



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 16 023 T2 2004.03.18**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 929 994 B1**

(51) Int Cl.7: **H05B 33/08**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 16 023.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB98/01136**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 932 457.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/007188**

(86) PCT-Anmeldetag: **27.07.1998**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **11.02.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.07.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **02.07.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.03.2004**

(30) Unionspriorität:

97202403 01.08.1997 EP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,
NL; PHILIPS AB, Stockholm, SE**

(72) Erfinder:

**BUCKS, Johannes, Marcel, NL-5656 AA
Eindhoven, NL; NIJHOF, Bernar, Engbert, NL-5656
AA Eindhoven, NL**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **SCHALTUNGSANORDNUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung mit:

- Eingangsklemmen zum Entnehmen eines Speisestroms aus einer Speisequelle,
- Mitteln **I** zum Generieren eines Steuersignals **S**,
- Mitteln **II**, mit einem Wandler versehen, der mit zumindest einem Schaltelement ausgerüstet ist und mit Steuerungsmitteln, die das genannte Schaltelement mit hoher Frequenz in einer Weise triggern, die vom Wert des Steuersignals **S** abhängt,
- Mitteln **III** zum Erzeugen einer Spannung **Sc**, die ein Maß für einen Momentanwert einer von der Speisequelle gelieferten Speisespannung ist,
- mit den Mitteln **II** gekoppelten Ausgangsklemmen zum Anschluss an eine Lichtquelle.

[0002] Eine Schaltungsanordnung der eingangs erwähnten Art ist aus EP 507 393 bekannt. Wenn die bekannte Schaltungsanordnung an eine Speisequelle angeschlossen ist, die eine sinusförmige Speisespannung liefert, zieht sie einen Speisestrom von ungefähr einer entsprechenden Form. Die Mittel **III** der bekannten Schaltungsanordnung werden von einer Gleichrichterschaltung gebildet. Ein Hochsetzsteller wird mittels der von der Gleichrichterschaltung erzeugten Spannung betrieben. Das Steuersignal wird mit Detektionsmitteln generiert, die einen Ladestrom kapazitiver Mittel messen, die von dem Hochsetzsteller gespeist werden. Eine derartige Schaltungsanordnung kann zum Versorgen einer Halbleiterlichtquelle dienen.

[0003] Die verhältnismäßig hohe Lichtausbeute in der Größenordnung von 15 lm/W und die lange Lebensdauer von Halbleiterlichtquellen (einige zehntausend Stunden) machen diese für eine Verwendung in Verkehrsampeln interessant. Zur Zeit werden Verkehrsampeln üblicherweise mit Glühlampen ausgeführt. Zum Schalten von Verkehrsampeln werden meistens mit einem TRIAC-Schaltelement und einer Steuerschaltung versehene Festkörperrelais (SSRs: Solid State relays) verwendet. Bei den verhältnismäßig hohen Belastungen der verwendeten Glühlampen, in der Größenordnung von 150 W, arbeiten die SSRs zuverlässig.

[0004] Bei Verwendung einer Halbleiterlichtquelle in einer Verkehrsampel kann jedoch eine viel kleinere Belastung in der Größenordnung von 15 W oder weniger genügen. Es kann vorkommen, dass der TRIAC nicht in einen leitenden Zustand gelangt, wenn eine solche Halbleiterlichtquelle zusammen mit einer bekannten Schaltungsanordnung und einem vorhandenen SSR betrieben wird. In diesem Fall fließt ein dem SSR entnommener Speisestrom hauptsächlich durch die Steuerschaltung und kann diese beschädigen.

[0005] Der Erfindung liegt als Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung der eingangs erwähnten Art zu verschaffen, die mit vorhandenen SSRs ohne Gefahr einer Beschädigung der Steuerschaltung gekoppelt werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Spannung **Sc** als Bezugssignal wirkt, das bewirkt, dass die Mittel **I** ein Steuersignal **S** generieren, das abwechselnd in einem ersten Bereich und in einem zweiten Bereich liegt, wobei die Mittel **II** das Ziehen eines verhältnismäßig starken Speisestroms bei einem Wert des Steuersignals **S** bewirken, der in dem ersten Bereich liegt und das Ziehen eines verhältnismäßig schwachen Speisestroms bei einem Wert des Steuersignals **S**, der in dem zweiten Bereich liegt.

[0007] Da das Steuersignal abwechselnd in dem ersten und in dem zweiten Bereich liegt, entzieht die Schaltungsanordnung der Speisequelle einerseits einen verhältnismäßig starken Speisestrom, sodass die SSRs zuverlässig schalten und Beschädigung der Steuerschaltung vermieden wird. Andererseits bleibt der Effektivwert des der Speisequelle entzogenen Speisestroms und somit die der Speisequelle entnommene Leistung niedrig. Eine Regelung des der Speisequelle entzogenen Speisestroms kann in einfacher Weise dadurch realisiert werden, dass das Tastverhältnis und/oder die Frequenz der Steuerungsmittel des Wandlers durch das Steuersignal **S** beeinflusst werden. Die Speisequelle wirkt hier als Wechselspannungsgenerator, der bewirkt, dass das Steuersignal **S** mittels des Bezugssignals **Sc** abwechselnd in dem ersten und in dem zweiten Bereich liegt. Gesonderte Mittel, um dies zu erreichen, sind daher überflüssig.

[0008] Der Wandler kann beispielsweise als Halbbrückenresonanzschaltung, als Sperrwandler oder als Kombination aus einem Boost-Umrichter mit einem anderen Wandlertyp, beispielsweise einer Kombination aus einem Boost-Umrichter mit einem Tiefsetzsteller ausgeführt sein. Ein multiresonanter Durchfluss/Sperrwandler ist günstig, um einen höheren Leistungsfaktor zu erreichen. Das abwechselnde Ziehen eines starken Speisestroms und eines schwachen Speisestroms ist nicht unter allen Umständen notwendig. In der Praxis kann es genügen, wenn dies nur bei niedrigen Temperaturen erfolgt.

[0009] Zum Erreichen eines hohen Leistungsfaktors ist es günstig, wenn die Mittel **I** aus dem Bezugssignal **Sc** ein Steuersignal **S** generieren, das für einen verhältnismäßig hohen absoluten Momentanwert der Speisespannung in dem ersten Bereich liegt und für einen verhältnismäßig niedrigen absoluten Momentanwert der Speisespannung **S** in dem zweiten Bereich liegt.

[0010] Die Umstände, unter denen die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung betrieben wird, wie z. B. die Speisespannung und die Umgebungstemperatur, können in der Praxis stark variieren. Eine attraktive Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel **I**, **II**, und

III Teil eines Regelsystems zum Regeln eines von der Lichtquelle gelieferten Lichtstroms sind, welches Regelsystem zudem Mittel **IV** umfasst zum Generieren eines Fehlersignals **Sf** das ein Maß für die Differenz zwischen einer von der Lichtquelle aufgenommenen Leistung und einem Sollwert ist, während das von den Mitteln **I** generierte Steuersignal **S** auch teilweise vom Fehlersignal **Sf** abhängig ist. Die zum Erreichen eines Lichtstromsollwertes aufzunehmende Leistung kann in einfacher Weise durch Anpassung der relativen Dauer der Zeitspanne geregelt werden, in der ein verhältnismäßig starker Speisestrom gezogen wird. Unter der relativen Dauer soll die Zeitdauer verstanden werden, in der in jeder Periode der Speisespannung ein verhältnismäßig starker Speisestrom gezogen wird, geteilt durch die Dauer der Periode. Da die Mittel **I**, **II**, und **III** bereits vorhanden sind, um abwechselnd einen verhältnismäßig starken und einen verhältnismäßig schwachen Speisestrom zu ziehen, wird bei dieser Ausführungsform in einfacher Weise erreicht, dass der von der Lichtquelle erzeugte Lichtstrom trotz stark unterschiedlicher Bedingungen ungefähr dem Sollwert entspricht.

[0011] Es ist günstig, wenn die Mittel **IV** mit Mitteln **V** versehen sind zum Generieren eines Signals **Si** aus einem von der Lichtquelle aufgenommenen Strom, Mitteln **VI** zum Generieren eines Signals **St** aus einer Umgebungstemperatur in einer Umgebung der Lichtquelle und Mitteln **VII** zum Berechnen des Fehlersignals **Sf** aus dem Signal **Si** und dem Signal **St**. Diese Ausführungsform ist sehr gut für eine Halbleiterlichtquelle geeignet. Die Spannung an einer Halbleiterlichtquelle hängt üblicherweise nur in geringem Maße von dem sie durchlaufenden Strom ab. Das Signal **Si** ist daher auch ein Maß für die von der Halbleiterlichtquelle aufgenommene Leistung. Die Lichtausbeute einer Halbleiterlichtquelle hängt üblicherweise von der Umgebungstemperatur ab. Die Mittel **VI** machen es so in einfacher Weise möglich, aus der Umgebungstemperatur eine Schätzung des Sollwertes der von der Halbleiterlichtquelle aufzunehmenden Leistung zu erhalten.

[0012] Es ist günstig, wenn die Mittel **I** mit Mitteln **I'** versehen sind, um bei einer Abnahme des Fehlersignals **Sf** eine Änderung des Steuersignals zu bewirken, wobei diese Änderung bewirkt, dass die Mittel **II** eine Zunahme des verhältnismäßig starken Speisestroms erzeugen. Bei hohen Temperaturen und einer niedrigen Speisespannung kann es vorkommen, dass das Steuersignal **S** bereits während der gesamten Periode der Speisespannung in dem zweiten Bereich liegt. Es ist dann nicht möglich, die von der Schaltungsanordnung aufgenommene Leistung durch eine Zunahme der relativen Dauer der Zeit, in der ein verhältnismäßig starker Speisestrom gezogen wird, ansteigen zu lassen. Die Mittel **I'** sorgen dafür, dass unter diesen Umständen die von der Schaltungsanordnung aufgenommene Leistung weiter ansteigen kann, indem der Wert des verhältnismäßig starken Speisestroms erhöht wird. Dies ermöglicht es, den von der Halbleiterlichtquelle gelieferten Lichtstrom über einen größeren Bereich an Umgebungstemperaturen konstant zu halten, als es ohne die Mittel **I'** der Fall wäre.

[0013] Diese und andere Aspekte der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

[0014] **Fig. 1** schematisch eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung und, mehr im Detail

[0015] **Fig. 2** die Mittel **I** und **III**,

[0016] **Fig. 3** die Mittel **II**,

[0017] **Fig. 4** die Mittel **IV**, mit den Mitteln **V**, **VI**, und **VII**,

[0018] **Fig. 5** schematisch den Verlauf der Speisespannung **Vv**, des Speisestroms **Iv**, und einiger Signale,

[0019] **Fig. 6A**, **6B**, und **6C** den gemessenen Verlauf der Speisespannung **Vv** und des Speisestroms **Iv** unter verschiedenen Bedingungen.

[0020] **Fig. 1** zeigt schematisch eine Schaltungsanordnung, die mit Eingangsklemmen **T1**, **T2** zum Ziehen eines Speisestroms aus einer Speisequelle (**Vin**) versehen ist. Die Eingangsklemmen **T1**, **T2** sind über ein Eingangsnetzwerk **FI**, das unter anderem einen Tiefpass umfasst, mit Gleichrichtermitteln **RM** verbunden. Die Gleichrichtermittel **RM** sind beispielsweise als Diodenbrücke ausgeführt. Mittel **II**, mit denen Ausgangsklemmen **T3**, **T4** zum Anschließen einer Lichtquelle **LI** gekoppelt sind, werden durch die Gleichrichtermittel geliefert. Die Mittel **II** sind mit einem Wandler versehen, der mit zumindest einem Schaltelement **13** und mit Steuerungsmitteln **17** ausgerüstet ist. Die Mittel **I** generieren ein Steuersignal **S**. Die Steuerungsmittel **17** schalten das Schaltelement mit hoher Frequenz in einer Weise, die vom Wert des Steuersignals **S** abhängt. Die Schaltungsanordnung ist weiter mit Mitteln **III** versehen, zum Generieren einer Spannung **Sc**, die ein Maß für einen Momentanwert einer von der Speisequelle gelieferten Speisespannung ist. Die Gleichrichtermittel **RM** sind Teil der Mittel **III**.

[0021] Die Spannung **Sc** dient als Bezugssignal, das die Mittel **I** ein Steuersignal **S** generieren lässt, das abwechselnd in einem ersten und in einem zweiten Bereich liegt. Die Mittel **II** sorgen dafür, dass ein verhältnismäßig starker Speisestrom gezogen wird, wenn das Steuersignal **S** einen Wert hat, der in dem ersten Bereich liegt, und dass ein verhältnismäßig schwacher Speisestrom gezogen wird, wenn der Wert des Steuersignals **S** in dem zweiten Bereich liegt.

[0022] Das Steuersignal **S** liegt in einem ersten Bereich, wenn die Speisespannung einen verhältnismäßig hohen absoluten Momentanwert hat. Das Steuersignal liegt in einem zweiten Bereich, wenn die Speisespannung einen verhältnismäßig niedrigen absoluten Momentanwert hat.

[0023] An den Ausgangsklemmen **T3**, **T4**, die mit den Mitteln **II** gekoppelt sind, ist hier eine Halbleiterlichtquel-

le **LI** angeschlossen. Eine der Ausgangsklemmen **T3** ist direkt mit den Mitteln **II** verbunden. Die andere Ausgangsklemme **T4** ist mit den Mitteln **II** über die Mittel **V** verbunden. Die Mittel **V** generieren ein Signal **Si**, das ein Maß für einen von der Halbleiterlichtquelle aufgenommenen Strom ist. Die Mittel **V** sind Teil der Mittel **IV** zum Generieren eines Fehlersignals **Sf**, das ein Maß für die Differenz zwischen einem von der Halbleiterlichtquelle gelieferten Lichtstrom und einem gewünschten Lichtstrom ist. Das von den Mitteln **I** generierte Steuersignal hängt teilweise von dem Fehlersignal **Sf** ab. Die Mittel **IV** sind weiter mit Mitteln **VI** und Mitteln **VII** versehen. Die Mittel **VI** generieren ein Signal **St**, das ein Maß für eine Umgebungstemperatur der Halbleiterlichtquelle **LI** ist. Die Mittel **VII** berechnen das Fehlersignal **Sf** aus dem Signal **Si** und dem Signal **St**.

[0024] Der Wert des Steuersignals **S** hängt auch von dem Fehlersignal **Sf** ab. Die Mittel **I** sind mit Mitteln **I'** versehen, um eine solche Veränderung des Steuersignals für den Fall eines abnehmenden Fehlersignals zu bewirken, dass dieses Steuersignal bewirkt, dass die Mittel **II** den Wert des verhältnismäßig starken Speisestroms erhöhen.

[0025] **Fig. 2** ist ein detaillierteres Schaltbild einer Ausführungsform der Mittel **III** zum Generieren eines Bezugssignals **Sc**, das ein Maß für den absoluten Momentanwert der niederfrequenten Speisespannung ist, und der Mittel **I** zum Generieren des Steuersignals **S**. Die Speisespannung wird mittels der Diodenbrücke **1a-1d** gleichgerichtet. Die Diodenbrücke bildet die Gleichrichtermittel **RM**. Der Ausgang der Diodenbrücke wird durch einen Spannungsteiler überbrückt, der die ohmschen Widerstände **2a, 2b, 2c** umfasst. Ein Teil des von den ohmschen Widerständen **2b** und **2c** gebildeten Spannungsteilers wird durch einen kapazitiven Widerstand **3** überbrückt. Ein gemeinsamer Verbindungspunkt der letzteren zwei ohmschen Widerstände liefert das Bezugssignal **Sc**, das ungefähr proportional zum absoluten Momentanwert der Speisespannung ist.

[0026] Bei einer weiteren Ausführungsform der Mittel **III** erfolgt das Bilden des Bezugssignals **Sc** mit Hilfe eines Zweiges an einem Eingang der Diodenbrücke, der von einem Diodenwiderstandsnetzwerk gebildet wird, das zwischen Speisespannungsleitern des Diodenbrückeneingangs geschaltet wird. Diese Ausführungsform hat als Vorteil, dass beim Bilden des Bezugssignals **Sc** der Amplitude der Speisespannung eng gefolgt wird.

[0027] Die Mittel **I** zum Generieren eines Steuersignals **S** aus dem Bezugssignal **Sc** umfassen einen Halbleiterschalter **4**, dessen Steuerelektrode **4a** das Bezugssignal **Sc** aus den Mitteln **III** empfängt. Eine Elektrode **4e** des Halbleiterschalters, die hier gleichzeitig als Steuerelektrode und als Hauptelektrode dient, empfängt das Fehlersignal **Sf**. Eine Hauptelektrode **4b** des Halbleiterschalters **4** ist über eine Reihenschaltung eines unidirektionalen Elementes **5** und ohmscher Widerstände **6** und **7** mit einer Klemme **Vcc** einer stabilisierten Speisequelle verbunden. Ein gemeinsamer Verbindungspunkt der genannten ohmschen Widerstände **6** und **7** ist mit einer Steuerelektrode **8a** eines zweiten Halbleiterschalters **8** verbunden. Der Halbleiterschalter **8** überbrückt einen ohmschen Widerstand **9a** eines Spannungsteilers, der außerdem mit ohmschen Widerständen **9b** und **9c** versehen ist. Der Spannungsteiler **9a, 9b, 9c** verbindet die Klemme **Vcc** mit Erde. Der ohmsche Widerstand **9c** wird von einem kapazitiven Widerstand **10** überbrückt. Ein gemeinsamer Verbindungspunkt der ohmschen Widerstände **9b** und **9c** wird mit einem nicht invertierenden Eingang **11a** eines Differenzverstärkers **11** verbunden. Ein invertierender Eingang **11b** empfängt das Fehlersignal **Sf** über einen ohmschen Widerstand **12a**. Ein Ausgang **LC** liefert das Steuersignal **S** an die Mittel **II**. Der invertierende Eingang **11b** ist über einen ohmschen Widerstand **12b** mit dem Ausgang **11c** verbunden. Der Differenzverstärker **11** und die ohmschen Widerstände **12a** und **12b** bilden die Mittel **I'**.

[0028] Die Bildung des Steuersignals **S** in den Mitteln **I** aus dem Vergleich des Bezugssignals **Sc** mit dem Fehlersignal **Sf** erfolgt bei der beschriebenen Ausführungsform mit Hilfe einer Transistorschaltung (Transistoren **4** und **8**). Bei einer weiteren Ausführungsform erfolgt dieser Vergleich durch Verwendung eines IC, beispielsweise eines Operationsverstärkers.

[0029] Die Mittel **II**, in **Fig. 3** detaillierter dargestellt, sind hier als multiresonanter Durchlass/Sperrwandler ausgeführt. Das Schaltelement **13** bildet zusammen mit dem induktiven Widerstand **14** und der Primärwicklung **15a** eines Transformators **15** eine Reihenschaltung, die Eingänge **16a, 16b** überbrückt. Eine Steuerelektrode **13a** des Schaltelementes **13** ist mit einem Ausgang **17b** von Steuerungsmitteln **17** verbunden. Hauptelektroden **13b** und **13c** des Schaltelementes **13** werden durch einen kapazitiven Widerstand **18** überbrückt. Eine Sekundärwicklung **15b** des Transformators **15** wird durch einen kapazitiven Widerstand **19** überbrückt und ist mit Eingängen **20p, 20q** der Diodenbrücke **20a-20d** verbunden. Ausgänge **20r, 20s** der Diodenbrücke werden durch einen kapazitiven Widerstand **21** überbrückt. Die Steuerungsmittel **17** werden durch einen Timer gebildet, der das Schaltelement **13** mit hoher Frequenz abwechselnd während einer Ausschaltzeit ausgeschaltet und während einer variablen Einschaltzeit eingeschaltet hält. Die Einschaltzeit ist umso länger, je höher der Wert des Steuersignals **S** ist.

[0030] Die Mittel **IV** zum Generieren des Fehlersignals **Sf** werden in **Fig. 4** detaillierter dargestellt. Die in **Fig. 4** gezeigten Mittel **IV** sind mit Mitteln **V, VI, und VII** versehen. Eingänge **22a, 22b** der Mittel **V** werden durch einen ohmschen Widerstand **23** überbrückt. Der Eingang **22a** ist über einen ohmschen Widerstand **24** mit einem nicht invertierenden Eingang **25a** eines Differenzverstärkers **25** verbunden. Der Eingang **22b** ist mit dem nicht invertierenden Eingang **25a** über einen kapazitiven Widerstand **26** verbunden. Der Eingang **22b** ist weiterhin über einen ohmschen Widerstand **27a** mit einem invertierenden Eingang **25b** des Differenzverstärkers

- 25** verbunden. Der Ausgang **25c** und der Eingang **25b** des Differenzverstärkers **25** sind über einen ohmschen Widerstand **27b** miteinander verbunden.
- [0031] Die Mittel **VI** zum Generieren eines Signals **St**, das ein Maß für eine Umgebungstemperatur der Lichtquelle **LI** ist, sind mit einer Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes **27c** und eines Durchbruchelementes **28** versehen. Diese Reihenschaltung bildet eine Verbindung zwischen der Klemme **Vcc** und Erde. Das Durchbruchelement **28** wird durch eine Reihenschaltung der ohmschen Widerstände **29** und **30** überbrückt. Der ohmsche Widerstand **29** wird durch einen ohmschen Widerstand **31** überbrückt, der einen negativen Temperaturkoeffizienten hat und der im Weiteren als der temperaturabhängige ohmsche Widerstand bezeichnet werden soll. Der ohmsche Widerstand **30** wird durch einen kapazitiven Widerstand **32** überbrückt. Ein gemeinsamer Verbindungspunkt **33** der ohmschen Widerstände **29** und **30** bildet einen Ausgang, der das Signal **St** abgibt.
- [0032] Der Ausgang **33** der Mittel **VI** ist mit einem nicht invertierenden Eingang **34a** des Differenzverstärkers **34** verbunden. Ein invertierender Eingang **34b** hiervon ist über einen ohmschen Widerstand **35** mit dem Ausgang **25c** der Mittel **V** verbunden. Der Ausgang **34c** und der invertierende Eingang **34b** des Differenzverstärkers sind über einen ohmschen Widerstand **36** miteinander verbunden. Der Ausgang **33** der Mittel **VI** ist auch mit einem nicht invertierenden Eingang **37a** eines Differenzverstärkers **37** verbunden. Der invertierende Eingang **37b** dieses Differenzverstärkers ist mit dem Ausgang **34c** des Differenzverstärkers **34** über einen ohmschen Widerstand **38** verbunden. Eine Parallelschaltung aus einem kapazitiven Widerstand **39** und einem ohmschen Widerstand **40** verbindet den Ausgang **37c** des Differenzverstärkers **37** mit dessen invertierendem Eingang **37b**.
- [0033] Die dargestellte Schaltungsanordnung arbeitet folgendermaßen. Wenn die Eingangsklemmen **T1** und **T2** der Schaltungsanordnung mit einer niederfrequenten Speisequelle, beispielsweise einer Netzspannung von 110 V, 60 Hz verbunden werden, erzeugen die Gleichrichtermittel **RM** eine Gleichspannung, die an den Eingängen **16a**, **16b** der Mittel **II** mit niedriger Frequenz variiert. Die Steuerungsmittel **17** bringen das Schaltelement **13** mittels einer Schaltspannung **Vs** an der Steuerelektrode **13a** abwechselnd während einer Einschaltzeit in einen leitenden Zustand und während einer Ausschaltzeit in einen nicht leitenden Zustand. Infolge des Schaltens des Schaltelementes **13** fließt ein mit hoher Frequenz variierender Strom in der Primärwicklung **15a** des Transformators **15**, sodass in dessen Sekundärwicklung **15b** eine mit hoher Frequenz variierende Spannung induziert wird. Diese letztere Spannung wird durch die Diodenbrücke **20a-20d** und den kapazitiven Widerstand **21** in eine ungefähr konstante Gleichspannung umgewandelt. Die Halbleiterlichtquelle **LI** wird mit dieser Gleichspannung gespeist.
- [0034] Zur Verdeutlichung zeigt **Fig. 5** schematisch den Verlauf der Speisespannung **Vv**, der Signale **Sc** und **Sf**, des Steuersignals **S**, der Schaltspannung **Vs** und des Speisestroms **Iv**. Der Deutlichkeit halber wird in **Fig. 5** eine Situation dargestellt, bei der die Schaltfrequenz des Wandlers nur um eine Größenordnung höher ist als die Frequenz der Speisequelle. Tatsächlich ist die Schaltfrequenz des Wandlers üblicherweise viel höher, beispielsweise einige zehn kHz, als die Frequenz der Speisequelle, beispielsweise 50 oder 60 Hz. Die Mittel **III** generieren ein Signal **Sc**, dessen Wert ungefähr proportional zum Momentanwert der Speisespannung **Vv** ist. Der Wert dieses Signals **Sc** ist während eines Intervalls Δt in jeder Halbperiode der Speisespannung höher als das um die Basis-Emitter-Spannung des Halbleiterschalters **4** erhöhte Fehlersignal **Sf**. Der Halbleiterschalter **4** nimmt dann einen leitenden Zustand an, sodass ein Strom durch den Zweig **4-7** fließt. Die Folge hiervon ist ein Spannungsabfall am ohmschen Widerstand **7**, was den Halbleiterschalter **8** in einen leitenden Zustand bringt. Die Spannung **S'** am nicht invertierenden Eingang **11a** des Differenzverstärkers **11** und somit auch die Spannung des Steuersignals **S** steigt daher an. Der Anstieg der Spannung des Steuersignals **S** hat zur Folge, dass die Dauer von Impulsen der Schaltspannung **Vs** zunimmt. Dies verlängert auch die Einschaltzeit des Schaltelementes **13**. Mit dieser Zunahme der Einschaltzeit des Schaltelementes **13** erreichen die Mittel **II**, dass während der Intervalle Δt der Speisequelle ein verhältnismäßig starker Speisestrom **Iv1** entzogen wird. Sobald das Signal **Sc** wieder niedriger ist als das um die Basis-Emitter-Spannung des Halbleiterschalters **4** erhöhte Fehlersignal **Sf** wird das Steuersignal **S** wieder abnehmen. Daher wird die Einschaltzeit des Schaltelementes **13** verkürzt, sodass die Mittel **II** erreichen, dass jetzt der Speisequelle ein verhältnismäßig schwacher Speisestrom **Iv2** entzogen wird.
- [0035] Da die Eingänge **22a**, **22b** der Mittel **V** mit der Halbleiterlichtquelle **LI** in Reihe geschaltet sind, wird am ohmschen Widerstand **23** eine Spannung auftreten, die proportional zu dem von der Halbleiterlichtquelle **LI** aufgenommenen Strom ist. Die vom Differenzverstärker **25** erzeugte Spannung des Signals **Si** ist gleich der Spannung am ohmschen Widerstand **23**, multipliziert mit einem konstanten Faktor. Da die Spannung an den LEDs ungefähr konstant ist, ist das Signal **Si** ein Maß für die von den LEDs aufgenommene Leistung.
- [0036] Mittels der Reihenschaltung aus dem ohmschen Widerstand **27** und dem Durchbruchelement **28** in den Mitteln **VI** wird an dem Netzwerk aus ohmschen Widerständen **29**, **30**, **31** eine nahezu konstante Spannung erzeugt. Der Widerstandswert des temperaturabhängigen ohmschen Widerstandes **31** nimmt ab, je mehr die Umgebungstemperatur ansteigt. Infolgedessen steigt die Spannung des Signals **St**. Die ohmschen Widerstände **29**, **30** und **31** können so gewählt werden, dass die Spannung des Signals **St**, bei Umgebungstempe-

peraturen, wie sie in der Praxis auftreten, beispielsweise über den Bereich von -40 °C bis $+75\text{ °C}$, ungefähr ein Maß für die Leistung ist, die die Halbleiterlichtquelle **LI** aufnehmen muss, um den gewünschten Lichtstrom zu liefern. Die Differenzverstärker **34** und **37** der Mittel **VII** geben ein Signal **Sf** ab, dessen Spannung ungefähr gleich einem konstanten Faktor ist, multipliziert mit der Differenz zwischen dem Wert des Signals **Si** und dem Wert des Signals **St**. Der Wert des Signals **Si** steigt umso mehr, je höher die von der Halbleiterlichtquelle **LI** aufgenommene Leistung wird. Der Wert des Fehlersignals **Sf**, mit dem das Signal **Sc** verglichen wird, steigt ebenfalls in dem gleichen Maß, in dem die Differenz zwischen dem Wert des Signals **Si** und dem des Signals **St** größer wird. Daher wird auch ein höherer absoluter Momentanwert der Speisespannung gefordert, damit die Mittel **II** bewirken, dass ein verhältnismäßig starker Speisestrom gezogen wird. Die Zeitdauer Δt des Intervalls, während der der Speiseeinheit ein verhältnismäßig starker Speisestrom entzogen wird, und somit die von der Schaltungsanordnung aufgenommene Leistung, wird dadurch begrenzt. Die von der Halbleiterlichtquelle **LI** aufgenommene Leistung wird dadurch auch begrenzt, sodass diese Leistung sich selbst auf einen Wert nahe einem Sollwert für eine gegebene Umgebungstemperatur einstellt.

[0037] Bei einer praktischen Realisierung ist die Halbleiterlichtquelle **LI** mit einer Schaltung versehen, die achtzehn LEDs umfasst. Die achtzehn LEDs sind in drei Reihenschaltungen aus je sechs LEDs angeordnet. Jeder der Verbindungspunkte zwischen zwei aufeinander folgenden LEDs in einer der Reihenschaltungen ist darin mit einem entsprechenden Verbindungspunkt in den anderen beiden Reihenschaltungen verbunden. Die verwendeten LEDs haben je eine Spannung von $2,5 \pm 0,5\text{ V}$ für einen Strom von 250 mA . Die Diodenbrücke **1a–1d** ist bei dieser praktischen Realisierung mit Dioden vom Typ 1N4007 ausgeführt. Das unidirektionale Element **5** ist eine Diode vom Typ 1N418. In der Diodenbrücke **20a–d** sind **20a** und **20b** gemeinsam als Dioden ausgeführt, die eine gemeinsame Kathode haben, vom Typ BYV **118F**. **20c** und **20d** sind Dioden vom Typ BYV **10–40**. Das Durchbruchelement **28** ist eine Zenerdiode mit einer Durchbruchspannung von $6,2\text{ V}$, vom Typ 1N825. Die Halbleiterschalter **4** und **8** werden von Transistoren vom Typ BCX70 gebildet. Ein FET vom Typ STP3N100 dient als Schaltelement **13**. Die Differenzverstärker **11**, **25**, **34** und **37** sind als Operationsverstärker vom Typ NE532 ausgeführt. Die Steuerungsmittel **17** werden durch einen Timer-IC vom Typ NE7555 gebildet. Anschlusstifte **5** und **3** dieses IC bilden den Eingang **17a** bzw. den Ausgang **17b** des in **Fig. 3** dargestellten Steuerungsmittels. Die induktive Widerstand **14** hat einen Induktanzwert von $600\text{ }\mu\text{H}$. Das Verhältnis der Windungszahl der Primärwicklung zu der der Sekundärwicklung des Transformators **15** beträgt 4. Der temperaturabhängige ohmsche Widerstand **31** ist als NTC ausgeführt, Hersteller Philips, Typ 2322 640 90106. Die stabilisierte Spannungsquelle zum Generieren der Spannung an der Klemme **Vcc** ist vom Typ LM78L09. Die anderen Bauelemente haben die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Werte:

2a	82 k	2b	68 k Ω	2c	6,8 k Ω
3	4,7 nF	6	47 k Ω	7	100 k Ω
9a	20 k Ω	9b	10 k Ω	9c	15 k Ω
10	33 nF	12a	68 k Ω	12b	10 k Ω
18	4.7 nF	19	267 nF (220 nF // 47 nF)		
21	470 μF	23	1 Ω	24	100 k Ω
26	10 nF	27a	1,3 k Ω	27b	6,8 k Ω
27c	10 k Ω	29	82 k Ω	30	68 k Ω
32	100 nF	35	1 k Ω	36	1 k Ω
38	33 k Ω	39	68 nF	40	1 M Ω

[0038] Um das Verhalten der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zu untersuchen, wurde der der Speisequelle entzogene Strom **Iv** als Funktion der Zeit **t** gemessen. Die Schaltungsanordnung wurde mit einer Speisequelle betrieben, die eine Frequenz von 60 Hz hatte. Der Effektivwert V_{eff} der von der Speisequelle gelieferten Spannung wurde variiert. Außerdem wurden verschiedene Umgebungstemperaturen T_{amb} simuliert. Die Simulation der Umgebungstemperatur erfolgte dadurch, dass der temperaturabhängige ohmsche Widerstand **31** durch einen nicht von der Temperatur abhängigen ohmschen Widerstand ersetzt wurde, der einen Widerstandswert hatte, den der temperaturabhängige ohmsche Widerstand **31** bei der zu simulierenden Temperatur haben würde, d. h.: $332\text{ k}\Omega$ bei -40 °C , $10\text{ k}\Omega$ bei 25 °C , und $1,5\text{ k}\Omega$ bei 74 °C .

[0039] **Fig. 6A, 6B, 6C** zeigen die Testergebnisse der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung unter Bedingungen, die $V_{eff} = 80\text{ V}$, $T_{amb} = 74^\circ\text{C}$; $V_{eff} = 117\text{ V}$, $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ bzw. $V_{eff} = 135\text{ V}$, $T_{amb} = -40^\circ\text{C}$ entsprechen. In diesen Figuren stellt Kurve **a** den der Speisequelle entzogenen Strom **iv** (mA) als Funktion der Zeit **t** (ms) während einer Periode der Speisespannung **Vv** (V) dar (Kurve **b**). Die Linie **c** ist der 150-mA-Pegel des Speisestroms, der während jedes Periode der Speisequelle entzogen werden muss, um den SSR zuverlässig einschalten zu lassen. In **Fig. 6A, 6B, und 6C** beträgt die Dauer des Intervalls Δt 5,2 ms, 3,3 ms bzw. 2 ms. Der Wert des verhältnismäßig starken Speisestroms, den die Schaltungsanordnung im Intervall Δt der Speisequelle entzieht, ist in jeder der stark unterschiedlichen untersuchten Umstände höher als die minimale Forderung von 150 mA, was ein zuverlässiges Einschalten der SSRs ermöglicht.

[0040] Die Halbleiterlichtquelle **LI** benötigt eine verhältnismäßig hohe Leistung, um bei hohen Temperaturen den gewünschten Lichtstrom zu liefern. Das Fehlersignal **Sf** hat unter diesen Umständen einen verhältnismäßig niedrigen Wert. Ein niedrigerer Wert des Fehlersignals **Sf** am Eingang **I2'** der Mittel **I'** führt zu einer höheren Spannung am Ausgang des Differenzverstärkers **11**. Daher hat die Spannung des Steuersignals **S** einen Wert, der höher ist als im Fall eines niedrigeren Wertes des Fehlersignals **Sf** sowohl in dem ersten Bereich als auch in dem zweiten Bereich. Bei der hier beschriebenen praktischen Realisierung steigt bei einer Abnahme des Fehlersignals **Sf** von 10 V auf 0 V der Wert des Steuersignals **S** in dem ersten Bereich von 4,7 V auf 6,2 V an. In dem zweiten Bereich steigt der Wert des Steuersignals **S** bei dieser gleichen Abnahme des Fehlersignals von 2,0 V auf 3,5 V an. Die Mittel **I'** ermöglichen, dass die Schaltungsanordnung die aufgenommene Leistung auch dann erhöht, wenn eine Zunahme des Intervalls Δt nicht mehr möglich ist.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung mit:

- Eingangsklemmen (**T1, T2**) zum Entnehmen eines Speisestroms (**iv**) aus einer Speisequelle (**Vin**),
- Mitteln **I** zum Generieren eines Steuersignals **S**,
- Mitteln **II**, mit einem Wandler versehen, der mit zumindest einem Schaltelement (**13**) ausgerüstet ist und mit Steuerungsmitteln (**17**), die das genannte Schaltelement mit hoher Frequenz in einer Weise triggern, die vom Wert des Steuersignals **S** abhängt,
- Mitteln **III** zum Erzeugen einer Spannung **Sc**, die ein Maß für einen Momentanwert einer von der Speisequelle (**Vin**) gelieferten Speisespannung (**Vv**) ist,
- mit den Mitteln **II** gekoppelten Ausgangsklemmen (**T3, T4**) zum Anschluss an eine Lichtquelle (**LI**),
dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung **Sc** als Bezugssignal wirkt, das bewirkt, dass die Mittel **I** ein Steuersignal **S** generieren, das abwechselnd in einem ersten Bereich und in einem zweiten Bereich liegt, wobei die Mittel **II** das Ziehen eines verhältnismäßig starken Speisestroms (**iv1**) bei einem Wert des Steuersignals **S** bewirken, der in dem ersten Bereich liegt und das Ziehen eines verhältnismäßig schwachen Speisestroms (**iv2**) bei einem Wert des Steuersignals **S**, der in dem zweiten Bereich liegt.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersignal **S** für einen verhältnismäßig hohen absoluten Momentanwert der Speisespannung (**Vv**) in dem ersten Bereich liegt und das Steuersignal für einen verhältnismäßig niedrigen absoluten Momentanwert der Speisespannung **S** in dem zweiten Bereich liegt.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel **I, II, und III** Teil eines Regelsystems zum Regeln eines von der Lichtquelle (**LI**) gelieferten Lichtstroms sind, welches Regelsystem zudem Mittel **IV** umfasst zum Generieren eines Fehlersignals **Sf** das ein Maß für die Differenz zwischen einer von der Lichtquelle (**LI**) aufgenommenen Leistung und einem Sollwert ist, während das von den Mitteln **I** generierte Steuersignal **S** auch teilweise vom Fehlersignal **Sf** abhängig ist.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel **IV** mit Mitteln **V** versehen sind zum Generieren eines Signals **Si** aus einem von der Lichtquelle (**LI**) aufgenommenen Strom, Mitteln **VI** zum Generieren eines Signals **St** aus einer Umgebungstemperatur in einer Umgebung der Lichtquelle und Mitteln **VII** zum Berechnen des Fehlersignals **Sf** aus dem Signal **Si** und dem Signal **St**.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel **I** mit Mitteln **I'** versehen sind, um bei einer Abnahme des Fehlersignals **Sf** eine Änderung des Steuersignals zu bewirken, wobei diese Änderung bewirkt, dass die Mittel **II** eine Zunahme des verhältnismäßig starken Speisestroms erzeugen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

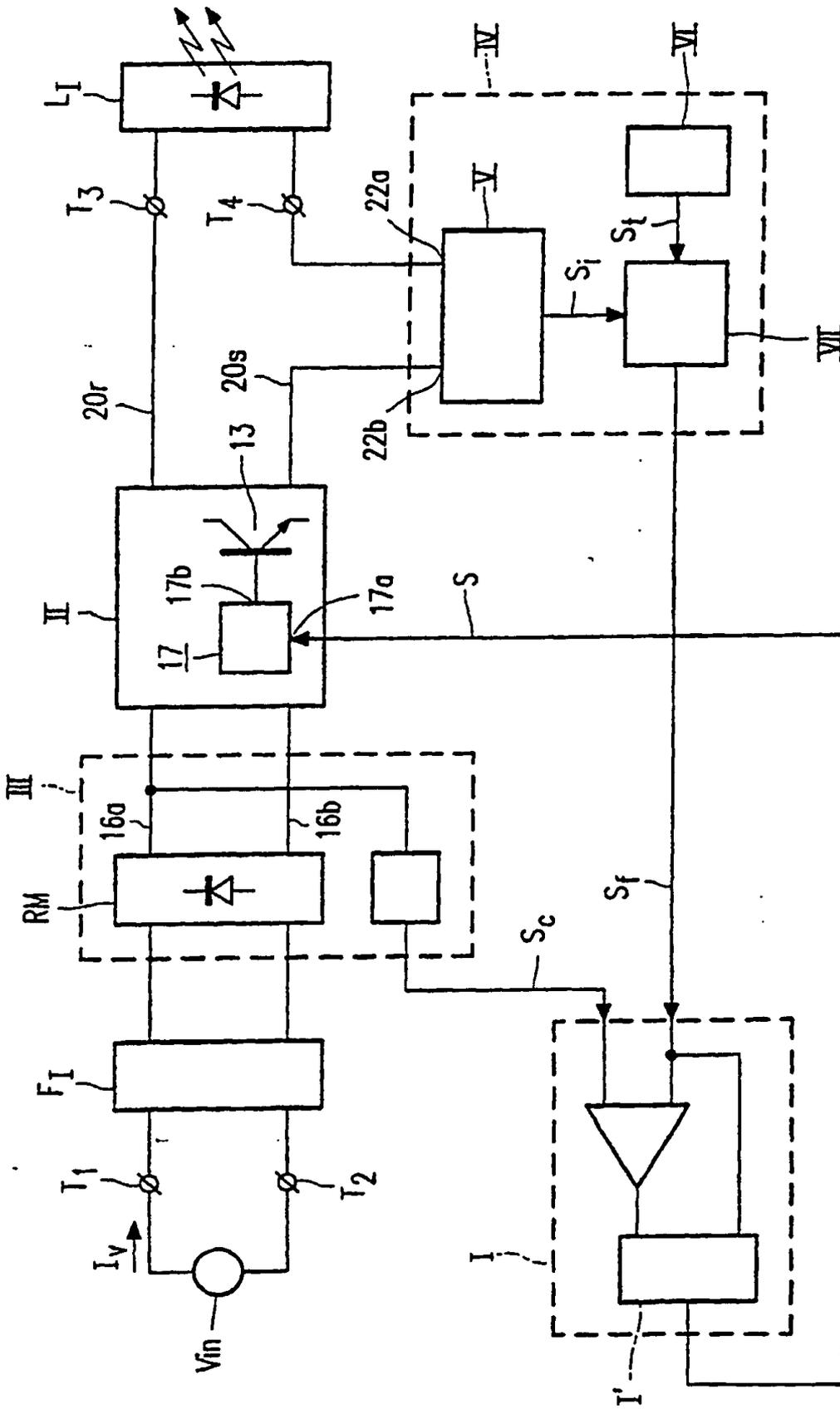


FIG. 1

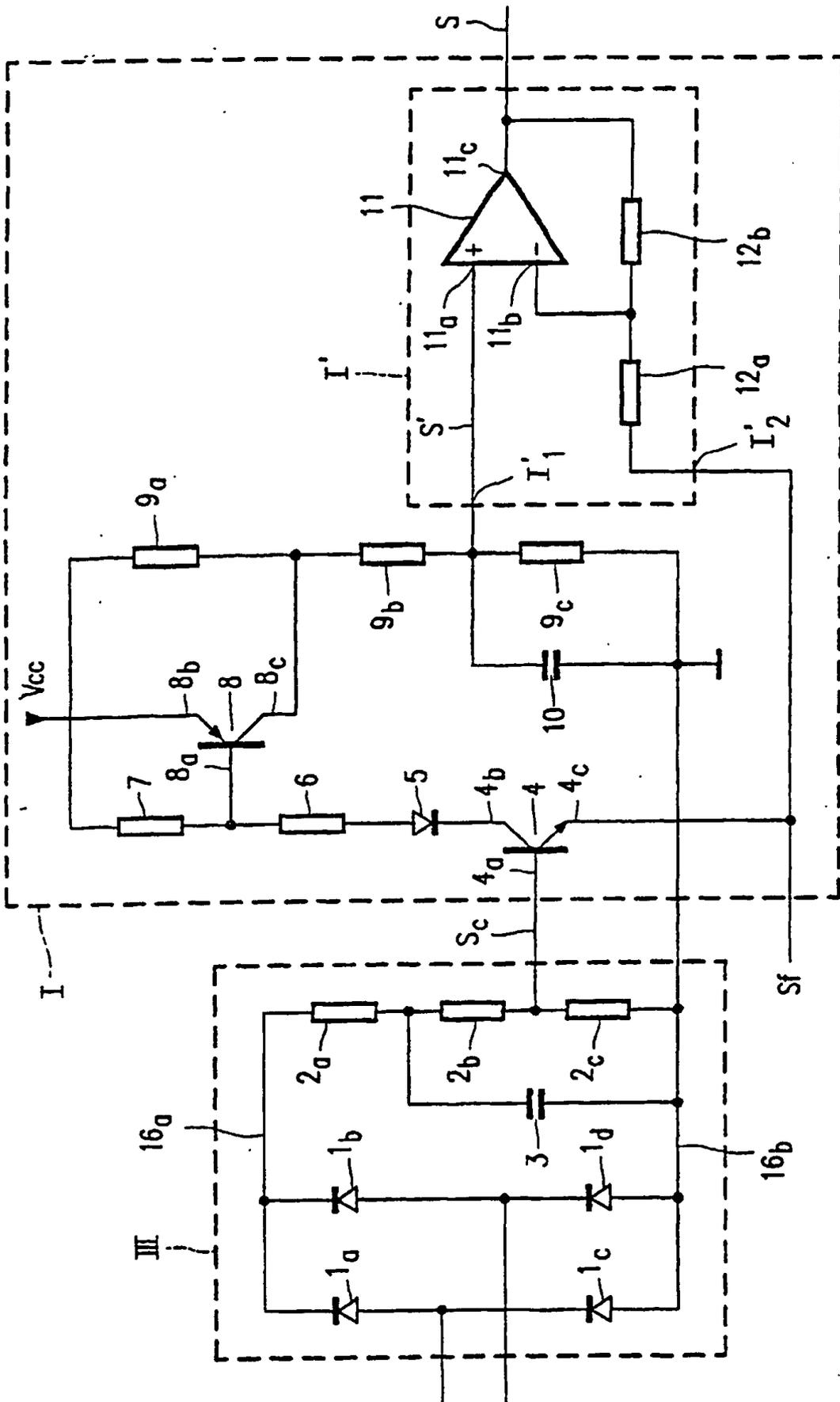


FIG. 2

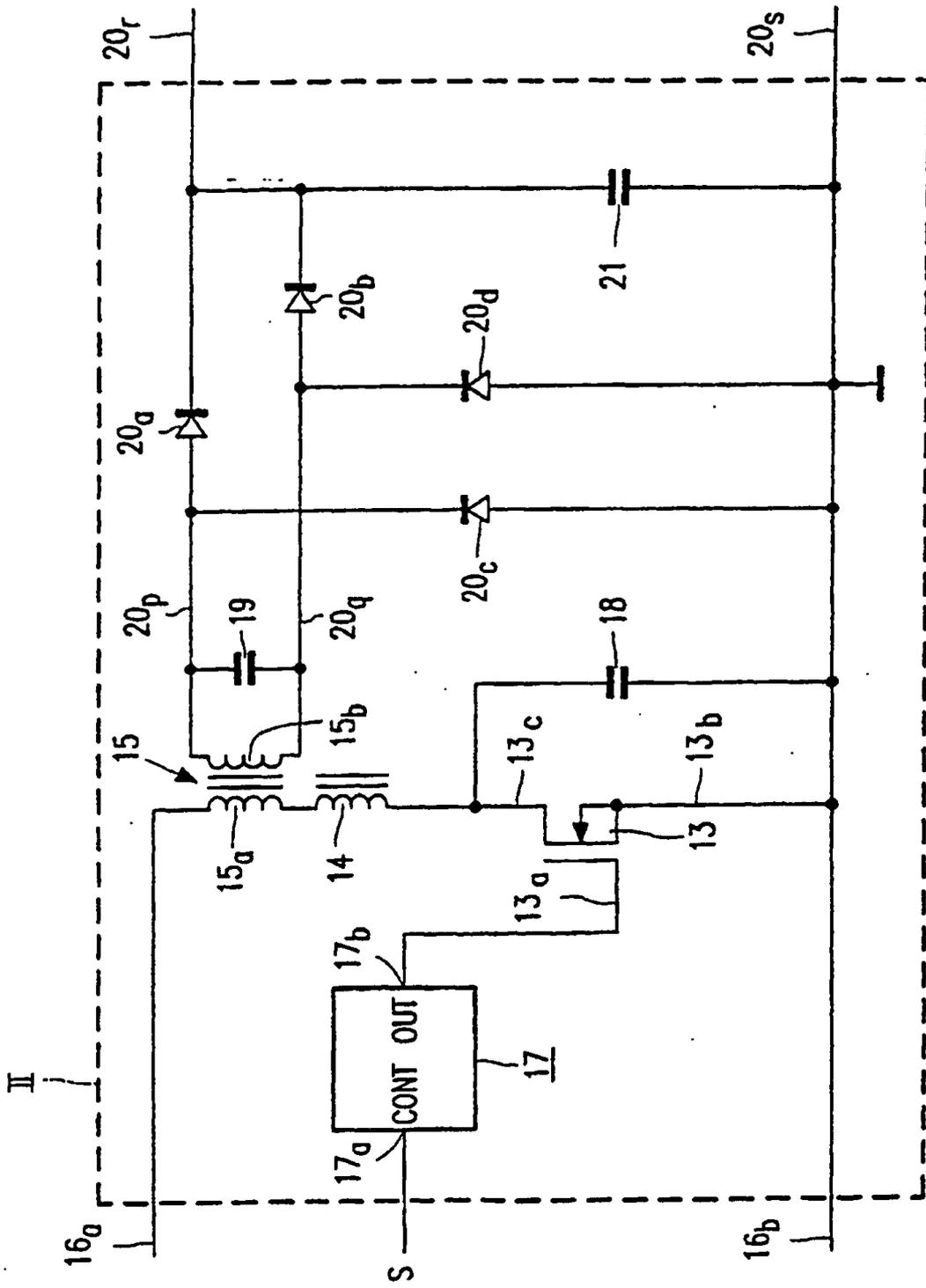


FIG. 3

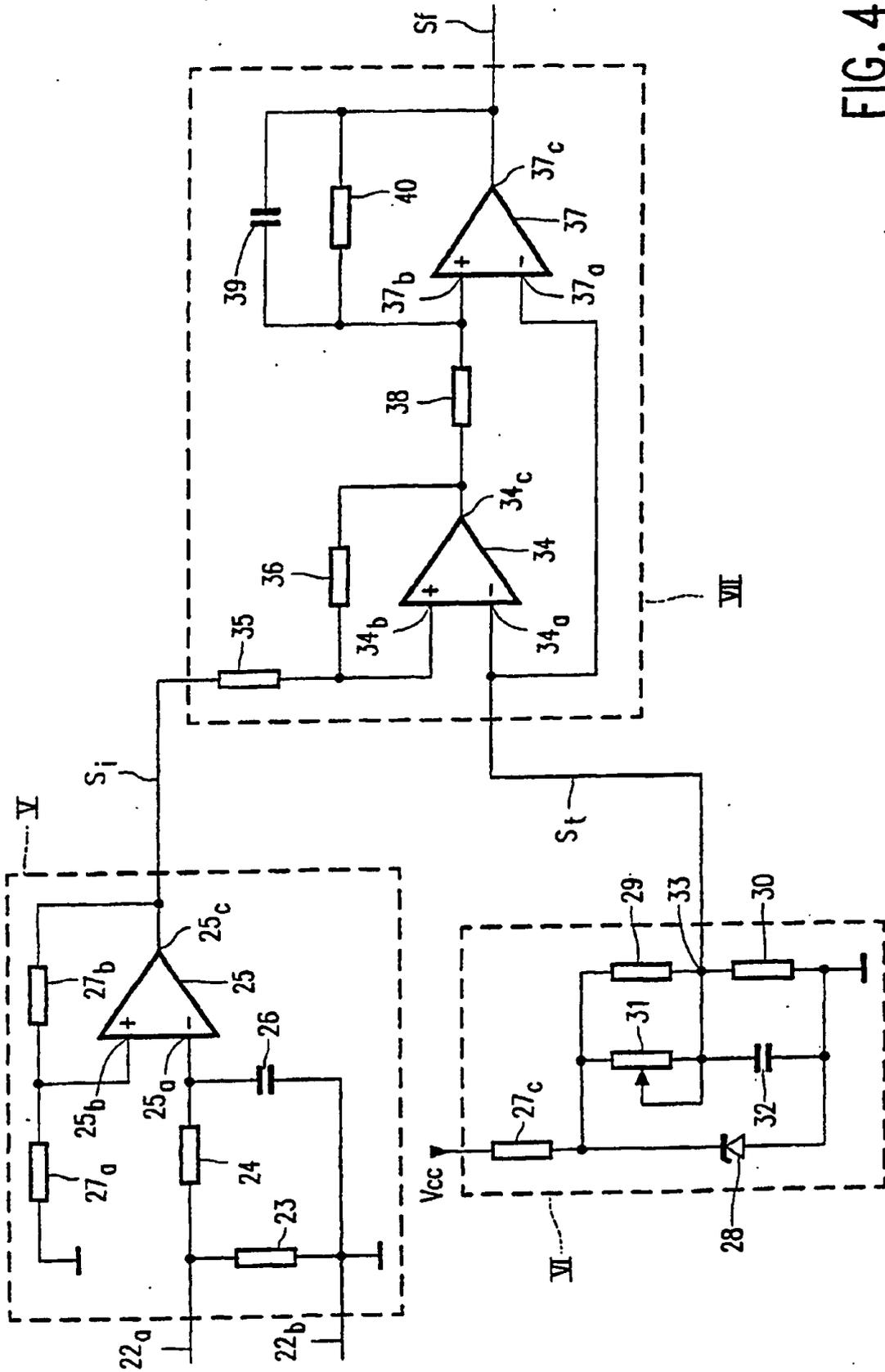


FIG. 4

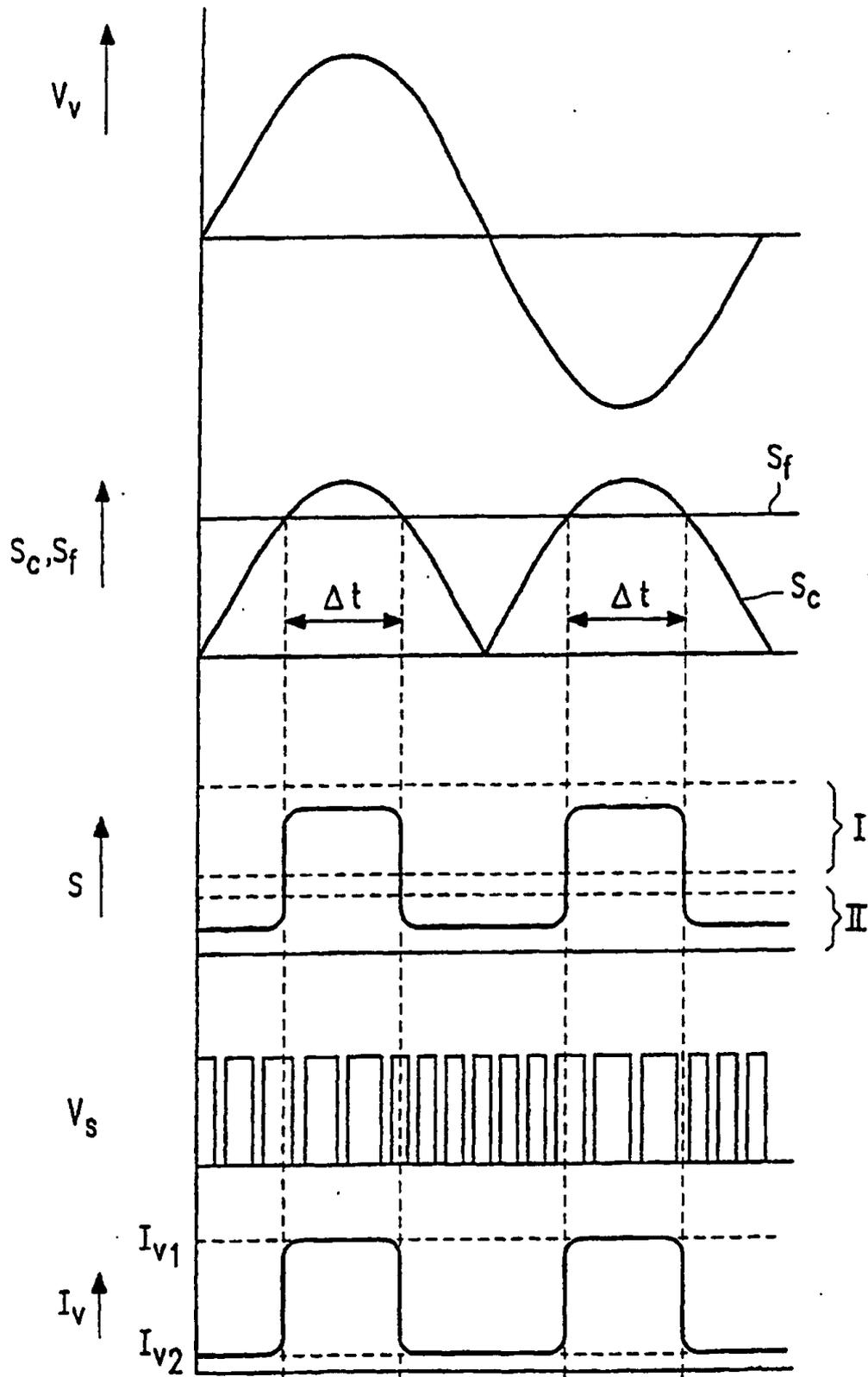


FIG. 5

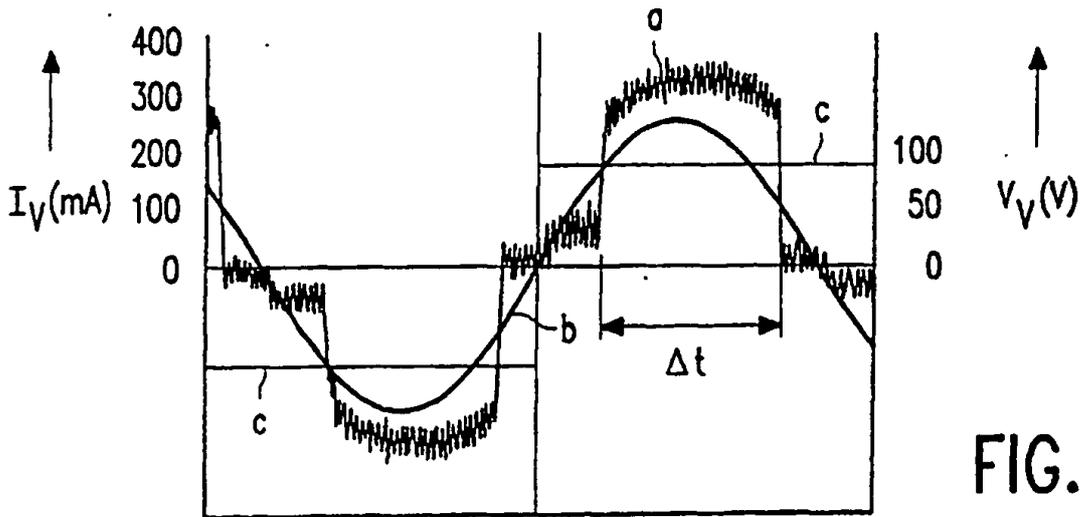


FIG. 6A

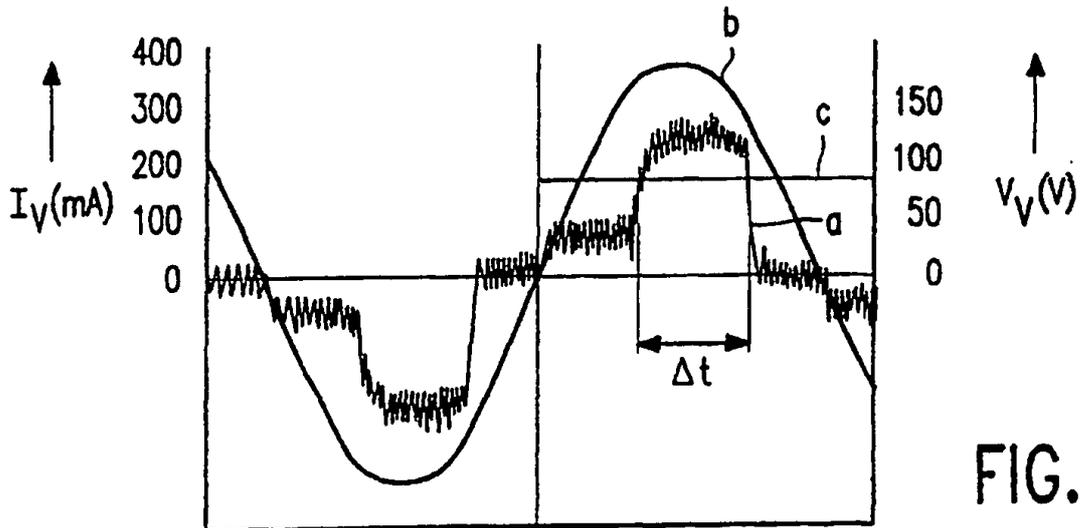


FIG. 6B

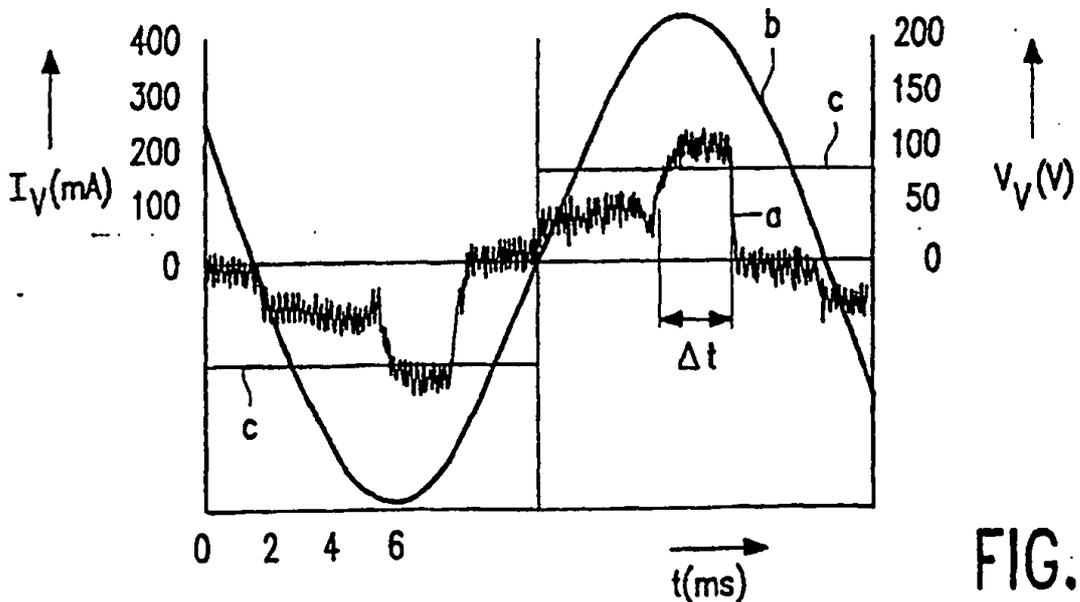


FIG. 6C