

(12) **PATENTCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 2433/87

(51) Int.Cl.⁵ : H02M 3/07

(22) Anmeldetag: 25. 9.1987

(42) Beginn der Patentdauer: 15.12.1989

(45) Ausgabetag: 10. 7.1990

(56) Entgegenhaltungen:

US-PS4186437 DE-OS2558656

(73) Patentinhaber:

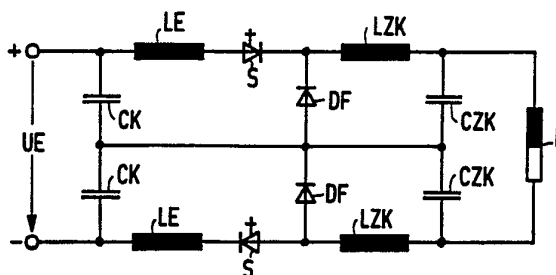
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT ÖSTERREICH
A-1211 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

ALMEDER ERNST ING.
WIEN (AT).
POTAKOWSKYJ PETER DIPL.ING.
WIEN (AT).
CYBA EDWARD M.
WIEN (AT).
SOMMER HELMUT DIPL.ING.
WIEN (AT).

(54) VORRICHTUNG ZUR GLEICHSPANNUNGSWANDLUNG EINER EINGANGSSPANNUNG

(57) Die Spannungsfestigkeit eines Gleichspannungswandlers wird dadurch erhöht, daß zwei elektronische Schalter (S) in Serie geschaltet werden. Werden sie aber nicht zum gleichen Zeitpunkt geöffnet oder geschlossen, so liegt an einem Schalter (S) die volle Eingangsspannung (UE) an, die ihn zerstören kann. Daher sind die Schalter (S) über einen kapazitiven Spannungsteiler aus eingangsseitig zwei Koppelkondensatoren (CK) und ausgangsseitig zwei Zwischenkreiskondensatoren (CZK) mit jeweils gleicher Kapazität gekoppelt und die Verbindung der Koppelkondensatoren (CK) mit der Verbindung der Zwischenkreiskondensatoren (CZK) verbunden. Daher kann der Einschaltzeitpunkt innerhalb der Typenstreuung der Bauelemente variieren, ohne daß ein Schalter (S) zerstört wird. Aufgrund der Bauteiltoleranzen ist es notwendig, zur genauen Aufrechterhaltung der Spannungsteilung die Einschaltdauer desjenigen Schalters (S) zu verkürzen, in dessen Zweig die Schaltzweigschaltung kleiner als die Hälfte der Eingangsspannung (UE) ist.



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Gleichspannungswandlung einer Eingangsspannung, bei der eingangsseitig mindestens zwei elektronische Schalter mit Ansteuer Elektronik im Hauptstromkreis in Serie geschaltet sind, die über einen kapazitiven Spannungsteiler aus einem Koppelkondensator und einer Freilaufdiode je Schalter gekoppelt sind, wobei ausgangsseitig mindestens ein Zwischenkreiskondensator den Freilaufdioden parallel geschaltet ist.

Eine Vorrichtung mit einem elektronischen Schalter wird in der etz Band 104 (1983), Heft 24, Seite 1241 - 1244 beschrieben. Unter anderem wird die Eignung von Gleichstromstellern und Wechselrichtern im Hochleistungsbereich erwähnt. Für die Anwendungen sind gegebenenfalls mehrere elektronische Schalter parallel zu schalten. Um auch noch Spannungsfestigkeit im kV-Bereich zu erzielen, ist es naheliegend, die elektronischen Schalter in Serie zu schalten. Bei einer derartigen Serienschaltung muß aber sichergestellt werden, daß die Schalter exakt zum gleichen Zeitpunkt aus- oder einschalten. Andernfalls tritt an einem oder mehreren Schaltern eine überhöhte Spannung auf, die zu deren Zerstörung führen kann.

Eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 ist aus der DE-OS 25 58 656 bekannt. Bei einem nachgeschalteten Integrationsfilter wird dann durch Variation der Taktfrequenz an den elektronischen Schaltern eine Spannungsregelung am Ausgang bewirkt. Durch die Art der Beschaltung ergibt sich eine Serienschaltung von Gleichspannungswandlern als Zweige mit kapazitiv gekoppelten Schaltern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Spannungsverschiebung zwischen den Teilen der Eingangsspannung auszugleichen.

Dies wird gemäß Patentanspruch 1 dadurch erreicht, daß die Schalter ausgangsseitig über eine Serienschaltung von je einem Zwischenkreiskondensator je Schalter gekoppelt sind, die Koppel- und Zwischenkreiskondensatoren jeweils gleiche Kapazität aufweisen und die Verbindung der Koppelkondensatoren mit der Verbindung der Zwischenkreiskondensatoren verbunden ist und daß die Ansteuer Elektronik derart aufgebaut ist, daß die Einschaltzeitdauer desjenigen Schalters verkürzt ist, in dessen Zweig die Spannung kleiner als die durch die Zahl der Schalter geteilte Eingangsspannung ist.

Dadurch können herstellungsbedingte Toleranzen der Bauelemente ausgeglichen werden. Bei gleichzeitiger Ansteuerung kann der Einschaltzeitpunkt innerhalb der Typenstreuung der Bauelemente (μsec -Bereich) variieren, ohne daß ein Schalter beschädigt wird. Jeder Zweig des Gleichspannungswandlers trägt nur jenen Teil zur Zwischenkreisspannung bei, der durch den Spannungsteiler festgelegt ist. Somit liegt an jedem Zweig auch nur dieser Teil der Eingangsspannung an. Der Ausgleich der Schaltzeitspannungen erfolgt mit Hilfe der Regelung durch die Ansteuer Elektronik. Eine Verlängerung der Einschaltzeitdauer würde im Gegensatz zur Erwartung die Spannung weiter verringern.

Die Verlustleistung des Gleichspannungswandlers wird dadurch verringert, daß zur verlustarmen Schaltentlastung jeder Schalter mit einem Ausschaltentlastungsnetzwerk verbunden ist, in dem eine Serienschaltung eines Parallelkondensators und einer Paralleldiode parallel zum Schalter und eine Serienschaltung eines Brückenkondensators und einer Brückendiode parallel zu jeder Freilaufdiode angeordnet ist und in dem eine Serienschaltung aus einem Sperrelement und einer Ladedrossel zwischen die Verbindung von Parallelkondensator und Paralleldiode und die Verbindung von Brückenkondensator und Brückendiode geschaltet ist. Der zuvor durch eine Last fließende Strom wird während des Ausschaltens auf die beiden Entlastungszweige mit dem Parallel- und Brückenkondensator umgeleitet. Beim Einschalten werden die beiden Kondensatoren umgeladen und damit wieder für ein Ausschalten vorbereitet. Es treten keine prinzipbedingten Verluste auf, da lediglich Kondensatoren aufgeladen werden. Dadurch wird der angestrebte hohe Wirkungsgrad erreicht und die Belastbarkeit der Schalter insbesondere bei hohen Frequenzen erhöht.

Bei bestimmten Lastzuständen, wie kleiner Last oder höherer Eingangsspannung, kann es aber zum sogenannten Lückbetrieb kommen. Der Strom durch die Freilaufdiode ist auf Null abgesunken, der Schalter hat aber noch nicht eingeschaltet. Daher kommt es zu Umladevorgängen auf dem Parallel- und Brücken-zweig, was beim darauffolgenden Einschalten die Wirkung des Ausschaltentlastungsnetzwerkes herabsetzt. Daher ist das Sperrelement als Ladeschalter ausgebildet, oder das Sperrelement als Ladediode ausgebildet und eine Sperrdiode entgegen der Durchlaßrichtung der Freilaufdiode zwischen der Freilaufdiode und dem Schalter angeordnet. Der Ladeschalter muß gleichzeitig mit dem anderen Schalter eingeschaltet werden und mindestens während des Umschwingvorganges eingeschaltet bleiben. Spätestens beim Ausschalten des anderen Schalters muß er aber ebenfalls ausgeschaltet werden. Die Blockierspannung des Ladeschalters muß mindestens so hoch sein wie die Eingangsspannung, und er verursacht keine Durchlaßverluste. Die Sperrdiode verhindert das Entladen des Parallelkondensators bzw. das Aufladen des Brückenkondensators im Lückbetrieb. Die Sperrspannung der Sperrdiode muß mindestens der Ausgangsspannung an der Last entsprechen und kann daher in manchen Anwendungen wesentlich kleiner sein als die Blockierspannung des Schalters bzw. die Sperrspannung der anderen Dioden. Bei der Verwendung eines asymmetrischen GTO-Thyristors als Schalter ist keine antiparallele Diode mehr notwendig. Im Gegensatz zum Ladeschalter benötigt die Sperrdiode keine potentialfreie Ansteuerung.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispieles und von Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 das Prinzipschaltbild eines Gleichspannungswandlers und

Fig. 2 seine detailliertere Beschaltung.

Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines Tiefsetzstellers mit zwei seriell geschalteten elektronischen Schaltern (S), der für eine Eingangsspannungsfestigkeit von 9 kV ausgelegt ist. Dabei liegen an jedem Schalter

(S) 4,5 kV an. Der Anstieg des Eingangsstromes im Hauptstromkreis wird von Eingangsdrosseln (LE) begrenzt. Der Strom im Zwischenkreis wird bei geöffneten Schaltern (S) von zwei Freilaufdioden (DF) und zwei Zwischenkreisdrosseln (LZK) aufrechterhalten. Eine Last (L) ist mit dem Zwischenkreis verbunden.

Eine Koppelung der beiden Schalter (S) erfolgt über zwei Koppelkondensatoren (CK) im Eingangskreis und zwei Zwischenkreiskondensatoren (CZK) im Zwischenkreis. Die Verbindung der Kondensatoren (CK), (CZK) sind gleichfalls untereinander verbunden. Da die Koppelkondensatoren (CK) und Zwischenkreiskondensatoren (CZK) untereinander jeweils gleiche Kapazität aufweisen, liegt jeweils eine der halben Eingangsspannung (UE) entsprechende Schaltzweigspannung an den Schaltern (S) an. Es handelt sich daher quasi um zwei seriell geschaltete und kapazitiv gekoppelte Tiefsetzsteller.

Fig. 2 zeigt die genauere Beschaltung der elektronischen Schalter (S). Es werden GTO-Thyristoren verwendet, die von einer Ansteuerlektronik (AE) ein- und ausgeschaltet werden. Zu den Eingangsdrosseln (LE) ist jeweils ein Eingangswiderstand (RE) mit Eingangsdiode (DE) zur Abmagnetisierung der Eingangsdrossel (LE) im Freilauf bei geschlossenem Schalter (S) parallelgeschaltet.

Ein Ausschaltentlastungsnetzwerk (AEW) ist so aufgebaut, daß es ohne prinzipbedingte Verluste arbeitet und darüberhinaus den Schalter (S) beim Einschalten nur mit einem geringen zusätzlichen Strom belastet. Es besteht aus einer Serienschaltung eines Parallelkondensators (CP) und einer Paralleldiode (DP) parallel zum Schalter (S) und einer Serienschaltung aus einem Brückenkondensator (CB) und einer Brückendiode (DB), die parallel zur Freilaufdiode (DF) mit der Kathode (K) verbunden ist. Eine Ladediode (DL) und eine Ladedrossel (LL) verbinden die beiden Entlastungszweige. Eine Sperrdiode (DS) ist zwischen der Kathode (K) des Schalters (S) und dem Zwischenkreis angeordnet.

Zur Beschreibung der Entlastungsfunktion sei erst angenommen, daß sich zuvor im Schaltzustand (EIN) ein nennenswerter Strom durch die Last (L) und den Schalter (S) ausgebildet hat. Die Last-Zeitkonstante sei dabei so groß, daß der Laststrom während des Ausschaltens als praktisch konstant vorausgesetzt werden kann. Weiters wird angenommen, daß unmittelbar vor dem Ausschalten der Parallelkondensator (CP) entladen und der Brückenkondensator (CB) auf die Eingangsspannung (U) aufgeladen ist. Parallel- und Brückenkondensator (CP), (CB) haben jeweils gleiche Kapazität, die halb so groß ist, wie sie bei verlustbehafteten Ausschaltentlastungsnetzwerken gewählt wird.

Wird nun der Schalter (S) abgeschaltet, so beginnt der durch Last (L) und Schalter (S) fließende Strom bereits bei einer geringen Erhöhung der Spannung zwischen Anode (A) und Kathode (K) jeweils zur Hälfte auf die beiden Entlastungszweige überzuwechseln. Der Parallelkondensator (CP) wird dabei auf die Schaltzweigspannung (U) aufgeladen, während der Brückenkondensator (CB) entladen wird. Die Kondensatoren (CP), (CB) sind während des Ausschaltens also parallel wirksam. Beim anschließenden Einschalten des Schalters (S) entlädt sich der Parallelkondensator (CP) über die Ladediode (DL), die Ladedrossel (LL), den Brückenkondensator (CB) und den Schalter (S), während der Brückenkondensator (CB) dabei auf die Schaltzweigspannung (U) aufgeladen wird. Dadurch ist das Ausschaltentlastungsnetzwerk (AEW) wieder für ein Ausschalten vorbereitet, ohne daß prinzipbedingte Verluste aufgetreten sind. Parallel- und Brückenkondensator (CP), (CB) sind während dieser Umladung in Reihe geschaltet, so daß nur die Hälfte der diesen Kondensatoren (CP), (CB) während des Ausschaltens zufließenden Ladung im Anschluß an das Einschalten über den Schalter (S) fließt. Dadurch wird die Einschaltbelastung des Schalters (S) gering gehalten.

Der Anoden-Kathodenstrom des Schalters (S) geht beim Ausschalten so auf den Wert Null zurück, wie der Strom über die beiden Entlastungszweige auf den momentanen Laststrom ansteigt. Demzufolge springt die Spannung zwischen Anode (A) und Kathode (K) nicht schlagartig auf den Wert der Schaltzweigspannung (U), sondern wächst stetig an. Anschließend wechselt der Laststrom in endlicher Zeit auf die Freilaufdiode (DF) über, und die Ströme in den Entlastungszweigen sinken infolgedessen wieder auf Null ab. Damit ist der Ausschaltvorgang abgeschlossen.

Die Belastung des Schalters (S) unmittelbar nach dem Einschalten durch das Ausschaltentlastungsnetzwerk (AEW) ist das Verhältnis der Ladung, die über den Schalter (S) fließt, zu jener, die Parallel- und Brückenkondensator (CP), (CB) während des Ausschaltens zufließt. Die Umladung der Kondensatoren (CP), (CB) beim Einschalten stellt eine zusätzliche Belastung des Schalters (S) dar. Sie ergibt sich aus der Kurvenform und damit auch aus dem Maximalwert des über den Schalter (S) zusätzlich fließenden Umladestromes. Nach Ablauf der Umladezeit weisen Parallel- und Brückenkondensator (CP), (CB) wieder die für den nachfolgenden Ausschaltvorgang erforderlichen Ausgangsspannungen auf. Der Verbindungspunkt (SP) besitzt gegenüber der Anode (A) weitgehend konstantes Potential. Er bestimmt unmittelbar nach dem Ausschalten sowie während der gesamten Dauer des Schaltzustandes (AUS) des Schalters (S) die Sperrbeanspruchung desselben. Der Verbindungspunkt (SP) wird daher als Punkt mit Sperrspannungspotential bezeichnet.

Eine Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des Ausschaltentlastungsnetzwerkes (AEW) ist ein während des Ausschaltens zwischen der Anode (A) und der Kathode (K) wirksamer, rein kapazitiver Parallelzweig. Daher soll Parallel- und Brückenkondensator (CP), (CB) eine geringe Eigeninduktivität und Parallel- und Brückendiode (DP), (DB) eine kleine Einschaltverzögerungszeit besitzen. Da beim Ausschalten hohe Stromänderungsgeschwindigkeiten auftreten, sind selbst Eigeninduktivitäten kurzer Verbindungsleitungen nicht mehr zu vernachlässigen.

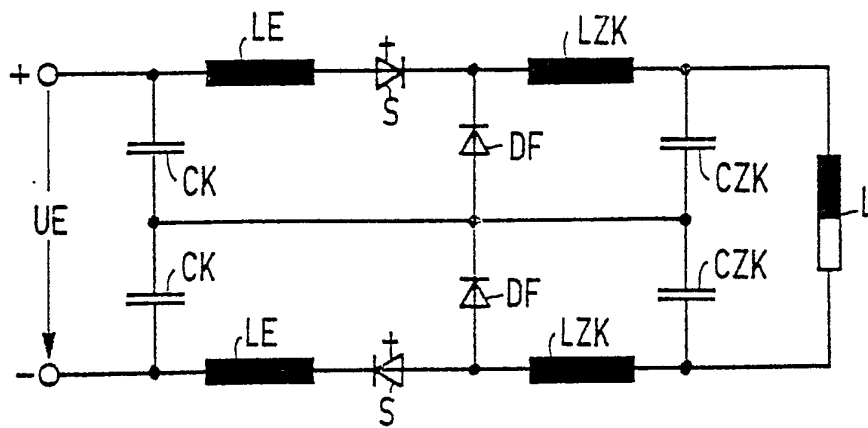


FIG 1

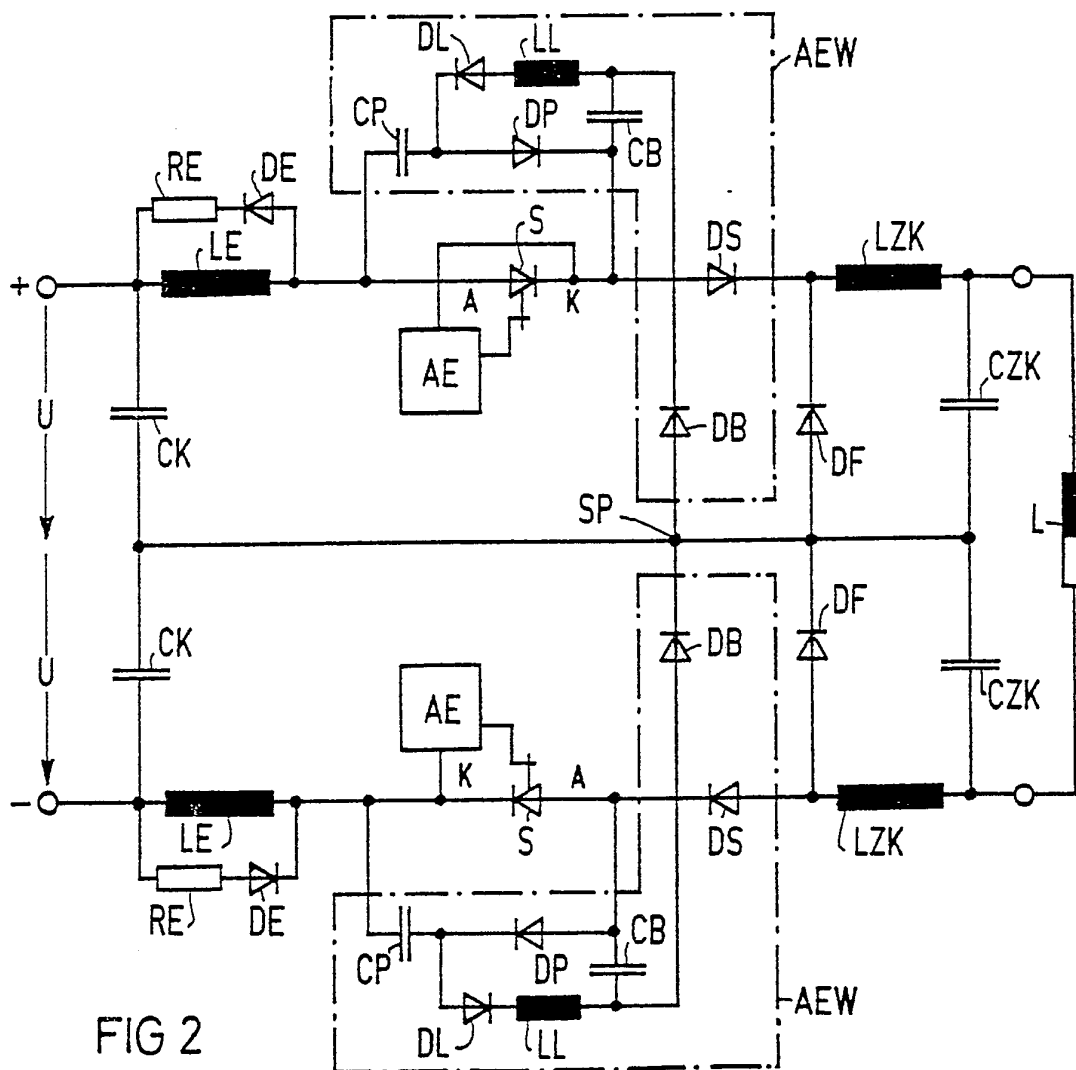


FIG 2