

1 85016

Brevet N°  
du 27.09.1983  
Titre délivré : 04. JUIN 1985

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG



DEB  
Rijnsijk  
Monsieur le Ministre  
de l'Économie et des Classes Moyennes  
Service de la Propriété Intellectuelle  
LUXEMBOURG  
nouvelles exceptions  
reconnues dans  
notre dossier

## Demande de Brevet d'Invention

### I. Requête

GATH Robert (1)  
15, rue Joseph Tockert  
2620 Luxembourg (2)

dépose(nt) ce (3)  
à heures, au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, à Luxembourg :  
1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant : (4)  
Schaltung zur Messung elektrischer Ströme

2. la délégation de pouvoir, datée de le  
3. la description en langue de l'invention en deux exemplaires;  
4. planches de dessin, en deux exemplaires;  
5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,

le  
déclare(nt) en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) :  
le déposant (5)

revendique(nt) pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de  
(6) déposée(s) en (7)  
le (8)

au nom de (9)  
élit(élisent) pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg (10)

sollicite(nt) la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les  
annexes susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à mois. (11)  
Le déposant

### II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, Service de la Propriété Intellectuelle à Luxembourg, en date du :

à heures



Pr. le Ministre  
de l'Économie et des Classes Moyennes,  
p. d.

A 68007

(1) Nom, prénom, firme, adresse — (2) s'il a lieu «représenté par» agissant en qualité de mandataire — (3) date du dépôt en toutes lettres — (4) titre de l'invention — (5) noms et adresses — (6) brevet, certificat d'addition, modèle d'utilité — (7) pays — (8) date — (9) déposant originaire — (10) adresse — (11) 6, 12 ou 18 mois.

Luxemburg, den 26. September 1954

Verfahren zur Messung elektrischer Ströme und  
Schaltung zur Durchführung des Verfahrens

Erfinder und Anmelder : Robert GATH

15, rue Joseph Tockert  
2620 LUXEMBOURG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung elektrischer Ströme sowie eine geeignete Schaltung zur Durchführung des Verfahrens von folgender Art: Der den zu messenden Strom führende Leiter L ist durch einen Wandlerkern aus magnetisch leitendem Material durchgeführt. Die Sekundärspule ist an eine Reglerschaltung angeschlossen, welche bewirkt, dass ein magnetischer Fluss, wie er normalerweise durch den im Leiter fliessenden Strom hervorgerufen würde, unterdrückt wird. Wenn der zu messende Strom ausser Wechselstrom auch Gleichstrom enthält, so war es bei den bisher bekannten Schaltungen nötig, den Leiter durch einen zweiten Kern zu führen, und an dessen Sekundärspule eine weitere Regelschaltung für die Kompensation des Gleichstromanteiles anzuschliessen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Kompensation der beiden Ströme mit einem einzigen Kern zu ermöglichen, oder den Gleichstrom auf andere Weise zu erkennen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss durch folgende Massnahmen gelöst :

Massnahme 1 : Zur Messung des Wechselstromanteils wird ein Nullflusswandler verwendet.

Ein Nullflusswandler enthält eine Regelschaltung, welche

- 2 -

eine Änderung des magnetischen Flusses, die normalerweise durch den zu messenden Strom eintreten würde, durch einen entsprechenden Strom  $I_{co}$  über eine Wandler-spule unterdrückt.

Massnahme 2 : In den Kreis des Stromes  $I_{co}$  wird eine Wechselspannungsquelle mit der Frequenz  $f$  eingefügt.

Der innere Widerstand der Quelle soll sehr klein gegenüber dem induktiven Spulenwiderstand sein. Durch das Einfügen der Wechselspannungsquelle wird aus dem Nullflusswandler ein Konstantwechselflusswandler, dessen Fluss einen fest vorgegebenen Verlauf hat und durch den zu messenden Strom kaum beeinflusst wird. Wenn die Schaltung in einem Fehlerstromschutzschalter Verwendung findet, ist die genaue Messung des Gleichstrom-Fehlerstromes nicht unbedingt erforderlich. Dann kann es genügen, zu prüfen, ob die durch den Gleichstromfehlerstrom verursachte Verringerung des induktiven Widerstandes einen unzulässig hohen Wechselstrom in der Spule bewirkt, oder ob die Amplitude einer im Spulenstrom enthaltenen geraden Harmonischen unzulässige Werte erreicht. Letzteres ist mit Massnahme 3 möglich. Für eine genauere lineare Messung ist zusätzlich Massnahme 4 nötig.

Massnahme 3 : Am Ausgang des Verstärkers ist eine Filterschaltung angeschlossen, welche bewirkt, dass die Signalanteile mit der Frequenz  $2nf$  in bevorzugter Weise verstärkt werden, wobei  $n$  eine ganze Zahl ist, zum Beispiel 1.

Massnahme 4 : Am Ausgang der Filterschaltung ist eine Regelschaltung angeschlossen, welche einen Gleichstrom so einstellt, dass das Signal mit der Frequenz  $2nf$  auf einen kleinen Wert geregelt wird, wobei dieser Gleichstrom in solcher Richtung über eine Spule des Wandlerkerns fliesst, dass er die von einem Gleichstrom-Fehlerstrom im Kern erzeugte magnetomotorische Kraft aufhebt.

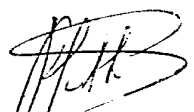
Vorteil : Die Leistung für die Vormagnetisierung ist gering, und damit auch die Wärmeentwicklung.

Figur 1 zeigt die detaillierte Bauteilzeichnung einer realisierten und ausprobierten Schaltung, Figur 2 das Blockschaltbild, Figur 3 die Bauteilzeichnung mit Bezugsnummern, die Fi-



Figuren 4, 5, 6, 7 andere Ausführungsformen, allesamt in Verwendung mit einem Fehlerstromschutzschalter, Figur 8 zeigt eine reine Schaltung zur Messung elektrischer Ströme.

In Figur 1 sind 4 Netzleiter R,S,T,N, durch den Kern 3 des Summenstromwandlers durchgeführt. Die Schaltung 6 ist eine Spannungsquelle für Wechselstrom von 50 Hertz, welche bei einer Netzspannung von 220 Volt an dem Punkt zwischen den beiden Widerständen von 2,7 Kiloohm und 10 Ohm eine Spannung von ungefähr 0,1 mV gegen Erde abgibt. Diese Spannung erzeugt über die angeschlossene Wandlerpule 7 einen Vormagnetisierungsstrom  $I_{Pr}$  von 50 Hertz, der in den Widerstand 39 (1 Kiloohm) und den Operationsverstärker 120 der Schaltung 5 weiterfließt. Wenn über die Phasenleiter ein Gleichstrom-Fehlerstrom fließt, enthält der über die genannte Spule fließende Strom  $I_{Pr}$  ausserdem einen Wechselstrom von 100 Hertz. Wenn über die Phasenleiter ein Wechselstrom-Fehlerstrom fließt, so entsteht in der genannten Spule zusätzlich ein proportionaler Strom,  $I_{Fa}$ , der die vom Wechselstrom-Fehlerstrom bewirkte magnetomotorische Kraft kompensiert. Am Eingang der Filterschaltung 18 tritt eine Spannung  $U_{Fa} + U_{Pr}$  auf, welche proportional ist zu  $I_{Fa} + I_{Pr}$  ist. Nur die zweite Harmonische (100 Hertz) des Signals  $U_{Pr}$  wird von der Filterschaltung 18 durchgelassen und gelangt zum Synchrongleichrichter 12. Dieser wird von einem Signal gesteuert, das vom Phasenschieber 8, vom Differentiator 9, von der UND-Funktionsschaltung 10 und dem Komparator 11 aus der Sinusspannung des aus 2 Widerständen 30 (12 Kiloohm) und 32 (3,9 Kiloohm) bestehenden Spannungsteilers abgeleitet wird. Der PI-Regler 14, hinter dem Synchrongleichrichter 12, steuert die Stromquelle 15, welche über die Spule 4 einen Strom fließen lässt, der die vom Gleichstrom-Fehlerstrom im Wandlerkern erzeugte magnetomotorische Kraft kompensiert. Die Summationsschaltung 17 bildet die Summe der beiden Spannungen  $U_{Fc}$  und  $U_{Fa}$ , welche jeweils dem Gleichstrom-



Fehlerstrom  $I_{Fc}$  und dem Wechselstrom-Fehlerstrom  $I_{Fa}$  proportional sind.  $U_{Fc}$  wird erhalten, indem der von der Stromquelle 15 gelieferte Strom über eine Vollweggleichrichterschaltung 16 geleitet wird.  $U_{Fa}$  wird aus dem Ausgangssignal der Operationsverstärkerschaltung 5 in der Summationsschaltung 22 gebildet, welche zu der Spannungssumme  $U_{Fa} + U_{Pr}$  eine Spannung  $U = -U_{Pr}$  addiert. Die resultierende Spannung wird durch die Schaltung 23 gleichgerichtet. Wenn die Spannung am Ausgang der Summationsschaltung 17 höher ist als ein vorgegebener fester Höchstwert  $U_F$ , gibt der Komparator 19 ein Signal auf den Signalverstärker 20. Dieser bewirkt einen starken Strom über die Spule 11 des Auslösers und der Schutzschalter schaltet ab.

An den N-Eingang des Operationsverstärkers des Komparators 11 wird eine negative Spannung so eingestellt, dass eine von vier aufeinanderfolgenden Halbwellen der aus der Schaltung 18 kommenden 100 Hertz-Welle vom Fet-Transistor durchgelassen wird.

Als Wandlerkern wurde in dieser Schaltung ein Ringbandkern verwendet, wie er von den bekanntesten Herstellern für Fehlerstromschutzschalter für die heutige Standardausführung (Nenn-Abschaltstrom 30 mA) benutzt wird, hergestellt von Fa. Vacuumschmelze GmbH, D 6450, Hanau.

Material: ULTRAPERM F 80. Ungefähre Masse: äußerer Durchmesser 23 mm, Lochdurchmesser 13 mm, Länge des Zylinders 23 mm. Die beiden Spulen 4 und 7 haben 100 Windungen.

Verwendete Operationsverstärker : Type 741

Verwendete Dioden in Schaltung 10 und 12 : BAW 62

Verwendeter FET-Transistor : BF 245 A

Für die Spulen 4 und 7 wurde Kupferdraht von circa 0,25 mm Durchmesser verwendet.

In der Zeichnung 3 ist die gleiche Schaltung wiedergegeben, jedoch sind Bezugszeichen eingesetzt. In der nachfolgenden Beschreibung der Verbindung der Bauteile werden Abkürzungen benutzt. Hierin bedeuten : R einen ohmschen Widerstand, C einen Kondensator, OP einen Operationsverstärker. Die nachfolgende Zahl gibt das Bezugszeichen in der Zeichnung, die in Klammern eingesetzte Zahl die für das Bauteil wichtige Date an. K-Ohm bedeutet Kiloohm, Mikro-F bedeutet Mikrofarad.

Die Netzleiter R, S, T, N sind durch den Kern 3 des Summenstromwandlers durchgeführt. Der Nulleiter ist über C25(4,7 Mikro-F), den Leiter 26, C24(0,82 Mikro-F) mit dem Phasenleiter T verbunden. Der Leiter 26 ist über R27(2,7 K-Ohm), den Leiter 28 und R29(10 Ohm) mit Masse verbunden. Der Leiter 28 ist über die auf dem Kern 7 angeordnete Spule mit dem N-Eingang des OP120 verbunden. Der Leiter 26 ist über R30(12 K-Ohm), den Leiter 31, R32(3,9 K-Ohm) mit Masse verbunden. Der Leiter 31 ist über R33(6,8 K-Ohm), den Leiter 34, C35(0,56 Mikro-F) mit Masse verbunden. Der Leiter 34 ist über die parallelliegenden Widerstände R36(680 K-Ohm) und R37(4,7 megohm, verstellbar) mit dem N-Eingang eines Operationsverstärkers OP 121 verbunden. Der P-Eingang des OP120 ist direkt mit Masse, derjenige des OP121 über R38(39 K-Ohm) mit Masse verbunden. Der Ausgang des OP120 ist über R 39(1K-Ohm) mit dem N-Eingang des OP120

verbunden. Der Ausgang des OP121 ist über R41(68 K-Ohm) mit dem N-Eingang des OP 121 verbunden. Der Ausgang des OP121 ist über C42(1 Mikro-F) an den einen Wechselstrom-eingang einer Vollweggleichrichterschaltung 23 (Graetzschaltung bestehend aus 4 Dioden) verbunden. Der andere Wechselstromeingang von 23 ist mit Masse verbunden. Die beiden Gleichstromausgänge von 23 sind über R43(15 K-Ohm) miteinander verbunden. Der positive Gleichstromausgang von 23 ist über R44(1Megohm) mit dem N-Eingang, der negative

über R45(1 Megohm) mit dem P-Eingang des OP122 verbunden. Der Ausgang von 122 ist über R46(1 Megohm) mit dem N-Eingang des OP122 verbunden. Der P-Eingang von OP122 ist über R47(1 Megohm) mit Masse verbunden. Der Ausgang des OP122 ist über R48(270 K-Ohm) mit dem P-Eingang des OP 123 verbunden. P-Eingang und N-Eingang von OP123 sind durch 2 parallelgeschaltete Dioden so miteinander verbunden, dass ihre Durchlassrichtungen entgegengesetzt sind. Der N-Eingang von OP 123 ist über R49(270 K-Ohm), den Leiter 50 und R51(33 K-Ohm) mit Masse verbunden. Der Leiter 50 ist ausserdem über R52(22 K-Ohm) mit dem positiven Pol  $+V_{cc}$  der Spannungsquelle verbunden, welche die Operationsverstärker mit elektrischer Energie versorgt. Diese Spannungsquelle soll je einen Anschluss für +15 V, einen solchen für 0 V und einen für -15 V haben. Der Ausgang von OP123 ist über R53(10 K-Ohm) mit der Basis eines n-p-n Transistors 110 verbunden. Der Kollektor dieses Transistors ist über R54(560 Ohm) mit dem positiven Anschluss  $+V_{cc}$  der die Operationsverstärker versorgenden Spannungsquelle verbunden. Der Emitter dieses Transistors ist mit der auf dem Auslöser angebrachten Spule 111 des Schutzschalters verbunden. Das andere Ende dieser Spule ist mit dem negativen Anschluss  $-V_{EE}$  verbunden. Der Ausgang von OP120 ist über C55(8,2 Nanofarad), über den Leiter 56 und R57(195 K-Ohm) mit Masse verbunden. Ausserdem ist er über R58(390 K-Ohm), den Leiter 59 und C60(16,4 Nanofarad) mit Masse verbunden. Der Leiter 59 ist über R61(390 K-Ohm), den Leiter 62, den C63(8,2 Nanofarad) mit dem Leiter 56 verbunden. Der Leiter 62 ist über R64(6,8 K-Ohm) den Leiter 65, R66(57,8 Ohm) mit Masse verbunden. Der Leiter 65 ist über C67(0,15 Mikro-F) mit dem N-Eingang des OP 124 verbunden. Der Ausgang des OP 124 ist über R69(1,8 Megohm) mit dem N-Eingang von OP124 verbunden. Er ist weiter über R70(6,8 K-Ohm, den Leiter 71 und R72(66 Ohm) mit Masse verbunden. Der Leiter 71 ist über

C73(0,15 Mikro-Parad) mit dem N-Eingang des OP 125 verbunden. Der Ausgang des OP 125 ist über R75(1,8 Megohm) mit dem N-Eingang des OP125 verbunden. Der P-Eingang des OP125 ist mit Masse verbunden. Der Ausgang des OP125 ist über C76(1 Mikrofarad), den Leiter 77 und R78(10 K-Ohm) mit Masse verbunden. Der Leiter 31 ist über R80(6,8 K-Ohm) den Leiter 81 und C82(0,47 Mikrofarad) mit dem P-Eingang eines OP126 verbunden. Der Leiter 81 ist über C83(3,3 Nanofarad) mit dem N-Eingang des OP126 verbunden. Der Ausgang des OP126 ist über R84(1 Megohm) mit dem N-Eingang des OP126 verbunden. Der P-Eingang des OP127 ist mit den Anoden der beiden Dioden 85 und 86 verbunden. Am Eingang des OP127 ist eine leicht negative Spannung angelegt. Der Ausgang des OP127 ist mit der Kathode der Diode 88 verbunden. Die Anode der Diode 88 ist mit dem Steuereingang des FET-Transistors 90 verbunden. Von den beiden andern Anschlüssen des FET-Transistors ist der eine an den Leiter 77 angeschlossen. Er ist auch über R 91 (3,3 Megohm) an den Steuereingang von 90 angeschlossen. Der andere Anschluss ist über R92(56 Kiloohm), über den Leiter 93 und C94(1 Mikrofarad) an Masse angeschlossen. Der Leiter 93 ist über R95(100 Kiloohm) an den N-Eingang des OP128 angeschlossen. Der Ausgang von OP128 ist über C96(0,12 Mikrofarad) und R97(820 Kiloohm) an den N-Eingang des OP 128 angeschlossen. Der Ausgang des OP128 ist an den P-Eingang von OP129 angeschlossen. Der N-Eingang des OP129 ist über R98(2,2 Kiloohm) an Masse angeschlossen. Der Ausgang des OP129 ist über die Spule 4 an den einen Wechselstromeingang der Vollweggleichrichterschaltung 16 (bestehend aus 4 Dioden) angeschlossen. Der andere Wechselstromanschluss von 16 ist über R98(2,2 Kiloohm) an Masse angeschlossen. Der positive Gleichstromausgang von 16 ist über



R 99 (470 Kiloohm) an den P-Eingang des OP122 angeschlossen. Der negative Gleichstromanschluss von 16 ist über R100(470 Kiloohm) an den N-Eingang des OP122 angeschlossen. Die beiden Gleichstromanschlüsse sind über R101(2,2 Kiloohm) miteinander verbunden. Der Ausgang des OP120 ist über R40(18 Kiloohm) mit dem N-Eingang des OP121 verbunden. Der P-Eingang des OP 124 ist mit Masse verbunden. Der Leiter 71 ist über C74(0,15 Mikrofarad) mit dem Ausgang des OP125 verbunden. Der Leiter 81 ist mit der Kathode der Diode 85 verbunden. Der P-Eingang des OP127 ist über R87(68 Kiloohm) mit Masse verbunden. Die Ausdrucksweise, dass ein Bauteil über C96 und R97 an ein anderes Bauteil angeschlossen ist, soll bedeuten, dass in dieser Verbindung die Bauteile C96 und R97 in Serie, also nicht etwa parallel liegen. Der Leiter 65 ist über C68(0,15 Mikrofarad) mit dem Ausgang des OP124 verbunden. Der Ausgang des OP126 ist mit der Kathode der Diode 86 verbunden. phasenleiter N ist mit Masse verbunden. Der P-Eingang des OP 128 ist über R102(100 K-Ohm) mit Masse verbunden. Die Operationsverstärkerschaltung 5 besteht aus 120 und 39. Die Schaltung 6 besteht aus den Teilen 24, 25, 27, 29. Der Phasenschieber 8 besteht aus 80, 81, 82. Der Differentiator 9 bestehend aus C 83(3,3 Nano-F), OP126, R84 (1 Megohm) bewirkt eine Phasenverschiebung von 90 Grad. Die UND-Funktionschaltung 10 besteht aus den Dioden 85, 86. Der Komparator 11 besteht aus OP127. Der Synchrongleichrichter 12 besteht aus 88, 90, 91, 92. Der PI-Regler 14 besteht aus 95, 96, 97, 128. Die Stromquelle 15 besteht aus 129, 101, 98, 16. Die Vollweggleichrichterschaltung 16 besteht aus den 4 Dioden. Die Summationschaltung 17 besteht aus 44, 45, 46, 47, 99, 100, 122. Die Filterschaltung 18 besteht aus einem passiven Sperrfilter für 50 Hertz (mit den Teilen 55, 57, 58, 60, 61, 63), einem ersten aktiven Bandpassfilter (64, 66, 68,

67, 69, 124) für 100 Hertz und einem zweiten solchen Filter (70, 72, 73, 74, 75, 125). Der Komparator 19 besteht aus 48, 49, 51, 52, 123). Der Signalverstärker 20 besteht aus 53, 54, 110, 111. Die Summationsschaltung 22 besteht aus 36, 37, 40, 41, 38, 121.

Es wurden handelsübliche Bauelemente mit Toleranzen von 5 bis 10 % benutzt. Im allgemeinen gelten daher die Bauteildaten nur ungefähr und müssen justiert werden.

So lässt sich zum Beispiel unter Umständen durch Verändern der Daten von 80, 82 der Zeitpunkt in dem der Fet-Transistor leitend wird, genauer mit dem Zeitpunkt in Übereinstimmung bringen, in dem eine Halbwelle der 100 Hertz-Welle durch Null geht. Wenn diese Halbwelle nach einer zweihundertstel Sekunde wieder durch Null geht, soll der Fet wieder sperren. Der Differentiator 9 erzeugt eine Sinusspannung  $U_9$ , die um 90 Grad gegenüber der im Leiter 81 vorliegenden Spannung  $U_{81}$  verschoben ist. Wenn sowohl  $U_9$  wie  $U_{81}$  etwas höher liegen als die am N-Eingang von OP 127 angelegte, leicht negative Spannung wird der Ausgang von 127 positiv und der Fet-Transistor leitet eine Halbwelle von 100 Hertz an den Eingang des PI-Reglers 14.

Von den beiden Bandpassfiltern ist der eine auf eine etwas höhere, der andere auf eine etwas niedrigere Frequenz als 100 Hertz abgestimmt worden.

Man kann die Schaltung der Figur 3 in folgender Weise ändern. An den P-Eingang des OP 120 wird eine positive Spannung gelegt und seine Verbindung zur Masse unterbrochen. Der Ausgang von OP 120 stellt jetzt über R39 einen ansteigenden Strom in Richtung von R39 über die

Spule 7 zur Masse ein. Infolge des induktiven Spannungsabfalls an 7 entsteht am N-Eingang des OP120 eine positive Spannung, die derjenigen am P-Eingang gleich ist. Ist die am P-Eingang angelegte Spannung eine Wechselspannung von circa 0,1 Volt und 50 Hertz und hat sie genau entgegengesetzte Phasenlage wie die zwischen 28 und Masse abgenommene Spannung der Figur 3, so kann man auf diese Art über 7 den erforderlichen Vormagnetisierungsstrom erzeugen, ohne die Spannungsquelle 6 zu benutzen. Dann werden die Bauteile 27, 28, 29 aus der Schaltung entfernt und das vorher an 28 angeschlossene Ende der Spule 7 wird mit Masse verbunden. Figur 4 zeigt die resultierende Schaltung. Der P-Eingang von OP120 ist hier über den Anschlusspunkt 28a mit einer Wechselspannungsquelle von 0,1 Volt, 50 Hertz und richtiger Phasenlage zu verbinden.

Figur 5 zeigt eine gegenüber den Figuren 1, 3, 4 wesentlich einfacher aufgebaute Ausführung. Der Gleichstrom-Fehlerstrom wird hier nicht kompensiert, und es fallen die Schaltungen 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15 fort. Der OP130 verstärkt nur die negative Halbwelle der vom Gleichstrom-Fehlerstrom erzeugten 100-Hertz-Welle, nicht die positive. Durch den C158 (10 Mikrofara~~d~~) wird aus den primär entstehenden Halbwellenimpulsen eine ziemlich glatte negative Gleichspannung  $U_{ng}$ , welche über R142 auf den N-Eingang von OP132 einwirkt. Die über C 42 und R140 auf den N-Eingang von OP132 einwirkende Spannung  $U_{FW}$  ist eine reine Wechselspannung. Ihr positiver Wellenteil wird durch die Überlagerung mit  $U_{ng}$  verkleinert, ihr negativer vergrößert. Da R140 und R142 gleich sind, ist die Spannung am N-Eingang gleich der halben Summe (dem arithmetischen Mittelwert) von  $U_{ng}$  und  $U_{FW}$ . Der OP132 wirkt als Komparator. Wenn die an seinem N-Eingang wirkende Spannung stärker negativ ist, als die über R151 und R152 auf den P-Eingang wirkende negative Spannung, wird der Ausgang von OP 132 positiv, und über den Transistor 110 fließt ein Strom, der den Schutzschalter abschaltet.

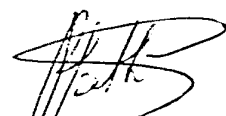
Für die nachstehend aufgezählten Bauteile ist deren Verbindung die gleiche wie auf Seite 5, Zeile 1 bis 28 angegeben : R, S, T, N, 3, 4, 7, 24 bis 42, 120, 121. Auch die Daten dieser Bauteile sind die gleichen. Jedoch ist C42 hier nicht mit einer Gleichrichterschaltung verbunden. Der Ausgang von OP121 ist über C42(1 Mikro-F), R140 (1 Megohm), den Leiter 141, R142(1 Megohm), den Leiter 143, C158(10 Mikro-F) mit Masse verbunden. Der eine Anschlussdraht von R151(33 K-Ohm) ist mit Masse verbunden. Der andere ist über den Leiter 159, über R152(22 K-Ohm) mit dem negativen Anschluss  $-V_{EE}$  der die Operationsverstärker versorgenden Spannungsquelle verbunden. Leiter 159 ist über R146(1 Megohm) mit dem P-Eingang von 132 verbunden. Leiter 141 ist mit dessen N-Eingang verbunden. Der Ausgang des OP125 ist mit dem N-Eingang des OP130 verbunden. Der Ausgang des OP130 ist mit der Anode der Diode 153 verbunden. Die Kathode dieser Diode ist über den Leiter 154, den Widerstand 155(10 K-Ohm), den Leiter 156, R157 (3,3 K-Ohm) mit Masse verbunden. Der Leiter 156 ist mit dem P-Eingang des OP130 verbunden. Der Leiter 154 ist mit dem Leiter 143 verbunden. Der Ausgang des OP132 ist über R53(10 K-Ohm) mit der Basis des npn-Transistors 110 verbunden. Der Kollektor des Transistors ist über R54(560 Ohm) mit dem positiven Anschluss  $+V_{CC}$  verbunden. Der Emitter des Transistors ist über die Spule 111 mit dem Anschluss  $-V_{EE}$  verbunden. Die in der Zeile 3 dieser Seite aufgezählten Bauteile haben die gleichen Verbindungen zur Masse wie angegeben auf Seite 5, Zeile 1 bis 28. Bei den Schaltungen gemäss den Figuren 1, 3, 4 wird als Signal für den Wert des Wechselstrom-Fehlerstromes  $I_{Fa}$  eine gleichgerichtete Spannung, (nämlich die Spannungsdifferenz an den Ausgängen der Gleichrichterschaltung 23) benutzt, während bei der zuletzt beschriebenen Schaltung das die Stromstärke  $I_{Fa}$  repräsentierende Signal am Ausgang von 121 eine reine Wechselspannung ist. Man

kann aber auch in Figur 5 eine Gleichrichterschaltung einfügen. Dadurch wird erreicht, dass bei Fließen eines Gleichstrom-Fehlerstromes jede der beiden Halbwellen der gleichgerichteten Wechselspannung von 50 Hertz durch die Überlagerung mit  $U_{ng}$  vergrößert wird. Eine eventuelle Verzögerung einer Abschaltung bis zur nächsten negativen 50-Hertz-Halbwelle (etwa 10 Millisekunden) wird so vermieden. Figur 6 zeigt den Teil der Schaltung, der hierbei abgeändert werden muss. Die übrige Schaltung stimmt mit Figur 5 überein. Der Ausgang des OP 121 ist über C42 (1 Mikro-F) mit dem einen Wechselstromeingang der Gleichrichterschaltung 23 verbunden. Die direkte Verbindung von C42 nach R140 wie in Figur 5 besteht nicht mehr. Der andere Wechselstromeingang von 23 ist mit Masse verbunden. Der negative Ausgang von 23 ist über R140 (1 Megohm) mit dem Leiter 141 verbunden. Der positive Ausgang ist über R145 (1 Megohm) mit dem P-Eingang des OP132 verbunden.

Da in den Schaltungen nach Figur 5 und 6 bei Auftreten eines Gleichstrom-Fehlerstromes dieser nicht kompensiert wird, vermindert sich der induktive Widerstand der Spule 7 und es fließt ein stärkerer Vormagnetisierungsstrom  $I_{Pr}$ . Auch  $U_{Pr}$  nimmt zu (siehe Seite 3, Zeile 20). Die Spannung  $U$ , die, wie auf Seite 4 Zeile 7 angegeben, zum Zweck der Elimination von  $U_{Pr}$  addiert wird, bleibt dagegen konstant, da sie an Bauteilen mit festen Daten gebildet wird. (24, 25, 30, 32, 34, 36, 37). Die Spannung am Ausgang der Summationschaltung 22 enthält also noch einen Teil der Spannung  $U_{Pr}$ , welcher sich mit  $U_{Fa}$  überlagert. Je nach Phasenlage des Wechselstrom-Fehlerstromes zu  $I_{Pr}$  kann diese Ausgangsspannung verschiedene Werte annehmen. Der Abschaltstrom des Schutzschalters ist daher bei gegebenen Werten des Wechselstrom-Fehlerstromes  $I_{FW}$  und des Gleichstrom-Fehlerstromes von der Phasenlage von  $I_{Fa}$  und somit auch von  $I_{FW}$  zu  $I_{Pr}$  abhängig. Um diesen Einfluss klein zu halten, ist es vorteilhaft, einen kleinen Vormagnetisierungsstrom durch Ein-

stellung einer niedrigen Spannung an dem aus 27, 28, 29 bestehenden Spannungsteiler zu wählen. Zu diesem Zweck soll das Verhältnis R29 zu R27 möglichst klein sein. Stellt man aber hinsichtlich der Ungenauigkeit durch Phasenlage geringere Ansprüche, so kann man  $I_{pr}$  grösser wählen und dann sogar auf die Filterschaltung verzichten. Dies dürfte allerdings nur für Schutzschalter ratsam sein, bei welchen nur ein Phasenleiter und der Nulleiter durch den Kern geführt sind, da hier Änderungen der Phasenlage normalerweise gering sind. Eine solche Schaltung hat man vor sich, wenn man in Figur 5 oder 6 den Leiter 143 unterbricht. Die Bauteile 55 bis 75, 124, 125, 130, 153 bis 158 werden dann entfernt. In diesem Fall wird bei einem Gleichstrom-Fehlerstrom die Abschaltung durch das Ansteigen von  $I_{pr}$  hervorgerufen.

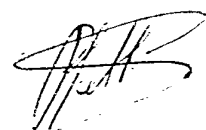
Bei allen angegebenen Ausführungen ist eine weitere Vereinfachung möglich, indem ein Wechselstrom mit konstantem Effektivwert über eine andere Spule zwecks Vormagnetisierung geleitet wird. Figur 7 zeigt die nach entsprechender Änderung der Figur 5 erhaltene Schaltung. Der Widerstand 39 hat einen Wert von 3,3 Kiloohm, damit die Verstärkung grösser wird und auf den OP 121 verzichtet werden kann. Der Ausgang des OP120 ist direkt über C42, R140 mit dem N-Eingang von OP132 verbunden. Wenn hier irgendwo angegeben wird, dass ein Bauteil entfernt wurde, so bedeutet dies, dass die über dieses Bauteil zwischen andern Bauteilen vermittelte Verbindung damit unterbrochen ist. Es wurden folgende Bauteile entfernt : 30-38, 40, 41 und 121. Durch richtige Wahl der Daten der Bauteile 160 und 161 muss unbedingt der über Spule 2 fliessende Strom so eingestellt werden, dass der über die Spule 7 fliessende Strom auf den Wert null zurückgeht, wenn kein



Fehlerstrom auf den Kern einwirkt. Wenn dann nach dieser Einstellung ein Wechselstrom-Fehlerstrom eintritt, so enthält der sich bildende Strom keinen Vormagnetisierungsstrom, sondern nur den Strom  $I_{Fa}$ , der die magnetomotorische Kraft des Wechselstrom-Fehlerstromes  $I_{FW}$  kompensiert. Die am Ausgang von OPl20 auftretende Spannung ist daher proportional zum Wechselstrom-Fehlerstrom. Für den Kondensator 160 dürfte der richtige Wert bei etwa 68 Nanofard, für den Widerstand 161 bei 220 Kiloohm liegen. Der Phasenleiter T ist über Cl60, Rl61 und Spule 2 (100 Windungen mit dem Nulleiter N verbunden. Wendet man die Vereinfachung auf die Schaltung der Figur 1, 3 oder 4 an, so müssen die Bauteile 30, 32 sowie deren Verbindungen vom Leiter 26 über 30, 31, 32 zur Masse, sowie die Verbindung des Leiters 31 über 80, 81, 82 zur Masse beibehalten werden.

Figur 8 zeigt eine Schaltung, ähnlich wie Figur 4, die jedoch für die Messung von elektrischem Strom für andere Zwecke als für Schutzschalter abgeändert ist. Nur der den zu messenden Strom führende Leiter L ist durch den Kern 3 durchgeführt. Die Gleichrichterschaltungen 23 und 16, ebenso die Bauteile 43, 45, 48 bis 54, 99, 110 111, die Dioden zwischen den Eingängen von OP 123 wurden entfernt. Der Ausgang von OP 121 ist über C42, R44 mit dem Eingang von OPl22 verbunden. Der Ausgang von OPl29 ist über 4, Leiter 104, Rl01, Leiter 103, R98 mit Masse verbunden. Der Leiter 103 ist mit dem N-Eingang von OPl29 verbunden. Der N-Eingang von OPl22 ist über Rl00 mit Masse verbunden. Am Ausgang von OPl21 tritt eine Spannung auf, die dem im Leiter L fließenden Wechselstrom proportional ist, während die am Ausgang von OPl29 auftretende Spannung dem im Leiter L fließenden Gleichstrom proportional ist. Am Ausgang von OPl22 erhält man eine Spannung, welche die Summe der beiden Stromanteile repräsentiert. Allerdings muss man hierbei dafür sorgen, dass beide Ströme im gleichen Masstab addiert werden, etwa durch Änderung der Widerstände 44 und 100.

In den bisher beschriebenen Schaltungen wurde zur Erzeugung des Vormagnetisierungsstromes  $I_{pr}$  eine Spannung mit der Frequenz 50 Hertz benutzt, da man diese in einfacher Weise an den Netzleitern abgreifen kann. Wenn aber die Netzspannung eine Welle von 100 Hertz enthält, kann diese das Messergebnis des Gleichstrom-Fehlerstromes verfälschen. Dann ist es vorteilhaft, einen besonderen Oszillator zum Erzeugen des Vormagnetisierungsstromes zu benützen, dessen Frequenz so gewählt ist, dass die Harmonische, welche in der Filterschaltung 18 zur Detektion des Gleichstrom-Fehlerstromes benutzt wird (normalerweise die zweite, oder eventuell die vierte, sechste ..) nicht mit der Frequenz einer in der Netzspannung vorhandenen Welle übereinstimmt. Die hierzu erforderlichen Änderungen für das Ausführungsbeispiel nach Figur 3 sind folgende. Die Verbindung des Kondensators 24 zum Phasenleiter T wird unterbrochen und der freiwerdende Anschlussdraht dieses Kondensators mit dem einen Anschluss des Oszillators 150 (siehe Figur 9) verbunden. Der andere Anschluss des Oszillators wird mit Masse verbunden. Die Oszillatorfrequenz kann etwa 12,5 Hertz, sein Effektivwert der Spannung 0,025 Volt betragen. Selbstverständlich muss die Dimensionierung einiger Bauteile entsprechend der neuen Frequenz geändert werden, beispielsweise für die Filterschaltung 18 und den Phasenschieber 8.





### Ansprüche

1. Schaltung zur Messung elektrischer Ströme mit einem Nullflusswandler, dadurch gekennzeichnet, dass im Stromweg des Kompensationsstromes eine Wechselspannungsquelle eingefügt ist, deren Frequenz<sup>f</sup> verschieden ist von der Frequenz des Netzes, weiter gekennzeichnet durch eine Filterschaltung, die das Signal mit der Frequenz  $2nf$  in bevorzugter Weise verstärkt, wobei  $n$  eine ganze Zahl ist, wobei die Filterfrequenz  $2nf$  verschieden ist von der Frequenz von im Netz vorkommender Wellen.
2. Verfahren zur Messung elektrischer Ströme, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Erkennung von Gleichstrom erforderliche Vormagnetisierung des Wandlerkernes durch Einwirkung einer Spannung erzeugt wird, welche am Eingang der Verstärkerschaltung wirksam ist, oder als eine im Stromweg des Kompensationsstromes eingefügte Spannungsquelle wirksam ist.



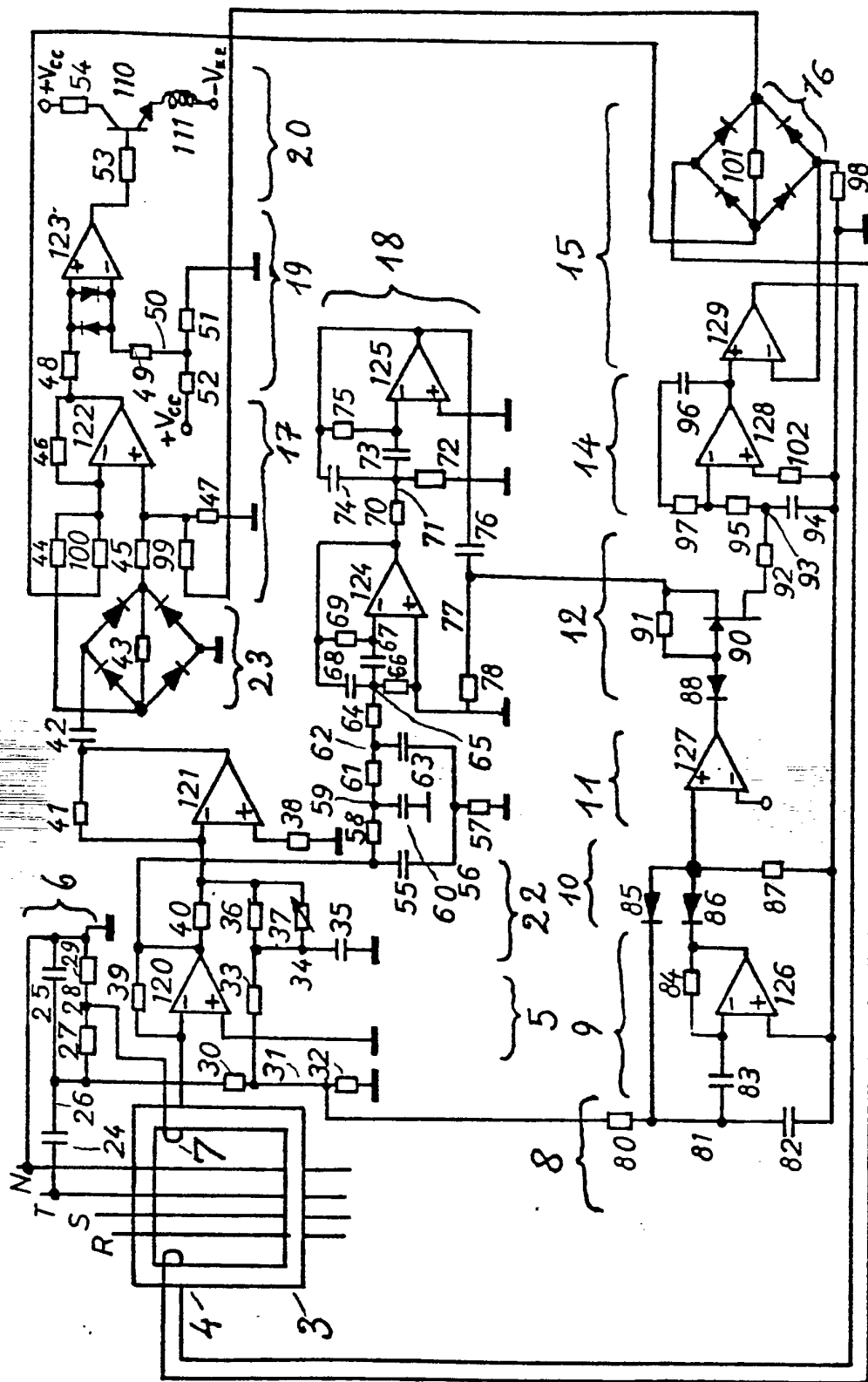
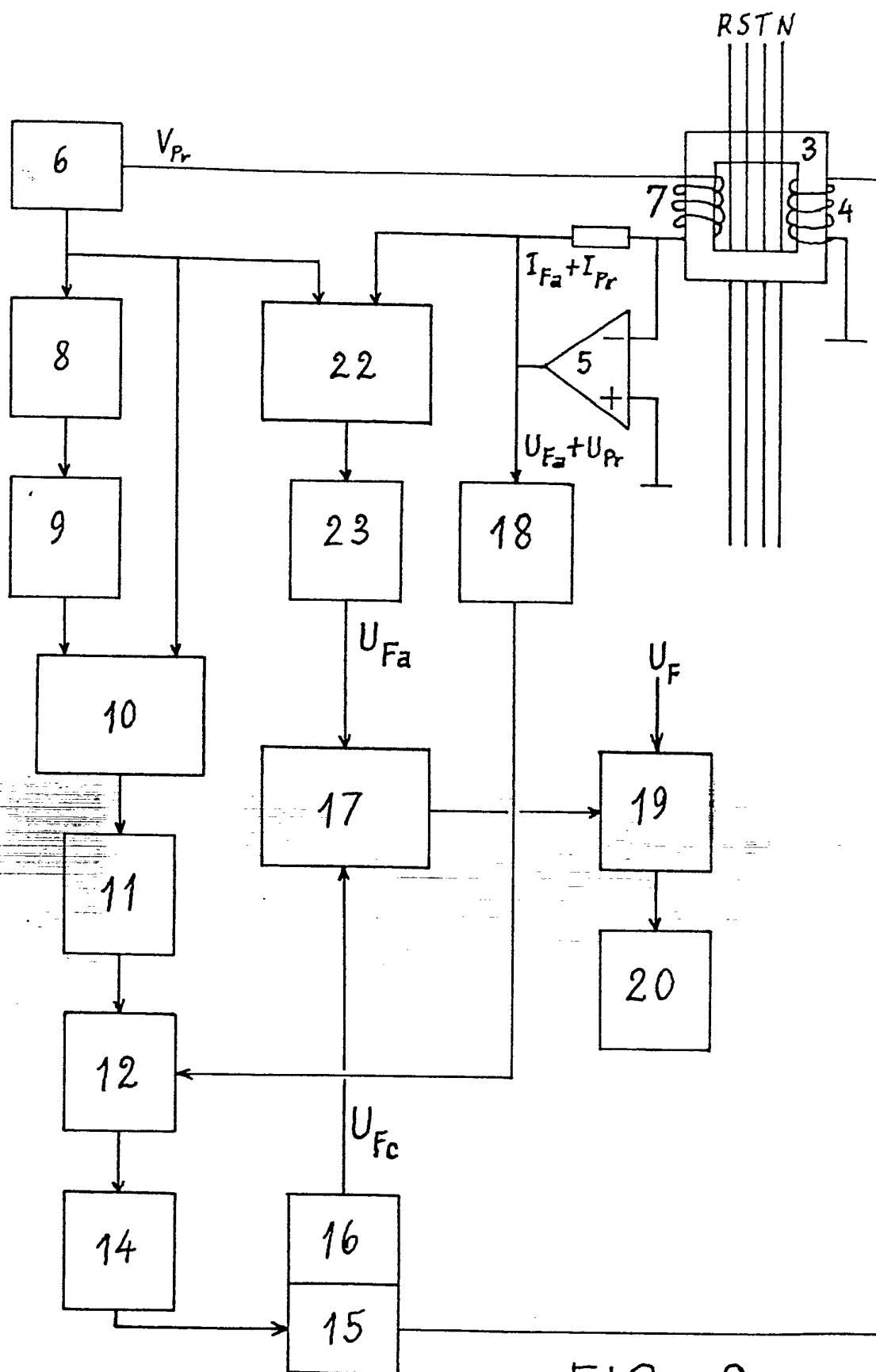


FIG. 3

*Handwritten signature*



4424

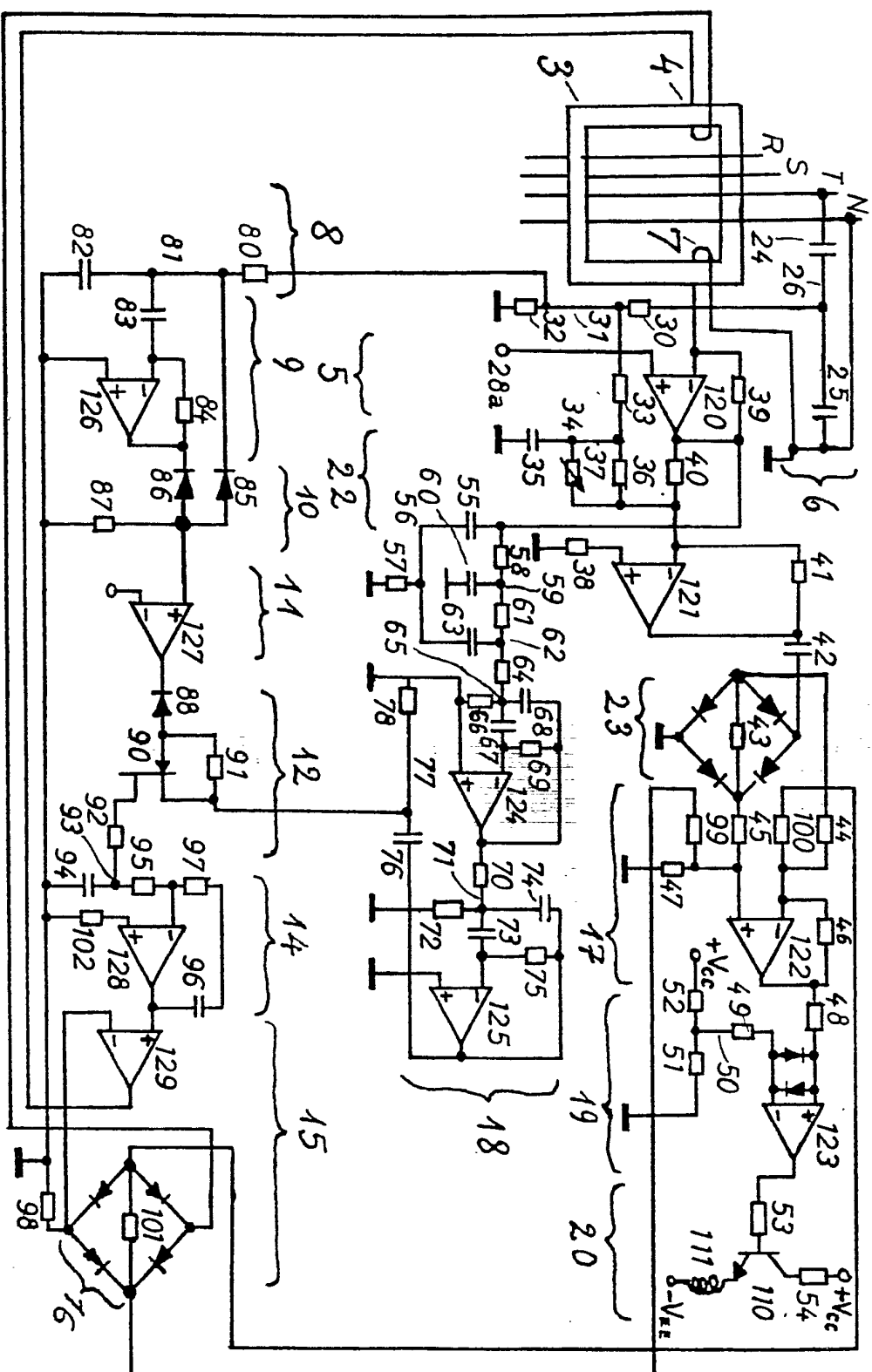


FIG. 4

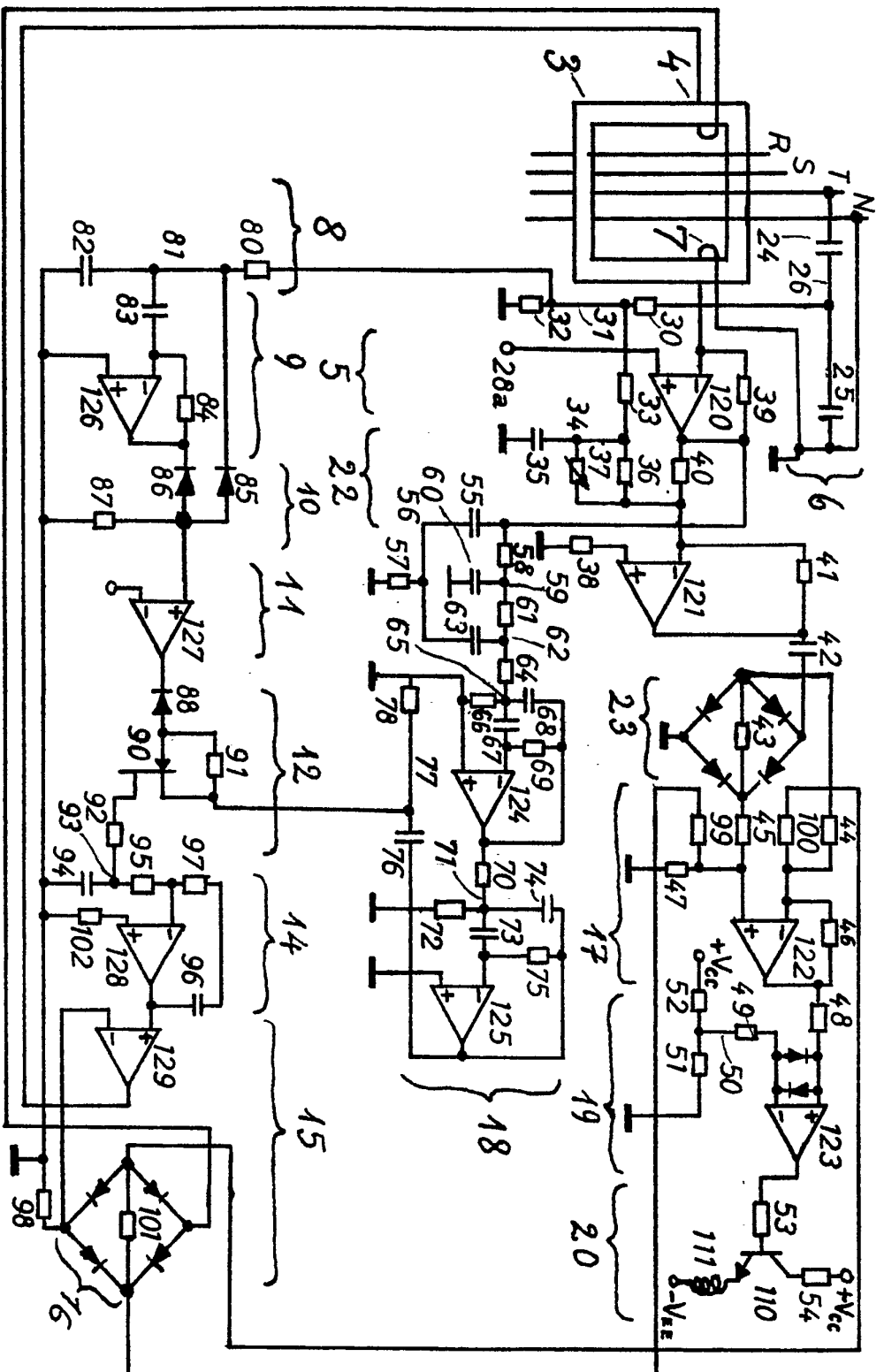


FIG. 4

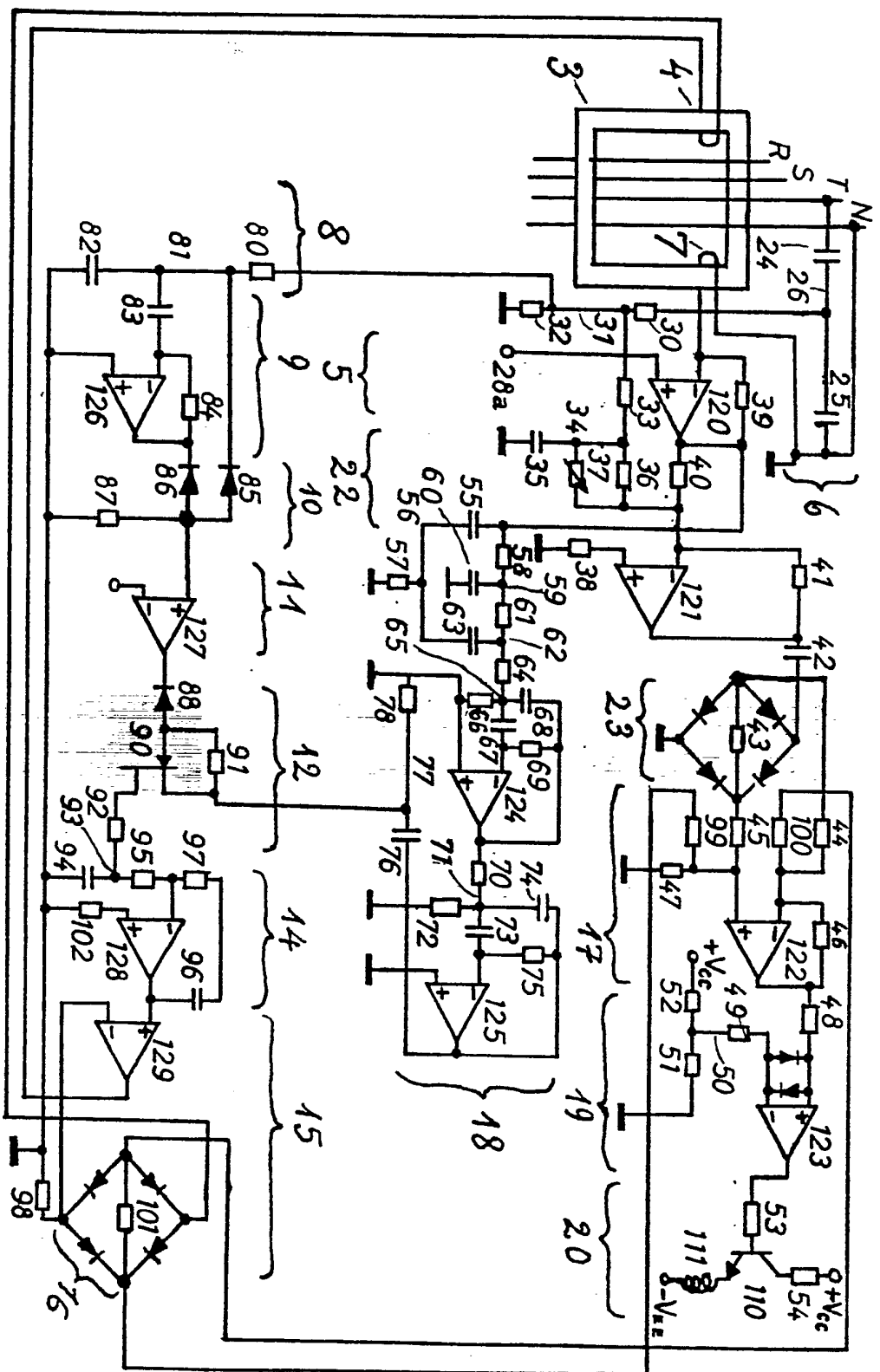
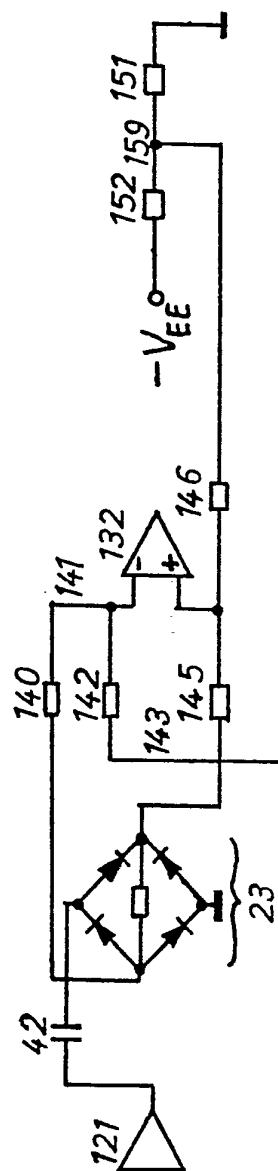
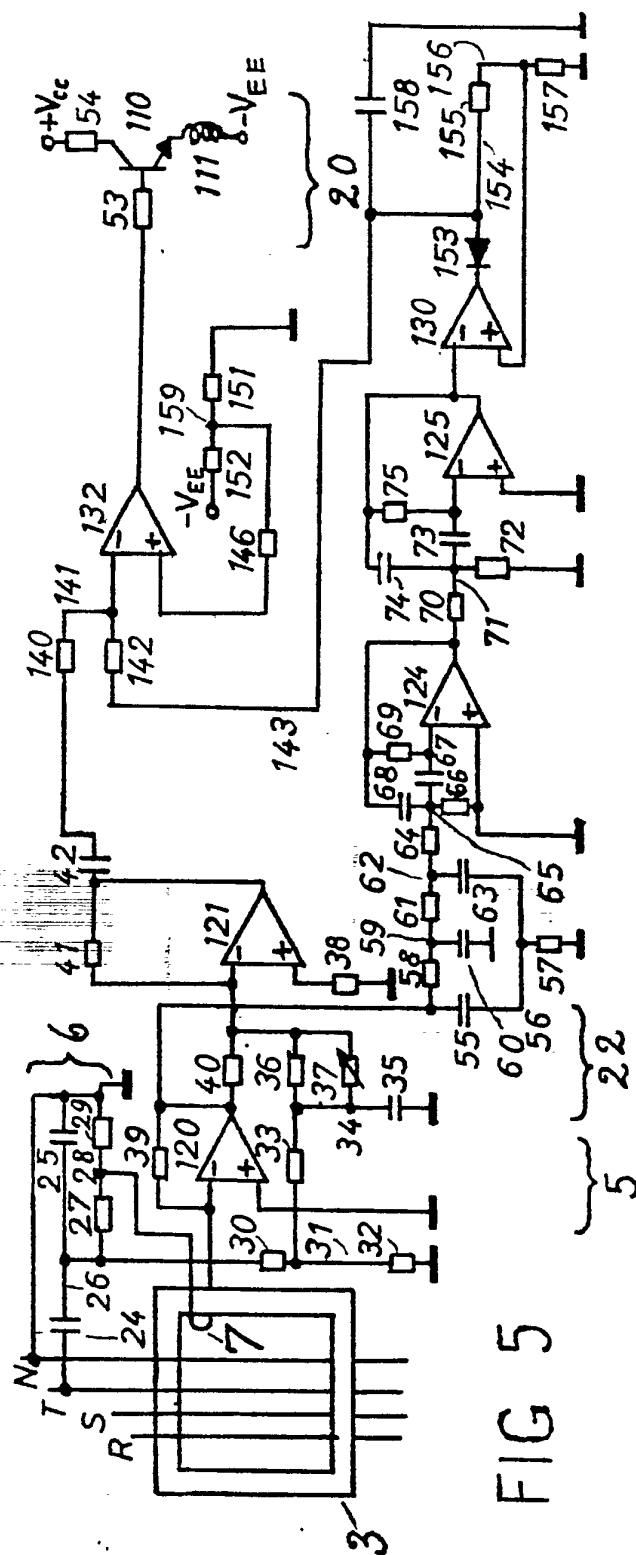


FIG. 4





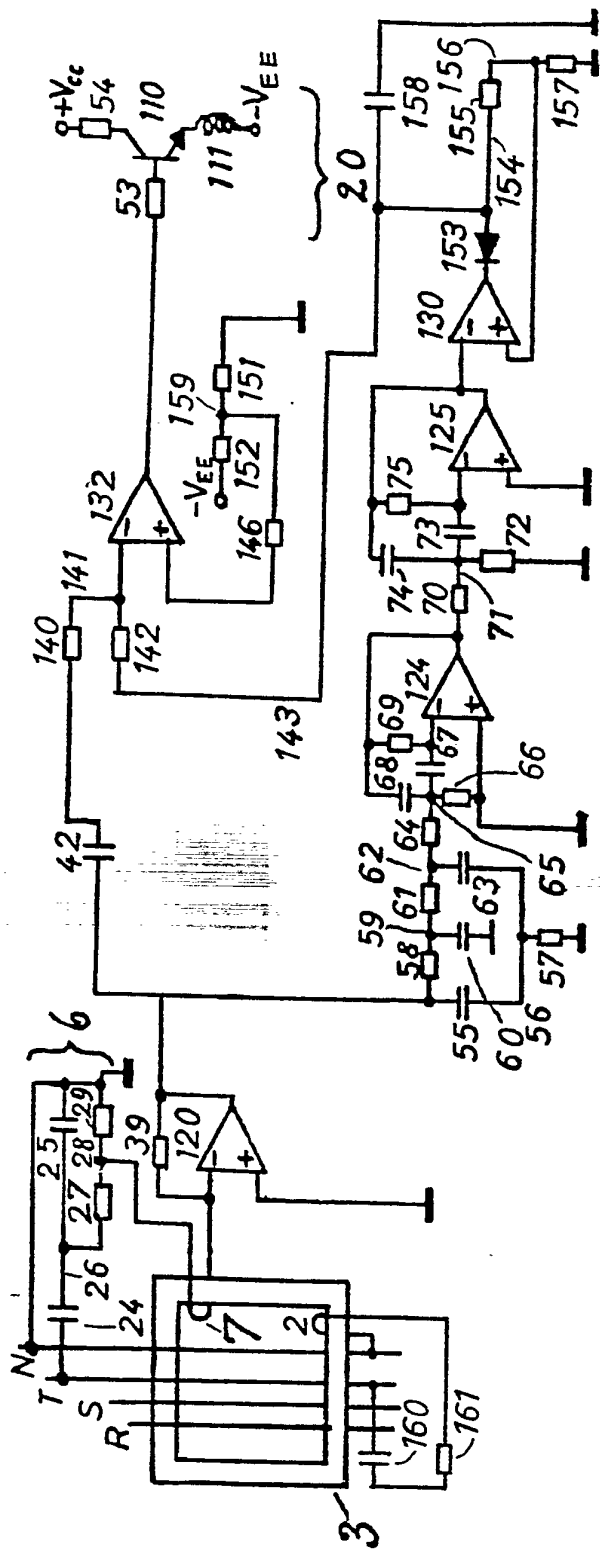


FIG. 7

*Handwritten signature or initials.*

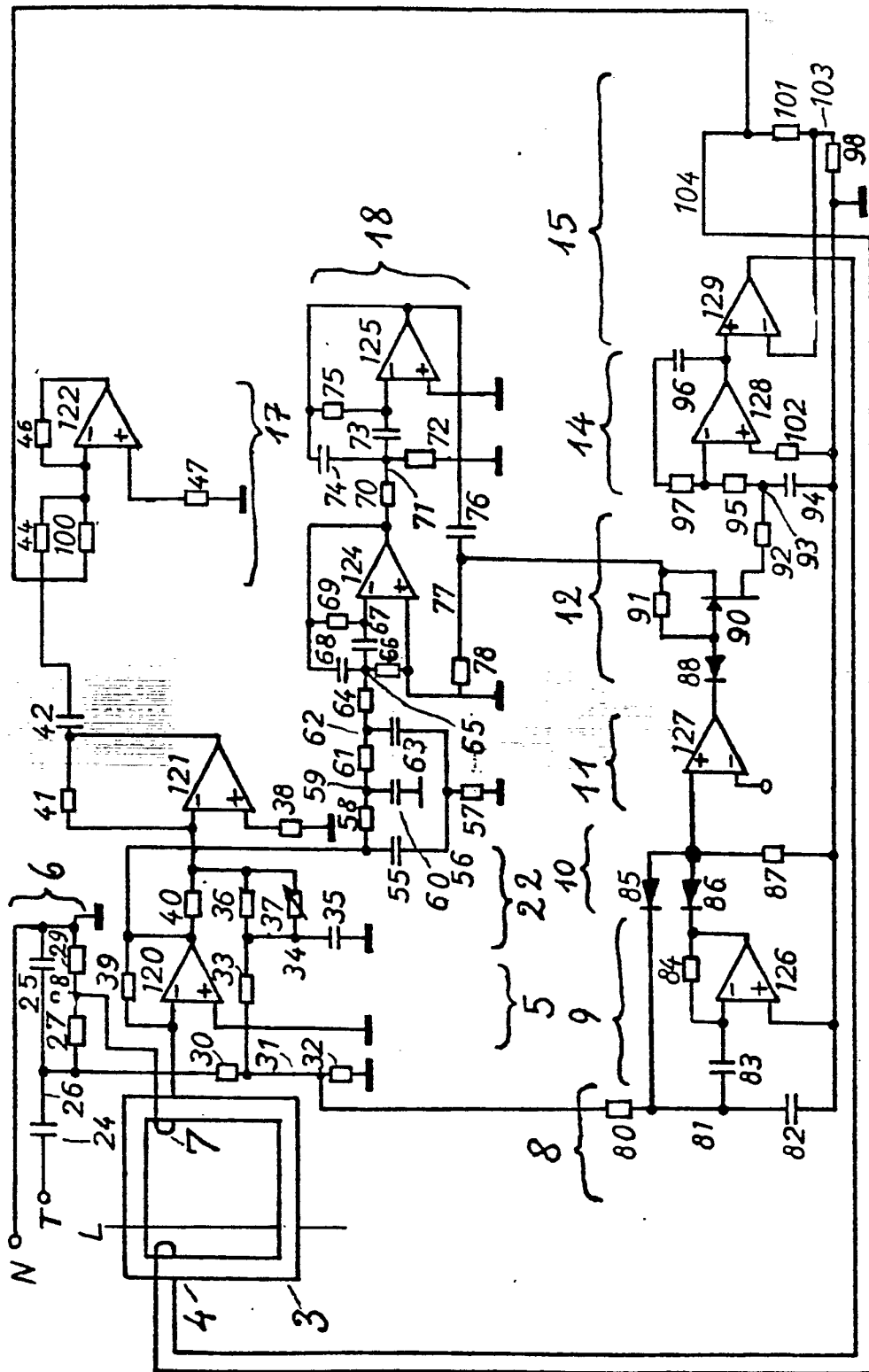


FIG. 8

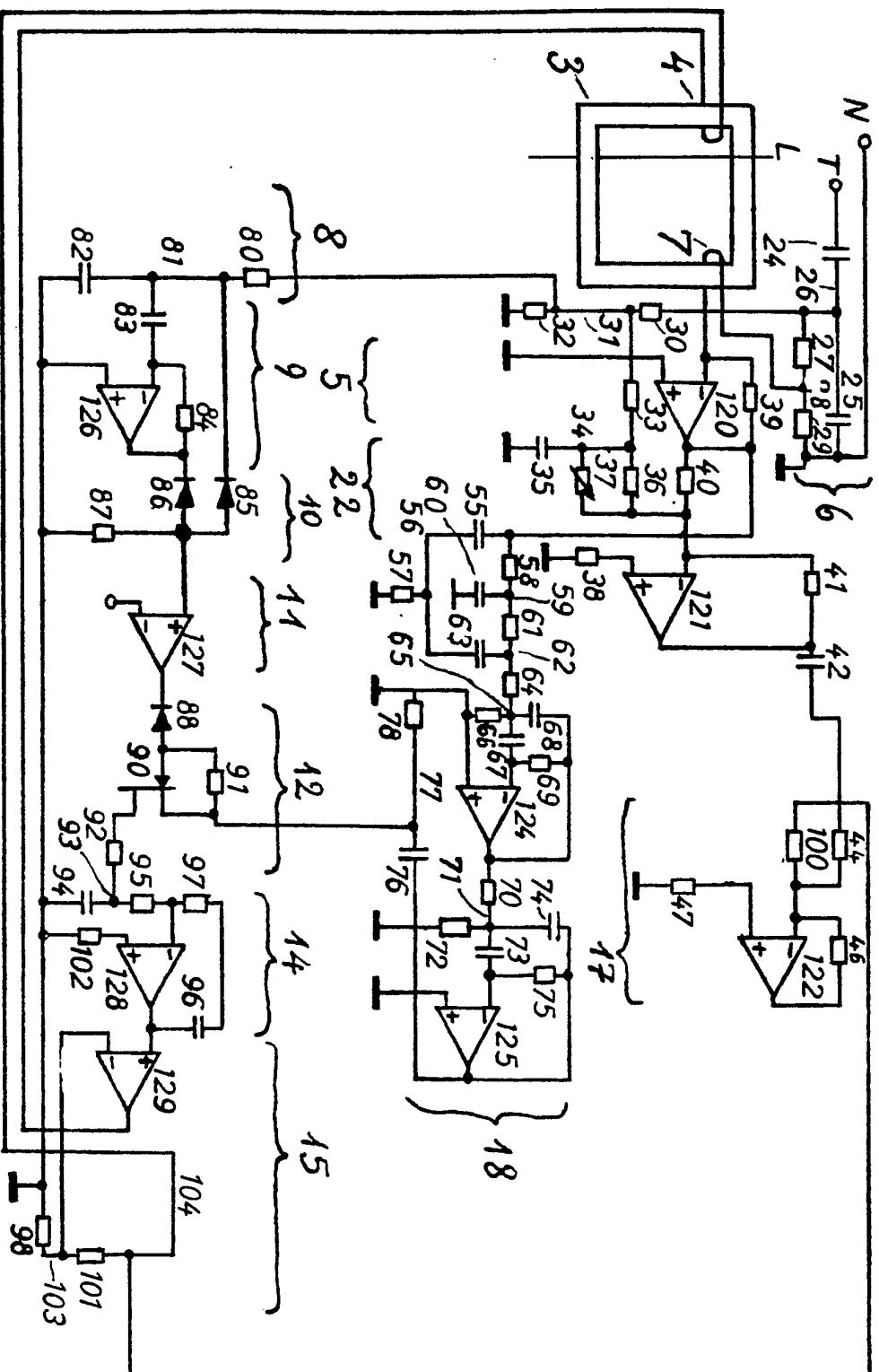


FIG. 8

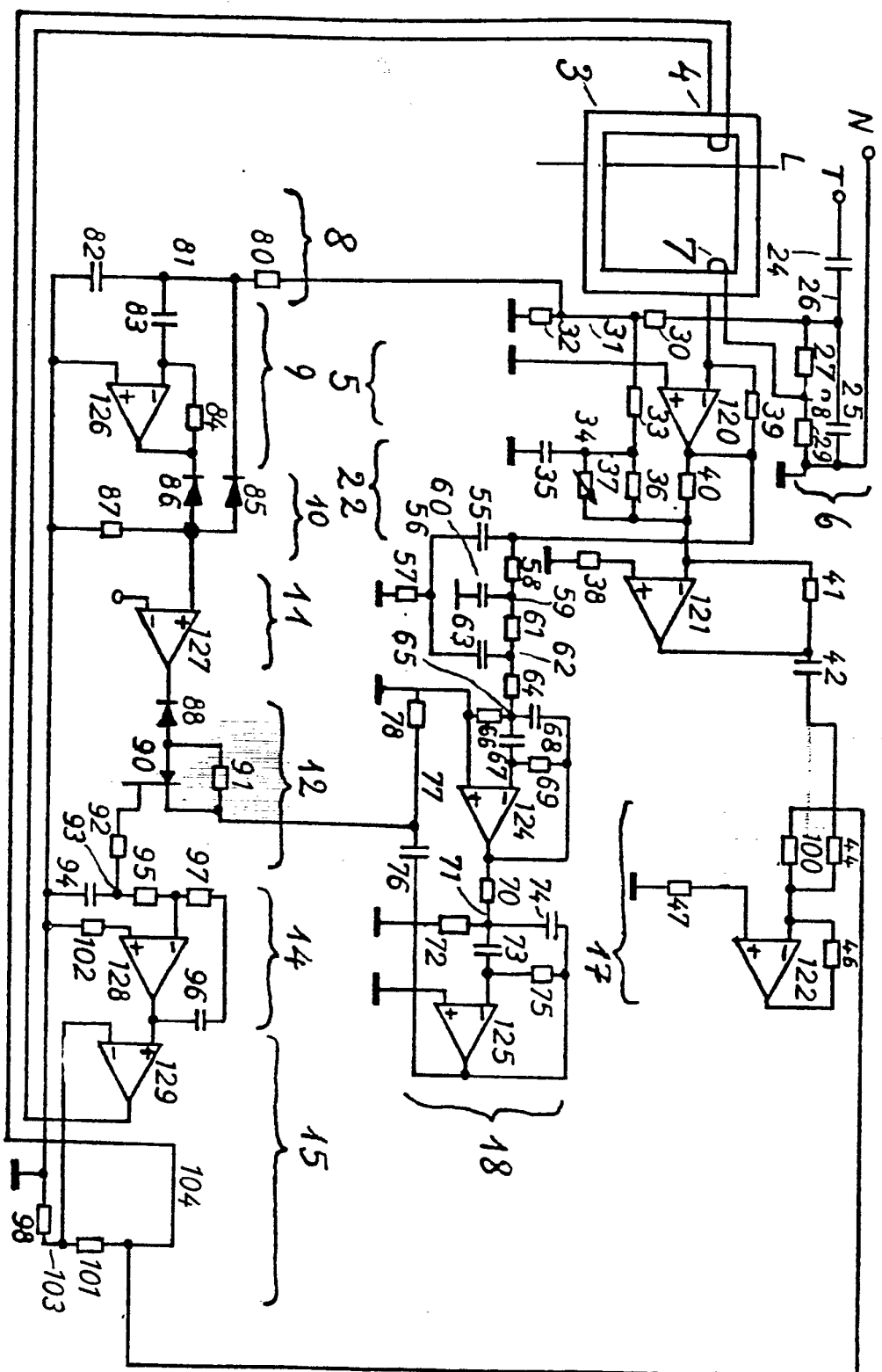


FIG. 8

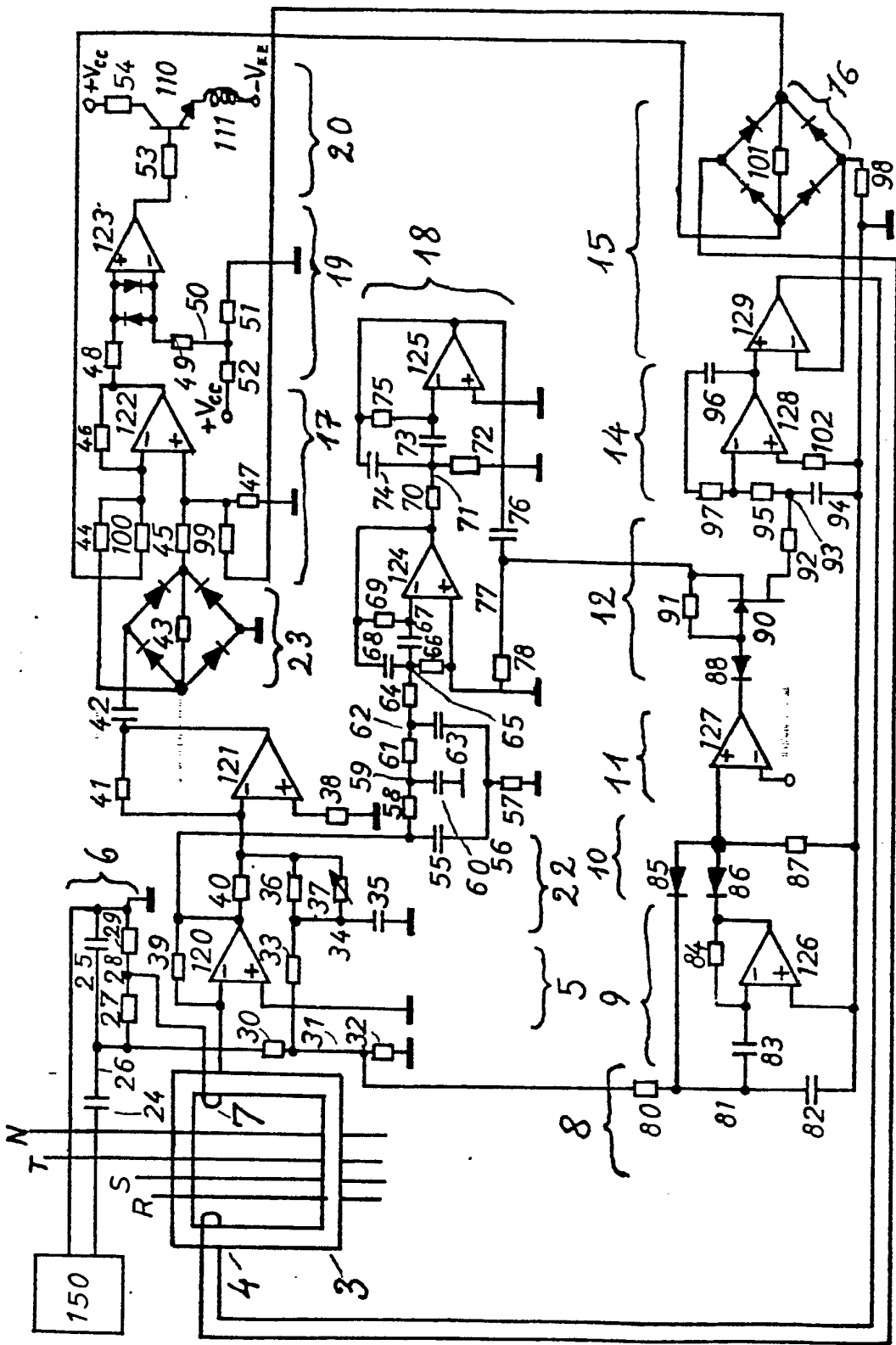


FIG. 9

*Handwritten signature or initials*