



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1980/2000
(22) Anmeldetag: 24.11.2000
(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.2001
(45) Ausgabetag: 25.07.2002

(51) Int. Cl.⁷: **H02M 7/217**

(56) Entgegenhaltungen:
JP 09266665A

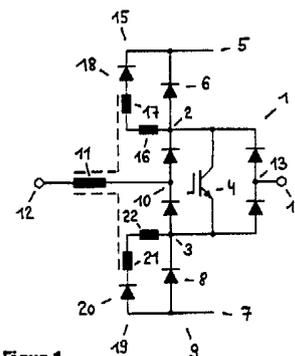
(73) Patentinhaber:
KOLAR JOHANN W. DIPL.ING. DR.
A-1050 WIEN (AT).

(72) Erfinder:
KOLAR JOHANN W. DIPL.ING. DR.
WIEN (AT).

(54) VORRICHTUNG ZUR VERRINGERUNG DER EINSCHALTVERLUSTE EINES UNIDIREKTIONALEN DREIPUNKT-PULSGLEICHRICHTERSYSTEMS

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verringerung der Einschaltverluste des Leistungstransistors eines Brückenzeiges eines unidirektionalen Dreipunkt-Puls-gleichrichtersystems. Erfindungsgemäß wird die Brücken-zweiggrundstruktur durch parallel zur ersten und zweiten Freilaufdiode (6) und (8) geschaltete Hilfszweige (15) und (19), jeweils gebildet durch Serienschaltung einer Hilfsinduktivität (16) bzw. (22), einer mit der Hauptwicklung der Vorschaltinduktivität (11) magnetisch gekoppelten Hilfs-wicklung (17) bzw. (21) und einer Hilfsdiode (18) bzw. (20), erweitert. Nach dem Abschalten des Leistungstransistors (4) kommutiert der Strom bei z.B. positivem, d.h. aus der Netzklemme (12) zufließendem Eingangsstrom in die Freilaufdiode (6). An der Vorschaltinduktivität (11) tritt somit eine physikalisch gegen die Netzklemme (12) gerichtete Spannung auf, die transformatorisch in die Hilfswicklung (17) eingekoppelt wird und zu einem Übergang des Stromes aus der Freilaufdiode (6) in den Hilfszweig (15) führt. Bei entsprechender Dimensionierung ist so am Ende des Ausschaltintervalls des Leistungstransistors (4) nur mehr der Hilfszweig (17) stromführend. Bei Wiedereinschalten

des Leistungstransistors (4) wird damit der Strom nicht direkt aus der Freilaufdiode (6) sondern mit durch die Hilfsinduktivität (16) definierter, geringer Steilheit aus der Hilfsdiode (18) übernommen, womit eine wesentliche Verringerung der Transistoreinschaltverluste erreicht wird.



Figur 1

AT 409 319 B

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verringerung der Einschaltverluste des Leistungs-transistors eines Brücken-zweiges eines unidirektionalen Dreipunkt-Puls-gleichrichtersystems mit Vorschaltinduktivitäten bzw. eingprägtem Eingangsstrom wie sie im Oberbegriff des Patentan-spruches 1 beschrieben ist.

5 Nach dem derzeitigen Stand der Technik wird für die Leistungstransistoren in Dreipunkt-Puls-gleichrichtersystemen z.B. Stromversorgungsanlagen von Telekommunikationssystemen i.a. keine Ein- oder Ausschaltentlastung vorgesehen. Dies liegt darin begründet, daß für Dreipunkt-konverter grundsätzlich geringere Schaltverluste als für Zweipunkt-konverter auftreten und bekannte verlust-
10 arme Schaltentlastungen für Dreipunkt-konverter einen relativ hohen Realisierungsaufwand aufwei-sen und deshalb nur bei bidirektionalen Dreipunkt-Traktionsstromrichtern hoher Leistung Anwen-dung finden. Auch verursachen dem Stand der Technik entsprechende Einschaltentlastungen Ausschaltüberspannungen womit der Vorteil von Dreipunkt-Konvertersystemen - die geringe Sperr-spannungsbelastung der Leistungstransistoren - teilweise verlorenght. Bekannte Ausschaltentlas-tungen führen wiederum zu einer Erhöhung der Strombelastung der Transistoren während des
15 Leitzustandes.

Allerdings wird bei der Neuanschaffung von Telekom-Stromversorgungssystemen neben hoher Zuverlässigkeit zunehmend auch auf einen hohen Wirkungsgrad der Energieumformung Bedacht genommen. Aufgrund des durchlaufenden Betriebes derartiger Systeme resultiert eine Verringe-
20 rung der Verluste in einer unmittelbaren Verringerung der Energiekosten, weiters kann die Strom-versorgung aufgrund des geringeren Kühlkörpervolumens kompakter ausgeführt und die Leistung der, die Stromversorgungsräume kühlenden Klimaanlage verringert werden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zur Einschaltentlastung eines Brücken-zweiges eines unidirektionalen Dreipunkt-Puls-gleichrichtersystems zu schaffen, die sehr geringen Realisierungsaufwand aufweist und nicht zum Auftreten einer Ausschaltüberspannung führt.

25 Dies wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des **Patentanspruches 1** erreicht. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entneh-men.

Die Grundstruktur eines Brücken-zweiges eines unidirektionalen Dreipunkt-Puls-gleichrichtersy-
30 stems wird in bekannter Weise (siehe Anmeldung A2612/93) durch eine wechsellspannungsseitige Vorschaltinduktivität, eine Einphasen-Diodenbrücke, einen zwischen den Gleichspannungsklem-men dieser Diodenbrücke liegenden Leistungstransistor und zwei Freilaufdioden gebildet, wobei die Vorschaltinduktivität zwischen einer Netzphasenklemme und einer ersten Wechsellspannungs-klemme der Einphasendiodenbrücke liegt und die erste, positive Gleichspannungsklemme der Ein-
35 phasendiodenbrücke über eine erste Freilaufdiode in Flußrichtung mit der positiven Ausgangs-spannungsschiene und die negative Ausgangsspannungsschiene über eine zweite Freilaufdiode in Flußrichtung mit der zweiten, negativen Gleichspannungsklemme der Einphasendiodenbrücke und die zweite Wechsellspannungsklemme mit dem (kapazitiven) Mittelpunkt der Ausgangsspannung verbunden wird. Innerhalb der positiven Halbschwingung wird der Eingangsstrom über den Leis-tungstransistor in den Ausgangsspannungsmittelpunkt oder, für gesperrten Leistungstransistor,
40 über die erste Freilaufdiode in die positive Ausgangsspannungsschiene geführt. Am Beginn der Leitphase des Leistungstransistors wird dann der Strom aus der ersten Freilaufdiode übernommen, aufgrund des Diodenrückstromes tritt eine relativ hohe Einschaltverlustleistung des Leistungstran-sistors auf, die durch eine Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit (die in einer Erhöhung der Spitzen-strombelastung des Transistors resultiert) nicht wesentlich beeinflußt werden können, da in jedem
45 Fall die Sperrverzugsladung der Freilaufdiode über den Transistor geführt wird. Die Abschaltverlus-te des Transistors, d.h. die bei Kommutierung des Stromes aus dem Leistungstransistor in die Frei-laufdiode auftretenden Verluste sind demgegenüber durch höhere Schaltgeschwindigkeit zu verrin-gern, wobei hier allerdings die am Transistor auftretende Ausschaltüberspannung eine Grenze setzt. Typisch entfallen so etwa 2/3 der Gesamtschaltverluste (die bei üblicher Dimensionierung in
50 Höhe der Halbleiterleitverluste liegen) auf die Einschaltverluste. Der Reduktion der Einschaltverlus-te kommt somit im Zuge einer Verbesserung des Wirkungsgrades eines Dreipunkt-Konverterzwei-ges besondere Bedeutung zu. Erfindungsgemäß kann eine Verringerung der Transistoreinschalt-verluste dadurch erreicht werden, daß antiparallel zur ersten und zweiten Freilaufdiode eine erste und zweite Hilfsdiode angeordnet wird wobei in Serie zur ersten Hilfsdiode eine mit der Eingangs-induktivität magnetisch gekoppelte erste Hilfswicklung und eine erste Hilfsinduktivität liegen und in
55

Serie mit der zweiten Hilfsdiode eine ebenfalls mit der Eingangsinduktivität magnetisch gekoppelte zweite Hilfswicklung und eine zweite Hilfeinduktivität angeordnet werden. Der Wicklungssinn der Hilfswicklungen wird so gewählt, daß die innerhalb des Abschaltintervalls des Leistungstransistors an der Hilfswicklung auftretende Spannung, für die jeweilige Stromrichtung nach dem Abschalten des Leistungstransistors den Strom übernehmende Freilaufdiode in Sperrichtung gepolt wird.

Wird nun der Leistungstransistor z.B. bei positivem Eingangsstrom abgeschaltet, kommutiert der Eingangsstrom in die erste Freilaufdiode. An der Eingangsinduktivität tritt somit eine gegen die Netzklemme gerichtete Spannung auf, die transformatorisch in die erste Hilfswicklung eingekoppelt wird. Diese Spannung führt zu einem, durch die erste Hilfsinduktivität (und die Streuinduktivität zwischen Hauptwicklung der Eingangsinduktivität und erster Hilfswicklung) verzögerten Übergang des Stromes aus der ersten Freilaufdiode in die erste Hilfsdiode. Bei entsprechender Dimensionierung ist so am Ende des Ausschaltintervalls des Leistungstransistors nur mehr die erste Hilfsdiode stromführend und die erste Freilaufdiode entsprechend der über der ersten Hilfswicklung auftretenden Spannung in Sperrichtung gepolt. Bei Wiedereinschalten des Leistungstransistors wird damit der Strom nicht direkt aus der ersten Freilaufdiode sondern mit, durch die erste Hilfsinduktivität definierter, geringer Steilheit aus der ersten Hilfsdiode übernommen, womit eine wesentliche Verringerung des Einschaltverluste erreicht wird. Analoge Verhältnisse liegen für die negative Eingangsstromhalbschwingung vor, wobei hier innerhalb des Abschaltintervalls des Leistungstransistors die zweite Freilaufdiode und die zweite Hilfsdiode an der Stromführung beteiligt sind.

Als wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Einschaltentlastung ist hervorzuheben, daß sich der Ausschaltvorgang des Leistungstransistors nicht von dem eines konventionellen Brücken-zweiges ohne Einschaltentlastung unterscheidet, d.h. es tritt zufolge der Einschaltentlastung keine Ausschaltüberspannung auf. Weiters kann bei entsprechender Anordnung der Hilfswicklungen auf dem Magnetkern der Eingangsinduktivität eine relativ hohe Streuinduktivität zwischen Haupt- und Hilfswicklungen realisiert und damit u.U. auf explizite Hilfsinduktivitäten verzichtet werden, womit insgesamt ein sehr geringer Realisierungsaufwand der Einschaltentlastung resultiert. Vorteilhaft kann die Einschaltentlastung auch für Dreipunktconverter-Brücken-zweigstrukturen Anwendung finden, für die anstelle eines Leistungstransistors zwei Leistungstransistoren eingesetzt werden, wobei diese dann in bekannter Weise antiparallel zu den mit dem Ausgangsspannungsmittelpunkt verbundenen Dioden der Einphasendiodenbrücke angeordnet werden.

Eine weitere Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Einschaltentlastung beschreibt der Kennzeichenteil des **Patentanspruches 2**.

Hiebei wird das dem Netz abgewandte Ende der Eingangsinduktivität erfindungsgemäß über eine Hilfsinduktivität und eine erste Hilfsdiode in Flußrichtung mit der positiven Ausgangsspannungsschiene verbunden und weiters von der negativen Ausgangsspannungsschiene eine zweite Hilfsdiode in Flußrichtung mit der Anode der ersten Hilfsdiode verbunden. Die erste Wechselspannungsklemme der Einphasendiodenbrücke wird dann an eine Anzapfung der Wicklung der Eingangsinduktivität gelegt, wobei i.a. der zwischen Netzklemme und Anzapfung liegende Wicklungsteil wesentlich höhere Windungszahl als der zwischen Anzapfung und Anode der ersten bzw. Kathode der zweiten Hilfsdiode liegende Wicklungsteil aufweist.

Die Anordnung der übrigen Leistungshalbleiter entspricht der unter Patentanspruch 1 beschriebenen und soll daher hier nicht näher ausgeführt werden. Auch die Funktion der Vorrichtung entspricht vollständig jener nach Patentanspruch 1, es sind lediglich die erste und zweite Hilfsinduktivität in der zwischen Anzapfung der Eingangsinduktivität und Anode der ersten Hilfsdiode liegenden Wicklung zusammengefaßt und der z.B. positive Phasenstrom nach dem Abschalten des Leistungstransistors nicht nur aus der ersten Freilaufdiode sondern aus der ersten Freilaufdiode und der zwischen erster Wechselspannungsklemme und der positiven Ausgangsklemme der Einphasendiodenbrücke liegenden Diode in die erste Hilfsdiode kommutiert, womit innerhalb des Ausschaltintervalls geringere Leitverluste resultieren. Weiters ist vorteilhaft keine Potentialtrennung der Hilfswicklungen und der Hauptwicklung der Eingangsinduktivität erforderlich. Allerdings werden die Hilfsdioden mit voller Ausgangsspannung in Sperrichtung beansprucht.

Weiters ist anzumerken, daß die Vorrichtung vorteilhaft in gleicher Form auch zur Verringerung der Einschaltverluste eines, durch zwei Freilaufdioden und einen, gegen den Ausgangsspannungsmittelpunkt geschalteten elektronischen Vierquadrantenschalter realisierten Brücken-zweiges herangezogen werden kann und die Hilfsinduktivität bei hinreichend hoher Streuung zwischen

Hilfs- und Hauptwicklung der Eingangsinduktivität entfallen kann.

Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen werden im weiteren anhand von, in den folgenden Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt:

Fig.1 Die Grundstruktur (vereinfachte, schematische Darstellung) der Einschaltentlastung nach Anspruch 1 in Verbindung mit der bekannten, durch sechs Dioden und einen Leistungstransistor gebildeten Grundstruktur eines Dreipunkt-Pulsgleichrichter-Brückenzeiges.

Fig.2 Die Grundstruktur (vereinfachte, schematische Darstellung) der Einschaltentlastung nach Anspruch 2 in Verbindung mit der bekannten, durch vier Dioden und zwei gegenseitig geschaltete Leistungstransistoren gebildeten Grundstruktur eines Dreipunkt-Pulsgleichrichter-Brückenzeiges. Für funktionsgleiche Bauelemente werden hierbei mit Fig.1 übereinstimmende Bezeichnungen verwendet.

In **Fig.1** ist die bekannte, durch eine Einphasendiodenbrücke 1, einen, zwischen deren positiver Ausgangsklemme 2 und negativer Ausgangsklemme 3 geschalteten Leistungstransistor 4 und eine von der positiven Ausgangsklemme 2 gegen die positive Ausgangsspannungsschiene 5 geschaltete erste Freilaufdiode 6 und eine von der negativen Ausgangsspannungsschiene 7 gegen die negative Ausgangsklemme 3 geschaltete zweite Freilaufdiode 8 gebildete Grundstruktur eines Brückenzeiges 9 eines unidirektionalen Dreipunkt-Pulsgleichrichtersystems gezeigt. Die erste Wechselspannungsklemme 10 der Einphasendiodenbrücke 1 ist über eine Vorschaltinduktivität 11 mit der jeweiligen Netzklemme 12 und die zweite Wechselspannungsklemme 13 der Einphasendiodenbrücke 1 mit dem Mittelpunkt 14 der Ausgangsspannung verbunden.

Erfindungsgemäß wird diese Brückenzeiggrundstruktur durch eine parallel zur ersten Freilaufdiode 6 geschaltete Serienschaltung 15 einer ersten Hilfsinduktivität 16, einer mit der Vorschaltinduktivität 11 magnetisch gekoppelten, d.h. auf dem Magnetkern der Vorschaltinduktivität 11 angeordneten und gleichen Wicklungssinn aufweisenden ersten Hilfswicklung 17 und eine mit der Kathode gegen die positive Ausgangsspannungsschiene 5 geschaltete erste Hilfsdiode 18 erweitert. Weiters wird parallel zur zweiten Freilaufdiode 8 eine Serienschaltung 19 einer, mit der Anode an der negativen Ausgangsspannungsschiene 7 liegenden zweiten Hilfsdiode 20, einer mit der Vorschaltinduktivität 11 magnetisch gekoppelten, d.h. auf dem Magnetkern der Vorschaltinduktivität 11 angeordneten und gleichen Wicklungssinn aufweisenden zweiten Hilfswicklung 21 und einer zweiten Hilfsinduktivität 22 angeordnet. Liegt der Wicklungsanfang der Vorschaltinduktivität 11 an der ersten Wechselspannungsklemme 10 der Einphasendiodenbrücke 1 wird dabei der Wicklungsanfang der ersten Hilfswicklung 17 an die Anode der ersten Hilfsdiode 18 und der Wicklungsanfang der zweiten Hilfswicklung 21 an die Kathode der zweiten Hilfsdiode 20 gelegt.

Wird nun der Leistungstransistor 4 bei z.B. positivem Eingangsstrom abgeschaltet, kommutiert der Eingangsstrom in die zwischen erster Wechselspannungsklemme 10 und positiver Ausgangsklemme 2 der Einphasendiodenbrücke liegende Diode und die erste Freilaufdiode 6. An der Vorschaltinduktivität 11 tritt somit eine gegen die Netzklemme 12 gerichtete Spannung auf, die transformatorisch in die erste Hilfswicklung 17 eingekoppelt wird. Diese Spannung führt zu einem, durch die erste Hilfsinduktivität 16 und die Streuinduktivität zwischen Vorschaltinduktivität 11 und erster Hilfswicklung 17 verzögerten Übergang des Stromes aus der ersten Freilaufdiode 6 in die erste Hilfsdiode 18. Bei entsprechender Dimensionierung ist so am Ende des Ausschaltintervalls des Leistungstransistors 4 nur mehr die erste Hilfsdiode 18 stromführend und die erste Freilaufdiode 6 entsprechend der über der ersten Hilfswicklung 17 auftretenden Spannung in Sperrichtung gepolt. Bei Wiedereinschalten des Leistungstransistors 4 wird damit der Strom im Gegensatz zum Stand der Technik nicht direkt aus der ersten Freilaufdiode 6 sondern mit, durch die erste Hilfeinduktivität 16 definierter, geringer Steilheit aus der ersten Hilfsdiode 18 übernommen, womit eine wesentliche Verringerung der Transistoreinschaltverluste erreicht wird. Analoge Verhältnisse liegen für die negative Eingangstromhalbschwingung vor, wobei hier innerhalb des Abschaltintervalls des Leistungstransistors 4 die zweite Freilaufdiode 8 und die zweite Hilfsdiode 20, die zweite Hilfswicklung 21 und die zweite Hilfeinduktivität 22 an der Stromführung beteiligt sind.

In **Fig.2** ist die bekannte, durch eine erste und eine zweite Freilaufdiode 6 und 8 und einen elektronischen Vierquadrantenschalter, ausgeführt als Gegenseitenschaltung 23 von zwei Leistungstransistoren 24 und 25 mit jeweils antiparalleler Diode 26 und 27, gebildete Struktur eines Dreipunkt-konverterbrückenzeiges gezeigt. Die Anode der ersten Freilaufdiode 6 ist hierbei direkt mit der Kathode der zweiten Freilaufdiode 8 und über die Gegenseitenschaltung 23 mit dem Mittel-

punkt der Ausgangsspannung verbunden.

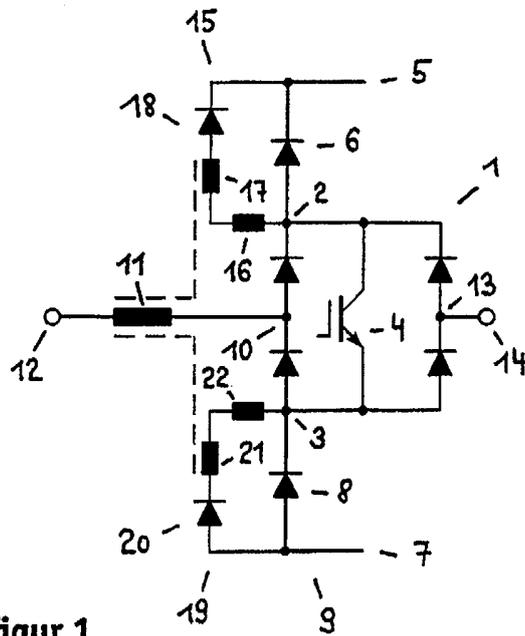
Erfindungsgemäß wird das der Netzklemme 12 abgewandte Ende der Eingangsinduktivität 11 über eine Hilfeinduktivität 28 und eine erste Hilfsdiode 18 in Flußrichtung mit der positiven Ausgangsspannungsschiene verbunden und weiters die Kathode 29 einer mit der Anode an der negativen Ausgangsspannungsschiene liegenden zweite Hilfsdiode 20 mit der Anode der ersten Hilfsdiode 18 verbunden. Die Anode der ersten Freilaufdiode 6 wird dann an eine Anzapfung 30 der Wicklung der Eingangsinduktivität 11 gelegt, wobei i.a. der zwischen den Netzklemme 12 und Anzapfung 30 liegende Wicklungsteil 31 wesentlich höhere Windungszahl als der von der Anzapfung 29 gegen die Kathode 28 der zweiten Hilfsdiode 20 abzweigende Wicklungsteil 32 aufweist.

Wie einfach zu überlegen, entspricht die Funktion der erfindungsgemäßen Vorrichtung somit jener nach Fig.1, es sind lediglich vorteilhaft die erste und zweite Hilfswicklung 17 und 21 im Wicklungsteil 32 und die erste und zweite Hilfeinduktivität 16 und 22 in der Hilfeinduktivität 28 zusammengefaßt und der Strom wird nach dem Abschalten des Vierquadrantenschalters aus der ersten Freilaufdiode 6 in den Wicklungsteil 32 der Vorschaltinduktivität, die Hilfeinduktivität 28 und die erste Hilfsdiode 18 kommutiert. Eine nähere Erklärung der Funktion kann daher unterbleiben.

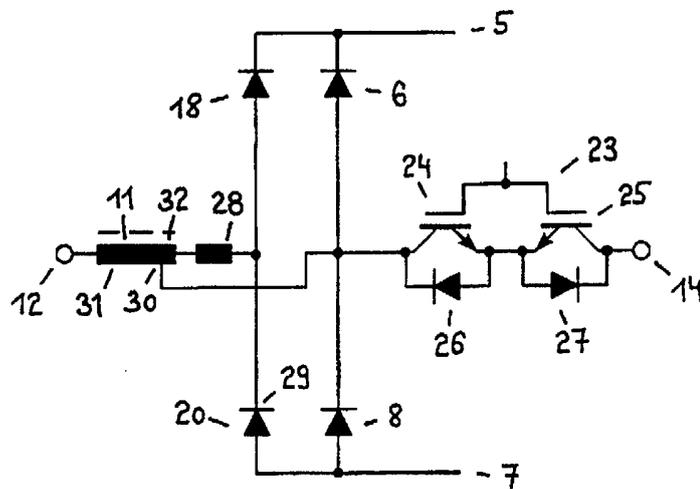
PATENTANSPRÜCHE:

1. Vorrichtung bestehend aus Dioden, Induktivitäten und gekoppelten Spulen zur Verringerung der Einschaltverluste des Leistungstransistors (4) eines Brückenzeiges eines unidirektionalen Dreipunktkonverters der eine Einphasendiodenbrücke (1), einen Leistungstransistor (4), zwei Freilaufdioden (6) und (8) und eine Vorschaltinduktivität (11) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß parallel zur ersten Freilaufdiode (6) ein erster Hilfszweig (15), gebildet aus der Serienschaltung einer ersten Hilfsinduktivität (16), einer mit der Vorschaltinduktivität (11) magnetisch gekoppelten, d.h. auf dem Magnetkern der Vorschaltinduktivität (11) angeordneten und gleichen Wicklungssinn aufweisende erste Hilfswicklung (17) und einer mit der Kathode gegen die positive Ausgangsspannungsschiene (5) geschalteten erste Hilfsdiode (18) angeordnet wird und weiters parallel zur zweiten Freilaufdiode (8) ein zweiter Hilfszweig (19), gebildet durch Serienschaltung einer, mit der Anode an der negativen Ausgangsspannungsschiene (7) liegenden zweiten Hilfsdiode (20), einer mit der Vorschaltinduktivität (11) magnetisch gekoppelten, d.h. auf dem Magnetkern der Vorschaltinduktivität (11) angeordneten und gleichen Wicklungssinn aufweisenden zweiten Hilfswicklung (21) und einer zweiten Hilfsinduktivität (22) gelegt wird, wobei bei Wicklungsanfang der Vorschaltinduktivität (11) an der ersten Wechselspannungsklemme (10) der Einphasendiodenbrücke (1) der Wicklungsanfang der ersten Hilfswicklung (17) an die Anode der ersten Hilfsdiode (18) und der Wicklungsanfang der zweiten Hilfswicklung (21) an die Kathode der zweiten Hilfsdiode (20) gelegt wird.
2. Vorrichtung bestehend aus Dioden, Induktivitäten und gekoppelten Spulen zur Verringerung der Einschaltverluste des Leistungstransistors (4) eines Brückenzeiges eines unidirektionalen Dreipunkt-Pulsleichrichtersystems, der durch eine Einphasendiodenbrücke (1), einen Leistungstransistor (4) und zwei Freilaufdioden (6,8) oder durch zwei Freilaufdioden (6,8) und einen elektronischen Vierquadrantenschalter gebildet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das der Netzklemme (12) abgewandte Ende der Eingangsinduktivität (11) über eine Hilfsinduktivität (28) und eine erste Hilfsdiode (18) in Flußrichtung mit der positiven Ausgangsspannungsschiene (5) verbunden wird und weiters die Kathode (29) einer mit der Anode an der negativen Ausgangsspannungsschiene (7) liegenden zweiten Hilfsdiode (20) an die Anode der ersten Hilfsdiode (18) gelegt wird und die Anode der ersten Freilaufdiode (6) und die Kathode der zweiten Freilaufdiode (8) mit einer Anzapfung (30) der Wicklung der Eingangsinduktivität (11) verbunden wird.

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN



Figur 1



Figur 2