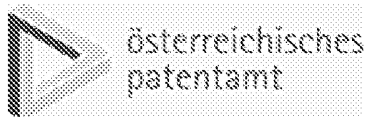


(19)



(10)

AT 514288 A2 2014-11-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50537/2014
 (22) Anmeldetag: 29.07.2014
 (43) Veröffentlicht am: 15.11.2014

(51) Int. Cl.: **H02M 3/335** (2006.01)
G05F 1/59 (2006.01)

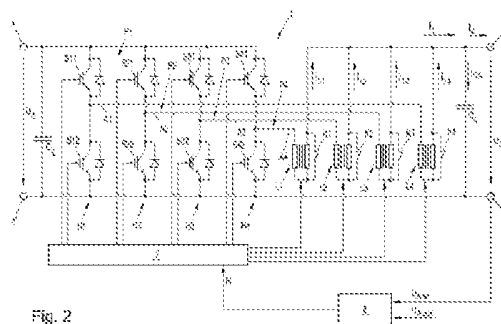
(71) Patentanmelder:
 AVL LIST GMBH
 8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
 Perpetuo Correa Tomas
 8045 Graz (AT)
 Greul Roland Dr.
 8020 Graz (AT)
 König Oliver Dr.
 8042 Graz (AT)

(74) Vertreter:
 Patentanwälte Pinter & Weiss OG
 1040 Wien (AT)

(54) DC/DC-Wandler

- (57) Die Erfindung betrifft einen DC/DC-Wandler und ein Verfahren zu dessen Betrieb. Um bei einem DC/DC-Wandler (1) im gesamten Ausgangsspannungsbereich mit geringem Aufwand eine hohe Stromänderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ zu erreichen, ist vorgesehen, dass die Induktivität (L1, L2, L3, L4) einer Phase des DC/DC-Wandlers (1) zumindest zwei Teilinduktivitäten (L11, L12, L21, L22, L31, L32, L41, L42) umfasst, wobei zumindest eine Teilinduktivität (L12, L22, L32, L42) mittels eines parallel dazu angeordneten Schalters (K1, K2, K3, K4) kurzschließbar ist.



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen DC/DC-Wandler und ein Verfahren zu dessen Betrieb. Um bei einem DC/DC-Wandler (1) im gesamten Ausgangsspannungsbereich mit geringem Aufwand eine hohe Stromänderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ zu erreichen, ist vorgesehen, dass die Induktivität (L1, L2, L3, L4) einer Phase des DC/DC-Wandlers (1) zumindest zwei Teilinduktivitäten (L11, L12, L21, L22, L31, L32, L41, L42) umfasst, wobei zumindest eine Teilinduktivität (L12, L22, L32, L42) mittels eines parallel dazu angeordneten Schalters (K1, K2, K3, K4) kurzschließbar ist.

Fig. 2

DC/DC-Wandler

Die gegenständliche Erfindung betrifft einen DC/DC-Wandler mit zumindest einer Halbbrücke mit zwei in Serie geschalteten Halbleiterschaltern und einer mit einem ersten Ausgangsanschluss verbundenen Ausgangsleitung, die zwischen den Halbleiterschaltern
 5 abzweigt und in der zumindest eine Induktivität angeordnet ist, und ein Verfahren zum Betreiben eines solchen DC/DC-Wandlers.

DC/DC-Wandler sind häufig als sogenannte Synchronwandler ausgeführt, bei denen eingangsseitig eine Halbbrücke aus zwei Halbleiterschaltern, beispielsweise IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) oder MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field-Effect
 10 Transistor), vorgesehen ist. Zwischen den beiden Halbleiterschaltern der Halbbrücke zweigt die Ausgangsleitung ab, in der eine Induktivität L angeordnet ist. Die Ausgangsspannung wird durch die Einschalt- und Ausschaltzeit der Halbleiterschalter bestimmt, wobei die Halbleiterschalter der Halbbrücke immer im Gegentakt gesteuert sind. Parallel zum Ausgang des Synchronwandlers ist häufig noch eine Ausgangskapazität zur Glättung der
 15 Ausgangsspannung angeordnet. Ein solcher Synchronwandler kann bekanntermaßen auch mehrphasig ausgeführt sein, wobei für jede Phase eine Halbbrücke und eine Induktivität vorgesehen sind. Die Halbbrücken der einzelnen Phasen werden dabei um einen Phasenwinkel versetzt gesteuert.

Solche DC/DC-Wandler müssen dabei mitunter auch große Ausgangsspannungsbereiche abdecken. Das Problem dabei ist, dass die mögliche Dynamik des DC/DC-Wandlers aufgrund der Induktivität L bei kleinen Spannungen durch den bekannten Zusammenhang

$u = L \frac{di_L}{dt}$ beschränkt ist. Wenn nur der an der Eingangsspannung U_E anliegende

Halbleiterschalter der Halbbrücke geschlossen ist, ändert sich der Strom über die Induktivität L mit $di_L/dt = U_E - U_A / L$, mit der Ausgangsspannung U_A des DC/DC-Wandlers. Wenn nur der
 25 andere Halbleiterschalter geschlossen ist, ändert sich der Strom mit $di_L/dt = -U_A / L$. Durch Modulation der Halbbrücke kann die Stromänderung nur zwischen diesen beiden Werten eingestellt werden. D.h. insbesondere bei kleiner Ausgangsspannung U_A ist die Stromänderung nach unten mit $di_L/dt \geq -U_A / L$ begrenzt. Dadurch ergibt sich der möglich Betriebsbereich zwischen diesen beiden Grenzen, wie in Fig.1 dargestellt.

30 Damit sind bei kleinen Ausgangsspannungen U_A in negativer Richtung nur langsame Stromänderungen des DC/DC-Wandlers realisierbar. Für viele Anwendungen ist das aber unerwünscht. Dies trifft insbesondere auf DC/DC-Wandler zu, die als Batterietester oder Batterieemulator zum Testen von Batterien oder Hybridantriebssträngen verwendet werden,

da für realitätsnahe Tests eine hohe Stromänderungsrate in allen Spannungsbereichen erwünscht bzw. erforderlich ist.

Beim Betrieb eines Batterieemulators mit kleiner Ausgangsspannung U_A und mit großem Laststrom kann ein plötzlicher Lastabwurf dazu führen, dass der Ausgangsstrom i_A schneller abnimmt als der Strom i_L in der Induktivität L abnehmen kann. Mit der resultierenden Ladungsdifferenz wird die Ausgangskapazität aufgeladen. Das hat wiederum eine Erhöhung der Ausgangsspannung U_A zur Folge, die mit der Regelung des DC/DC-Wandlers nicht verhindert werden kann. Dies ist eine unerwünschte Abweichung vom Sollwert und kann zur Zerstörung des Prüflings durch Überspannung führen.

Beim Betrieb eines Batterietesters ist es erforderlich, einen möglichst schnellen Wechsel von vollem Ladestrom zu vollem Entladestrom zu vollziehen. Bei kleiner Batteriespannung wird aber die für die Stromumkehr notwendige Stromänderungsrate von der Induktivität L begrenzt.

Um dieses Problem zu beheben wurden bisher im DC/DC-Wandler mehrere Garnituren von Induktivitäten L vorgesehen, die je nach Bedarf im DC/DC-Wandler zugeschaltet wurden. Das bedingt aber das Vorsehen von vielen verschiedenen Induktivitäten L in der benötigten Anzahl (je Phase eine Anzahl verschiedener Induktivitäten L) und eine damit verbundene komplexe Verkabelung und Relaischaltung, um die richtigen Induktivitäten L zu- und wegschalten zu können. Solche Systeme sind daher aufwendig und teuer.

Die US 8,278,783 B2 beschreibt einen DC/DC-Wandler, der zwischen verschiedenen Ausgangsspannungen hin- und herschalten kann, um die Effizienz des DC/DC-Wandlers zu erhöhen. Dazu sind im Wesentlichen zwei Synchronwandler implementiert, deren Bauteile jeweils auf einen bestimmten Spannungsbereich optimiert sind. Das erfordert aber eine Verdoppelung aller elektrischen Bauteile des Synchronwandlers, was einen solchen DC/DC-Wandler ebenfalls wieder aufwendig und teurer macht.

Es ist nun eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung einen DC/DC-Wandler anzugeben, der mit geringem Aufwand im gesamten Ausgangsspannungsbereich eine hohe Stromdynamik ermöglicht.

Diese Aufgabe wird mit einem eingangs erwähnten DC/DC-Wandler erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Induktivität zumindest zwei Teilinduktivitäten umfasst, wobei zumindest eine Teilinduktivität kurzschließbar ist.

Durch das Kurzschließen einer Teilinduktivität wird die Induktivität der Phase des DC/DC-Wandlers verringert, womit sich die mögliche Stromänderungsrate des Induktivitätsstromes,

und damit auch des Ausgangsstromes des DC/DC-Wandlers, insbesondere bei kleiner Ausgangsspannung, erhöhen lässt. Damit kann der DC/DC-Wandler sehr einfach auf einen großen Spannungsbereich der Ausgangsspannung angepasst werden und es ist eine hohe Stromdynamik über diesen ganzen Spannungsbereich garantiert. Damit kann bei Anwendung des DC/DC-Wandlers in einem Batterieemulator auch die Gefahr der Überspannung nach einem plötzlichen Lastabwurf bei Betrieb mit kleiner Ausgangsspannung beseitigt werden und es ist damit auch eine schnelle Stromumkehr möglich.

Günstigerweise ist die zumindest eine kurzschließbare Teilinduktivität mittels eines parallel dazu angeordneten Schalters kurzschließbar, was eine besonders einfache Realisierung zum Kurzschließen einer Teilinduktivität ermöglicht.

Durch das Kurzschließen der Teilinduktivität wird außerdem die Welligkeit der Ausgangsspannung des DC/DC-Wandlers verringert, was vorteilhaft dazu führt, dass es möglich ist, die Eingangsspannung des DC/DC-Wandlers zu verringern, indem beispielsweise ein Transformator mit einer kleineren Eingangsspannung verwendet wird. Darüber hinaus kann die Welligkeit der Ausgangsspannung des DC/DC-Wandlers weiter reduziert werden, indem die Schaltfrequenz der Halbleiterschalter vergrößert wird. Das hat den Vorteil, dass die Eingangsspannung des DC/DC-Wandlers verringert werden kann und mit der verringerten Eingangsspannung des DC/DC-Wandlers die auftretenden Schaltverluste ebenfalls verringert werden.

In einer Variante der Erfindung umfasst die Induktivität zumindest zwei induktiv gekoppelte Teilinduktivitäten. Bei Verwendung einer Induktivität bestehend aus zwei induktiv gekoppelten Teilinduktivitäten kann die Induktivität um einen hohen Faktor reduziert werden, wobei der Faktor einfach über den Kopplungsfaktor eingestellt werden kann. Darüber hinaus ermöglicht das eine sehr kompakte, platzsparende Ausführung der Induktivität, was für den Einsatz in einem DC/DC-Wandler von Vorteil ist.

Vorzugsweise umfasst die Induktivität zumindest zwei Teilinduktivitäten, welche seriell oder parallel geschaltet sind. In einer weiteren Variante der Erfindung umfasst die Induktivität zumindest zwei Teilinduktivitäten, welche zwischen serieller und paralleler Verschaltung umschaltbar ausgeführt sind.

Die Aufgabe der Erfindung wird weiters mit einem eingangs erwähnten Verfahren zum Betreiben eines DC/DC-Wandlers mit zumindest einer Halbbrücke mit zwei in Serie geschalteten Halbleiterschaltern und einer mit einem ersten Ausgangsanschluss verbundenen Ausgangsleitung, die zwischen den Halbleiterschalen abzweigt und in der zumindest eine Induktivität angeordnet ist, erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die

Induktivität zumindest zwei Teilinduktivitäten umfasst, wobei zumindest eine Teilinduktivität kurzgeschlossen wird, um eine erreichbare Stromänderungsrate des DC/DC-Wandlers anzupassen.

In einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mit dem Kurzschließen der Teilinduktivität auch eine Eingangsspannung des DC/DC-Wandlers verkleinert. Dies kann beispielsweise durch Verwendung eines entsprechenden Transformators realisiert werden.

In einer weiteren Variante der Erfindung wird mit dem Kurzschließen der Teilinduktivität auch eine Schaltfrequenz der Halbleiterschalter vergrößert.

Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 5 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

Fig.1 der Betriebsbereich eines DC/DC-Wandlers gemäß dem Stand der Technik,
 Fig.2 ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen DC/DC-Wandlers,
 Fig.3 eine Ausführung einer induktiv gekoppelten Induktivität einer Phase eines erfindungsgemäßen DC/DC-Wandlers,
 Fig.4 die mögliche Reduktion des Induktivitätswertes einer erfindungsgemäß mit induktiv gekoppelten Teilinduktivitäten ausgeführten Induktivität und
 Fig.5 der Betriebsbereich eines erfindungsgemäßen DC/DC-Wandlers.

Anhand von Fig.2 wird nachfolgend eine vorteilhafte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen mehrphasigen DC/DC-Wandlers 1, hier ein DC/DC-Wandler 1 mit vier Phasen P1...P4, beschrieben. Jede Phase P1...P4 umfasst die hinlängliche bekannte Schaltung eines Synchronwandlers mit einer Halbbrücke H1...H4 bestehend jeweils aus zwei in Serie geschalteten Halbleiterschaltern S11, S12...S41, S42. Die Halbleiterschalter S11, S12...S41, S42 sind jeweils parallel zu den Eingangsanschlüssen 4, 4' geschaltet, wobei der erste Eingangsanschluss 4 mit jeweils einem der Halbleiterschaltern S11, S21, S31, S41 verbunden ist und der zweite Eingangsanschluss 4' auf Nullpotential liegt und direkt mit einem zweiten Ausgangsanschluss 3' verbunden ist. Zwischen den in Serie geschaltete Halbleiterschaltern S11, S12...S41, S42 zweigt jeweils eine Ausgangsleitung A1...A4 ab, in denen jeweils eine Induktivität L1...L4 angeordnet ist. Die Ausgangsleitungen A1...A4 sind mit einem ersten Ausgangsanschluss 3 des DC/DC-Wandlers 1 verbunden. Zwischen ersten und zweiten Ausgangsanschluss 3, 3' des DC/DC-Wandlers 1 liegt die Ausgangsspannung U_A an und es fließt der Ausgangsstrom i_A . Parallel zu den Ausgangsanschlüssen 3, 3' kann eine Ausgangskapazität C_A angeordnet sein. Zwischen den

Eingangsanschlüssen 4, 4' des DC/DC-Wandlers 1 liegt die Eingangsspannung U_E an, wobei parallel dazu eine Eingangskapazität C_E angeordnet sein kann.

Die Halbbrücken H1...H4, bzw. die darin angeordneten Halbleiterschalter S11, S12...S41, S42 werden in bekannter Weise von einer Steuereinheit 2 phasenverschoben, hier z.B. mit 90° Phasenverzug, angesteuert, um die gewünschte Ausgangsspannung U_A zu erzeugen. Durch jede Phase P1...P2 des DC/DC-Wandlers 1 fließt ein Phasen-Induktivitätsstrom $i_{L1}...i_{L4}$, die sich zum Induktivitätsstrom i_L überlagern. Der Ausgangsstrom i_A des DC/DC-Wandlers 1 ergibt sich dann aus dem Induktivitätsstrom i_L und dem Strom i_{CA} über die Ausgangskapazität C_A zu $i_A = i_L - i_{CA}$. Falls keine Ausgangskapazität C_A vorgesehen ist, entspricht der Ausgangsstrom i_A natürlich dem Induktivitätsstrom i_L , also $i_A = i_L$.

Die Welligkeit ΔU_A der Ausgangsspannung U_A des DC/DC-Wandlers 1 ist bekanntermaßen abhängig von der Eingangsspannung U_E , der Induktivität L1...L4 und von der Schaltfrequenz f_{sw} mit der die Halbleiterschalter S11, S12...S41, S42 geschaltet werden, gemäß der Beziehung $\Delta U_A \approx \frac{U_E}{Lf_{sw}^2}$. Ebenso ist die Welligkeit Δi_A des Ausgangsstromes i_A von diesen

Größen abhängig, gemäß der Beziehung $\Delta i_L \approx \frac{U_E}{Lf_{sw}}$. Die Änderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ des Induktivitätsstromes i_L , und damit indirekt auch des Ausgangsstromes i_A , ergibt sich während der aktiven positiven Schaltphase (Schalter S11, S21, S31, S41 geschlossen) zu $\frac{di_L}{dt} = \frac{U_E - U_A}{L}$ und während der negativen Schaltphase (Schalter S12, S22, S32, S42)

geschlossen zu $\frac{di_L}{dt} = -\frac{U_A}{L}$. Daraus ist ersichtlich, dass die Stromänderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ des

Induktivitätsstromes i_L insbesondere in der negativen Schaltphase bei kleiner Ausgangsspannung U_A klein ist, was die erzielbare Dynamik des DC/DC-Wandlers 1 bei kleinen Ausgangsspannungen U_A reduziert.

Aus den obigen Beziehungen ist aber auch ersichtlich, dass die Dynamik des DC/DC-Wandlers 1 hinsichtlich der Stromänderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ verbessert werden kann, wenn die

Induktivität L1...L4 reduziert wird.

Nachdem in der Regel auch kleine Welligkeiten Δi_A , ΔU_A von Ausgangsstrom i_A und Ausgangsspannung U_A angestrebt werden, wird bevorzugt mit der Verkleinerung der Induktivität L1...L4 auch gleichzeitig die Eingangsspannung U_E reduziert, was keine Verschlechterung der Stromänderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ des Ausgangsstromes bewirkt. Mit einer

kleineren Eingangsspannung U_E könnte ohne Einfluss auf die Stromänderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ zu nehmen auch die Schaltfrequenz f_{sw} der Halbleiterschalter S11, S12...S41, S42 erhöht werden, da die Schaltverluste proportional zu Eingangsspannung U_E und umgekehrt proportional zur Schaltfrequenz f_{sw} sind.

- 5 Mit diesen Überlegungen könnte die Stromänderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ bei kleiner Ausgangsspannung U_A um beispielsweise einen Faktor Acht erhöht werden, wenn die Induktivität L1...L4 um einen Faktor Acht verkleinert wird. Wird dabei gleichzeitig auch die Eingangsspannung U_E um einen Faktor Vier verkleinert und die Schaltfrequenz f_{sw} um einen Faktor zwei erhöht, würde sich dabei die Welligkeit ΔU_A der Ausgangsspannung U_A auf
 10 ungefähr die Hälfte reduzieren und die Welligkeit Δi_L des Induktivitätsstroms i_L ungefähr gleich bleiben.

- Um die Induktivität L1...L4 bei kleiner Ausgangsspannung U_A zu verkleinern ist nun erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Induktivität L1...L4 aus zumindest zwei separaten, Teilinduktivitäten L11, L12...L41, L42 bestehen, wobei zumindest eine der Teilinduktivitäten
 15 L11, L12...L41, L42 jeder Induktivität L1...L4, vorzugsweise mit einem Schalter K1 ... K4, kurzschließbar ist, wie anhand von Fig.3 für die Induktivität L1 und seriell verschalteter Teilinduktivitäten L11, L12...L41, L42 näher veranschaulicht wird. Dieser Schalter K1 ... K4 kann beispielsweise als elektromechanischer Schalter oder als elektrischer oder elektronischer Schalter K1 ... K4 ausgeführt sei. Um eine entsprechende Funktionalität des
 20 Schalters K1 ... K4 zu erreichen, ist der Schalter K1 ... K4 vorteilhafterweise bidirektional schaltbar ausgeführt, d.h., dass der Schalter K1 ... K4 abwechselnd geöffnet und geschlossen werden kann.

- Die Induktivität L1 besteht hier aus zwei Teilinduktivitäten L11, L12, die als induktiv gekoppelte Wicklungen mit einem Kopplungsfaktor k ausgeführt sind. Dazu sind die, die
 25 Induktivitäten L11, L12 ausbildenden Wicklungen z.B. auf einen gemeinsamen Eisenkern 5 gewickelt, wobei jede Wicklung jeweils auf einem Schenkel des Kerns angeordnet ist und der Kern die induktive Kopplung bewirkt. Natürlich sind auch andere Ausführungen einer gekoppelten Induktivität bekannt, beispielsweise mit einem Kern mit drei Schenkeln, wobei einzelne Schenkel zur Einstellung der Kopplung auch einen Luftspalt aufweisen können.
 30 Aufgrund der induktiven Kopplung wirkt jede Teilinduktivität L11, L12 über die Gegeninduktivität $M=k*L$ auf die jeweils andere Teilinduktivität L11, L12. Die zweite Teilinduktivität L12 ist hier über einen parallelen Schalter K1 überbrückbar, wodurch die zweite Teilinduktivität L12 bei geschlossenem Schalter K1 kurzgeschlossen wird. Daraus

ergeben sich unter der Annahme gleicher Teilinduktivitäten $L_{11}=L_{12}=L_x$ die folgenden Zusammenhänge:

Bei offenem Schalter K1:

$$U_1 = -U_2 = U, i_1 = -i_2$$

5 $U = L \, di_{L1}/dt = 2(L_x - M) \, di_{L1}/dt \Rightarrow L_{K1\text{offen}} = 2L_x (1 - k)$

Bei geschlossenem Schalter K1:

$$U_2 = 0$$

$$U = L \, di_{L1}/dt = (L_x^2 - M^2)/L_x \, di_{L1}/dt \Rightarrow L_{K1\text{geschlossen}} = L_x (1 - k^2)$$

Daraus ergibt sich das Verhältnis V der Induktivität L_1 bei offenen und geschlossenen

10 Schalter K1 zu $V = \frac{2(1-k)}{(1-k^2)}$. Dieser Zusammenhang ist in Fig.4 dargestellt. Handelsübliche,

gekoppelte Induktivitäten sind mit einem Kopplungsfaktor k im Bereich von -0.7 bis -0.9 erhältlich. Mit einer solchen handelsüblichen gekoppelten Induktivität könnte man folglich gemäß dem Verhältnis V (Fig.4) die Induktivität L_1 um einen Faktor im Bereich von sechs bis elf reduzieren. Für eine erwünschte Reduzierung der Induktivität L_1 um einen Faktor Acht
15 müsste der Kopplungsfaktor k bei gleich großen Teilinduktivitäten L_{11} , L_{12} ungefähr im Bereich von -0,75 liegen.

Anstelle von induktiv gekoppelten Teilinduktivitäten L_{11} , L_{12} können natürlich auch nicht induktiv gekoppelte Teilinduktivitäten L_{11} , L_{12} verwendet werden, wobei wiederum zumindest eine der Teilinduktivitäten L_{11} , L_{12} der Induktivität L_1 , vorzugsweise mittels
20 Schalter K1, kurzschließbar ist. Auch hier kann am Beispiel seriell verschalteter Teilinduktivitäten L_{11} , L_{12} einfach das Verhältnis V für die Induktivität L_1 bei offenen und geschlossenen Schalter K1 (bzw. bei kurzgeschlossener und nicht kurzgeschlossener Teilinduktivitäten L_{12}) zu $V=(1+L_{12}/L_{11})$ abgeleitet werden. Auch daraus könnten nun einfach die Teilinduktivitäten L_{11} , L_{12} dimensioniert werden, um durch Kurzschließen einer
25 Teilinduktivität L_{11} , L_{12} eine erwünschte Reduzierung einer Induktivität L_1 zu erzielen.

Anstelle einer seriellen Verschaltung der Teilinduktivitäten L_{11} , L_{12} , wie anhand der Fig.3 erläutert, ist es aber natürlich auch denkbar, die Teilinduktivitäten L_{11} , L_{12} parallel zu schalten. Auch für eine parallele Verschaltung der Teilinduktivitäten L_{11} , L_{12} kann in gleicher Weise ein Verhältnis V für die Induktivität L_1 bei kurzgeschlossener und nicht
30 kurzgeschlossener Teilinduktivitäten L_{12} ermittelt werden. Gleichfalls könnte vorgesehen

sein, die Verschaltung der Teilinduktivitäten L11, L12 zwischen einer seriellen und parallelen Verschaltung umschaltbar auszuführen.

Dasselbe gilt natürlich analog auch für die Induktivitäten L2, L3, L4 der anderen Phasen P2, P3, P4 des DC/DC-Wandlers 1, die ebenfalls aus seriell oder parallel geschalteten oder
 5 zwischen seriell und parallel umschaltbar ausgeführten Teilinduktivitäten L21, L22, L31, L32, L41, L42, mit oder ohne induktiver Kopplung, gebildet werden.

Werden mehrere Teilinduktivitäten L11,L12...L41,L42 je Induktivität L1...L4 vorgesehen, wobei mehrere der Teilinduktivitäten L11,L12...L41,L42, vorzugsweise durch Schalter K1...K4, kurzschließbar sind, so können die Induktivitäten L1...L4 natürlich noch weiter
 10 abgestuft werden.

Um den DC/DC-Wandler 1 auf eine kleinere Ausgangsspannung U_A umzustellen, kann das im Betrieb des DC/DC-Wandlers 1 erfolgen, oder auch außerhalb des Betriebes des DC/DC-Wandlers 1. Hierzu werden die Schalter K1...K4 von der Steuereinheit 2 je nach Bedarf angesteuert, wobei natürlich bei einem mehrphasigen DC/DC-Wandler 1 die Induktivitäten
 15 L1...L4 aller Phasen P1...P4 gemeinsam umgestellt werden.

In Fig.5 ist der geänderte Betriebsbereich des DC/DC-Wandlers 1 bei kurzgeschlossener Teilinduktivität L12, L22, L32, L42 dargestellt, woraus unmittelbar die erreichbare größere Stromänderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ ersichtlich ist.

Ist dabei noch eine gleichzeitige Reduzierung der Eingangsspannung U_E und/oder eine
 20 Erhöhung der Schaltfrequenz f_{sw} vorgesehen, so kann es auch erforderlich sein in einem übergeordneten Regler 6 zur Regelung der Ausgangsspannung U_A Anpassungen vorzunehmen, vor allem um die geänderte Dynamik der Stromänderungsrate $\frac{di_L}{dt}$ zu berücksichtigen, z.B. durch Anpassen der Parameter des implementierten Regelgesetzes. Dem Regler 6 können dazu in bekannter Weise ein Sollwert $U_{A\text{soll}}$ der Ausgangsspannung U_A und ein Istwert $U_{A\text{ist}}$ der Ausgangsspannung U_A , z.B. erhalten durch Messen der
 25 Ausgangsspannung U_A , zugeführt sein. Der Sollwert $U_{A\text{soll}}$ der Ausgangsspannung U_A kann z.B. von einer übergeordneten Steuereinheit, z.B. ein Batteriemanagementsystem, vorgegeben werden. Der Regler 6 berechnet daraus anhand des implementierten Regelgesetzes eine Stellgröße R für die Steuereinheit 2, die diese Stellgröße R in eine
 30 geeignete Ansteuerung der Halbleiterschaltern S11, S12...S41, S42 und der Schalter K1...K4 umsetzt, wie in Fig.2 angedeutet. Der Regler 6 könnte aber die Schalter K1...K4 natürlich genauso direkt ansteuern.

Beispielsweise kann der Regler 6 oder die Steuereinheit 2, eine Schaltschwelle U_{Agrenz} überwachen und bei Unterschreiten dieser Schaltschwelle U_{Agrenz} durch die Ausgangsspannung U_A die Induktivitäten $L1...L4$ des DC/DC-Wandlers 1 wie oben erläutert reduzieren, die Stromänderungsrate des Induktivitätsstromes i_L an die kleine

5 Ausgangsspannung U_A anzupassen.

Patentansprüche

1. DC/DC-Wandler mit zumindest einer Halbbrücke (H1, H2, H3, H4) mit zwei in Serie geschalteten Halbleiterschaltern (S11, S12, S21, S22, S31, S32, S41, S42) und einer mit
5 einem ersten Ausgangsanschluss (3) verbundenen Ausgangsleitung (A1, A2, A3, A4), die zwischen den Halbleiterschaltern (S11, S12, S21, S22, S31, S32, S41, S42) abzweigt und in der zumindest eine Induktivität (L1, L2, L3, L4) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktivität (L1, L2, L3, L4) zumindest zwei Teilinduktivitäten (L11, L12, L21, L22, L31, L32, L41, L42) umfasst, wobei zumindest eine Teilinduktivität (L12, L22, L32, L42)
10 kurzschließbar ist.
2. DC/DC-Wandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktivität (L1, L2, L3, L4) zumindest zwei induktiv gekoppelte Teilinduktivitäten (L11, L12, L21, L22, L31, L32, L41, L42) umfasst.
3. DC/DC-Wandler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die
15 zumindest zwei Teilinduktivitäten (L11, L12, L21, L22, L31, L32, L41, L42) seriell oder parallel geschaltet sind.
4. DC/DC-Wandler nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest zwei Teilinduktivitäten (L11, L12, L21, L22, L31, L32, L41, L42) zwischen serieller und paralleler Verschaltung umschaltbar ausgeführt sind.
- 20 5. DC/DC-Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine kurzschließbare Teilinduktivität (L12, L22, L32, L42) mittels eines parallel dazu angeordneten Schalters (K1, K2, K3, K4) kurzschließbar ist.
6. Verfahren zum Betreiben eines DC/DC-Wandlers (1) mit zumindest einer Halbbrücke (H1, H2, H3, H4) mit zwei in Serie geschalteten Halbleiterschaltern (S11, S12, S21, S22,
25 S31, S32, S41, S42) und einer mit einem ersten Ausgangsanschluss (3) verbundenen Ausgangsleitung (A1, A2, A3, A4), die zwischen den Halbleiterschaltern (S11, S12, S21, S22, S31, S32, S41, S42) abzweigt und in der zumindest eine Induktivität (L1, L2, L3, L4) angeordnet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktivität (L1, L2, L3, L4) zumindest zwei Teilinduktivitäten (L11, L12, L21, L22, L31, L32, L41, L42) umfasst, wobei zumindest
30 eine Teilinduktivität (L12, L22, L32, L42) kurzgeschlossen wird, um eine erreichbare Stromänderungsrate ($\frac{di_L}{dt}$) des DC/DC-Wandlers (1) anzupassen.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem Kurzschließen der Teilinduktivität (L11, L12, L21, L22, L31, L32, L41, L42) auch eine Eingangsspannung des DC/DC-Wandlers verkleinert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem Kurzschließen der Teilinduktivität (L11, L12, L21, L22, L31, L32, L41, L42) auch eine Schaltfrequenz der Halbleiterschalter (S11, S12, S21, S22, S31, S32, S41, S42) vergrößert wird.
- 5

1/3

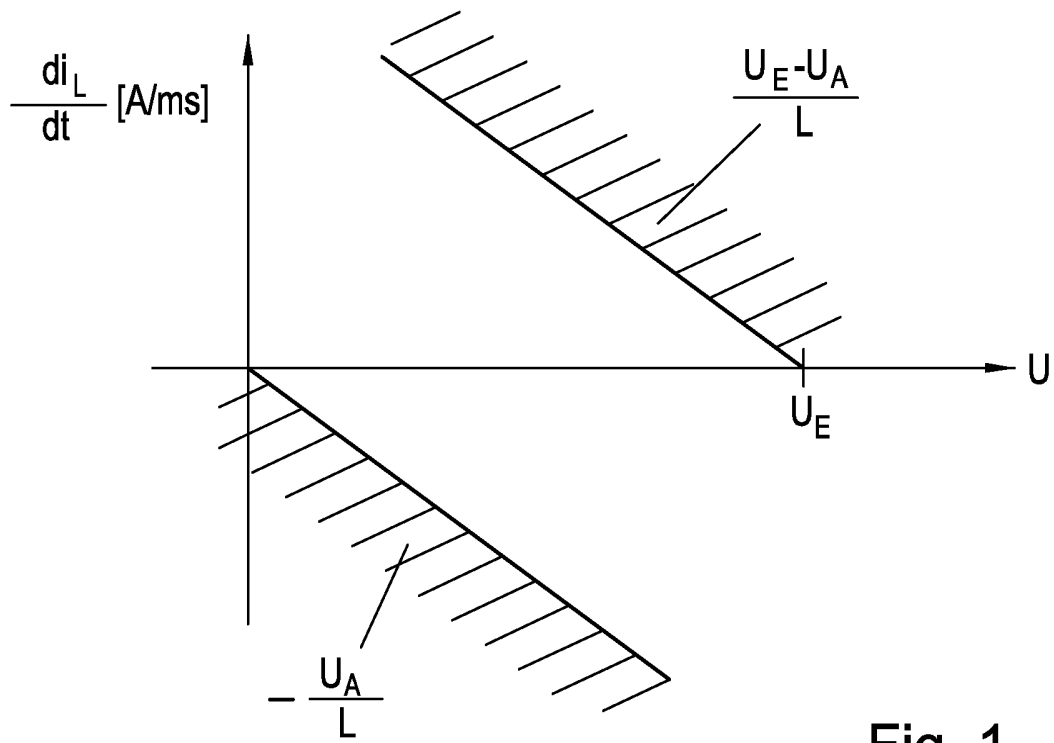


Fig. 1
Stand der Technik

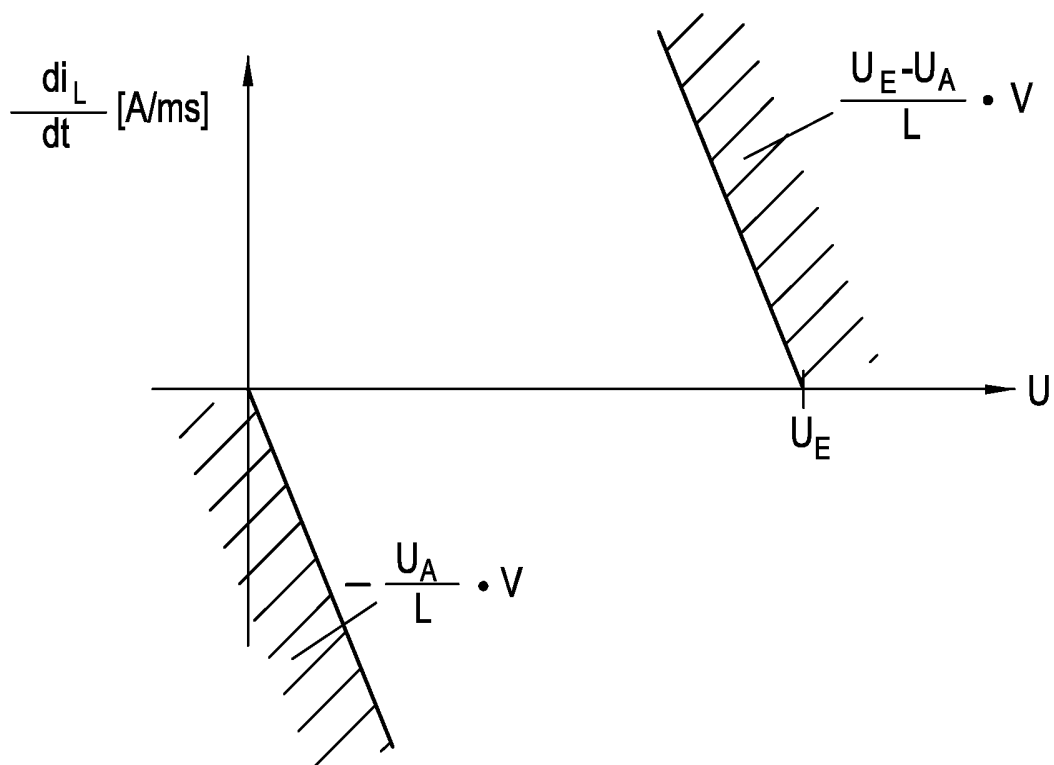


Fig. 5

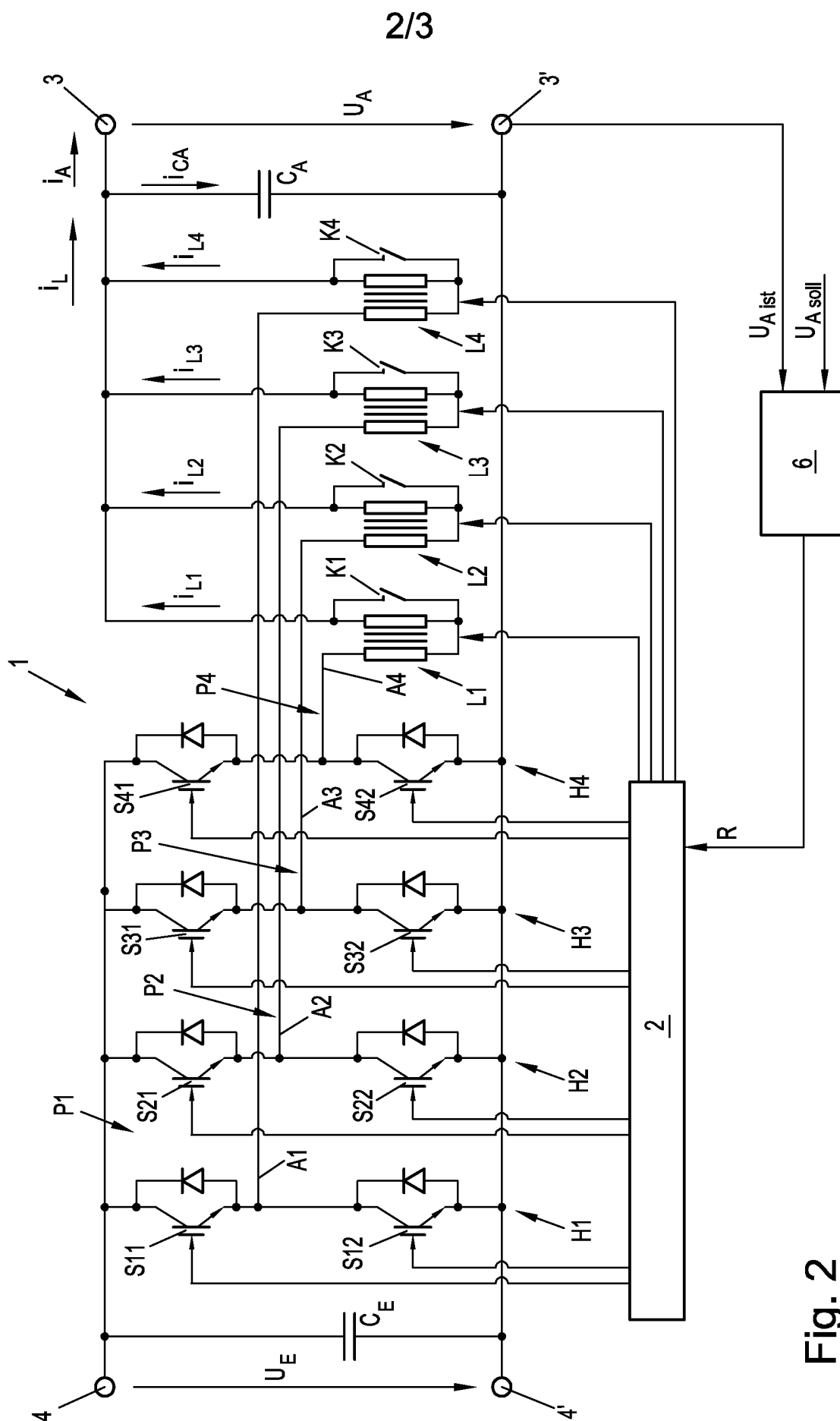


Fig. 2

3/3

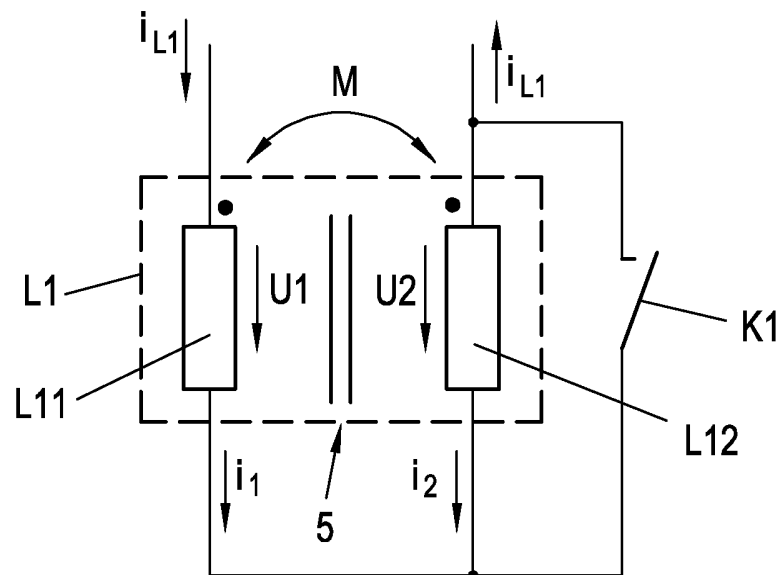


Fig. 3

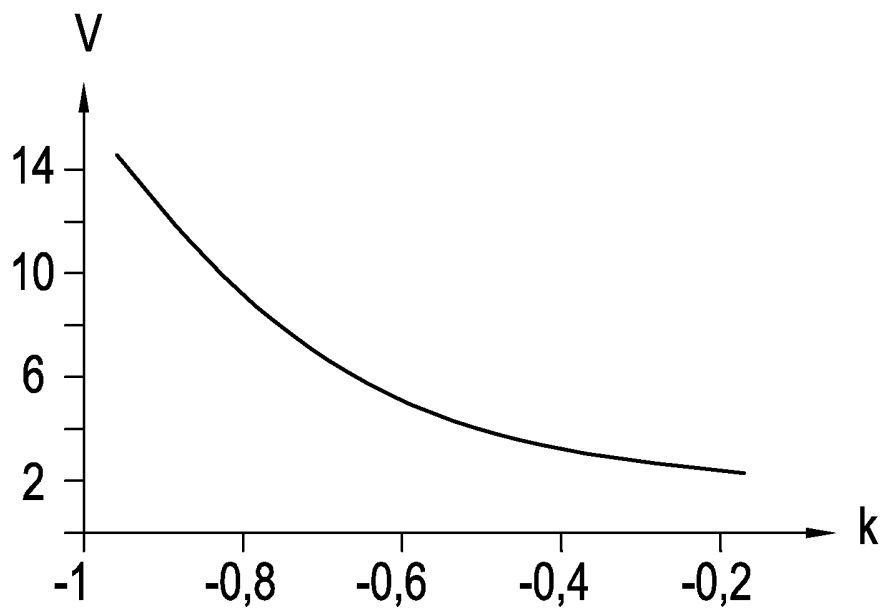


Fig. 4