

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 164010 B

Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 4281/86

(51) Int.Cl.5

G 08 B 19/02
// G 01 W 1/00

(22) Indleveringsdag: 08 sep 1986

(41) Alm. tilgængelig: 10 mar 1987

(44) Fremlagt: 27 apr 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 09 sep 1985 FI 853444

(71) Ansøger: *VAISALA OY; PL 26; 00421 Helsinki 42, FI

(72) Opfinder: Taisto *Haavasoja; FI

(74) Fuldmægtig: Dansk Patent Kontor A/S

(54) Fremgangsmåde og aggregat for bestemmelse af belægningen på en vejoverflade

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammen drag:

4281-86

Opfindelsen angår en fremgangsmåde og et aggregat til bestemmelse af belægningen på en vejoverflade. Ifølge fremgangsmåden fødes målesignalerne til et par elektroder indlagt i en vejoverflade virkende som en detektor (5), hvor forholdet mellem målestrømmen og spændingen, der dannes over detektorerne (5), bestemmes for at fastslå ledningsevnen af belægningen på vejoverfladen. Ifølge opfindelsen er det signal, der fødes til detektoren (5), et vekselstrømssignal med lav spænding og lav frekvens, og ifølge fremgangsmåden måles den elektriske polarisation mellem polerne frembragt af målestrømmen, for at bestemme tykkelsen af belægningen på vejoverfladen. Aggregatet til udførelse af fremgangsmåden består af en kontakt til åbning af det konduktive målekredsløb (6) for at kunne måle overfladesignalet, et detektorpolaritetomskifterkredsløb (4), der kan forandre retningen af målestrømmen, et overfladesignalmålekredsløb (7) til måling af tykkelsen af belægningen på vejoverfladen, såvel som et alarmkredsløb (8) anbragt for at indikere mulige frostdannelser på vejen på basis af spændingsværdien af ledningsevnen og overfladesignalet.

fortsættes

DN 104010 B

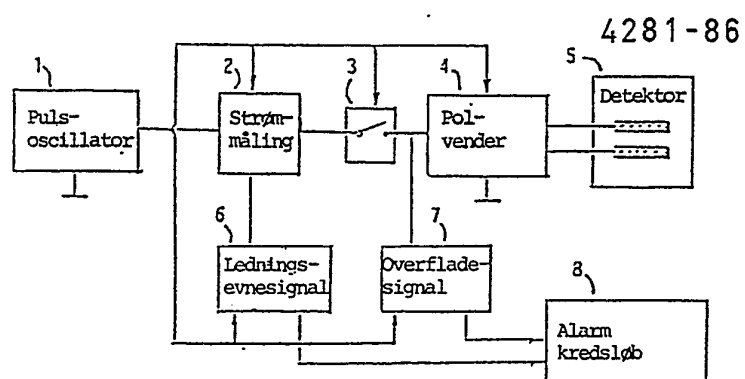


Fig.2

Opfindelsen angår en fremgangsmåde i overensstemmelse med indledningen til krav 1 til bestemmelse af belægningen på en vejoverflade.

Opfindelsen angår derudover et aggregat til udførelse af
5 fremgangsmåden.

Fremgangsmåden og aggregatet bruges for at bestemme enhver belægning på en vejoverflade og for at observere de forandringer, der sker i denne for at kunne forudsige mulige glatte tilstande. For vejens vedligeholdelsespersonale er
10 det væsentligt at opnå en pålidelig forudsigelse af frost på vejoverfladen, helst omkring to timer før frosten opstår.

Kendte konstruktioner til advarsel om glatte forhold er baseret på målinger af fugtigheden eller vandet på vejoverfladen ved hjælp af en elektrisk konduktiv detektor sammen
15 med en samtidig undersøgelse af temperaturen. Hvis temperaturen synker og går under en forudbestemt grænse, alarmerer konstruktionen (f.eks. som Mallings Kontrol, Stamholmen 173, DK-2650 Hvidovre). I mere udviklede konstruktioner til måling af glathed bruges afkølede og opvarmede konduktive
20 detektorer, hvorved der indregnes effekten af saltkoncentrationen på nedsættelse af frysepunktet (f.eks. Boschung Mecatronic Ltd., CH-3185 Schmittlen, Schweiz og Findlay, Irvine Ltd., Penicuik Midlothian, Skotland EH26 9BU). Derudover bruges glathedsmålere baseret på direkte opdagelse
25 af is.

De vigtigste ulemper ved detektorer baseret på vejoverfladens elektriske ledningsevne er, at en simpel konduktiv måling alene ikke kan give informationer angående mængden af fugtighed eller vand på vejoverfladen, uden at man kender saltkoncentrationen. På den anden side, er det svært
30 at skelne mellem en tør vejoverflade og en vejoverflade, der er ved at fryse.

Opvarmede og afkølede konduktive detektorer skal være termisk isolerede fra vejen i det mindste delvis, hvorved de ikke nødvendigvis følger vejoverfladens temperatur nøjagtigt i alle situationer. Derudover opstår fejlsituationer på forskellige tidspunkter på grund af udtørring af detektorerne.

Detektorer baseret på direkte opdagelse af is har en konstruktiv dårlig modstand ved vejslid. Som eksempel kan nævnes SCAN-detektorerne fra Surface Systems Inc., ved hjælp af hvilke det er muligt at skelne mellem en tør, våd og isbelagt tilstand på kapacitiv måde. Detektorens elektroder er beskyttede ved hjælp af et lag epoxy på omkring 6 mm, der hurtigt slides, særligt i områder hvor der bruges pigdæk.

Opfindelsen har til formål at eliminere de ulemper, der findes ved den kendte teknik som beskrevet i det foregående og at angive en fremgangsmåde af helt ny konstruktion til bestemmelse af enhver belægning på vejoverfladen.

Dette formål opnås ifølge opfindelsen ved at den elektriske ledningsevne af enhver belægning på vejoverfladen måles ved hjælp af et par udækkede elektroder indlagt i vejoverfladen, hvor den termiske ledningsevne af nævnte par elektroder er justeret til samme niveau som vejbelægningen, og hvor nævnte måling sker således at målestrømmen, der går gennem detektorerne, er en lavfrekvens, lav-ampere, og symmetrisk vekselstrøm, hvor der ved symmetrien menes fravær af en jævnstrømskomponent. Mere specielt er tidsintegralet, med symmetrisk volt/strøm, af volt/strømmen over én periode nul eller i det mindste i gennemsnit nul. Signalet er symmetrisk med hensyn til at undgå kontinuerlig jævnstrømspolarisation. I et udførelseseksempel ifølge opfindelsen måles konduktiviteten ved hjælp af et relativt kort strømstød, hvorefter den elektriske polarisation af detektorens poler på grund af den målte strøm, måles. Polarisationssignalet opnået på denne måde giver essentielle yderligere oplysninger om naturen, og også kvantiteten, af enhver belægning, der findes på vejoverfladen. For at opnå et symmetrisk sig-

nal vendes retningen af den målende strøm mellem hvert strømstød.

Fremgangsmåden ifølge opfindelsen er ejendommelig ved den kendetegnende del af krav 1.

- 5 Derudover er aggregatet ifølge opfindelsen ejendommelig ved den kendetegnende del af krav 6.

Ved hjælp af opfindelsen opnås mange fordele.

- 10 Den vigtigste fordel ved målingen af polarisationen er, at rent sne også kan opdages. Derudover stiger polarisations-signalet ensartet med en forøgelse af tykkelsen af et vand/snelag på vejoverfladen, og størrelsen af signalet er ikke stærkt afhængig af vandets renhed. Ved hjælp af detektorer, der arbejder ved hjælp af dette princip, opnås også kvantitative informationer om den belægning, der findes på vejover-
15 fladen.

- Ved hjælp af detektorerne er det også muligt at opdage frysning af det vand, der findes på vejoverfladen, ved at kontrollere udviklingen i konduktiviteten og polarisationssignalerne. Hvis den dannede is er multi-krystal, såkaldt hvid
20 is, bemærker detektorerne dette. Imidlertid dannes der normalt på veje den såkaldte sorte is. Dette kan ikke opdages af detektorerne på anden måde end at bemærke dens dannelse, og at signalerne opfører sig på en unormal måde. Hvis ønsket kan sort is opdages kapacitivt ved hjælp af en tilsvarende
25 detektor, dvs. ved at forbinde detektorerne som en del af et RC-oscillatorkredsløb, hvor tilstedeværelsen af sort is opdages ved forandring i kredsløbets frekvens.

Enkelheden af en bipolar detektor tillader en slidstærk konstruktion.

- 30 Ifølge opfindelsen kan fremgangsmåden og aggregatet være

- udformet som vist på tegningen, hvor
- fig. 1 viser et delvis opskåret perspektivisk billede af
en vejoverfladedetektor,
- fig. 2 viser et blokdiagram af målekonstruktionen,
- 5 fig. 3 viser et ledningsdiagram af en omvenderoscillator til
brug ved måling af sort is, og
- fig. 4 viser et blokdiagram af en fremgangsmåde til måling
af sort is baseret på en fase-låst detektion.

- Fig. 1 viser en mulig udførelse af en overfladedetektor.
- 10 Kulstoffiberplader 14 med en tykkelse på et par mm er stab-
let med en afstand 15 på 0,5 mm for at danne en bipolar de-
tektor, hvor hveranden plade hører til samme pol. Detekto-
ren er indstøbt i en blanding 16 af Araldit[®]D og et sort
farvestof. Kulstoffibre er valgt som det detekterende mate-
15 riale, fortrinsvis ud fra termiske grunde og på grund af
slidegenskaber. Temperaturgradienten på vejoverfladen er
ofte i størrelsesordenen 1 K/cm, hvorved en metaldetektor
med en dybde på et par cm ville følge vejoverfladens tempe-
ratur dårligt. Den termiske ledningsevne af asfalt er om-
20 kring 0,7 W/mK, og kulstoffibrenes vinkelret på fiberretnin-
gen 1-5 W/mK. På den anden side er ledningsevnen af Araldit[®]D
0,23 W/mK, der kan justeres op til omkring 1 W/mK ved til-
sætning af kvartspulver. Under disse betingelser kan den
gennemsnitlige termiske ledningsevne af detektoren justeres,
25 således at den er lig med asfaltens.

- Fig. 2 viser en mulig konstruktion til frembringelse af en
målekonstruktion baseret på elektrisk polarisation. Puls-
oscillatoren 1 frembringer positive spændingspulser af en
varighed på omkring 0,5 s og med en størrelse på omkring
30 10 V, f.eks. med intervaller på 10 s. Disse pulser sendes
til detektoren 5's poler via spændingsmålingskredsløbet 2,
kontakten 3 og polaritetsomdanneren 4. Under pulsen måles
konduktivitetssignalet ved hjælp af det konduktive målekreds-
løb 6. Efter pulsens slutning åbnes kontakten 3, hvorefter
35 det såkaldte overfladesignal, der opstår ved hjælp af pola-

risationen, måles ved hjælp af overfladesignalmålekredsløbet 7, f.eks. ved at integrere den polarisationsspænding, der findes over detektorens poler. Ved begyndelsen af den næste puls ombyttes detektorens poler ved hjælp af kredsløbet 4, således at set fra detektoren er retningen af målestrømmen symmetrisk forankret relativt til jord. På denne måde undgås permanent jævnstrømspolarisation af detektoren, der er følsom over for forstyrrelser på grund af trafik, og som kan forårsage tidsfejl ved bestemmelsen af frosttidspunktet.

Signalstyrken kan justeres, f.eks. inden for området 0-10 V, således at signalet med styrken 0 V svarer til en tør overflade og 10 V til omkring 1 mm vand med maksimum saltindhold. Polarisationsspændingen stiger jævnt med stigningen i tykkelsen af belægningen på vejen og i praksis kan den nævnte polarisationsspænding betragtes som uafhængig af ledningsevnen. For at forudsige når det vand, der findes på vejoverfladen, fryser, observeres signalets opførsel. Hvis konduktivitetssignalet går under en forudsat begrænsning på samme tidspunkt som overfladesignalet forbliver højere end en forudsat værdi, kan der gives en alarm med hensyn til frostdannelser. I praksis kan dette opnås enten ved hjælp af et indstilleligt alarmkredsløb, eller ved hjælp af en programmerbar processor. Pålideligheden af forudsigelserne forbedres, hvis beregningerne af temperaturen på vejoverfladen tages med i beregningerne.

Opdagelsen af sort is baseres på den snyltekapacitet, der skyldes isens tilstedeværelse oven på detektoren. Et lag is med en tykkelse svarende til afstanden 15 mellem detektorens elektroder forårsager ved lave frekvenser en snyltekapacitet pr. enhedslængde af afstanden

$$\Delta C/l \sim \epsilon \epsilon_0 \sim 80 \times 8.8 \text{ pF/m} \sim 7 \text{ pF/cm} \quad (1)$$

Detektorens egen kapacitet, når den er limet med Araldit D,

er pr. enhed af arealet af pladen

$$\Delta C/A \sim \epsilon \epsilon_0 / d \sim 7 \text{ pF/cm}^2 \quad (2)$$

når afstanden l_5 er 0,5 mm. Hvis en slidtolerance på 5 cm findes for detektoren, forårsager et islag på 0,5 mm på denne måde en forandring på ca. 20% i kapaciteten, hvis opdagelse er let i laboratorium, men som nødvendiggør temperatur- og slidkompensation ved vejbetingelser.

For at kunne opdage sort is kan detektoren vist i fig. 1 forbindes i overensstemmelse med fig. 3. Frekvensen f af den nødvendige oscillator følger formelen

$$f = 1/(2 RC \ln(1 + R_1/R_2)), \quad (3)$$

hvor C er seriekapaciteten af detektoren C_a og den blokerende kondensator C_1 . En blokerende kondensator er nødvendig for at eliminere detektorens jævnstrømspotential og garantere oscillation, når detektoren er våd. Det bemærkes, at forholdet R_1/R_2 på grund af en 50 Hz interferens, ikke skal gøres større end 10. Værdierne $R = 5,6 \text{ M}\Omega$ og $C = 100 \text{ pF}$ giver en frekvens på omkring 400 Hz, der er en tilstrækkelig lav frekvens til opdagelse af is, selv om temperaturen er moderat under 0°C . Hvis ønsket, kan frekvensen også sænkes ved hjælp af en shunkondensator, men herved formindskes følsomheden tilsvarende.

Både temperaturkompensationen og slidkompensationen opnås på enkel måde ved procestrinnet for måleresultaterne ved hjælp af programmering.

Den største ulempe ved en detektor baseret på inverteroscillation er, at detektoren er følsom over for al impedans. På grund af dette kan en begyndende dug få signalet til at se ud som et issignal på grund af modstanden $10 \text{ M}\Omega$ forårsaget af denne. På grund af signalets ustabilitet vil

det imidlertid være muligt at skelne det fra et stabilt is-signal ved hjælp af programmering. En fordel med en inverteroscillator er, at antallet af den elektronik, der skal placeres sammen med detektoren, er lille. Ved hjælp af fase-låst
 5 detektion er det muligt at blive fri for effekten fra detektorens modstand. Fig. 4 viser princippet i fase-låst detektion. De vigtigste komponenter er en sinusoscillator 9, en impedansbro 10, en forforstærker 11, en faseskifter 12 og en multiplikator 13. Når det forforstærkede og faseskiftede
 10 signal i broen er

$$x = x_0 \sin (\omega t + \phi) \quad (4)$$

Hvis referencesignalet er

$$y = y_0 \sin \omega t$$

er udgangen fra multiplieren

$$15 \quad xy/10 = x_0 y_0 / 20 (\cos \phi - \cos (2 \omega t + \phi)) \quad (6)$$

Ved at indstille fasedifferencen ϕ til det ønskede niveau er det muligt kun at få jævnstrømskomponenten ved udgangen af multiplieren følsom til den ønskede forandring i impedansen, i dette tilfælde til kapacitetsforandringerne.

20 Med en fase-låst detektor skal i det mindste broen og forforstærkeren være placeret i forbindelse med detektoren på vejen. En fordel i forhold til en inverteroscillator vil være, at den fase-låste detektion også vil give en kvantitativ information om kvantiteten af rimfrost og is.

25 Alternativt kan det konduktive signal og overfladesignalet måles ved at sende en vekselstrøm gennem en modstand i serie med detektoren. Den komponent, der er i samme fase som den tilførte spænding, svarer til det konduktive signal, og den komponent, der har et faseskift på 90° , svarer

til overfladesignalet på grund af polarisationen.

Inden for opfindelsens område er det også muligt at behandle opløsninger forskellige fra ovennævnte eksempler. Opfindelsen kan også bruges til opdagelse af is på startbaner i
5 lufthavne, såvel som på flyvemaskiner.

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåde til bestemmelse af belægningen på en vejoverflade, hvor der ved fremgangsmåden
- sendes et målesignal til et par elektroder indlagt i vej-
5 overfladen og virkende som detektorer (5),
 - forholdet mellem den målende strøm og spændingen dannet over detektorerne fastslås for at bestemme ledningsevnen af belægningen på vejoverfladen,
k e n d e t e g n e t ved, at
- 10 - et symmetrisk vekselstrømssignal og lav spænding og lav frekvens sendes til detektorerne (5), og
- den elektriske polarisation mellem detektorernes (5) poler, på grund af målestrømmen, måles for at bestemme tykkelsen af belægningen på vejoverfladen.
- 15 2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at et målesignal fremstilles, der har et pulsudseende som en lav unipolar rektangulær bølge, og
- polariteten af detektorerne skiftes efter hver puls ved hjælp af et polaritetsskifte kredsløb (4) for at frembringe
20 det ønskede detektorsignal, og
 - polarisationsspændingen i detektoren måles ved hjælp af de ikke aktive dele af målesignalet ved hjælp af overfladesignalmålekredsløbet (7) for at bestemme tykkelsen af belægningen på vejoverfladen ved at åbne den konduktive måle-
25 kobling ved hjælp af en kontakt (3).
3. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at pulsstørrelsen i det målende signal er indstillet til 3-7%, fortrinsvis omkring 5%.
4. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t
30 ved, at frekvensen af målesignalet er indstillet til omkring 0,07-0,2 Hz, fortrinsvis omkring 0,1 Hz.
5. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at detektoren (5) er anbragt som en del af brokoblingen

og

- den elektriske polarisation mellem detektorpolene fastslås ved hjælp af en fase-låst detektor, således at der ved hjælp af en faseskifter (12) og en multiplier (13) måles en spænding ved et faseskift på 90° relativt til den tilførte spænding, hvor amplituden af nævnte spænding viser størrelsen af polarisationen i detektoren.

6. Aggregat til bestemmelse af belægning på en vejoverflade, der består af
- 10 -en pulsoscillator (1) beregnet til at frembringe et målesignal,
 - et strømmålekredsløb (2) beregnet til at måle målestrømmen frembragt ved hjælp af de signaler, der er frembragt af pulsoscillatoren (1),
 - 15 - en bipolar detektor (5) indlagt i vejen, hvortil nævnte detektorsignal, der er frembragt ved hjælp af pulsoscillatoren (1) fødes, og
 - et konduktivt signalmålekredsløb (6) anbragt for at måle forholdet mellem målestrømmen frembragt af pulsoscillatoren (1) og spændingen mellem detektorens poler, for at bestemme ledningsevnen af belægningen på vejoverfladen,
 - 20 k e n d e t e g n e t ved,
 - en kontakt (3) til åbning af det konduktive målekredsløb (6) for at måle overfladesignalet,
 - 25 - et detektorpolaritetforandringskredsløb (4) beregnet til at reversere retningen af målestrømmen,
 - et overfladesignalmålekredsløb (7) til måling af tykkelsen af belægningen på vejoverfladen samt
 - et alarmeringskredsløb (8) beregnet til at indikere mulige
 - 30 frostdannelser på vejen på grund af spændingen fra ledningsevnen og overfladesignalerne.

7. Aggregat ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at detektorens (5) elektroder er fremstillet af kulstoffibre indstøbt i Araldit[®] D (16) for at forøgedisses stabilitet og
- 35 for at forbedre den termiske overensstemmelse mellem detektoren og vejen.

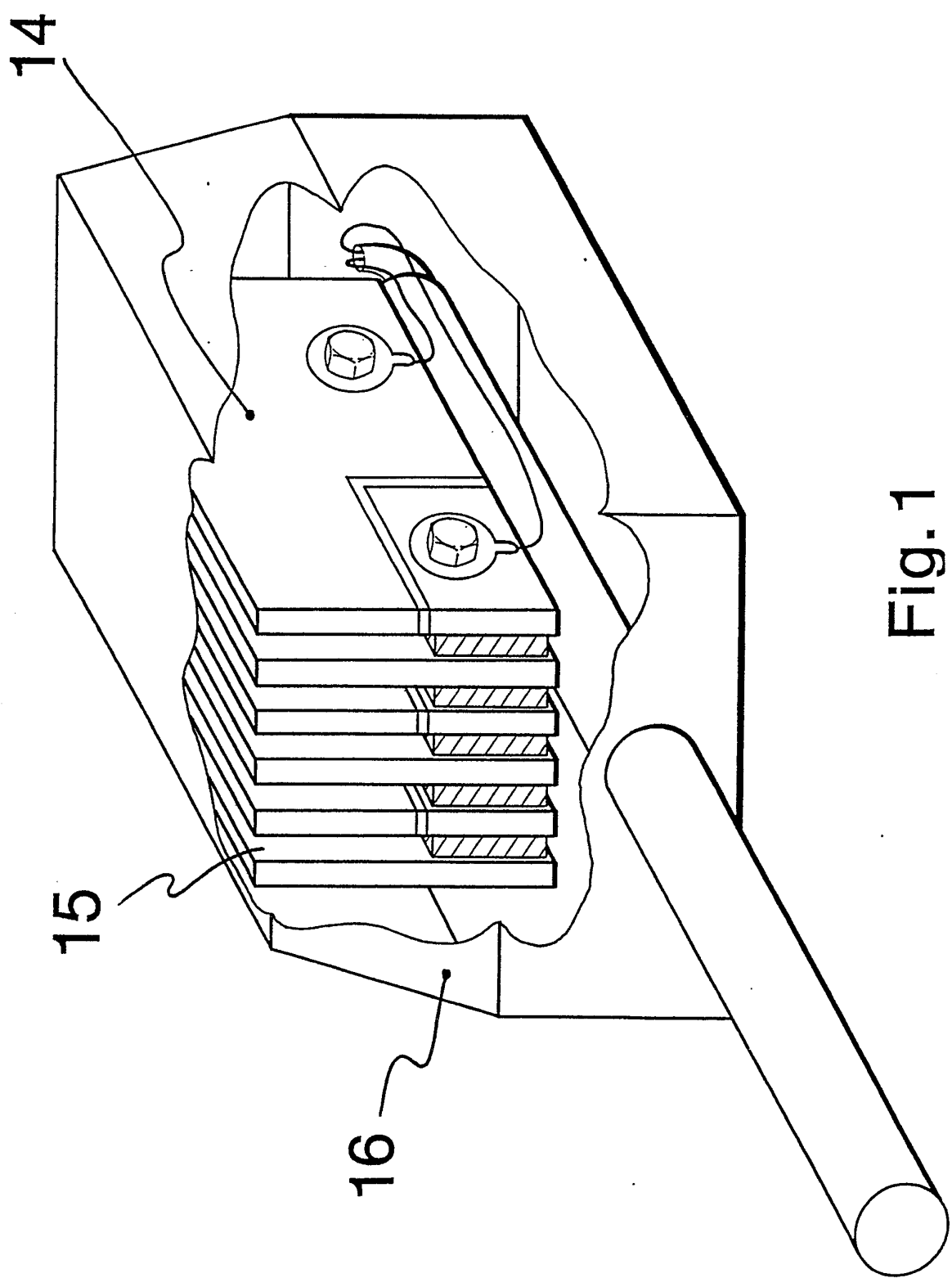


Fig. 1

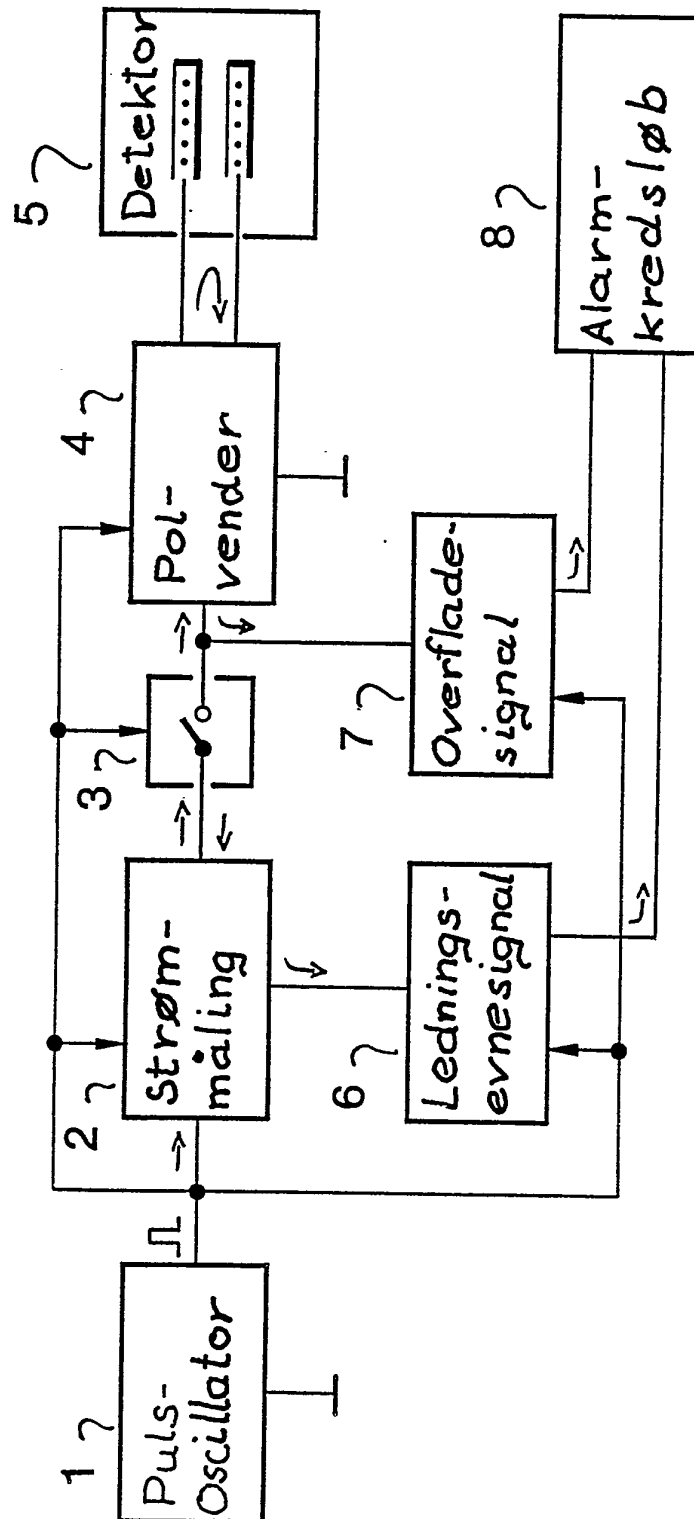


Fig. 2

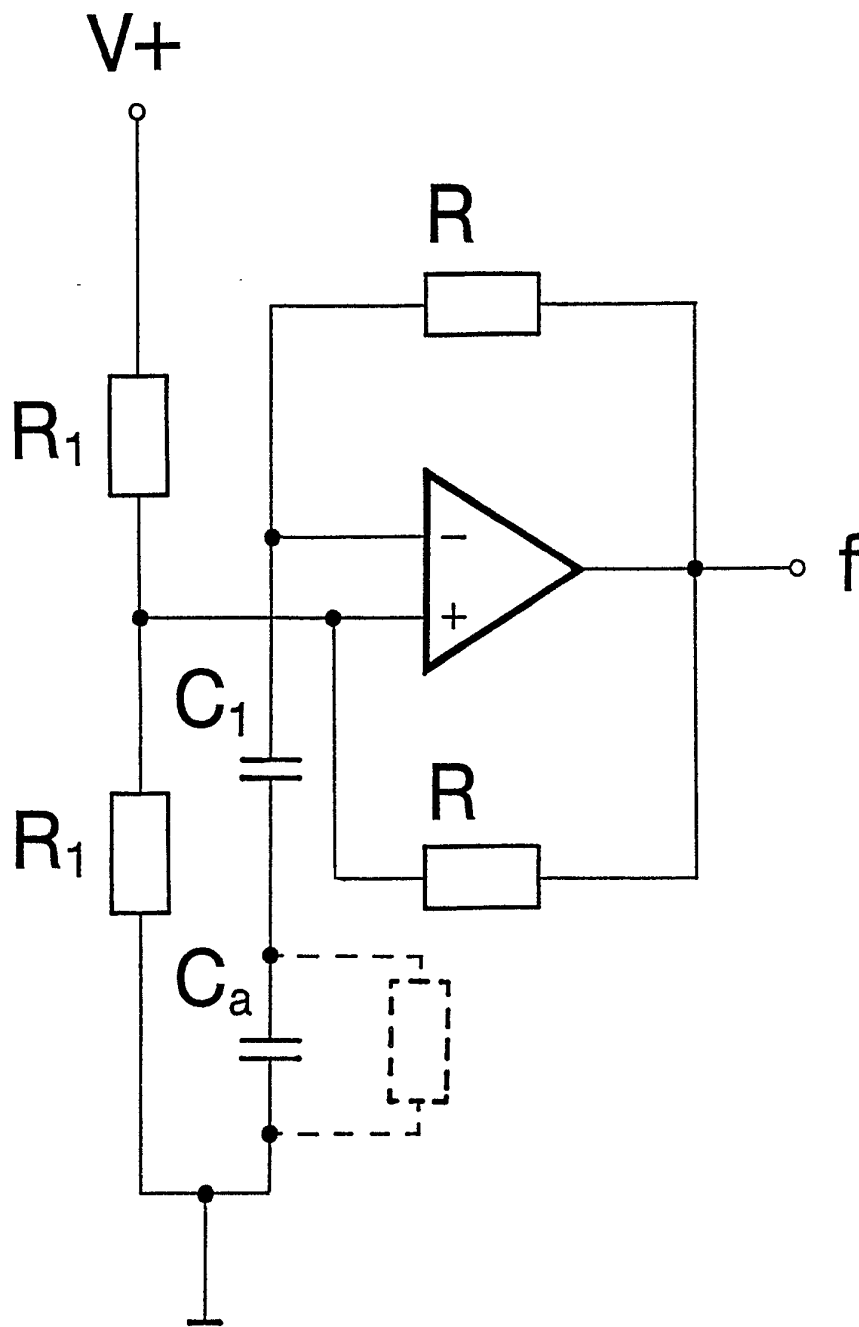


Fig. 3

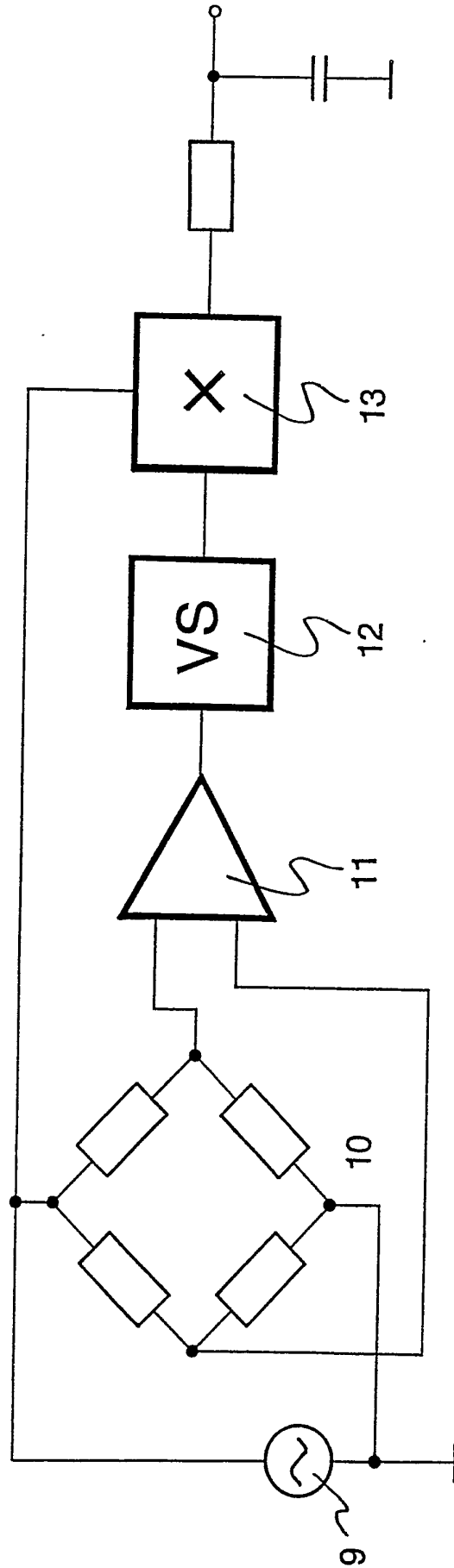


Fig. 4