



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 472 810 A2**

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: **91106481.4**

Int. Cl.<sup>5</sup>: **G05F 1/577**

Anmeldetag: **23.04.91**

Priorität: **27.08.90 DE 4027026**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.03.92 Patentblatt 92/10**

Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

Anmelder: **Heraeus Elektrochemie GmbH**  
**Heraeusstrasse 12 - 14**  
**W-6450 Hanau(DE)**

Erfinder: **Mayr, Max, Dr.**  
**Vogelsbergstrasse 12**  
**W-8755 Alzenau(DE)**  
Erfinder: **Heinke, Harri**  
**Feldstrasse 4**

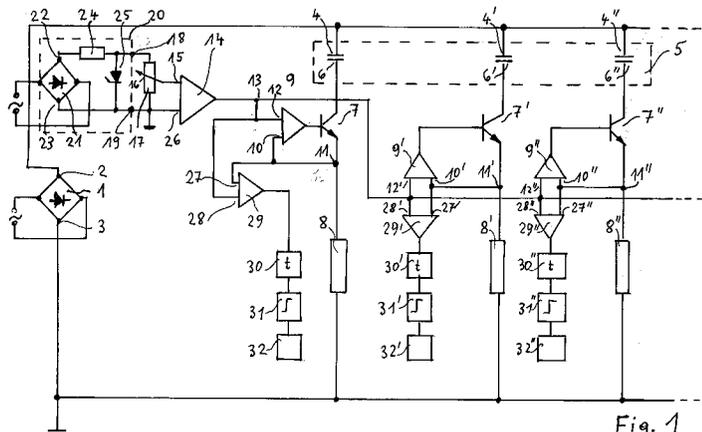
**W-6455 Erlensee(DE)**  
Erfinder: **Blatt, Wolfgang**  
**Goethestrasse 4**  
**W-6480 Wächtersbach(DE)**  
Erfinder: **Klostermann, Heinz**  
**Röther Wingertstrasse 20**  
**W-6460 Gelnhausen(DE)**  
Erfinder: **Heinze, Manfred**  
**Möttlingerstrasse 38**  
**W-7262 Althengstett(DE)**

Vertreter: **Grimm, Ekkehard**  
**Heraeus Holding GmbH Zentralbereich**  
**Patente und Lizenzen Heraeusstrasse 12-14**  
**W-6450 Hanau/Main(DE)**

**Vorrichtung zur Elektrodenstromregelung für elektrolytische Zwecke.**

Vorrichtung zur Elektrodenstromregelung in mehreren parallel geschalteten Elektrodenstromkreisen einer elektrolytischen Anlage mittels Regeltransistoren, wobei sich in jedem Elektrodenstromkreis eine Kollektor-Emitter-Strecke des über jeweils einen ersten Differenzverstärker angesteuerten Regeltransistors befindet und die Verbindung zwischen dem Emitter und einem Emitterwiderstand mit einem er-

sten Eingang eines ersten Differenzverstärkers verbunden ist und wobei ein zweiter Eingang des ersten Differenzverstärkers jeweils mit einem Teilspannungsabgriff eines in einem Referenzstromkreis geschalteten Spannungsteilers verbunden ist, der wenigstens einen verstellbaren Widerstand aufweist, wobei der Spannungsteiler an eine spannungsstabilisierte Gleichspannungsquelle angeschlossen ist.



EP 0 472 810 A2

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Elektrodenstromregelung in wenigstens zwei parallel geschalteten Elektrodenstromkreisen einer elektrolytischen Anlage mittels Regeltransistoren, wobei sich in jedem Elektrodenstromkreis eine Kollektor-Emitter-Strecke des über jeweils einen ersten Differenzverstärker angesteuerten Regeltransistors befindet und die Verbindung zwischen dem Emitter und einem Emitterwiderstand mit einem ersten Eingang eines ersten Differenzverstärkers verbunden ist und wobei ein zweiter Eingang des ersten Differenzverstärkers jeweils mit einem Teilspannungsabgriff eines in einem Referenzstromkreis geschalteten Spannungsteilers verbunden ist, der wenigstens einen verstellbaren Widerstand aufweist.

Aus der DE-PS 29 51 708 ist eine Vorrichtung zur automatischen Regelung von Teilstromstärken eines Gleichrichters für ein galvanisches Bad bekannt, wobei die Regelung sowohl Kathodenströme als auch Anodenströme und auch die gleichzeitige Regelung beider betreffen kann, um unterschiedliche Abscheidungs geschwindigkeiten und damit unterschiedliche Schichtdicken bei der galvanischen Beschichtung mehrerer Teile zu vermeiden. Dabei enthält jeder Teilstromkreis einen Meßwiderstand, von denen einer dieser Meßwiderstände sich in einem beliebig gewählten Referenzstromkreis befindet und mit jedem der übrigen Meßwiderstände über Differenzverstärker gepaart ist, wobei die Ausgänge der Differenzverstärker mit den Basen von Regeltransistoren, die sich in allen Teilstromkreisen außer dem Referenzstromkreis befinden, verbunden sind. Der Referenzstromkreis enthält anstelle eines Regeltransistors einen Vorwiderstand, der den gleichen Widerstandswert besitzt wie die Regeltransistoren in der Mitte ihres Regelbereiches. Als Meßwiderstände können auch Potentiometer eingesetzt sein.

Als problematisch erweist sich bei der bekannten Vorrichtung, daß der Referenzstromkreis zum Betrieb einer Elektrode dient und somit als Elektrodenstromkreis einer erhöhten Ausfallgefahr, beispielsweise durch Kurzschluß zwischen den Elektroden, ausgesetzt ist. Hieraus ergibt sich dann ein Totalausfall der gesamten Vorrichtung.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, eine Vorrichtung zur Elektrodenstromregelung anzugeben, die einen vom Elektrodenbetrieb völlig unabhängigen Referenzstromkreis aufweist. Dabei soll der Ausfall einzelner Elektrodenstromkreise keinerlei Auswirkungen auf die übrigen nach sich ziehen. Weiterhin soll eine zentrale Stromeinstellungs- und Überwachungsmöglichkeit geschaffen werden.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Teilspannungsabgriff mit dem Eingang eines zweiten Differenzverstärkers verbunden, dessen Ausgang mit den jeweils zweiten Eingängen der die Regeltransistoren ansteuernden ersten Differenzverstärker verbunden ist. Der verstellbare Widerstand des Spannungsteilers ist dabei je nach Anwendungsfall in Stufen oder kontinuierlich einstellbar. In jedem Elektrodenstromkreis sind jeweils vier Elektroden durch Parallelschaltung miteinander verbunden. Weiterhin sind in einer bevorzugten Ausführungsform die Eingänge der den Regeltransistor steuernden ersten Differenzverstärker jeweils mit den Eingängen eines dritten Differenzverstärkers parallel geschaltet, dessen Ausgang mit einem Alarmgeber zur Überwachung der Teilstromkreise verbunden ist.

Als vorteilhaft erweist sich die exakte Einstellbarkeit der vorgegebenen Ströme in den Elektrodenstromkreisen. Ein weiterer Vorteil ist in der zentralen Einstellmöglichkeit für eine beliebig große Anzahl von Elektrodenstromkreisen zu sehen. Der Ausfall einzelner Kreise wird sofort durch Alarm signalisiert, wobei der Ausfall einzelner Elektrodenstromkreise keinen Einfluß auf die übrigen Stromkreise nach sich zieht.

Im folgenden ist der Gegenstand der Erfindung anhand der Figuren 1 und 2 näher erläutert. Dabei zeigt

- Figur 1 eine prinzipielle Schaltungsanordnung der Gesamtvorrichtung, während
- Figur 2a ausschnittsweise die Vorrichtung mit ihren Regel- und Alarmkreisen darstellt.
- Figur 2b zeigt ausschnittsweise die Regelung mehrerer parallel geschalteter Einzelkathoden.

Gemäß Figur 1 versorgt ein am Wechselspannungsnetz betriebener Gleichrichter 1 mit seinem positiven Anschluß 2 die zueinander parallel geschalteten, symbolisch dargestellten Anoden 4, 4' 4'' in einem elektrolytischen Bad 5, denen jeweils die Kathoden 6, 6' zugeordnet sind. Im folgenden wird auf die Nennung der Elektroden 4'' und 6'' sowie der zugehörigen Schaltelemente verzichtet, da diese prinzipiell den Elektroden 4' und 6' sowie deren zugehörigen Schaltelementen entsprechen. Die Kathoden 6, 6' 6'' sind jeweils über die Kollektoremitterstrecken eines Regeltransistors 7, 7' jeweils mit einem Emitterwiderstand 8, 8' verbunden, der an den negativen Anschluß 3 des Gleichrichters angeschlossen ist. Die Basen der Regeltransistoren 7, 7' sind jeweils mit dem Ausgang eines ersten Differenzverstärkers 9, 9' verbunden, dessen jeweils erster Eingang 10, 10' mit dem Verbindungspunkt 11, 11' zwischen Emitter und Emitterwiderstand 8, 8' verbunden ist. Der zweite Eingang

12, 12' der Differenzverstärker 9, 9' ist jeweils über einen Verbindungspunkt 13 mit dem Ausgang eines zweiten Differenzverstärkers 14 verbunden, dessen erster Eingang 15 mit dem Mittelabgriff 16 eines Spannungsteilers 17 verbunden, der mit seinen Anschlüssen 18, 19 an eine konstante Spannungsquelle 20 angeschlossen ist. Die Spannungsquelle 20 besteht ihrerseits wiederum aus einem am Wechselspannungsnetz gespeisten Gleichrichter 21, dessen Gleichspannungsausgänge 22, 23 mit einer Serienschaltung eines Ohmschen Widerstandes 24 und einer Z-Diode 25 verbunden sind. Dabei sind die Ausgänge 18, 19 der Gleichspannungsquelle mit der Z-Diode 25 so verbunden, daß Z-Diode 25 und Spannungsteiler 17 zueinander parallel geschaltet sind.

Anstelle der symbolisch dargestellten Kathoden 6, 6' ist es möglich, jeweils vier Einzelkathoden vorzusehen, welche hier jedoch zwecks besserer Übersicht nicht mehr dargestellt sind. Darüber hinaus ist es auch möglich, weitere Anoden/Kathodenpaare vorzusehen, welche entsprechend den dargestellten Elektroden 4, 4', 6, 6' über Regeltransistoren gesteuert werden und wie oben bereits erläutert, mit 4'' und 6'' bezeichnet sind..

Weiterhin ist es möglich, anstelle des mittels Potentiometer symbolisch dargestellten Spannungsteilers 17 eine Reihenschaltung eines Ohmschen Widerstandes und eines stufenweise verstellbaren Ohmschen Widerstandes einzusetzen, so daß sämtliche Elektrodenströme zentral in bestimmten Abstufungen vorgegeben werden können.

Parallel zu den Eingängen 15, 26 des zweiten Differenzverstärkers 14 sind die Eingangsklemmen 27, 28 eines dritten Differenzverstärkers 29 geschaltet, an welchen sich eine Zeitverzögerungsschaltung 30 und eine Schwellwertschaltung 31 anschließen. Der Ausgang der Schwellwertschaltung 31 ist mit einem Alarmgeber 32 verbunden. Dies gilt entsprechend für die Beschaltung der Elektroden 4', 4'', 6', 6''.

Zur Inbetriebnahme der Vorrichtung werden die Arbeitspunkte der Regeltransistoren 7, 7' durch Einstellung der Ausgangsspannungen der Differenzverstärker 9, 9' eingestellt. Eine Überprüfung der Elektrodenströme erfolgt durch Spannungsmessung an den Emitterwiderständen 8, 8'. Nach Voreinstellung der stationären Werte wird mit Hilfe des Mittelabgriffs 16 des von der Gleichspannungsquelle 20 gespeisten Spannungsteilers 17 eine Spannung vorgewählt, welche einen optimalen Ablauf der elektrolytischen Funktion, z. B. im Abscheidungsverfahren, anspricht. Dabei ist es selbstverständlich auch möglich, während des Verfahrens das Potentiometer nach einer Zeitfunktion zu verstellen. Weiterhin ist es möglich, anstelle der kontinuierlichen Verstellung mittels Potentiometer eine

stufenweise Verstellung der Elektrolytströme durchzuführen, wobei ebenfalls eine Zeitfunktion für die Elektrolytströme vorgegeben werden kann. Bei einer zu großen Differenz zwischen dem Ausgangssignal des zweiten Differenzverstärkers 14 und dem Potential am Verbindungspunkt 11 wird nach einer zeitlichen Verzögerung des Zeitverzögerungsgliedes 30 der Schwellwertschalter 31 freigegeben, welcher dann über Alarmgeber 32 ein Signal auslöst. Mit Hilfe des Zeitverzögerungsgliedes werden kurzzeitige Regelabweichungen, wie sie beispielsweise bei Verstellung des Spannungsteilers 17 oder bei Arbeiten im elektrolytischen Bad 5 auftreten, die Signale des Differenzverstärkers 29 verzögert an den Schwellwertschalter 31 ausgegeben, so daß bei kurzzeitigen Störungen kein Alarm ausgelöst wird.

Im stationären Betrieb sind die an den Emitterwiderständen 8, 8' gemessenen Spannungen und damit die Elektrodenströme gleich groß, wobei zwischen den Potentialen der Verbindungspunkte 11, 11' und dem Potential des Verbindungspunktes 13 keine Differenz besteht, so daß an den Eingängen der ersten Differenzverstärker 9, 9' keine Differenzspannungen anliegen. Falls sich nun in einem der beiden Teilstromkreise die Stromstärke ändert, ändert sich auch der Spannungsabfall am Verbindungspunkt 11, 11' zwischen Emitterwiderstand 8, 8' und Emitter, so daß ein Spannungssignal entsteht, welches dem ersten Differenzverstärker 9, 9' zugeführt wird und dort solange anliegt, bis über den Ausgang des ersten Differenzverstärkers 9, 9' die Basis des Regeltransistors 7, 7' solange angesteuert ist, daß die Spannungsdifferenz am Eingang des ersten Differenzverstärkers wiederum Null wird.

Wie bereits oben erwähnt, ist eine solche Elektrodenstromregelung auch bei Einsatz von jeweils vier parallel geschalteten Kathoden pro Elektrodenstromkreis möglich, wobei eine beliebige Zahl solcher Regeltransistoren 9, 9' mit den entsprechenden Elektrodenpaaren eingesetzt werden kann.

Figur 2 a zeigt die eigentliche Regel- und Alarmelektronik im Ausschnitt, wobei drei Regeltransistoren 7, 7', 7'' vorgesehen sind, deren Kollektoren mit den symbolisch dargestellten Elektroden 6, 6' und 6'' verbunden sind. Die zweiten Eingänge 12, 12', 12'' der ersten Differenzverstärker 9, 9', 9'' sind über Verbindungspunkt 13 mit dem Ausgang des zweiten Differenzverstärkers 14 verbunden. Verbindungspunkt 13 ist darüber hinaus mit dem Eingängen 28, 28' der dritten Differenzverstärker 29, 29' usw. verbunden, deren zweite Eingänge 27 jeweils mit den Verbindungspunkten 11, 11' zwischen Emitter und Emitterwiderstand 8, 8' verbunden sind. Die Ausgänge der dritten Differenzverstärker 29, 29' sind über ein Zeitverzögerungsglied 30 mit den als Schwellwertschalter arbeitenden vierten Differenzverstärkern 31 verbun-

den, an die sich jeweils Alarmgeber 32 anschließen. Die Zeitverzögerung ist durch Potentiometer 33 einstellbar, während die Schwellwerte der vierten Differenzverstärker 31 über Potentiometer 34 einstellbar sind. Darüber hinaus ist auch noch ein zentraler Schwellwertschalter in Form eines fünften Differenzverstärkers 35 vorgesehen, an den ein zentraler Alarmgeber 36 angeschlossen ist. Die Einstellung des Alarmschwellwertes erfolgt hier ebenfalls über Potentiometer 34. Das eigentliche Auslösesignal für den zentralen Schwellwertschalter kann beispielsweise über ein mit den Eingängen der vierten Differenzverstärker 31 verbundenes ODER-Glied zugeführt werden.

Auch hier ist es möglich, anstelle der Einzelkathoden jeweils mehrere parallel geschaltete Kathoden 40, beispielsweise 4 Kathoden pro Elektrodenstromkreis, anzuschließen, wie es anhand der Figur 2b dargestellt ist.

Die hier beschriebene Anordnung stellt lediglich ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dar. Es ist selbstverständlich möglich, die beschriebene Elektrodenstromregelung nicht nur für Kathoden, sondern auch für Anodenstromkreise bzw. sowohl für Anoden- als auch für Kathodenstromkreise einzusetzen.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Elektrodenstromregelung in wenigstens zwei parallel geschalteten Elektrodenstromkreisen einer elektrolytischen Anlage mittels Regeltransistoren, wobei sich in jedem Elektrodenstromkreis eine Kollektor-Emitter-Strecke des über jeweils einen ersten Differenzverstärker angesteuerten Regeltransistors befindet und die Verbindung zwischen dem Emitter und einem Emitterwiderstand mit einem ersten Eingang eines ersten Differenzverstärkers verbunden ist und wobei ein zweiter Eingang des ersten Differenzverstärkers jeweils mit einem Teilspannungsabgriff eines in einem Referenzstromkreis geschalteten Spannungsteilers verbunden ist, der wenigstens einen verstellbaren Widerstand aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Spannungsteiler (17) an eine spannungsstabilisierte Gleichspannungsquelle (20) angeschlossen ist. 30
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Teilspannungsabgriff (16) des verstellbaren Widerstandes (17) mit dem Eingang (15) eines zweiten Differenzverstärkers (14) verbunden ist, dessen Ausgang mit den jeweils zweiten Eingängen (12, 12') der die Regeltransistoren (7, 7') ersten ansteuernden Differenzverstärker (9, 9') verbunden ist. 50
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der verstellbare Widerstand des Spannungsteilers (17) in Stufen einstellbar ist. 5
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der verstellbare Widerstand des Spannungsteilers (17) kontinuierlich einstellbar ist. 10
5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Elektrodenstromkreis mit wenigstens zwei zueinander parallel geschalteten Elektroden verbunden ist. 15
6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Elektrodenstromkreis zu den Eingängen (10, 12) des ersten Differenzverstärkers (9) die Eingänge (27, 28) jeweils eines dritten Differenzverstärkers (29) parallel geschaltet sind, daß der Ausgang des dritten Differenzverstärkers (29) mit dem Eingang eines zentral einstellbaren Zeitverzögerungsglieds (30) verbunden ist, dessen Ausgang mit dem ersten Eingang (36) jeweils eines als Schwellwertschalter dienenden vierten Differenzverstärkers (31) verbunden ist, dessen zweiter Eingang (37) mit einem zentral einstellbaren Potentialwertgeber (34) verbunden ist und dessen Ausgang mit dem Eingang eines Alarmgebers (32) für jeden Elektrodenstromkreis verbunden ist. 20
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß an das Zeitverzögerungsglied (30) zusätzlich ein als Schwellwertschalter dienender fünfter Differenzverstärker (35) angeschlossen ist, dessen erster Eingang (38) an ein ODER-Glied und dessen zweiter Eingang (39) an das Potentiometer (34) angeschlossen ist und dessen Ausgang mit einem zentralen Alarmgeber (32) verbunden ist. 25

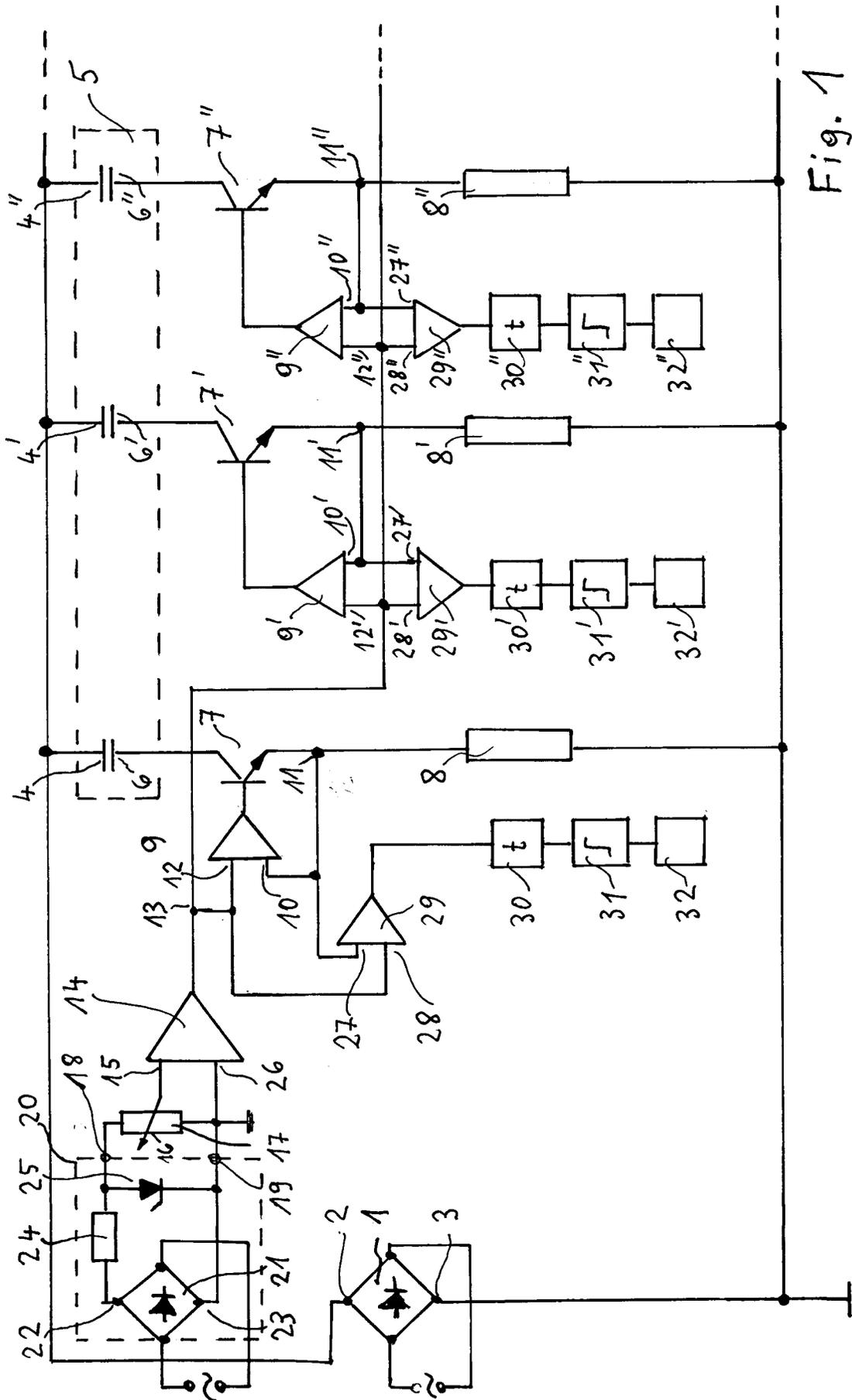


Fig. 1

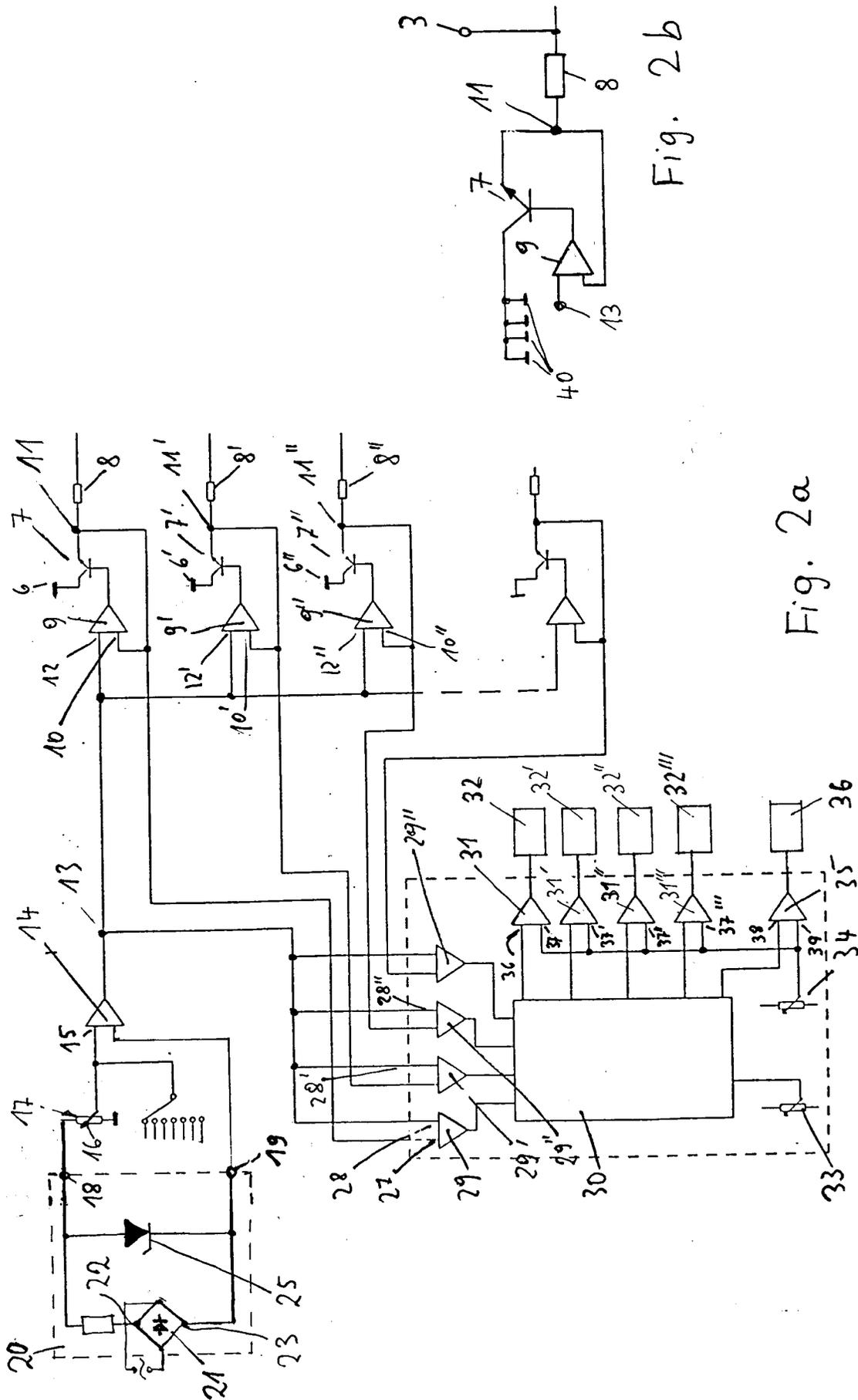


Fig. 2a

Fig. 2b