



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 285 701 A7

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 02 M 7/5387
B 23 M 11/24

DEUTSCHES PATENTAMT

(21) DD H 02 M / 317 953 2

(22) 15.07.88

(45) 03.01.91

(71) siehe (73)

(72) Klärner, Thomas, Dipl.-Ing., DD

(73) Forschungszentrum für Umform- und Plastverarbeitungstechnik Zwickau, Scheringerstraße 1, Zwickau, 9541, DD

(54) Verfahren und Schaltungsanordnung zur Erzeugung von Strömen hoher Intensität mit annähernd rechteckförmigem Verlauf für induktive Verbraucher

(55) Strom hoher Intensität; Stromverlauf rechteckförmig; Verbraucher induktiv; Widerstandsnahtschweißen; Schweißumformer statisch; Kapazität; Spannungsüberhöhung; Energiequelle
(57) Verfahren und Schaltungsanordnung zur Erzeugung von Strömen hoher Intensität mit annähernd rechteckförmigem Verlauf für induktive Verbraucher und Schaltungsanordnungen zur Durchführung des Verfahrens. Die Erfindung beinhaltet ein Verfahren und Schaltungsanordnungen zur Erzeugung von Strömen hoher Intensität mit annähernd rechteckförmigem Verlauf für induktive Verbraucher. Mögliche Anwendungsgebiete sind z. B. statische Schweißumformer für das Widerstandsnahtschweißen bei hohen Geschwindigkeiten. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß eine Kapazität während der Reversierphase derart mit dem induktiven Verbraucher verbunden ist, daß in dieser Zeit an ihm eine Spannungsüberhöhung entsteht und dabei der induktive Verbraucher von der speisenden Energiequelle entkoppelt ist. Dazu werden geeignete Schaltungsanordnungen aufgezeigt. Fig. 1

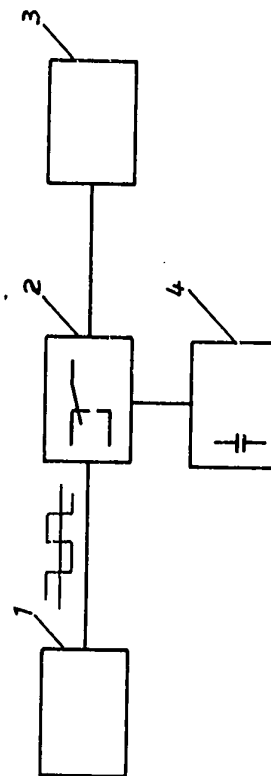


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Erzeugung von Strömen hoher Intensität mit annähernd rechteckförmigem Verlauf für induktive Verbraucher, mittels einer von einer Gleichspannungsquelle gespeisten Brückenschaltung, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Kapazität während der Reversierphase derart mit dem induktiven Verbraucher verbunden ist, daß an ihm eine Spannungsüberhöhung entsteht und dabei der induktive Verbraucher von der speisenden Energiequelle entkoppelt ist.
2. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Dioden (D) zwischen der Gleichspannungsquelle und der an sich bekannten Brückenschaltung eingesetzt sind sowie die Kapazität (C1) unmittelbar parallel zur Brückenschaltung angeschlossen ist.
3. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß den vier Halbleiterschaltelementen (S2) der Brückenschaltung jeweils eine Kapazität (C1) parallelgeschaltet ist, wobei jedes der vier Halbleiterschaltelemente (S2) durch die Reihenschaltung eines Transistors (T2) und einer Diode (D2) gebildet ist.
4. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei in Reihe geschaltete Halbleiterschaltelemente (S2) angeordnet sind, an deren Verbindungspunkt (B) ein Pol des induktiven Verbrauchers (R und L) angeschlossen ist, parallel zu jedem der Halbleiterschaltelemente (S2), jeweils gebildet durch die Reihenschaltung eines Transistors (T2) und einer Diode (D2), ist eine Kapazität (C2) angeordnet, der zweite Pol des induktiven Verbrauchers (R und L) ist in bekannter Weise am Verbindungspunkt (A) der Reihenschaltung zweier Schaltelemente (S1), je bestehend aus einem Transistor und einer antiparallel geschalteten Diode, angeschlossen, wobei die vier Halbleiterschaltelemente (S1; S2) eine Brückenschaltung bilden.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und Schaltungsanordnungen zur Erzeugung von Strömen hoher Intensität mit annähernd rechteckförmigem Verlauf für induktive Verbraucher, vorzugsweise für das Gebiet der elektrischen Widerstandsschweißtechnik. Mittels der Erfindungen lassen sich zum Beispiel statische Schweißumformer mit variabler Grundfrequenz f_0 und steilen Stromimpulsfolgen realisieren, wie sie für das Hochgeschwindigkeitsnahtschweißen vorteilhaft sind.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Gemäß dem Stand der Technik wird versucht, Ströme hoher Intensität mit annähernd rechteckförmigem Verlauf für induktive Verbraucher auf folgenden Wegen zu erzeugen:

- Eine Spannung mit rechteckförmigem Verlauf wird mittels einer Brückenschaltung erzeugt und dem induktiven Verbraucher zugeführt. Entsprechend der induktiven Zeitkonstante L/R ergibt sich ein verzerrter Stromverlauf gemäß einer Exponentialfunktion. Da die Werte für R und L meist vorgegeben sind, bzw. der Quotient L/R nicht beliebig verkleinert werden kann, treten häufig zu große Anstiegs- und Abfallzeiten auf.
- In der EP 0064570 werden ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung erläutert, womit steile, annähernd rechteckförmige Stromverläufe erzeugt werden sollen. Die Schaltungsanordnung beinhaltet einen ersten statischen Frequenzumrichter und mindestens einen zweiten Frequenzumrichter. Die Ausgänge der beiden Frequenzumrichter sind auf den Primärkreis eines Schweißtransformators geschaltet, während deren Eingänge mit einer Netzspannung von z. B. $3 \times 380\text{V}$ Drehstrom beaufschlagt sind. Die Netzspannung gelangt über Trenntransformatoren auf übliche Gleichrichterbrücken, die eine Gleichspannung erzeugen, mittels derer die eigentlichen Wechselrichterstufen, je bestehend aus einer Transistorstufe und einer Thyristorleistungstufe, gespeist werden. Weiterhin weist die Anordnung eine nicht näher dargestellte Steuerelektronik auf. Durch die phasen- und amplitudenrichtige Addition der Ausgangsspannungen der mindestens zwei Frequenzumrichter sollen steile, annähernd rechteckförmige Stromverläufe erzeugt werden. Um die schweißtechnisch erforderlichen steilen Stromverläufe während der Reversierphasen zu realisieren, ist es erforderlich bei Einsatz nur zweier Frequenzumrichter eine relativ hohe Grundfrequenz f_0 zu wählen. Das wirkt sich negativ bezüglich der Wirbelstromverluste aus. Um andererseits sehr steile Stromverläufe bei niedriger Grundfrequenz f_0 zu erhalten, müssen mehr als zwei Frequenzumrichter eingesetzt werden. Der Schaltungsaufwand dafür ist sehr hoch.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist geringer Aufwand zur Erzeugung von Strömen hoher Intensität, die z. B. für die Herstellung druckdichter Schweißnähte in hoher Qualität geeignet sind.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erzeugung von Strömen zu schaffen, das es ebenfalls ermöglicht, bei niedriger Grundfrequenz f_0 steile, annähernd rechteckförmige Stromverläufe in induktiven Verbrauchern zu erzeugen. Eine zweite Aufgabe besteht in der Aufzeigung geeigneter Schaltungsanordnungen auf der Basis von Brückenschaltungen zur Durchführung des Verfahrens.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst, indem eine Kapazität während der Reversierphase derart mit dem induktiven Verbraucher verbunden ist, daß in dieser Zeit an ihm eine Spannungsüberhöhung entsteht und dabei der induktive Verbraucher von der speisenden Energiequelle entkoppelt ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind Dioden zwischen der Gleichspannungsquelle und der an sich bekannten Brückenschaltung eingesetzt. Die Kapazität ist unmittelbar parallel zur Brückenschaltung angeschlossen.

Für besonders hohe Ansprüche an die Steilheit des Stromverlaufs im induktiven Verbraucher sind den vier Halbleiterschaltetelementen der Brückenschaltung jeweils eine Kapazität parallelgeschaltet. Jedes der vier Halbleiterschaltetelemente ist durch die Reihenschaltung eines Transistors und einer Diode gebildet.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind zwei in Reihe geschaltete Halbleiterschaltetelemente angeordnet, an deren Verbindungspunkt ein Pol des induktiven Verbrauchers angeschlossen ist. Parallel zu jedem der Halbleiterschaltetelemente, jeweils gebildet durch die Reihenschaltung eines Transistors und einer Diode, ist eine Kapazität angeordnet. Der zweite Pol des induktiven Verbrauchers ist in bekannter Weise am Verbindungspunkt der Reihenschaltung zweier Schaltelemente, je bestehend aus einem Transistor und einer antiparallel geschalteten Diode, angeschlossen. Die vier Halbleiterschaltetelemente bilden dabei eine Brückenschaltung.

Beim Einsatz eines induktiven Verbrauchers, der beispielsweise für das elektrische Widerstandsnahtschweißen Ströme mit rechteckförmigem Verlauf erfordert, ergibt sich folgender Ablauf:

Am Ende einer positiven Stromhalbwelle fließt von der speisenden Energiequelle ein maximaler Strom durch den Verbraucher. Mit Beginn der Reversierphase wird der Verbraucher von der speisenden Energiequelle entkoppelt und gleichzeitig mit der Kapazität verbunden. Dabei entsteht ein Schwingkreis, in welchem ein Umschwingvorgang stattfindet. Ist die Spannung an der Kapazität gleich dem Spannungswert der speisenden Energiequelle, wird der induktive Verbraucher wieder mit dieser verbunden. Während des Umschwingvorgangs tritt an der Kapazität und damit auch am induktiven Verbraucher eine Spannungsüberhöhung auf, in deren Folge eine steile Stromrichtungsumkehr im Verbraucher wirksam wird. Bis zum Ende der negativen Stromhalbwelle, bei dem ein analoger Reversiervorgang von Minus nach Plus beginnt, stellt sich ein maximaler negativer Strom ein.

Beim Einsatz der erfindungsgemäßen Lösung wird bei sehr geringem Aufwand eine sehr günstige Stromform erzielt, die bei niedriger Grundfrequenz f_0 hohe Stromsteilheiten aufweist.

Außerdem ergeben sich beim Einsatz der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in Rollnahtschweißmaschinen hohe Nahtqualitäten und hohe Energieeinsparungen.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll anhand von drei Ausführungsbeispielen in Verbindung mit 6 Zeichnungen erläutert werden. Diese Zeichnungen zeigen im einzelnen

Fig. 1: Prinzipdarstellung des Verfahrens gemäß Anspruch 1

Fig. 2: Erstes Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 2

Fig. 3: Strom- und Spannungsverläufe des Verbrauchers in der Anordnung gemäß Fig. 2 sowie entsprechend dem Stand der Technik

Fig. 4: Zweites Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 3

Fig. 5: Drittes Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 4

Fig. 6: Erfindungsgemäße Ausführung des Halbleiterschaltetelementes S2

Alle erfindungsgemäßen Schaltungsanordnungen gehen auf das Grundprinzip gemäß Fig. 1 zurück. Dabei wird über eine Umschalteinheit 2 der induktive Verbraucher 3 mit der speisenden Energiequelle 1 verbunden. Während der Reversierphase ist der induktive Verbraucher 3 von der speisenden Energiequelle 1 entkoppelt und mit einer Kapazität 4 so verbunden, daß ein Schwingkreis entsteht.

Die günstigste Form der konkreten Realisierung einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist in Fig. 2 dargestellt. Hier bilden die 4 Halbleiterschaltetelemente S1 eine Brückenschaltung, in deren Diagonale der Verbraucher, bestehend aus R und L, geschaltet ist. Eine Gleichspannungsquelle mit veränderbarer Spannung U_0 speist die Brückenschaltung. Die Erzeugung dieser variablen Gleichspannung ist nicht Gegenstand der Erfindung. Zwischen die Gleichspannungsquelle und die Brückenschaltung ist eine Diode D derart geschaltet, daß die Anode von D mit dem positiven Pol der Gleichspannungsquelle und die Katode von D mit der Brückenschaltung verbunden ist. Weiterhin ist eine Kapazität C1 zwischen die Katode von D und den negativen Pol der Gleichspannungsquelle geschaltet.

Unmittelbar vor der Reversierphase $t < t_1$ fließt durch den Verbraucher der maximale Strom I_0 . Im Intervall $t_1 < t < t_2$ fließt der Strom in seiner alten Richtung weiter und lädt dabei die Kapazität C1 über den Wert U_0 hinaus auf. Die Diode D wird daraufhin in Sperrichtung vorgespannt, sie trennt die Gleichspannungsquelle ab und die Kapazität C1 bildet mit R und L einen Schwingkreis. Zum Zeitpunkt $t = t_2$ erreicht die Spannung an der Kapazität C1 ihr Maximum, der Strom i_v hat den Wert Null. Im Intervall $t_2 < t < t_3$ entlädt sich die Kapazität C1 und der Strom i_v kehrt seine Richtung um. Zum Zeitpunkt $t = t_3$ erreicht die Kondensatorspannung wieder den Wert U_0 und die Diode D schaltet die Gleichspannungsquelle an die Brückenschaltung und damit an den Verbraucher an. Nach t_3 nähert sich der Strom bis zur nächsten Reversierphase dem Wert I_0 . Die Strom- und Spannungsverläufe am Verbraucher sind in Fig. 3 dargestellt. Die gestrichelten Verläufe entsprechen dabei dem Stand der

Technik. Auf Grund des völlig symmetrischen Aufbaus der Brückenschaltung können vorteilhaft vier identische Schaltelemente S1 verwendet werden, welche in integrierter Modulbauweise vorhanden sind.

Die Höhe des Stromes I_0 läßt sich über die Höhe U_0 variieren.

Eine zweite erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ist in Fig. 4 dargestellt. Hier bilden die vier identischen Halbleiterschaltetelemente S2 eine Brückenschaltung, in deren Diagonale der Verbraucher, bestehend aus R und L, geschaltet ist. Eine veränderbare Gleichspannungsquelle mit der Spannung U_0 speist die Brückenschaltung. Parallel zu jedem Halbleiterschaltetelement S2 ist ein Kondensator als Kapazität C1 geschaltet. Während der Reversierphase sind die beiden linken Kondensatoren sowie die beiden rechten Kondensatoren gemäß Fig. 4 über die Gleichspannungsquelle wechsellspannungsmäßig parallelgeschaltet. Diese beiden Kondensatorengruppen sind ihrerseits wieder wechsellspannungsmäßig in Reihe geschaltet, so daß sich eine wirksame Kapazität C1 ergibt.

Diese Kapazität C1 bildet während der Reversierphase mit R und L einen Schwingkreis analog dem vorigen Beispiel. Die Halbleiterschaltetelemente S2 müssen bei einer Anordnung gemäß Fig. 4 entsprechend Fig. 6 ausgebildet sein. Dabei hat die Diode D2 die Aufgabe, den Transistor T2 vor unzulässigen Inversspannungen zu schützen. Zwischen dem Sperren der einen Brückendiagonale und dem Ansteuern der anderen Brückendiagonale ist eine Verzögerungszeit zu realisieren um zu gewährleisten, daß die Dioden D2 in den anzusteuern den Halbleiterschaltetelementen S2 zu Beginn der Ansteuerung gesperrt sind. Die zugehörigen Transistoren T2 übernehmen dann automatisch im Nulldurchgang der Kondensatorspannung den Strom i_v . Die Höhe des Stromes i_v läßt sich wie im ersten Ausführungsbeispiel über die Höhe der Gleichspannung U_0 variieren. Der Vorteil des zweiten Ausführungsbeispiels besteht darin, daß sich bei gleicher Schwingkreisdimensionierung eine geringere Spannungsbelastung der Halbleiterschaltetelemente ergibt. Diese geringere Belastung der Halbleiterschaltetelemente resultiert aus der wechsellspannungsmäßigen Reihenschaltung der Kondensatorengruppen, infolge dessen sich die Spannungsüberhöhung jeweils auf zwei Halbleiterschaltetelemente S2 aufteilt. Andererseits ist es möglich, bei gleicher Spannungsbeanspruchung wie im ersten Beispiel durch veränderte Schwingkreisdimensionierung steilere Stromimpulsfolgen zu erzielen.

Ein drittes Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung zeigt Fig. 5. Es handelt sich um eine Brückenschaltung, die aus den beiden Halbleiterschaltetelementen S1 sowie den beiden Halbleiterschaltetelementen S2 gemäß Fig. 6 besteht. Im Diagonalzweig liegt der Verbraucher, bestehend aus R und L. Parallel zu den Halbleiterschaltetelementen S2 ist jeweils ein Kondensator als Kapazität C2 geschaltet. Eine veränderbare Gleichspannungsquelle mit der Spannung U_0 speist die Brückenschaltung. Während der Reversierphase sind die beiden Kondensatoren wechsellspannungsmäßig über die Gleichspannungsquelle parallelgeschaltet. Daraus resultiert bei gleicher Schwingkreisdimensionierung wie im ersten Ausführungsbeispiel für die Kondensatoren der Wert $C2 = 1/2 C1$. Der Vorteil dieser Schaltung besteht darin, daß lediglich die Halbleiterschaltetelemente S2 mit der Spannungsüberhöhung während der Reversierphase belastet werden, für S1 dagegen die Spannungsbelastung maximal U_0 beträgt. Das bedeutet, daß für S1 preiswerte Halbleiterschaltetelemente mit geringer Spannungsfestigkeit zum Einsatz gebracht werden können.

Die Einstellung der Höhe für i_v erfolgt wie im ersten Ausführungsbeispiel über die Einstellung der Spannung U_0 .

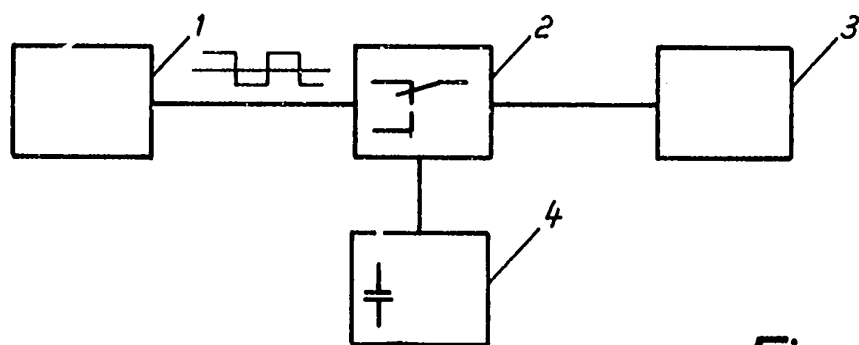


Fig. 1

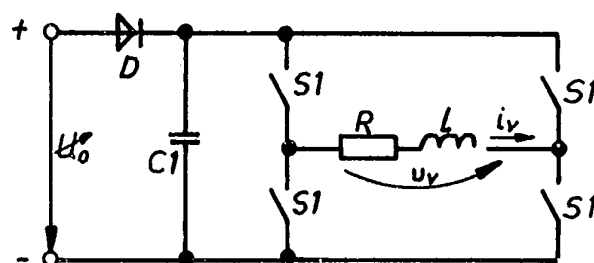


Fig. 2

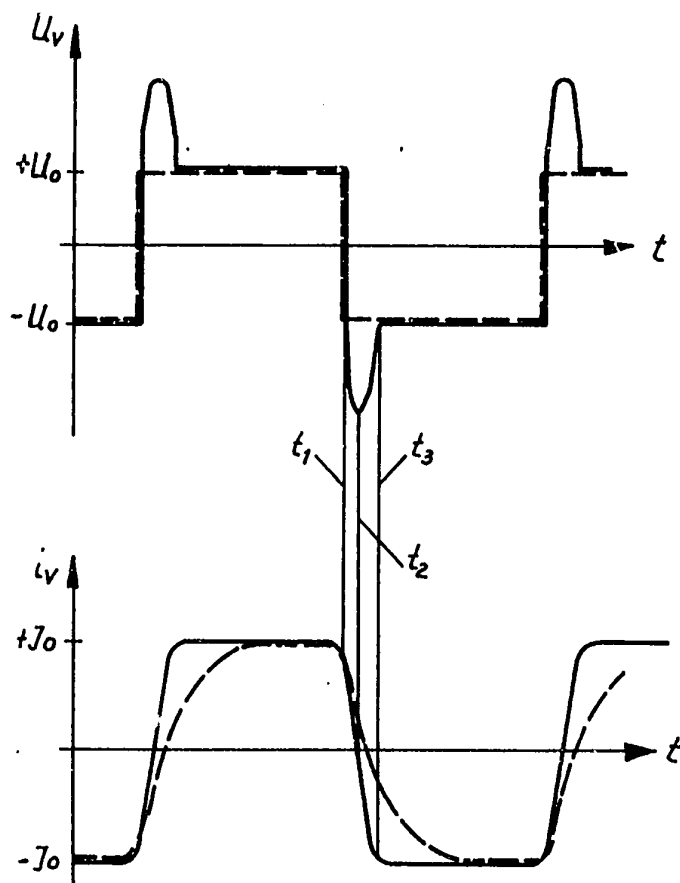


Fig. 3

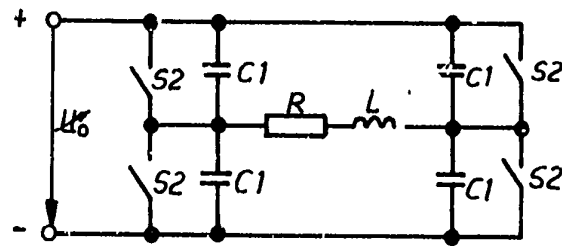


Fig. 4

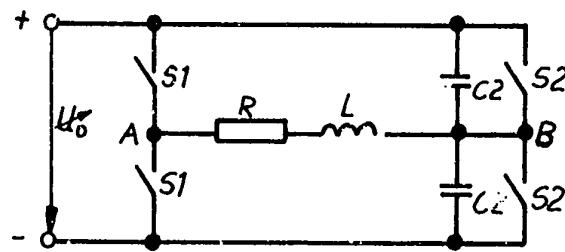


Fig. 5

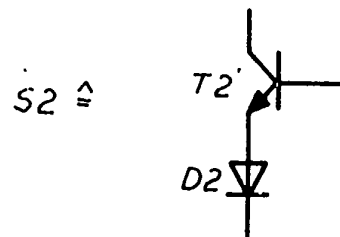


Fig. 6