senere måling kan foregå på forskjellige nivåer. På det laveste nivå sammenlignes enkeltmålinger med hverandre. For å lette tolkningen av de målte avvik, vil det kunne være behov for sammenligning i en mer konsentrert form. Det er et vesentlig poeng ved oppfinnelsen at det totale bilde av avvik mellom signatur og en senere måleserie, oppnådd ved målinger på et forholdsvis stort antall kontaktpunkter, tas med i en manuell eller automatisk vurdering av tilstanden.

En mulig grafisk presentasjonsform av måleresultater, dvs. avvik fra signaturen, er illustrert på fig. 5. Den aktuelle konstruksjonsdel er der forutsatt å være en rørlengde  $f$ , eks. som vist på fig. 2. Røroverflaten er vist utbrettet og det er inntegnet rutenett med små sirkler i visse krysningspunkter, som skal markere kontakter for avtastning av spenningsfall. Tallene i noen av rutene er målte avvik fra signaturen (i promille) på et rør med diameter 760 mm og godstykkelse ca. 25 mm. Blanke ruter betyr at det måle avvik er lik eller mindre enn  $\pm 3$  promille, og et kryss angir at måling ikke har vært foretatt for å dekke vedkommende posisjon. Avvik mindre enn 3 promille er ikke angitt i figur 5, fordi slike små av-

150136

12

vik kan skyldes usikkerhet (støy) i måleoppstillingen.

Det er vist fire situasjoner henholdsvis a, b, c og d, svarende til et tapt tverrsnittsareal på henholdsvis 2,5%, 5%, 10% og 15%. Den aktuelle defekt eller sprekk fremgår av fig. 5a, hvor sprekkene er antydnet i den rektangulære rute hvor avviket er 7 promille. Det fremgår av fig. 5 at en utvikling av en sprekk fra 2,5% til 10 og 15% av tverrsnittsarealet resulterer i en tydelig indikasjon i denne presentasjon slik at det i god tid blir mulig å fastslå at en uheldig utvikling er i gang. Selve beliggenheten av defekten vil også kunne bestemmes med tilfredsstillende sikkerhet.

P a t e n t k r a v :

1. Fremgangsmåte for overvåkning av store konstruksjoner av metall, særlig stålkonstruksjoner, f.eks. skipskonstruksjoner, borerigger, produksjonsplattformer og broer, med sikte på å detektere og lokalisere defekter, såsom sprekker, som måtte oppstå under bruk, hvor konstruksjonen eller en seksjon av denne påtrykkes en elektrisk strøm og tilsvarende spenningsfall måles mellom kontaktpunkter på konstruksjonen, når den er i en utgangstilstand, fortrinnsvis fri for defekter, og hvor

det under bruk foretas tilsvarende måling av spenningsfall som sammenlignes med målt spenningsfall i utgangstilstanden, k a r a k t e r i s e r t v e d at konstruksjonen eller en seksjon av denne forsynes med et forholdsvis stort antall faste kontaktpunkter arrangert i et mønster med forholdsvis jevn fordeling over konstruksjonen eller den seksjon som ønskes overvåket, og at det ved påtrykning av elektrisk strøm i det minste gjennom to kontaktpunkter eller elektroder på konstruksjonen, foretas måling av spenningsfallet mellom utvalgte par av kontaktpunktene blant en vesentlig del eller samtlige av det nevnte antall kontaktpunkter, samt at det totale bilde av avvik mellom målingene i utgangstilstanden og de foretatte målinger tas med ved detekteringen og lokaliseringen av eventuelle defekter.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den elektriske strøm som påtrykkes er en pulsformet likestrøm med så lav pulsfrekvens at transienter som oppstår når strømmen stiger eller faller, dør ut før strømmen igjen forandrer seg.

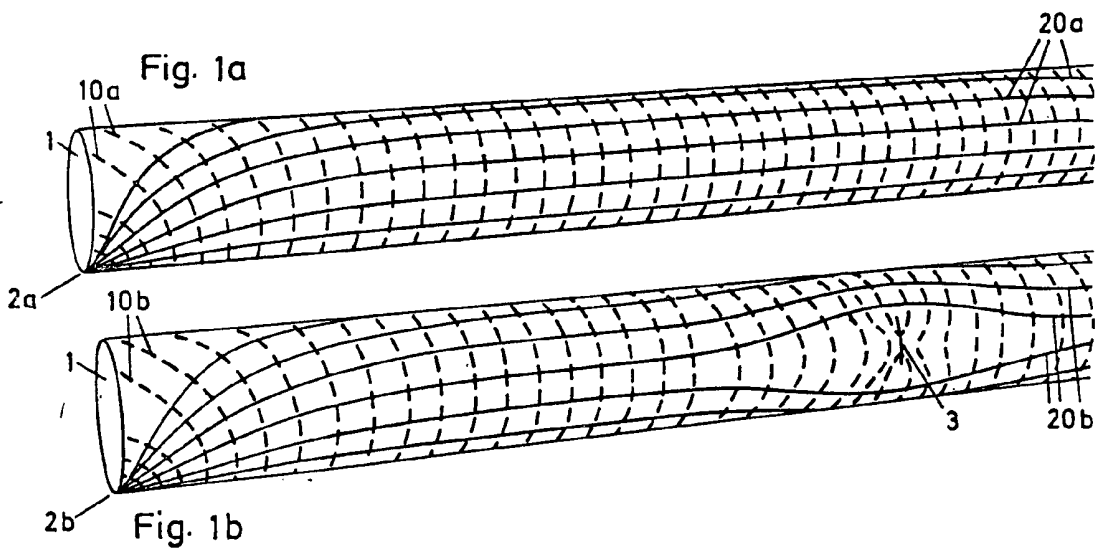
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den elektriske strøm som påtrykkes, er en firkantbølgeformet vekselstrøm med så lav frekvens at transienter som oppstår når strømmen stiger eller faller, dør ut før strømmen igjen forandrer seg.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, 2 eller 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at de nevnte spenningsfall måles i slike tidsintervaller hvor transienter som oppstår når strømmen stiger eller faller, har i det vesentlige dødd ut, slik at det hovedsakelig er det resistive, stasjonære spenningsfall som måles.

150136

14

5. Fremgangsmåte ifølge krav 1, 2, 3 eller 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at det dannes et estimat av den virkelige verdi ved statistisk behandling i en datamaskin av mange målinger av hvert av de nevnte spenningsfall.
6. Fremgangsmåte ifølge krav 1, 2, 3, 4 eller 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at den elektriske strøm påtrykkes i sekvens gjennom to og to innbyrdes fjerntliggende kontaktpunkter blant en utvalgt del av det nevnte antall faste kontaktpunkter.
7. Anordning til utførelse av fremgangsmåten ifølge krav 1, omfattende en elektrisk eksiteringskrets for påtrykning av en elektrisk strøm på en metallkonstruksjon eller en seksjon av denne, og en målekrets for måling av tilsvarende spenningsfall mellom kontaktpunkter på konstruksjonen, k a r a k t e r i s e r t v e d at et forholdsvis stort antall faste kontaktpunkter (41-45) er arrangert i et mønster med forholdsvis jevn fordeling over det område som ønskes overvåket, at målekretsen omfatter en multiplekser (40) innrettet til å foreta omkobling for måling av spenningsfallet mellom utvalgte par av kontaktpunktene blant en vesentlig del eller samtlige av det nevnte antall kontaktpunkter, og at en styre-enhet (33) er innrettet til å styre tidsforløpet av påtrykningen av elektrisk strøm fra den elektriske eksiteringskrets (34 eller 37) og av omkoblingen av multiplekseren (40) samt av registrering, eventuelt presentasjon av måleresultater.
8. Anordning ifølge krav 7, k a r a k t e r i s e r t v e d at styre-enheten omfatter en datamaskin (33) innrettet til å danne et estimat av den virkelige verdi ved statistisk behandling av mange målinger av hvert av de nevnte spenningsfall.
9. Anordning ifølge krav 7 eller 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at i det minste en betydelig andel av kontaktpunktene med tilhørende ledninger er konstruert og dimensjonert slik at de både kan tjene til måling av spenningsfall og til påtrykning av den elektriske strøm fra eksiteringskretsen.



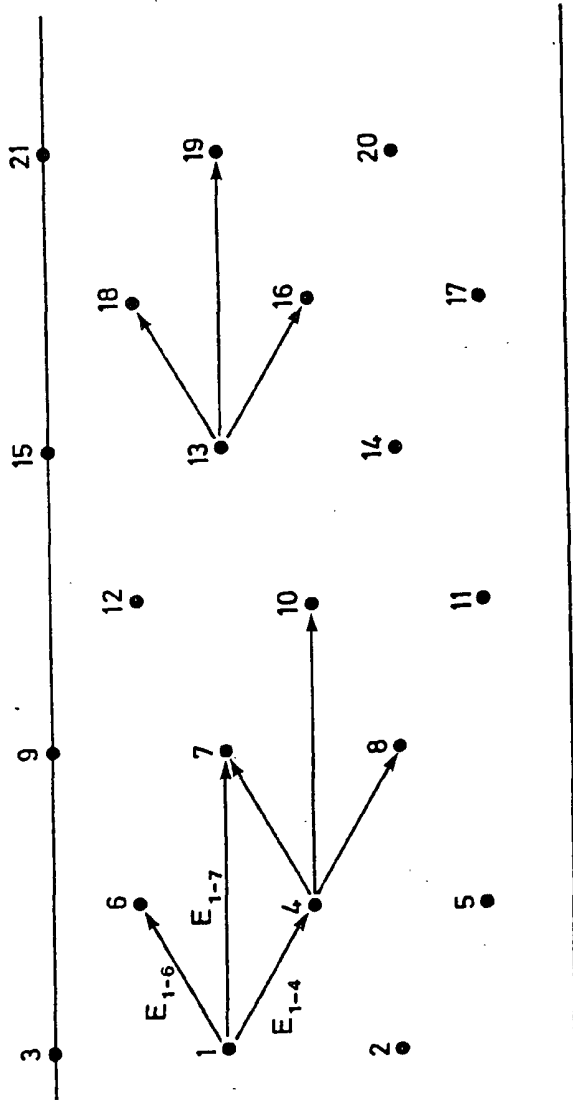


Fig. 2

150136

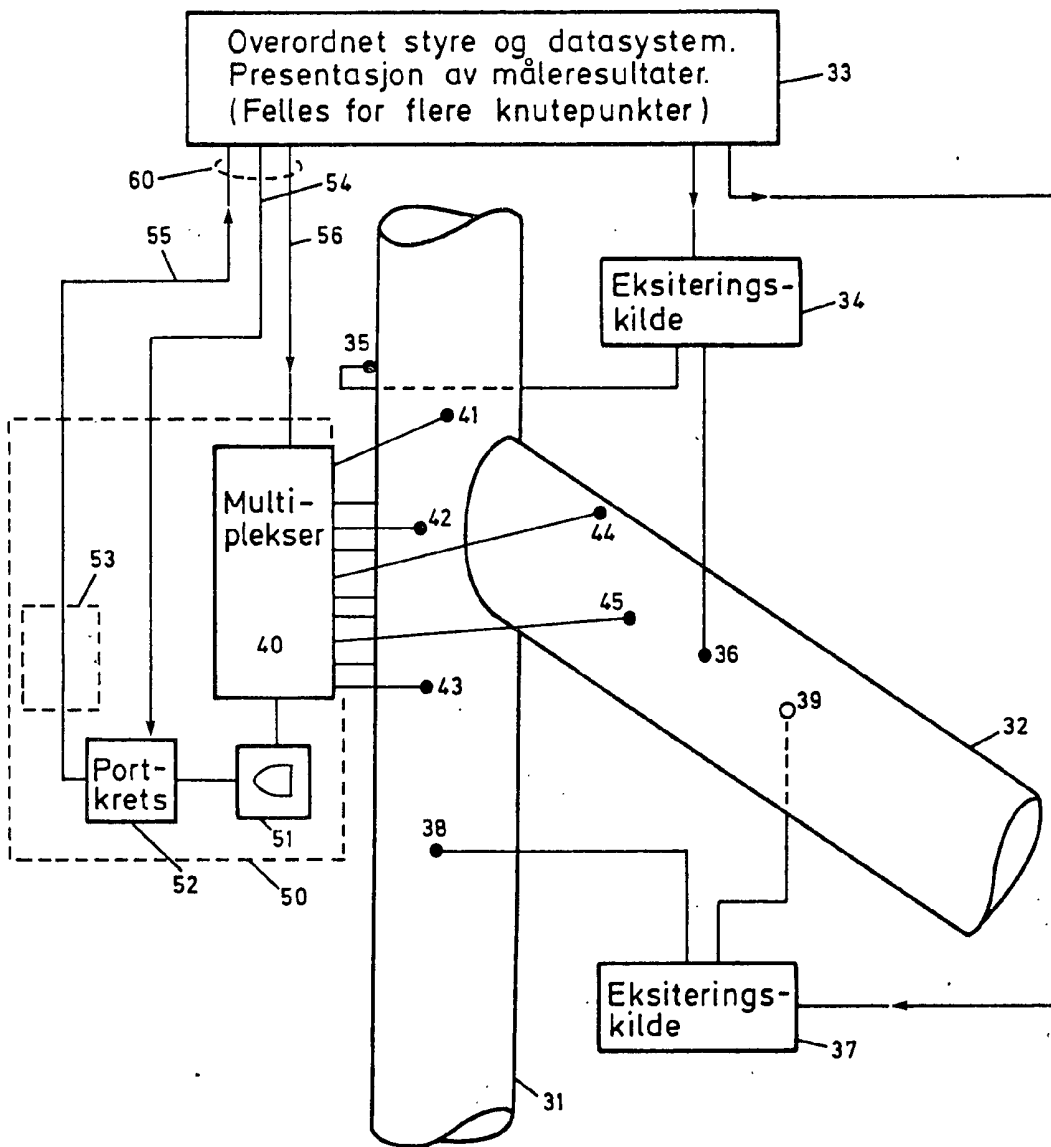


Fig. 3

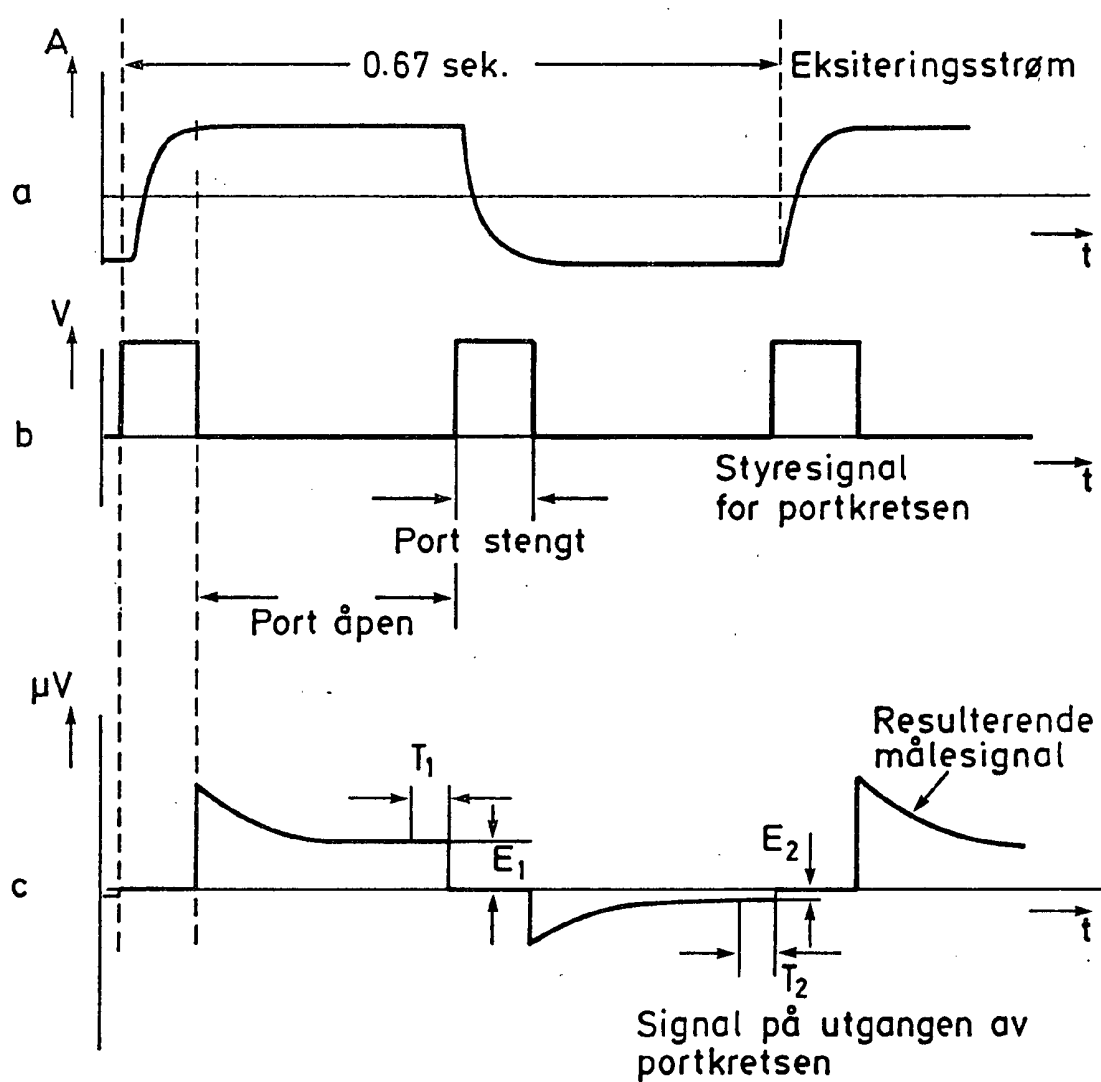
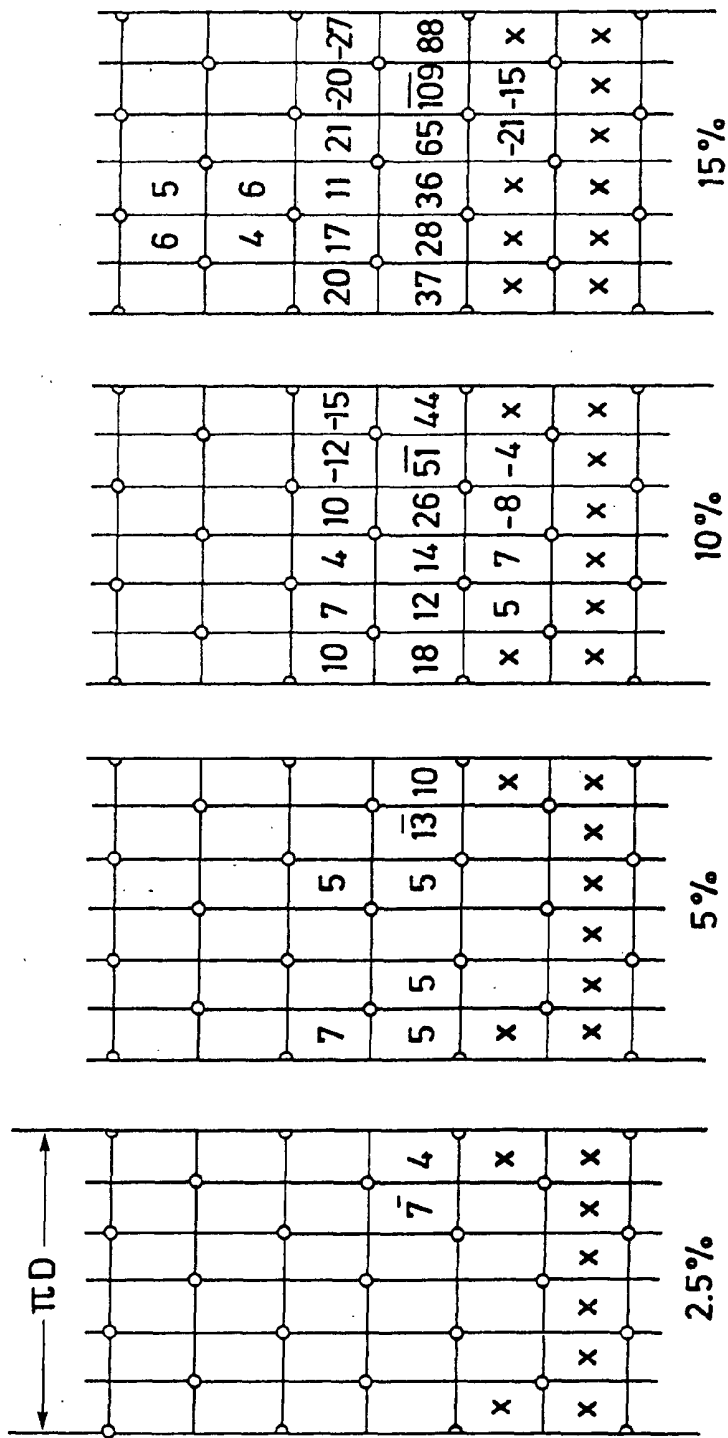


Fig.4 (a, b, c)



a                      b                      c                      d

Fig.5