



(19)

REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 412 435 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 914/2001
(22) Anmeldetag: 12.06.2001
(42) Beginn der Patentdauer: 15.07.2004
(45) Ausgabetag: 25.02.2005

(51) Int. Cl.⁷: **H02M 7/335**
H02M 7/797

(56) Entgegenhaltungen:
US 5473530A JP 2000333455A

(73) Patentinhaber:
SIEMENS AG ÖSTERREICH
A-1210 WIEN, NIEDERÖSTERREICH (AT).
(72) Erfinder:
ECKL GERALD DIPL.ING. DR.
SCHLEINBACH, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) SCHALTWANDLER

(57) Schaltwandler zum Umwandeln einer Eingangsspannung (U_E) in eine Ausgangsspannung (U_A) derselben Frequenz (f_A), oder umgekehrt, mit zumindest zwei von einer Ansteuerschaltung (AST) angesteuerten Schaltmitteln, von welchen ein erstes (S11, S12) die Eingangsspannung mit einer Schaltfrequenz (f_s) periodisch unmittelbar an eine Primärwicklung (W1; W11, W12) eines Übertragers (UET) mit Luftspalt schaltet, und ein zweites Schaltmittel (S21, S22), welches gegenphasig bezüglich des ersten Schaltmittels schaltet, zumindest eine Sekundärwicklung (W2; W21, W22) mit dem Ausgang verbindet, wobei der Eingang und der Ausgang je von einem Kondensator (C1, C2) überbrückt sind, welcher als Speicherkondensator für die Schaltfrequenz dimensioniert ist. Die gesteuerten Schalter (S11, ..., S22) liegen symmetrisch in den Zuleitungen der Primär- bzw. Sekundärwicklung. Diese Wicklungen können auch je aus zwei Wicklungshälften bestehen.

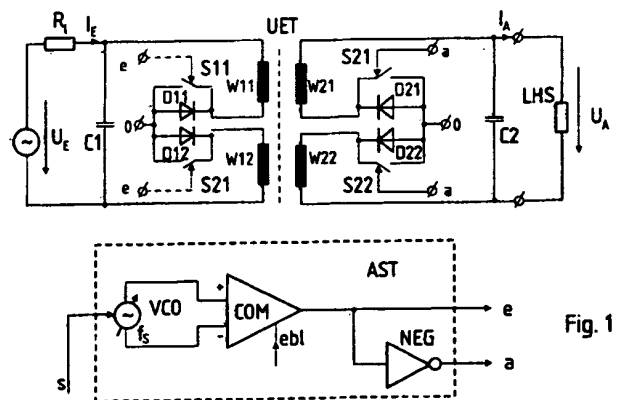


Fig. 1

AT 412 435 B

Die Erfindung bezieht sich auf einen Schaltwandler zum Umwandeln einer Eingangsspannung in eine Ausgangsspannung derselben Frequenz, oder umgekehrt, mit zumindest zwei von einer Ansteuerschaltung angesteuerten Schaltmitteln, welche die Eingangsspannung mit einer Schaltfrequenz periodisch an einen induktiven Speicher legen bzw. die darin gespeicherte Energie an den Ausgang weiterschalten.

Will man eine übliche Wechselnetzspannung z. B. 230 V/50 Hz oder 120 V/60 Hz auf eine Ausgangsspannung gleicher Frequenz bei galvanischer Trennung umsetzen, verwendet man herkömmlicherweise und im einfachsten Fall einen Transformator. Bei sehr geringen Leistungen machen sich das Gewicht des Transformators bzw. dessen Kosten noch nicht sehr bemerkbar, bei höheren Leistungen wird jedoch der Aufwand für einen auf Netzfrequenz dimensionierten Übertrager ein ernst zu nehmendes Problem.

Nicht nur bei Schaltwandlern sondern ganz allgemein ist es bekannt, dass Volumen und Masse eines Übertragers bei Übergang auf höhere Frequenzen, z.B. von 50 Hz auf 30 kHz, erheblich verringert werden können. Andererseits existieren viele Lösungen, um aus einer Gleichspannung eine Wechselspannung mit Netzfrequenz zu erzeugen. Dazu wird nach dem Stand der Technik üblicherweise zweistufig vorgegangen, beispielsweise wie folgt:

In einer ersten Stufe wird mittels eines Hochsetzstellers aus der niedrigen Eingangsspannung von 12 V eine Zwischenkreisspannung von 310 V erzeugt. Dazu verwendet man einen Sperr- oder Flusswandler mit Pulsweitenmodulation in einem Frequenzbereich oberhalb des Hörbereichs, z.B. 20 kHz, wobei eine Regelung auf konstante Zwischenkreisspannung erfolgt. Diese hohe Gleichspannung wird sodann mittels einer Vollbrücke umgerichtet, um die gewünschte Wechselspannung zu erhalten, wobei wieder eine Pulsweitenmodulation bei einer Schaltfrequenz von 20 kHz oder mehr verwendet wird. Die stufenförmige, dabei erhaltene Spannung bildet mit ihrer Einhüllenden die netzfrequente Ausgangsspannung. Es ist für den Fachmann einsichtig, dass dieses zweistufige Verfahren zwangsläufig zu höheren Verlusten und einem niedrigeren Wirkungsgrad führt. Man benötigt in beiden Wandlerstufen Induktivitäten, wobei in zumindest einer Stufe ein Transformator erforderlich ist, um die meist geforderte galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgang sicherzustellen. Zwar kann hier der Transformator billiger gebaut werden, da er mit einer höheren Frequenz betrieben wird, doch ist der übrige Aufwand hoch.

Ausgehend von den bekannten Lösungen zur Umwandlung einer Gleichspannung in eine netzfrequente Wechselspannung lässt sich ein z.B. 50 Hz/50 Hz-Wandler durch Vorschalten eines Gleichrichters vor einen oben beschriebenen Wandler schaffen. Diese komplexe Lösung erfordert nicht nur den zusätzlichen Gleichrichter, sondern auch einen teuren Glättungskondensator.

Zur direkten Umwandlung einer netzfrequenten Wechselspannung in eine gleichfalls netzfrequente Wechselspannung ist aus der GB 2 301 239 A ein als Durchflusswandler ausgebildeter Tiefsetzsteller bekannt geworden, der eine Speicherdrossel aufweist und mit hoher Schaltfrequenz arbeitet, jedoch keine galvanische Trennung bietet, die in vielen Fällen erforderlich ist. Auch wenn die Schaltung im Prinzip sehr einfach ist, sind die für die Ansteuerung des Schalters benötigten Hilfsschaltungen vergleichsweise komplex, was zum Teil daran liegt, dass zur Verfügung stehende Halbleiterschalter, wie FETs, IGBTs etc., nicht „ideale“ Schalter sind und beispielsweise je nach Stromrichtung ein unterschiedliches Verhalten zeigen.

Die meisten der oben angestellten Überlegungen gelten auch für Gleichspannungs/Gleichspannungswandler, kurz DC/DC-Wandler genannt, und für Wechselspannungs/Gleichspannungswandler, kurz AC/DC-Wandler. Dazu existiert eine große Zahl von Lösungen auf Basis von Durchflusswandlern, Sperrwandlern oder Mischformen solcher Wandler. Bei DC/DC-Wandlern erfolgt sekundärseitig eine Gleichrichtung, bei AC/DC-Wandlern wird auch primärseitig zunächst eine Gleichrichtung vorgenommen.

So zeigt beispielsweise die US 5,473,530 einen pulsweitenmodulierten DC/AC-Wandler, welcher zwei Übertrager mit einer symmetrischen Anordnung von je zwei Primär- und Sekundärschaltern besitzt. Abgesehen von der kostspieligen Verwendung zweier Übertrager ist diese bekannte Wandlerschaltung auch nicht für einen AC/AC-Wandler einsetzbar.

Einen bidirektionalen DC/DC-Wandler zeigt die JP 2000 333 455 A, bei welchem je ein FET-Transistor als primärer bzw. sekundärer Schalter vorgesehen ist. Mit dieser Schaltung lässt sich jedoch kein AC/AC-Wandler realisieren, alleine schon deshalb, da hierzu bidirektional arbeitende gesteuerte Schalter erforderlich wären.

Eine Aufgabe der Erfindung liegt in der Schaffung eines Schaltwandlers, der bei galvanischer Trennung eine Eingangsspannung mit Netzfrequenz, worunter im allgemeinsten Fall auch eine Gleichspannung (Frequenz Null) zu verstehen ist, in eine Ausgangsspannung der selben Frequenz wandelt und der bei gutem Wirkungsgrad mit geringem Aufwand realisierbar ist.

5 Diese Aufgabe wird mit einem Schaltwandler der eingangs angegebenen Art erreicht, bei welchem erfindungsgemäß der Energiespeicher ein Übertrager mit Luftspalt ist, die Primärwicklung des Übertragers zwei Wicklungshälften aufweist, deren innere Anschlüsse über die Serienschaltung zweier gesteuerter, synchron schaltender Schalter verbunden sind, welche ein erstes Schaltmittel bilden, die Sekundärwicklung zwei Wicklungshälften aufweist, deren innere Anschlüsse über die Serienschaltung zweier gesteuerter, synchron schaltender Schalter verbunden sind, welche ein
10 zweites Schaltmittel bilden, das erste Schaltmittel (S11, S12) die Eingangsspannung periodisch unmittelbar an die Primärwicklung schaltet, und das zweite Schaltmittel, welches gegenphasig bezüglich des ersten Schaltmittels schaltet, die Sekundärwicklung mit dem Ausgang verbindet, wobei der Eingang und der Ausgang je von einem Kondensator überbrückt sind, welcher als Speicherkondensator für die Schaltfrequenz dimensioniert ist.

15 In gleicher Weise wird die Aufgabe mit einem eingangs genannten Schaltwandler gelöst, bei welchem erfindungsgemäß der Energiespeicher ein Übertrager mit Luftspalt ist, ein erstes Schaltmittel die Eingangsspannung periodisch unmittelbar an eine Primärwicklung des Übertragers schaltet, und ein zweites Schaltmittel, welches gegenphasig bezüglich des ersten Schaltmittels schaltet, eine Sekundärwicklung mit dem Ausgang verbindet, das erste und das zweite Schaltmittel je zwei gesteuerte, synchron schaltende Schalter aufweist, wobei je ein Schalter in den beiden Leitungen zu einer Primärwicklung bzw. von einer Sekundärwicklung angeordnet ist, und der Eingang sowie der Ausgang je von einem Kondensator überbrückt sind, welcher als Speicherkondensator für die Schaltfrequenz dimensioniert ist.

20 Durch das hier angewendete Symmetrieprinzip können herkömmliche Halbleiterschalter ohne Nachteile verwendet werden, wobei Ansteuerschaltungen mit einfachem Aufbau verwendbar sind.

Die Verwendung eines Übertragers mit Luftspalt, somit die Anwendung des Sperrwandlerprinzips, vereinfacht den Gesamtaufwand gegenüber herkömmlichen Lösungen erheblich und vereint den Vorteil der galvanischen Trennung mit dem Erfordernis eines induktiven Speichers.

30 Eine besonders wichtige Variante der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass Eingangs- und Ausgangsspannung netzfrequente Wechselspannungen sind und die Schaltfrequenz groß gegen die Netzfrequenz ist.

In der Praxis hat es sich als günstig erwiesen, wenn die gesteuerten Schalter Feldeffekttransistoren sind.

35 Eine einfache und für viele Anwendungen brauchbare Lösung zeichnet sich dadurch aus, dass die Ansteuerungsschaltung ein symmetrisches Rechtecksignal liefert.

Andererseits kann es durchaus ratsam sein, wenn die Ansteuerschaltung zur Erzeugung eines Ansteuersignals eingerichtet ist, das in Abhängigkeit von einem Steuersignal pulsweitenmoduliert ist. Auf diese Weise wird der Wandler auch den oft gestellten Anforderungen einer Regel- oder Steuerbarkeit gerecht.

40 Dies gilt auch, wenn die Schaltfrequenz in Abhängigkeit von einem der Ansteuerschaltung zugeführten Steuersignal änderbar ist.

Bei den beiden zuvor genannten Varianten der Erfindung kann mit Vorteil vorgesehen sein, dass das Steuersignal für die Ansteuerschaltung in Abhängigkeit von elektrischen Größen, wie Ausgangsspannung, Ausgangsstrom, Eingangsleistung, etc. zur Regelung oder Begrenzung dieser Größen erzeugt wird.

Bei praxisgerechten Lösungen hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn die Schaltfrequenz in der Größenordnung von 100 kHz bis 1 MHz liegt.

50 Die Erfindung samt weiteren Vorteilen ist im folgenden an Hand beispielsweise Ausführungsformen näher erläutert, die in der Zeichnung veranschaulicht sind. In dieser zeigen

- Fig. 1 eine erste Ausführungsform der Erfindung samt einer dazugehörigen prinzipiellen Ansteuerschaltung,
- Fig. 2 eine andere, zweite Ausführungsform samt einer Ansteuer- und einer Ausweiteschaltung zur Regelung.

55 In Fig. 1 ist ein bidirektionaler Wandler nach der Erfindung in symmetrischer Ausführung

dargestellt. Ein Übertrag UET besitzt eine Primärwicklung mit zwei Wicklungshälften W11, W12, sowie eine Sekundärwicklung, gleichfalls mit zwei Wicklungshälften W21, W22. Die äußeren Anschlüsse der primären Wicklungshälften W11, W12 liegen an einer Eingangsspannung U_E , z.B. einer Wechselfrequenz von 230 V mit Netzfrequenz $f_N = 50$ Hz. Der Leitungswiderstand ist hier mit R_2 eingezeichnet und ein Kondensator C1 überbrückt den Eingang des Wandlers. Der Übertrager UET besitzt einen Luftspalt und den hohen Schaltfrequenzen entsprechend üblicherweise einen Ferritkern.

Die inneren Anschlüsse der primären Wicklungshälften W11, W12 sind über die Serienschaltung zweier gesteuerter Schalter S11, S12 verbunden. Wenn diese Schalter beispielsweise als Sperrschicht-MOSFET-Elemente realisiert sind, was für Fig. 1 angenommen sei, liegen parallel zu den eigentlichen Schaltelementen oder Schaltübergängen die solchen Bauteilen inhärenten antiparallelen Dioden D11, D12, die auch für die Funktion der Schaltung nach Fig. 1 vorausgesetzt werden.

Die Steuereingänge der Schalter S11, S12 sind mit „e“ bezeichnet, ein dazu gehöriger gemeinsamer Nullpunkt mit „0“.

Für die Ansteuerung der Schalter S11, S12, welche ganz allgemein als primäres oder erstes Schaltmittel bezeichnet werden sollen, ist eine Ansteuerschaltung AST vorgesehen, die im einfachsten Fall ein symmetrisches Rechtecksignal liefert, mit welchem beide Schalter S11, S12 synchron geöffnet oder geschlossen werden.

Im vorliegenden Fall besteht die Ansteuerschaltung schematisiert aus einem in Abhängigkeit von einem Steuersignal in seiner Frequenz änderbaren Generator VCO, dessen Ausgangsspannung, die im allgemeinen sinusförmig ist, in bekannter Weise mittels eines Komparators COM in eine Rechteckspannung umgewandelt und den Steuereingängen e zugeführt wird. Ein „enable“-Eingang des Komparators COM ist mit „eb2“ bezeichnet.

Sekundärseitig sind die Wicklungshälften W21, W22 des Übertragers UET völlig gleich geschaltet wie an der Primärseite, d.h. die inneren Anschlüsse der Wicklungshälften sind über gesteuerte Schalter S21, S22 und Dioden D21, D22 miteinander verbunden, wobei die Steuereingänge für die Schalter S21, S22 hier mit „a“ bezeichnet sind, und die äußeren Anschlüsse der beiden sekundären Wicklungshälften W21, W22 an einem den Wandlerausgang überbrückenden Kondensator C2 liegen. Eine Last LAS ist hier als Widerstand eingezeichnet.

Auch die beiden sekundären Schalter S21, S22, die ganz allgemein als sekundäres oder zweites Schaltmittel bezeichnet werden sollen, werden von der Ansteuerschaltung AST angesteuert, jedoch genau gegenphasig zu dem primären Schaltmittel S11, S12. Wenn die Schalter S11 und S12 offen sind, müssen die Schalter S21 und S22 geschlossen sein, und umgekehrt. Dazu wird das Ausgangssignal des Komparators COM mittels eines Inverters oder Negators NEG invertiert und das invertierte Signal den sekundären Schaltern S21, S22 an ihren Steuereingängen „a“ zugeführt.

Die Schaltfrequenz f_s liegt zweckmäßigerweise im Bereich von 100 kHz bis 1 MHz, doch sind auch niedrigere Schaltfrequenzen bis zur oberen Grenze des Hörbereichs denkbar und möglich. Dabei sind die beiden Kondensatoren C1, C2 am Eingang und am Ausgang des Wandlers so dimensioniert, dass sie für Netzfrequenz, z.B. 50 Hz, „klein“ sind, für die Schaltfrequenz z.B. 100 kHz jedoch „groß“, d. h. bei Schaltfrequenz Speicherkondensatoren darstellen. Beispielsweise kann es sich bei diesen Kondensatoren um Folienkondensatoren mit Werten von 1 μ F handeln. Durch diese Kondensatoren werden die Schaltimpulse und deren Oberwellen von Netz und Verbraucher weitgehend ferngehalten, was natürlich, je nach Anforderungen, weitere Entstörmittel auch induktiver Art nicht ausschließt.

Die in Fig. 1 schematisch dargestellte Ansteuerschaltung AST ist besonders einfach aufgebaut, bietet jedoch die Möglichkeit einer variablen Schaltfrequenz. Da mit steigender Schaltfrequenz eine höhere Leistung übertragen werden kann, bietet sich z.B. die Möglichkeit einer Regelung der Ausgangsleistung an, d.h. bei mehr Leistungsbedarf am Ausgang die Schaltfrequenz zu erhöhen.

Andererseits sind übliche Spannungs- und Stromregelungen über die Änderung des Tastverhältnisses möglich, und dem Fachmann sind viele hierzu geeignete Schaltungen bekannt. Anzumerken ist, dass bei Verwendung einer primär/sekundär-symmetrischen Schaltung bei einem Tastverhältnis von 1 : 1 die Ausgangsspannung U_A gleich der Eingangsspannung U_E ist. Die gezeigte Schaltung kann weiters bidirektional arbeiten, d.h. Eingang und Ausgang sind vertauschbar oder die Energierichtung kann umgekehrt werden.

Wenngleich die eigentliche Wandlerschaltung nach Fig. 1 eine bevorzugte Ausführung ist, da sie auch eine „oben/unten“ Symmetrie mit horizontaler Symmetrieachse besitzt, sind andere Varianten denkbar, sämtliche in Kombination mit verschiedenen Ansteuerschaltungen.

Fig. 2 zeigt einen Wandler nach der Erfindung mit je einer einteiligen Primär- bzw. Sekundärwicklung W1 bzw. W2 und mit zwei primären gesteuerten Schaltern S11, S12 und zwei sekundären gesteuerten Schaltern S21, S22, je in den Zuleitungen zu den Wicklungen W1, W2. Auch hier werden die primären Schalter gegenphasig zu den sekundären Schaltern von einer Ansteuerschaltung AST gesteuert. Im vorliegenden Fall werden von Stromfühlern S21 und S22 die Größen von Eingangs- und Ausgangsstrom erfasst und einer Auswerteschaltung AWS zugeführt. Auch wird die Ausgangsspannung U_A oder ein Teil derselben dieser Auswerteschaltung AWS zugeführt, die aus ihren Eingangsgrößen ein Stell- bzw. Regelsignal s ermittelt, mit welchem die Ansteuerschaltung AST Tastverhältnis und/oder Frequenz der Ansteuerpulse beeinflusst, um auf bestimmte Größen zu regeln und/oder diese zu begrenzen.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Schaltwandler zum Umwandeln einer Eingangsspannung (U_E) in eine Ausgangsspannung (U_A) derselben Frequenz (f_N), oder umgekehrt, mit zumindest zwei von einer Ansteuerschaltung (AST) angesteuerten Schaltmitteln (S_E, S_A), welche die Eingangsspannung mit einer Schaltfrequenz (f_S) periodisch an einen induktiven Speicher legen bzw. die darin gespeicherte Energie an den Ausgang weiterschalten,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Energiespeicher ein Übertrager (UET) mit Luftspalt ist, die Primärwicklung (W1) des Übertragers zwei Wicklungshälften (W11, W12) aufweist, deren innere Anschlüsse über die Serienschaltung zweier gesteuerter, synchron schaltender Schalter (S11, S12) verbunden sind, welche ein erstes Schaltmittel bilden, die Sekundärwicklung (W2) zwei Wicklungshälften (W21, W22) aufweist, deren innere Anschlüsse über die Serienschaltung zweier gesteuerter, synchron schaltender Schalter (S21, S22) verbunden sind, welche ein zweites Schaltmittel bilden, das erste Schaltmittel (S11, S12) die Eingangsspannung (U_E) periodisch unmittelbar an die Primärwicklung schaltet, und das zweite Schaltmittel (S21, S22), welches gegenphasig bezüglich des ersten Schaltmittels schaltet, die Sekundärwicklung (W21, W22) mit dem Ausgang verbindet, wobei der Eingang und der Ausgang je von einem Kondensator (C1, C2) überbrückt sind, welcher als Speicherkondensator für die Schaltfrequenz dimensioniert ist.
2. Schaltwandler zum Umwandeln einer Eingangsspannung (U_E) in eine Ausgangsspannung (U_A) derselben Frequenz (f_N), oder umgekehrt, mit zumindest zwei von einer Ansteuerschaltung (AST) angesteuerten Schaltmitteln (S_E, S_A), welche die Eingangsspannung mit einer Schaltfrequenz (f_S) periodisch an einen induktiven Speicher legen bzw. die darin gespeicherte Energie an den Ausgang weiterschalten,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Energiespeicher ein Übertrager (UET) mit Luftspalt ist, ein erstes Schaltmittel (S11, S12) die Eingangsspannung (U_E) periodisch unmittelbar an eine Primärwicklung (W1) des Übertragers schaltet, und ein zweites Schaltmittel (S21, S22), welches gegenphasig bezüglich des ersten Schaltmittels schaltet, eine Sekundärwicklung (W2) mit dem Ausgang verbindet, das erste und das zweite Schaltmittel (S1; S2) je zwei gesteuerte, synchron schaltende Schalter (S11, S12; S21, S22) aufweist, wobei je ein Schalter in den beiden Leitungen zu einer Primärwicklung (W1) bzw. von einer Sekundärwicklung (W2) angeordnet ist, und der Eingang sowie der Ausgang je von einem Kondensator (C1, C2) überbrückt sind, welcher als Speicherkondensator für die Schaltfrequenz dimensioniert ist.
3. Schaltwandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Eingangs- und Ausgangsspannung (U_E, U_A) netzfrequente Wechselspannungen sind und die Schaltfrequenz (f_S) groß gegen die Netzfrequenz (f_N) ist.
4. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die gesteuerten Schalter (S11, S12; S21, S22) Feldeffekttransistoren sind.

5. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansteuerungsschaltung (AST) ein symmetrisches Rechtecksignal liefert.
6. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansteuerschaltung (AST) zur Erzeugung eines Ansteuersignals eingerichtet ist, das in Abhängigkeit von einem Steuersignal pulsweitenmoduliert ist.
7. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltfrequenz (f_s) in Abhängigkeit von einem der Ansteuerschaltung (AST) zugeführten Steuersignal änderbar ist.
8. Schaltwandler nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Steuersignal für die Ansteuerschaltung (AST) in Abhängigkeit von elektrischen Größen, wie Ausgangsspannung, Ausgangsstrom, Eingangsleistung, etc. zur Regelung oder Begrenzung dieser Größen erzeugt wird.
9. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltfrequenz (f_s) in der Größenordnung von 100 kHz bis 1 MHz liegt.

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

