



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101479917 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 22

(21) 申请号 200780022466. X

(22) 申请日 2007. 06. 16

(30) 优先权数据

60/805, 027 2006. 06. 16 US

11/530, 287 2006. 09. 08 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 12. 16

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2007/001608 2007. 06. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02007/144758 EN 2007. 12. 21

(73) 专利权人 雅达电子国际有限公司

地址 中国香港九龙

(72) 发明人 李太强

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018

代理人 康泉 宋志强

(51) Int. Cl.

H02M 1/14(2006. 01)

H02M 3/28(2006. 01)

H02M 3/335(2006. 01)

审查员 郭春春

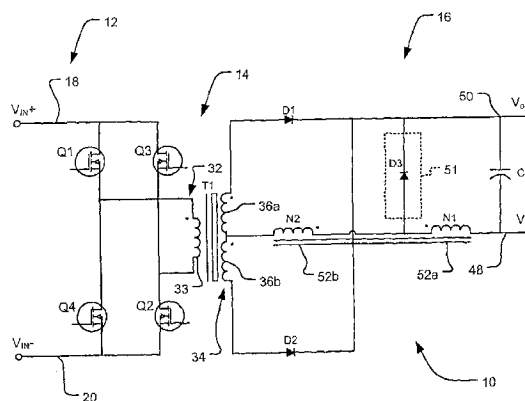
权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 8 页

(54) 发明名称

零电压零电流开关变换器

(57) 摘要

一种功率变换器电路,包括输入开关电路、隔离电路、包括至少一对整流器的整流器电路以及输出电路。所述输入开关电路接收第一电压并产生 AC 电压。所述隔离电路具有初级侧和次级侧,所述初级侧被配置为从所述输入开关电路接收所述 AC 电压。所述次级侧与所述整流器电路和所述输出电路相连。所述输出电路包括次级电感线圈和二极管。所述次级电感线圈与初级电感线圈和所述整流器电路相连,或与初级电感线圈和所述次级侧相连。所述二极管与所述初级电感线圈、所述次级电感线圈和所述整流器电路相连。当没有电压施加到所述隔离电路的初级侧时,所述次级电感线圈禁止电流流经所述整流器电路,并迫使电流流经所述二极管。



1. 一种功率变换器电路,包括:
输入开关电路,所述输入开关电路接收第一电压并产生 AC 电压;
具有初级侧和次级侧的隔离电路,所述初级侧被配置为从所述输入开关电路接收所述 AC 电压;
与所述隔离电路的次级侧相连的整流器电路,所述整流器电路包括至少一对整流器;
和
位于所述隔离电路的次级侧的输出电路,所述输出电路包括:
次级电感线圈,其与所述整流器电路和所述隔离电路的次级侧中的一个以及初级电感线圈相连;和
二极管,其与所述初级电感线圈、所述次级电感线圈和所述整流器电路相连,其中当没有电压施加到所述隔离电路的初级侧时,所述次级电感线圈禁止电流流经所述整流器电路,并迫使电流流经所述二极管。
2. 根据权利要求 1 所述的功率变换器电路,其中所述二极管为将通过所述二极管的反向恢复电流最小化的二极管和肖特基二极管中的一种。
3. 根据权利要求 1 所述的功率变换器电路,其中所述初级电感线圈和所述次级电感线圈被耦合。
4. 根据权利要求 3 所述的功率变换器电路,其中所述初级电感线圈和所述次级电感线圈被缠绕在环形磁芯上。
5. 根据权利要求 1 所述的功率变换器电路,其中所述初级电感线圈具有第一匝数,所述次级电感线圈具有第二匝数,所述第二匝数小于所述第一匝数。
6. 根据权利要求 5 所述的功率变换器电路,其中所述第一匝数至少为所述第二匝数的五倍。
7. 根据权利要求 1 所述的功率变换器电路,其中所述输入开关电路包括位于所述输入开关电路的超前桥臂上的第一组开关元件,和所述输入开关电路的滞后桥臂的第二组开关元件,所述第一组开关元件在零电压点处切换为接通,并且所述第二组开关元件在零电流点处切换为断开。
8. 根据权利要求 1 所述的功率变换器电路,其中所述输入开关电路包括开关元件,并且当没有电压施加到所述开关元件的控制端子时,所述次级电感线圈禁止电流流经所述输入开关电路。
9. 根据权利要求 1 所述的功率变换器电路,其中所述初级电感线圈感应产生所述次级电感线圈两端的电压。
10. 根据权利要求 1 所述的功率变换器电路,其中所述二极管包括阳极和阴极,所述阳极与所述整流器电路相连,并且所述阴极与所述次级电感线圈相连。
11. 根据权利要求 10 所述的功率变换器电路,其中所述阴极与所述初级电感线圈相连。
12. 根据权利要求 10 所述的功率变换器电路,其中所述阳极与所述初级电感线圈相连。
13. 根据权利要求 1 所述的功率变换器电路,其中所述二极管包括阳极和阴极,所述阳极与所述次级电感线圈相连,并且所述阴极与所述隔离电路的次级侧相连。

14. 根据权利要求 13 所述的功率变换器电路,其中所述阳极与所述初级电感线圈相连。

15. 根据权利要求 13 所述的功率变换器电路,其中所述阴极与所述初级电感线圈相连。

16. 一种零电压零电流开关功率变换器电路,包括:

具有开关元件的输入开关电路,所述输入开关电路接收第一电压并产生 AC 电压;

具有初级侧和次级侧的隔离电路,所述初级侧被配置为从所述输入开关电路接收所述 AC 电压;

与所述隔离电路的次级侧相连的整流器电路,所述整流器电路包括至少一对整流器;
和

位于所述隔离电路的次级侧的输出电路,所述输出电路包括:

次级电感线圈,其与所述整流器电路和所述隔离电路的次级侧中的一个以及初级电感线圈相连;和

二极管,其与所述初级电感线圈、所述次级电感线圈和所述整流器电路相连,其中当没有电压施加到所述开关元件的控制端子时,所述次级电感线圈禁止电流流经所述输入开关电路。

17. 根据权利要求 16 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述二极管是将通过所述二极管的反向恢复电流最小化的二极管和肖特基二极管中的一种。

18. 根据权利要求 16 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述初级电感线圈和所述次级电感线圈被耦合。

19. 根据权利要求 18 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述初级电感线圈和所述次级电感线圈被缠绕在环形磁芯上。

20. 根据权利要求 16 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述初级电感线圈具有第一匝数,所述次级电感线圈具有第二匝数,所述第二匝数小于所述第一匝数。

21. 根据权利要求 20 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述第一匝数至少为所述第二匝数的五倍。

22. 根据权利要求 16 所述的零电压零电流开关功率变换器,其中当没有电压施加到所述隔离电路的初级侧时,所述二极管禁止电流流经所述整流器电路,并迫使电流通过所述二极管。

23. 根据权利要求 16 所述的零电压零电流开关功率变换器,其中所述开关元件包括位于所述输入开关电路的超前桥臂上的第一组开关元件,和所述输入开关电路的滞后桥臂的第二组开关元件,所述第一组开关元件在零电压点处切换为接通,并且所述第二组开关元件在零电流点处切换为断开。

24. 根据权利要求 16 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述初级电感线圈感应产生所述次级电感线圈两端的电压。

25. 根据权利要求 16 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述二极管包括阳极和阴极,所述阳极与所述整流器电路相连,并且所述阴极与所述次级电感线圈相连。

26. 根据权利要求 25 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述阴极与所述初级电感线圈相连。

27. 根据权利要求 25 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述阳极与所述初级电感线圈相连。

28. 根据权利要求 16 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述二极管包括阳极和阴极,所述阳极与所述次级电感线圈相连,并且所述阴极与所述隔离电路的次级侧相连。

29. 根据权利要求 28 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述阳极与所述初级电感线圈相连。

30. 根据权利要求 28 所述的零电压零电流开关功率变换器电路,其中所述阴极与所述初级电感线圈相连。

31. 一种功率变换器电路,包括:

位于所述变换器电路的输出端处的初级电感线圈;

与所述初级电感线圈相连的反激式能量耗散电路;和

与所述初级电感线圈和所述反激式能量耗散电路相连的次级电感线圈,所述初级电感线圈感应产生所述次级电感线圈两端的电压,在所述电压被感应产生时,使反激能量流经所述反激式能量耗散电路。

32. 根据权利要求 31 所述的功率变换器电路,其中所述初级电感线圈具有第一匝数,所述次级电感线圈具有第二匝数,所述第二匝数小于所述第一匝数。

33. 根据权利要求 32 所述的功率变换器电路,其中所述第一匝数至少为所述第二匝数的五倍。

34. 根据权利要求 31 所述的功率变换器电路,其中所述初级电感线圈和所述次级电感线圈被相互耦合。

35. 根据权利要求 34 所述的功率变换器电路,其中所述初级电感线圈和所述次级电感线圈缠绕在环形磁芯上。

36. 根据权利要求 31 所述的功率变换器电路,进一步包括输入开关电路,所述输入开关电路接收输入电压并产生 AC 信号输出信号,其中所述次级电感线圈禁止电流流经所述输入开关电路。

37. 根据权利要求 36 所述的功率变换器电路,其中所述输入开关电路包括位于所述输入开关电路超前桥臂上的第一组开关元件,和所述输入开关电路的滞后桥臂的第二组开关元件,所述第一组开关元件在零电压点处切换为接通,并且所述第二组开关元件在零电流点处切换为断开。

38. 根据权利要求 37 所述的功率变换器电路,进一步包括具有输入侧和输出侧的隔离电路,所述输入侧与所述输入开关电路相连。

39. 根据权利要求 38 所述的功率变换器电路,进一步包括与所述隔离电路的输出侧相连的整流器电路,所述整流器电路包括至少一对整流器。

40. 根据权利要求 39 所述的功率变换器电路,其中所述反激式能量耗散电路包括具有第一端和第二端的二极管,所述第一端与所述初级电感线圈相连。

41. 根据权利要求 40 所述的功率变换器电路,其中所述二极管是将通过所述二极管的反向恢复电流最小化的二极管和肖特基二极管中的一种。

42. 根据权利要求 40 所述的功率变换器电路,其中所述二极管的第一端为阴极,所述

二极管的第二端为阳极。

43. 根据权利要求 42 所述的功率变换器电路,其中所述阴极与所述次级电感线圈相连。

44. 根据权利要求 42 所述的功率变换器电路,其中所述阳极与所述次级电感线圈相连。

45. 根据权利要求 40 所述的功率变换器电路,其中所述二极管的第一端为阳极,所述二极管的第二端为阴极。

46. 根据权利要求 45 所述的功率变换器电路,其中所述阳极与所述次级电感线圈相连。

47. 根据权利要求 45 所述的功率变换器电路,其中所述阴极与所述次级电感线圈相连。

零电压零电流开关变换器

技术领域

[0001] 本公开内容涉及功率变换器方面。

背景技术

[0002] 本节中的陈述仅提供与本公开内容有关的背景信息，并不构成现有技术。

[0003] 开关功率变换器通常通过操作开关元件将直流 (DC) 电压转换为交流 (AC) 电压，然后采用整流器和平滑电路将 AC 电压转换回 DC 电压。控制电路可以控制开关元件的占空比。开关功率变换器通过改变开关元件的占空比来允许可变的输出电压。输出电压与输入电压之比通常由开关元件的占空比来确定。

[0004] 随着较新的集成电路可以在更小的封装中提供更多的电子功能，必须使功率变换器变得更小。一种减小功率变换器尺寸的方式是提高开关元件的工作频率。然而，随着开关元件频率的提高，功率变换器的功率损耗也随之增加。提高开关元件的频率趋向于增加功率变换器所产生的电磁干扰。

[0005] 为了最小化与开关元件的频率提高相关联的不利方面，希望开关元件在其电压和/或电流变为零时接通和断开。通过使用功率晶体管作为开关元件，与功率晶体管相关联的寄生输出电容可以用来与隔离变压器的寄生漏感一起建立共振 LC 电路。共振 LC 电路使与功率晶体管相关联的电流和电压表现为迫使该电流和电压通过零点的正弦曲线波形。然后功率晶体管在正弦曲线波形的零点处接通或断开。这使得元件断开时下降电流与上升电压的重叠以及元件接通时上升电流与下降电压的重叠最小化。这种类型的开关经常称为软开关，而传统的开关经常称为硬开关。

[0006] 在采用任一开关类型的传统全桥变换器中，当开关元件接通和断开时，在变换器的整流器部分中产生续流电流 (freewheeling current)。续流电流使相对较高的反向恢复电流在开关元件之一接通时通过整流器之一，并在另一开关元件接通时通过另一个整流器。反向恢复电流在阻塞二极管 (blocking diode) 处引起电压尖峰。反向恢复电流还引起整流器的温度升高，这相应地增加了反向恢复电流和在那个二极管处的相应的电压尖峰。最终，电压尖峰上升到超出变压器次级侧所使用的典型输出整流器的额定值的水平。

[0007] 限制续流电流和相应的电压尖峰的一种尝试已经在变换器输出端处的电压轨之间使用了二极管。由于二极管上的电压应力明显小于输出整流器上的电压应力，因此将该二极管置于使其可以被用作续流二极管 (freewheeling diode) 的有利位置。当电桥的开关元件都断开时，输出电流流经续流二极管，并且因此而减少或限制了通过整流器的反向恢复电流。然而，传统的输出电感线圈或扼流圈 (choke) 不能保证所有输出电流都流经被置于电压轨之间的续流二极管。在通常情况下，大多数续流电流流经输出整流器而不是流经续流二极管。这导致通过输出整流器的反向恢复电流更高。

[0008] 限制续流电流的另一种尝试采用了第一端连接到初级电感线圈的次级电感线圈和连接到该次级电感线圈第二端的二极管。当没有电压施加到隔离电路的初级侧时，该次级电感线圈禁止电流流经整流器对。

[0009] 一种最小化由于反向恢复电流引起的损耗的替代方法是实现超前桥臂开关元件零电压时开关和滞后桥臂开关元件零电流时开关的软开关。这种电路经常被称为零电压零电流开关 (ZVZCS) 变换器。图 1 示出传统的 ZVZCS 全桥变换器。传统的 ZVZCS 变换器使用与输出扼流圈 N3 同相的耦合扼流圈 N4。二极管 Dd 的阴极连接到 N3 的第一侧。Dd 的阳极连接到 N4 的第一侧。电容器 Ch 连接到 Dd 的阳极和输出电路的负轨。二极管 Dc 的阴极连接到 N4 的第二侧, Dc 的阳极连接到输出电路的负轨。Df 的阴极连接到 Dd 的阴极, Df 的阳极连接到输出电路的负轨。在有源阶段期间通过 N4 的谐振漏感对 Ch 进行充电。在续流阶段期间, Ch 放电, 使流经初级侧的电流重置为零。虽然该电路是有效的, 但其需要很多元件, 这就限制了最小化电路尺寸的能力。

发明内容

[0010] 一种功率变换器电路, 包括输入开关电路、隔离电路、包括至少一对整流器的整流器电路以及输出电路。所述输入开关电路接收第一电压并产生 AC 电压。所述隔离电路具有初级侧和次级侧, 所述初级侧被配置为从所述输入开关电路接收所述 AC 电压。所述次级侧与所述整流器电路和所述输出电路相连。所述输出电路包括次级电感线圈和二极管。所述次级电感线圈与初级电感线圈和所述整流器电路相连, 或与初级电感线圈和所述次级侧相连。所述二极管与所述初级电感线圈、所述次级电感线圈和所述整流器电路相连。当没有电压施加到所述隔离电路的初级侧时, 所述次级电感线圈能够禁止电流流经所述整流器电路, 并迫使电流流经所述二极管。

[0011] 根据其它特征, 所述二极管可以是超快二极管和肖特基二极管中的一种。所述初级电感线圈和所述次级电感线圈可以被耦合。所述初级电感线圈和所述次级电感线圈可以被缠绕在公共的环形磁芯上。根据其它特征, 所述初级电感线圈具有第一匝数, 所述次级电感线圈具有第二匝数。所述第二匝数可以小于所述第一匝数。所述第一匝数可以至少为所述第二匝数的五倍。

[0012] 根据其它特征, 所述输入开关电路包括位于所述输入开关电路的超前桥臂上的第一组开关元件, 和所述输入开关电路的滞后桥臂的第二组开关元件。所述第一组在零电压点处切换为接通, 并且所述第二组在零电流点处转换为断开。

[0013] 根据其它特征, 所述输入电路包括开关元件, 并且当没有电压施加到所述开关元件的控制端子时, 所述次级电感线圈能够禁止电流流经所述输入开关电路。所述初级电感线圈感应产生所述次级电感线圈两端的电压。根据其它特征, 所述二极管包括阳极和阴极, 所述阳极与所述整流器相连, 并且所述阴极与所述次级电感线圈相连。所述阴极与所述初级电感线圈相连。所述阳极与所述初级电感线圈相连。所述二极管包括阳极和阴极, 所述阳极与所述次级电感线圈相连, 并且所述阴极可以与所述隔离电路的次级侧相连。所述阴极可以与所述初级电感线圈相连。

[0014] 一种零电压零电流开关 (ZVZCS) 功率变换器电路, 包括具有开关元件的输入开关电路, 所述输入开关电路接收第一电压并产生 AC 电压。隔离电路包括初级侧和次级侧。所述初级侧从所述输入开关电路接收所述 AC 电压。整流器电路与所述隔离电路的次级侧相连, 并包括至少一对整流器。位于所述隔离电路的次级侧的输出电路包括: 次级电感线圈, 其与所述整流器和所述隔离电路的次级侧中的一个以及初级电感线圈相连。二极管与所述

初级电感线圈、所述次级电感线圈和所述整流器电路相连。当没有电压施加到所述开关元件的控制端子时,所述次级电感线圈禁止电流流经所述输入开关电路。

[0015] 根据其它特征,所述二极管可以是超快二极管和肖特基二极管中的一种。所述初级电感线圈和所述次级电感线圈可以被耦合。所述初级电感线圈和所述次级电感线圈可以被缠绕在公共的环形磁芯上。在某些实施例中,所述初级电感线圈具有第一匝数,所述次级电感线圈具有第二匝数,所述第二匝数小于所述第一匝数。所述第一匝数可以至少为所述第二匝数的五倍。

[0016] 根据其它特征,当没有电压施加到所述隔离电路的初级侧时,所述二极管禁止电流流经所述整流器电路,并迫使电流通过所述二极管。所述开关元件包括位于所述输入开关电路的超前桥臂上的第一组开关元件,和所述输入开关电路的滞后桥臂的第二组开关元件。所述第一组在零电压点处切换为接通。所述第二组在零电流点处切换为断开。所述初级电感线圈感应产生所述次级电感线圈两端的电压。所述二极管包括阳极和阴极,所述阳极与所述整流器电路相连,并且所述阴极与所述次级电感线圈相连。所述阴极与所述初级电感线圈相连。所述阳极与所述初级电感线圈相连。所述二极管包括阳极和阴极,所述阳极可以与所述次级电感线圈相连,并且所述阴极与所述隔离电路的次级侧相连。所述阳极可以与所述初级电感线圈相连。所述阴极可以与所述初级电感线圈相连。

[0017] 一种功率变换器电路,包括:位于所述变换器电路的输出端处的初级电感线圈,与所述初级电感线圈相连的反激式能量耗散电路,和与所述初级电感线圈及所述反激式能量耗散电路相连的次级电感线圈。所述初级电感线圈感应产生所述次级电感线圈两端的电压,在所述电压被感应时,使反激能量流经所述反激式能量耗散电路。

[0018] 根据某些特征,所述初级电感线圈具有第一匝数,并且所述次级电感线圈具有第二匝数,所述第二匝数小于所述第一匝数。所述第一匝数可以至少为所述第二匝数的五倍。

[0019] 根据其它特征,输入开关电路接收输入电压并产生 AC 信号输出信号。所述次级电感线圈禁止电流流经所述输入电路。所述输入开关电路包括位于所述输入开关电路的超前桥臂上的第一组开关元件,和所述输入开关电路的滞后桥臂的第二组开关元件。所述第一组在零电压点处切换为接通。所述第二组在零电流点处切换为断开。隔离电路具有输入侧和输出侧,所述输入侧与所述输入开关电路相连。整流器电路与所述隔离电路的输出侧相连。所述整流器电路包括至少一对整流器。所述反激式能量耗散电路包括具有第一端和第二端的二极管,所述第一端与所述初级电感线圈相连。所述二极管的第一端可以是阴极,并且所述二极管的第二端可以是阳极。所述阴极与所述次级电感线圈相连。所述阳极与所述次级电感线圈相连。

[0020] 根据其它特征,所述二极管的第一端是阳极,并且所述二极管的第二端是阴极。所述阳极与所述次级电感线圈相连。所述阴极与所述次级电感线圈相连。

[0021] 根据其它特征,所述二极管可以是超快二极管和肖特基二极管中的一种。所述初级电感线圈和所述次级电感线圈可以被耦合。所述初级电感线圈和所述次级电感线圈可以被缠绕在公共的环形磁芯上。在某些实施例中,所述初级电感线圈具有第一匝数,并且所述次级电感线圈具有第二匝数,所述第二匝数小于所述第一匝数。所述第一匝数可以至少为所述第二匝数的五倍。

[0022] 从这里所提供的描述,进一步的适用领域将变得清楚。应当理解,说明书和具体的

例子仅仅是为了图示的目的,并不意图限制本公开内容的范围。

附图说明

- [0023] 这里所描述的附图仅出于示例的目的,并不意图以任何方式限制本公开内容的范围。
- [0024] 图 1 是根据现有技术的零电压零电流开关 (ZVZCS) 变换器的电路图;
- [0025] 图 2 是桥式隔离降压变换器的框图;
- [0026] 图 3 是与图 2 的框图相对应的电路图;
- [0027] 图 4A 是示出流经传统零电压开关 (ZVS) 变换器初级侧的电流与时间的关系的图;
- [0028] 图 4B 是示出流经图 3 的电路图的初级绕组的电流与时间的关系的图;
- [0029] 图 4C 是示出图 3 的电路的初级绕组的电压和电流与时间的关系的图;
- [0030] 图 4D 是示出流经图 3 的电路中整流器部分的整流器的电流和流经续流二极管的电流与时间的关系的图;
- [0031] 图 4E 是示出图 3 的电路的逆变器部分的滞后桥臂两端的电压和流经该滞后桥臂的电流与时间的关系的图;
- [0032] 图 5A 是图 3 的电路的替代实施例的电路图;
- [0033] 图 5B 是图 3 的电路的第二替代实施例的电路图;
- [0034] 图 5C 是图 3 的电路的第三替代实施例的电路图;
- [0035] 图 6A 是可以与图 5 和图 5A-5C 的电路一起使用的耦合电感线圈的绕组图;和
- [0036] 图 6B 是图 6A 的耦合电感线圈的示意图。

具体实施方式

[0037] 以下描述本质上仅仅是示例性的,并不意图限制本公开内容、本应用或本用法。应当理解,在整个附图中,相应的附图标记指代相同或相应的部件或特征。

[0038] 现在参见图 2,图 2 示出桥式隔离降压变换器 10 的框图。输入电压 V_{in} 被施加到输入电路 12,输入电路 12 对输入电压 V_{in} 执行预定义的功能。输入电路 12 产生被施加到隔离电路 14 的输出,隔离电路 14 接着产生被施加到输出电路 16 的输入。输出电路 16 接收该输入,并产生电压输出 V_o 。对于该公开内容,以非限制性例子的方式将输入电路 12 描述为诸如全桥开关电路之类的桥式开关电路。这里的描述等同地适用于任何桥式电路,包括半桥配置和推挽式配置。以非限制性例子的方式针对隔离变压器来描述隔离电路 14。以非限制性例子的方式针对降压变换器来描述输出电路 16。虽然如针对图 2 所讨论的那样来描述本公开内容,但是本领域技术人员会认识到,本公开内容的主题可以等同地应用于各种功率变换器技术,包括 AC-DC 变换器和 DC-DC 变换器。当结合若干已知变换器技术中的任意一种来配置输出电路 16 时,本领域技术人员会进一步认识到这里所描述的公开内容的适应性,其中已知的变换器技术包括但不限于硬开关全桥变换器、ZVS 全桥变换器、推挽式变换器、或中心抽头或桥式整流器降压变换器。

[0039] 图 3 示出与用于描述各种实施例的图 2 的框图相对应的电路图。电压输入 V_{in} 施加在输入电路的相应正轨 18 和负轨 20 之间。这里所定义的桥式开关电路 12 是包括开关

Q1、Q2、Q3、Q4 的全桥开关网络。统称为超前桥臂的开关 Q1 和 Q4 串联在电压轨 18、20 之间。统称为滞后桥臂的开关 Q2 和 Q3 串联在电压轨 18、20 之间。图 3 所示的开关被示为金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) 开关,但是本领域技术人员会认识到,诸如绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 之类的其它开关配置也可以用来提供桥式开关电路 12。如本领域众所周知的,开关 Q1 和 Q2 成对工作,并且开关 Q3、Q4 成对工作,以便将进入的 DC 信号 V_{in} 转换为被施加到隔离电路 14 的初级侧的 AC 信号。

[0040] 在一些实施例中,隔离电路 14 被具体化为隔离变压器 T1。隔离变压器 T1 包括连接到桥式开关电路 12 的初级侧 32 和连接到输出电路 16 的次级侧 34。T1 包括初级绕组 33 和次级绕组 36,次级绕组 36 包括一对中心抽头的次级绕组 36a、36b。次级 36 的中心抽头规定了输出电压 V_o 的基准。

[0041] 如上所述,输出电路 16 被具体化为降压变换器。该降压变换器包括连接到相应的次级绕组 36a、36b 的抽头对端的一对输出整流器 D1、D2。各输出整流器 D1、D2 的阳极连接到次级绕组 36a、36b 的相应端。各输出整流器 D1、D2 的阴极连接到正压轨 50。

[0042] 初级电感线圈 N1 也称为输出扼流圈,其连接到负压轨 48 和反激式能量耗散电路 51,反激式能量耗散电路 51 可以包括具有阳极和阴极的二极管 D3。更具体地说,N1 可以连接到负压轨 48 和二极管 D3 的阳极。输出扼流圈 N1 包括磁芯 52a。D3 的阴极连接到正压轨 50。在一些实施例中,二极管 D3 为超快二极管或肖特基二极管。超快二极管将通过二极管 D3 的反向恢复电流最小化,而肖特基二极管消除通过二极管 D3 的反向恢复电流。然而,应当注意到,肖特基二极管固有地具有比可比较的超快二极管低的反向击穿电压。因此,当为二极管 D3 选择二极管类型时,应当考虑到二极管 D3 两端的反向电压的幅度。

[0043] 次级绕组 N2 的一端连接到 N1,另一端连接到次级绕组 36 的中心抽头。次级绕组 N2 包括磁芯 52b。绕组 N1 和 N2 共用一公共磁芯,该磁芯一般被称为磁芯 52。绕组 N2 可以具有比绕组 N1 少的匝数,以最小化对变换器 10 的零电压开关 (ZVS) 的不利影响。在各种实施例中,可以使用 5:1 的比率来确定绕组 N1 的匝数与绕组 N2 的匝数。输出电容器 C_o 跨接到输出 V_o 的负压轨 48 和正压轨 50。

[0044] 以传统的方式控制开关元件 Q1-Q4 以在变换器的超前桥臂 (Q1、Q4) 上实现 ZVS。当开关 Q1-Q4 断开时,输出扼流圈 N1 两端的电压在次级绕组 N2 中产生感应。由于与 T1 的初级侧 32 相关联的漏感,导致 N2 两端感应产生的电压将环电流置为零。这样,N2 两端的感应电压将初级电流重置为零。当初级电流被重置为零时,没有电流流经输入电路 12 的滞后桥臂 (Q2、Q3),因此该电路也在零电流时开关。所以这里公开的电路一般被描述为零电压零电流开关 (ZVZCS) 变换器。

[0045] N2 两端的感应电压将偏置 D1 和 D2 反转,使续流电流流经 D3 而不是 D1 或 D2。因此,在 Q1-Q2 或 Q3-Q4 切换之前,流经 D1 和 D2 的电流被最小化。因此,通过 D1 和 D2 的反向恢复电流被最小化,并且在某些情况下被消除。最小化通过 D1 和 D2 的反向恢复电流还降低了 D1 两端和 D2 两端的电压尖峰,这改进了功率变换器的效率。由于 D3 两端的电压低于 D1 两端或 D2 两端的电压,因此肖特基二极管可以用作 D3,以最小化并在某些情况下消除通过 D3 的反向恢复电流。

[0046] 采用零电压开关控制方案的传统软开关变换器可能具有由电源变压器的寄生电感引起的占空比损耗。这里公开的电路通过在续流阶段期间将初级电流重置为零来降低占

空比损耗。更具体地说,当开关 Q1-Q4 接通时,初级电流从零而不是从正值或负值逐渐上升,这降低了占空比损耗。

[0047] 图 4A 示出流经传统 ZVS 变换器初级侧的电流与时间的关系。当传统 ZVS 变换器的开关元件接通和断开时,初级电流只有在其反转极性时的短暂时间段内为零。因此,当电流不处于零点时,在示于 100 和 102 处的过渡阶段期间,出现反向恢复电流。

[0048] 图 4B 示出流经变换器 T1 初级绕组 33 的电流与时间的关系。当变换器 10 的开关元件 Q1-Q4 接通和断开时,电流在如 106 和 108 处所示的延长的时间段内被最小化。这样在延长的时段期间,反向电流被最小化,并且在某些情况下被消除。因此,每半个周期,电流重置为零。

[0049] 图 4C 示出这里公开的电路的波形。110 处示出变压器 T1 的初级绕组 33 的电压与时间的关系,而 112 处示出变压器 T1 的初级绕组 33 的电流与时间的关系。如图 4C 所示,当变压器 T1 的初级绕组 33 的电压从正切换为负时,初级绕组 33 的电压 110 在 114 处所示的切换期间的第一续流阶段为零。在第一续流阶段期间,初级电流 112 逐渐变为零,如 116 处所示。118 处为当进行从负到正的切换时初级变压器的电压为零的第二续流阶段。在第二阶段期间,初级电流逐渐变为零,如 120 处所示。因此,当初级侧的电压反转极性时,反向电流被最小化,并且在某些情况下被消除。

[0050] 图 4D 示出这里所公开电路的波形。130 处示出流经 D2 的电流与时间的关系,而 132 处示出流经 D3 的电流与时间的关系。如 134 处所示,流经 D2 的电流在变换器的续流阶段期间逐渐变为零。另外,在续流阶段期间,流经 D3 的电流逐渐上升。因此,在续流阶段期间,续流电流被迫使经过 D3 而不是 D2。

[0051] 图 4E 示出这里所公开电路的波形。140 处示出输入电路 12 滞后桥臂的开关元件的漏极和源极之间的电压与时间的关系。142 处示出流经同一开关元件的电流与时间的关系。如图所示,在 144 处该开关元件的电压切换为 V_{in+} ,表示开关元件从接通到断开的切换。当该开关元件切换时,流经该开关元件的电流为零,如 146 处所示。因此,该电路在输入电路 12 的滞后桥臂上电流为零时开关。

[0052] 图 5A 示出 ZVZCS 电路的第二实施例。各输出整流器 D1、D2 的阴极连接到次级绕组 36a、36b 的相应端。各输出整流器 D1、D2 的阳极彼此连接。初级电感线圈 N1 的一端连接到正压轨 50 和二极管 D3 的阳极。D3 的阴极连接到负压轨 48。次级绕组 N2 的一端连接到 D3 的阳极,并在相应的相点连接到 N1。N2 的另一端连接到 D1 和 D2 的阳极。输出电容器 C_o 连接到负压轨 48 和 N1 的另一端。

[0053] 图 5B 示出 ZVZCS 电路的第三实施例。各输出整流器 D1、D2 的阴极连接到次级绕组 36a、36b 的相应端。各输出整流器 D1、D2 的阳极彼此连接。初级电感线圈 N1 的一端连接到正压轨 50,另一端连接到 D1、D2 和 D3 的阳极。D3 的阴极连接到负压轨 48 和次级绕组 N2 的一端。N2 的另一端连接到次级绕组 36 的中心抽头。输出电容器 C_o 跨接输出 V_o 的负压轨 48 和正压轨 50。

[0054] 图 5C 示出 ZVZCS 电路的第四实施例。各输出整流器 D1、D2 的阴极连接到次级绕组 36a、36b 的相应端。各输出整流器 D1、D2 的阳极彼此连接,并连接到次级电感线圈 N2 的一端。N2 的另一端连接到 D3 的阳极。D3 的阴极连接到初级电感线圈 N1 的一端和次级绕组 36 的中心抽头。N1 的另一端连接到负压轨 48 和输出电容器 C_o 的一端。 C_o 的另一端连

接到正压轨 50。

[0055] 现在参见图 6A, 图 6A 针对耦合电感线圈 N1 和 N2 示出几个实施例之一。图 6A 的实施例使耦合电感线圈 N1 和 N2 的漏感最小化。耦合电感线圈 N1 的绕组和 N2 的绕组可以以相同的方向缠绕在磁芯 52 上, 并且其中一个绕组处于另一绕组之上。磁芯 52 可以是环形磁芯。绕组 N1 包括第一端 1S 和第二端 1F。绕组 N2 包括第一端 2S 和第二端 2F。

[0056] 现在参见图 6B, 图 6B 示出图 6A 的耦合电感线圈的示意图。该示意图包括与图 3 和图 5A-5C 的示意图中所示的相点对应的相点。因此, 该相点指示如何将图 6A 的耦合电感线圈 N1 和 N2 连接到图 3 和图 5A-5C 的电路。

[0057] 根据以上描述, 本领域技术人员现在能够理解, 可以以各种形式来实施各种实施例的一般教导。所以, 虽然已经结合特定的例子描述了各种实施例, 但由于本领域技术人员在研究附图、说明书和权利要求书之后将容易得出其它变形, 因此本教导的真实保护范围不应当被局限于所描述的实施例。

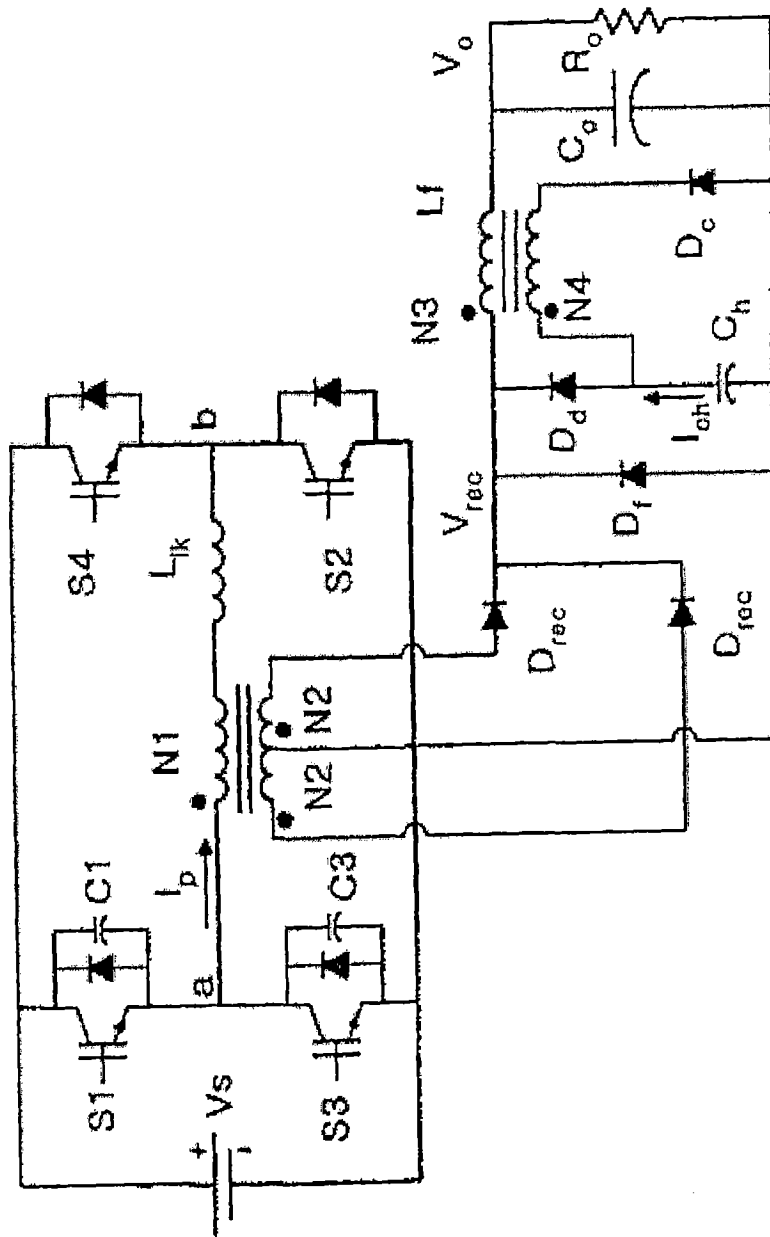


图 1

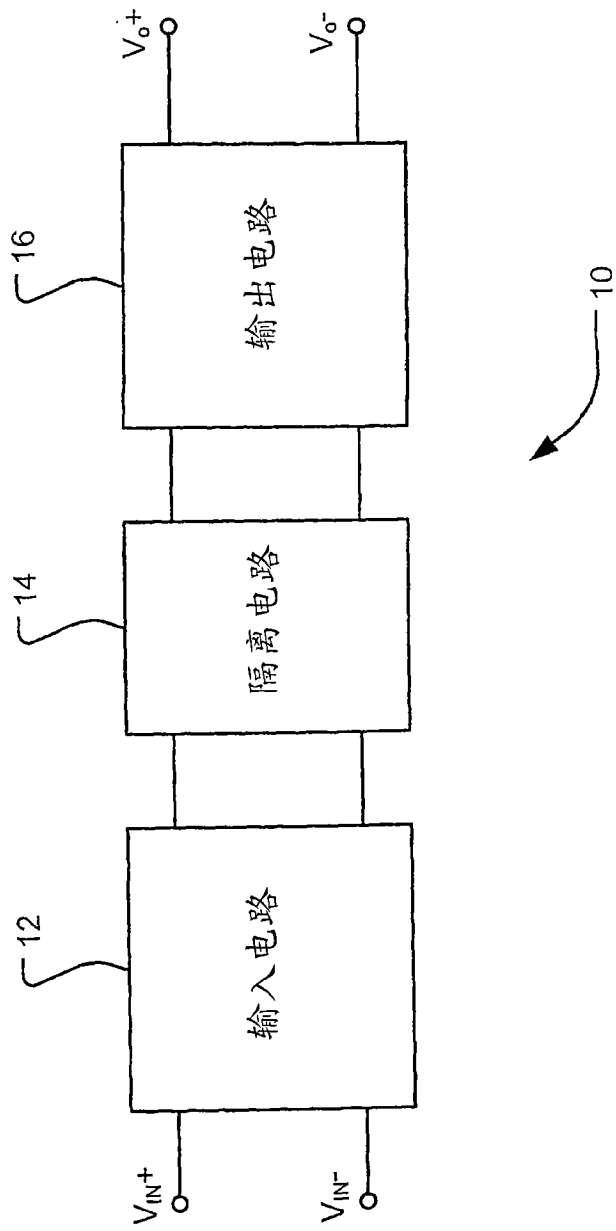


图 2

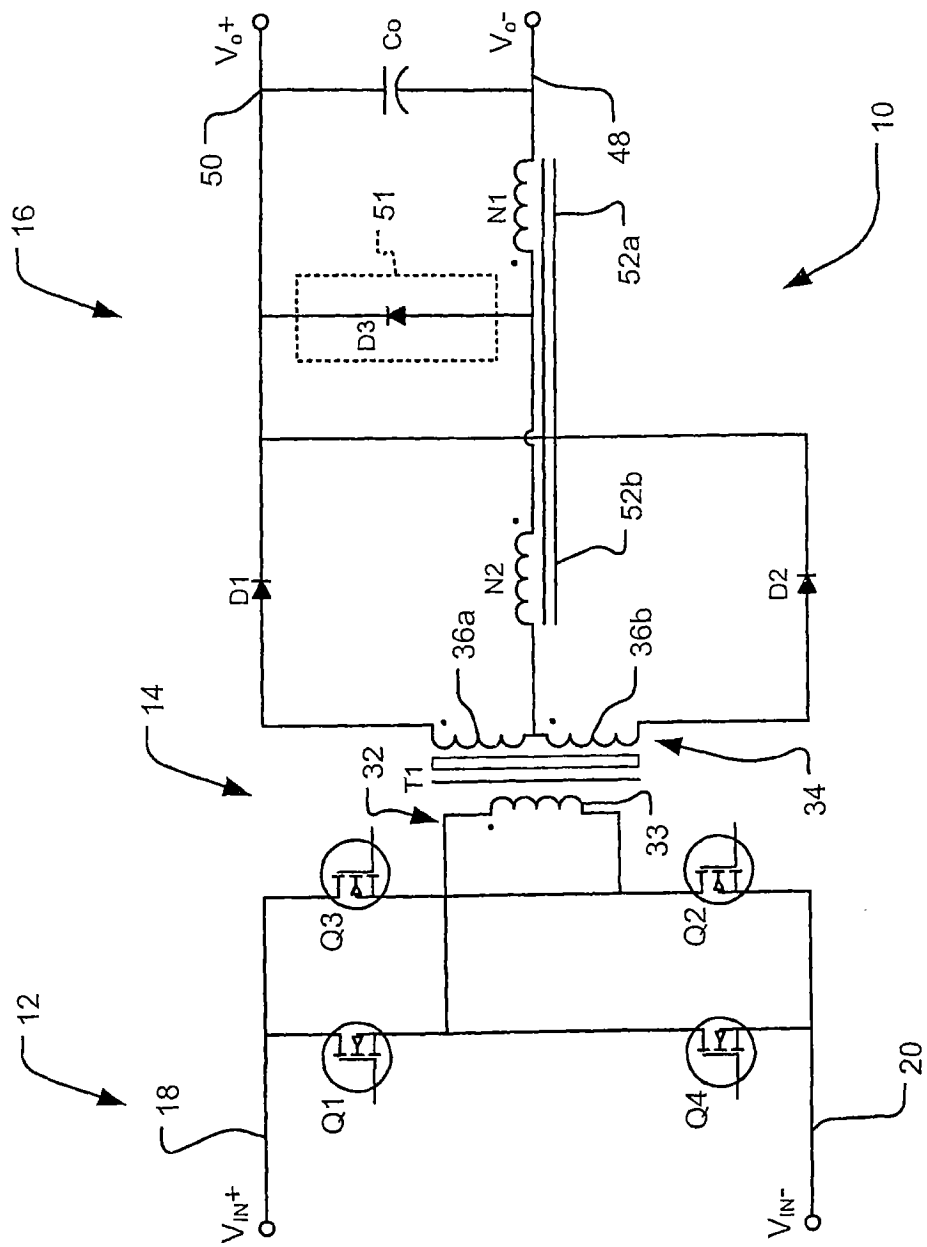


图 3

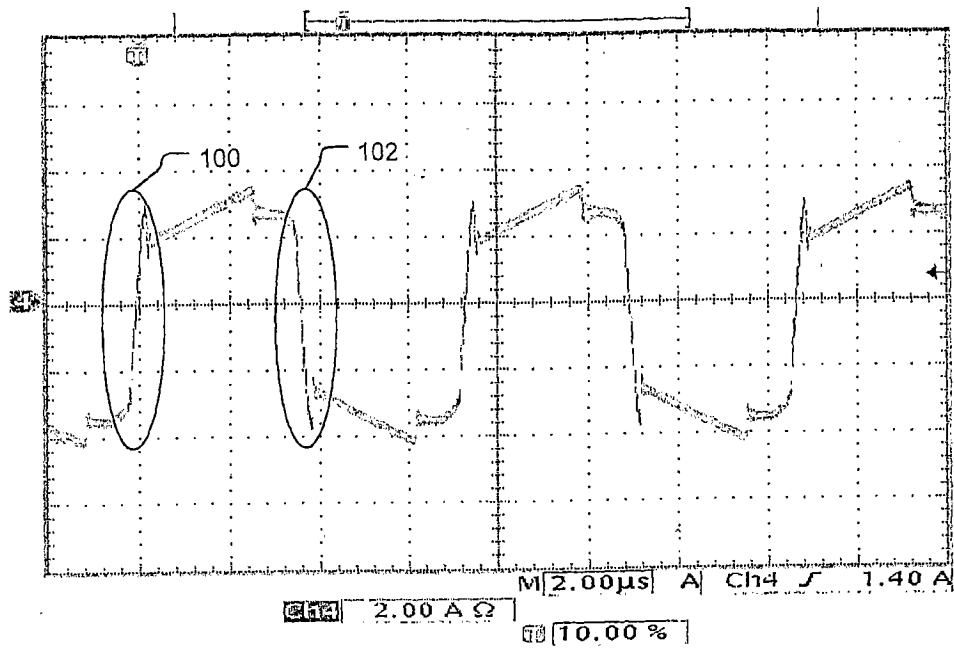


图 4A

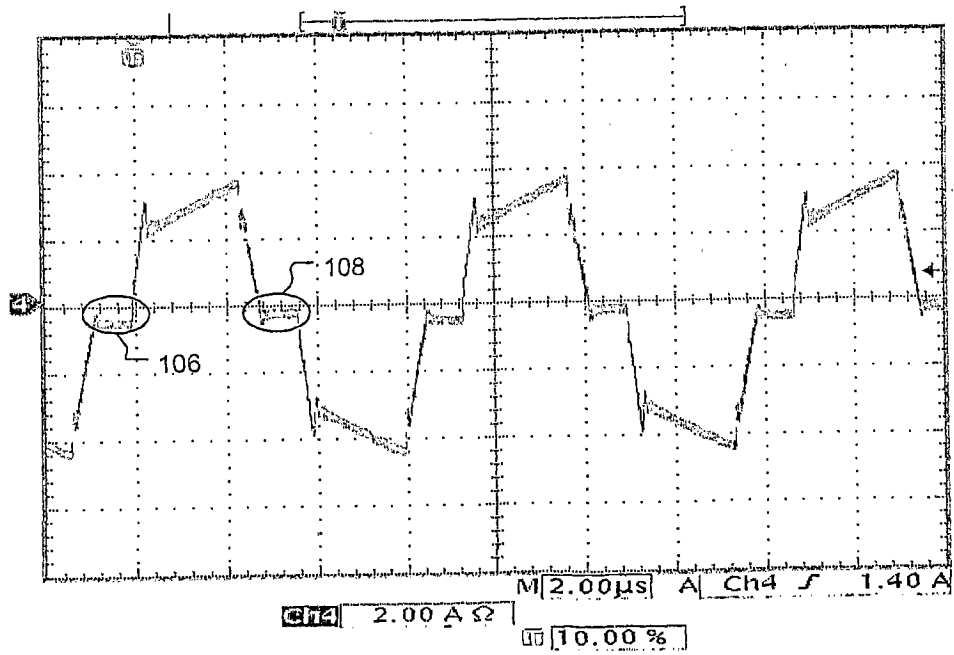


图 4B

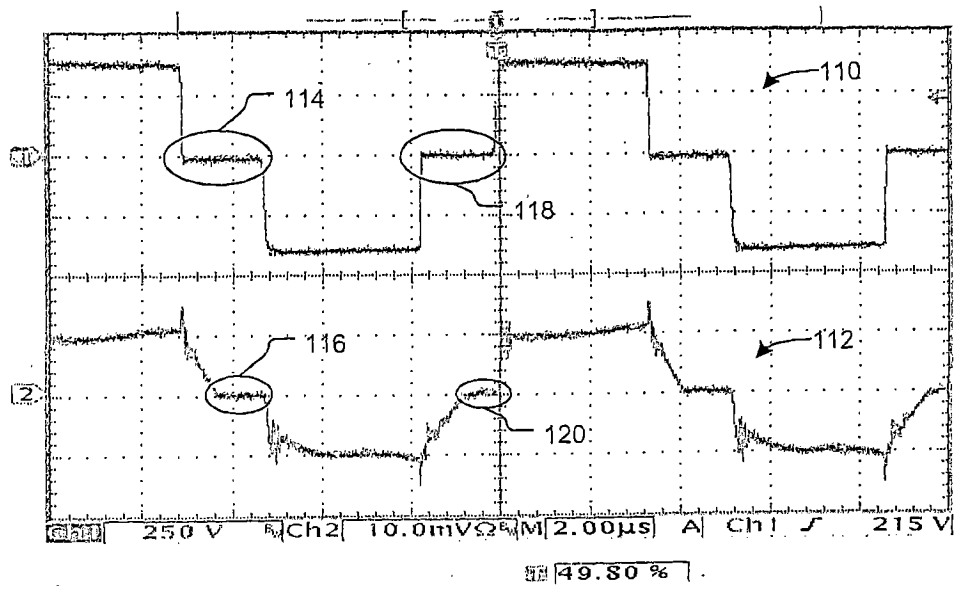


图 4C

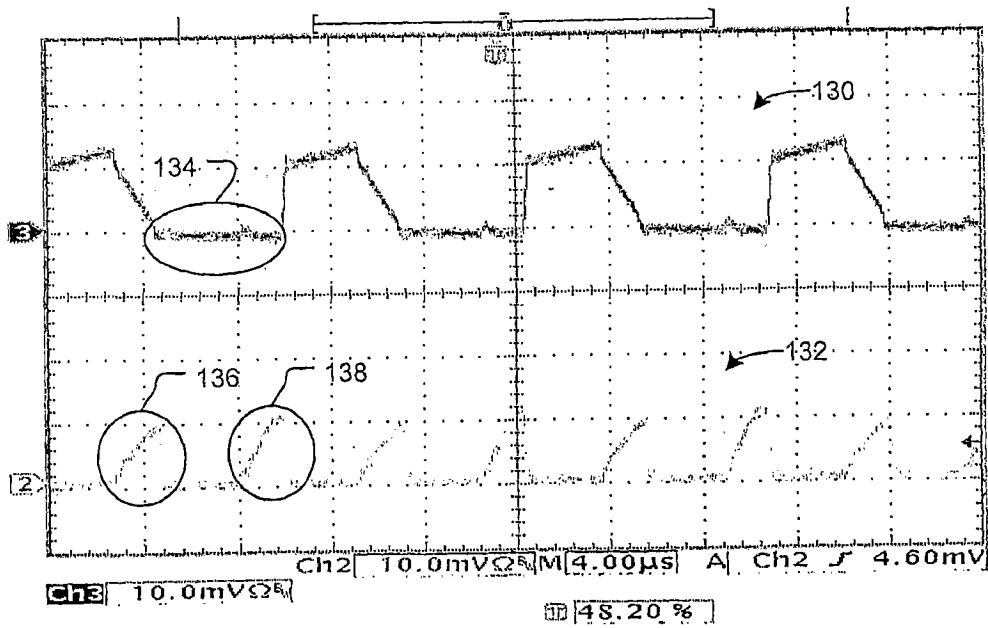


图 4D

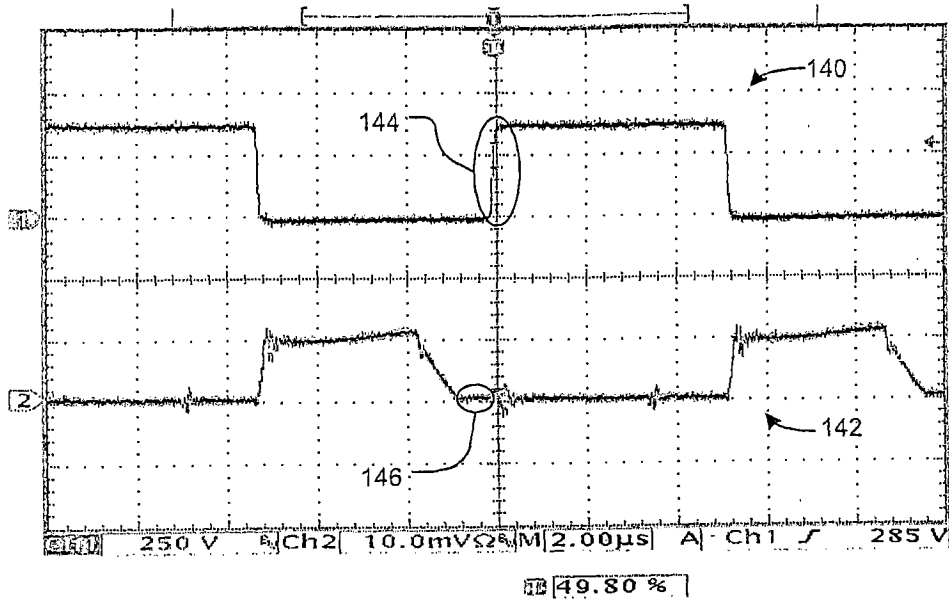


图 4E

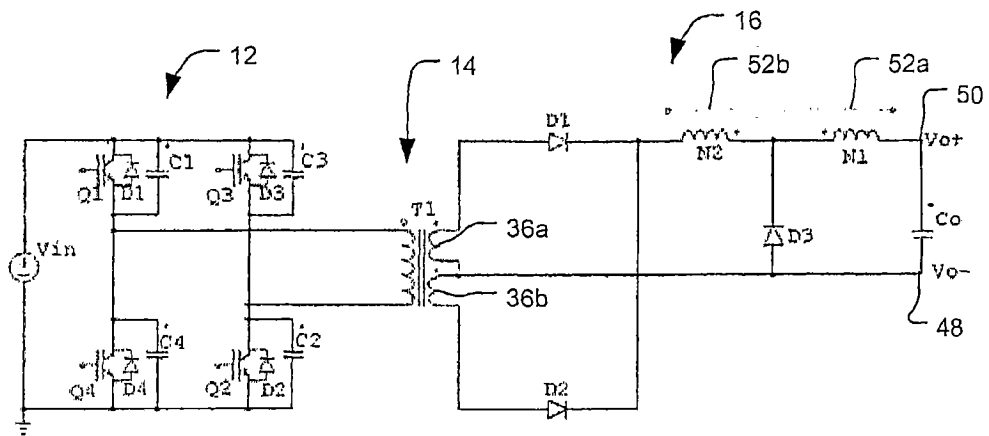


图 5A

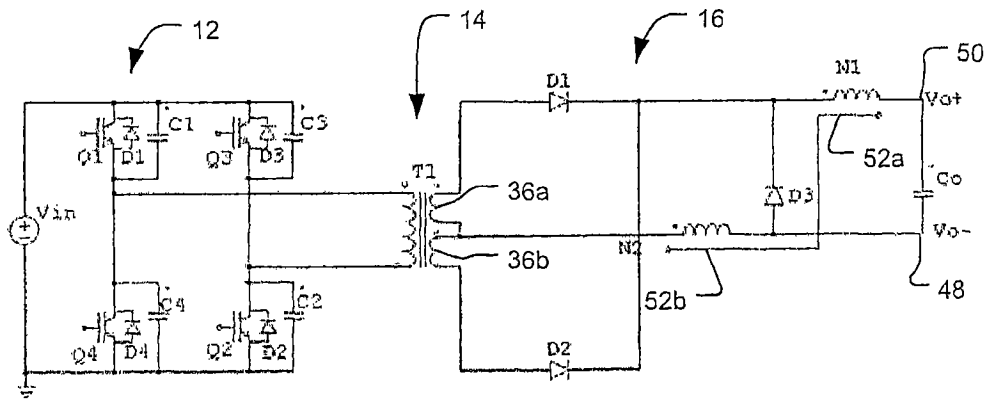


图 5B

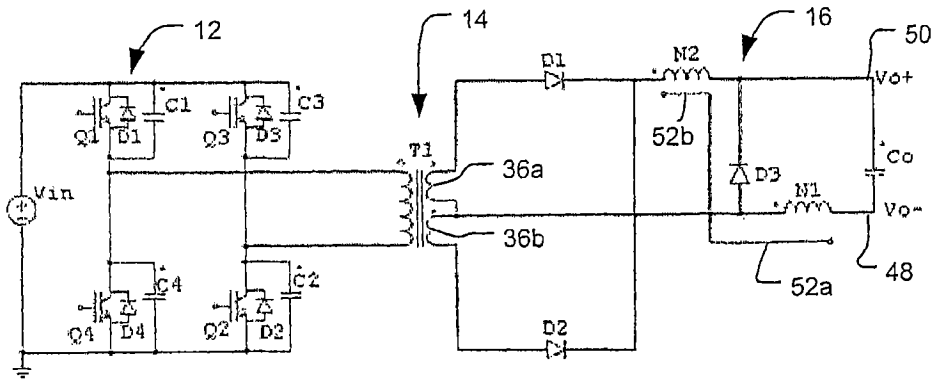


图 5C

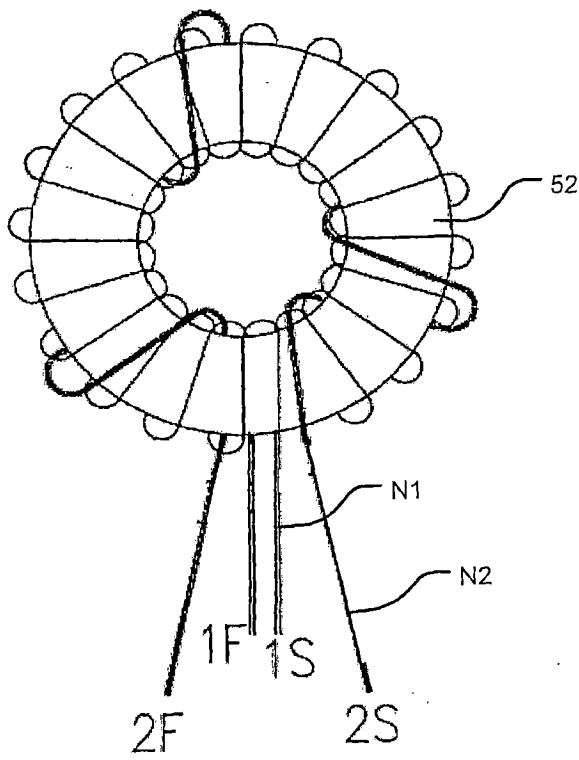


图 6A

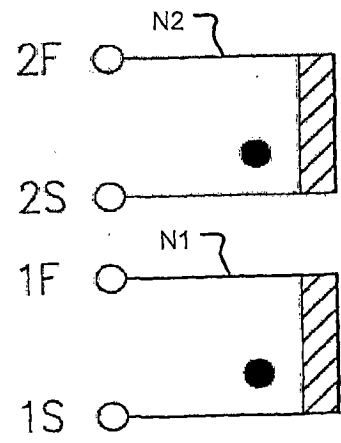


图 6B