Octrooiraad

(10) A **Terinzagelegging** (11) **8101833**

Nederland (19) **NL**

(54) **Stelsel voor het bepalen van de koershoek van een vaar- of voertuig.**

(51) Int.Cl³.: G01C 21/08, G01C 17/10.

(71) Aanvrager: Johannes Frederik Cramwinckel te Rotterdam.

(74) Gem.: Ir. C.M.R. Davidson c.s.
Octrooibureau Vriesendorp & Gaade
Dr. Kuyperstraat 6
2514 BB 's-Gravenhage.

(21) Aanvrage Nr. 8101833.

(22) Ingediend 14 april 1981.

(32) - -

(33) - -

(31) - -

(62) - -

(43) Ter inzage gelegd 1 november 1982.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Stelsel voor het bepalen van de koershoek van een vaar- of voertuig.

De uitvinding heeft betrekking op een stelsel voor het bepalen van de koershoek van een vaar- of voertuig ten opzichte van de magnetische meridiaan ter plaatse, voorzien van een inrichting die een onveranderlijk ten opzichte van het horizontale vlak georienteerd platform in het stelsel verwezenlijkt.

Een dergelijk stelsel is algemeen bekend in de vorm van een cardanisch opgehangen magnetisch kompas. Een zodanig magnetisch kompas is gebaseerd op de omstandigheid dat een kompasnaald zich richt naar de horizontale component van het magnetische veld ter plaatse van zijn opstelling. Echter dienen omvangrijke en omslachtige maatregelen te worden getroffen om verstoringen van het aardmagnetische veld op te heffen die verhinderen dat het kompas de richting van de magnetische meridiaan ter plaatse aanwijst. Met andere woorden: de bekende koersbepaling heeft het bezwaar dat niet de richting van de horizontale component van het aardmagnetische veld wordt gevonden maar de richting van de horizontale component van het totale magneetveld ter plaatse. In vaar- en voertuigen is dit magneetveld sterk beinvloed door de aanwezigheid van ferromagnetisch constructiemateriaal van het voer- of vaartuig.

Het genoemde bezwaar kan worden opgeheven door volgens de uitvinding gebruik te maken van een in wezen dynamisch werkend stelsel.

Volgens de uitvinding is het stelsel van de in de aanhef omschreven soort gekenmerkt door een eerste sonde en een tweede sonde die voor het in twee onderling verschillende meetgevoeligheidsrichtingen meten van een magnetische fluxdichtheidsverandering vast zijn gemonteerd in het voer- of vaartuig waarbij een gegevensverzamelend orgaan en een gegevensverwerkend orgaan aanwezig zijn voor het uit een uitgangssignaal van de eerste sonde en een uitgangssignaal van de tweede sonde afleiden van een koershoekverandering.

Een voordeel van het stelsel volgens de uitvinding is dat het geen bewegende delen in het referentiekader van het vaar- of voertuig waarin het is aangebracht, behoeft te hebben. De eerste en de tweede sonde zijn bij voorkeur uitgevoerd als een platte draadspoel met een opening die een diameter in de orde van grootte van 1 m heeft, en met ongeveer 5000 windingen, en de inrichting voor het verwezenlijken van het onveranderlijk ten opzichte van het horizontale vlak georienteerde platform met een orgaan voor het regelmatig trekken van monsters van te verwerken gegevens, een orgaan voor het middelen van een aantal getrokken monsters over vaste tijdsintervallen en een orgaan voor het uit de verkregen gemiddelde waarden afleiden van de koershoekverandering.

Onder ongunstige omstandigheden die hierna zullen worden toegelicht, is het stelsel volgens de uitvinding gekenmerkt door een veldcompensatie-inrichting die vast is gekoppeld aan het onveranderlijk ten opzichte van een horizontaal vlak georienteerd platform en die is ingericht voor het opheffen van de respectieve sonde-uitgangssignalen die kunnen worden toegeschreven aan de vertikale component van het aardmagnetisch veld ter plaatse.

Een dergelijke veldcompensatie-inrichting omvat bij voorkeur een derde en een vierde sonde die zijn georienteerd zoals respectievelijk de eerste en de tweede sonde en die vast zijn gemonteerd nabij het platform, en een magneet met een opstelling op het platform met de Noord-Zuid-as loodrecht daarop, waarbij de gevoeligheid van de derde en de vierde sonde een geringe fractie is van die van de eerste, respectievelijk tweede sonde, de sterkte van de magneet de sterkte van de vertikale component van het aardmagnetisch veld ter plaatse aanzienlijk overtreft, en de uitgangssignalen van de derde en de vierde sonde als storingscompensatiesignalen bij de uitgangssignalen van de eerste, respectievelijk tweede sonde worden opgeteld in het gegevensverzamelende orgaan of in het gegevensverwerkend orgaan.

Het stelsel volgens de uitvinding wordt hierna toegelicht met de beschrijving van twee uitvoeringsvoorbeelden, welke beschrijving verwijst naar een tekening.

Fig. 1 stelt voor een vaartuig op een koers die een hoek maakt met de magnetische meridiaan, welk vaartuig is voorzien van een langscheepsgeorienteerde sonde en van een dwarsscheepsgeorienteerde sonde.

Fig. 2 toont in de vorm van een schema een elektrische schakeling voor het bepalen van de verandering van de richting van het aardmagnetisch veld met sondes als in fig. 1.

Fig. 3 toont schematisch de opstelling van een veldcompensatie-inrichting.

Fig. 4 stelt voor in de vorm van een schema een elektrische schakeling voor het bepalen van de verandering van het aardmagnetisch veld met sondes als in fig. 1, waarin een compensatie-inrichting volgens fig. 3 is opgenomen.

In het uitvoeringsvoorbeeld van het stelsel volgens fig. 1 worden de eerste sonde en de tweede sonde respectievelijk gevormd door een luchtspoel 1 met een hoofdas 4 die evenwijdig is aan een langsrichting van een vaartuig 3, en door een luchtspoel 2 met een hoofdas 5 die evenwijdig is aan de dwarsrichting van het vaartuig 3. De beide sondes zijn onbeweeglijk aangebracht ten opzichte van het vaartuig.

De te meten koershoek θ_c is de hoek, gemeten in het horizontale vlak, tussen de magnetische meridiaan 6 en de langsrichting 4 van het vaartuig 3. Het vaartuig is veelal onderworpen aan slingerbewegingen en stampbewegingen. De slingerhoek θ_r is de hoek, gemeten in een vertikaal vlak loodrecht op de langsrichting 4 van het vaartuig en bedraagt bij het recht-liggen van het vaartuig 0°. De stamphoek θ_p is de hoek, gemeten in een vertikaal vlak loodrecht op de dwarsrichting 5 van het vaartuig 3 die bij het rechtliggen van het vaartuig 0° bedraagt.

Het ter plaatse heersende aardmagnetische veld heeft de horizontale component ϕ_h en de vertikale component ϕ_v.

w_1 en w_2 zijn de respectieve produkten van opper-

vlak en aantal windingen van de sondes 1 en 2. Voor de door de respectieve sondes 1 en 2 omvatte flux tengevolge van het ter plaatse heersende aardmagnetische veld geldt:

$$\phi_1 = W_1 \phi_h \cos \theta_c \cos \theta_p + W_1 \phi_v \sin \theta_p \qquad (1)$$

$$\phi_2 = W_2 \phi_h \sin \theta_c \cos \theta_r + W_2 \phi_v \sin \theta_r \qquad (2)$$

In de praktijk blijkt te gelden $\theta_p < 5^\circ$, respectievelijk $\theta_r < 15^\circ$ zodat mag worden aangenomen dat $\cos \theta \approx 1$ en $\sin \theta \simeq \theta$. In dat geval worden de relaties (1) en (2) als volgt geschreven:

$$\phi_1 = W_1 \phi_h \cos \theta_c + W_1 \phi_v \theta_p \qquad (1')$$

$$\phi_2 = W_2 \phi_h \sin \theta_c + W_2 \phi_v \theta_r \qquad (2')$$

Door koerswijzigingen en door variaties van de slingerhoek θ_r en van de stamphoek θ_p die het gevolg zijn van het(symmetrisch ten opzichte van de vertikaal) slingeren en stampen van het vaartuig, treden veranderingen op in de fluxcomponenten ϕ_1 en ϕ_2 en dit leidt in de twee spoelen 1 en 2 tot de opwekking van een elektromotorische kracht. De twee sondes omvatten mede een magnetische flux die het gevolg is van in de ijzeren constructiedelen van het vaartuig aanwezig remanent magnetisme. Echter verandert bij koersveranderingen, bij slingerbewegingen en bij stampbewegingen van het vaartuig de door de sondes omvatte flux die het gevolg is van het remanente magnetisme, niet omdat de sondes niet ten opzichte van de gemagnetiseerde constructiedelen bewegen. De in de sondes opgewekte elektromotorische kracht is dus maatgevend voor de beweging van het vaartuig ten opzichte van het aardmagnetische veld en maatregelen om het remanente magnetisme ter plaatse van de sondes op te heffen zijn overbodig.

Voor de in de spoelen 1 en 2 bij een beweging van het vaartuig opgewekte elektromotorische kracht geldt, zoals aangegeven in fig. 2:

$$e_1 = d\phi_1/dt = -W_1 \phi_h \sin \theta_c \, d\theta_c/dt + W_1 \phi_v \, d\theta_p/dt \qquad (3)$$

$$e_2 = d\phi_2/dt = W_2 \phi_h \cos \theta_c \, d\theta_c/dt + W_2 \phi_v \, d\theta_r/dt \qquad (4)$$

De spanningen e_1 en e_2 kunnen, gezien de traagheid van de bewegingen van het vaartuig, als quasi-gelijkspanningen

worden opgevat. Storingen met een relatief hoge frequentie en spanningen die zijn opgewekt als gevolg van trillingen van de constructiedelen waarop de sondes zijn gemonteerd, worden geëlimineerd in de filters 20 en 21. De verschilversterkers 15 en 16 in de in fig. 2 weergegeven schakeling geven het signaal door aan een analoog/digitaal-omzetter 17, respectievelijk 18.

Om een idee te geven van de benodigde versterking, gevoeligheid en stabiliteit diene het volgende. Bij een horizontale hoeksnelheid van één booggraad per seconde bedraagt de in één winding met een oppervlak van 1 m^2 opgewekte elektromotorische kracht 0,33 microvolt bij de in Nederland heersende sterkte van de horizontale component van het aardmagnetische veld. Een ronde spoel met 5000 windingen die een diameter van 80 cm hebben en een draaddikte van 0,08 mm, levert bij een hoeksnelheid van 0,05 booggraad per seconde (de gevoeligheidsgrens van de meeste bochtsnelheidsaanwijzers) een maximaal signaal van ruim 40 microvolt. De inwendige weerstand van deze spoel bedraagt 88 kilo-ohm, het gewicht van de spoel is 1,13 kg en de doorsnede van de totale wikkeling bedraagt 0,5 cm^2.

De aanspreekgevoeligheid en de stabiliteit van de combinaties 15 - 17 en 16 - 18 van versterker en analoog/digitaalomzetter dienen te liggen tussen 1 microvolt en 10 microvolt. Door de opgewekte elektromotorische krachten e_1 en e_2 met regelmatige tussenpozen te bemonsteren, in digitale vorm te brengen en de in deze vorm gebrachte uitkomsten op te tellen in een microcomputer 19 ontstaan twee gegevens die respectievelijk voldoen aan de relaties:

$$\int e_1 dt = W_1 \, \phi_h \, (\cos \theta_c + C_1) + W_1 \, \phi_v \, (\theta_p + C_2) \quad (5)$$

$$\int e_2 dt = W_2 \, \phi_h \, (\sin \theta_c + C_3) + W_2 \, \phi_v \, (\theta_r + C_4) \quad (6)$$

Door bij de aanvang van de integratieperiode ($t = 0$) de beginwaarden voor respectievelijk $W_1 \, \phi_h \cos \theta_c$ en $W_2 \, \phi_h \sin \theta_c$ overeenkomstig de op dat ogenblik geldende koershoek in te stellen terwijl het vaartuig recht ligt (θ_p en $\theta_r = 0$) worden de constanten C_1 tot en met C_4 in de vergelijkingen (5) en (6) gelijk aan nul. Omdat is aangenomen dat het slingeren en stampen

van het vaartuig symmetrisch ten opzichte van de vertikaal plaatsvindt is ook de uitkomst van de integratie voor de slingerhoek θ_r en de stamphoek θ_p eveneens gelijk aan nul zodat tenslotte geldt op het tijdstip $t = t_1$:

$$\int e_1 dt = W_1 \phi_h \cos \theta_c \qquad (5')$$

$$\int e_2 dt = W_2 \phi_h \sin \theta_c \qquad (6')$$

waaruit volgt:

$$\cos \theta_c = \frac{\int e_1 dt}{W_1 \phi_h} \qquad (7)$$

$$\sin \theta_c = \frac{\int e_2 dt}{W_2 \phi_h} \qquad (8)$$

waaruit de koershoek θ_c kan worden afgeleid en deze koershoek kan dan worden weergegeven op een beeldscherm 22.

Indien de hoeksnelheid van het slingeren en/of het stampen van het vaartuig gering is, kunnen in de vergelijkingen (3) en (4) de termen die deze hoeksnelheid bevatten, worden verwaarloosd. Deze vergelijkingen komen dan als volgt te luiden:

$$e_1 = - W_1 \phi_h \sin \theta_c \, d\theta_c/dt \qquad (9)$$

$$e_2 = W_2 \phi_h \cos \theta_c \, d\theta_c/dt \qquad (10)$$

$$e_1/e_2 = - (W_1/W_2) \tan \theta_c \qquad (11)$$

De verhouding W_1/W_2 is bekend en dus kan de ogenblikkelijke waarde van de koershoek θ_c worden afgeleid. Na vergelijking met de door integratie verkregen koershoek kan de berekende waarde van de koershoek worden gebruikt voor het uitvoeren van een correctie op de door integratie verkregen koershoek, welke correctie bijvoorbeeld nodig is geworden door verloop van de versterkers of door het accumuleren van stoorsignalen.

Ook bij slinger- en stamp-periodetijden van korte duur (waarbij wordt gedacht aan een duur van 1 tot 5 seconden) kan door het herhaald meten van de koershoek volgens de formule (11) binnen de door een aantal slinger-, respectievelijk stampperioden bepaalde tijdsduur de door deze periodieke bewegingen veroorzaakte sinusvormige verstoring van het koershoek-signaal

worden geelimineerd, zodat een juiste bepaling van de koershoek tot stand komt.

Bij een grote waarde van de amplitude van het slingeren en stampen en bij een langdurige periodetijd kan de daaruit voortvloeiende inductiespanning die door de sondes 1 en 2 wordt geleverd, niet meer worden verwaarloosd en moeten deze storende spanningen worden geelimineerd. Dit kan gebeuren door de sondes 1 en 2 te plaatsen in een kunstmatig opgewekt vertikaal magnetisch veld dat tegengesteld is in richting aan de vertikale component van het ter plaatse heersende aardmagnetisch veld en dat gelijk is aan deze vertikale component. De sterkte van de vertikale component is een goed gedocumenteerde waarde die een gegeven is voor alle plaatsen op de aardbol, jaarlijks ongeveer 0,05 % verloopt en geografisch verschillend is, bijvoorbeeld voor een gebied als de Noord-zee een verloop van 4 % kent.

Het in een kunstmatig opgewekt vertikaal magnetisch veld plaatsen van de sondes 1 en 2 zou beperkingen opwerpen wat betreft de afmetingen van de sondes en de plaats waar zij worden opgesteld. Om hun gevoeligheid te behouden zou het gewicht van het wikkeldraad per sonde omgekeerd evenredig toenemen met de vermindering van de diameter van de sonde. Om de veldcompensatie-inrichting in het spel te brengen is het voordeliger een tweede stel sondes te benutten die in hoofdzaak worden beinvloed door het kunstmatige vertikale veld, van welk tweede stel sondes de respectieve uitgangsspanningen worden gebruikt voor het compenseren van de door stampen en/of slingeren in de sondes 1 en 2 opgewekte elektromotorische krachten. In fig. 3 is dit tweede stel sondes, de spoelen 7 en 8, getekend om een magneet 9 heen. In fig. 4 is een schakeling voorgesteld waarin de sondes 7 en 8 samenwerken met de sondes 1, respectievelijk 2.

De sonde in de vorm van een spoel 7 is "scheepsvast" opgesteld in een vlak evenwijdig aan de spoel 1. Bij een diameter die bijvoorbeeld 10 % bedraagt van die van de spoel 1, is de in de spoel 7 opgewekte elektromotorische kracht tengevolge van bewegingen ten opzichte van het plaatselijke magnetische veld

slechts 1 % van de e.m.k. in de spoel 1. De spoel 8 die tot het tweede stel sondes behoort, is eveneens vast opgesteld en wel in het vlak evenwijdig aan de spoel 2. De spoelen 7 en 8 worden hoofdzakelijk beinvloed door een in hun centrum cardanisch opgehangen permanente magneet 9 die is gelagerd in de lagers 10 en 11. Doordat de magneet 9 deel uitmaakt van een vrij bewegende, al dan niet visceus gedempte slinger, is zijn positie van nature in de vertikaal. De filters 22 en 23 in de in fig. 4 voorgestelde schakeling elimineren de in de spoelen 7 en 8 opgewekte stoorspanningen die het gevolg zijn van trillingen en van spanningen die een hoog eigen trillingsgetal van de magnetische slinger 9 - 10 - 11 kan opwekken in de spoelen 7 en 8. Na spanningsdeling in de regelweerstanden 12 en 13 die worden ingesteld tegen een schaal die is geijkt in de te compenseren vertikale intensiteit van het aardmagnetisch veld, resulteren de volgende waarden voor de elektromotorische kracht.

$$e_3 = W_7 \, \phi_m \, d\theta_p/dt \qquad (2)$$

$$e_4 = W_8 \, \phi_m \, d\theta_r/dt \qquad (3)$$

waarin W_7 en W_8 het produkt van oppervlak en aantal windingen voor de spoelen 7, respectievelijk 8 voorstellen en waarin ϕ_m de veldsterkte is van de magneet 9.

Door sommering ontstaan:

$$e_5 = e_1 + e_3 = - W_1\phi_h \sin\theta_c \, d\theta_c/dt + W_1\phi_v \, d\theta_p/dt + W_7 \, \phi_m \, d\theta_p/dt \qquad (14)$$

$$e_6 = e_2 + e_4 = W_2\phi_h \cos\theta_c \, d\theta_c/dt + W_2\phi_v \, d\,\theta_2/dt + W_8\phi_m \, d\theta_2/dt \qquad (15)$$

Door de spanningsdelers 12 en 13 op geschikte wijze in te stellen heffen de tweede termen en de derde termen van de vergelijkingen (4) en (5) elkaar op zodat als resultaat weer de vergelijkingen (9), (10) en (11) ontstaan waaruit weer de koershoek θ_c kan worden opgelost.

C o n c l u s i e s

1. Stelsel voor het bepalen van de koershoek van een vaar- of voertuig ten opzichte van de magnetische meridiaan ter plaatse, voorzien van een inrichting die een onveranderlijk ten opzichte van het horizontale vlak georienteerd platform in het stelsel verwezenlijkt, gekenmerkt door een eerste sonde en een tweede sonde die voor het in twee onderling verschillende meetgevoeligheidsrichtingen meten van een magnetische fluxdichtheidsverandering vast zijn gemonteerd in het voer- of vaartuig, waarbij een gegevensverzamelend orgaan en een gegevensverwerkend orgaan aanwezig zijn voor het uit een uitgangssignaal van de eerste sonde en een uitgangssignaal van de tweede sonde afleiden van een koershoekverandering.

2. Stelsel volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de eerste en de tweede sonde zijn uitgevoerd als een platte draadspoel met een opening die een diameter in de orde van grootte van 1 m heeft, en met ongeveer 5000 windingen.

3. Stelsel volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat de inrichting voor het verwezenlijken van het onveranderlijk ten opzichte van het horizontale vlak georienteerde platform een orgaan bevat voor het regelmatig trekken van monsters van te verwerken gegevens, een orgaan voor het middelen van een aantal getrokken monsters over vaste tijdsintervallen en een orgaan voor het uit de verkregen gemiddelde waarden afleiden van de koershoekverandering.

4. Stelsel volgens conclusie 1, 2 of 3, gekenmerkt door een veldcompensatie-inrichting die vast is gekoppeld aan het onveranderlijk ten opzichte van een horizontaal vlak georienteerde platform en die is ingericht voor het opheffen van de respectieve sonde-uitgangssignalen die kunnen worden toegeschreven aan de vertikale component van het aardmagnetisch veld ter plaatse.

5. Stelsel volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de veldcompensatie-inrichting omvat een derde en een vierde sonde die zijn georienteerd zoals respectievelijk de eerste en de

tweede sonde en die vast zijn gemonteerd nabij het platform, en een magneet met een opstelling op het platform met de Noord-Zuid-as loodrecht daarop, waarbij de gevoeligheid van de derde en de vierde sonde een geringe fractie is van die van de eerste, respectievelijk tweede sonde, de sterkte van de magneet de sterkte van de vertikale component van het aardmagnetisch veld ter plaatse aanzienlijk overtreft, en de uitgangssignalen van de derde en de vierde sonde als storingscompensatiesignalen bij de uitgangssignalen van de eerste, respectievelijk tweede sonde worden opgeteld in het gegevensverzamelend orgaan of in het gegevensverwerkende orgaan.

6. Stelsel volgens conclusie 4 of 5, met het kenmerk, dat de eerste sonde, respectievelijk de derde sonde zijn georienteerd in de langsrichting van het vaar- of voertuig, en de tweede sonde, respectievelijk de vierde sonde in de dwarsrichting.

7. Stelsel volgens conclusie 5 of 6, met het kenmerk, dat de derde en de vierde sonde zijn uitgevoerd als een platte draadspoel met een opening met een diameter in de orde van grootte van 0,1 m en met ongeveer 5000 windingen.

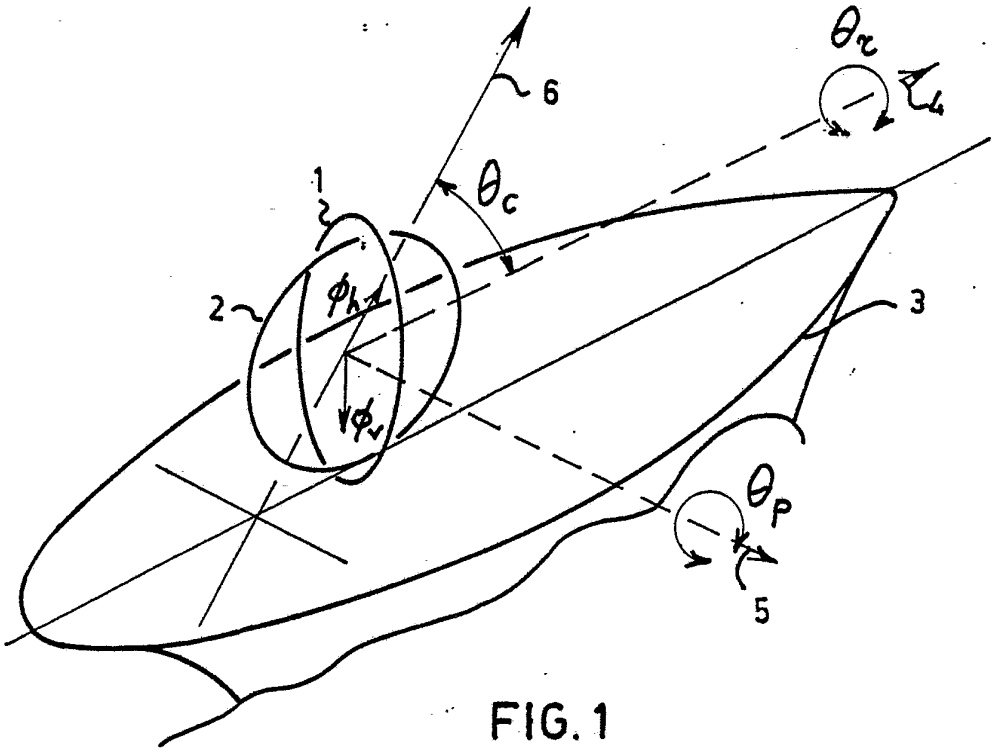

FIG. 1

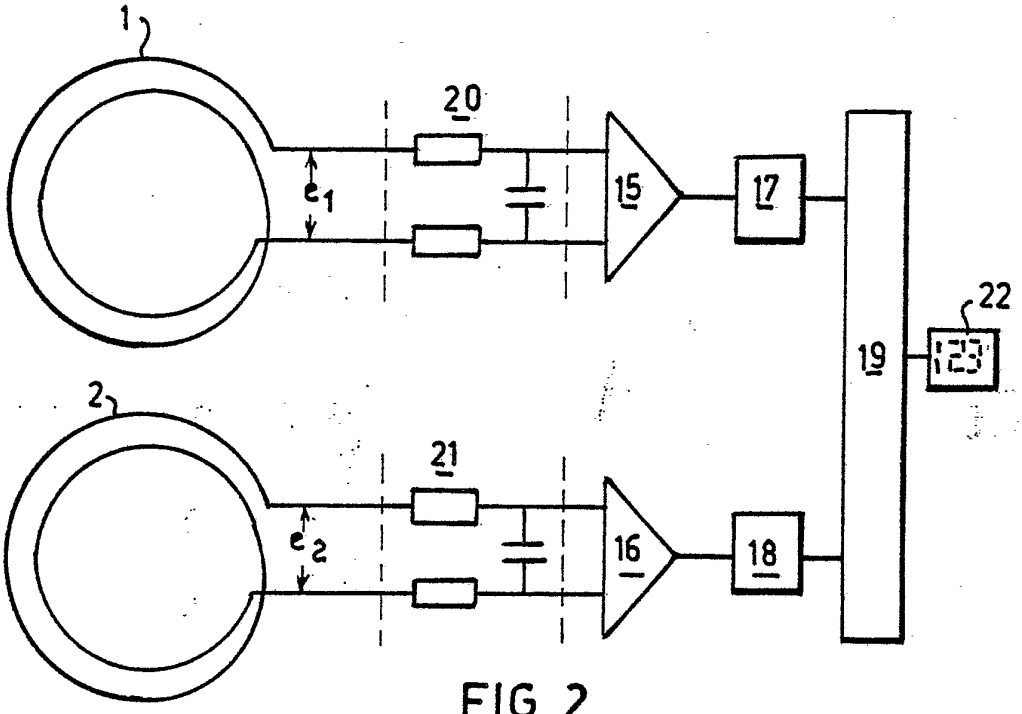

FIG. 2

8101833

Johannes Frederik Cramwinckel, te Rotterdam

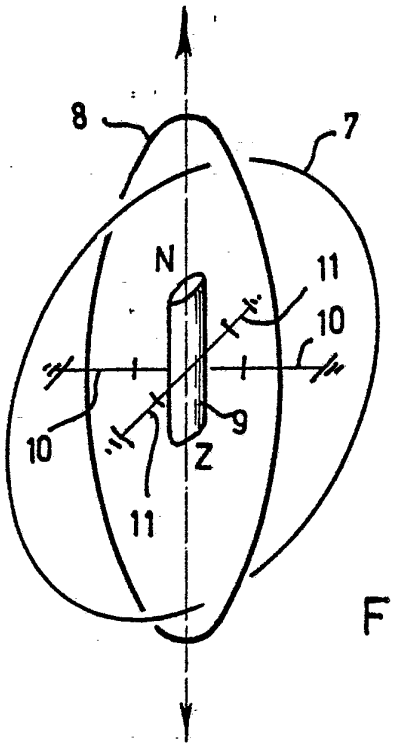

FIG. 3

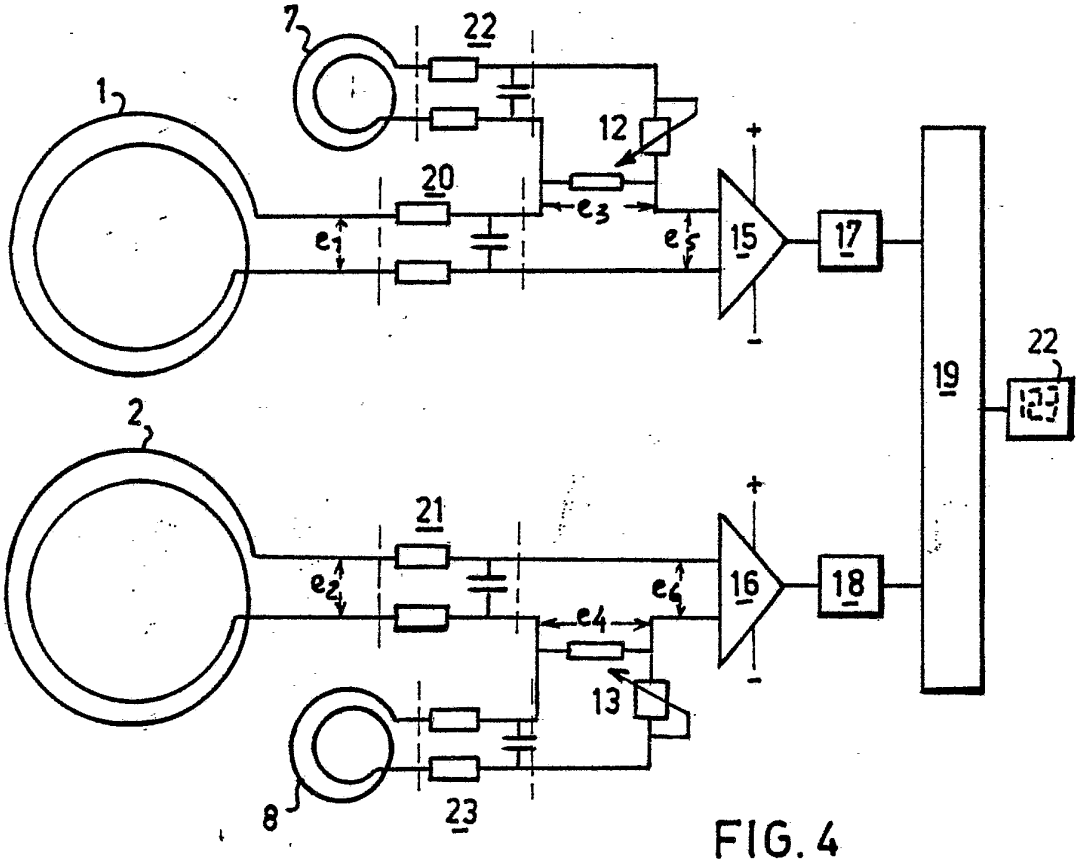

FIG. 4

8101833

Johannes Frederik Cramwinckel, te Rotterdam