



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 361 A1 2004.09.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 103 10 361.9
 (22) Anmeldetag: 10.03.2003
 (43) Offenlegungstag: 23.09.2004

(51) Int Cl.7: H02M 3/28

(71) Anmelder:
Friwo Mobile Power GmbH, 48346 Ostbevern, DE

(72) Erfinder:
Reinhard, Arno, 48163 Münster, DE; Wegener, Armin, 59269 Beckum, DE; Malsch, Rüdiger, 01814 Bad Schandau, DE; Schröder genannt Berghegger, Ralf, 49219 Glandorf, DE

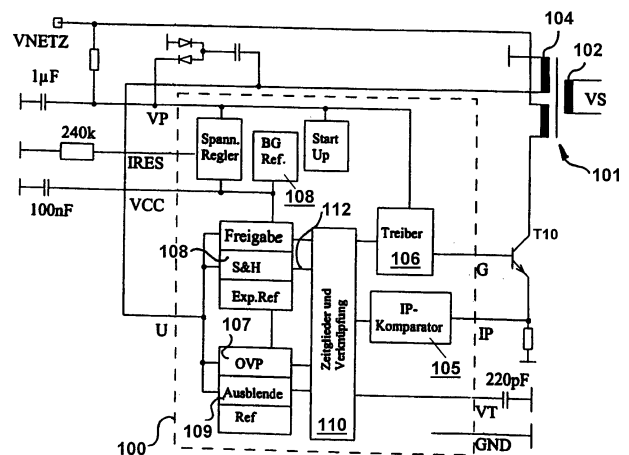
(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Ansteuerschaltung für Schaltnetzteil**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Regelschaltung zum Regeln der Ausgangsleistung eines primär gesteuerten Schaltnetzteils, das einen primärseitigen Schalter und einen Transformator mit einer Hilfswicklung aufweist. In der Hilfswicklung werden durch die primärseitigen Schaltvorgänge Spannungspulse induziert, die zur Regelung der Ausgangsleistung herangezogen werden können. Um eine verbesserte Regelung bei gleichzeitig erhöhter Flexibilität bezüglich der Betriebsparameter zu ermöglichen, wird der Abtastzeitpunkt auf der Grundlage der Dauer des Spannungspulses an der Hilfswicklung während eines vorangegangenen Schaltzyklus bestimmt. Um einen fehlerhaften Kontakt zwischen der Hilfswicklung und der Regelschaltung auf besonders einfache und sichere Weise zu erkennen, kann weiterhin der negative Spannungspuls an der Hilfswicklung beim Schließen des Schalters dazu herangezogen werden, die ordnungsgemäße Kontaktierung zu bestätigen. Um den Abschaltvorgang des Schalters zu optimieren und die Verlustleistung zu verringern, kann die Ausgangsleistung geregelt werden, indem der Strom durch die Primärwicklung mit zwei Schwellenwerten verglichen wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Regelschaltung zum Regeln der Ausgangsleistung eines primär gesteuerten Schaltnetzteils. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Regelschaltung in einem primär gesteuerten Schaltnetzteil, das einen primärseitigen Schalter und einen Transformator mit einer Hilfswicklung aufweist. In der Hilfswicklung werden durch die primärseitigen Schaltvorgänge Spannungspulse induziert, die zur Regelung der Ausgangsleistung herangezogen werden können. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betreiben eines Schaltnetzteils der gattungsgemäßen Art. Weiterhin trifft die Erfindung ein Verfahren zur Regelung der Ausgangsleistung eines primär gesteuerten Schaltnetzteils mit einem Transformator und einem primärseitigen Schalter, wobei der primärseitige Schalter durch einen Treiber ansteuerbar ist.

[0002] Schaltnetzteile werden in zahlreichen elektronischen Geräten verwendet, um aus einer Netzspannung die zum Versorgen der elektronischen Bauteile notwendige Niedervoltgleichspannung zu erzeugen. Dabei haben sich Schaltnetzteile gegenüber konventionellen Netzteilen mit Netztransformatoren in vielen Anwendungsfällen durchgesetzt, da sie ab einer gewissen Leistungsklasse einen besseren Wirkungsgrad aufweisen und insbesondere einen geringeren Platzbedarf haben. Letzteres ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass anstelle der Netzspannung eine hochfrequente Wechselspannung transformiert wird, die statt der üblichen Netzfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz beispielsweise im Bereich von 20 kHz bis 200 kHz liegen kann. Da die erforderlichen Windungszahlen des Transformators umgekehrt proportional zur Frequenz sinken, lassen sich dadurch die Kupferverluste stark reduzieren und der notwendige Transformator wird wesentlich kleiner.

Stand der Technik

[0003] Um den Wirkungsgrad weiter zu optimieren, sind insbesondere primärgetaktete Schaltnetzteile bekannt, bei denen die auf der Primärseite des Hochfrequenztransformators durch den Schalter, beispielsweise einen bipolaren Transistor, erzeugte Frequenz in Abhängigkeit von der auf der Sekundärseite des Netzteils anliegenden Last geregelt wird, um eine Sättigung des Hochfrequenztransformators zu vermeiden. Die zu einer solchen Regelung notwendige Rückkopplung wird beispielsweise dadurch realisiert, indem eine an einer Hilfswicklung abgegriffene Spannung als Regelgröße verwendet wird. Dies ist beispielsweise in der europäischen Patentanmeldung EP 1 146 630 A2 gezeigt. Das in der EP 1 146 630 A2 beschriebene Verfahren zur Regelung des Ausgangsstromes und/oder der Ausgangsspannung eines Schaltnetzteils beinhaltet, dass mit jedem Puls die gleiche Energie in den Transformator geladen

wird. Jeweils nach einer festen Zeit mit Bezug auf das Öffnen des Schalters, wird die Spannung an der Hilfswicklung mit einem Abtasthalteglied (Sample-and-Hold-Element, S&H-Element) abgetastet und gespeichert. Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch, dass der Abtastzeitpunkt von großer Bedeutung für die Regeleigenschaften ist und die Form des Spannungspulses an der Hilfswicklung stark von den unterschiedlichen Betriebsparametern, wie Eingangsspannungen Störgrößen etc. beeinflusst wird. Das bedeutet, dass ein fest eingestellter Wert für den Abtastzeitpunkt die Flexibilität und Einsatzbreite eines solchen geregelten Schaltnetzteils stark einschränkt.

Aufgabenstellung

[0004] Daher besteht eine Aufgabe, die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegt, darin, eine Regelschaltung zum Regeln der Ausgangsleistung einen primär gesteuerten Schaltnetztes sowie ein entsprechendes Verfahren zur Regelung eines Schaltnetztes anzugeben, die eine verbesserte Regelung bei gleichzeitig erhöhter Flexibilität bezüglich der Betriebsparameter ermöglichen.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Regelschaltung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, eine Schaltungsanordnung zum Erzeugen eines Abtastsignals mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 sowie durch ein Verfahren zur Regelung der Ausgangsleistung eines primär gesteuerten Schaltnetztes mit den Merkmalen des Patentanspruchs 16 gelöst.

[0006] Weiterhin muss bei einem derartigen Schaltnetzteil sichergestellt werden, dass im Falle eines fehlerhaften Anschließens der Hilfswicklung oder eines Drahtbruchs die Ausgangsspannung des Schaltnetztes durch geeignete Maßnahmen auf einem sicheren Level begrenzt wird. Üblicherweise geschieht dies durch einen weiteren Regelkreis, eine Überspannungsübenrrachung oder derartige Maßnahmen. Nachteilig an diesen bekannten Verfahren ist, dass in der Regel zusätzlich Bauteile erforderlich sind, die die Schaltung unnötig komplex und teuer machen.

[0007] Daher besteht eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein verbessertes Verfahren zum Erkennen eines solchen Fehlers anzugeben.

[0008] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 28 gelöst.

[0009] Schließlich besteht bei integrierten Treibern für Bipolar-, Feldeffekt- oder IGBT-Transistoren, die als primärseitige Schalter in derartigen Schaltnetzteilen eingesetzt werden, das Problem, dass während des Umschaltens ein hoher Querstrom durch die Treibertransistoren fließt. Dieser Strom belastet die Spannungsversorgung des Schaltkreises und verursacht unnötige Verlustleistung. Darüber hinaus kann dieser Strom Störungen verursachen, die beispiels-

weise die Funktion des integrierten Schaltkreises beeinträchtigen können. Üblicherweise wird als Abhilfe eine Verzögerungsschaltung vorgesehen, die bewirkt, dass immer erst der eine Treibertransistor ausgeschaltet wird, bevor der andere Treibertransistor eingeschaltet wird. Jedoch hat diese Lösung bei Anwendung in einem Schaltnetzteil den Nachteil, dass während der Verzögerungszeit vor dem Abschalten des primärseitigen Schalters der Strom im Transformator weiter ansteigt. Da die Anstiegsgeschwindigkeit eingangsspannungsabhängig ist, bewirkt die Verzögerung einen eingangsspannungsabhängigen Peakstrom. Wenn der Peakstrom wie z. B. bei einem Gerät gemäß der EP 1 146 430 A2 zur Einstellung des Ausgangsstroms des Gerätes verwendet wird, verursacht dies nachteiligerweise einen eingangsspannungsabhängigen Ausgangsstrom.

[0010] Daher besteht eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein verbessertes Verfahren zur Regelung der Ausgangsleistung eines primär-gesteuerten Schaltnetzteils sowie eine Treiberschaltung für einen primärseitigen Schalter in einem derartigen Schaltnetzteil anzugeben, mit dem der Abschaltvorgang des primärseitigen Schalters verbessert werden kann und die Verlustleistung des Schaltnetzteils reduziert werden kann.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 31 gelöst.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand mehrerer Unteransprüche.

[0013] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass der Spannungspuls an der Hilfswicklung selbst die nötigen Informationen enthält, wann ein Abtasten und Speichern der Regelgröße unter den jeweils herrschenden Betriebsbedingungen das beste Regelergebnis liefert. Ermittelt man also den Abtastzeitpunkt auf der Grundlage der Dauer dieses Spannungspulses, so können Änderungen in den Betriebsbedingungen, beispielsweise in der eingespeisten Netzspannung, auf einfache und effektive Art und Weise berücksichtigt werden. Das heißt, der Abtastzeitpunkt passt sich automatisch an die jeweiligen Betriebsbedingungen an. Durch diese Auswahl eines günstigen Abtastzeitpunktes kann beispielsweise gewährleistet werden, dass bei einem geringen Strom gemessen wird, wodurch sich Regelabweichungen, die durch Änderung des Wandlerinnenwiderstands, den Serieneratzwiderstand (ESR) der Sekundärkondensatoren, die Flussspannung der Sekundärdiode z. B. bei Temperaturänderung entstehen, verringern.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform werden zur Beurteilung der Dauer des Spannungspulses an der Hilfswicklung zwei Eingangssignale verwendet, die für die Regelung des Schaltnetzteils auch anderweitig benötigt werden: das Ansteuersignal zum Schließen des primärseitigen Schalters, das den Beginn des Spannungspulses nach dem Öffnen des primärseitigen Schalters widerspiegelt und das

Demagnetisierungssignal, das anzeigt, ob der Transformator energielos ist und damit die Information über das Ende des Spannungspulses an der Hilfswicklung enthält. Durch die Verwendung dieser Eingangssignale kann auch auf zusätzliche Erfassungsvorrichtungen verzichtet werden und damit die Komplexität der Regelschaltung auf dem geringstmöglichen Niveau gehalten werden.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung umfasst die Schaltungsanordnung zum Erzeugen des Abtastsignals, das mit Bezug auf den Zeitpunkt des Öffnens des primärseitigen Schalters den Abtastzeitpunkt definiert, eine Konstantstromquelle, einen ersten Kondensator, der durch diese Konstantstromquelle aufladbar ist, einen zweiten Kondensator, der zu dem ersten Kondensator parallel schaltbar ist, und einen Vergleichler. Der Vergleichler ist mit jeweils einem Anschluss der beiden Kondensatoren verbunden und kann so betrieben werden, dass er das Abtastsignal dann ausgibt, wenn die Spannungen an beiden Kondensatoren gleich sind. Mit einer derartigen Regelschaltung kann das Abtastsignal für einen Schaltzyklus in dem jeweils vorangegangenen Schaltzyklus automatisch definiert werden. Dabei beinhaltet der zweite Kondensator in Form seiner Ladung die Information über die Dauer des Spannungspulses während des jeweils abgelaufenen Schaltzyklus. Der erste Kondensator, der über die Konstantstromquelle aufgeladen wird, enthält dagegen die Information über die Dauer des Spannungspulses während des jeweils aktuellen Schaltzyklus.

[0016] Eine zeitliche Koordinierung des Aufladens und Entladens dieser beiden Kondensatoren kann am einfachsten durch eine Vielzahl von entsprechend angeordneten steuerbaren Schaltern erfolgen.

[0017] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist ein erster Schalter zwischen der Konstantstromquelle und dem ersten Kondensator angeordnet, um letzteren von der Konstantstromquelle abzutrennen, wenn das Ende des Spannungspulses erkannt wurde und damit das Aufladen des ersten Kondensators zu beenden. Ein zweiter Schalter ist parallel zu dem zweiten Kondensator geschaltet und kann von dem Abtastsignal so angesteuert werden, dass der zweite Kondensator infolge des Aussendens des Abtastsignals entladen wird. Ein dritter Schalter ist so angeordnet, dass der erste und zweite Kondensator zueinander parallel liegen, während der dritte Schalter geschlossen ist und wird so angesteuert, dass er in dem Augenblick geschlossen wird, wenn das Ende des Spannungspulses signalisiert wird. Hierdurch kann auf besonders einfache Weise ein Übertragen der Ladung von dem ersten Kondensator auf den zweiten Kondensator erreicht werden. Ein vierter Schalter schließlich liegt parallel zu dem ersten Kondensator und ermöglicht ein Entladen des ersten Kondensators, wenn der vierte Schalter geschlossen ist.

[0018] In vorteilhafter Weise werden zur Bestimmung der Dauer des Spannungspulses die Signale

verwendet, die auch für die übrigen Funktionen der Regelschaltung benötigt werden, also ein Ansteuersignal für den primärseitigen Schalter, das auf N-Potential liegt, wenn der Schalter geschlossen ist, und auf L-Potential liegt, wenn der Schalter geöffnet ist, und ein Demagnetisierungssignal, das auf H-Potential liegt, wenn die Spannung an der Hilfswicklung unterhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt, und auf L-Potential, wenn die Spannung an der Hilfswicklung oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt.

[0019] Um die nötige Zeitkoordination mit Hilfe der oben beschriebenen Schalter auf möglichst einfache Art und Weise zu realisieren, weist die Schaltungsanordnung zweckmäßigerweise eine Steuervorrichtung auf, die mindestens einen Ausgang zum Ansteuern der Vielzahl von Schaltern abhängig von der Dauer des Spannungspulses aufweist.

[0020] Eine solche Steuervorrichtung lässt sich auf einfache Weise mit digitalen Logikbausteinen realisieren.

[0021] Die vorteilhaften Eigenschaften der erfindungsgemäßen Regelschaltung kommen besonders dann zur Geltung, wenn die Regelschaltung in einem primärgesteuerten Schaltnetzteil eingesetzt wird, das einen elektronischen Schalter als primärseitigen Schalter, vorzugsweise einen Leistungsbipolartransistor einsetzt. Alternativ können auch Leistungs-MOSFETs oder IGBTs verwendet werden.

[0022] Bei einem Schaltnetzteil mit einer Ausgangsspannungsregelung, die die Spannung an einer primären Hilfswicklung abtastet, kann eine Überspannungsschutzschaltung durch einen zweiten Regelkreis oder eine Überspannungsabschaltung an der gleichen Hilfswicklung realisiert werden. Erfindungsgemäß kann die Spannung an der Hilfswicklung dazu genutzt werden, einen Drahtbruch zu erkennen. Wenn beispielsweise beim Einschalten des primären Schalters keine negative Spannung am Messpunkt entsteht, ist die Hilfswicklung nicht angeschlossen oder unterbrochen. In diesem Fall kann eine entsprechende Steuerschaltung das Gerät in einen sicheren Modus schalten und so z. B. die Einhaltung der Anforderungen an die Sicherheitskleinspannung gewährleisten. Zum Beispiel wird der primärseitige Schalter für eine so lange Zeit ausgeschaltet, dass durch die sekundäre Grundlast die Ausgangsspannung vor dem nächsten Einschalten des Schalters auf einen so geringen Wert absinkt, dass der nächste Schaltvorgang die Spannung nicht über den sicheren Wert hinaus anheben kann. In vorteilhafter Weise kann daher die vollständige Ausgangsspannungsregelung einschließlich des Überspannungsschutzes in einer integrierten Schaltung integriert werden, und es werden keine weiteren Bauteile benötigt. Eine derartige Drahtbruchererkennung verhindert in vielen Fehlertällen Folgefehler, die sonst bei falscher Beschaltung oder nicht angeschlossener Hilfswicklung häufig auftreten. Dadurch ist in solchen Fällen eine Reparatur deutlich vereinfacht. Der Überspannungsschutz

kann schon bei sehr geringer Überschreitung des normalen Spannungsniveaus aktiv werden, so dass im Fehlerfall angeschlossene Geräte und Anwender, die den Ausgangssteckverbinder berühren, nicht gefährdet sind. Es können in der integrierten Schaltung beispielsweise zwei identische Spannungsregelungen aufgebaut werden, so dass nur die interne Toleranz bestimmt, welcher Zweig die normale Regelung übernimmt und welcher Zweig die Überspannungsüberbrückung durchführt. In diesem Fall ist das Überspannungsniveau nahezu identisch mit dem normalen Spannungspegel.

[0023] Um den Abschaltvorgang des primärseitigen Schalters zu optimieren und dadurch eine Energieeinsparung zu erreichen, wird der Strom im Transformator erfindungsgemäß mit zwei Schwellenwerten verglichen. Wenn der Strom den ersten Schwellenwert erreicht, wird der Treiber hochohmig geschaltet. Beim Erreichen des zweiten Schwellenwertes wird der primärseitige Schalter aktiv ausgeschaltet. Ein derartiger Treiber weist in vorteilhafter Weise einen geringen Stromverbrauch auf. Im Falle eines Bipolartransistors als primärseitigem Schalter können die Schaltverluste verringert werden. Darüber hinaus kann die Eingangsspannungsabhängigkeit des Primärstromes mit der erfindungsgemäßen Treiberschaltung verringert werden. Schließlich ist eine automatische Anpassung der Umschaltzeitpunkte an verschiedene Anstiegsgeschwindigkeiten des Primärstromes möglich. Eine solche Treiberschaltung bietet insbesondere für Kleinleistungsnetzteile, bei denen im Leerlauf nicht mehr als z. B. 0,3 W Verlustleistung auftreten darf, deutliche Vorteile.

Ausführungsbeispiel

[0024] Anhand der in den beiliegenden Zeichnungen dargestellten Ausgestaltungen wird die Erfindung im folgenden näher erläutert. Ähnliche oder korrespondierende Einzelheiten sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Es zeigen:

[0025] **Fig. 1** ein Blockschaltbild einer Regelschaltung gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0026] **Fig. 2** ein Schaltbild eines primärgesteuerten Schaltnetzteils mit einer Regelschaltung gemäß **Fig. 1**;

[0027] **Fig. 3** ein Schaltbild einer Schaltungsanordnung zum Erzeugen eines Abtastsignals;

[0028] **Fig. 4** qualitative Zeitverläufe verschiedener Signale und Spannungen innerhalb der Regelschaltung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0029] **Fig. 1** zeigt eine Regelschaltung zum Regeln der Ausgangsleistung eines primärgesteuerten Schaltnetzteils in Ihrer Applikationsumgebung. Eine derartige Regelung **100** kann beispielsweise als anwenderspezifischer integrierter Schaltkreis (ASIC) ausgeführt sein. Mit Hilfe der Regelschaltung **100** wird die an der Sekundärwicklung **102** abgegebene Sekundärleistung des Schaltnetzteils primärseitig durch Ansteuern eines elektronischen Schalters T10,

hier eines Leistungsbipolartransistors, eingeregelt. Als Regelgröße wird dabei die Spannung an einer Hilfswicklung **104** verwendet. In der Hilfswicklung wird, wie schematisch aus der Kurve **401** der **Fig. 4** ersichtlich, nach dem Öffnen des Schalters T10 ein positiver Spannungspuls induziert, der zunächst einen Überschwinger und dann einen kontinuierlich abfallenden Verlauf zeigt. Nach Ablauf der Spannungspulsdauer **408** sinkt die Spannung an der Hilfswicklung mit einem Einschwingen auf Null. Ein Spannungspuls in die negative Richtung wird in der Hilfswicklung induziert, wenn der Schalter wieder geschlossen wird.

[0030] Insbesondere der positive Spannungspuls an der Hilfswicklung nach dem Öffnen des Schalters kann zum Regeln der Ausgangsleistung des Schalternetzteils herangezogen werden. Dabei erfolgt die Regelung durch eine entsprechende Anpassung der Zeitdauer, in der der Schalter T10 geöffnet bleibt. Die eigentliche Ansteuerung des bipolaren Transistors T10 erfolgt über einen Treiber **106**. Aus einer Bandgapreferenz **108** werden die Referenzwerte der Regelung und die Versorgungsspannung abgeleitet. Weitere Schaltungselemente zum Ein- und Ausschalten des Treibers **106** sind die Strom- und Spannungserfassung mit Zeitgliedern und Kennlinien, die die Regelcharakteristik beschreiben. Schutzfunktionen für Überspannung und Überstrom sind ebenso enthalten wie ein Spannungsregler und eine Start-Up-Schaltung. Die Abtasthaltungeschaltung (S&H) **108** erhält erfindungsgemäß durch eine in dem Block „Zeitglieder und der Verknüpfung“ **110** enthaltene Schaltungsanordnung ein entsprechendes Abtastsignal **112**, wenn der Spannungswert an der Hilfswicklung erfasst und gespeichert werden soll.

[0031] Die erfindungsgemäße Regelschaltung **100** weist weiterhin einen Überspannungsschutzkomparator (Overvoltage Protection, OVP-Komparator) **107** und einen Ausblendkomparator **109** auf, die beide mit der an der Hilfswicklung **104** induzierten Spannung beaufschlagt werden. Der OVP-Komparator **107** erfasst positive Spannungen oberhalb des Regelbereichs, schaltet den Treiber **106** für die Dauer einer Ausblendzeit aus und verhindert dadurch das Auftreten von Überspannungen. Bei einwandfreier Funktion der Hilfswicklung wird, wie in **Fig. 4** in der Kurve **401** gezeigt, beim Schließen des primärseitigen Schalters ein negativer Spannungspuls induziert. Ist die Hilfswicklung **104** nicht angeschlossen oder unterbrochen, fehlt dieser negative Spannungspuls. Der Ausblendkomparator **109** erfasst die negativen Spannungen während des Schließens des primärseitigen Schalters und löst bei Fehlen des negativen Spannungspulses ebenfalls die Ausblendzeit für den Treiber aus. Dadurch wird der primärseitige Schalter für eine so lange Zeit geöffnet, dass durch die sekundäre Grundlast die Ausgangsspannung vor dem nächsten Einschalten des Schalters auf einen so geringen Wert absinkt, dass der folgende Schaltvorgang die Spannung nicht mehr über ein sicheres Ni-

veau hinaus anheben kann. Ein eventueller Defekt an der Verbindung zwischen der Regelschaltung **100** und der Hilfswicklung **104** ist somit abgesichert.

[0032] Weiterhin weist die Regelschaltung **100** einen IP-Komparator **105** auf, der den Strom IP misst, der durch die primärseitige Wicklung des Transformators **101** fließt, wenn der primärseitige Schalter T10 geschlossen ist. Um den Abschaltvorgang des primärseitigen Schalters T10 zu optimieren, wird der Strom IP in dem IP-Komparator **105** mit zwei Schwellenwerten verglichen. Wenn der Strom den ersten Schwellenwert erreicht, wird der Treiber **106** hochohmig geschaltet. Beim Erreichen des zweiten Schwellenwerts wird der primärseitige Schalter T10 aktiv ausgeschaltet. Durch die Differenz zwischen den beiden Schwellenwerten wird die Dauer der Hochohmigkeit bestimmt.

[0033] Wenn der primärseitige Schalter beispielsweise ein Feldeffekttransistor ist, ist diese Differenz unkritisch, da die Gatekapazität die Ladung für eine relativ lange Zeit speichert. Für den Fall, dass der primärseitige Schalter T10 ein Bipolartransistor ist, muss der erste Schwellenwert relativ nahe an dem zweiten Schwellenwert liegen, da nach kurzer Zeit der Bipolartransistor zu sperren beginnt. Dieser Effekt kann aber sehr günstig sein, wenn man die Schwellenwerte optimiert. Denn nach einer kurzen Zeit mit hochohmiger Basis ist der primärseitige Schalter nicht mehr gesättigt und kann deutlich schneller abgeschaltet werden. Dadurch verringern sich die Schaltverluste.

[0034] Als günstig hat sich in der Praxis erwiesen, wenn der erste Schwellenwert ca. 80 % des zweiten Schwellenwerts beträgt. Beim Einschalten ist eine Verzögerungszeit relativ unkritisch. Der Treiber **106** wird zunächst hochohmig geschaltet und nach einer kurzen Verzögerungszeit, beispielsweise 100 Nanosekunden, wird der primärseitige Schalter aktiv geschlossen. Verwendet man ein Regelungsverfahren gemäß der EP 1 146 630 A2 regelt das Verfahren die entstehende Verlängerung der Pausenzeit selbsttätig aus und die Ausgangskennlinie des Geräts bleibt unverändert.

[0035] **Fig. 2** zeigt in Form eines Stromlaufplans eine Ausführungsform eines Schalternetzteils, in dem die erfindungsgemäße Regelschaltung **100** eingesetzt ist.

[0036] Eine schaltungstechnische Realisierungsmöglichkeit einer Schaltungsanordnung zum Erzeugen eines Abtastsignals, wie sie in dem Block **110** der **Fig. 1** enthalten ist, zeigt **Fig. 3**. Die Schaltungsanordnung **300** gibt als Ausgangssignal das Abtastsignal **112** an die Abtasthaltungeschaltung **108** der **Fig. 1**. An ihrem Eingang wird die Schaltung **300** mit dem Ansteuersignal V_G und dem Demagnetisierungssignal V_{Demag} beaufschlagt. Dabei dient das Ansteuersignal des Bipolartransistors V_G der Erkennung des Spannungspulsbeginns und das Demagnetisierungssignal V_{Demag} der Erkennung des Spannungspulsendes. Die Schaltungsanordnung **300** setzt sich im we-

sentlichen aus einem ersten Kondensator C1 und einem zweiten Kondensator C2 sowie einer Konstantspannungsquelle **301** und einem Vergleicher **302** zusammen. Vier Schalter S1 bis S4 koordinieren das Aufladen und Entladen der beiden Kondensatoren und eine digitale Steuerung **304** steuert diese Schalter an.

[0037] Die Ansteuerschaltung **304**, die in der Fig. 3 gezeigt ist, ist durch ein erstes und ein zweites RS-Flip-Flop sowie durch ein NOR-Gatter und ein UND-Gatter gebildet.

[0038] Im folgenden soll die Funktion der Schaltung **300** im einzelnen beschrieben werden. Unmittelbar nach dem Abschalten des primärseitigen Schalters T10 wird der erste Kondensator C1 über den Schalter S1 mit der Konstantstromquelle **301** verbunden und in der Folge aufgeladen. Die Spannung an dem ersten Kondensator C1 wird durch den Vergleicher **302** mit der Spannung des zweiten Kondensators C2 verglichen. Wenn die Spannung an dem Kondensator C1 den Wert der Spannung an dem Kondensator C2 erreicht, gibt der Vergleicher **302** das Abtastsignal **112** an das Abtasthalteglied **108** aus. Zugleich wird über den Schalter S2 der Kondensator C2 kurz geschlossen und entladen. Der Kondensator C1 wird weiterhin über die Konstantstromquelle **301** aufgeladen, bis die Demagnetisierungserkennung durch eine positive Spannungsflanke des Signals V_{Demag} das Ende des Spannungspulses in der Hilfswicklung signalisiert. In diesem Moment liegt an dem Kondensator C1 die Spannung U_1 an. Nun wird das Aufladen des Kondensators C1 beendet und die beiden Kondensatoren C1 und C2 werden durch Schließen des Schalters S3 parallel geschaltet, so dass der Kondensator C2 aufgeladen wird und an beiden Kondensatoren nunmehr die Spannung $U_2 = U_1 \cdot C_1 / (C_1 + C_2)$ anliegt. Beispielsweise ist U_2 gleich $2/3 \cdot U_1$, wenn die Kapazitätswerte so gewählt werden, dass C_1 gleich $2 \cdot C_2$. In diesem Zustand verbleibt die Schaltung **300**, bis der primärseitige Schalter geschlossen wird und die Schalter S3 und S4 so betätigt werden, dass die beiden Kondensatoren wieder voneinander getrennt werden und der erste Kondensator C1 entladen wird. Mit dem Abschalten des primärseitigen Schalters T10 beginnt der nächste Schaltzyklus.

[0039] Da in diesem Augenblick an dem Kondensator C2 zwei Drittel der maximalen Spannung, die während des vorherigen Ablaufs an dem ersten Kondensator C1 angelegen hatte, anliegt, ergibt sich für den Abtastzeitpunkt ein Wert, der mit zwei Dritteln der Dauer des vorherigen Spannungspulses an der Hilfswicklung übereinstimmt. Ganz allgemein kann der Abtastzeitpunkt über das Verhältnis $C_1 / (C_1 + C_2)$ eingestellt werden.

[0040] Eine Übersicht der zeitlichen Verläufe der wichtigsten Spannungen (in qualitativer Darstellung) gibt Fig. 4. Dabei bedeutet die Kurve **401** den Verlauf der Spannung an der Hilfswicklung, die Kurve **402** den Verlauf der Demagnetisierungserkennung, die

Kurve **403** den Verlauf des Ansteuersignals für den primärseitigen Schalter T10, die Kurve **404** die Spannung an dem ersten Kondensator, die Kurve **405** die Spannung an dem zweiten Kondensator C2 und die Kurve **406** das Abtastsignal **112**.

[0041] Wie aus einem Vergleich der Kurven **401** und **402** ersichtlich, spiegelt die ansteigende Flanke des Demagnetisierungssignals das Abfallen der Spannung an der Hilfswicklung auf den Wert Null wider. Damit definiert die ansteigende Flanke der Kurve **402** das Ende der Spannungspulsdauer **408**. Den Anfang der Spannungspulsdauer signalisiert die abfallende Flanke der an Steuerspannung V_G , die in Kurve **403** gezeigt ist. Die Kurven **404** und **405** zeigen die Spannungsverläufe, die über dem ersten Kondensator C1 bzw. dem zweiten Kondensator C2 abfallen. Dabei bestimmt der Zeitpunkt **409**, zu dem die beiden Spannungswerte gleich sind, den Abtastzeitpunkt, zu dem das Abtastsignal **112**, wie in Kurve **406** gezeigt, an die Abtasthalteschaltung ausgegeben wird. Mit den hier gewählten Kapazitätsverhältnissen der Kondensatoren C1 und C2 wird, wie man aus einem Vergleich der Kurven **401** und **406** entnehmen kann, das Abtastsignal zu einem Abtastzeitpunkt gewählt, der ungefähr zwei Drittel der Dauer des Spannungspulses **408** beträgt. Dieses Verhältnis bietet den Vorteil, dass bei einem vergleichsweise geringem Strom, nämlich bei einem Drittel des Maximalstromes gemessen werden kann. Darüber hinaus wird der Abtastzeitpunkt stets konstant gehalten, solange sich die Dauer des Spannungspulses nicht verändert. Damit kann gewährleistet werden, dass eine hohe Regelpgenauigkeit erreicht wird.

Patentansprüche

1. Regelschaltung zum Regeln der Ausgangsleistung eines primärgesteuerten Schaltnetzteils, wobei das Schaltnetzteil einen primärseitigen Schalter (T10) und einen Transformator (**101**) mit einer Hilfswicklung (**104**), in der nach dem Öffnen des primärseitigen Schalters (T10) ein Spannungspuls induziert wird, aufweist, wobei die Regelschaltung (**100**) eine Schaltungsanordnung (**300**) zum Erzeugen eines Abtastsignals (**112**), das mit Bezug auf den Zeitpunkt des Öffnens des primärseitigen Schalters einen Abtastzeitpunkt definiert, eine Abtasthaltevorrichtung (**108**) zum Abtasten und Speichern einer Höhe des Spannungspulses in Antwort auf das Abtastsignal (**112**) zum Erzeugen einer Regelgröße und eine Reglereinheit zum Vergleichen der Regelgröße mit einem Sollwert und Einregeln der Ausgangsleistung abhängig von dem Ergebnis dieses Vergleichs aufweist, wobei die Schaltungsanordnung (**300**) so ausgeführt ist, dass sie den Abtastzeitpunkt auf der Grundlage der Dauer (**408**) des Spannungspulses ermittelt.

2. Regelschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltungsanordnung (300) so verschaltet ist, dass sie ein Ansteuersignal (V_G) zum Schließen des primärseitigen Schalters (T10) und ein Demagnetisierungssignal (V_{Demag}), das anzeigt, ob der Transformator (101) energielos ist, empfängt, um daraus die Dauer (408) des Spannungspulses zu ermitteln.

3. Regelschaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltungsanordnung (300) die folgenden Elemente umfasst: eine Konstantstromquelle (301), einen ersten Kondensator (C1), der durch die Konstantstromquelle (301) aufladbar ist, einen zweiten Kondensator (C2), der zu dem ersten Kondensator (C1) parallel schaltbar ist, einem Vergleicher (302), der mit jeweils einem Anschluss der beiden Kondensatoren (C1, C2) verbunden ist und so betrieben werden kann, dass er das Abtastsignal (112) ausgibt, wenn die Spannungen an den beiden Kondensatoren (C1, C2) gleich sind.

4. Regelschaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltungsanordnung (300) eine Vielzahl von Schaltern (S1 bis S4) aufweist, um das Aufladen und Entladen des ersten (C1) und zweiten (C2) Kondensators zeitlich zu koordinieren.

5. Regelschaltung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Konstantstromquelle (301) und dem ersten Kondensator (C1) ein erster Schalter (S1) angeordnet ist, dass parallel zu dem zweiten Kondensator (C2) ein zweiter Schalter (S2), über den der zweite Kondensator (C2) kurzschließbar ist, angeordnet ist, und dass der zweite Schalter (S2) von dem Abtastsignal (112) steuerbar ist, dass der erste (C1) und der zweite (C2) Kondensator mit jeweils einem Anschluss auf einem gemeinsamen Massepotential liegen und zwischen den jeweils anderen Anschlüssen ein dritter Schalter (S3) angeordnet ist, und dass parallel zu dem ersten Kondensator (C1) ein vierter Schalter (S4), über den der erste Kondensator (C1) kurzschließbar ist, angeordnet ist.

6. Regelschaltung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Ansteuersignal (V_G) für den primärseitigen Schalter (T10) auf H-Potential liegt, wenn der Schalter geschlossen ist, und auf L-Potential liegt, wenn der Schalter geöffnet ist, und dass das Demagnetisierungssignal (V_{Demag}) auf H-Potential liegt, wenn die Spannung an der Hilfswicklung (104) unterhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt, und auf L-Potential liegt, wenn die Spannung an der Hilfswicklung (104) oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt.

7. Regelschaltung nach einem der Ansprüche 4

bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltungsanordnung (300) weiterhin eine Steuervorrichtung (304) umfasst, die mindestens einen Ausgang zum Ansteuern der Vielzahl von Schaltern abhängig von der Dauer des Spannungspulses aufweist.

8. Regelschaltung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (304) ein erstes (FF1) und ein zweites (FF2) RS-Flipflop aufweist, wobei das erste RS-Flipflop (FF1) an seinem Setzeingang mit dem negierten Einschaltsignal und an seinem Rücksetzeingang mit dem Demagnetisierungssignal verbunden ist, und das zweite RS-Flipflop an seinem Setzeingang mit dem Demagnetisierungssignal und an seinem Rücksetzeingang mit dem Einschaltsignal verbunden ist, wobei ein Ausgang des ersten RS-Flipflops (FF1) den ersten Schalter (S1) ansteuert, weiterhin mit einem NOR-Gatter (306) zum Ansteuern des dritten Schalters (S3) verbunden ist und mit einem negierten Eingang eines UND-Gatters (308), dessen Ausgang den vierten Schalter (S4) ansteuert, verbunden ist, wobei ein Ausgang des zweiten RS-Flipflops (FF2) mit dem zweiten Eingang des NOR-Gatters (306) verbunden ist und weiterhin mit dem zweiten Eingang des UND-Gatters (308) verbunden ist.

9. Primärgesteuertes Schaltnetzteil mit einer Regelschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der primärseitige Schalter (T10) ein elektronischer Schalter, vorzugsweise ein Leistungs-Bipolartransistor, ist.

10. Schaltungsanordnung zum Erzeugen eines Abtastsignals, das den Abtastzeitpunkt, zu dem eine Regelgröße zur Regelung der Ausgangsleistung eines primärgesteuerten Schaltnetzteils ermittelt wird, festlegt, wobei das Schaltnetzteil einen primärseitigen Schalter (T10) und einen Transformator (101) mit einer Hilfswicklung (104), in der nach dem Öffnen des primärseitigen Schalters (T10) ein Spannungspuls induziert wird, aufweist und die Schaltungsanordnung (300) die folgenden Elemente umfasst: eine Konstantstromquelle (301), einen ersten Kondensator (C1), der durch die Konstantstromquelle (301) aufladbar ist, einen zweiten Kondensator (C2), der zu dem ersten Kondensator (C1) parallel schaltbar ist, einem Vergleicher (302), der mit jeweils einem Anschluss der beiden Kondensatoren (C1, C2) verbunden ist und so betrieben werden kann, dass er das Abtastsignal (112) ausgibt, wenn die Spannungen an den beiden Kondensatoren (C1, C2) gleich sind.

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Vielzahl von Schaltern (S1 bis S4) aufweist, um das Aufladen und Entladen des ersten (C1) und zweiten (C2) Kondensators zeitlich zu koordinieren.

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Konstantstromquelle (**301**) und dem ersten Kondensator (C1) ein erster Schalter (S1) angeordnet ist, dass parallel zu dem zweiten Kondensator (C2) ein zweiter Schalter (S2), über den der zweite Kondensator (C2) kurzschließbar ist, angeordnet ist, und dass der zweite Schalter (S2) von dem Abtastsignal (**112**) steuerbar ist, dass der erste (C1) und der zweite (C2) Kondensator mit jeweils einem Anschluss auf einem gemeinsamen Massepotential liegen und zwischen den jeweils anderen Anschlüssen ein dritter Schalter (S3) angeordnet ist, und dass parallel zu dem ersten Kondensator (C1) ein vierter Schalter (S4), über den der erste Kondensator (C1) kurzschließbar ist, angeordnet ist.

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass sie weiterhin eine Steuervorrichtung (**304**) umfasst, die mindestens einen Ausgang zum Ansteuern der Vielzahl von Schaltern (S1 bis S4) in Antwort auf mindestens ein Eingangssignal, das Information über die Dauer (**408**) des Spannungspulses enthält, aufweist.

14. Schaltungsanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Eingangssignal (V_G) durch ein Ansteuersignal für den primärseitigen Schalter (T10) und ein Demagnetisierungssignal (V_{Demag}), das auf N-Potential liegt, wenn die Spannung an der Hilfswicklung (**104**) unterhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt, und auf L-Potential liegt, wenn die Spannung an der Hilfswicklung (**104**) oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt, gebildet ist.

15. Schaltungsanordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (**304**) ein erstes (FF1) und ein zweites (FF2) RS-Flip-flop aufweist, wobei das erste RS-Flipflop (FF1) an seinem Setzeingang mit dem negierten Einschaltsignal und an seinem Rücksetzeingang mit dem Demagnetisierungssignal verbunden ist, und das zweite RS-Flipflop an seinem Setzeingang mit dem Demagnetisierungssignal und an seinem Rücksetzeingang mit dem Einschaltsignal verbunden ist, wobei ein Ausgang des ersten RS-Flipflops (FF1) den ersten Schalter (S1) ansteuert, weiterhin mit einem NOR-Gatter (**306**) zum Ansteuern des dritten Schalters (S3) verbunden ist und mit einem negierten Eingang eines UND-Gatters (**308**), dessen Ausgang den vierten Schalter (S4) ansteuert, verbunden ist, wobei ein Ausgang des zweiten RS-Flipflops (FF2) mit dem zweiten Eingang des NOR-Gatters (**306**) verbunden ist und weiterhin mit dem zweiten Eingang des UND-Gatters (**308**) verbunden ist.

16. Verfahren zur Regelung der Ausgangsleistung

eines primärgesteuerten Schaltnetzteils mit einem Transformator und einem primärseitigen Schalter, wobei der Transformator eine Hilfswicklung, in der nach dem Öffnen des primärseitigen Schalters ein Spannungspuls induziert wird, aufweist und das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: während eines Schaltzyklus Abtasten und Speichern einer Höhe des Spannungspulses in Antwort auf ein Abtastsignal, das einen Abtastzeitpunkt nach dem Öffnen des Schalters definiert, zum Erzeugen einer Regelgröße, Vergleichen der Regelgröße mit einem Sollwert und Einregeln der Ausgangsleistung abhängig von dem Ergebnis dieses Vergleichs, wobei der Abtastzeitpunkt auf der Grundlage der Dauer des Spannungspulses an der Hilfswicklung während eines vorangegangenen Schaltzyklus bestimmt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiteres Abtastsignal für einen nachfolgenden Schaltzyklus erzeugt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Abtastzeitpunkt mit Bezug auf den Zeitpunkt, zu dem der primäre Schalter öffnet, auf einen festen Bruchteil, vorzugsweise $2/3$ der Dauer des Spannungspulses festgesetzt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Erzeugens des Abtastsignals die folgenden Schritte aufweist: Aufladen eines ersten Kondensators nach dem Öffnen des Schalters, Vergleichen der Spannung an dem ersten Kondensator mit einer Spannung an einem zweiten Kondensator, der zu dem ersten Kondensator parallel schaltbar ist, und Ausgeben des Abtastsignals, wenn der Vergleich ergibt, dass die Spannungen an den beiden Kondensatoren gleich groß sind.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Kondensator nach dem Ausgeben des Abtastsignals entladen wird.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kondensator so lange aus einer Konstantstromquelle aufgeladen wird, bis der Spannungspuls endet.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Kondensator parallel geschaltet werden, wenn der Spannungspuls endet, so dass der zweite Kondensator durch den ersten Kondensator aufgeladen wird und an beiden Kondensatoren die gleiche Spannung anliegt.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Kondensatoren voneinander getrennt werden und der erste Kondensator entladen wird, wenn der primärseitige Schalter geschlossen wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Beginn des Spannungspulses durch ein Absinken eines Ansteuersignals für den primärseitigen Schalter auf L-Potential und das Ende des Spannungspulses durch ein Ansteigen eines Demagnetisierungssignals definiert ist, wobei das Demagnetisierungssignal auf H-Potential liegt, wenn die Spannung an der Hilfswicklung unterhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt, und auf L-Potential liegt, wenn die Spannung an der Hilfswicklung oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Einregeln der Ausgangsleistung das Anpassen der Zeitspanne, während welcher der primärseitige Schalter geöffnet ist, beinhaltet.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass der primärseitige Schalter ein Leistungs-Bipolartransistor, ein Feldefekttransistor (FET) oder ein Insulated-Gate-Bipolartransistor (IGBT) ist.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass Abtasten und Speichern der Höhe des Spannungspulses mittels eines Abtasthalteglieds (Sample-and-Hold-Element, S&H) erfolgt.

28. Verfahren zur Regelung der Ausgangsleistung eines primärgesteuerten Schaltnetzteils mit einem Transformator und einem primärseitigen Schalter, wobei der Transformator eine Hilfswicklung aufweist, in der nach dem Öffnen des primärseitigen Schalters ein erster Spannungspuls und nach dem Schließen des primärseitigen Schalters ein zweiter Spannungspuls induziert wird, und das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
während eines Schaltzyklus Abtasten und Speichern einer Höhe des ersten Spannungspulses zum Erzeugen einer Regelgröße,
Vergleichen der Regelgröße mit einem Sollwert und Einregeln der Ausgangsleistung abhängig von dem Ergebnis dieses Vergleichs,
Abtasten einer Höhe des zweiten Spannungspulses und Vergleichen mit einem Grenzwert und Einstellen eines sicheren Betriebsmodus des Schaltnetzteils, wenn der Vergleich ein Unterschreiten des Grenzwerts anzeigt.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellen eines sicheren Be-

triebsmodus das Abschalten eines Treibers, der den primärseitigen Schalter ansteuert, umfasst.

30. Primärgesteuertes Schaltnetzteil mit einem Transformator und einem primärseitigen Schalter, wobei der Transformator eine Hilfswicklung aufweist, in der nach dem Öffnen des primärseitigen Schalters erster Spannungspuls und nach dem Schließen des primärseitigen Schalters ein zweiter Spannungspuls induziert wird, dadurch gekennzeichnet, dass es eingerichtet ist, um das Verfahren nach Anspruch 28 oder 29 durchzuführen.

31. Verfahren zur Regelung der Ausgangsleistung eines primärgesteuerten Schaltnetzteils mit einem Transformator und einem primärseitigen Schalter, wobei der primärseitige Schalter durch einen Treiber ansteuerbar ist und das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Erfassen des Stroms, der durch eine Primärwicklung des Transformators fließt,
Vergleichen des erfassten Stroms mit einem ersten Schwellenwert und mit einem zweiten Schwellenwert,
Schalten des Treibers in einen hochohmigen Zustand, wenn der erfasste Strom den ersten Schwellenwert überschreitet,

Öffnen des primärseitigen Schalters, wenn der erfasste Strom den zweiten Schwellenwert überschreitet.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Schwellenwert 80 % des zweiten Schwellenwerts beträgt.

33. Verfahren nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, dass der Treiber ein Push-Pull-Treiber ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

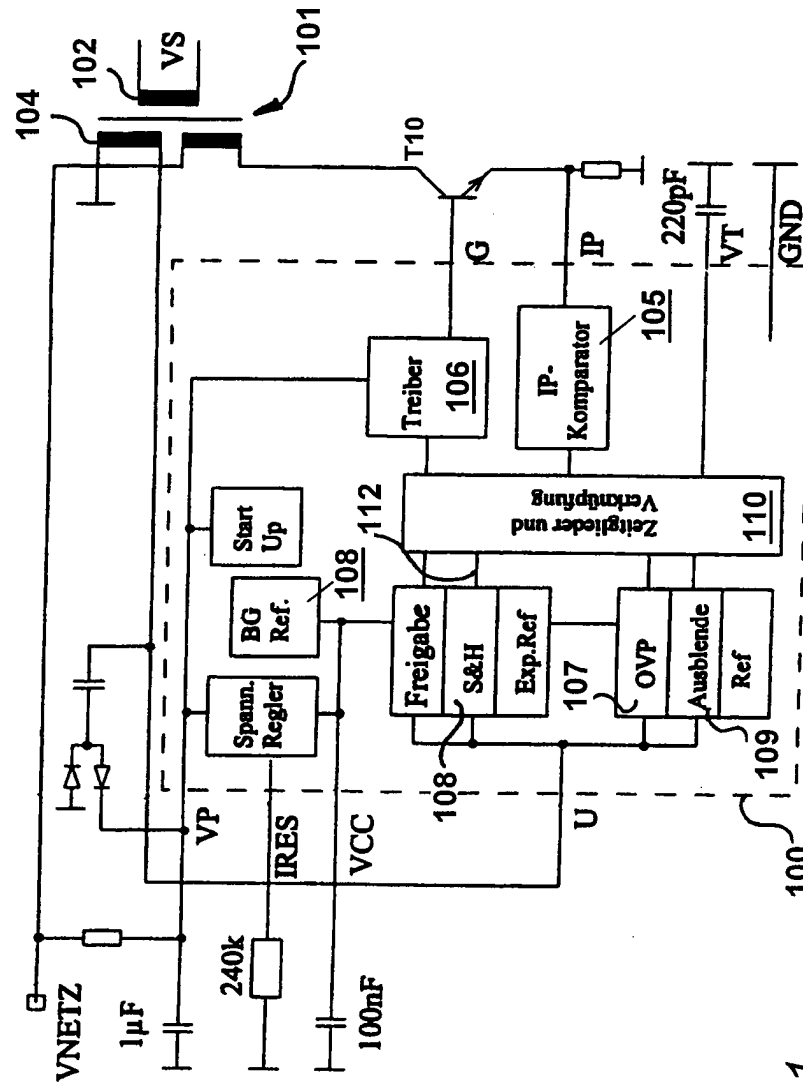


Fig. 1

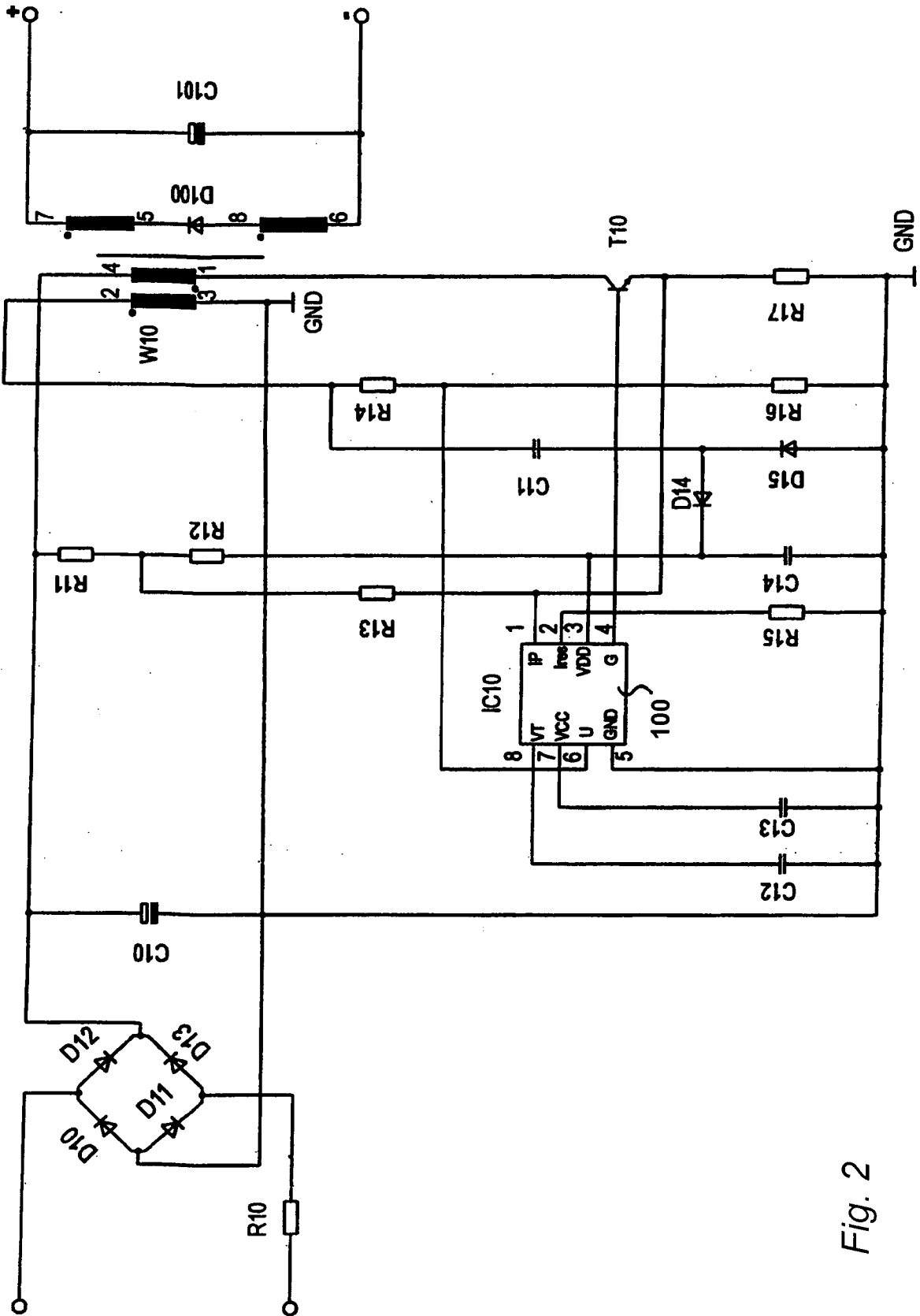


Fig. 2

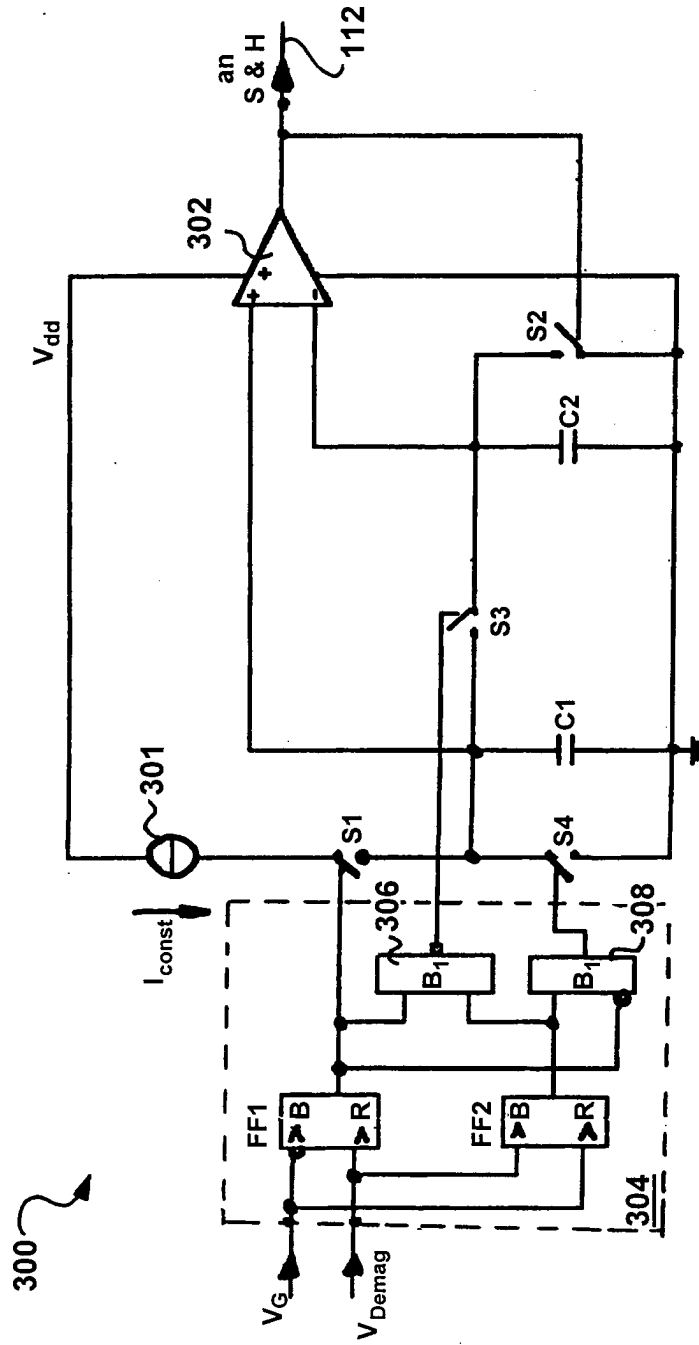


Fig. 3

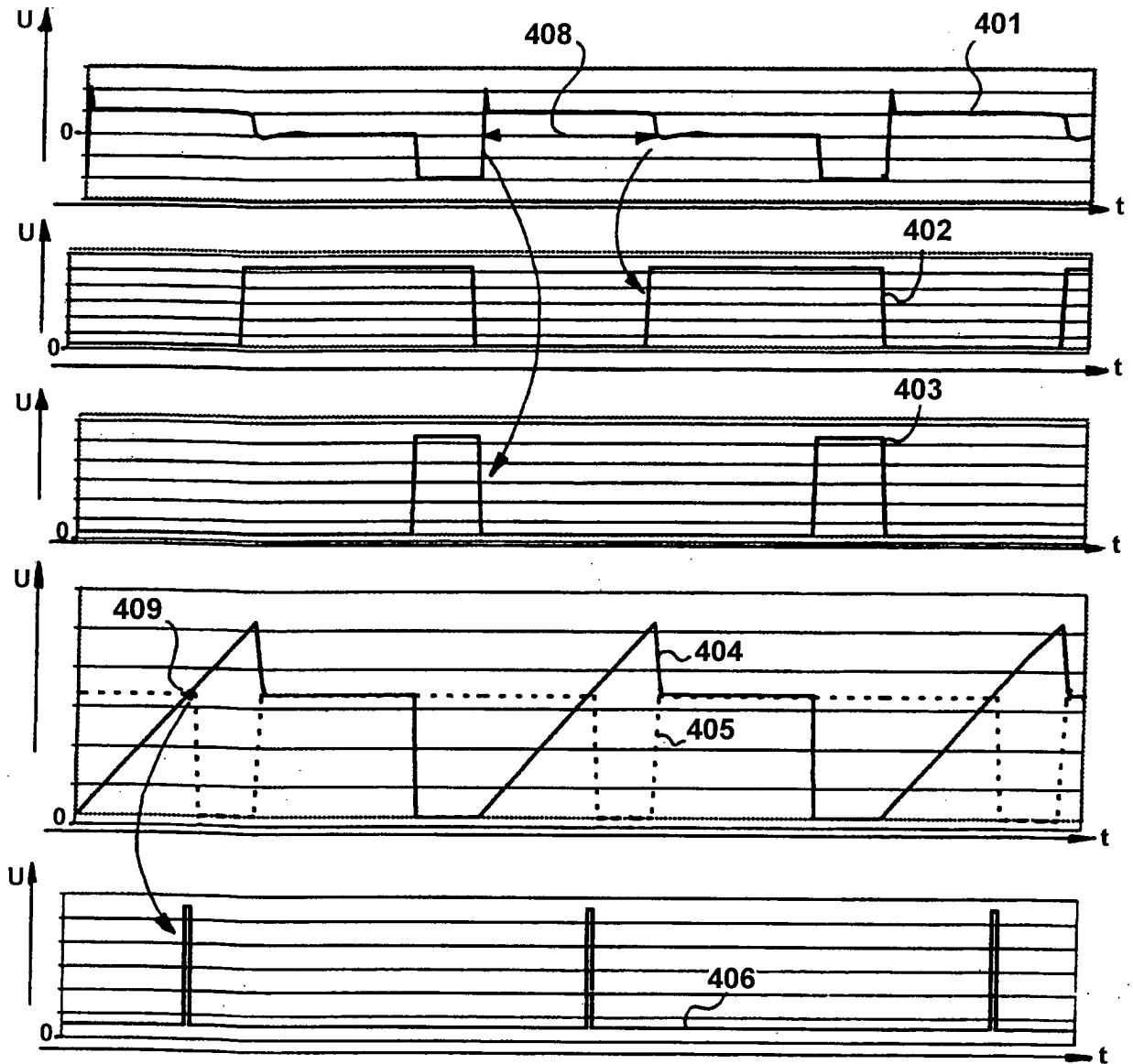


Fig. 4