



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 03 250 648 T1 2004.11.11**

(12)

Veröffentlichung der Patentansprüche

der europäischen Patentanmeldung mit der
 (97) Veröffentlichungsnummer: **1 333 567**
 in deutscher Übersetzung (Art. II § 2 Abs. 1 IntPatÜG)
 (96) Europäisches Aktenzeichen: **03 250 648.7**
 (96) Europäischer Anmeldetag: **31.01.2003**
 (97) Veröffentlichungstag
 der europäischen Anmeldung: **06.08.2003**
 (46) Veröffentlichungstag der Patentansprüche
 in deutscher Übersetzung: **11.11.2004**

(51) Int Cl.7: **H02M 3/337**

(30) Unionspriorität:
66418 **31.01.2002** **US**
264327 **01.10.2002** **US**

(74) Vertreter:
Patentanwälte Reichel und Reichel, 60322
Frankfurt

(71) Anmelder:
VLT Corp., San Antonio, Tex., US

(72) Erfinder:
Vinciarelli, Patrizio, Boston, Massachusetts 02114,
US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektrische Stromwandlung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Umformen von Strom von einer Eingangsquelle zur Zufuhr zu einer Last, wobei sich die Last über einen normalen Betriebsbereich ändern kann, mit den Schritten:

Bereitstellen eines Umformers; Bilden einer Resonanzschaltung mit dem Umformer, der ein Q von weniger als 13 hat und eine charakteristische Resonanzfrequenz und -periode hat; Bereitstellen einer Ausgangsschaltung, die mit dem Umformer verbunden ist, um eine gleichgerichtete Ausgangsspannung zu der Last zuzuführen; Bereitstellen von zwei oder mehreren Primärschaltern, um die Resonanzschaltung anzutreiben; Bereitstellen einer Schaltersteuerung, um die Primärschalter in einer Folge von Umformerbetriebszyklen zu betreiben, wobei jeder Umformerbetriebszyklus zwei Stromübertragungsintervalle mit im wesentlichen gleicher Dauer einschließt, wobei jedes Intervall eine Dauer hat, die kleiner als die charakteristische Resonanzperiode ist, während der einer oder mehrere der Primärschalter an sind und Strom von dem Eingang zu dem Ausgang über den Umformer übertragen wird; und Bereitstellen einer Umformungseffizienz von der Quelle zu der Last, die ein Maximum...

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umformen von Strom von einer Eingangsquelle zur Zufuhr zu einer Last, wobei sich die Last über einen normalen Betriebsbereich ändern kann, mit den Schritten:

Bereitstellen eines Umformers; Bilden einer Resonanzschaltung mit dem Umformer, der ein Q von weniger als 13 hat und eine charakteristische Resonanzfrequenz und -periode hat; Bereitstellen einer Ausgangsschaltung, die mit dem Umformer verbunden ist, um eine gleichgerichtete Ausgangsspannung zu der Last zuzuführen; Bereitstellen von zwei oder mehreren Primärschaltern, um die Resonanzschaltung anzutreiben; Bereitstellen einer Schaltersteuerung, um die Primärschalter in einer Folge von Umformerbetriebszyklen zu betreiben, wobei jeder Umformerbetriebszyklus zwei Stromübertragungsintervalle mit im wesentlichen gleicher Dauer einschließt, wobei jedes Intervall eine Dauer hat, die kleiner als die charakteristische Resonanzperiode ist, während der einer oder mehrere der Primärschalter an sind und Strom von dem Eingang zu dem Ausgang über den Umformer übertragen wird; und Bereitstellen einer Umformungseffizienz von der Quelle zu der Last, die ein Maximum innerhalb des normalen Betriebsbereichs hat, das größer als 90% ist.

2. Verfahren zum Umformen von Strom von einer Eingangsquelle zur Zufuhr zu einer Last, wobei sich die Last über einen normalen Betriebsbereich ändern kann mit den Schritten: Bereitstellen eines Umformers; Bilden einer Resonanzschaltung mit dem Transformator, die eine charakteristische Resonanzfrequenz und -periode hat; Bereitstellen einer Ausgangsschaltung die mit dem Umformer verbunden ist, um eine gleichgerichtete Spannung zu der Last zuzuführen; Bereitstellen von zwei oder mehreren Primärschaltern, um die Resonanzschaltung anzutreiben; und Bereitstellen einer Schaltersteuerung, um die Primärschalter in einer Folge von Umformerbetriebszyklen zu betreiben, wobei jeder Umformerbetriebszyklus (a) zwei Stromübertragungsintervalle mit im wesentlichen gleicher Dauer, während der einer oder mehrere der Primärschalter an sind und Strom von dem Eingang zu dem Ausgang über den Umformer übertragen wird, und (b) zwei Energierückgewinnungsintervalle einschließt, die jeweils eine im wesentlichen konstante Dauer über den normalen Betriebsbereich haben, während dem die Primärschalter aus sind; Verwenden der Schaltersteuerung, um die Primärschalter im wesentlichen zu Zeiten auszuschnalten, zu denen der Strom in einer Sekundärwicklung auf Null zurückgeht; und Verwenden eines Magnetisierungsstroms, um die Kapazitäten während der Energierückgewinnungsintervalle zu laden und zu entladen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei ein resonanter Teil des Stroms durch die Pri-

märschalter am Anfang und am Ende der Stromübertragungsintervalle im wesentlichen null ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Umformerbetriebszyklen außerdem eine Periode aufweisen, die eine im wesentliche konstante Dauer über den normalen Betriebsbereich hat.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Stromübertragungsintervalle zeitlich von den Energierückgewinnungsintervallen getrennt sind, während der die Primärschalter ausgeschaltet sind; und wobei Ströme in dem Umformer verwendet werden, um die Kapazitäten in den Umformern während der Energierückgewinnungsintervalle zu laden und zu entladen.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Umformerbetriebszyklen einen Stromumformungsgrad über den normalen Betriebsbereich aufweisen, der größer als 80 ist, und wobei die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 1,5 MHz ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Umformerbetriebszyklen einen Stromumformungsgrad über den normalen Betriebsbereich aufweisen, der größer als 90% ist, und wobei die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 1,0 MHz ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Umformerbetriebszyklen einen Stromumformungsgrad über den normalen Betriebsbereich aufweisen, der größer als 94% ist, und wobei die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 500 KHz ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, das außerdem den Schritt aufweist: Bereitstellen von zwei oder mehreren Sekundärschaltern in der Ausgangsschaltung, um den Strom von dem Transformator gleichzurichten; und Bereitstellen einer Schaltersteuerung, um die Sekundärschalter zu Zeiten mit im wesentlichen Strom Null an- und auszuschalten.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Steuerung außerdem eingerichtet ist, um die Sekundärschalter zu Zeiten mit im wesentlichen Spannung Null an den Sekundärschaltern an- und auszuschalten.

11. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der Umformer eine Anzahl von Primärwindungen N_p , eine Anzahl von Sekundärwindungen N_s aufweist und ein Verhältnis von N_s/N_p hat, das die Spannungsverstärkung $K = V_{out}/V_{in}$ der Umformung bestimmt, wobei V_{in} die Eingangsquellspannung zu der Vorrichtung und V_{out} die gleichgerichtet Ausgangsspannung ist.

12. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Resonanzschaltung eine Reihenresonanz-

schaltung aufweist, vorzugsweise eine Reihenresonanzschaltung, die ein Q hat, das kleiner als 10 ist.

13. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Resonanzschaltung eine charakteristische Resonanzfrequenz, die größer als 500 KHz ist, und ein Q hat, das kleiner als 10 ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Dauer der Energierückgewinnungsintervalle im wesentlichen gleich einem Zeitintervall ist, das ausreichend ist, um die Verluste aufgrund des Ladens und Entladens der parasitären Schaltungskapazitäten zu minimieren, wenn die Primärschalter angeschaltet sind.

15. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Q kleiner als 8 ist, und wobei die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 500 KHz ist.

16. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Periode der Umformerbetriebszyklen um ein Zeitintervall größer als die charakteristische Resonanzperiode ist, das ausreichend ist, um die Verluste aufgrund des Ladens und Entladens der parasitären Schaltungskapazitäten zu minimieren, wenn die Primärschalter angeschaltet sind.

17. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, mit dem weiteren Schritt: Bereitstellen einer Magnetisierungsinduktanz für den Umformer, der einen Umformerkern verwendet, der eine effektive Permeabilität hat, die kleiner als 100 ist; und wobei die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 500 KHz ist.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die effektive Permeabilität des Umformerkerns kleiner als 25 ist, und wobei die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 1 MHz ist.

19. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 mit dem weiteren Schritt: Klemmen der Spannungshöhe an einem kapazitiven Element in der Resonanzschaltung, um den Ausgangsstrom zu begrenzen.

20. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 mit den weiteren Schritten: Bereitstellen eines Hauptausgangs, um Strom mit einer Ausgangsspannung V_{out} zu der Last zuzuführen, und eines geregelten Zusatzausgangs, um Strom mit einer Zusatzspannung V_{aux} zuzuführen; und Verbinden des geregelten Hilfsausgangs in Reihe mit der Eingangsquelle; Einstellen der Zusatzausgangsspannung V_{aux} , um eine erwünschte Eingangsspannung V_{in} zu dem Umformer beizubehalten.

21. Verfahren nach Anspruch 20 mit dem weiteren Schritt: Erfassen der Ausgangsspannung V_{out} und Einstellen der Zusatzspannung, um die Ausgangsspannung V_{out} des Umformers zu regeln.

22. Zweistufiges Verfahren zum Umformen zu Strom mit den Schritten: Bereitstellen eines Abwärtsreglers, der einen Eingang, der verbunden ist, um Strom von der Eingangsquelle zu empfangen, und einen Ausgang hat, um eine geregelte Spannung einer zweiten Stromumformungsstufe zuzuführen; wobei die zweite Stromumformungsstufe ein Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 aufweist.

23. Zweistufiges Verfahren zum Umformen von Strom mit den Schritten: Bereitstellen eines Aufwärts-Reglers, der einen Eingang, der verbunden ist, um Strom von einer Eingangsquelle zu empfangen, und einen Ausgang hat, um eine geregelte Spannung zu einer zweiten Stromumformungsstufe zuzuführen; wobei die zweite Stromumformungsstufe ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2 aufweist.

24. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 mit dem weiteren Schritt: Verwenden eines symmetrischen Stromverlaufs, um das gleichphasige Rauschen zu verhindern.

25. Zweistufiges Verfahren zum Umformen von Strom mit den Schritten: Bereitstellen eines Vorreglers, der einen Eingang, der verbunden ist, um Strom von der Eingangsquelle zu empfangen, und einen Ausgang hat, um eine geregelte Spannung zu einer zweiten Stromumformungsstufe zuzuführen, wobei die zweite Stromumformungsstufe ein Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 aufweist.

26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei der Vorregler einen Aufwärts-Abwärts-Schaltregler aufweist.

27. Verfahren nach Anspruch 25, wobei der Vorregler einen ZVS-Aufwärts-Abwärtsregler aufweist.

28. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 mit den weiteren Schritten: Verwenden einer Sekundärwicklung eines Antriebsumformers, um die Steuerungseingänge einer oder mehrerer Stromschalteneinheiten anzutreiben; Verwenden mehrerer Schalter, um den Antriebsumformer anzutreiben; Verbinden eines Steuerungsanschlusses von jedem der mehreren Schalter, um auf eine gemeinsame Signalreferenz Bezug zu nehmen, um den Schalter an- und auszuschalten; Verwenden eines ersten Schalters und einen zweiten Schalters unter den mehreren Schaltern, um einen Magnetfluß in den Antriebsumformer in einer ersten bzw. in einer zweiten Richtung zu induzieren, wenn sie an sind; und Betreiben des ersten und des zweiten Schalters in einem Betriebszyklus, der (a) zwei AN-Intervalle hat, während der entweder der erste oder der zweite Schalter an ist und (b) zwei AUS-Intervalle hat, während der sowohl der erste als auch der zweite Schalter aus sind und Energie, die in dem Umformer gespeichert ist, verwendet wird, um die parasitären Ausgangskapazitäten der mehreren Schalter und eine parasitäre Ein-

gangskapazität der einen oder mehreren Stromschalteinrichtungen zu laden und zu entladen.

29. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 mit dem weiteren Schritt: Bereitstellen einer Modulationssteuerungsschaltung, die eingerichtet ist, um den AN-Widerstand der Primärschalter zu modulieren.

30. Vorrichtung zum Umformen von Strom von einer Eingangsquelle zur Zufuhr zu einer Last, wobei sich die Last über einen normalen Betriebsbereich ändern kann, wobei die Vorrichtung einen Umformer aufweist und außerdem dadurch gekennzeichnet ist, daß sie aufweist: eine Resonanzschaltung mit dem Umformer, der ein Q hat, das kleiner als 13 ist, und eine charakteristische Resonanzfrequenz und -periode hat; eine Ausgangsschaltung, die mit dem Umformer verbunden ist, um eine gleichgerichtete Ausgangsspannung zu der Last zuzuführen; zwei oder mehrere Primärschalter, die verbunden sind, um die Resonanzschaltung anzutreiben; und eine Schaltersteuerung, die eingerichtet ist, um die Primärschalter in einer Folge von Umformerbetriebszyklen zu betreiben, wobei jeder Umformerbetriebszyklus zwei Stromübertragungsintervalle mit im wesentlichen gleicher Dauer einschließt, wobei jedes Intervall eine Dauer hat, die kleiner als die charakteristische Resonanzperiode ist, während der einer oder mehrere der Primärschalter an sind und Strom von dem Eingang zu dem Ausgang über den Umformer übertragen wird; und daß die Vorrichtung eine Umformungseffizienz von der Quelle zu der Last hat, die ein Maximum innerhalb des normalen Betriebsbereichs hat, das größer als 90% ist.

31. Vorrichtung zum Umformen von Strom von einer Eingangsquelle zur Zufuhr zu einer Last, wobei sich die Last über einen normalen Betriebsbereich ändern kann, wobei die Vorrichtung einen Umformer aufweist und außerdem dadurch gekennzeichnet ist, daß sie aufweist: eine Resonanzschaltung, die den Umformer einschließt und eine charakteristische Resonanzfrequenz und -periode hat; eine Ausgangsschaltung, die mit dem Umformer verbunden ist, um eine gleichgerichtete Ausgangsspannung zu der Last zuzuführen; zwei oder mehrere Primärschalter, die verbunden sind, um die Resonanzschaltung anzutreiben; und eine Schaltersteuerung, die eingerichtet ist, um die Primärschalter in einer Folge von Umformerbetriebszyklen zu betreiben, wobei jeder Umformerbetriebszyklus (a) zwei Stromübertragungsintervalle mit im wesentlichen gleicher Dauer, während der eine oder die mehreren Primärschalter an sind und Strom von dem Eingang zu de Ausgang über den Umformer übertragen wird und (b) zwei Energierückgewinnungsintervalle einschließt, von denen jedes eine im wesentlichen konstante Dauer über den normalen Betriebsbereich hat, während der die Primärschalter aus sind; wobei die Schaltersteuerung ein-

gerichtet ist, um die Primärschalter im wesentlichen zu Zeiten auszuschalten, zu denen der Strom in einer Sekundärwicklung auf Null zurückgeht; und daß der Magnetisierungsstrom verwendet wird, um Kapazitäten während der Energierückgewinnungsintervalle zu laden und zu entladen.

32. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltersteuerung eingerichtet ist, um die Primärschalter im wesentlichen zu Zeiten an- und auszuschalten, zu denen ein resonanter Teil des Stroms null ist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsschaltung außerdem zwei oder mehrere Sekundärschalter aufweist, um Strom von dem Umformer gleichzurichten; und daß die Schaltersteuerung eingerichtet ist, um die Sekundärschalter im wesentlichen zu Zeiten mit Strom Null an- und auszuschalten.

34. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsschaltung außerdem zwei oder mehrere Sekundärschalter aufweist, um den Strom von dem Umformer gleichzurichten, und daß die Schaltersteuerung eingerichtet ist, um die Sekundärschalter im wesentlichen zu Zeiten mit Spannung Null an den Sekundärschaltern an- und auszuschalten.

35. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Umformer außerdem eine Anzahl von Primärwindungen N_p , eine Anzahl von Sekundärwindungen N_s und ein Verhältnis N_s/N_p aufweist, das die Spannungsverstärkung $K = V_{out}/V_{in}$ der Vorrichtung bestimmt, wobei V_{in} die Eingangsspannung zu der Vorrichtung und V_{out} die gleichgerichtete Ausgangsspannung der Vorrichtung ist.

36. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer der Energierückgewinnungsintervalle im wesentlichen gleich einem Zeitintervall ist, daß ausreichend ist, um die Verluste aufgrund des Ladens und Entladens der parasitären Schaltungskapazitäten zu minimieren, wenn die Primärschalter angeschaltet sind.

37. Vorrichtung nach Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzschaltung ein Q hat, das kleiner als 13 ist.

38. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzschaltung ein Q hat, das kleiner als 8 ist.

39. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Re-

sonanzschaltung eine charakteristische Resonanzfrequenz, die größer als 500 KHz ist, und ein Q hat, das kleiner als 10 ist.

40. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzschaltung eine Reihenresonanzschaltung aufweist.

41. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Umformerbetriebszyklen außerdem eine Periode über den normalen Betriebsbereich aufweisen, die eine im wesentlichen konstante Zeitdauer hat.

42. Vorrichtung nach Anspruch 41, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Periode der Umformerbetriebszyklen um ein Zeitintervall größer als die charakteristische Resonanzperiode ist, das ausreichend ist, um die Verluste aufgrund des Ladens und Entladens der parasitären Schaltungskapazitäten zu minimieren, wenn die Primärschalter angeschaltet sind.

43. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Stromumformungsastgrad über den normalen Betriebsbereich hat, der größer als 80% ist, und daß die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 1,5 MHz ist.

44. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Stromumformungsastgrad über den normalen Betriebsbereich hat, der größer als 90% ist, und daß die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 1,0 MHz ist.

45. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Stromumformungsastgrad über den normalen Betriebsbereich hat, der größer als 94% ist, und daß die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 0,5 MHz.

46. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß der Umformer einen Magnetkern aufweist, der eine effektive Permeabilität hat, die kleiner als 100 ist, und daß die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 500 KHz ist.

47. Vorrichtung nach Anspruch 46, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die effektive Permeabilität kleiner als 25 ist, und daß die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 1 MHz ist.

48. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem eine oder mehrere Klemmdioden aufweist, die mit einem kapa-

zitativen Element in der Resonanzschaltung verbunden sind, um den Ausgangsstrom zu begrenzen.

49. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem eine Steuerungsschaltung aufweist, um eine Änderungsgeschwindigkeit der Spannung an einem kapazitiven Element in der Resonanzschaltung zu erfassen, um den Ausgangsstrom oder die Ausgangsspannung zu steuern.

50. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß jedes Stromübertragungsintervall im wesentlichen gleich einer Hälfte der charakteristischen Resonanzperiode ist, und daß die Steuerung die Schalter im wesentlichen zu Zeiten an- und ausschaltet, zu denen ein resonanter Teil des Stroms in den Schaltern null ist.

51. Stromteilungsanordnung, dadurch gekennzeichnet, daß sie mehrere Vorrichtungen nach Anspruch 50 aufweist, die parallel verbunden sind, und daß ein Ausgangswiderstand mit einer offenen Schleife von jeder Vorrichtung seinen entsprechenden Teil des Stroms bestimmt, der zu der Last zugeführt wird.

52. Vorrichtung nach Anspruch 50, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsspannung durch Rückkopplung zu der Eingangsquelle geregelt wird.

53. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsschaltung zwei getrennte Ausgangsschaltungen aufweist, um zwei gleichgerichtete Ausgangsspannungen zuzuführen.

54. Vorrichtung nach Anspruch 40, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzschaltung eine Resonanzinduktivität und eine Resonanzkapazität aufweist, die in Reihe mit einer Primärwicklung des Umformers verbunden sind und eine Primärschaltung bilden, und wobei die Resonanzinduktivität eine Verlustinduktivität des Umformers aufweist.

55. Vorrichtung nach Anspruch 54, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß genau zwei Primärschalter den Umformer antreiben, daß ein erstes Ende der Primärschaltung mit einem positiven Eingangsanschluß über einen ersten Primärschalter verbunden ist und mit einem negativen Eingangsanschluß über einen zweiten Primärschalter verbunden ist; und daß die Resonanzkapazität einen ersten Kondensator, der ein Ende hat, das mit dem positiven Eingangsanschluß verbunden ist, und einen zweiten Kondensator aufweist, der ein Ende hat, das mit dem negativen Eingangsanschluß verbunden ist.

56. Vorrichtung nach Anspruch 54, außerdem da-

durch gekennzeichnet, daß ein erstes Ende der Primärschaltung mit einem positiven Eingangsanschluß über einen ersten Primärschalter verbunden ist und mit einem negativen Eingangsanschluß über einen zweiten Primärschalter verbunden ist; und daß ein zweites Ende der Primärschaltung mit dem positiven Eingangsanschluß über einen dritten Primärschalter verbunden ist und mit dem negativen Eingangsanschluß über einen vierten Primärschalter verbunden ist.

57. Vorrichtung nach Anspruch 54, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß ein erstes Ende der Primärschaltung mit einem ersten Primärschalter verbunden ist; daß ein zweites Ende der Primärschaltung mit einem zweiten Primärschalter verbunden ist; und daß der zweite Primärschalter mit dem ersten Primärschalter verbunden ist.

58. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsschaltung synchrone Gleichrichtereinrichtungen aufweist, die jeweils von einer synchronen Gleichrichtersteuerung gesteuert werden.

59. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsschaltung außerdem aufweist: zwei oder mehrere synchrone Gleichrichtereinrichtungen; eine Dämpfungsschaltung, die mit den synchronen Gleichrichtern verbunden ist; und eine Steuerungsschaltung, die mit den synchronen Gleichrichtern verbunden ist, um die synchronen Gleichrichter auszuschalten; und daß die Dämpfungsschaltung eingerichtet ist, um Schwingungen in der Ausgangsschaltung zu dämpfen, wenn ein erster der synchronen Gleichrichter ausgeschaltet ist, und um Energie zu verwenden, die aus dem Dämpfen rückgewonnen wird, um einen Steuerungsanschluß eines zweiten der synchronen Gleichrichter zu laden, um so den zweiten synchronen Gleichrichter einzuschalten.

60. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem einen Filterkondensator und eine Dämpfungsschaltung aufweist, die mit dem Filterkondensator verbunden ist.

61. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltersteuerung eingerichtet ist, um die Beendigung eines Stromübertragungsintervalls zu erfassen und die Primärschalter bei Beendigung des Stromübertragungsintervalls auszuschalten.

62. Vorrichtung nach Anspruch 61, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß das Stromübertragungsintervall gleich einer Hälfte der charakteristischen Periode der Resonanzschaltung ist.

63. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine Schaltfrequenz hat, die größer als 500 KHz ist, und für eine Leistungsdichte sorgt, die größer als 200 Watt/Kubik-Inch (12,2 Watt/cm³) ist.

64. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine Schaltfrequenz hat, die größer als 1 MHz ist und für eine Leistungsdichte sorgt, die größer als 300 Watt pro Kubik-Inch (18,31 Watt/cm³) ist.

65. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem aufweist: einen Hauptausgang, um Strom mit einer Ausgangsspannung V_{out} zu der Last zuzuführen, und einen geregelten Zusatzausgang, um Strom mit einer Zusatzspannung V_{aux} zuzuführen, wobei der geregelte Zusatzausgang in Reihe mit der Eingangsquelle verbunden ist; und eine Steuerungsschaltung, die eingerichtet ist, um die Zusatzspannung V_{aux} einzustellen, um eine erwünschte Eingangsspannung V_{in} zu dem Umformer beizubehalten.

66. Vorrichtung nach Anspruch 65, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsschaltung außerdem einen Eingang aufweist, um die Ausgangsspannung V_{out} zu erfassen, und eingerichtet ist, um die Zusatzspannung V_{out} einzustellen, um die Eingangsspannung V_{out} des Umformers zu regeln.

67. Einen Gleichstrom/Gleichstrom-Umformer, dadurch gekennzeichnet, daß er aufweist: eine Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31; und einen Abwärts-Umformer, der einen Eingang, der verbunden ist, um Strom von der Eingangsquelle zu empfangen, und einen Ausgang hat, um eine geregelte Spannung zu der Vorrichtung zuzuführen.

68. Gleichstrom/Gleichstrom-Umformer, dadurch gekennzeichnet, daß er aufweist: eine Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31; und einen Aufwärts-Umformer, der einen Eingang, der verbunden ist, um Strom von der Eingangsquelle zu empfangen, und einen Ausgang hat, um eine geregelte Spannung zu der Vorrichtung zuzuführen.

69. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß der Umformer und die Resonanzschaltung symmetrisch aufgebaut sind, um gleichphasiges Rauschen zu verringern, das durch die parasitären Kapazitäten in der Ausgangsschaltung gekoppelt ist.

70. Vorrichtung nach Anspruch 69, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß der Umformer eine erste und eine zweite Primärwicklung aufweist; und daß zwei oder mehrere Primärschalter die erste und die zweite Primärwicklung aus der Phase treiben.

71. Vorrichtung nach Anspruch 69, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Primärschalter eine Vollbrückenschaltung bilden, um den Umformer anzutreiben; daß der Umformer zwei Primärwicklungen aufweist; und daß die Resonanzschaltung einen Resonanzkondensator aufweist, der in Reihe mit und zwischen den zwei Primärwicklungen verbunden ist.

72. Vorrichtung nach Anspruch 69, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die Primärschalter eine Vollbrückenschaltung bilden, um den Umformer anzutreiben; daß der Umformer eine Primärwicklung aufweist; und daß die Resonanzschaltung einen ersten und einen zweiten Resonanzkondensator aufweist, die mit einem entsprechendem Ende der Primärwicklung verbunden sind.

73. Vorrichtung nach Anspruch 69, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß der Umformer eine zentral angeschlossene Primärwicklung aufweist; und daß die Primärschalter einen Gegentaktreiber bilden, um die Primärwicklung anzutreiben.

74. Vorrichtung nach Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem zwei Halbbrücken aufweist, die aus der Phase getrieben sind.

75. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 oder eine Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, die eine Stromumwandlungstastgrad hat, der im wesentlichen konstant ist und über den normalen Betriebsbereich größer als 80% ist und abnimmt, wenn der Bereich überschritten wird.

76. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 oder eine Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, die eine Umformerbetriebsperiode hat, die über den normalen Betriebsbereich im wesentlichen konstant ist und zunimmt, wenn der Bereich überschritten wird.

77. Verfahren nach Anspruch 2 oder Vorrichtung nach Anspruch 31, wobei sich die Dauer des Energierückgewinnungsintervalls ändert, wenn der normale Betriebsbereich überschritten wird.

78. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 oder Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, wobei die Last einen Mikroprozessor aufweist.

79. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 oder Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, wobei die Resonanzschaltung ein Q hat, das kleiner als 10 ist; wobei die charakteristische Resonanzfrequenz größer als 1 MHz ist; und wobei die Last einen Mikroprozessor aufweist.

80. Verfahren oder Vorrichtung nach Anspruch 79, gekennzeichnet durch eine vorübergehende Reaktionszeit, die kürzer als vier Umformerbetriebszyklen für eine Schrittänderung in der Last ist.

len für eine Schrittänderung in der Last ist.

81. Gleichrichter/Gleichrichter-Umformer, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Vorrichtung nach Anspruch 30 oder 31 aufweist und außerdem einen Vorregler aufweist, der einen Eingang, der verbunden ist, um Strom von der Eingangsquelle zu empfangen, und einen Ausgang hat, um eine geregelte Spannung zu der Vorrichtung zuzuführen.

82. Umformer nach Anspruch 81, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß der Vorregler einen Aufwärts-Abwärts-Schaltregler aufweist.

83. Umformer nach Anspruch 81, außerdem dadurch gekennzeichnet, daß der Vorregler einen ZVS-Aufwärts-Abwärts-Regler aufweist.

84. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Vorrichtung aufweist, um einen Steuerungseingang von einer oder mehreren Stromschalteinrichtungen anzutreiben mit: einem Antriebsumformer, der eine Sekundärwicklung hat; mehreren Schaltern, die jeweils einen Steuerungsanschluß, der auf eine gemeinsame Signalreferenz Bezug nimmt, um die Schalter an- und auszuschalten, und einen Ausgang haben, der verbunden ist, um den Umformer anzutreiben, wobei mehrere Schalter, die einen ersten Schalter und einen zweiten Schalters einschließen, jeweils gepolt sind, um einen Magnetfluß in dem Antriebsumformer in einer ersten bzw. in einer zweiten Richtung zu induzieren, wenn sie an sind, und wobei die Sekundärwicklung verbunden ist, um die Steuerungseingänge des einen oder der mehreren Stromschalteinrichtungen anzutreiben; und einer Steuerungsschaltung, die mit dem Steuerungsanschluß verbunden ist und aufgebaut ist, um den ersten und den zweiten Schalter in einer Folge der Steuerungszyklen zu betreiben, die jeweils (a) zwei AN-Intervalle, während der entweder der erste oder der zweite Schalter an ist, und (b) zwei AUS-Intervalle haben, während der sowohl der erste als auch der zweite Schalter aus sind und Energie, die in dem Antriebsumformer gespeichert ist, verwendet wird, um die parasitären Ausgangskapazitäten der mehreren Schalter und eine parasitäre Eingangskapazität eines oder mehrerer Stromschalteinrichtungen zu laden und zu entladen.

85. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem eine Modulationssteuerungsschaltung aufweist, die eingerichtet ist, um den AN-Widerstand der Primärschalter zu modulieren.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen