



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 38 29 971 C 2

51 Int. Cl.⁵:
H 03 K 17/56
H 02 J 4/00

21 Aktenzeichen: P 38 29 971.2-31
22 Anmeldetag: 3. 9. 88
43 Offenlegungstag: 15. 3. 90
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 14. 5. 92

DE 38 29 971 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
di-soric Industrie-electronic GmbH & Co, 7068
Urbach, DE
74 Vertreter:
Ninnemann, D., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 1000 Berlin

72 Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 25 00 413 C3
DE 35 11 207 A1
DE 34 41 403 A1

64 Elektronische Schalteinrichtung

DE 38 29 971 C 2

Die Erfindung betrifft eine elektronische Schalteinrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art.

Eine derartige elektronische Schalteinrichtung ist aus der DE 25 00 413 C3 bekannt, wobei eine Last über ein Gleichrichter-Brückenschaltung an eine Spannungsquelle angeschlossen ist. Die elektronische Schalteinrichtung weist einen an die Gleichspannungsanschlüsse des Gleichrichter-Brückenschaltung angeschlossenen elektronischen Schalter in Form eines Thyristors auf, dessen Steueranschluß mit einem Fühlerstromkreis verbunden ist. Zwischen der Gleichrichter-Brückenschaltung und dem Fühlerstromkreis ist eine Steuerschaltung angeordnet, die den Fühlerstromkreis nur während der ansteigenden Teile der von der Gleichrichter-Brückenschaltung gelieferten Halbwellenspannung mit Strom versorgt.

Der Fühlerstromkreis enthält ein magnetisch oder kapazitiv empfindliches Auslöseteil oder einen optischen Fühlerkreis, bei dessen Ansprechen während der Zeitspanne der Stromversorgung durch die Steuerschaltung der Thyristor durchgeschaltet wird, so daß dieser einen niederohmigen Verbraucherstromkreis für die Gleichrichter-Brückenschaltung bildet und die Last zum Ansprechen bringt. Im durchgeschalteten Zustand des Thyristors treten Spannungsabfälle an der Gleichrichter-Brückenschaltung und aufgrund der Vorwärtsspannung des Thyristors auf. Die bekannte elektronische Schalteinrichtung ermöglicht wegen des Einsatzes eines Thyristors als elektronischen Leistungsschalter keine kontinuierliche Regelung des Laststromes, da nur der Einschaltzeitpunkt des Thyristors durch die Steuerschaltung und die Fühlerschaltung bestimmt werden kann.

Aus der DE 34 41 403 A1 ist eine elektronische Schalteinrichtung zum Schalten ohmscher und induktiver elektrischer Verbraucher in Gleich- und Wechselstromkreisen bekannt, die einen Geber in Form eines Näherungsschalters, eine Spannungsversorgungsschaltung und eine Kurzschluß- und Überlastsicherung enthält. Als elektronischer Leistungsschalter dient ein Shunt-Regler mit einem Leistungs-Feldeffekttransistor als Stellglied, der an die Gleichspannungsklemmen einer Gleichrichter-Brückenschaltung angeschlossen ist. Ein elektronischer Schalter im Steuerkreis des Leistungs-Feldeffekttransistors bestimmt den Ein- und Ausschaltzustand des Lastschalters und wird über ein Verknüpfungsglied einerseits von einer Steuerelektronik mit vorgeschaltetem Näherungsschalter und andererseits von einem monostabilen Multivibrator taktweise angesteuert. Ein Überstrom- und Temperaturschutz steuert den Schalter so an, daß der Leistungs-Feldeffekttransistor vor Überlastzuständen geschützt wird.

Zur Spannungsversorgung der Steuerelektronik und des Näherungsschalters ist ein Längsregler mit einem Längstransistor und einer Referenzspannungsquelle zur Stabilisierung dieser Spannung vorgesehen. Hierfür ist zur Anzeige des Betriebszustands der elektronischen Schalteinrichtung eine Leuchtdiode vorgesehen, die ein optisches Signal in Abhängigkeit von den verschiedenen Überlastzuständen abgibt.

Bei dieser elektronischen Schalteinrichtung mit einem Leistungs-Feldeffekttransistor als elektronischem Schalter ist zwar eine kontinuierliche Regelung des Laststromes möglich, jedoch ist zur Erzielung eines gegebenenfalls sehr geringem minimal möglichen Laststromes der Einsatz eines teureren Feldeffekttransistors

und einer aufwendigen Steuerschaltung erforderlich. Die Ruhestromaufnahme ist wegen der im Ausschaltzustand nach Massepotential abfließenden Ströme verhältnismäßig hoch, so daß der Wirkungsgrad der bekannten elektronischen Schalteinrichtung erheblich herabgesetzt wird.

Aus der DE 35 11 207 A1 ist ein Näherungsschalter mit einer elektronischen Lastschalteinrichtung bekannt, der ein Sensorteil für einen sich annähernden Auslöser mit einer Auswerte- und Anstauerelektronik für einen Thyristor enthält, dessen Laststrecke an die Gleichspannungsklemmen einer Gleichrichterbrücke angeschlossen ist, in deren Wechselstromzweig eine zu schaltende Last liegt. Zur Erzielung eines großen Laststrombereiches und einer hohen Störsicherheit ist parallel zur Laststrecke des Thyristors die Laststrecke eines Transistors angeordnet, die dann wirksam wird, wenn bei niedrigen Lastströmen der Haltestrom des Thyristors überschritten wird und demzufolge der Thyristor nicht einschaltet. Bei Lastströmen oberhalb des Haltestroms des Thyristors wird der Thyristor mittels des parallel geschalteten Transistors eingeschaltet.

Diese elektronische Lastschalteinrichtung benötigt somit zum Schalten eines großen Laststrombereiches die Parallelschaltung eines Thyristors mit einem Transistor, was zum einen die Lastschalteinrichtung verteuert und zum anderen einen großen Platzbedarf beinhaltet. Zusätzlich tritt ein hoher Ruhestrom bei ausgeschaltetem Transistor und Thyristor wegen der ungehindert nach Masse abfließenden Ströme auf, wodurch der Wirkungsgrad der Schalteinrichtung herabgesetzt wird.

Aus der DE-OS 35 36 925 ist eine in Fig. 1 wiedergegebene elektronische Schalteinrichtung bekannt, die dazu dient, unterschiedliche Lasten wie Relais, Schütze, Magnetventile, Widerstände u. dgl. an unterschiedliche Spannungen zu schalten, wobei die Spannungshöhe zwischen einigen 10 Volt bis über 300 Volt betragen kann und die Spannungsart aus einer Gleich- oder Wechselspannung bzw. einer pulsierenden Gleichspannung mit einer Frequenz von $16 \frac{2}{3}$ bis 400 Hertz bestehen kann. Zur Erfüllung dieser Aufgabe wurden bislang mechanische Schaltkontakte eingesetzt, die die sehr unterschiedlichen Spannungen, Ströme und Frequenzen schalten können, robust und in einigen bestimmten Punkten störungsunempfindlich sind und deren Restspannung im geschlossenen Zustand praktisch Null ist und die keine Energieversorgung aus dem Lastkreis benötigen. Die bekannten mechanischen Schalter eignen sich jedoch nicht für einen Einsatz in Verbindung mit kraftloser Betätigung und/oder Auslösung durch verschiedene Sensor-Effekte. Und neben den hinlänglich bekannten Nachteilen muß man Baugrößen, Kosten und den Aufwand und die Wartung bei den verschiedenen Betätigungsmitteln beachten.

Als elektronische Schalter werden im wesentlichen elektronische Lastrelais mit einem nur mit Wechselstrom betreibbaren Triac eingesetzt, das über eine Anstauerschaltung von einem Optokoppler galvanisch getrennt angesteuert wird. Darüberhinaus sind Wechselstrom- und Allstrom-Schaltgeräte bekannt, die einen Sensor und eine Auswertelektronik aufweisen und wobei letztgenannte verhältnismäßig aufwendig und teuer sind. Diese Wechselstrom- und Allstrom-Schaltgeräte können mechanische Schalter durch bloßen Austausch ersetzen, da sie nur 2 Anschlüsse haben.

Bei der in Fig. 1 wiedergegebenen Schaltung wird die Last R_L über einen Schaltkontakt 2' an eine Netzspannung U_N geschaltet. Die Lastspannung U_L ergibt sich

dabei als Differenz aus der Netzspannung U_N und der am Schalter im geschlossenen Zustand des Schalters abfallenden Restspannung U_R .

Bei dem Ersatz des mechanischen Schaltkontaktes 2' durch einen elektronischen Schalter wird die an die Klemmen A, B anschließbare elektronische Schalteinrichtung eingesetzt. Sie besteht aus einer Gleichrichter-Brückenschaltung 1, deren Wechselspannungsanschlüsse mit den Anschlußklemmen A, B verbunden werden und deren Gleichspannungsanschlüsse parallel zur Reihenschaltung eines als mechanischer Schalter wiedergegebenen elektronischen Schalters 2 mit einer Zenerdiode 20 geschaltet sind. Der elektronische Schalter 2 wird von einer Ansteuerschaltung 4 angesteuert, die ein-

gangsseitig mit einem Spannungsregler bzw. einer Hilfsspannungsquelle 5 und einer Auslöseschaltung 3 verbunden ist und an die eine Leuchtdiode 6 angeschlossen ist, die im geschlossenen Zustand des elektronischen Schalters 2 aufleuchtet.

Im geschlossenen Zustand des elektronischen Schalters 2 setzt sich die Spannung U_R aus der Summe der Zenerspannung U_{20} und den Durchlaßspannungsabfällen von zwei der Dioden der Gleichrichter-Brückenschaltung 1 zusammen. (Spannungsabfall an 2 zu Null angenommen) Dadurch ist die Spannung U_R immer um 2 Dioden-Durchlaßspannungen größer als die Spannung U_5 beim elektronischen Schalter 2, auch wenn dieser geschlossen ist. Die Zenerspannung U_{20} ist erforderlich, damit im geschlossenen bzw. durchgeschalteten Zustand des elektronischen Schalters 2 die Spannung U_5 nicht Null wird, da sonst die Eingangsspannung an der Auslöseschaltung 3 zu Null werden würde und somit der elektronische Schalter 2 nicht mehr angesteuert werden könnte. Darüberhinaus würde die Leuchtdiode 6 keinen Strom mehr führen und damit auch nicht mehr aufleuchten können.

Da die Stromversorgung für die Auslöse- und Ansteuerschaltung ständig aufrecht erhalten werden muß, also auch wenn der elektronische Schalter 2 geöffnet ist, fließt ständig ein Strom I_3 , der zwangsläufig auch über die Last R_L fließen muß und dort einen von der Größe der Last R_L abhängigen Spannungsabfall erzeugt. Dieser sogenannte Ruhestrom I_3 soll zur Verringerung der Verluste der Schaltung möglichst gering sein. Da sich der Laststrom I_L aus der Summe des über den elektronischen Schalter 2 fließenden Stromes I_4 und des über den Spannungsregler fließenden Stromes I_3 zusammensetzt, können Lasten unterhalb einer bestimmten Leistungsaufnahme nicht von einer derartigen elektronischen Schalteinrichtung betätigt werden, da sie alleine von dem in den Spannungsregler fließenden Strom I_3 eingeschaltet werden könnten.

Andererseits könnten die auftretenden Restspannungen dazu führen, daß bei einer kleinen Netzspannung nicht mehr genügend Spannung für den Betrieb der Last R_L verbleibt.

Für den Betrieb der Auslöseschaltung 3 ist eine möglichst konstante Gleichspannung mit geringem Wechselspannungsanteil erwünscht. Da aufgrund des weiten Spannungsbereichs die Spannung U_5 eine Gleichspannung zwischen 10 Volt und 370 Volt oder eine pulsierende Gleichspannung mit einer Amplitude zwischen 25 Volt und 380 Volt und einer Frequenz zwischen 30 Hz und 800 Hz sein kann, werden hohe Anforderungen an den Spannungsregler 5 gestellt. Darüberhinaus muß damit gerechnet werden, daß bei einer geringen Amplitude einer pulsierenden Gleichspannung der Anteil der Spannungszeitfläche, der unterhalb der Spannung U_3

bzw. U_4 liegt, stark ansteigt. Ein weiteres Problem besteht darin, daß die Reihenschaltung der Last R_L und der elektronischen Schalteinrichtung über einen verschmutzten und stark prellenden mechanischen Kontakt ggf. an die Netzspannung gelegt werden muß, ohne daß der Strom I_3 bzw. I_4 zu irgendeinem Zeitpunkt einen unzulässig hohen Wert einnimmt.

Wenn die Auslöseschaltung 3 nicht aktiviert ist, sollte der Strom I_4 stets Null bleiben und I_3 sollte nie höhere Werte annehmen als den Normalwert nach der Bereitschaftsverzögerung und auch während der Bereitschaftsverzögerung, d. h. während des Aufbaus der internen Betriebsspannung U_3 bzw. U_4 .

Leitet man die Spannung U_3 bzw. U_4 von der Spannung U_{20} ab, so muß der elektronische Schalter 2 durch einen Widerstand überbrückt werden, der bei der kleinsten vorkommenden Spannung U_5 noch ausreichend Strom führen muß. Dies hat den Nachteil, daß bei dem höchsten vorkommenden Wert für die Spannung U_5 ein hoher Ruhestrom über die Auslöseschaltung nach Masse abgeführt wird, so daß die Schaltungsverluste und der Spannungsabfall an R_L erheblich ansteigen.

Als elektronische Schalter kommen neben den vorstehend genannten Halbleiterschaltelementen Thyristoren und Transistoren infrage, wie sie beispielsweise bei der Schalteinrichtung gemäß der DE-PS 25 45 919 sowie der DE-OS 35 36 925 eingesetzt werden.

Beim Einsatz eines Thyristors wird dieser über sein Gate oder über seine Kathode bei Anliegen einer festen Spannung am Gate gezündet. Bei Einsatz eines Thyristors sind insgesamt drei laststromführende Halbleiter-Leistungsbaulemente, nämlich die Gleichrichter-Brückenschaltung, der Thyristor und die Zenerdiode erforderlich, wodurch wegen der erforderlichen Baugröße der Halbleiter-Leistungsbaulemente eine entsprechende Halbleiter-Schalteinrichtung ein erhebliches Volumen einnimmt.

Da man auf die Gleichrichter-Brückenschaltung nicht verzichten kann, da ohne sie an anderer Stelle ein nicht vertretbar hoher Aufwand getrieben werden müßte, ist es erstrebenswert, die Zenerdiode zu ersetzen. Dies ist bei Einsatz eines Thyristors nur dadurch möglich, daß dieser verzögert gezündet wird. Ein Thyristor sperrt nur dann, wenn sein Haltestrom unterschritten wird, was üblicherweise am Ende jeder Halbwelle eines Laststromes der Fall ist. Erst nachdem die wiederansteigende Spannung am Thyristor den in der Ansteuerschaltung enthaltenen Ladekondensator auf einen bestimmten Wert aufgeladen hat, kann der Thyristor gezündet werden. Zu diesem Zeitpunkt weist die Spannung U_4 einen beträchtlichen sägezahnförmigen Wechselspannungsanteil auf, der mit einem zusätzlichen, einen Spannungsabfall verursachenden Regler eliminiert werden muß. Schaltungsaufwand und andere Nachteile kommen noch hinzu.

Ein weiterer Nachteil von Thyristoren besteht darin, daß sie ungewollt durch bloßes Anlegen einer Spannung an ihrer Anoden-Kathoden-Strecke zünden, wenn die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit einen bestimmten Wert übersteigt. Da unkontrollierte Spannungsspitzen in der Praxis sehr häufig vorkommen, ist eine entsprechende Begrenzung der Spannungsanstiegsgeschwindigkeit sowie ein zusätzlicher schneller Überspannungsschutz erforderlich. Wegen der damit verbundenen Baugröße des erforderlichen Kondensators zur Begrenzung der Spannungsanstiegsgeschwindigkeit würde eine Halbleiter-Schalteinrichtung ebenfalls ein erhebliches Volumen einnehmen.

Desgleichen ist das Abschalten eines Thyristors vor dem Nulldurchgang nur mit einem hohen Aufwand durch Anlegen einer Gegenspannung oder durch Stromableitung möglich.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine elektronische Schalteinrichtung zu schaffen, die unter Verwendung einfacher und billiger Standardbauteile eine sehr geringe Ruhestromaufnahme im Ausschaltzustand und die Führung eines minimal möglichen Laststromes im Einschaltzustand sicherstellt.

Diese Aufgabe wird durch das kennzeichnende Merkmal des Anspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht den Einsatz standardisierter Bauelemente, wozu auch der Einsatz eines einfachen Leistungstransistors als elektronischer Schalter gehört, wodurch die Herstellung einer billigen elektronischen Schalteinrichtung ermöglicht wird. Schaltungstechnisch zeichnet sich die beanspruchte Lösung dadurch aus, daß im Ausschaltzustand des elektronischen Schalters eine minimale Ruhestromaufnahme und bei einem sehr geringen Laststrom eine einwandfreie Funktion der elektronischen Schalteinrichtung gewährleistet sind, ohne daß hierfür zusätzliche Bauelemente zur Führung eines minimalen Laststromes erforderlich sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild einer bekannten elektronischen Schalteinrichtung;

Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild der erfindungsgemäßen elektronischen Schalteinrichtung;

Fig. 3 ein detailliertes Schaltbild der elektronischen Schalteinrichtung gemäß **Fig. 2** mit Erweiterungen (Nullsp.-Sch. und K-Schutz) und

Fig. 4 ein detailliertes Schaltbild der elektronischen Schalteinrichtung gemäß **Fig. 2** mit Erweiterungen (Nullsp.-Sch. und K-Schutz) mit detaillierter Darstellung des Stellgliedes.

Das in **Fig. 2** dargestellte Blockschaltbild zeigt die Reihenschaltung einer Gleichspannungs-, Wechselspannungs- oder pulsierenden Gleichspannungsquelle U , einer Last R_L und der Wechselspannungsanschlüsse einer Gleichrichter-Brückenschaltung 1, an denen die Spannung U_R anliegt.

Während der negative Gleichspannungsanschluß den Masseanschluß der elektronischen Schalteinrichtung bildet, ist der positive Gleichspannungsanschluß der Gleichrichter-Brückenschaltung 1 sowohl mit dem Kollektor eines Leistungstransistors 2 als auch mit einem Stellglied 7 verbunden. Der Emitter des Leistungstransistors 2 ist an Massepotential angeschlossen, während die Basis des Leistungstransistors 2 mit dem Ausgang einer nachstehend beschriebenen Ansteuerschaltung verbunden ist.

Als Leistungstransistor 2 kann grundsätzlich ein Feldeffekt-Leistungs-Transistor, ein bipolarer Transistor, ein Darlington-Transistor oder eine Darlington-Schaltung mit zwei oder mehr bipolaren Transistoren eingesetzt werden. Von diesen vorstehend genannten Transistoren eignet sich ein NPN-Darlington-Transistor hinsichtlich seiner Baugröße, seines Preises, seines Steuerstromes und seiner Steuerspannung in besonderem Maße für den Einsatz in der elektronischen Schalteinrichtung gemäß **Fig. 2**.

Der wesentliche Vorteil eines Transistors besteht darin, daß er bei entsprechender Ansteuerung die an einen elektronischen Schalter und an die Zenerdiode gemäß **Fig. 1** gestellten Aufgaben erfüllt, da er sich kontinuierlich steuern läßt. Im ausgeschalteten Zustand verhält er sich wie ein geöffneter Schalter 2 und im eingeschalteten Zustand, bei entsprechender Ansteuerung, wie eine Zenerdiode 20 gemäß **Fig. 1**.

Darüberhinaus ist ein Transistor mit hierfür erforderlicher geringer Baugröße trotzdem z. B. hoch belastbar, nämlich mit Dauerströmen bis zu 3 A bei einer Umgebungstemperatur von $T=70^\circ\text{C}$ bei entsprechenden Kühlmaßnahmen. Darüberhinaus weist ein Transistor praktisch keine Empfindlichkeit gegenüber hohe Spannungsanstiegsgeschwindigkeiten auf und sollte er dennoch ungewollt über seine Kollektor-Basis-Kapazität einschalten, so sperrt er bereits nach wenigen Mikrosekunden wieder selbsttätig.

Das Stellglied 7 gemäß **Fig. 2** ist mit einem Regler 8 verbunden, dessen Ausgänge U_2 , U_3 , U_4 mit dem Stellglied 7, der Ansteuerschaltung für den Leistungstransistor 2 bzw. der Auslöseschaltung 3 in Form einer Sensorelektronik verbunden sind. Eine weitere Verbindung ist zwischen dem Regler 8 und Massepotential vorgesehen.

Ein Eingang des Stellgliedes 7 ist mit einem Schaltglied 40 verbunden, das von dem Basispotential des Leistungstransistors 2 angesteuert wird. Die Ausgangsklemme U_3 des Reglers 8 ist mit dem Emitter eines Steuertransistors 9 verbunden, dessen Kollektor an die Basis des Leistungstransistors 2 angeschlossen ist. Die Basis des Steuertransistors 9 ist an die Kathode einer Zenerdiode 10 angeschlossen, deren Anode mit der Auslöseschaltung 3 verbunden ist.

Der Regler 8 enthält ein Vergleichsglied 81, eine erste Diode 82 sowie eine Diode 83 und einen mit Massepotential verbundenen ersten Kondensator 84.

Das Stellglied 7 besteht aus einer transistorgesteuerten Widerstandsschaltung, deren Funktion durch die Parallelschaltung eines veränderbaren Widerstandes R und eines Schalters K 1 wiedergegeben ist.

Wie dem detaillierten Schaltbild gemäß **Fig. 3** zu entnehmen ist, bei dem gleiche Bezugsziffern gleiche Teile bezeichnen, so daß nachstehend auf die bereits beschriebenen Teile Bezug genommen wird, weist der Regler 8 einen ersten Transistor 85 auf, dessen Kollektor mit einem Strom I 1 beaufschlagt ist, der zur Veränderung der Größe des Widerstandes des Stellgliedes 7 dient.

Die Basis des ersten Transistors 85 ist mit einer konstanten Spannung U 1 beaufschlagt, die mittels einer Zenerdiode 88 erzeugt wird, deren Kathode mit der Basis des ersten Transistors 85 und deren Anode mit Massepotential verbunden ist. Parallel zur Zenerdiode 88 ist ein erster Kondensator 89 geschaltet und eine Verbindung zwischen der Basis des ersten Transistors 85 mit einem Eingang des Stellgliedes 7 über einen ersten Widerstand 87 vorgesehen. An diesem Eingang des Stellgliedes 7 steht eine Spannung U 2 an, die gleichzeitig an der Anode der Diode 82 anliegt, deren Kathode sowohl mit dem Emitter eines zweiten Transistors 86 als auch mit dem Emitter des Steuertransistors 9 verbunden ist. An der Kathode der Diode 82 steht eine Spannung U 3 an.

Am Emitter des ersten Transistor 85 steht eine von der Eingangsspannung U 5 der elektronischen Schalteinrichtung unabhängige Spannung U 4 = U_b für die Auslöseschaltung 3 an und liegt gleichzeitig an der Basis des zweiten Transistors 86 an, dessen Kollektor in die-

sem Ausführungsbeispiel mit dem Takteingang eines D-Flipflops 16 verbunden ist. Zwischen dem Emitter des ersten Transistors 85 bzw. der Basis des zweiten Transistors 86 und Massepotential ist der Kondensator 84 geschaltet.

Der positive Spannungsanschluß des D-Flipflops 16 ist mit der Spannung U_4 beaufschlagt und sein Ausgang Q mit der Anode der Zenerdiode 10 verbunden. Der D-Eingang des D-Flipflops ist mit der Klemme E der Auslöseschaltung 3 verbunden, während der K-Eingang des D-Flipflops 16 an die Verbindung des Emitters des Leistungstransistors 2 mit einem Widerstand 15 angeschlossen ist, der mit seinem anderen Anschluß mit Massepotential verbunden ist.

Ein Eingang des Stellgliedes 7 ist über ein Steuerglied 12 mit der Basis des Leistungstransistors 2 verbunden, dessen Basis-Emitter-Strecke durch einen Widerstand 14 überbrückt ist. In die Verbindung des Kollektors des Steuertransistors 9 mit der Basis des Leistungstransistors 2 ist eine Leuchtdiode 13 geschaltet. Gleichzeitig ist ein Steueranschluß des Steuerelements 12 an die Verbindung des Kollektors des Steuertransistors 9 mit der Anode der Leuchtdiode 13 verbunden.

In der detaillierten Darstellung gemäß Fig. 3 sind zusätzlich zu dem schematischen Blockschaltbild gemäß Fig. 2 das D-Flipflop 16 und der Widerstand 15 vorgesehen, die jedoch nicht notwendiger Bestandteil der erfindungsgemäßen elektronischen Schalteinrichtung sind.

Nachstehend soll die Funktionsweise der elektronischen Schalteinrichtung gemäß den Fig. 2 und 3 näher erläutert werden.

Der von der Gleichrichter-Brückenschaltung 1 abgegebene Gleichstrom I_5 teilt sich in einen Strom I_4 , der über die Laststrecke des Leistungstransistors 2 fließt, und einen in die Ansteuer- und Regelschaltung für den Leistungstransistor 2 und die Auslöseschaltung 3 fließenden Strom I_3 auf. Die Spannung an den Gleichspannungsanschlüssen der Gleichrichter-Brückenschaltung 1 beträgt U_5 .

Die Spannung U_4 dient als Betriebsspannung U_b der Auslöseschaltung bzw. Sensorelektronik 3 und versorgt darüberhinaus in der Ausführung gemäß Fig. 3 das D-Flipflop 16. Für die sichere Funktion der Auslöseschaltung 3 sowie des für spezielle Aufgaben eingesetzten D-Flipflops ist es erforderlich, diese Spannung U_4 unabhängig von der an den Gleichspannungsanschlüssen der Gleichrichter-Brückenschaltung 1 anliegenden Spannung U_5 konstant zu halten. Dies wird durch das transistorisierte, hochspannungsfeste Stellglied 7 erreicht, das in Abhängigkeit von dem Strom I_1 einen jeweils gewünschten Wert des Stromes I_3 einstellt, der zur Ansteuer- und Regelelektronik fließt.

Zur Steuerung des Stromes I_1 dient das Vergleichsglied 81 gemäß Fig. 2 bzw. der erste Transistor 85 gemäß Fig. 3 die somit das Stellglied 7 ansteuern. An der Basis des ersten Transistors 85 bzw. an einem Anschluß des Vergleichsgliedes 81 liegt eine konstante Spannung U_1 an, während der andere Eingang des Vergleichsgliedes 81 bzw. der Emitter des ersten Transistors 85 von der Spannung U_4 angesteuert wird.

In dem Vergleichsglied 81 bzw. über die Basis-Emitter-Strecke des ersten Transistors 85 wird ein Soll-Istwert-Vergleich zwischen den Spannungen U_1 und U_4 vorgenommen. Sinkt die Spannung U_4 , so wird der erste Transistor 85 gemäß Fig. 3 stärker angesteuert, so daß der Strom I_1 ansteigt, was wiederum eine Verringerung des Widerstandswertes R im Stellglied 7 zur Folge hat und somit eine Erhöhung des Stromes I_3

bewirkt, der über das Stellglied 7, die Diode 82 und die Emitter-Basis-Strecke des zweiten Transistors 86 zum Emitter des ersten Transistors 85 fließt. Dadurch wird eine Erhöhung der Spannung U_4 bewirkt, was den Regelvorgang erneut startet.

Da es sich um eine kontinuierliche Regelung ohne Hysterese handelt, liegen keine Spannungssprünge der Spannung U_4 vor.

Bedingt durch die endliche Regelverstärkung ist eine sehr geringe Abhängigkeit der Spannung U_4 von der Eingangsspannung U_5 vorhanden, so daß die ggf. pulsierende Gleichspannung U_5 nur geringfügig auf die Spannung U_4 durchwirkt.

Um am Ende jeder Halbwelle einer pulsierenden Gleichspannung U_5 , die dann kleiner als die Spannung U_4 wird, die Spannungen U_4 sowie U_1 aufrecht zu erhalten, sind die beiden Kondensatoren 84 und 89 vorgesehen, die zu Glättung bei einer Wechselspannung und damit zum Aufrechterhalten der Spannungen U_1 und U_4 bei geringer Eingangsspannung U_5 dienen.

Die Parallelschaltung der Reihenschaltung des Widerstandes 87 mit dem ersten Transistor 85 und der Diode 82 mit dem zweiten Transistor 86 bewirkt eine konstante, von der Spannung U_4 unabhängige Spannung am Widerstand 87 in Höhe einer Schwellenspannung, wobei ohne Anordnung der Diode 82 an diesem Widerstand 87 eine Spannung von etwa 0 Volt anliegen würde. Dadurch wird ein geringer, konstanter Strom durch den Widerstand 87 sichergestellt, der zum Teil über die Zenerdiode 88 nach Masse abfließt, d. h. zum Teil als Verluststrom anzusehen ist.

Mit der Schaltungsanordnung gemäß den Fig. 2 und 3 wird somit vermieden, daß der Widerstand 87 an die unter Umständen stark schwankende Eingangsspannung U_5 angeschaltet wird und es wird erreicht, daß der Strom I_1 die Aufrechterhaltung der notwendigerweise konstanten Spannung U_4 unterstützt.

Das Einschalten des Leistungstransistors 2 erfolgt durch Ansteuern des Steuertransistors 9 über die Zenerdiode 10, indem der Kontakt K 2 des D-Flipflops 16 geschlossen wird. Dies erfolgt durch Ansteuern der Auslöseschaltung bzw. Sensorelektronik 3, was symbolisch durch Schließen des Kontaktes K 3 in der Auslöseschaltung 3 dargestellt ist.

Mit dem Einschalten des Leistungstransistors wird der Regler 8 abgeschaltet, da die Spannungen U_2 , U_3 und damit auch U_4 geringfügig größer sind und weil das Stellglied 7 voll durchgesteuert ist. Dies ist symbolisch durch Schließen des Kontaktes K 1 im Stellglied 7 verdeutlicht.

Der Soll-Istwert-Vergleich erfolgt im eingeschalteten Zustand des Leistungstransistors 2 über die Emitter-Basis-Strecke des Steuertransistors 9. Die Sollspannung setzt sich dabei aus der Zenerspannung der Zenerdiode 10 zuzüglich der Schwellwertspannung des Steuertransistors 9 zusammen. Der Istwert der Spannung wird von der Spannung U_3 an der Kathode der Diode 82 gestellt, da die Differenzspannungen zwischen den Spannungen U_2 , U_3 und U_4 konstant sind.

Im eingeschalteten Zustand des Leistungstransistors 2 übernimmt der Leistungstransistor 2 selbst die Funktion des Stellgliedes 7 während des Ausschaltzustandes des Leistungstransistors 2. Die Spannung am Kollektor des Steuertransistors 9 beträgt nicht U_3 , sondern ist so hoch, daß der Leistungstransistor 2 so angesteuert wird, daß die Spannung U_5 an den Gleichspannungsanschlüssen der Gleichrichter-Brückenschaltung 1 konstant ist und ca. 7 Volt beträgt, mit Ausnahme des Null-

durchgangs der Spannung bei pulsierender Gleichspannung. Die Spannung am Kollektor des Steuertransistors 9 ist somit abhängig von dem von der Gleichrichter-Brückenschaltung 1 abgegebenen Strom I 5 sowie dem über die Laststrecke des Leistungstransistors 2 fließenden Stromes I 4.

Der Spannungsabfall über das Stellglied 7 ist gering und nahezu konstant. Alle Änderungen der Spannung U 5 werden somit nahezu unverändert auf die Spannung U 3 übertragen. Da die Spannung U 3 indirekt durch den Steuertransistor 9 und die Zenerdiode 10 konstant gehalten wird, sind somit auch die Spannungen U 2 bis U 5 unabhängig vom Strom I 5 konstant.

Mit dem Ansteigen des Kollektorpotentials des Steuertransistors 9 wird die Stromquelle 12 durch den Spannungsabfall an der Leuchtdiode 13 eingeschaltet, wozu der Steuertransistor 9 den Strom für die Ansteuerung der Stromquelle 12 freigibt. Die Leuchtdiode 13 dient dabei als Einschalt-Anzeige, als Referenzspannung für die Stromquelle 12 und außerdem als Bauelement zur Zufuhr des Steuerstromes für den Leistungstransistor 2.

Der über die Stromquelle 12 fließende Strom I 2 ist erheblich größer als der Strom I 1 im Ausschaltzustand des Leistungstransistors 2, kann aber wegen des parallel zur Basis-Emitter-Strecke des Leistungstransistors 2 geschalteten Widerstandes 14 den Leistungstransistor 2 selbst nicht ansteuern. Dies würde dazu führen, daß der Leistungstransistor 2 nicht mehr geregelt werden könnte, was dazu führen würde, daß die Spannung U 5 zu gering werden würde.

Der über die Stromquelle 12 fließende Strom I 2 dient zur zusätzlichen Ansteuerung des Leistungstransistors 2 und zur durchsteuernden Ansteuerung des Stellgliedes 7. Der Kollektorstrom des Steuertransistors 9 ist dabei proportional zum Strom I 4, der über die Laststrecke des Leistungstransistors 2 fließt.

Aus der vorstehenden Darstellung ergibt sich der Ruhe- und Haltestrom äußerst gering sind, da insgesamt alle Ströme in der Schaltungsanordnung der elektronischen Schalteinrichtung gering sind. Der Ruhestrom ist darüberhinaus gering, da nur sehr kleine Ströme nach Massepotential hin abfließen.

Der den Ruhestrom enthaltende Haltestrom ist außerdem gering, da keine größeren Ströme, wie beispielsweise der Strom über die Leuchtdiode 13 und der über die Stromquelle 12 fließende Strom I 2, nach Massepotential hin abfließen. Bei sehr kleinen Lasten R_L kann der über den Leistungstransistor 2 fließende Strom I 4 zu 0 werden, so daß allein der Strom I 3 den Laststrom führt. Dennoch ist sichergestellt, daß auch bei geringen Lasten die Leuchtdiode 13 aufleuchtet.

Die unvermeidliche und für die Ansteuerung notwendige Restspannung kann nur dann reduziert werden, wenn die Spannung U 4 zur Spannungsversorgung der Auslöseschaltung 3 durch Verwendung einer entsprechenden (Sensor)elektronik geringer werden kann.

Das in der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 3 vorgesehene D-Flipflop 16 ist für die Funktion der Ansteuerung des Leistungstransistors 2 nicht zwingend erforderlich und kann gemäß Fig. 2 entfallen. Es dient dazu, den Leistungstransistor 2 nur während des Stromnulldurchgangs bei pulsierender Spannung U 5 einzuschalten, da das D-Flipflop nur während des Anliegens eines Taktimpulses vom Transistor 86 den D-Eingang auf den Ausgang Q und damit auf die Anode der Zenerdiode 10 schaltet. Bis zum Eingang des nächsten Impulses bleibt der Ausgangszustand des D-Flipflops 16 erhalten.

Zusätzlich kann durch Anordnung des Widerstandes

15 in der Emitterleitung des Leistungstransistors 2 ein Kurzschlußschutz vorgesehen werden, da bei Führen eines Laststromes das D-Flipflop 16 durch den Spannungsabfall am Widerstand 15 den Ausgang Q zurückschaltet, so daß man einen automatischen, mit der Taktfrequenz der pulsierenden Gleichspannung funktionierenden Kurzschlußschutz hat.

Durch Variation der Bauelemente in den Schaltungsanordnungen gemäß den Fig. 2 und 3 kann eine Vielzahl von Schaltfunktionen durchgeführt werden, wobei entsprechend der vorstehenden Darstellung ein Kurzschlußschutz der elektronischen Schalteinrichtung einbezogen wird. Durch Verwendung eines anderen Funktionsgliedes als das zuvor beschriebene D-Flipflop können noch zusätzliche Funktionen der elektronischen Schalteinrichtung realisiert werden.

Fig. 4 zeigt eine praktische Ausführung der Schaltungsanordnung der elektronischen Schalteinrichtung gemäß Fig. 3. Gleiche Bauelemente wurden in der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 4 mit gleichen Bezugsziffern versehen, so daß auf die vorstehende Beschreibung der Verknüpfung dieser Bauelemente und ihre Funktion im Zusammenhang mit der Erläuterung der Fig. 3 Bezug genommen wird.

Die Stromquelle 12 besteht in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 aus einem Transistor 17, dessen Kollektor mit dem Ausgang 7 des Stellgliedes 7 und dessen Emitter über einen Widerstand 21 mit der Basis des Leistungstransistors 2 verbunden ist. Die Basis des Transistors 17 ist an den Kollektor des Steuertransistors 9 angeschlossen.

Im Unterschied zur Schaltungsanordnung gemäß Fig. 3 liegt in der Emitterzuleitung des Transistors 85 ein Widerstand 90, der zu hohe Ströme durch den Transistor 85 verhindert und eventuelle Schwingungsneigungen durch Reduzierung der Regelverstärkung unterdrückt. Zusätzlich ist ein Widerstand 91 gegen einen zu hohen Strom I 3 in Reihe zum Kondensator 84 vorgesehen.

Parallel zur Emitter-Basis-Strecke des Steuertransistors 9 ist die Parallelschaltung eines Kondensators 92 und eines Widerstandes 93 geschaltet, wobei der Kondensator 92 die Schwingungsneigung der Schaltung unterdrückt und der Widerstand 93 einen für die Stabilisierung der Schaltung ausreichend großen Strom durch die Zenerdiode 10 bewirkt. Ein in der Verbindung zwischen der Basis des Steuertransistors 9 und der Zenerdiode 10 vorgesehener Widerstand 94 ermöglicht eine Spannungs-Feinabstimmung der Schaltung zur Ansteuerung des Leistungstransistors 2.

Das Stellglied 7 besteht aus einer zwei PNP-Transistoren 71, 72 enthaltenden Kaskadenschaltung und einem Spannungsteiler. Der Transistor 71 der Transistor-kaskade arbeitet in Emitterschaltung während der andere Transistor 72 der Kaskade sowie der Transistor 74 in Basisschaltung arbeiten. Bei voller Durchsteuerung der Kaskade wird der Transistor 72 an seiner Basis über den Widerstand 97 und die parallel zum Widerstand 97 liegende Basis-Emitter-Strecke des Transistors 74 angesteuert, dann arbeitet er in Emitterschaltung. Bei einer Spannung, die unterhalb einer Mindestspannung von etwa 7 Volt liegt, sind die Widerstände 79 und 96 des Spannungsteilers zu hochohmig für eine ausreichende Ansteuerung des Transistors 72.

Ansonsten wird der Transistor 72 an seinem Emitter vom Transistor 71 angesteuert. Der Transistor 73, dessen Basis an den Spannungsteiler und dessen Emitter an die positive Spannungsklemme der Gleichrichter-Brück-

kenschaltung 1 und dessen Kollektor an die Basis des Transistors 71 angeschlossen ist, wird vom Spannungsabfall an den Widerständen 76 und 77 angesteuert und bewirkt eine Strombegrenzung der PNP-Transistorkaskade.

Da der Strom durch die Widerstände 79, 96 des Spannungsteilers auch durch den Widerstand 77 fließt, ist diese Strombegrenzung der PNP-Transistorkaskade in starkem Maße von der Versorgungsspannung U 5 abhängig. Bei hohen Werten der Spannung U 5 erfolgt die Strombegrenzung durch den Transistor 73 bei einem wesentlich geringeren Strom. Bei maximaler Spannung U 5 reicht der Strom durch die Widerstände 79, 96 gerade aus, um den Strombedarf der Schaltung zu decken. Sonst würde die Kaskade "aus der Regelung fallen".

Um bei sehr geringen Strömen durch die Kaskadentransistoren 71, 72 eine korrekte Spannungsaufteilung zu ermöglichen, schafft der Widerstand 95 parallel zur Emitter-Basis-Strecke des Transistors 72 einen genügend niederohmigen Pfad zu dem einen Teil der Spannung U 5 führenden Punkt des Stellgliedes 7. (Bei zu großem Strom durch die Widerstände 79, 96 würden die Kaskadentransistoren 71, 72 aus der Regelung fallen.)

Der parallel zur Basis-Emitter-Strecke des Transistors 74 geschaltete Widerstand 97 sowie der parallel zur Emitter-Kollektor-Strecke des Transistors 73 geschaltete Widerstand 78 erhöhen die Stabilität des Stellgliedes 7 und verhindern eine Ansteuerung der betreffenden Transistoren durch Sperrströme. Die in der Verbindung des Widerstandes 78 zum Kollektor des Transistors 74 vorgesehene Diode 75 berichtigt die Spannungsverhältnisse bei voller Durchsteuerung der PNP-Kaskade.

Alternativ hierzu kann die aus den Widerständen 76, 77 und dem vierten Transistor 73 bestehende Stufe entfallen, so daß der Emitter des ersten Kaskadentransistors 71 sowie der Spannungsteilerwiderstand 79 unmittelbar mit der Eingangsspannung U 5 beaufschlagt sind.

Die vorstehend beschriebene elektronische Schalteinrichtung eignet sich für Betriebsspannungen zwischen 15 und 370 Volt und einen Laststrom von 0,3 bis 3 Ampere in Abhängigkeit von der vorgesehenen Kühlung. Ein Scheitelstrom von 6 A ist für mehr als eine Halbwelle zulässig. Der Ruhestrom ist einschließlich der Auslöseschaltung geringer als 0,7 mA und ausschließlich dem Strombedarf der Auslöseschaltung nur 0,15 mA, und der Haltestrom kleiner als 2 mA. Die Restspannung ist geringer als 8,5 Volt und es sind Netzfrequenzen von 16 2/3 bis 400 Hz zulässig.

Die wesentlichen Vorteile der vorstehend beschriebenen elektronischen Schalteinrichtung bestehen in dem sehr kleinen, konstanten Ruhestrom, in der Unempfindlichkeit gegenüber hohen Spannungsanstiegsgeschwindigkeiten und in der Verwendung leicht erhältlicher, preiswerter und kleiner Bauelemente unter Anordnung nur eines einzelnen hoch beanspruchten Bauelementes. Dadurch werden die Kosten erheblich reduziert und aufgrund der geringen Ströme auch im Einschaltzustand des Leistungstransistors 2 nur ein geringes Bauvolumen erforderlich, bei trotzdem großen zulässigen Lastströmen.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß die den Einschaltzustand anzeigende Leuchtdiode auch bei sehr kleinen Lastströmen noch gut sichtbar ist. Durch eine geringe Schaltungsmodifikation in Form der Anordnung einer D-Flipflop-Funktion kann wahlweise ein Ein- und Ausschalten der elektronischen Schalteinrichtung im Last-

strom-Nulldurchgang sichergestellt sowie ein getakteter Kurzschlußschutz vorgesehen werden.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht in der mit geringen schaltungstechnischen Mitteln erreichten Konstanthaltung der Versorgungsspannung für die Auslöseschaltung, die zudem weitestgehend unabhängig von der Eingangsspannung U 5 ist und, bis auf eines (2) nur SMD-Bauelemente enthält.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf das vorstehend angegebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch machen. Insbesondere beschränkt sich die Ausführung nicht auf die Realisierung mit Einzel-Bauelementen, sondern läßt sich vorteilhaft auch integriert — vorzugsweise unter Verwendung von halb- oder vollkundenspezifischen monolithischen ICs — realisieren.

Patentansprüche

1. Elektronische Schalteinrichtung zum Anschluß einer Last an eine Spannungsquelle mit einer Gleichrichter-Brückenschaltung, einem mit den Gleichspannungsanschlüssen der Gleichrichter-Brückenschaltung verbundenen elektronischen Leistungsschalter, einer von einer Auslöseschaltung initiierten Ansteuerschaltung für den elektronischen Leistungsschalter und einem über die Laststrecke eines Steuertransistors mit dem Steueranschluß des elektronischen Leistungsschalters verbundenen Regler, der eine von der Ausgangsspannung der Gleichrichter-Brückenschaltung unabhängige Versorgungsspannung an die Auslöseschaltung abgibt und aus einem Stellglied und einer Regelschaltung besteht, wobei der in die Ansteuerschaltung fließende Strom vom Stellglied bestimmt wird, das von der Regelschaltung angesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der elektronische Leistungsschalter aus einem Leistungstransistor (2) besteht, daß die Regelschaltung (8) enthält

a) ein Vergleichsglied (81), an dem eine konstante Spannung (U1) und die an der Auslöseschaltung anliegende Spannung (U4; U_b) anliegen und das in Abhängigkeit von diesem Vergleich den Steuerstrom (I1) für das Stellglied (7) bildet,

b) einen ersten Transistor (85), dessen Basis mit der konstanten Spannung (U1) beaufschlagt ist und dessen Kollektor mit dem den Steuerstrom führenden Eingang des Stellgliedes (7) verbunden ist und an dessen Emitter die Versorgungsspannung (U_b, U4) für die Auslöseschaltung (3) ansteht, und

c) einen zweiten Transistor (86), dessen Emitter über eine Diode (82) mit einer Ausgangsspannung (U2) des Stellgliedes (7) beaufschlagt ist, dessen Basis mit dem Emitter des ersten Transistors (85) verbunden ist und dessen Kollektor ein den Nulldurchgängen der speisenden Wechselfrequenz oder einer pulsierenden Gleichspannung (U_R) entsprechende Taktsignale abgibt,

wobei der die Ausgangsspannung (U2) abgebende Ausgang des Stellgliedes (7) über einen Widerstand (87) mit der Basis des ersten Transistors (85) verbunden und die Verbindung der Diode (82) mit der

Emitter des zweiten Transistors (86) an den Emitter des Steuertransistors (9) angeschlossen ist, und daß ein einen Teil der Eingangsspannung (U5) führender Eingang des Stellgliedes (7) über eine Stromquelle (12, 13; 13; 17, 21) mit der Basis des Leistungstransistors (2) verbunden ist, wobei die Stromquelle (12, 13; 13, 17, 21) von dem Spannungsabfall an einer in die Verbindung zwischen dem Kollektor des Steuertransistors (9) und der Basis des Leistungstransistors (2) geschalteten Leuchtdiode (13) angesteuert wird.

2. Elektronische Schalteinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Basis des ersten Transistors (85) und Massepotential ein erster Kondensator (89) und zwischen der Basis des zweiten Transistors (86) und Massepotential ein zweiter Kondensator (84) geschaltet ist.

3. Elektronische Schalteinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der ein Taktsignal abgebende Kollektor des zweiten Transistors (86) mit dem Takteingang eines D-Flipflops (16) verbunden ist, dessen D-Eingang mit dem Ausgang der Auslöseschaltung (3) verbunden ist, dessen Ausgang (Q) mit der Anode einer Zenerdiode (10) verbunden ist, deren Kathode an die Basis des Steuertransistors (9) angeschlossen ist und dessen Versorgungsspannung mit der Versorgungsspannung (U_b) der Auslöseschaltung (3) gekoppelt ist.

4. Elektronische Schalteinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in Reihe zum Emitter des Leistungstransistors (2) ein Emitterwiderstand (15) geschaltet ist, und daß an die Verbindung zwischen dem Emitter des Leistungstransistor (2) und dem Emitterwiderstand (15) ein Rücksetzeingang (K) des D-Flipflops (16) angeschlossen ist.

5. Elektronische Schalteinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromquelle aus einem Transistor (17) besteht, dessen Kollektor mit dem einen Teil der Eingangsspannung (U 5) führenden Eingang des Stellgliedes (7), dessen Emitter über einen Widerstand (21) mit der Basis des Leistungstransistors (2) verbunden ist und dessen Basis an die Verbindung zwischen dem Kollektor des Steuertransistors (9) und der Anode der Leuchtdiode (13) angeschlossen ist.

6. Elektronische Schalteinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zur Emitter-Basis-Strecke des Steuertransistors (9) die Parallelschaltung eines Kondensators (92) und eines Widerstandes (93) geschaltet ist.

7. Elektronische Schalteinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Kathode der Zenerdiode (10) und der Basis des Steuertransistors (9) ein Widerstand (34) geschaltet ist.

8. Elektronische Schalteinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Emitter des ersten Transistors (85) der Regelschaltung (8) und der Basis des zweiten Transistors (86) ein Widerstand (90) geschaltet ist und daß die Basis des zweiten Transistors (86) über einen Widerstand (91) mit dem zweiten Kondensator (84) verbunden ist.

9. Elektronische Schalteinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied (7) zwei in Kaskadenschaltung geschaltete PNP-Transistoren (71, 72) sowie einen Spannungsteiler (79, 96) enthält, wobei der

Emitter des ersten Transistors (71) über einen Widerstand (76) an der Eingangsspannung (U5) anliegt und der Kollektor des ersten Transistors (71) den Emitter des zweiten Transistors (72) ansteuert, daß die Basis des zweiten Transistors (72) mit der Basis eines NPN-Transistors (74) verbunden ist, an dessen Emitter ein Teil der Eingangsspannung (U5) anliegt und dessen Kollektor direkt oder über eine Diode (75) mit dem Kollektor eines vierten Transistors (73) verbunden ist, dessen Emitter an der Versorgungsspannung (U5) angeschlossen ist und dessen Basis über einen Widerstand (77) mit dem Emitter des ersten Kaskaden-Transistors (71) verbunden ist und daß parallel zur Emitter-Kollektor-Strecke des vierten Transistors (73) ein Widerstand (78) und parallel zur Emitter-Basis-Strecke des zweiten Kaskaden-Transistors (72) ein Widerstand (95) geschaltet ist.

10. Elektronische Schalteinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied (7) zwei in Kaskadenschaltung geschaltete PNP-Transistoren (71, 72) sowie einen Spannungsteiler (79, 96) enthält, wobei der Emitter des ersten Transistors (71) unmittelbar an die Eingangsspannung (U5) angeschlossen ist und der Kollektor des ersten Transistors (71) den Emitter des zweiten Transistors (72) ansteuert, daß die Basis des zweiten Transistors (72) mit der Basis eines NPN-Transistors (74) verbunden ist, an dessen Emitter ein Teil der Eingangsspannung (U5) anliegt und dessen Kollektor über eine Diode (75) und einen Widerstand (78) an die Eingangsspannung (U5) angeschlossen ist und daß parallel zur Emitter-Basis-Strecke des zweiten Kaskaden-Transistors (72) ein Widerstand (95) geschaltet ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Fig.1

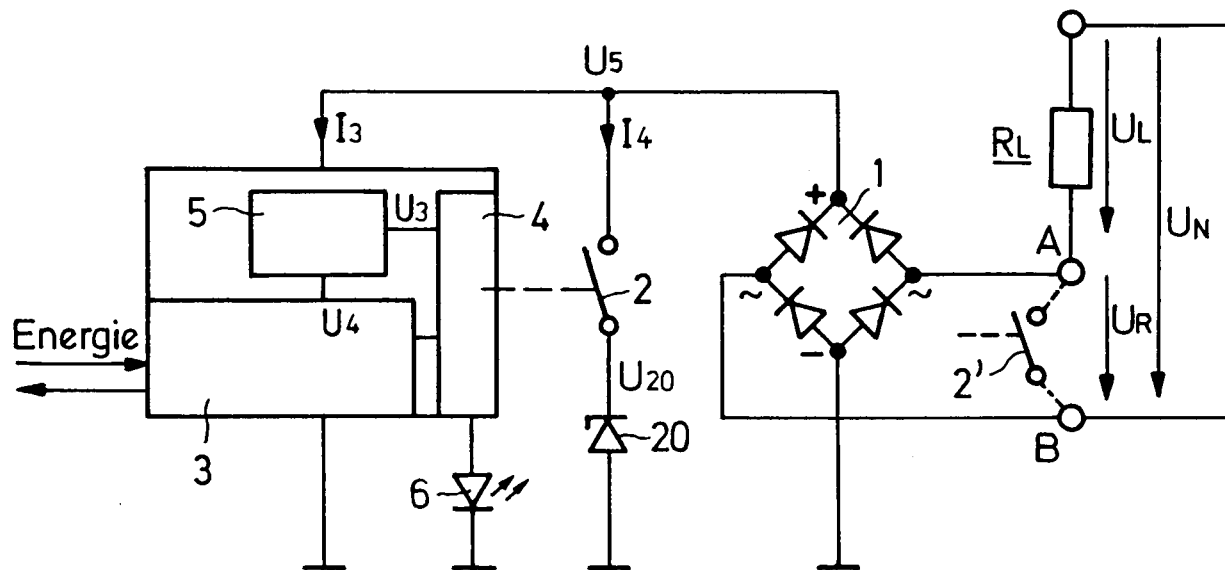


Fig. 2

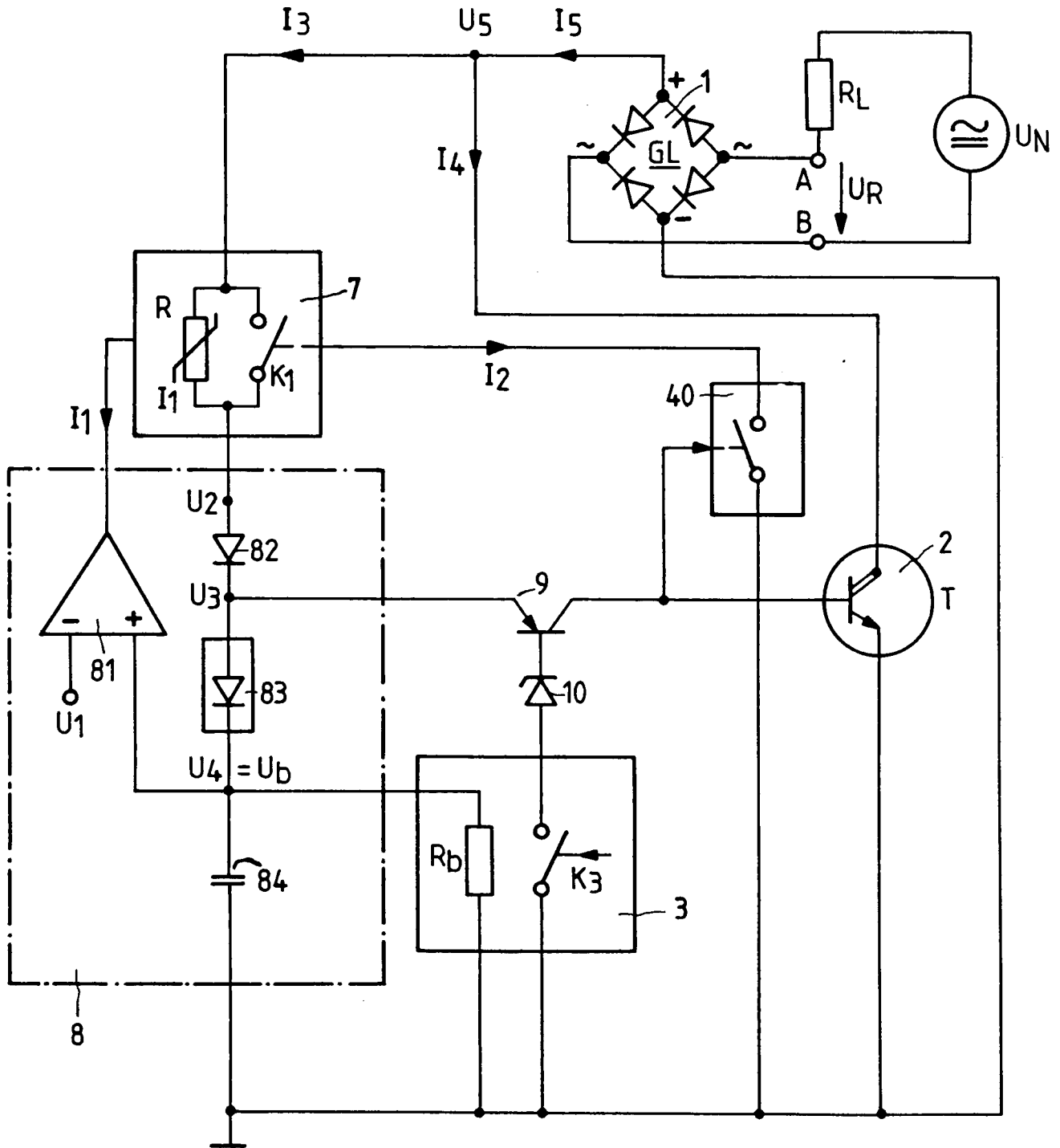


Fig. 3

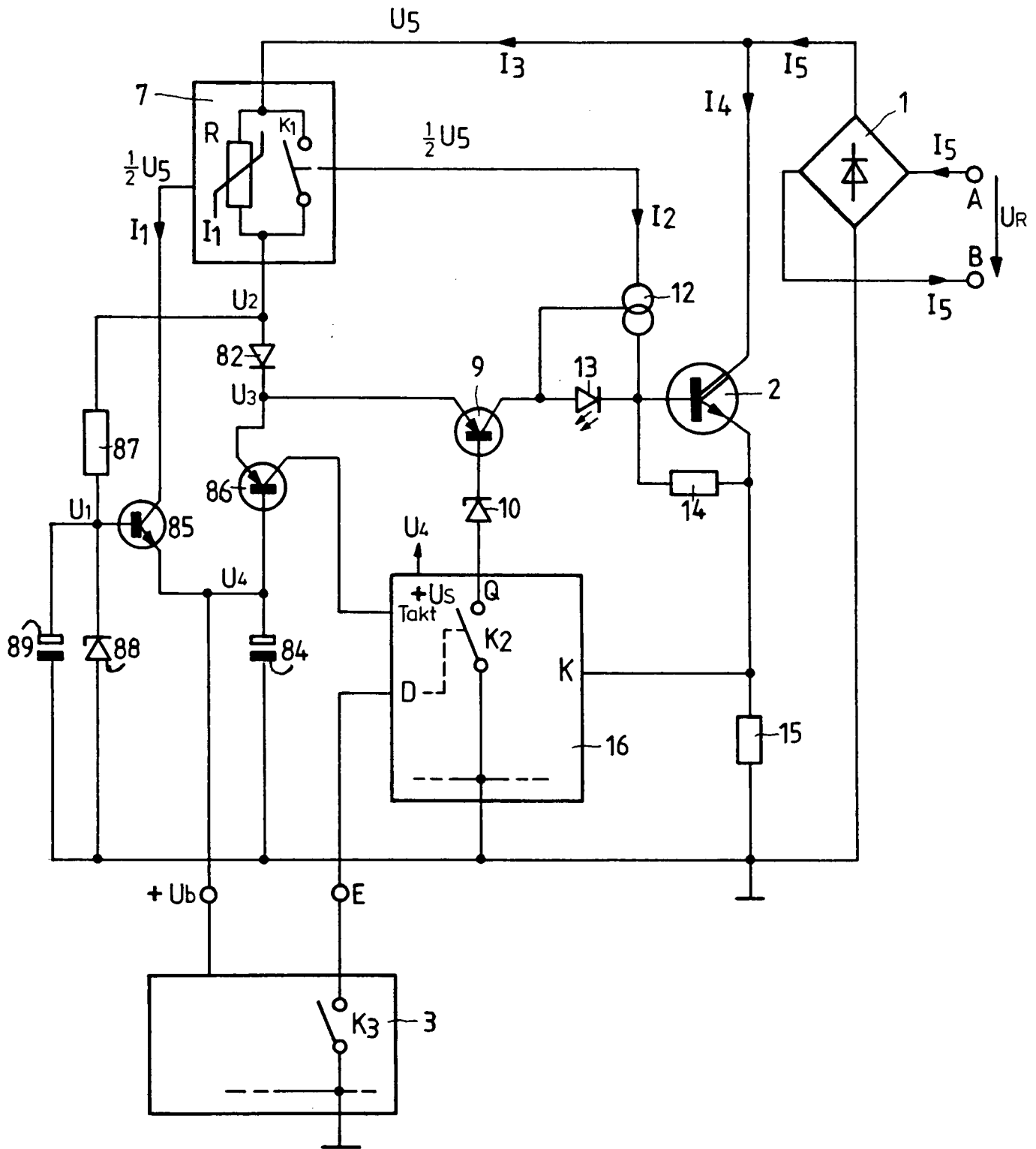


Fig.4

