

⑪



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑪ CH 672 684 A5

⑤① Int. Cl.⁴: G 01 R 35/02
G 01 R 29/06
G 01 R 15/00
H 01 F 40/00

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 1269/87

⑫② Anmeldungsdatum: 02.04.1987

⑫③ Priorität(en): 04.04.1986 DE 3611261

⑫④ Patent erteilt: 15.12.1989

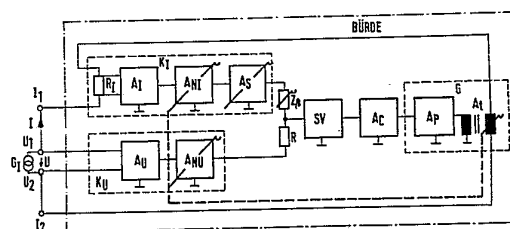
⑫⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.12.1989

⑫⑦ Inhaber:
Tettex AG, Zürich⑫② Erfinder:
Zoltan, Istvan, Dr., Budapest (HU)⑫④ Vertreter:
Boltshauser & Partner AG, Wil

⑫④ Elektronische Bürde.

⑫⑦ Beschrieben wird eine einstellbare elektronische Bürde zur Prüfung von Stromwandlern und/oder Spannungswandlern, zwischen deren Eingangsstromklemmen (I₁, I₂) eine Reihenschaltung mit dem Eingang eines Strom-Spannungs-Umsetzers (KI) um dem Ausgang eines gesteuerten Generators (G) geschaltet ist, und zwischen deren Eingangsspannungsklemmen (U₁, U₂) der Eingang eines Spannungs- Spannungs-Umsetzers (KU) geschaltet ist, wobei die Ausgänge von Strom- Spannungs- und Spannungs- Spannungs-Umsetzer (KI und KU) je über eine Impedanz (R, Z_p) mit dem Steuereingang des gesteuerten Generators (G) verbunden sind. Der Spannungs- Spannungs-Umsetzer (KU) und der Strom- Spannungs-Umsetzer (KI) weisen je mindestens einen Verstärker (ANU, ANI) mit einstellbarer Verstärkung auf. Die Verstärkungen der beiden einstellbaren Verstärker (ANU, ANI) sind gemeinsam in gegenläufiger Richtung verstellbar. Im Fall einer Bürde für einen Stromwandler (GI) werden bei vorgegebener Sekundärnennleistung des Stromwandlers (GI) zur Erhöhung oder Verringerung des Sekundärnennstroms die Verstärkung des Strom- Spannungs-Umsetzers (KI) verringert beziehungsweise erhöht und die Verstärkung des

Spannungs- Spannungs-Umsetzers (KU) erhöht beziehungsweise verringert.



PATENTANSPRÜCHE

1. Einstellbare elektronische Bürde zur Prüfung von Stromwandlern, wobei zwischen die Eingangsstromklemmen der Bürde eine Reihenschaltung mit dem Eingang eines Strom-Spannungs-Umsetzers und dem Ausgang eines gesteuerten Spannungsgenerators und zwischen die Eingangsspannungsklemmen der Bürde der Eingang eines Spannungs-Spannungs-Umsetzers geschaltet ist und die Ausgänge von Strom-Spannungs- und Spannungs-Spannungs-Umsetzer je über eine Impedanz mit dem Steuereingang des gesteuerten Spannungsgenerators verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungs-Spannungs-Umsetzer (K_U) und der Strom-Spannungs-Umsetzer (K_I) je mindestens einen Verstärker (A_{NU} bzw. A_{NI}) mit einstellbarer Verstärkung aufweisen, und dass die Verstärkungen der beiden einstellbaren Verstärker (A_{NU} , A_{NI}) gemeinsam gegenläufig verstellbar sind, derart, dass bei zunehmender Verstärkung des einen Verstärkers die Verstärkung des anderen Verstärkers abnimmt und umgekehrt, so dass bei gegebener Sekundärnennleistung des Stromwandlers zur Erhöhung des Sekundärnennstroms die Verstärkung des Strom-Spannungs-Umsetzers (K_I) verringert und die Verstärkung des Spannungs-Spannungs-Umsetzers (K_U) erhöht und zur Verringerung des Sekundärnennstroms des Stromwandlers die Verstärkung des Spannungs-Spannungs-Umsetzers (K_U) verringert und die Verstärkung des Strom-Spannungs-Umsetzers (K_I) erhöht werden.

2. Bürde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom-Spannungs-Umsetzer (K_I) einen zweiten einstellbaren Verstärker (A_S) aufweist, dessen Verstärkung proportional zur gewünschten Sekundärnennleistung einstellbar ist.

3. Bürde nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der gesteuerte Spannungsgenerator (G) am Ausgang einen Spannungstransformator (A_I) mit einstellbarem Übertragungsverhältnis aufweist und dass das Übertragungsverhältnis gemeinsam mit der Verstärkung des Spannungs-Spannungs-Umsetzers (K_U) gegenläufig verstellbar ist, derart, dass bei zunehmender Verstärkung des Spannungs-Spannungs-Umsetzers (K_U) das Übertragungsverhältnis des Spannungs-Transformators (A_I) abnimmt und umgekehrt.

4. Einstellbare elektronische Bürde zur Prüfung von Spannungswandlern, wobei zwischen die Eingangsstromklemmen der Bürde eine Reihenschaltung mit dem Eingang eines Strom-Spannungs-Umsetzers und dem Ausgang eines gesteuerten Stromgenerators und zwischen die Eingangsspannungsklemmen der Eingang eines Spannungs-Spannungs-Umsetzers geschaltet ist und die Ausgänge von Strom-Spannungs- und Spannungs-Spannungs-Umsetzer je über eine Impedanz mit dem Steuereingang des gesteuerten Stromgenerators verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungs-Spannungs-Umsetzer (K_U) und der Strom-Spannungs-Umsetzer (K_I) je mindestens einen Verstärker (A_{NU} bzw. A_{NI}) mit einstellbarer Verstärkung aufweisen, und dass die Verstärkungen der beiden einstellbaren Verstärker (A_{NU} , A_{NI}) gemeinsam gegenläufig verstellbar sind, derart, dass bei zunehmender Verstärkung des einen Verstärkers die Verstärkung des anderen Verstärkers abnimmt und umgekehrt, so dass bei gegebener Sekundärnennleistung des Spannungswandlers zur Erhöhung der Sekundärnennspannung die Verstärkung des Spannungs-Spannungs-Umsetzers (K_U) verringert und die Verstärkung des Strom-Spannungs-Umsetzers (K_I) erhöht und zur Verringerung der Sekundärnennspannung des Spannungswandlers die Verstärkung des Spannungs-Spannungs-Umsetzers (K_U) erhöht und die Verstärkung des Strom-Spannungs-Umsetzers (K_I) verringert werden.

5. Bürde nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

der Spannungs-Spannungs-Umsetzer (K_U) einen zweiten einstellbaren Verstärker (A_S) aufweist, dessen Verstärkung proportional zur gewünschten Sekundärnennleistung einstellbar ist.

6. Bürde nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der gesteuerte Stromgenerator (G) am Ausgang einen Stromtransformator (A_I) mit einstellbarem Übertragungsverhältnis aufweist und dass das Übertragungsverhältnis gemeinsam mit der Verstärkung des Strom-Spannungs-Umsetzers (K_I) gegenläufig verstellbar ist, derart, dass bei zunehmender Verstärkung des Strom-Spannungs-Umsetzers (K_I) das Übertragungsverhältnis des Stromtransformators (A_I) abnimmt und umgekehrt.

7. Bürde nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungs-Spannungs-Umsetzer (K_U) am Eingang einen Differenzverstärker (A_U) hohen Eingangswiderstandes und der Strom-Spannungs-Umsetzer (K_I) am Eingang einen Messwiderstand (R_I) aufweist, an dessen Klemmen ein Differenzverstärker (A_I) hohen Eingangswiderstandes geschaltet ist.

8. Bürde nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangsstromklemmen (I_1 , I_2) je mit der auf der gleichen Seite liegenden Eingangsspannungsklemme (U_1 , U_2) verbunden sind oder mit diesen Eingangsspannungsklemmen identisch sind.

9. Bürde nach einem der Ansprüche 2, 3, 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zu deren wahlweiser Verwendung mit einem Stromwandler oder einem Spannungswandler der zweite einstellbare Verstärker (A_S) wahlweise entweder in den Strom-Spannungs-Umsetzer (K_I) oder in den Spannungs-Spannungs-Umsetzer (K_U) hineinschaltbar ist und dass ausserdem von gesteuertem Spannungsgenerator (G) auf gesteuerten Stromgenerator (G) umschaltbar ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft eine elektronische Bürde zur Prüfung von Stromwandlern gemäss Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und/oder zur Prüfung von Spannungswandlern gemäss Oberbegriff des Patentanspruchs 4.

Derartige Bürden verwendet man zur Prüfung und Eichung von Stromwandlern und Spannungswandlern, für welche der Sammelbegriff «Messwandler» üblich ist. Geprüft werden Messwandler verschiedener Nennleistungen und Nennströme beziehungsweise Nennspannungen. Mit den Bürden wird gemessen, welche Fehler die Messwandler bei Belastung aufweisen. Da es einerseits erforderlich ist, verschiedene Messwandler mit unterschiedlichen Nenndaten zu messen und andererseits, ein und denselben Messwandler bei unterschiedlichen Belastungen zu messen, benötigt man entsprechend unterschiedliche Bürdenwerte.

Es gibt passive Bürden, die mit passiven Impedanzelementen aufgebaut sind. Der Nachteil passiver Bürden besteht darin, dass die Impedanzen der Zuleitungen und des Prüf- oder Eichgerätes den Wert der Bürden verfälschen. Deswegen sind genau so viele Arten von Bürden erforderlich wie viele Arten von Prüf- oder Eichgeräten und Zuleitungen existieren. Ein weiterer Nachteil passiver Bürden besteht darin, dass sie handbetriebene Starkstromschalter enthalten, was eine Fernsteuerung und Programmierung unmöglich macht. Dies steht einer vollautomatisierten Prüfung von Messwandlern entgegen.

Aus der ungarischen Patentschrift Nr. 181.188 ist eine elektronische Bürde mit den Merkmalen der Oberbegriffe der Ansprüche 1 und 4 bekannt. Diese bekannte elektronische Bürde kann man durch Einstellen der Impedanzen,

die sich zwischen dem Strom-Spannungs-Umsetzer, dem Spannungs-Spannungs-Umsetzer und dem Steuereingang des gesteuerten Spannungs- beziehungsweise Stromgenerators befinden, an die unterschiedlichen Anforderungen anpassen. Die Zuleitungsimpedanzen sowie die Impedanzen des Eich- oder Prüfgerätes werden durch die in dieser elektronischen Bürde enthaltenen Regelkreise unwirksam gemacht.

Nennleistungen und Sekundärnennströme beziehungsweise Sekundärnennspannungen von Messwandlern sind genormt. Ausserdem gibt es Prüfvorschriften, wonach ein Messwandler bestimmter Nennleistung bei seiner Nennleistung und ausserdem bei verschiedenen Bruchteilen dieser Nennleistung zu prüfen ist.

Bei der aus der ungarischen Patentschrift bekannten elektronischen Bürde kann nur die Impedanz eingestellt werden. Das heisst, dass eine bestimmte Sekundärnennleistung des Messwandlers nur mit einem ganz bestimmten Sekundärnennstrom beziehungsweise nur mit einer bestimmten Sekundärnennspannung erreicht werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die bekannte elektronische Bürde so zu verbessern, dass bei durch die Impedanz vorgegebener Nennleistung zusätzlich der Sekundärnennstrom beziehungsweise die Sekundärnennspannung ohne Veränderung der Impedanzeinstellung gewählt werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe ist für eine Stromwandlerbürde in Anspruch 1 und für ein Spannungswandlerbürde in Anspruch 4 angegeben.

Durch die Verwendung von Verstärkern mit einstellbarer Verstärkung ist die Möglichkeit geschaffen worden, bei fester Einstellung der dem Spannungsgenerator bzw. dem Stromgenerator vorgeschalteten Impedanzen den Sekundärnennstrom bzw. die Sekundärnennspannung zu verändern, ohne die eingestellte Nennleistung zu beeinflussen. Dadurch, dass man sowohl im Strom-Spannungs-Umsetzerzweig als auch im Spannungs-Spannungs-Umsetzerzweig einen einstellbaren Verstärker verwendet, deren Verstärkungen man gegenläufig verändert, d. h. dass mit der Verstärkungszunahme des einen Verstärkers eine Verstärkungsabnahme des anderen Verstärkers verbunden ist und umgekehrt, kommt man mit Verstärkern aus, die jeweils nur einen relativ kleinen Verstärkungsbereich zu haben brauchen. Damit entgeht man Dynamik- und Rauschproblemen, die auftreten, wenn man nur im Strom-Spannungs-Umsetzerzweig oder nur im Spannungs-Spannungs-Umsetzerzweig einen einstellbaren Verstärker verwenden würde, der dann einen entsprechend grossen Verstärkungsbereich haben müsste.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung gemäss Anspruch 2 bzw. 5 ist ein weiterer in seiner Verstärkung einstellbarer Verstärker vorgesehen, der im Fall der Stromwandlerbürde im Strom-Spannungs-Umsetzerzweig und im Fall der Spannungswandlerbürde im Spannungs-Spannungs-Umsetzerzweig vorgesehen ist. Durch Einstellung dieses weiteren einstellbaren Verstärkers kann man die erforderliche Nennleistung und ausserdem die den Prüfvorschriften entsprechenden Bruchteile der Nennleistung einstellen. Für die dem steuerbaren Spannungs- beziehungsweise Stromgenerator vorgeschalteten Impedanzen kann man dann feste Impedanzen verwenden. Bei dieser Ausführungsform sind daher keinerlei einstellbare Impedanznetzwerke mehr erforderlich. Es ist technisch wesentlich einfacher, einen Verstärker mit einstellbarer Verstärkung zu realisieren als ein auf viele verschiedene Stufen einstellbares Impedanznetzwerk.

Gemäss den Ansprüchen 3 und 6 kann der gesteuerte Spannungs- beziehungsweise Stromgenerator am Ausgang einen Spannungs- beziehungsweise Stromtransformator mit einstellbarem Übertragungsverhältnis aufweisen, wobei das

Übertragungsverhältnis gemeinsam mit der Verstärkung des Spannungs-Spannungs-Umsetzers beziehungsweise des Strom-Spannungs-Umsetzers verstellbar ist, und zwar gegenläufig dazu. D. h., dass im Fall der Bürde für Stromwandler bei zunehmender Verstärkung des Spannungs-Spannungs-Umsetzers das Übertragungsverhältnis des Spannungstransformators abnimmt und umgekehrt und dass im Fall der Bürde für einen Spannungswandler bei zunehmender Verstärkung des Strom-Spannungs-Umsetzers das Übertragungsverhältnis des Stromtransformators abnimmt und umgekehrt. Durch die Verwendung dieses Spannungs- beziehungsweise Stromtransformators erhält man einen ungeerdeten Ausgang, sodass man den Stromwandler beziehungsweise Spannungswandler am vorgeschriebenen Punkt erden kann. Durch die Einstellbarkeit des Übertragungsverhältnisses des Spannungs- beziehungsweise Stromtransformators erreicht man eine Leistungsanpassung an den ihn speisenden Leistungsverstärker bei dem gegebenen Sekundärnennstrom beziehungsweise der gegebenen Sekundärnennspannung. Durch die Änderung des Übertragungsverhältnisses gegenläufig zur Änderung der Verstärkung des Spannungs-Spannungs-Umsetzers beziehungsweise des Strom-Spannungs-Umsetzers erreicht man eine gleichbleibende Kreisverstärkung und damit eine Stabilität des gesamten Regelsystems.

Wenn man gemäss Anspruch 7 Differenzverstärker hohen Eingangswiderstandes verwendet, vermeidet man Bürdenfehler und Messfehler. Es bereitet grosse Schwierigkeiten, solche Differenzverstärker hohen Eingangswiderstandes mit veränderbarer Verstärkung zu realisieren. Daher wird es bevorzugt, die einstellbaren Verstärker diesen Differenzverstärkern hohen Eingangswiderstandes nachzuschalten.

Besonders vorteilhaft ist eine universelle Bürde, die man sowohl für Stromwandler als auch für Spannungswandler einsetzen kann. Der technische Aufwand für eine derartige universelle Bürde wird besonders niedrig, wenn gemäss Anspruch 9 der zweite einstellbare Verstärker wahlweise entweder in den Strom-Spannungs-Umsetzer oder in den Spannungs-Spannungs-Umsetzer hineinschaltbar ist und ausserdem von gesteuertem Spannungsgenerator auf gesteuerten Stromgenerator umschaltbar ist.

Die Eingangsstromklemmen kann man gemäss Anspruch 8 dann mit den entsprechenden Eingangsspannungsklemmen verbinden oder identisch machen, wenn die Spannungsabfälle an den Verbindungsleitungen zwischen dem Messwandler und den Bürdenstromklemmen vernachlässigbar klein sind.

Die Erfindung und Weiterbildungen der Erfindung werden nun anhand von Ausführungsformen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine einstellbare elektronische Bürde für einen Stromwandler;

Fig. 2 eine einstellbare elektronische Bürde für einen Spannungswandler.

Die in Figur 1 gezeigte Ausführungsform betrifft eine Bürde für einen Stromwandler. Die Bürde weist zwei Eingangsspannungsklemmen U_1 , U_2 und zwei Eingangsstromklemmen I_1 , I_2 auf. Zwischen die Eingangsspannungsklemmen U_1 , U_2 ist der Eingang eines Differenzverstärkers A_1 hohen Eingangswiderstandes geschaltet. An den Ausgang von A_1 ist ein Verstärker A_{NU} mit einstellbarer Verstärkung angeschlossen.

Zwischen die Eingangsstromklemmen I_1 , I_2 ist eine Reihenschaltung mit einem stromführenden Widerstand R_1 und der Sekundärwicklung eines Spannungstransformators A_1 geschaltet. An die beiden Spannungsanschlüsse des Widerstandes R_1 sind die beiden Eingänge eines Differenzverstär-

kers A_1 hohen Eingangswiderstandes angeschlossen. An den Ausgang dieses Differenzverstärkers A_1 ist ein Verstärker A_{NI} einstellbarer Verstärkung angeschlossen. An den Ausgang von A_{NI} ist ein weiterer Verstärker A_S mit einstellbarer Verstärkung angeschlossen.

An den Ausgang des einstellbaren Verstärkers A_S ist eine Impedanz Z_β angeschlossen, während an den Ausgang von A_{NU} eine Impedanz R angeschlossen ist. Diese beiden Impedanzen sind anderen Endes einerseits miteinander und andererseits mit dem Eingang eines Summierv Verstärkers SV verbunden. An den Ausgang von SV ist eine Kompensationseinrichtung Ac angeschlossen. Auf Ac folgt ein Leistungsverstärker A_p , an dessen Ausgang die Primärseite des Spannungstransformators A_t angeschlossen ist. Das Übertragungsverhältnis des Spannungstransformators A_t ist einstellbar, bei 15 der dargestellten Ausführungsform auf der Sekundärseite.

Die Einstellung der Verstärkung des Verstärkers A_{NI} , der Verstärkung des Verstärkers A_{NU} und des Übertragungsverhältnisses des Spannungstransformators A_t erfolgen gemeinsam. Dabei erfolgt die Verstellung der Verstärkung von A_{NI} und A_{NU} gegenläufig. Die Verstellung der Verstärkung von A_{NU} und des Übertragungsverhältnisses von A_t erfolgt ebenfalls gegenläufig. Die Verstellung der Verstärkung von A_S erfolgt vorzugsweise unabhängig von der gemeinsamen Verstellung von A_{NI} , A_{NU} und A_t . Die Impedanz Z_β ist vorzugsweise ebenfalls verstellbar, und zwar unabhängig von den Einstellungen von A_S , A_{NI} , A_{NU} und A_t .

Von der beschriebenen Schaltung bilden der stromführende Widerstand R_1 und die Verstärker A_1 , A_{NI} und A_S einen Strom-Spannungs-Umsetzer K_1 . Die Verstärker A_U und A_{NU} bilden einen Spannungs-Spannungs-Umsetzer K_U . Der Leistungsverstärker A_p bildet zusammen mit dem Spannungstransformator A_t einen gesteuerten Spannungsgenerator G .

Es wird nun die Arbeitsweise dieser Stromwandlerbürde beschrieben.

In Figur 1 ist zwischen die Eingangsspannungsklemmen U_1 , U_2 eine Stromquelle G_1 gezeigt, welche die Sekundärseite des zu messenden Stromwandlers repräsentiert. Der Sekundärstrom des Stromwandlers abhängige Spannung U aufgezungen. Die Spannung U wird von dem Spannungs-Spannungs-Umsetzer K_U in eine Spannung $k_u \cdot U$ umgesetzt, wobei k_u der Umsetzfaktor des Spannungs-Spannungs-Umsetzers K_U ist.

Der Strom I wird mittels des Messwiderstandes R_1 gemessen. Der Strom I wird vom Strom-Spannungs-Umsetzer K_1 in eine Spannung $k_i \cdot I$ umgesetzt, wobei k_i der Umsetzfaktor des Strom-Spannungs-Umsetzers K_1 ist.

Die an den Ausgängen K_1 und K_U auftretenden Spannungen werden mittels der Impedanzen Z_β und R miteinander verglichen. Im ausgeregelten Zustand der Bürde tritt am Verbindungspunkt zwischen Z_β und R praktisch virtuelles Erdpotential auf. In dem ausgeregelten Zustand tritt am Ausgang des Leistungsverstärkers A_p eine dem gewünschten Bürdenwert entsprechende Spannung auf.

Von der Sekundärseite des Stromwandlers aus gesehen weist die Bürde eine Impedanz auf.

$$Z_B = \frac{U}{I} = \frac{k_i}{k_u} \times \frac{R}{Z_\beta} \quad (1)$$

Dabei bedeutet Z_B die Impedanz der Bürde.

Setzt man die Verstärkungen der Verstärker von K_1 und K_U ein, ergibt sich die folgende Bürdenimpedanz: Dabei

$$Z_B = R_1 \times \frac{a_i}{a_u} \times R \times \frac{a_{ni}}{a_{nu}} \times \frac{a_s}{Z_\beta} \quad (2)$$

bedeuten a_i , a_u , a_{ni} , a_{nu} und a_s die Verstärkungen der Verstärker A_1 , A_U , A_{NI} , A_{NU} beziehungsweise A_S .

Die ersten drei Glieder der Gleichung (2) sind vorzugsweise konstant. Einfluss auf die Bürdenimpedanz kann man über die Größen der letzten zwei Glieder der Gleichung (2) nehmen.

Die Einstellbarkeit der Verstärkungen von A_{NI} , A_{NU} , A_S und die Einstellbarkeit von Z_β geben die Möglichkeit, die Sekundärnennleistung S_N , den $\cos\phi$ und den Sekundärnennstrom I_N als Funktion der Einstellungen dieser Schaltungskomponenten zu wählen, wie dies in den nachfolgenden Gleichungen (3 bis 5) gezeigt ist. Das Vorausgehende zeigt die

$$S_N = f(a_s) \quad (3)$$

$$\cos\phi = f(Z_\beta) \quad (4)$$

$$I_N = f\left(\frac{a_{nu}}{a_{ni}}\right) \quad (5)$$

Vorteile der erfindungsgemässen Lösung, dass nämlich die Sekundärnennleistung, der Leistungsfaktor $\cos\phi$ und der Sekundärnennstrom unabhängig voneinander einstellbar sind.

Die Kompensationseinrichtung Ac zwischen dem Summiervverstärker SV und dem Leistungsverstärker A_p dient zur Stabilisierung des Regelsystems.

Es wird nun die in Figur 2 dargestellte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Bürde für einen Spannungswandler betrachtet. Dabei werden Schaltungskomponenten, die mit Schaltungskomponenten der in Figur 1 gezeigten Stromwandlerbürde übereinstimmen, mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Die in Figur 2 gezeigte Spannungswandlerbürde weist folgende Unterschiede gegenüber der in Figur 1 gezeigten Stromwandlerbürde auf:

1. Der an die Bürde angeschlossene Spannungswandler wirkt für die Bürde als Spannungsquelle;
2. Der Verstärker A_S mit veränderbarer Verstärkung befindet sich bei Figur 2 im Spannungs-Spannungs-Umsetzer K_U ;
3. Der ausgangsseitige Generator ist ein gesteuerter Stromgenerator;
4. Der Transformator am Ausgang des gesteuerten Stromgenerators ist ein Stromtransformator.

Hinsichtlich ihrer weiteren Schaltungskomponenten stimmt die Spannungswandlerbürde nach Figur 2 mit der Stromwandlerbürde nach Figur 1 überein, sodass diese Schaltungskomponenten hier nicht noch einmal beschrieben zu werden brauchen.

Im Folgenden wird die Funktionsweise der Spannungswandlerbürde beschrieben, sofern sie von der Funktionsweise der Stromwandlerbürde abweicht.

Die Spannungswandlerbürde nach Figur 2 weist eine Bürdenimpedanz Z_B entsprechend der bereits angegebenen Gleichung (1) auf. Auf Grund der Tatsache, dass sich bei der Spannungswandlerbürde der einstellbare Verstärker A_S nicht im Strom-Spannungs-Umsetzer K_1 sondern im Spannungs-Spannungs-Umsetzer K_U befindet, ergibt sich für die Bürdenimpedanz ein von Gleichung (2) abweichender Ausdruck wie folgt:

$$Z_B = R_1 \times \frac{a_i}{a_u} \times R \times \frac{a_{ni}}{a_{nu}} \times \frac{1}{Z_\beta \times a_s} \quad (6)$$

Aus Gleichung (6) folgt, dass die Sekundärnennleistung, der $\cos\phi$ und die Sekundärnennspannung U_N als Funk-

tion der Verstärkung a_s beziehungsweise der Impedanz Z_β beziehungsweise des Ausdrucks a_{ni}/a_{nu} unabhängig voneinander einstellbar sind, wie in den folgenden Gleichungen (7 bis 9) angegeben ist. Dabei stimmen die Gleichungen (7) und (8) mit den Gleichungen (3) und (4) überein.

$$S_N = f(a_s) \quad (7)$$

$$\cos\beta = f(Z_\beta) \quad (8)$$

$$U_N = f\left(\frac{a_{ni}}{a_{nu}}\right) \quad (9)$$

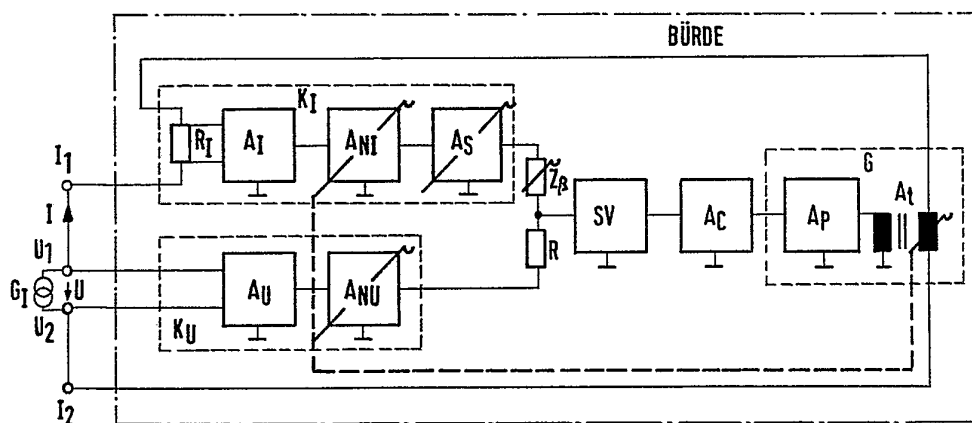


FIG. 1

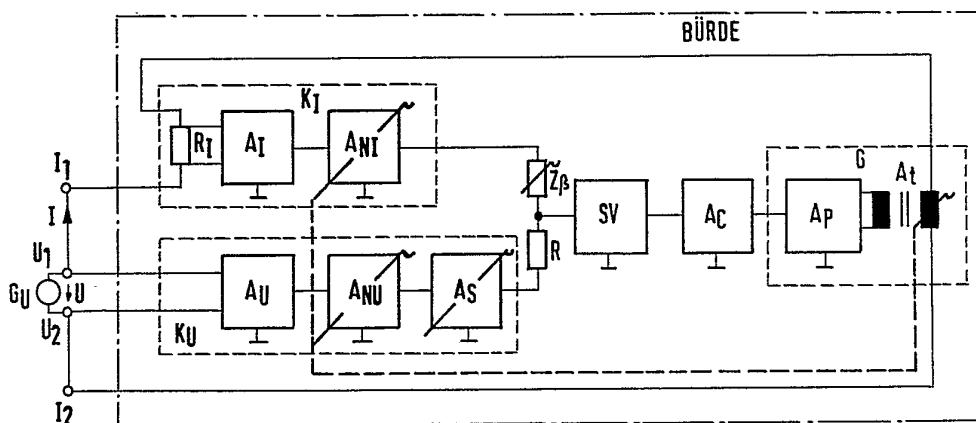


FIG. 2