

bliksem- barometer

Sinds enige jaren wordt zg. onweerprognose-apparatuur op de markt gebracht. Helaas is de prijs van dergelijke toestellen nogal hoog (ca. 1000 gulden). Mede dank zij gegevens over onweersverschijnselen, verstrekt door het KNMI te De Bilt, is na intensief onderzoek een apparaat ontwikkeld van eenvoudige opzet, dat aan de eisen van bliksemdetectie ruimschoots voldoet.

J.H. Beenen, Gorredijk

HF-eigenschappen van bliksemontladingen

Bij een bliksemontlading ontstaan radiogolven in een breed frequentiespectrum, nl. van enige kHz tot vele GHz. Er is evenwel sprake van een voorkeursfrequentie, afhankelijk van de richting waarin de bliksem zich voortplant. Gebleken is namelijk, dat bij een zich vertikaal bewegende bliksem de voorkeursfrequentie 27 kHz bedraagt, terwijl dit bij horizontale voortplanting 10 kHz is.

Een ander aspect is dat het aantal horizontale ontladingen dat der verticale

veeruit overtreft. In sommige onweersbuien komen de verticale ontladingen slechts sporadisch voor. Met het oog op de storingsgevoeligheid en de snelheid van het systeem, heeft de ontvanger van horizontale bliksemontladingen dus de voorkeur. Dit wordt gerealiseerd door een ferrietstaaf, met een op 10 kHz afgestemde spoel, vertikaal op te stellen. Vertikaal, omdat het magneetveld van een horizontale ontlading vertikaal loopt.

De werking van het systeem

Het blokschema van de schakeling is getekend in figuur 1. Het in de LC-kring geïnduceerde signaal ondergaat eerst een versterking. Door middel van potmeter P_1 wordt een gedeelte van het versterkte signaal toegevoerd aan een detector, die alleen de positieve pulsen doorlaat. Deze positieve pulsen worden aangeboden aan de min-ingang van de komparator. Zodra de spanning op de min-ingang groter wordt dan de spanning op de plus-ingang van de komparator, geeft deze een negatieve impuls af, waardoor de pulsgenerator wordt getriggerd. De pulsgenerator geeft dan een negatieve puls af met konstante amplitude en tijdsduur. Dit heeft tot gevolg dat:

1) een negatieve stroom i_2 wordt toegevoerd aan de ingang van het geheugen.

2) de triggerisolatie wordt ingeschakeld zodat de pulsgenerator tijdens de pulsduur niet meer bereikbaar is. De pulsgenerator wordt geblokkeerd, omdat deze anders opnieuw wordt getriggerd door de volgende uitslingering van de spoel (figuur 3). Tevens zorgt de blokkering ervoor, dat de tijdsduur en de amplitude van de puls uit de pulsgenerator konstant blijven.

Het geheugen werkt volgens het Miller-integratorprincipe. De uitgangsspanning is evenredig met de stroom naar de integrator en met de tijd gedurende welke deze stroom vloeit, waarbij stroom en spanning wel tegengesteld van teken zijn. Door de negatieve stroompuls op de geheugeningang zal de uitgang positief worden. Het geheugen is echter zodanig gekonstrueerd, dat de uitgangsspanning steeds langzaam daalt. Dit wordt bereikt, door een positieve stroom i_1 toe te voeren aan de ingang, waarbij $i_1 \ll i_2$ is. Steeds wanneer er binnen een voldoende korte tijd een ontlading is, zullen de uitgangsspanning van het geheugen en dus ook de plus-ingang van de komparator weer positiever worden, totdat de min- en de plus-ingang dezelfde spanning hebben. De komparator geeft dan geen triggerpulsen meer af.

Er stelt zich dus een evenwicht in, waarbij de evenwichtinstelling alleen afhangt van het aantal pulsen van de pulsgenerator en daardoor van het aantal bliksemontladingen.

De waarde van de evenwichtinstelling hangt af van de grootte van de aan de min-ingang toegevoerde impulsen en dus van de sterkte van de bliksemontladingen. Aangezien de veldsterkte van een elektrische ontlading omgekeerd-evenredig is (bizarre atmosferische condities buiten beschouwing gelaten) met de afstand, is de meteruitslag, bij konstante instelling van P_1 , een maat voor het zich verwijderen of naderbij komen van een onweersbui.

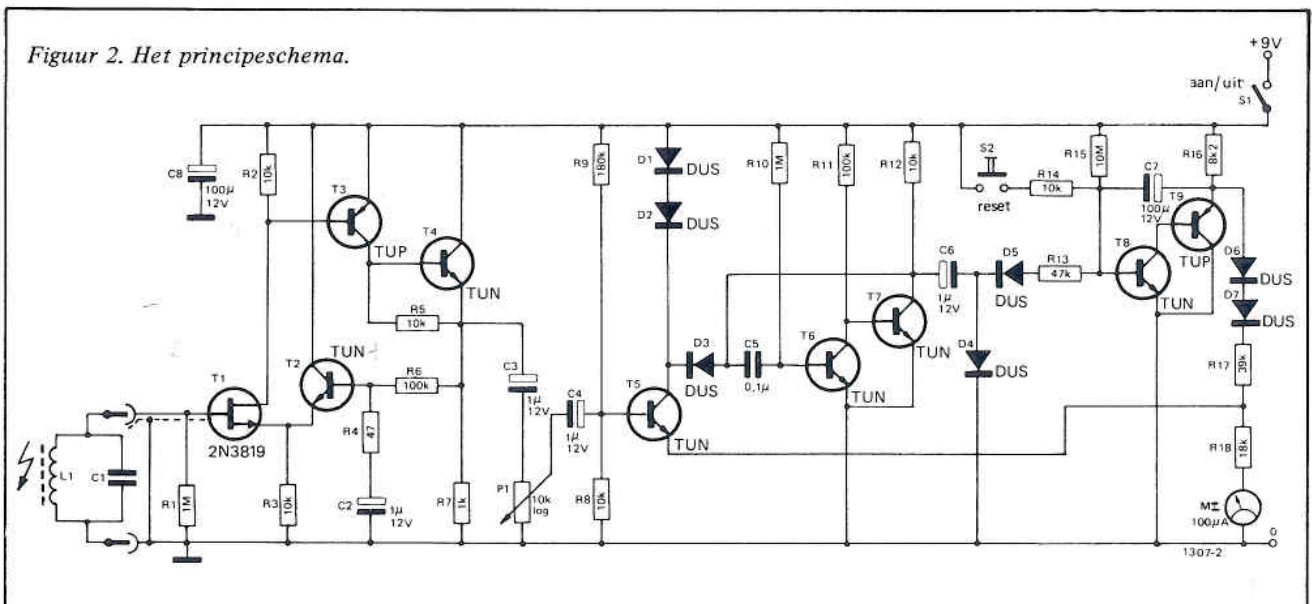
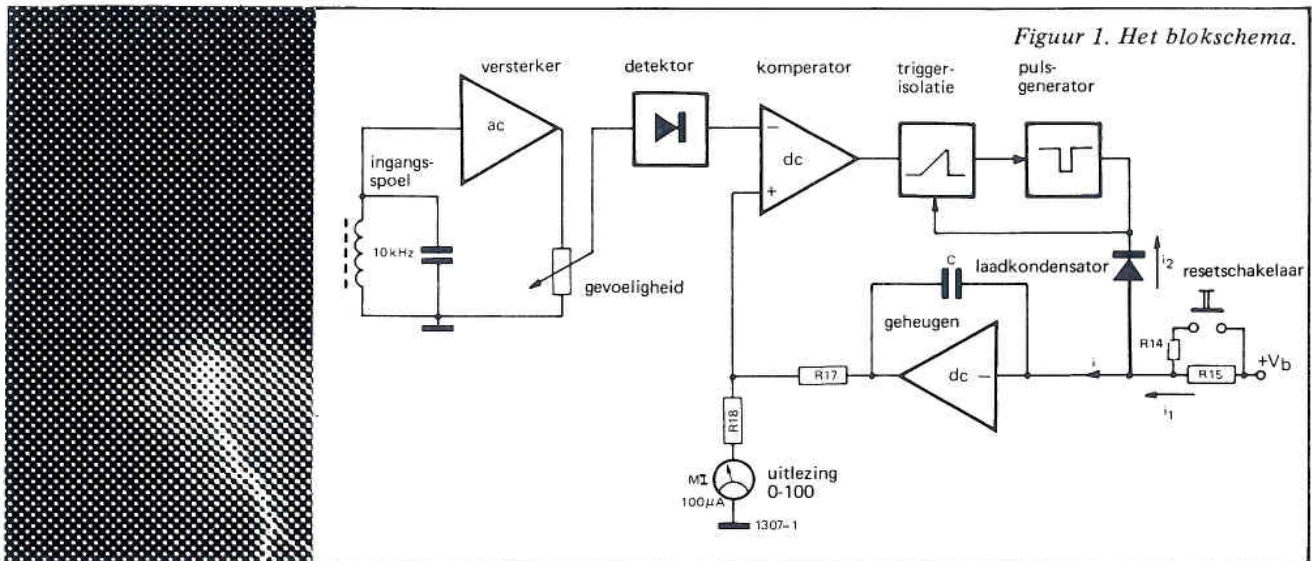
Het schema (figuur 2)

De versterker wordt gevormd door T_1 , T_2 , T_3 en T_4 . Een stabiele instelling wordt verkregen door de tegenkoppeling via R_6 . De gelijkspanningsversterking is hierdoor gelijk aan één. Omdat condensator C_2 een verwaarloosbare impedantie bezit voor de werkfrequentie, wordt de signaalversterking bepaald door de verhouding

$$\frac{R_6 + R_4}{R_4}$$

en bedraagt ca. tweeduizend.

De gevoeligheid wordt ingesteld met potmeter P_1 . Transistor T_5 verzorgt de functie van detector en komparator.



Onderdelenlijst bij figuur 2

Weerstanden:

- R1 = 1 M
- R2 = 10 k
- R3 = 10 k
- R4 = 47 Ω
- R5 = 10 k
- R6 = 100 k
- R7 = 1 k
- R8 = 10 k
- R9 = 180 k
- R10 = 1 M
- R11 = 100 k
- R12 = 10 k
- R13 = 47 k
- R14 = 10 k
- R15 = 10 M
- R16 = 8k2
- R17 = 39 k
- R18 = 18 k

Diversen:

- L1 = 2000 wnd. φ 10 mm op ferrietstaaf draaddiameter 0,3 mm
- S1 = aan/uitschakelaar
- S2 = resetschakelaar
- M = 100 μA meter
- P1 = potm. 10k log.

Kondensatoren:

- C1 = eksp. bepalen, ca. 1000 p
- C2 = 1 μ, 12 V
- C3 = 1 μ, 12 V
- C4 = 1 μ, 12 V
- C5 = 0,1 μ (geen elko)
- C6 = 1 μ, 12 V
- C7 = 100 μ, 12 V tantaal
- C8 = 100 μ, 12 V

Halfgeleiders:

- T1 = 2N3819 FET
- T2 = TUN
- T3 = TUP
- T4 = TUN
- T5 = TUN
- T6 = TUN
- T7 = TUN
- T8 = TUN
- T9 = TUP
- D1 = DUS
- D2 = DUS
- D3 = DUS
- D4 = DUS
- D5 = DUS
- D6 = DUS
- D7 = DUS

De voorinstelling door middel van R_8 en R_9 maakt het mogelijk dat zeer zwakke signalen nog worden gedetecteerd. De basis en de emitter van T_5 zijn de min- en de plus-ingang van de komparator. De pulsgenerator bestaat uit T_6 en T_7 , die een monostabiele multivibrator vormen. De triggerisolatie wordt gevormd door de dioden D_1 , D_2 en D_3 . De basisweerstand R_{10} en R_{11} hebben een dusdanige waarde, dat in rusttoestand T_7 spert. Een positief signaal op de basis van T_5 heeft tot gevolg, dat T_5 stroom gaat trekken via R_{12} en D_3 . Hierdoor krijgt T_6 een negatieve puls op de basis aangeboden, zodat T_7 open gaat en stroom trekt via R_{12} . Zodra de spanningsval over R_{12} groter wordt dan ca. 0,5 V, gaan D_1 en D_2 geleiden, waardoor de puls-generator stopt. De amplitude van de negatieve puls aan de kollektor van T_7 is dus gelijk aan de som van de drempelspanningen van D_1 , D_2 en D_3 en bedraagt ca. 1,5 V. Via C_5 bereikt deze puls de basis van T_6 , zodat de schakeling pas weer getriggerd kan worden als de stroom door R_{10} de basisspanning van T_6 zo heeft doen stijgen dat T_6 zover geleidt, dat de spanningsval over R_{12} kleiner is dan ca. 0,5 V. De tijdsduur tussen de triggerimpulsen wordt dus bepaald door de combinatie C_5 en R_{10} (0,1 sek.). Diode D_4 zorgt ervoor, dat de spanningsstijging tussen de impulsen niet op de ingang van het geheugen terecht komt. Ter voorkoming van lek is diode D_5 opgenomen. Zonder deze diode zou een deel van de stroom door R_{15} via R_{13} en D_4 naar massa vloeien.

Het geheugen wordt gevormd door T_8 en T_9 , in combinatie met de laadkondensator C_7 . Via R_{13} bereiken de negatieve impulsen de ingang van het geheugen. De emitter van T_9 vertoont hierdoor een spanningsstijging (t.o.v. massa), die via D_6 , D_7 en de spanningsdeler, bestaande uit R_{17} en R_{18} plus de meterweerstand, wordt toegevoerd aan de plus-ingang van de komparator. Het geheugen krijgt evenwel een positieve stroom toegevoerd via R_{15} , waardoor de emitterspanning van T_8 , en dus de emitterspanning van T_5 , langzaam daalt.

De waarde van de evenwichtinstelling wordt aangegeven door de meter M. Wordt de resetknop S ingedrukt, dan laadt C_7 zich snel op via R_{14} , waardoor de meter op nul komt te staan.

Bouwaanwijzingen

Bij de bouw van de bliksembarometer dient men het volgende in acht te nemen:

- 1) De bedrading van de versterker moet zo kort mogelijk worden gehouden.
- 2) Gebruik afgeschermd draad voor de

ingang van T_1 naar de antenne-ingang.

- 3) Leg de (-) voedingsspanning alleen bij de antenne-ingang aan massa.
- 4) Plaats de ontvangspoel uit de buurt van storingsbronnen en metalen voorwerpen. Kondensator C_1 moet rechtstreeks over de spoel worden gemonteerd.

Vertoont de versterker desondanks nog oscillatieverschijnselen, dan kan als laatste redmiddel de waarde van R_1 worden verkleind.

Bediening en aflezing

De potentiometer is geheel terugge-regeld (versterking nul). Nadat het apparaat is ingeschakeld, wordt P_1 iets omhoog geregeld tot de meter begint uit te wijken. Overschrijdt na verloop van tijd de meter de 100, dan kan door de resetknop in te drukken, de meter weer op nul worden gebracht. Natuurlijk wordt P_1 terugge-regeld.

Na enig eksperimenteren kunnen we, als de afstanden van onweersbuien bekend zijn, de knop op P_1 van een schaalverdeling voorzien. Figuur 4 geeft hiervan een voorbeeld. De afstand van de onweersbui kunnen we dan, als de meter ongeveer in het midden staat, aflezen van de stand van P_1 . Wordt de stand van P_1 niet veranderd, dan geeft de meter aan, of de onweersbuien dichterbij komen ofwel zich verwijderden.

Berekening van de karakteristieke eigenschappen

Stel dat een bliksemontlading een spanning met maximale waarde van V_i volt induceert in L_1 . De versterking door middel van T_1 , T_2 , T_3 en T_4 bedraagt A, de verzwakking van P_1 X. Aan de detektor-komparator wordt dan toegevoerd:

$$\frac{A \cdot V_i}{X} \text{ Volt.}$$

Er is evenwicht als de komparator gelijke spanningen krijgt toegevoerd, zodat dan geldt:

$$\frac{A \cdot V_i}{X} = \frac{V_0 \cdot R_{18}}{R_{17} + R_{18}} \quad (1)$$

Hierin is V_0 de uitgangsspanning van het geheugen en R_{17}/R_{18} vormen een spanningsdeler (met verwaarlozing van de meterweerstand). Bij verwaarlozing van de stroom naar de komparator is de meterstroom I_m gelijk aan:

$$I_m = \frac{V_0}{R_{17} + R_{18}}$$

zodat na substitutie van (1):

$$I_m = \frac{A \cdot V_i}{X \cdot R_{18}} = \frac{k_1 \cdot V_i}{X} \quad (2)$$

waarin $k_1 = \frac{A}{R_{18}}$.

De uitgangsspanning van het geheugen voldoet aan:

$$V_0 = -\frac{I \cdot t}{C},$$

waarin I de ingangsstroom, C de laadkondensator en t de tijd voorstelt. Bij N bliksemontladingen per seconde en een pulsduur van T sek. (van de pulsen uit de puls-generator) wordt dit:

$$V_0 = \frac{1}{C} \cdot (-N \cdot T \cdot I_2 - I_1) \cdot t \quad (3)$$

Substitutie van (1) in (3) geeft:

$$\frac{A \cdot V_i}{X} = \frac{R_{18}}{R_{17} + R_{18}} \cdot \frac{(-N \cdot T \cdot I_2 - I_1) \cdot t}{C}$$

Na omwerking en substitutie van (2) volgt hieruit voor t:

$$t = \frac{k_1 \cdot C \cdot (R_{17} + R_{18}) \cdot V_i}{(-N \cdot T \cdot I_2 - I_1) \cdot X} = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_3 \cdot N - 1} \cdot \frac{V_i}{X}$$

(4)

waarin:

$$k_2 = \frac{C \cdot (R_{17} + R_{18})}{I_1}$$

en

$$k_3 = -\frac{T \cdot I_2}{I_1}$$

De tijd waarin het systeem de evenwichtswaarde volgens (2) bereikt wordt dus gegeven door (4). Als $k_3 \cdot N < 1$, zal de meter geen uitslag geven, wat als gevolg heeft dat een incidentele stoorpuls geen invloed heeft. De meteruitslag blijft konstant wanneer $k_3 \cdot N = 1$. Dit zijn evenwel grensgevallen en deze komen vrijwel nooit voor. De waarde van $1/k_3$ is de minimum laadkapaciteit en wordt uitgedrukt in ontladingen/sek. Omdat de puls-generator pas na een tijd T weer gestart kan worden, treedt een maximum op bij $N = 1/T$ ontladingen per sek, de zgn. maximale volgfrequentie van het systeem.

Technische gegevens

Stroomverbruik bij 9 V voedingsspanning 5 à 8 mA.

Ontvangstfrequentie: 10 kHz.

Bandbreedte: 200 Hz (-3 dB)

Maks. volgfrequentie: 10 ontladingen/sek.

Min. laadkapaciteit: 3 ontladingen/min.

Maks. gevoeligheid: 10 μ V/schaaldeel

$K_1 = 0,111$ mho,

$K_2 = 63,3 \cdot 10^5$ sek/Amp.,

$K_3 = 20$ sek/ontlading,

T = 0,1 sek.

Figuur 3. De in de ontvangspoel geïnduceerde spanning als functie van de tijd.

Figuur 4. Voorbeeld van een frontplaat-indeling.

Figuur 5. Voeding voor de bliksembarometer.

