

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 88110804.7

51 Int. Cl. 4: **G05F 1/575**

22 Anmeldetag: 06.07.88

30 Priorität: 30.07.87 DE 3725348

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.02.89 Patentblatt 89/05

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

71 Anmelder: **Nixdorf Computer
Aktiengesellschaft
Fürstenallee 7
D-4790 Paderborn(DE)**

72 Erfinder: **Esser, Wolfgang
Erikaweg 2
D-4790 Paderborn(DE)
Erfinder: Jung, Peter
Bleichstrasse 20
D-4790 Paderborn(DE)**

74 Vertreter: **Schaumburg, Thoenes &
Englaender
Mauerkircherstrasse 31 Postfach 86 07 48
D-8000 München 80(DE)**

54 **Schaltungsanordnung einer Spannungsquelle mit vorgebbaren Werten der Quellenspannung und des Innenwiderstandes.**

57 Eine Spannungsquelle mit vorgebbaren Werten der Quellenspannung und des Innenwiderstandes wird nachgebildet durch eine Rechenschaltung (25, 26; 35, 36; 47), die eine Führungsgröße (S_{UO} ; S_{IO}) für einen den Ausgang der Spannungsquelle bildenden Strom- bzw. Spannungsregler (20; 30; 40) berechnet. Die Führungsgröße (S_{UO} ; S_{IO}) entspricht dem Ausgangsstrom (I_O) bzw. der Ausgangsspannung (U_O) und ergibt sich aus einer Meßgröße (M_{UO} ; M_{IO}) und Eingangsgrößen (S_U ; S_R), die den vorzugebenden Werten entsprechen. Die Meßgröße (M_{UO} ; M_{IO}) wird aus der Ausgangsspannung (U_O) bzw. dem Ausgangsstrom (I_O) abgeleitet. Bei Anwendung dieser Nachbildungsschaltung erübrigen sich separate hoch belastbare Widerstände und mechanische Umschaltkontakte, und die Eingangsgrößen (S_U ; S_R) können mit Analogschaltern eingestellt werden.

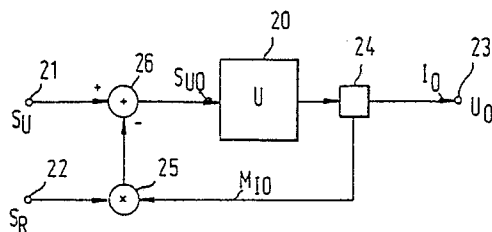


Fig. 2

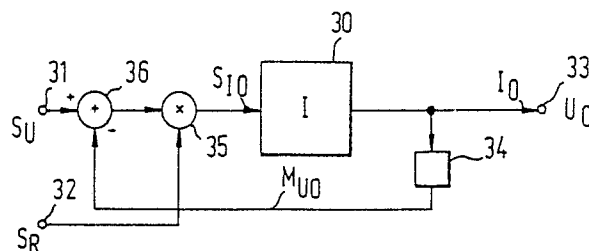


Fig. 3

Schaltungsanordnung einer Spannungsquelle mit vorgebbaren Werten der Quellenspannung und des Innenwiderstandes

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung einer einen Ausgangsstrom bzw. eine Ausgangsspannung abgebenden Spannungsquelle mit vorgebbaren Werten der Quellenspannung und des Innenwiderstandes.

Spannungsquellen, deren Quellenspannung und Innenwiderstand unabhängig voneinander vorgebar sind, als eingestellt werden können, werden z.B. zum Prüfen elektrischer Geräte oder Schaltungsgruppen benötigt, wenn deren Reaktion auf verschiedene Arten der Beschaltung ihrer Eingänge festzustellen ist. Dabei wird die an die Eingänge angeschaltete Spannungsquelle nacheinander auf unterschiedliche Quellenspannungen und Innenwiderstände eingestellt. Eine Schaltungsanordnung, die dies ermöglicht, enthält eine einstellbare Spannungsquelle, mit der eine zwischen mehreren Widerstandswerten umschaltbare Widerstandsanordnung in Reihe geschaltet ist, die als umschaltbarer Innenwiderstand der Spannungsquelle dient. Als Umschaltvorrichtung kann dabei ein manuell betätigbarer Umschalter vorgesehen sein, jedoch ist es auch möglich, derartige Schaltervorrichtungen durch eine Relaisanordnung zu realisieren.

Wenn eine derartige Anordnung aus einer Spannungsquelle und variablem Innenwiderstand nicht manuell, sondern durch elektrische Ansteuersignale gegebenenfalls auch selbsttätig durch eine vorbestimmte Folge von Quellenspannungs- und Innenwiderstandswerten geschaltet werden soll, so kann dies mit einer digital einstellbaren Spannungsquelle in Verbindung mit einer Relaischaltung verwirklicht werden. Die Verwendung elektronischer Analogschalter zur Umschaltung der Innenwiderstandswerte ist bei vielen Anwendungen nicht möglich, da solche Schalterelemente keine ausreichende Spannungsfestigkeit haben und im Bereich geringer Innenwiderstandswerte ihr Eigenwiderstand Meßfehler hervorrufen kann.

Es ist deshalb bei Spannungsquellen der hier betrachteten Art für jeden vorgebbaren Innenwiderstandswert ein mechanischer Schaltkontakt erforderlich. Im Sinne möglichst hoher Betriebssicherheit müssen die schaltbaren Innenwiderstände außerdem mit der im Kurzschlußfall aufgenommenen hohen Leistung belastbar sein. Es ist dann ein hoher Raum- und Kostenaufwand erforderlich.

Es ist Aufgabe der Erfindung, das voneinander unabhängige Einstellen der Quellenspannung und des Innenwiderstandes einer Spannungsquelle so zu realisieren, daß keine mechanischen Schaltkontakte und keine separaten hoch belastbaren Widerstände erforderlich sind.

Die Erfindung löst diese Aufgabe für eine Schaltungsanordnung eingangs genannter Art durch eine Rechenschaltung zur Berechnung einer dem Ausgangsstrom bzw. der Ausgangsspannung entsprechenden Führungsgröße für einen den Ausgang der Spannungsquelle bildenden Strom- bzw. Spannungsregler aus einer der Ausgangsspannung bzw. dem Ausgangsstrom entsprechenden Meßgröße und den vorzugebenen Werten entsprechenden Eingangsgrößen.

Eine Schaltungsanordnung nach der Erfindung enthält also nicht die Reihenschaltung einer Spannungsquelle mit einer Widerstandsanordnung, sondern der Strom- bzw. Spannungsregler dient dazu, das Verhalten einer Spannungsquelle mit vorgebbaren Werten der Quellenspannung und des Innenwiderstandes an ihren Ausgangsanschlüssen nachzubilden, indem seine Führungsgröße entsprechend dem nachzubildenden Verhalten berechnet wird. Dadurch werden die umschaltbaren Innenwiderstände sowie die Schaltervorrichtung mit den mechanischen Schaltkontakten überflüssig, und die der Schaltungsanordnung zuzuführenden, den vorzugebenen Werten entsprechenden Eingangsgrößen können mit Analogschaltern eingestellt werden, da sie lediglich steuernde Funktion haben.

Die mit der Rechenschaltung durchzuführende Berechnung der Führungsgröße für den Strom- bzw. Spannungsregler ist sehr einfach, denn sie beruht auf der Tatsache, daß das Verhalten einer Spannungsquelle bei vorgegebenen Werten der Quellenspannung und des Innenwiderstandes durch die Ausgangsspannung und den Ausgangsstrom vollständig beschrieben werden kann. Die Ausgangsspannung und der Ausgangsstrom einer Spannungsquelle lassen sich bekanntlich abhängig vom Innenwiderstand und der Quellenspannung durch eine einfache Differenz- und Produktbildung darstellen. Demgemäß ist die Schaltungsanordnung nach der Erfindung derart weiter ausgebildet, daß die Rechenschaltung einen Addierer und einen Multiplizierer in Reihenschaltung enthält, denen jeweils eine der beiden Eingangsgrößen zugeführt ist. Die zum Nachbilden des Verhaltens der Spannungsquelle erforderliche Differenzbildung aus Ausgangsspannung und Quellenspannung kann bei einem solchen Verstärker sehr einfach dadurch erfolgen, daß ihm an seinen Eingängen eine der Ausgangsspannung proportionale Steuerspannung und eine der Quellenspannung proportionale Steuerspannung mit umgekehrtem Vorzeichen zugeführt wird. Nun hat der Summierverstärker gegenüber einer digitalen Addierschaltung den Vorteil, daß seine Verstärkung z.B. in einem Rückkopplungszweig eingestellt werden kann, so daß dadurch die Differenz der Ausgangsspannung und der

Quellenspannung sehr einfach mit einem Faktor verändert werden kann, der entsprechend dem Verhalten der Spannungsquelle bei Nachbildung der Ausgangsspannung dem Innenwiderstand proportional und bei Nachbildung des Ausgangsstroms dem Innenwiderstand umgekehrt proportional ist. Es ergibt sich damit eine sehr einfache schaltungstechnische Realisierung, bei der nur ein einziger Verstärker in der Rechen-
 5 schaltung vorgesehen ist, an dem die Quellenspannung und der Innenwiderstand eingestellt werden können und mit dem die Differenzbildung und die Multiplikation zur Berechnung der Führungsgröße für den nachgeschalteten Strom- bzw. Spannungsregler gleichzeitig durchgeführt werden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist dann also dadurch gegeben, daß der Summierverstärker einen entsprechend unterschiedlichen vorzugebenden Werten des Innenwiderstandes einstellbaren Rückkopplungs-
 10 zweig hat. In einem solchen Rückkopplungszweig kann als Impedanznetzwerk zur Einstellung unterschiedlicher Innenwiderstandswerte ein normaler multiplizierender Digital-Analog-Umsetzer vorgesehen sein. Umsetzer dieser Art benötigen bekanntlich einen virtuellen Masspunkt zur Stromsummierung, der auch bei Summierverstärkern vorhanden ist. Der Vorteil des Einsatzes eines solchen multiplizierenden Umsetzer besteht darin, daß damit eine vielstufige Einstellung des Innenwiderstandes an dem Summierver-
 15 stärker mit handelsüblichen integrierten Schaltungen möglich ist.

Wenn bei Verwendung eines Stromreglers die der Ausgangsspannung entsprechende Meßgröße mit einer Spannungsfolgeschaltung gemessen wird, so wird durch deren hohen Eingangswiderstand besonders im Falle hoher Innenwiderstandswerte oder kleiner an die Schaltungsanordnung angeschalteter Belastungen erreicht, daß der Ausgangsstrom der Schaltungsanordnung praktisch mit dem Ausgangsstrom des ihn
 20 liefernden Stromreglers übereinstimmt, denn der Eingangsstrom der Spannungsmeßschaltung ist dann vernachlässigbar klein.

Eine Schaltungsanordnung nach der Erfindung eignet sich besonders in der Ausführung mit einem Summierverstärker auch zur Einstellung komplexer Innenwiderstandswerte, denn das im Rückkopplungs-
 25 zweig des Summierverstärkers liegende Impedanznetzwerk muß dann lediglich entsprechend induktiv bzw. kapazitiv ausgebildet sein.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine allgemeine Darstellung einer Spannungsquelle mit einstellbarer Quellenspannung und umschaltbarem Innenwiderstand zur Erläuterung der Verhaltensweise an ihren Ausgangsanschlüssen,

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung einer Schaltungsanordnung nach der Erfindung mit Verwendung eines
 30 Spannungsreglers,

Fig. 3 eine Prinzipdarstellung einer Schaltungsanordnung nach der Erfindung mit Verwendung eines Stromreglers,

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Stromregler und

Fig. 5 einen multiplizierenden Digital-Analog-Umsetzer zur Verwendung in der Schaltungsanordnung
 35 nach Fig. 4.

In Fig. 1 ist eine Spannungsquelle 10 dargestellt, die an ihren Ausgangsanschlüssen 11 und 12 eine Ausgangsspannung U_0 bzw. einen Ausgangsstrom I_0 liefert. An die Spannungsquelle 10 kann eine beliebige Last angeschlossen werden, die in Fig. 1 als Reihenschaltung einer weiteren Spannungsquelle 13 mit einem Lastwiderstand 14 dargestellt ist.

Die Spannungsquelle 10 enthält eine ideale Spannungsquelle 15, die eine Quellenspannung U_S liefert und mit einer Widerstandsanordnung 16 in Reihe geschaltet ist, deren Einzelwiderstände mit einer Umschalt-
 40 einrichtung 17 jeweils einzeln wirksam geschaltet werden können. Wenn an der idealen Spannungsquelle 15, wie in Fig. 1 dargestellt, die Quellenspannung U_S auf unterschiedliche Werte eingestellt werden kann, so können die Quellenspannung U_S und deren Innenwiderstand mit unterschiedlichen Werten
 45 vorgegeben werden. Diesen schaltungstechnischen Aufbau haben Spannungsquellen, die sich für die eingangs genannten Meßzwecke eignen.

Das Verhalten der in Fig. 1 gezeigten Spannungsquelle 10 an ihren Ausgangsanschlüssen 11 und 12 kann bekanntlich abhängig von der Quellenspannung U_S und ihrem Innenwiderstand R_i durch die folgenden beiden Beziehungen vollständig beschrieben werden:

$$50 \quad U_0 = U_S - R_i \cdot I_0 \quad (1)$$

$$I_0 = \frac{1}{R_i} (U_S - U_0) \quad (2)$$

In Fig. 2 und 3 sind Schaltungsanordnungen nach der Erfindung dargestellt, die dieses Verhalten haben, hierzu aber keine einstellbare ideale Spannungsquelle und keine einzeln schaltbaren Widerstände
 55 benötigen.

In Fig. 2 ist eine Schaltungsanordnung mit einem Spannungsregler 20 dargestellt, der eine Ausgangsspannung U_0 bzw. einen Ausgangsstrom I_0 an einem Ausgangsanschluß 23 abgibt und durch eine Führungsgröße S_{U0} gesteuert wird, die von einer Rechenschaltung mit einem Subtrahierer 26 und einem

Multiplizierer 25 gebildet wird. Über einen Eingangsanschluß 21 wird dem Subtrahierer 26 eine Eingangsgröße S_U zugeführt, die der vorzugebenden Quellenspannung der mit der Gesamtschaltung gebildeten Spannungsquelle proportional ist. Über einen Eingangsanschluß 22 wird dem Multiplizierer 25 eine Eingangsgröße S_R zugeführt, die dem vorzugebenden Innenwiderstand proportional ist. Am Ausgang des Spannungsreglers 20 ist eine Strommeßschaltung 24 vorgesehen, über die der Ausgangsstrom I_0 geführt wird und die eine diesem proportionale Meßgröße M_{I0} an den Multiplizierer 25 abgibt.

Auf diese Weise wird das Produkt aus der dem vorzugebenden Innenwiderstand proportionalen Eingangsgröße S_R und der dem Ausgangsstrom I_0 proportionalen Meßgröße M_{I0} gebildet und von der Eingangsgröße S_U , die der vorzugebenden Quellenspannung proportional ist, in dem Subtrahierer 26 subtrahiert, denn das mit dem Multiplizierer 25 gebildete Produkt wird als eine Eingangsgröße dem Subtrahierer 26 zugeführt. Dieser liefert dann die Führungsgröße S_{U0} , die aufgrund der vorzugebenden Werte für Quellenspannung und Innenwiderstand den Spannungsregler 20 so steuert, daß dieser die gewünschte Ausgangsspannung U_0 bei dem gemessenen Strom I_0 abgibt.

Die Wirkungsweise der in Fig. 2 gezeigten Schaltungsanordnung genügt also der vorstehend genannten Beziehung (1), so daß sie das Verhalten einer Spannungsquelle der in Fig. 1 gezeigten Art hat, wobei der jeweilige Innenwiderstand aber nicht im Ausgangstromkreis angeordnet ist, sondern ein ihm proportionaler Wert als Eingangsgröße S_R zugeführt wird, der Faktor eines Multiplikationsvorganges ist. Ebenso enthält die Schaltungsanordnung keine ideale Spannungsquelle, sondern es wird ihr eine Eingangsgröße S_U zugeführt, die einem vorzugebenden Quellenspannungswert proportional ist.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Stromregler 30, der über einen Ausgangsanschluß 33 die Ausgangsspannung U_0 bzw. den Ausgangsstrom I_0 abgibt. Sein Eingang wird mit einer Führungsgröße S_{I0} gespeist, die von einem Multiplizierer 35 geliefert wird. Dieser erhält an seinem Eingang das Ausgangssignal eines Subtrahierers 36, dem über einen Eingangsanschluß 31 die Eingangsgröße S_U zugeführt wird, welche der vorzugebenden Quellenspannung proportional ist. An seinem zweiten Eingang erhält der Subtrahierer 36 eine Meßgröße M_{U0} , die der Ausgangsspannung U_0 proportional ist und von einem mit dem Ausgang des Stromreglers 30 verbundenen Spannungsmesser 34 geliefert wird. Der zweite Eingang des Multiplizierers 35 erhält eine Eingangsgröße S_R über einen Eingangsanschluß 32, die dem vorzugebenden Innenwiderstand umgekehrt proportional ist.

Die in Fig. 3 gezeigte Schaltungsanordnung arbeitet dem-nach derart, daß zunächst die Differenz aus den beiden der vorzugebenden Quellenspannung und der Ausgangsspannung U_0 proportionalen Werten gebildet wird, wonach diese Differenz mit dem Kehrwert des vorzugebenden Innenwiderstandes multipliziert wird, um die Führungsgröße S_{I0} zu bilden. Ersichtlich erfüllt die in Fig. 3 gezeigte Schaltungsanordnung damit die vorstehend genannte Beziehung (2) für den Ausgangsstrom I_0 einer Spannungsquelle. Auch das in Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel arbeitet also ohne eine besondere, veränderbare ideale Spannungsquelle und ohne im Ausgangstromkreis liegende Widerstände zur Einstellung eines vorgegebenen Innenwiderstands.

In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Diese Schaltungsanordnung arbeitet nach dem vorstehend an Hand der Fig. 3 erläuterten Prinzip. Ihr wird die Eingangsgröße S_U an Eingangsanschlüssen 41 und 45 als Spannungssignal und die Eingangsgröße S_R an einem Eingangsanschluß 42 als Stromsignal zugeführt. Die Führungsgröße S_{I0} für einen den Ausgangsstrom I_0 bzw. die Ausgangsspannung U_0 and Ausgangsanschlüssen 43 und 44 abgebenden Stromwandler 40 wird durch eine Rechenschaltung 47 erzeugt. An die Ausgangsanschlüsse 43 und 44 ist ein Lastwiderstand 50 angeschlossen.

Die Rechenschaltung 47 erhält außer den Eingangsgrößen S_U und S_R noch die Meßgröße M_{U0} , die ihr von einem als Spannungsfolger geschalteten Operationsverstärker 51 zugeführt wird, der als Spannungsmesser arbeitet und die Ausgangsspannung U_0 des Stromreglers 40 mißt.

In der Rechenschaltung 47 werden die Eingangsgröße S_U über einen Eingangswiderstand 48 und die Meßgröße M_{U0} über einen Eingangswiderstand 49 zusammen mit der Eingangsgröße S_R dem invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers 46 zugeführt, dessen nicht invertierender Eingang mit Masse bzw. den Anschlüssen 44 und 45 der Schaltungsanordnung verbunden ist. Der Operationsverstärker 46 arbeitet als Summierverstärker und liefert an seinem Ausgang die Führungsgröße S_{I0} für den Stromregler 40. Die dem nicht invertierenden Eingang zugeführten Signale erzeugen Ströme I_1 , I_2 und I_3 , die zusammen mit einem Eingangsstrom I_4 des Operationsverstärkers 46 im folgenden noch näher erläutert werden.

Die Eingangsgröße S_U , die der vorzugebenden Quellenspannung proportional ist, hat gemäß Fig. 4 eine solche Richtung, daß sie bei Führung auf den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 46 und die damit verbundene Vorzeichenumkehr mit der Meßgröße M_{U0} einer Differenzbildung unterzogen wird, so daß der Operationsverstärker 46 also die Differenz dieser beiden Größen verstärkt. Der Verstärkungsgrad des Operationsverstärkers 46 kann verändert werden, so daß dadurch die Verstärkung der genannten Differenz

mit einem Faktor versehen werden kann, der entsprechend der dem vorzugebenden Innenwiderstand umgekehrt proportionalen Eingangsgröße S_R bemessen werden kann. Die in Fig. 4 gezeigte Schaltung ist entsprechend mit einem Rückkopplungszweig für den Operationsverstärker 46 versehen, der ein einstellbares Impedanznetzwerk 52 enthält, welches über eine Einstellsteuerung 53 entsprechend unterschiedlichen

Eingangsgrößen S_R eingestellt werden kann.
Die in Fig. 4 gezeigte Schaltungsanordnung enthält also eine sehr einfache Rechenschaltung 47, die lediglich den Operationsverstärker 46 und die Eingangswiderstände 48 und 49 enthält. Bei dieser Rechenschaltung 47 gilt bei Anwendung der Knotenpunkt-Regel für die Ströme I_1 , I_2 und I_3 bei Vernachlässigung des Stroms I_4 die Beziehung

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0 \quad (3)$$

Da die Ströme I_1 und I_2 durch die an den Widerständen 48 und 49 liegenden Spannungssignale S_U und M_{UO} erzeugt werden, kann gezeigt werden, daß die Führungsgröße S_{IO} für den Stromregler 40 folgender Beziehung entspricht:

$$S_{IO} = \frac{R_{52}}{R_{49}} \left(\frac{R_{49}}{R_{48}} \cdot S_U - M_{UO} \right) \quad (4)$$

Dabei sind R_{52} der Widerstandswert des Impedanznetzwerks 52, R_{48} und R_{49} die Werte der Widerstände 48 und 49, S_U die der vorzugebenden Quellenspannung entsprechende Eingangsgröße und M_{UO} die der Ausgangsspannung U_O proportionale Meßgröße. Durch Vergleich mit der Beziehung (2) ist zu erkennen, daß das Verhältnis R_{49}/R_{48} ein Proportionalitätsfaktor ist, durch den sich die von der Schaltungsanordnung nach Fig. 4 nachgebildete Quellenspannung von dem Eingangswert S_U unterscheidet. Außerdem entspricht der Quotient R_{52}/R_{49} dem Quotienten $1/R_i$ und kann durch Verändern des Widerstandswertes R_{52} entsprechend unterschiedlichen vorzugebenden Innenwiderstandswerten eingestellt werden.

Im folgenden wird eine Möglichkeit der Erzeugung der dem vorzugebenden Innenwiderstandswert umgekehrt proportionalen Eingangsgröße S_R bzw. des Stroms I_3 für die in Fig. 4 gezeigte Schaltungsanordnung erläutert. In Fig. 5 ist hierzu ein Widerstandsnetzwerk dargestellt, das nach Art eines multiplizierenden Digital-Analog-Umsetzers aufgebaut ist und in seinem Längszweig Widerstandswerte R enthält, an die jeweils Parallelzweige mit einem Widerstandswert $2R$ angeschlossen sind. Zusätzlich ist die Schaltung durch einen weiteren Widerstandswert $2R$ abgeschlossen, der mit Massepotential verbunden ist. Über Steuereingänge 53 werden Umschalter 54 zwischen jeweils zwei möglichen Schalterstellungen gesteuert. In der ersten Schalterstellung verbinden sie den jeweiligen Parallelzweig mit einem Widerstandswert $2R$ mit Massepotential, in der zweiten Schalterstellung mit dem Eingangsanschluß 42 der in Fig. 4 gezeigten Schaltungsanordnung. Über einen mit 55 bezeichneten Eingangsanschluß ist der Längszweig des in Fig. 5 gezeigten Widerstandsnetzwerks mit dem Ausgang des in Fig. 4 gezeigten Operationsverstärkers 46 verbunden. Das Widerstandsnetzwerk liegt somit im Rückkopplungszweig des Operationsverstärkers 46.

Mit dem in Fig. 5 gezeigten Digital-Analog-Umsetzer können über die Steuereingänge 53 zugeführte digitale Eingangsgrößen in analoge Ausgangsgrößen am Anschluß 42 umgesetzt werden. Dabei hat der Strom I_3 , der bei Anliegen des Spannungssignals S_{IO} am Eingangsanschluß 46 als Eingangsgröße S_R an die in Fig. 4 gezeigte Schaltungsanordnung abgegeben wird, den jeweiligen Wert

$$I_3 = \frac{m}{2^n} \cdot \frac{S_{IO}}{R} \quad (5)$$

Dabei ist n die Breite des digitalen Datenwortes, das den Steuereingängen 53 zugeführt wird, und m der von 0 bis 2^{n-1} einstellbare Wert dieses Datenwortes.

Die Anwendung dieses Stromwertes auf die vorstehende Beziehung (3) führt dann zu einer der Beziehung (4) analogen Beziehung

$$S_{IO} = \frac{R \cdot 2^n}{m} \cdot \frac{1}{R_{49}} \left(\frac{R_{49}}{R_{48}} \cdot S_U - M_{UO} \right) \quad (6)$$

Durch Vergleich mit der Beziehung (2) ergibt sich für die dem vorzugebenden Innenwiderstand R_i umgekehrt proportionale Eingangsgröße.

$$S = \frac{R \cdot 2^n}{R_{49} \cdot m} \quad (7)$$

Durch das in dieser Beziehung enthaltene Verhältnis R/R_{49} kann bei Anwendung eines Widerstandsnetzwerkes nach Fig. 5 auf eine Schaltungsanordnung nach Fig. 4 deren möglicher Innenwiderstandsreich in sehr einfacher Weise festgelegt werden.

15 Ansprüche

1. Schaltungsanordnung einer einen Ausgangsstrom bzw. eine Ausgangsspannung abgebenden Spannungsquelle mit vorgebbaren Werten des Quellenspannung und des Innenwiderstandes, **gekennzeichnet** durch eine Rechenschaltung (25, 26; 35, 36; 47) zur Berechnung einer dem Ausgangsstrom (I_O) bzw. der Ausgangsspannung (U_O) entsprechenden Führungsgröße (S_{UO} ; S_{IO}) für einen den Ausgang der Spannungsquelle bildender Strom- bzw. Spannungsregler (20; 30; 40) aus einer der Ausgangsspannung (U_O) bzw. dem Ausgangsstrom (I_O) entsprechenden Meßgröße (M_{UO} ; M_{IO}) und den vorzugebenden Werten entsprechenden Eingangsgrößen (S_U ; S_R).

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Rechenschaltung einen Subtrahierer (26; 36) und einen Multiplizierer (25; 35) in Reihenschaltung enthält, denen jeweils eine der beiden Eingangsgrößen (S_U , S_R) zugeführt ist.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Rechenschaltung (47) einen invertierenden Summierverstärker (46) enthält.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Summierverstärker (46) einen entsprechend unterschiedlichen vorzugebenden Werten des Innenwiderstandes einstellbaren Rückkopplungszweig (52) hat.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß in dem Rückkopplungszweig (52) ein multiplizierender Digital-Analog-Umsetzer (Fig. 5) angeordnet ist.

6. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die der Ausgangsspannung (U_O) entsprechende Meßgröße (M_{UO}) mit einer Spannungsfolgeschaltung (51) erzeugt wird.

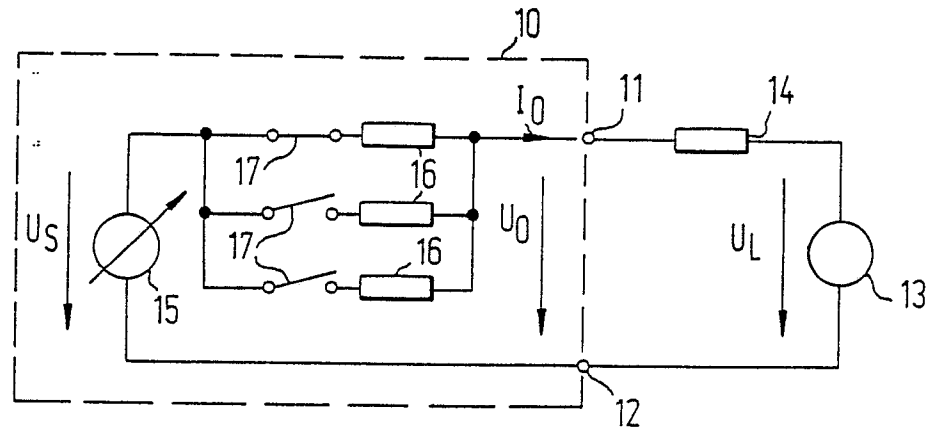


Fig. 1

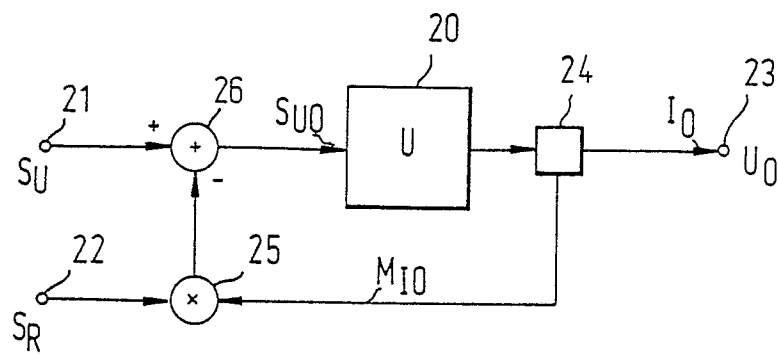


Fig. 2

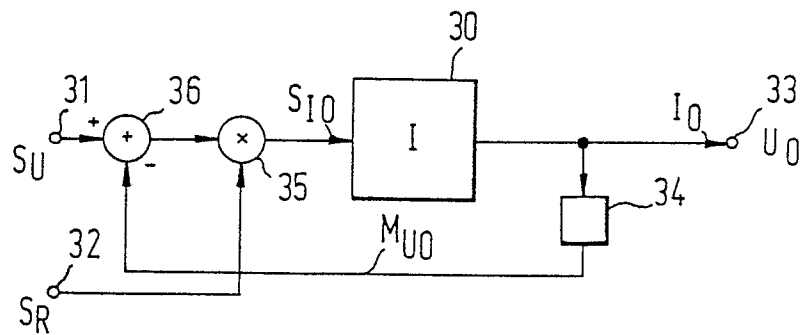


Fig. 3

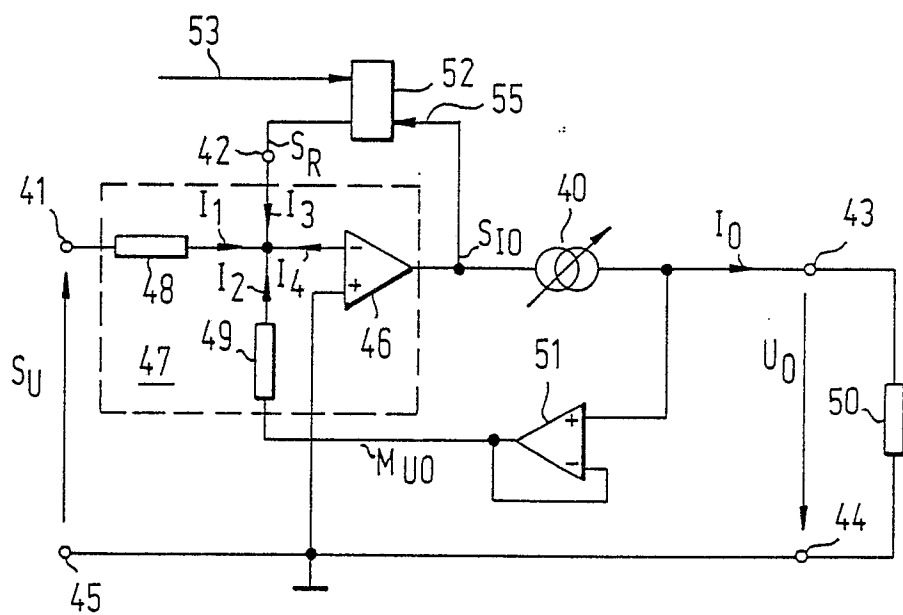


Fig. 4

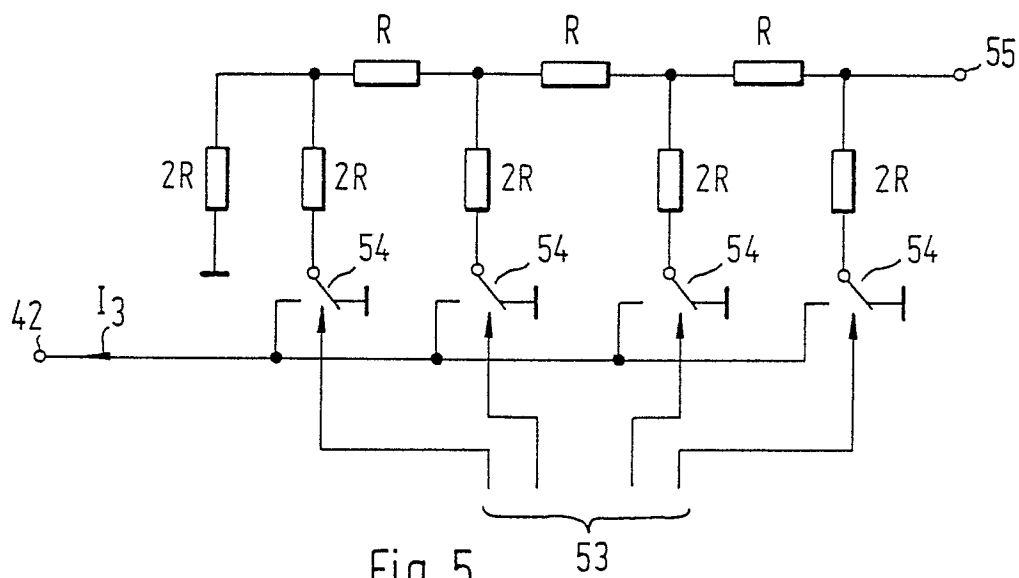


Fig. 5