



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204068706 U

(45) 授权公告日 2014. 12. 31

(21) 申请号 201420176360. 2

(22) 申请日 2014. 04. 11

(30) 优先权数据

61/810, 825 2013. 04. 11 US

(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 詹姆斯·西加马尼

安东尼奥·雷梅蒂奥·索列诺

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

代理人 朱胜 陈炜

(51) Int. Cl.

H02M 3/335 (2006. 01)

H02M 1/14 (2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

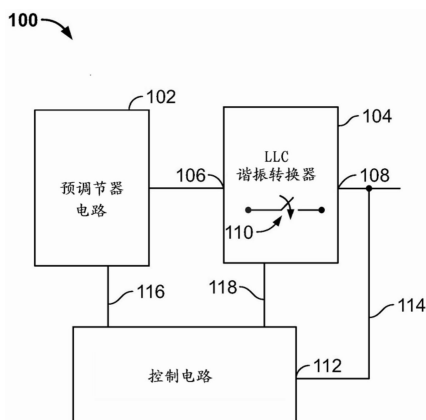
权利要求书55页 说明书15页 附图15页

(54) 实用新型名称

多级电力转换器

(57) 摘要

公开了一种多级电力转换器。一种多级电力转换器包括被配置成提供调节后输出电压的预调节器电路、至少一个 DC/DC 转换器以及与预调节器电路和 DC/DC 转换器耦合的控制电路。DC/DC 转换器被配置成将输出电压和输出电流提供到负载。DC/DC 转换器包括输入、输出以及至少一个电力开关。DC/DC 转换器的输入耦合到预调节器电路。控制电路被配置成调节 DC/DC 转换器的输出电压, 并且根据 DC/DC 转换器的输出电流来改变预调节器电路的调节后输出电压。



1. 一种多级电力转换器,包括:
预调节器电路,所述预调节器电路被配置成提供调节后输出电压;
至少一个 LLC 谐振转换器,所述至少一个 LLC 谐振转换器被配置成将输出电压和输出电流提供到负载,所述 LLC 谐振转换器包括输入、输出、一个或多个谐振元件以及至少一个电力开关,所述 LLC 谐振转换器的所述输入耦合到所述预调节器电路;以及
控制电路,所述控制电路耦合到所述预调节器电路和所述 LLC 谐振转换器,所述控制电路被配置成调节所述 LLC 谐振转换器的输出电压并且根据所述 LLC 谐振转换器的输出电流来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。
2. 根据权利要求 1 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器被配置成在临界非连续导通模式下工作。
3. 根据权利要求 1 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器被配置成在连续导通模式下工作。
4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括半桥转换器。
5. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括直流-交流转换器。
6. 根据权利要求 4 所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括直流-交流转换器。
7. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括直流-直流转换器。
8. 根据权利要求 4 所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括直流-直流转换器。
9. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括变压器,所述变压器具有与所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述 LLC 谐振转换器的所述输出耦合的次级绕组。
10. 根据权利要求 4 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括变压器,所述变压器具有与所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述 LLC 谐振转换器的所述输出耦合的次级绕组。
11. 根据权利要求 5 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括变压器,所述变压器具有与所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述 LLC 谐振转换器的所述输出耦合的次级绕组。
12. 根据权利要求 6 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括变压器,所述变压器具有与所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述 LLC 谐振转换器的所述输出耦合的次级绕组。
13. 根据权利要求 7 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括变压器,所述变压器具有与所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述 LLC 谐振转换器的所述输出耦合的次级绕组。
14. 根据权利要求 8 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括变压器,所述变压器具有与所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述

LLC 谐振转换器的所述输出耦合的次级绕组。

15. 根据权利要求 9 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

16. 根据权利要求 10 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

17. 根据权利要求 11 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

18. 根据权利要求 12 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

19. 根据权利要求 13 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

20. 根据权利要求 14 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

21. 根据权利要求 9 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

22. 根据权利要求 10 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

23. 根据权利要求 11 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

24. 根据权利要求 12 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

25. 根据权利要求 13 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

26. 根据权利要求 14 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

27. 根据权利要求 15 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕

组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

28. 根据权利要求 16 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

29. 根据权利要求 17 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

30. 根据权利要求 18 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

31. 根据权利要求 19 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

32. 根据权利要求 20 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

33. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

34. 根据权利要求 4 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

35. 根据权利要求 5 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

36. 根据权利要求 6 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

37. 根据权利要求 7 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

38. 根据权利要求 8 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

39. 根据权利要求 9 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

40. 根据权利要求 10 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

41. 根据权利要求 11 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切

换频率切换所述至少一个电力开关。

42. 根据权利要求 12 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

43. 根据权利要求 13 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

44. 根据权利要求 14 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

45. 根据权利要求 15 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

46. 根据权利要求 16 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

47. 根据权利要求 17 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

48. 根据权利要求 18 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

49. 根据权利要求 19 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

50. 根据权利要求 20 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

51. 根据权利要求 21 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

52. 根据权利要求 22 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

53. 根据权利要求 23 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

54. 根据权利要求 24 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

55. 根据权利要求 25 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

56. 根据权利要求 26 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

57. 根据权利要求 27 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

58. 根据权利要求 28 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

59. 根据权利要求 29 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

60. 根据权利要求 30 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

61. 根据权利要求 31 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

62. 根据权利要求 32 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

63. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

64. 根据权利要求 4 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

65. 根据权利要求 5 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

66. 根据权利要求 6 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

67. 根据权利要求 7 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

68. 根据权利要求 8 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

69. 根据权利要求 9 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

70. 根据权利要求 10 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

71. 根据权利要求 11 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

72. 根据权利要求 12 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

73. 根据权利要求 13 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

74. 根据权利要求 14 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所

述预调节器电路的所述调节后输出电压。

88. 根据权利要求 28 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

89. 根据权利要求 29 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

90. 根据权利要求 30 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

91. 根据权利要求 31 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

92. 根据权利要求 32 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

93. 根据权利要求 33 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

94. 根据权利要求 34 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

95. 根据权利要求 35 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

96. 根据权利要求 36 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

97. 根据权利要求 37 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

98. 根据权利要求 38 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

99. 根据权利要求 39 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

100. 根据权利要求 40 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变

所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

114. 根据权利要求 54 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

115. 根据权利要求 55 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

116. 根据权利要求 56 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

117. 根据权利要求 57 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

118. 根据权利要求 58 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

119. 根据权利要求 59 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

120. 根据权利要求 60 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

121. 根据权利要求 61 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

122. 根据权利要求 62 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

123. 根据权利要求 63 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

124. 根据权利要求 64 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

125. 根据权利要求 65 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

126. 根据权利要求 66 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

127. 根据权利要求 67 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

128. 根据权利要求 68 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换

器的所述至少一个电力开关的切换频率。

129. 根据权利要求69所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

130. 根据权利要求70所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

131. 根据权利要求71所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

132. 根据权利要求72所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

133. 根据权利要求73所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

134. 根据权利要求74所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

135. 根据权利要求75所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

136. 根据权利要求76所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

137. 根据权利要求77所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

138. 根据权利要求78所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

139. 根据权利要求79所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

140. 根据权利要求80所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

141. 根据权利要求81所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

142. 根据权利要求82所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

143. 根据权利要求83所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

144. 根据权利要求84所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

145. 根据权利要求85所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

146. 根据权利要求86所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

147. 根据权利要求87所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述LLC谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

148. 根据权利要求 88 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

149. 根据权利要求 89 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是 所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

150. 根据权利要求 90 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

151. 根据权利要求 91 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

152. 根据权利要求 92 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

153. 根据权利要求 93 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

154. 根据权利要求 94 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

155. 根据权利要求 95 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

156. 根据权利要求 96 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

157. 根据权利要求 97 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

158. 根据权利要求 98 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

159. 根据权利要求 99 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

160. 根据权利要求 100 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

161. 根据权利要求 101 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

162. 根据权利要求 102 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

163. 根据权利要求 103 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

164. 根据权利要求 104 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考 是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

165. 根据权利要求 105 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

166. 根据权利要求 106 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

167. 根据权利要求 107 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转

换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

168. 根据权利要求 108 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

169. 根据权利要求 109 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

170. 根据权利要求 110 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

171. 根据权利要求 111 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

172. 根据权利要求 112 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

173. 根据权利要求 113 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

174. 根据权利要求 114 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

175. 根据权利要求 115 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

176. 根据权利要求 116 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

177. 根据权利要求 117 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

178. 根据权利要求 118 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

179. 根据权利要求 119 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

180. 根据权利要求 120 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

181. 根据权利要求 121 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

182. 根据权利要求 122 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

183. 根据权利要求 63 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

184. 根据权利要求 64 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

185. 根据权利要求 65 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转

换器中监测到的电流。

186. 根据权利要求66所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

187. 根据权利要求67所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

188. 根据权利要求68所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

189. 根据权利要求69所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

190. 根据权利要求70所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

191. 根据权利要求71所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

192. 根据权利要求72所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

193. 根据权利要求73所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

194. 根据权利要求74所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

195. 根据权利要求75所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

196. 根据权利要求76所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

197. 根据权利要求77所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转换器中监测到的电流。

198. 根据权利要求78所述的多级电力转换器,其中所述LLC谐振转换器包括用于监测所述LLC谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述LLC谐振转

换器中监测到的电流。

199. 根据权利要求 79 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

200. 根据权利要求 80 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

201. 根据权利要求 81 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

202. 根据权利要求 82 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

203. 根据权利要求 83 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

204. 根据权利要求 84 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

205. 根据权利要求 85 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

206. 根据权利要求 86 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

207. 根据权利要求 87 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

208. 根据权利要求 88 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

209. 根据权利要求 89 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

210. 根据权利要求 90 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

211. 根据权利要求 91 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转

换器中监测到的电流。

212. 根据权利要求 92 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

213. 根据权利要求 93 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

214. 根据权利要求 94 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

215. 根据权利要求 95 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

216. 根据权利要求 96 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

217. 根据权利要求 97 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

218. 根据权利要求 98 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

219. 根据权利要求 99 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

220. 根据权利要求 100 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

221. 根据权利要求 101 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

222. 根据权利要求 102 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

223. 根据权利要求 103 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

224. 根据权利要求 104 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振

转换器中监测到的电流。

238. 根据权利要求 118 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

239. 根据权利要求 119 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

240. 根据权利要求 120 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

241. 根据权利要求 121 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

242. 根据权利要求 122 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

243. 根据权利要求 183 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

244. 根据权利要求 184 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

245. 根据权利要求 185 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

246. 根据权利要求 186 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

247. 根据权利要求 187 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

248. 根据权利要求 188 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

249. 根据权利要求 189 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

250. 根据权利要求 190 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

251. 根据权利要求 191 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

252. 根据权利要求 192 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

253. 根据权利要求 193 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

254. 根据权利要求 194 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到

的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

294. 根据权利要求 234 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

295. 根据权利要求 235 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

296. 根据权利要求 236 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

297. 根据权利要求 237 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

298. 根据权利要求 238 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

299. 根据权利要求 239 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

300. 根据权利要求 240 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

301. 根据权利要求 241 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

302. 根据权利要求 242 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

303. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

304. 根据权利要求 4 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

305. 根据权利要求 5 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

306. 根据权利要求 6 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

307. 根据权利要求 7 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

308. 根据权利要求 8 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

309. 根据权利要求 9 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

310. 根据权利要求 10 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

311. 根据权利要求 11 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

312. 根据权利要求 12 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

313. 根据权利要求 13 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

314. 根据权利要求 14 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

315. 根据权利要求 15 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

316. 根据权利要求 16 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

317. 根据权利要求 17 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

318. 根据权利要求 18 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

319. 根据权利要求 19 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

320. 根据权利要求 20 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

321. 根据权利要求 21 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

595. 根据权利要求 295 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。
596. 根据权利要求 296 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。
597. 根据权利要求 297 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。
598. 根据权利要求 298 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。
599. 根据权利要求 299 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。
600. 根据权利要求 300 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。
601. 根据权利要求 301 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。
602. 根据权利要求 302 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。
603. 一种多级电力转换器,包括:

预调节器电路,所述预调节器电路被配置成提供调节后输出电压;

至少一个直流/直流转换器,所述至少一个直流/直流转换器被配置成将输出电压和输出电流提供到负载,所述直流/直流转换器包括输入、输出以及至少一个电力开关,所述直流/直流转换器的所述输入耦合到所述预调节器电路;以及

控制电路,所述控制电路耦合到所述预调节器电路和所述直流/直流转换器,所述控制电路被配置成调节所述直流/直流转换器的输出电压并且根据所述直流/直流转换器的输出电流来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

604. 根据权利要求 603 所述的多级电力转换器,其中所述直流/直流转换器被配置成在临界非连续导通模式下工作。

605. 根据权利要求 603 所述的多级电力转换器,其中所述直流/直流转换器被配置成在连续导通模式下工作。

606. 根据权利要求 603 至 605 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述直流/直流转换器包括半桥转换器。

607. 根据权利要求 603 至 605 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括交流-直流转换器。

608. 根据权利要求 606 所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括交流-直流转换器。

609. 根据权利要求 603 至 605 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括直流-直流转换器。

610. 根据权利要求 606 所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括直流-直流转换器。

611. 根据权利要求 603 至 605 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述直流/直流转换器包括变压器,所述变压器具有与所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述直流/直流转换器的所述输出耦合的次级绕组。

612. 根据权利要求 606 所述的多级电力转换器,其中所述直流/直流转换器包括变压器,所述变压器具有与所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述直流/直流转换器的所述输出耦合的次级绕组。

613. 根据权利要求 607 所述的多级电力转换器,其中所述直流/直流转换器包括变压器,所述变压器具有与所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述直流/直流转换器的所述输出耦合的次级绕组。

614. 根据权利要求 608 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括变压器,所述变压器具有与所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述直流 / 直流转换器的所述输出耦合的次级绕组。

615. 根据权利要求 609 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括变压器,所述变压器具有与所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述直流 / 直流转换器的所述输出耦合的次级绕组。

616. 根据权利要求 610 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括变压器,所述变压器具有与所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述直流 / 直流转换器的所述输出耦合的次级绕组。

617. 根据权利要求 611 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

618. 根据权利要求 612 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

619. 根据权利要求 613 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

620. 根据权利要求 614 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

621. 根据权利要求 615 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

622. 根据权利要求 616 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

623. 根据权利要求 611 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流 / 直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

624. 根据权利要求 612 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流 / 直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

625. 根据权利要求 613 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流 / 直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

626. 根据权利要求 614 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流 / 直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

627. 根据权利要求 615 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振

元件,以及其中所述磁化电感和所述直流/直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

628. 根据权利要求 616 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流/直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流/直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

629. 根据权利要求 617 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流/直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流/直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

630. 根据权利要求 618 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流/直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流/直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

631. 根据权利要求 619 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流/直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流/直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

632. 根据权利要求 620 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流/直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流/直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

633. 根据权利要求 621 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流/直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流/直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

634. 根据权利要求 622 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流/直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流/直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流/直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

635. 根据权利要求 603 至 605 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

636. 根据权利要求 606 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

637. 根据权利要求 607 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

638. 根据权利要求 608 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

639. 根据权利要求 609 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的

切换频率切换所述至少一个电力开关。

640. 根据权利要求 610 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

641. 根据权利要求 611 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

642. 根据权利要求 612 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

643. 根据权利要求 613 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

644. 根据权利要求 614 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

645. 根据权利要求 615 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

646. 根据权利要求 616 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

647. 根据权利要求 617 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

648. 根据权利要求 618 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

649. 根据权利要求 619 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

650. 根据权利要求 620 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

651. 根据权利要求 621 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

652. 根据权利要求 622 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

653. 根据权利要求 623 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

654. 根据权利要求 624 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

655. 根据权利要求 625 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

656. 根据权利要求 626 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

657. 根据权利要求 627 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

658. 根据权利要求 628 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

659. 根据权利要求 629 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

660. 根据权利要求 630 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

661. 根据权利要求 631 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

662. 根据权利要求 632 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

663. 根据权利要求 633 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

664. 根据权利要求 634 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

665. 根据权利要求 603 至 605 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

666. 根据权利要求 606 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

667. 根据权利要求 607 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

668. 根据权利要求 608 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

669. 根据权利要求 609 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

670. 根据权利要求 610 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

671. 根据权利要求 611 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

672. 根据权利要求 612 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

673. 根据权利要求 613 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

713. 根据权利要求 653 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

714. 根据权利要求 654 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

715. 根据权利要求 655 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

716. 根据权利要求 656 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

717. 根据权利要求 657 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

718. 根据权利要求 658 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

719. 根据权利要求 659 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

720. 根据权利要求 660 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

721. 根据权利要求 661 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

722. 根据权利要求 662 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

723. 根据权利要求 663 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

724. 根据权利要求 664 所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

725. 根据权利要求 665 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

726. 根据权利要求 666 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述直流 / 直流

到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

892. 根据权利要求 832 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

893. 根据权利要求 833 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

894. 根据权利要求 834 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

895. 根据权利要求 835 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

896. 根据权利要求 836 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

897. 根据权利要求 837 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

898. 根据权利要求 838 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

899. 根据权利要求 839 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

900. 根据权利要求 840 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

901. 根据权利要求 841 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

902. 根据权利要求 842 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

903. 根据权利要求 843 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

904. 根据权利要求 844 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

905. 根据权利要求 603 至 605 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

906. 根据权利要求 606 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

907. 根据权利要求 607 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

908. 根据权利要求 608 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路 包括数字控制器。

909. 根据权利要求 609 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

910. 根据权利要求 610 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

911. 根据权利要求 611 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

912. 根据权利要求 612 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

913. 根据权利要求 613 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

914. 根据权利要求 614 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

915. 根据权利要求 615 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1178. 根据权利要求 878 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路 包括数字控制器。

1179. 根据权利要求 879 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1180. 根据权利要求 880 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1181. 根据权利要求 881 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1182. 根据权利要求 882 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1183. 根据权利要求 883 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1184. 根据权利要求 884 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1185. 根据权利要求 885 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1186. 根据权利要求 886 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1187. 根据权利要求 887 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1188. 根据权利要求 888 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1189. 根据权利要求 889 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1190. 根据权利要求 890 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1191. 根据权利要求 891 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1192. 根据权利要求 892 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1193. 根据权利要求 893 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路 包括数字控制器。

1194. 根据权利要求 894 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1195. 根据权利要求 895 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1196. 根据权利要求 896 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1197. 根据权利要求 897 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1198. 根据权利要求 898 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1199. 根据权利要求 899 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1200. 根据权利要求 900 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1201. 根据权利要求 901 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1202. 根据权利要求 902 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1203. 根据权利要求 903 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

1204. 根据权利要求 904 所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

多级电力转换器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求在 2013 年 4 月 11 日提交的美国临时申请第 61/810,825 号的权益。以上申请的全部公开内容通过引用合并在本文中。

技术领域

[0003] 本公开内容涉及电力转换器以及提高该电力转换器的效率的方法。

背景技术

[0004] 本部分提供了与本公开内容相关的背景信息,其未必是现有技术。

[0005] 典型的 LLC 谐振转换器包括电力开关以及调整电力开关的切换频率以调节 LLC 谐振转换器的输出电压的控制电路。优选地,LLC 谐振转换器在临界非连续导通模式下工作,使得在每个切换时段的无限小时间量内通过 LLC 谐振转换器中的谐振元件(例如,通常称为谐振电感器 L_r 以及谐振电容器 C_r) 的电流为零。因此,可以以零电流切换电力开关从而优化 LLC 谐振转换器的效率。为了实现临界非连续导通模式,电力开关的切换频率基本上等于谐振元件的谐振频率。

[0006] 通常,LLC 谐振转换器被设计成当负载在固定的负载状况(例如,50%的负载等)下工作时,在临界非连续导通模式下工作。这确保了在如上说明的调节 LLC 谐振转换器的输出电压时基本上不调整电力开关的切换频率。

实用新型内容

[0007] 本部分提供本公开内容的大体概要,而并非是其全部范围或其全部特征的全面公开。

[0008] 根据本公开内容的一个方面,一种多级电力转换器包括:预调节器电路,该预调节器电路被配置成提供调节后输出电压;至少一个 LLC 谐振转换器,该至少一个 LLC 谐振转换器被配置成将输出电压和输出电流提供到负载,该 LLC 谐振转换器包括输入、输出、一个或多个谐振元件以及至少一个电力开关,该 LLC 谐振转换器的输入耦合到预调节器电路;以及控制电路,该控制电路耦合到预调节器电路和 LLC 谐振转换器,控制电路被配置成调节 LLC 谐振转换器的输出电压并且根据 LLC 谐振转换器的输出电流来改变预调节器电路的调节后输出电压。

[0009] 根据本公开内容的另一个方面,一种多级电力转换器包括:预调节器电路,该预调节器电路被配置成提供调节后输出电压;至少一个直流/直流转换器,该至少一个直流/直流转换器被配置成将输出电压和输出电流提供到负载,该直流/直流转换器包括输入、输出以及至少一个电力开关,该直流/直流转换器的输入耦合到预调节器电路;以及控制电路,该控制电路耦合到预调节器电路和直流/直流转换器,控制电路被配置成调节直流/直流转换器的输出电压并且根据直流/直流转换器的输出电流来改变预调节器电路的调节后输出电压。

[0010] 根据本公开内容的另一个方面,公开了一种操作 DC/DC 转换器的方法。DC/DC 转换器被配置成接收来自预调节器电路的调节后输出电压。方法包括调节 DC/DC 转换器的输出电压以及根据 DC/DC 转换器的输出电流来改变预调节器电路的调节后输出电压。

[0011] 根据本文中提供的描述,另外的方面和可应用领域将变得明显。应当理解,可以单独地或结合一个或多个其它方面来实现本公开内容的各个方面。还应当理解,本文中的描述和具体示例仅意在用于说明目的,而并非意在限制本公开内容的范围。

附图说明

[0012] 本文中描述的附图仅用于对所选择的实施例而并非是所有可能的实现的说明目的,并且并非意在限制本公开内容的范围。

[0013] 图 1 是根据本公开内容的一个示例实施例的包括预调节器电路和 LLC 谐振转换器的多级电力转换器的框图。

[0014] 图 2 是根据另一个示例实施例的包括预调节器电路和 LLC 半桥谐振转换器的多级电力转换器的示意图。

[0015] 图 3 是示出了图 2 的 LLC 半桥谐振转换器的输出电容器中的纹波电流的曲线图。

[0016] 图 4 是示出了使用固定输入电压的 LLC 谐振转换器的效率和使用可变输入电压的 LLC 谐振转换器的效率的曲线图。

[0017] 图 5 是示出了图 2 的 LLC 半桥谐振转换器的传递函数的增益曲线的曲线图。

[0018] 图 6 是示出了栅极驱动信号和流过图 2 的 LLC 半桥谐振转换器的电流的曲线图。

[0019] 图 7 是根据另一个示例实施例的包括预调节器电路和 LLC 半桥谐振转换器的多级电力转换器的示意图。

[0020] 图 8 是根据另一个示例实施例的包括预调节器电路、LLC 半桥谐振转换器以及包括数字电路的控制电路的多级电力转换器的示意图。

[0021] 图 9 是根据另一个示例实施例的包括 PFC AC/DC 转换器、图 8 的 LLC 半桥谐振转换器以及包括数字电路的控制电路的多级电力转换器的示意图。

[0022] 图 10 是示出了使用固定输入电压的多级电力转换器的效率和图 9 的多级电力转换器的效率的曲线图。

[0023] 图 11 是根据另一个示例实施例的包括示出为分立电路的预调节器、LLC 半桥谐振转换器以及控制电路的多级电力转换器的示意图。

[0024] 图 12 是示出了使用固定输入电压的 LLC 半桥谐振转换器中的纹波电流和使用可变输入电压的 LLC 半桥谐振转换器的纹波电流的曲线图。

[0025] 图 13 是示出了图 12 的纹波电流的增长百分比的曲线图。

[0026] 图 14 是根据另一个示例实施例的包括预调节器电路和 DC/DC 转换器的多级电力转换器的框图。

[0027] 图 15 是根据另一个示例实施例的包括两个 LLC 半桥谐振转换器的交织转换器的示意图。

[0028] 图 16 是根据另一个示例实施例的包括 LLC 全桥谐振转换器的多级电力转换器的示意图。

[0029] 图 17 是根据另一个示例实施例的包括两个 LLC 全桥谐振转换器的交织转换器的

示意图。

[0030] 贯穿附图的若干视图,对应的附图标记表示对应的部分。

具体实施方式

[0031] 现在将参照附图来更充分地描述示例实施例。

[0032] 提供了示例实施例使得本公开内容将是全面的,并且向本领域技术人员充分传达范围。阐述了诸多特定细节,诸如特定部件、设备以及方法的示例,以提供对本公开内容的实施例的全面理解。对本领域技术人员明显的是,无需采用特定细节,示例实施例可以以许多不同形式来体现,并且也不应当被解释为限制本公开内容的范围。在一些示例实施例中,未详细描述公知的处理、公知的设备结构以及公知的技术。

[0033] 本文中使用的术语仅用于描述具体示例实施例的目的,而不意在进行限制。如本文中所使用的,单数形式“一 (a)”、“一个 (an)”以及“所述 (the)”可以意在还包括复数形式,除非上下文另外清楚地说明。术语“包含 (comprises)”、“包括 (comprising)”、“含有 (including)”以及“具有 (having)”是包括性的,因此指定了所陈述的特征、整体、步骤、操作、元件和 / 或部件的存在,但不排除存在或增加一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元件、部件和 / 或其分组。本文中描述的方法步骤、处理以及操作不应当被解释为必须要求按照讨论或示出的具体顺序来执行,除非被具体标识为执行的顺序。还应当理解,可以采用另外的或替代的步骤。

[0034] 尽管本文中可能使用术语第一、第二、第三等来描述各种元件、部件、区域、层和 / 或部分,但是这些术语不应当限制这些元件、部件、区域、层和 / 或部分。这些术语可以只是用于区分一个元件、部件、区域、层或部分与另一个区域、层或部分。诸如“第一”、“第二”和其它数字性术语的术语在用在本文中时不暗示次序或顺序,除非上下文清楚地说明。因此,下面讨论的第一元件、部件、区域、层或部分可以被称为第二元件、部件、区域、层或部分,而不会偏离示例实施例的教导。

[0035] 为了易于描述,本文中可以使用诸如“内部”、“外部”、“下面”、“下方”、“以下”、“上方”、“以上”等的空间相对术语,以描述如在图中所示的一个元件或特征与其它(一个或多个)元件或(一个或多个)特征的关系。空间相对术语可以旨在包含除了图中所描绘的方位之外的使用或操作中的设备的不同方位。例如,如果将图中的设备翻过来,则被描述为其它元件或特征“下方”或“下面”的元件可以被定位在其它元件或特征的“上方”。因此,示例性术语“下方”可以包含上方和下方的方位二者。可以另外地定位设备(被旋转 90 度或者在其它方位上),并且相应地解释本文中所使用的空间相对描述。

[0036] 图 1 中示出了根据本公开内容的一个示例实施例的多级电力转换器并且一般用附图标记 100 来表示该多级电力转换器。如图 1 所示,多级电力转换器 100 包括预调节器电路 102、LLC 谐振转换器 104 以及与预调节器电路 102 和 LLC 谐振转换器 104 耦合的控制电路 112。LLC 谐振转换器包括输入 106、输出 108、一个或多个谐振元件(图 1 中未示出)以及电力开关 110。LLC 谐振转换器 104 的输入 106 耦合到预调节器电路 102。预调节器电路 102 向 LLC 谐振转换器 104 提供调节后输出电压。LLC 谐振转换器 104 将输出电压和输出电流提供到负载(图 1 中未示出)。

[0037] 控制电路 112 调节 LLC 谐振转换器 104 的输出电压并且根据 LLC 谐振转换器 104

的输出电流来改变预调节器电路 102 的调节后输出电压。通过这样控制预调节器电路 102 和 LLC 谐振转换器 104, LLC 谐振转换器 104 可以基本上在期望的模式下工作。例如, 根据设计、负载状况等, LLC 谐振转换器 104 可以基本上在临界非连续导通模式 (如本文中所述的)、连续导通模式等下工作。由于基本上在期望的模式 (例如, 临界非连续导通模式) 下工作, 所以可以在零电流状况下接通和 / 或断开电力开关 110 (以及 LLC 谐振转换器中的其它电力开关) 从而优化 LLC 谐振转换器 104 的效率。

[0038] 在一些情况下, LLC 谐振转换器 104 可包括一个或多个具有电阻部件的部件。这些电阻部件引起 LLC 谐振转换器 104 中的电压降。因此, 为了调节 LLC 谐振转换器 104 的输出电压, 可以调整电力开关 110 的切换频率来补偿电压降。然而, 通过调整切换频率, 因为经调整的切换频率可能与 LLC 谐振转换器 104 的谐振频率不同, 所以 LLC 谐振转换器 104 可能不再在临界非连续导通模式下工作。因此, 可能不能实现电力开关 110 的零电流切换。

[0039] 代替地, 控制电路 112 可以以基本上固定的切换频率来切换电力开关 110, 并根据 LLC 谐振转换器 104 的输出电流来改变预调节器电路 102 的调节后输出电压 (以及由此改变 LLC 谐振转换器 104 的输入电压)。这可以补偿由 LLC 谐振转换器 104 中的电阻部件引起的电压降。因此, LLC 谐振转换器 104 可以基本上在期望的模式 (例如, 临界非连续导通模式等) 下工作, 并且因此可以实现电力开关 110 (以及 LLC 谐振转换器中的其它电力开关) 的零电流切换。

[0040] 另外地, 与 LLC 谐振转换器 104 耦合的负载的负载状况可以例如从半负载变化至全负载。负载状况的这种变化可以引起来自 LLC 谐振转换器 104 的输出电流增大。因此, 可以根据 LLC 谐振转换器 104 的该增大的输出电流来改变 (例如, 增大) 预调节器电路 102 的调节后输出电压。可替代地, 可以根据 LLC 谐振转换器 104 的减小的输出电流来减小预调节器电路 102 的调节后输出电压。

[0041] 在图 1 的示例中, 控制电路 112 经由 LLC 谐振转换器 104 的信号 114 来接收感测参数。感测参数可以包括 LLC 谐振转换器 104 的感测输出电压和 / 或感测输出电流。另外地和 / 或可替代地, 控制电路 112 可接收来自 LLC 谐振转换器 104 的其它的感测参数、来自预调节器电路 102 的感测参数等。例如, 控制电路 112 可以接收 LLC 谐振转换器 104 的感测输入电流和 / 或电压。

[0042] 另外地, 控制电路 112 将信号 116 提供到预调节器电路 102 并将信号 118 提供到 LLC 谐振转换器 104。信号 116 可以控制预调节器电路 102 中的开关 (未示出) 以如上所说明的根据 LLC 谐振转换器 104 的输出电流来改变预调节器电路 102 的调节后输出电压。信号 118 可以用来控制电力开关 110 以调节 LLC 谐振转换器 104 的输出电压。

[0043] 如上所说明的, 根据 LLC 谐振转换器 104 的输出电流来改变预调节器电路 102 的调节后输出电压。例如, 可以与 LLC 谐振转换器 104 的输出电流成比例地或以 LLC 谐振转换器 104 的输出电流的任何其它适合的函数来改变预调节器电路 102 的调节后输出电压。

[0044] LLC 谐振转换器 104 可以是具有一个电力开关 (如图 1 所示) 或多于一个的电力开关的任意适合的谐振切换电力转换器。

[0045] 图 2 示出了包括预调节器电路 202、LLC 谐振转换器 204 以及控制电路 212 的一个示例多级电力转换器 200。如图 2 所示, LLC 谐振转换器 204 的输入耦合到预调节器电路 202 的输出, 并且 LLC 谐振转换器 204 的输出耦合到负载 (示出为电阻器 R_o)。

[0046] LLC 谐振转换器 204 可以包括与 LLC 谐振转换器 204 的输入和输出耦合的滤波器。例如,如图 2 所示,电容器 C_{in} 耦合跨越 LLC 谐振转换器 204 的输入并且电容器 C_o 耦合跨越 LLC 谐振转换器 204 的输出。可替代地,可以在不脱离本公开内容的范围的情况下使用具有不同的和 / 或另外的滤波元件的任何适合的滤波器。

[0047] 如图 2 的示例实施例所示, LLC 谐振转换器 204 是具有与整流电路 206 耦合的变压器 TX1 的半桥转换器。LLC 谐振转换器 204 包括与变压器 TX1 的初级绕组 P1 耦合的电力开关 Q1、Q2。变压器 TX1 的次级绕组 S1 经由整流电路 206 耦合到 LLC 谐振转换器 204 的输出。

[0048] 整流电路 206 是中心抽头式全波整流器,并且包括二极管 D1、D2、D3、D4。尽管图 2 的示例示出整流电路 206 为包括二极管整流器,但是可以使用同步整流器 FET (例如, MOSFET) 来进一步提高效率。在该情况下,可以如上所说明的实现 MOSFET 的零电流切换。

[0049] 在图 2 的示例中,用电感器 L_m 来表示变压器 TX1 的磁化电感。另外地, LLC 谐振转换器 204 可以使用与初级绕组 P1 耦合的其它的谐振元件。在图 2 的示例中, LLC 谐振转换器 204 包括分别与电力开关 Q1、Q2 耦合的电容器 CR1、CR2 以及 (经由变压器 TX1 的初级绕组 P1) 耦合在电容器 CR1、CR2 与电力开关 Q1、Q2 之间的电感器 L_r 。

[0050] 为清楚起见,电感器 L_r 被示出为与变压器 TX1 独立的外部电感器。然而,应当明显的是,电感器 L_r 可以包括独立的外部电感 (例如,来自电感器) 以及来自变压器 TX1 的漏电感和 / 或寄生电感。

[0051] 谐振元件 (例如,变压器 TX1 的磁化电感、电容器 CR1、CR2、电感器 L_r 等) 可以是根据期望的结果的任何适合的值。例如,每个谐振元件的值可以足以引起 LLC 谐振转换器 204 的电力开关 Q1、Q2 的零电流切换。

[0052] 在图 2 的示例中,控制电路 212 可以经由 LLC 谐振转换器 204 的反馈信号 208 来调节 LLC 谐振转换器 204 的输出电压,并且可以部分地基于 LLC 谐振转换器 204 的反馈信号 208 来改变预调节器电路 202 的调节后输出电压。如图 2 所示,反馈信号 208 可以是 LLC 谐振转换器 204 的感测输出电压。

[0053] 例如,控制电路 212 可以通过由误差放大器 Error-Amp2 将反馈信号 208 与表示例如 LLC 谐振转换器 204 的稳态输出电压的固定参考电压 210 进行比较来调节 LLC 谐振转换器 204 的输出电压。在图 2 的示例中,误差放大器 Error-Amp2 包括用于补偿 LLC 谐振转换器 204 的输出电压与固定参考电压 210 之间的差的具有反馈的运算放大器 (示出为补偿块 230)。误差放大器 Error-Amp2 的输出可以被提供到提供控制电路 212 的初级侧与次级侧之间的隔离的光耦合器电路块 214。

[0054] 如图 2 所示,光耦合器电路块 214 的输出可以被提供到压控振荡器 (VCO) 216,该压控振荡器 (VCO) 216 将信号提供到电力开关 Q1、Q2 来调节 LLC 谐振转换器 204 的输出电压。在一些情况下,如下面所进一步说明的,控制电路 212 可以以改变的切换频率来切换电力开关 Q1、Q2 以补偿 LLC 谐振转换器 204 的电压降。

[0055] VCO216 还可以向误差放大器 Error-Amp3 提供参考反馈电压 220。参考反馈电压 220 可以表示基于与 LLC 谐振转换器 204 耦合的负载的变化 (例如, LLC 谐振转换器 204 的输出电流的变化) 的可变参考。在图 2 的示例中,可变参考是电力开关 Q1、Q2 的切换频率。可替代地,可以使用任何适合的可变参考,包括例如 LLC 谐振转换器 204 的电流等。

[0056] 误差放大器 Error-Amp3 可以将参考电压 220 与表示处于特定负载状况的参数的固定电压参考 218 进行比较。例如电压参考 218 可以表示与谐振元件在特定负载状况（例如，50%负载等）下的谐振频率相等的切换频率。该切换频率例如对应于使 LLC 谐振转换器 204 能够在如上所说明的临界非连续导通模式下工作的切换频率。

[0057] 误差放大器 Error-Amp3 可以将输出提供到补偿输入电压调整块 222，该补偿输入电压调整块 222 针对 LLC 谐振转换器 204 的输入电压确定期望的调整。然后，电压参考调整块 224 可以提供可基于补偿输入电压调整块 222 的输出调整的参考电压。可以由误差放大器 Error-Amp1 将来自电压参考调整块 224 的参考电压与预调节器电路 202 的感测输出电压（或 LLC 谐振转换器 204 的输入电压）进行比较。

[0058] 然后，误差放大器 Error-Amp1 可以将输出提供到补偿预调节器电路块 226，该补偿预调节器电路块 226 然后向 PWM 驱动器 228 提供表示预调节器电路 202 的输出电压的所需调整的信号。然后，PWM 驱动器 228 可以将 PWM 信号提供到预调节器电路 202 中的一个或多个开关（未示出）以与 LLC 谐振转换器 204 的输出电流成比例地改变预调节器电路 202 的调节后输出电压。因此，如上所说明的，LLC 谐振转换器 204 可以基本上在临界非连续导通模式下工作。因此，可以实现电力开关 Q1、Q2 的零电流切换从而优化 LLC 谐振转换器 204 的效率。

[0059] 在图 2 的示例中，误差放大器 Error-Amp3 的控制环带宽低于预调节器电路 202 和 LLC 谐振转换器 204 的控制环带宽。这确保了与预调节器电路 202 和 LLC 谐振转换器 204 的控制环相比较慢地执行误差放大器 Error-Amp3 的控制环。

[0060] 例如，误差放大器 Error-Amp3 的控制环带宽可以足够低以产生预调节器电路 202 和 LLC 谐振转换器 204 的控制环带宽与误差放大器 Error-Amp3 的控制环带宽之间的期望的间隔。该间隔可以有助于避免控制环之间的相互作用。在一些实施例中，控制环带宽之间的期望的间隔可以是约一个十倍频程。

[0061] 在一些情况下，LLC 谐振转换器 204 的控制环带宽可以高于预调节器 202 的控制环带宽。例如，LLC 谐振转换器 204 的控制环带宽可以是约 3kHz 到约 5kHz，而预调节器电路 202 的控制环带宽可以是约 10Hz。因此，例如在改变负载状况期间与预调节器电路 202 的控制环相比较快地执行 LLC 谐振转换器 204 的控制环。在该情况下，可以调整电力开关 Q1、Q2 的切换频率来将 LLC 谐振转换器的输出电压调节至稳定状态。然后，可以调整预调节器电路 202 的调节后输出电压直到切换频率被重新调整至谐振频率（或如下所进一步说明的参考频率）为止。

[0062] 与例如在非连续导通模式下相比，通过基本上在临界非连续导通模式下操作 LLC 谐振转换器 204，以较低 RMS 电流实现电力开关 Q1、Q2 的零电流切换。另外地，通过在临界非连续导通模式下操作，可以减小电容器 Co 中的 RMS 纹波电流。例如，如图 3 所示，与当 LLC 谐振转换器 204 在非连续导通模式下工作时相比，当 LLC 谐振转换器 204 在临界非连续导通模式下工作时的电容器 Co 中的纹波电流较低。在一些情况下，相对于非连续导通模式，当 LLC 谐振转换器 204 在临界非连续导通模式下工作时，电容器 Co 中的纹波电流可以低约 20%。

[0063] 返回参照附图 2，由于一些功率调节需要在半（即，50%）负载下的峰值效率，因此可以将 LLC 谐振转换器 204 设计成在半负载下在临界非连续导通模式下工作。例如，当

LLC 谐振转换器 204 在半负载下在临界非连续导通模式下工作时的电力开关 Q1、Q2 的切换频率可以是参考频率,并且由图 2 的电压参考调整块 224 提供的可调整参考电压可以是标称值。

[0064] 当 LLC 谐振转换器 204 在满载(即,100%)下工作时,可调整参考电压可能增大(例如,由于 LLC 谐振转换器 204 的输出电流的增大),这从而增大了预调节器电路 202 的调节后输出电压(例如与增大的输出电流成比例)。预调节器电路 202 的调节后输出电压(或 LLC 谐振转换器 204 的输入电压)的增大可以补偿 LLC 谐振转换器的电压降(如上所说明的)。

[0065] 可替代地,当 LLC 谐振转换器 204 在无负载(0%)下工作时,可调整参考电压可能减小(例如,由于 LLC 谐振转换器 204 的输出电流的减小),这从而减小了预调节器电路 202 的调节后输出电压。

[0066] 因此,通过调整预调节器电路 202 的调节后输出电压(或 LLC 谐振转换器 204 的输入电压),电力开关 Q1、Q2 的切换频率可以几乎是固定的并且基本上等于在不同负载状况的范围内的谐振频率。因此,如上所说明的,LLC 谐振转换器 204 可以贯穿不同负载状况的范围继续基本上在临界非连续导通模式下工作,从而优化了 LLC 谐振转换器 204 的效率。

[0067] 可替代地,如果可以通过在例如连续导通模式下操作 LLC 谐振转换器 204 来实现较高的效率,则在特定负载状况下的对应的切换频率可以是参考频率。在一些情况下,如果在连续导通模式下操作 LLC 谐振转换器 204 则可以提高效率。这可能是由于在连续导通模式期间观测到的电力开关 Q1、Q2 中的较低 RMS 电流。

[0068] 图 4 是示出在 20%到 100%的负载状况下使用固定输入电压的 LLC 谐振转换器的效率和使用可变输入电压的 LLC 谐振转换器(例如,图 2 的转换器 204)的效率的曲线图。如图 4 所示,使用可变输入电压的 LLC 谐振转换器的效率通常高于使用固定输入电压的 LLC 谐振转换器的效率。

[0069] 图 5 示出了 LLC 谐振转换器 204 的传递函数的示例增益曲线 500。下式 (1) 是 LLC 谐振转换器 204 的示例传递函数。

$$[0070] \quad \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{M(f_{sw})}{2n} \quad (1)$$

[0071] 在示例式 (1) 中, V_o 是 LLC 谐振转换器 204 的输出电压, V_{in} 是 LLC 谐振转换器 204 的输入电压, n 是变压器 TX1 的匝数比,以及 $M(f_{sw})$ 是作为电力开关 Q1、Q2 的切换频率的函数的电压转换率。如本领域内技术人员通常所知的, $M(f_{sw})$ 可以是包括例如 LLC 谐振转换器 204 的品质(Q) 因数、电感器 L_m 相对于电感器 L_r 的比率、谐振频率相对于切换频率的比率等的多个参数的函数。

[0072] 如图 5 所示,增益与归一化切换频率成反比例。例如,如果归一化切换频率降低则增益增大(反之亦然)。另外地,当归一化切换频率与谐振频率相等时增益是一 (1)。

[0073] 图 6 示出了示例栅极驱动信号、流过变压器 TX1 的初级绕组 P1 的电流的示例波形以及流过图 2 的变压器 TX1 的次级绕组 S1 的电流的示例波形。如图 6 所示,可以以零电流或者接近零电流切换电力开关 Q1、Q2 以及在变压器 TX1 的次级侧的开关(例如,在整流电路 206 中的开关)。

[0074] 图 7 示出了包括 LLC 谐振转换器 704、控制电路 712 以及图 2 的预调节器电路 202

的另一个示例多级电力转换器 700。LLC 谐振转换器 704 基本上类似于图 2 的 LLC 谐振转换器 204。然而, LLC 谐振转换器 704 包括用于监测 LLC 谐振转换器 704 中的电流的电流传感器 716。在图 7 的示例中, 电流传感器 716 位于变压器 TX1 的初级绕组 P1 与电力开关 Q1、Q2 之间来感测初级绕组 P1 中流动的电流。可替代地, 电流传感器可以位于任何适合的位置来感测 LLC 谐振转换器 704 中的期望的电流(例如, 输出电流)。

[0075] 控制电路 712 基本上类似于图 2 的控制电路 212。然而, 控制电路 712 经由电流传感器 716 来监测电流(块 714)。如图 7 所示, 电流监测块 714 可以将输出提供到误差放大器 Error-Amp3。监测的电流可以表示基于与 LLC 谐振转换器 704 耦合的负载(在图 7 中示出为电阻 R_o) 的变化的可变参考。在图 7 的示例中, 所监测(经由电流传感器 716) 的电流是与 LLC 谐振转换器 704 的输出电流成比例的电流。可替代地, 所监测的电流可以是 LLC 谐振转换器 704 中的输出电流或任何其它的适合电流。

[0076] 如图 7 所示, 误差放大器 Error-Amp3 可以将电流监测块 714 的输出与如上所说明的表示在特定负载状况下的参数的固定电压参考 218 进行比较。然后, 误差放大器 Error-Amp3 可以如上所说明的将输出提供到补偿输入电压调整块 222, 该补偿输入电压调整块 222 针对 LLC 谐振转换器 704 的输入电压确定期望的调整。

[0077] 图 8 示出了包括 LLC 谐振转换器 804、控制电路 812 以及图 2 的预调节器电路 202 的另一个示例多级功率放大器 800。如图 8 所示, LLC 谐振转换器 804 是具有与整流电路 806 耦合的变压器 TX1 的半桥转换器。LLC 谐振转换器 804 包括与变压器 TX1 的初级绕组 P1 耦合的电力开关 Q2、Q3。变压器 TX1 的次级绕组 S1、S2 经由整流电路 806 耦合到 LLC 谐振转换器 804 的输出。整流电路 806 是中心抽头式全波整流器并且包括二极管 D1、D2。

[0078] 尽管图 8 的示例示出整流电路 806 为包括二极管整流器, 但是可以使用同步整流器 FET(例如, MOSFET) 来进一步提高效率。在该情况下, 可以如上所说明的实现 MOSFET 的零电流切换。

[0079] LLC 谐振转换器 804 包括与 LLC 谐振转换器 804 的输入和输出耦合的电容器滤波器。例如, 如图 8 所示, 电容器 C1 耦合跨越 LLC 谐振转换器 804 的输入并且电容器 C2 耦合跨越 LLC 谐振转换器 804 的输出。

[0080] 另外地并且如上所说明的, LLC 谐振转换器 804 包括与初级绕组 P1 耦合的谐振元件。在图 8 的示例中, LLC 谐振转换器 804 包括分别耦合到电力开关 Q2、Q3 的电容器 CR1、CR2 以及(经由初级绕组 P1) 耦合在电力开关 Q2、Q3 与电容器 CR1、CR2 之间的电感器 L_r 。

[0081] 在图 8 的示例中, 控制电路 812 包括 LLC 数字控制电路 808 和预调节器控制电路 810。由控制电路 808 经由 LLC 谐振转换器 804 的反馈信号来调节 LLC 谐振转换器 804 的输出电压, 并且由控制电路 810 部分地基于 LLC 谐振转换器 804 的反馈信号来改变预调节器电路 202 的调节后输出电压。

[0082] 例如, 控制电路 808(经由电压传感器 V_{sense}) 接收 LLC 谐振转换器 804 的感测输出电压。可以由误差放大器 814 将感测输出电压与固定参考电压 V_{ref1} 进行比较。固定参考电压 V_{ref1} 表示 LLC 谐振转换器 804 的稳态输出电压。误差放大器 814 的输出可以由 PI 控制器来处理并且被提供到压控振荡器 VCO。

[0083] 压控振荡器 VCO 可以向控制电路 812 的驱动器 816 提供脉冲。来自压控振荡器 VCO 的脉冲可以具有与误差放大器 814 的经处理的输出成反比例的频率。这样, 误差放大

器 814 的经处理的输出可以表示可以改变以调节 LLC 谐振转换器 804 的输出电压的切换频率。

[0084] 驱动器 816 可以经由隔离变压器 818 (以及缓冲器) 将信号输出到电力开关 Q2、Q3 以控制电力开关 Q2、Q3 的切换。

[0085] 如图 8 所示, 误差放大器 814 的经处理的输出还可以被提供到误差放大器 820。误差放大器 820 将误差放大器 814 的经处理的输出与表示与在特定负载状况 (例如, 50% 负载等) 下的谐振元件的谐振频率相等的切换频率的电压参考 V_{freq} 进行比较。误差放大器 820 的输出被处理并且然后被提供到预调节器控制电路 810。基于误差放大器 820 的经处理的输出以及感测参数 (例如, 预调节器控制电路 202 的输出电压和 / 或电流), 预调节器控制电路 810 生成一个或多个信号来控制预调节器电路 202 的一个或多个开关 (未示出)。

[0086] 图 9 示出了包括预调节器电路 902、控制电路 912 以及图 8 的 LLC 谐振转换器 804 的另一个示例多级电力转换器 900。在图 9 的示例中, 预调节器电路 902 是 PFC AC/DC 转换器。预调节器电路 902 包括以升压转换器拓扑来设置的电感器 L1、电力开关 Q1 以及二极管 D1。预调节器电路 902 还包括输入 904、与输入 904 耦合的 EMI 滤波器 906、在电感器 L1 与 EMI 滤波器 906 之间的整流器 908 以及耦合跨越预调节器电路 902 的输出的电容器 C1。

[0087] 在图 9 的示例中, 控制电路 912 包括图 8 的用于调节 LLC 谐振转换器 804 的输出电压的 LLC 数字控制电路 808。为清楚起见, 控制电路 808 的一些部件未在图 9 示出。控制电路 912 还包括 PFC 数字控制电路 910。PFC 数字控制电路 910 包括 PWM 驱动器 922、四个误差放大器 914、916、918、920 以及两个 PI 控制器。

[0088] 误差放大器 814 (以上所说明的) 的经处理的输出可以被提供到误差放大器 914。误差放大器 914 将误差放大器 814 的经处理的输出与表示与在特定负载状况 (例如, 50% 负载等) 下的谐振元件的谐振频率相等的切换频率的电压参考 V_{freq} 进行比较。误差放大器 914 的输出被处理并且被提供到误差放大器 916, 该误差放大器 916 将误差放大器 914 的输出与电压参考 V_{ref_pfc} 进行比较。误差放大器 916 的输出被提供到误差放大器 918, 该误差放大器 918 将预调节器电路 902 的感测输出电压与误差放大器 916 的输出进行比较。

[0089] 如图 9 所示, 误差放大器 918 的输出可以被处理并且然后 (经由乘法器 924) 与预调节器电路 902 的感测整流输入电压相乘。误差放大器 920 可以将预调节器电路 902 的感测电感器电流与乘法器 924 的输出进行比较。误差放大器 920 的输出可以被处理并且被提供到 PWM 驱动器 922, 该 PWM 驱动器 922 生成信号来控制预调节器电路 902 的电力开关 Q1。因此, 并且如上所说明的, 可以改变预调节器电路 902 的调节后输出电压。

[0090] 例如, 当预调节器电路 902 的调节后输出电压 (或 LLC 谐振转换器 804 的输入电压) 减小时, LLC 谐振转换器 804 的输出电压会减小。因此, 误差放大器 814 的输出将变为更大的正数 (例如, 感测输出电压与固定参考电压 V_{ref1} 之间的差增大)。从而, 误差放大器 914、916、918、920 的输出也变为更大的正数。因此, 来自 PWM 驱动器 922 的信号被调整并且预调节器电路 902 的调节后输出电压会增大。

[0091] 该处理可以继续直到压控振荡器 VCO 的频率基本上等于参考频率同时 LLC 谐振转换器 804 的输出电压被调节至由固定参考电压 V_{ref1} 设定的电压为止。例如, 如上所说明的, 该参考频率可以是当 LLC 谐振转换器 804 在半负载 (50%) 下在临界非连续导通模式下工作时的电力开关 Q2、Q3 的切换频率。

[0092] 可替代地,可以在需要使用模拟方法。例如,提供给电力开关 Q2、Q3 的信号的导通时间可以变化,同时死区时间可以保持恒定。如上所说明的,为了实现临界非连续导通模式,电力开关 Q2、Q3 的切换频率可以基本上等于 LLC 谐振转换器 804 中的谐振元件的谐振频率。在谐振频率处,信号的导通时间可以基本上等于谐振元件的谐振时间的大约一半。这转换成信号的具体占空比(即,导通时间/总时段)使得转换器 804 可以在临界非连续导通模式下工作。

[0093] 例如,可以将 LLC 谐振转换器 804 设计成在具体的线路和负载状况(例如,半负载)下在临界非连续导通模式下工作。如果谐振元件的谐振时间是大约 4.5 微秒并且信号的死区时间是大约 0.5 微秒,则电力开关 Q2、Q3 可以具有约 45%的占空比使得转换器 804 在临界非连续导通模式下工作。因此,电力开关 Q2、Q3 可需要具体占空比(例如,45%)使得转换器 804 在具体的负载状况(例如,半负载)下在临界非连续导通模式下工作。

[0094] 如果两个信号(具有 45%的占空比)被提供给“或”门,则可以在该具体的负载状况下实现具有 90%的占空比的结果信号。该结果信号可以被提供到平均滤波器,该平均滤波器可以输出 $V_{cc} \times 0.9$ 的固定 DC 电压。 V_{cc} 可以是例如用于驱动器 IC 的恒定 DC 偏置供给电压。平均滤波器的该输出(即,固定 DC 电压)可以在闭环模式下由控制电路使用。

[0095] 因为已知在临界非连续导通模式下(在具体负载状况下)操作转换器 804 所需要的具体占空比,所以可以使用误差放大器来改变预调节器电路 902 的调节后输出电压。例如,误差放大器可以将固定 DC 电压(例如, $V_{cc} \times 0.9$ 的固定 DC 电压)与可以基于电力开关 Q2、Q3 的占空比改变的平均滤波器的输出进行比较。可以使用误差放大器的输出来改变预调节器电路 902 的调节后输出电压。这可以有助于保持电力开关 Q2、Q3 的占空比基本上等于在临界非连续导通模式下操作转换器 804 所需要的具体占空比。

[0096] 图 10 是示出两个 750W 多级电力转换器的效率的曲线图。一个电力转换器包括图 9 的 PFC 升压 AC/DC 预调节器电路 902 以及使用至 LLC 谐振转换器的固定输入电压的 LLC 谐振转换器。另一个电力转换器是图 9 的多级电力转换器 900。

[0097] 如图 10 所示,使用至 LLC 谐振转换器的可变输入电压的电力转换器的效率高于另一个电力转换器的效率。例如,使用可变输入电压的电力供给的效率在满载时(750W)高了 0.5%并且在半负载(375W)时高了 0.3%。

[0098] 图 11 示出另一个示例多级电力转换器 1000,该多级电力转换器 1000 包括:预调节器 1002(示出为可变电压源)、LLC 谐振转换器 1004 以及与预调节器 1002 和 LLC 谐振转换器 1004 耦合的控制电路 1012。在图 11 的示例中,预调节器 1002、LLC 谐振转换器 1004 以及控制电路 1012 被示出为分立电路。电力转换器 1000 可以包括与以上所说明的益处相同的益处。

[0099] 控制电路 1012 包括误差放大器 X2、X4 和压控振荡器 VC0。控制电路 1012 可以接收来自 LLC 谐振转换器 1004 的感测输出电压。误差放大器 X2 可以将该感测输出电压与固定参考电压 V4 进行比较,然后将输出提供到压控振荡器 VC0 和误差放大器 X4。

[0100] 如图 11 的示例所示,压控振荡器 VC0 可以将信号提供到运算放大器 E2、E3,运算放大器 E2、E3 生成信号来控制 LLC 谐振转换器 1004 的电力开关 Q1、Q2。从而,可以调节 LLC 谐振转换器 1004 的输出电压。

[0101] 误差放大器 X4 可以将误差放大器 X2 的输出与固定参考电压 V7 进行比较。误差

放大器 X4 的输出可以被提供到运算放大器 E8, 该运算放大器 E8 可以改变预调节器 1002 的电压。

[0102] 本文中所公开的 LLC 谐振转换器可以是任何适合的 LLC 谐振转换器, 其包括例如正激式转换器、反激式转换器、桥式转换器 (例如, 全桥转换器或如图 2、7、8、9、11 所示的半桥转换器) 等。

[0103] 例如, 图 16 示出了 LLC 全桥转换器 1600, 该 LLC 全桥转换器 1600 具有: 电力开关 Q1、Q2、Q3、Q4 以及如上所述的输入电容器滤波器 C1、变压器 TX1、谐振元件 (例如, 谐振电感器 Lr、谐振电容器 Cr、变压器 TX1 的磁化电感等)、整流电路和输出电容器滤波器 C2。电力开关 Q2、Q3 可以在相对于变压器 TX1 的初级绕组的点规定的正半周期期间导通, 而电力开关 Q1、Q4 可以在负半周期期间导通, 以为变压器 TX1 提供高频 AC 电压。电感元件可以是例如足以引起电力开关 Q1、Q2、Q3、Q4 以及整流电路中的开关的零电压和零电流切换 (ZVS, ZCS) 的任何适合的点。

[0104] 另外, 如图 15 和图 17 所示, 两个 LLC 谐振转换器可以并联地耦合以形成交织转换器。图 15 的交织转换器 1500 包括两个 LLC 半桥谐振转换器, 并且图 17 的交织转换器 1700 包括两个 LLC 全桥谐振转换器。

[0105] 尽管未示出, 但是图 15 和图 17 的 LLC 谐振转换器的输入可以耦合到本文中所公开的预调节器电路中的任何一个预调节器电路。每个交织转换器的 LLC 谐振转换器可以以其之间具有 90 度相移来工作并且在每个交织转换器的输出 Vout 处产生重叠电流。重叠电流可以引起每个交织转换器的输出电容器 (例如, 图 15 的电容器 C6 和图 17 的电容器 C3) 中的纹波电流的消除, 从而降低对输出电容器的应力。每个交织转换器的重叠电流和初级侧开关电流可以是基本上正弦的。尽管图 15 和图 17 中仅示出了两个 LLC 谐振转换器, 但是可以使用多于两个 LLC 谐振转换器而不脱离本公开内容的范围。此外, 尽管图 1、2、7-9 以及 15-17 示出了 LLC 谐振转换器, 但是可以在不脱离本公开内容的范围的情况下使用具有任何适合的拓扑的任何适合的 DC/DC 转换器。例如, 图 14 示出另一个示例多级电力转换器 1400, 该多级电力转换器 1400 包括: 预调节器电路 1402、DC/DC 转换器 1404 (包括一个或多个电力开关) 以及与预调节器电路 1402 和 DC/DC 转换器 1404 耦合的控制电路 1412。多级电力转换器 1400 可以包括与以上相对于 LLC 谐振转换器所描述的益处相同的益处。

[0106] 本文中所公开的预调节器电路可以是提供 DC 电压和电流的任何适合的电路。例如, 预调节器电路可以是 AC/DC 转换器、DC/DC 转换器等并且使用任何适合的拓扑 (例如, 降压、升压等)。在一些实施例中, 预调节器电路可以是如图 9 所示的 PFC AC/DC 升压转换器。

[0107] 本文中所公开的控制电路可以包括模拟控制电路、数字控制电路 (例如, 数字信号控制器 (DSC)、数字信号处理器 (DSP) 等) 或混和控制电路 (例如, 数字控制单元和模拟电路)。例如, 如图 2 所示, 控制电路 212 在控制电路 212 的初级侧使用数字实现而在次级侧使用模拟实现。另外, 控制电路可以为预调节器电路和 / 或 DC/DC 转换器提供闭环调节。

[0108] 通过使用本文中所公开的多级电力转换器, 本文中所公开的谐振转换器和 DC/DC 转换器可以基本上贯穿负载范围在稳态状况期间在期望的模式 (例如, 临界非连续导通模式) 下工作。因此, 可以贯穿负载范围实现转换器中的电力开关的零电流切换, 因此可以减小对整流电路、电力开关等的电压应力从而能够得到较低额定电压的设备。

[0109] 另外,通过在临界非连续导通模式下操作谐振转换器和 DC/DC 转换器,例如与当在非连续导通模式下操作转换器时相比,RMS 损耗可以较低。

[0110] 此外,通过在满载状况下在临界非连续导通模式下操作转换器,可以减小输出电容器中的纹波电流。因此,输出电容器的负载寿命可以更长。例如图 12 示出了如上所说明的使用固定输入电压的 LLC 谐振转换器以及使用可变输入电压的 LLC 谐振转换器的输出电容器中的纹波电流。LLC 谐振转换器包括 400V 的操作输入电压和 12V、1100W 的额定输出。如图 12 所示,特别是在增大的负载状况下,使用可变输入电压的 LLC 谐振转换器与使用固定输入电压的 LLC 谐振转换器相比具有减小的纹波电流。图 13 示出了图 12 所示的纹波电流的增长百分比(%)。下式(2)是计算纹波电流的增长百分比(%)的示例公式。

[0111]

$$\%_{\text{increase}} = \frac{I_{\text{ripple fixed}} - I_{\text{ripple variable}}}{I_{\text{ripple fixed}}} * 100\% \quad (2)$$

[0112] 而且,通过提供本文中所公开的预调节器电路的增大的调节后输出电压,可以将更多的能量提供到多级转换器的大电容器并且存储在该大电容器中。因此,可以延长转换器的保持时间。

[0113] 另外,通过改变预调节器电路的调节后输出电压,可以提高预调节器电路的效率。例如,可以基于预调节器电路的改变的调节后输出电压、预调节器电路的输入电压和/或负载状况来得到预调节器电路的最佳效率。

[0114] 为了说明和描述的目的已提供了前述对实施例的描述。并不意在为穷举性的或限制本公开内容。尽管没有具体示出或描述,但是具体实施例中的单独元件或特征一般并不限于该具体实施例,而是在适用的情况下可互换并且可以用在所选择的实施例中。同样还可以以许多方式来变化。这样的变化不应当被认为是偏离本公开内容,而是所有这样的修改都意在被包括在本公开内容的范围内。

[0115] 根据本公开内容的实施例,还公开了以下附记:

[0116] 1. 一种多级电力转换器,包括:

[0117] 预调节器电路,所述预调节器电路被配置成提供调节后输出电压;

[0118] 至少一个 LLC 谐振转换器,所述至少一个 LLC 谐振转换器被配置成将输出电压和输出电流提供到负载,所述 LLC 谐振转换器包括输入、输出、一个或多个谐振元件以及至少一个电力开关,所述 LLC 谐振转换器的所述输入耦合到所述预调节器电路;以及

[0119] 控制电路,所述控制电路耦合到所述预调节器电路和所述 LLC 谐振转换器,所述控制电路被配置成调节所述 LLC 谐振转换器的输出电压并且根据所述 LLC 谐振转换器的输出电流来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

[0120] 2. 根据附记 1 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器被配置成基本上在临界非连续导通模式下工作。

[0121] 3. 根据附记 1 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器被配置成基本上在连续导通模式下工作。

[0122] 4. 根据附记 1 至 3 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括半桥转换器。

[0123] 5. 根据附记 1 至 4 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括直流-交流转换器。

[0124] 6. 根据附记 1 至 4 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括直流-直流转换器。

[0125] 7. 根据附记 1 至 6 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括变压器,所述变压器具有与所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述 LLC 谐振转换器的所述输出耦合的次级绕组。

[0126] 8. 根据附记 7 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

[0127] 9. 根据附记 7 或 8 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件耦合到所述变压器的所述初级绕组,以及其中所述磁化电感和所述 LLC 谐振转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

[0128] 10. 根据附记 1 至 9 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以基本上固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

[0129] 11. 根据附记 1 至 10 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

[0130] 12. 根据附记 11 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述 LLC 谐振转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

[0131] 13. 根据附记 11 所述的多级电力转换器,其中所述 LLC 谐振转换器包括用于监测所述 LLC 谐振转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述 LLC 谐振转换器中监测到的电流。

[0132] 14. 根据附记 13 所述的多级电力转换器,其中在所述 LLC 谐振转换器中监测到的所述电流是与所述 LLC 谐振转换器的所述输出电流成比例的电流。

[0133] 15. 根据附记 1 至 14 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

[0134] 16. 一种多级电力转换器,包括:

[0135] 预调节器电路,所述预调节器电路被配置成提供调节后输出电压;

[0136] 至少一个直流/直流转换器,所述至少一个直流/直流转换器被配置成将输出电压和输出电流提供到负载,所述直流/直流转换器包括输入、输出以及至少一个电力开关,所述 DC/DC 转换器的所述输入耦合到所述预调节器电路;以及

[0137] 控制电路,所述控制电路耦合到所述预调节器电路和所述直流/直流转换器,所述控制电路被配置成调节所述直流/直流转换器的输出电压并且根据所述直流/直流转换器的输出电流来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

[0138] 17. 根据附记 16 所述的多级电力转换器,其中所述直流/直流转换器被配置成基本上在临界非连续导通模式下工作。

[0139] 18. 根据附记 16 所述的多级电力转换器,其中所述直流/直流转换器被配置成基本上在连续导通模式下工作。

[0140] 19. 根据附记 16 至 18 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括半桥转换器。

[0141] 20. 根据附记 16 至 19 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括交流 - 直流转换器。

[0142] 21. 根据附记 16 至 19 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述预调节器电路包括直流 - 直流转换器。

[0143] 22. 根据附记 16 至 21 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括变压器,所述变压器具有与所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关耦合的初级绕组和与所述直流 / 直流转换器的所述输出耦合的次级绕组。

[0144] 23. 根据附记 22 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述次级绕组耦合的整流电路。

[0145] 24. 根据附记 22 或 23 所述的多级电力转换器,其中所述变压器被配置成产生磁化电感,其中所述直流 / 直流转换器包括与所述变压器的所述初级绕组耦合的一个或多个谐振元件,以及其中所述磁化电感和所述直流 / 直流转换器的所述一个或多个谐振元件足以引起所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关的零电流切换。

[0146] 25. 根据附记 16 至 24 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述控制电路被配置成以基本上固定的切换频率切换所述至少一个电力开关。

[0147] 26. 根据附记 16 至 25 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述多级电力转换器包括参考反馈电压,以及其中所述控制电路被配置成通过基于可变参考调整所述参考反馈电压来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

[0148] 27. 根据附记 26 所述的多级电力转换器,其中所述可变参考是所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

[0149] 28. 根据附记 26 所述的多级电力转换器,其中所述直流 / 直流转换器包括用于监测所述直流 / 直流转换器中的电流的电流传感器,以及其中所述可变参考是在所述直流 / 直流转换器中监测到的电流。

[0150] 29. 根据附记 28 所述的多级电力转换器,其中在所述直流 / 直流转换器中监测到的所述电流是与所述直流 / 直流转换器的所述输出电流成比例的电流。

[0151] 30. 根据附记 16 至 29 中任一项所述的多级电力转换器,其中所述控制电路包括数字控制器。

[0152] 31. 一种操作直流 / 直流转换器的方法,所述直流 / 直流转换器被配置成接收来自预调节器电路的调节后输出电压,所述方法包括:

[0153] 调节所述直流 / 直流转换器的输出电压;以及

[0154] 根据所述直流 / 直流转换器的输出电流来改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压。

[0155] 32. 根据附记 31 所述的方法,其中改变所述预调节器电路的所述调节后输出电压包括基于可变参考来调整参考反馈电压。

[0156] 33. 根据附记 32 所述的方法,其中所述直流 / 直流转换器包括至少一个电力开关,以及其中所述可变参考是所述直流 / 直流转换器的所述至少一个电力开关的切换频率。

[0157] 34. 根据附记 32 所述的方法,其中所述直流 / 直流转换器包括用于监测所述直流

/ 直流转换器中的电流的电流传感器, 以及其中所述可变参考是在所述直流 / 直流转换器中监测到的电流。

[0158] 35. 根据附记 31 至 34 中任一项所述的方法, 其中所述直流 / 直流转换器被配置成基本上在临界非连续导通模式下工作。

[0159] 36. 根据附记 31 至 34 中任一项所述的方法, 其中所述直流 / 直流转换器被配置成基本上在连续导通模式下工作。

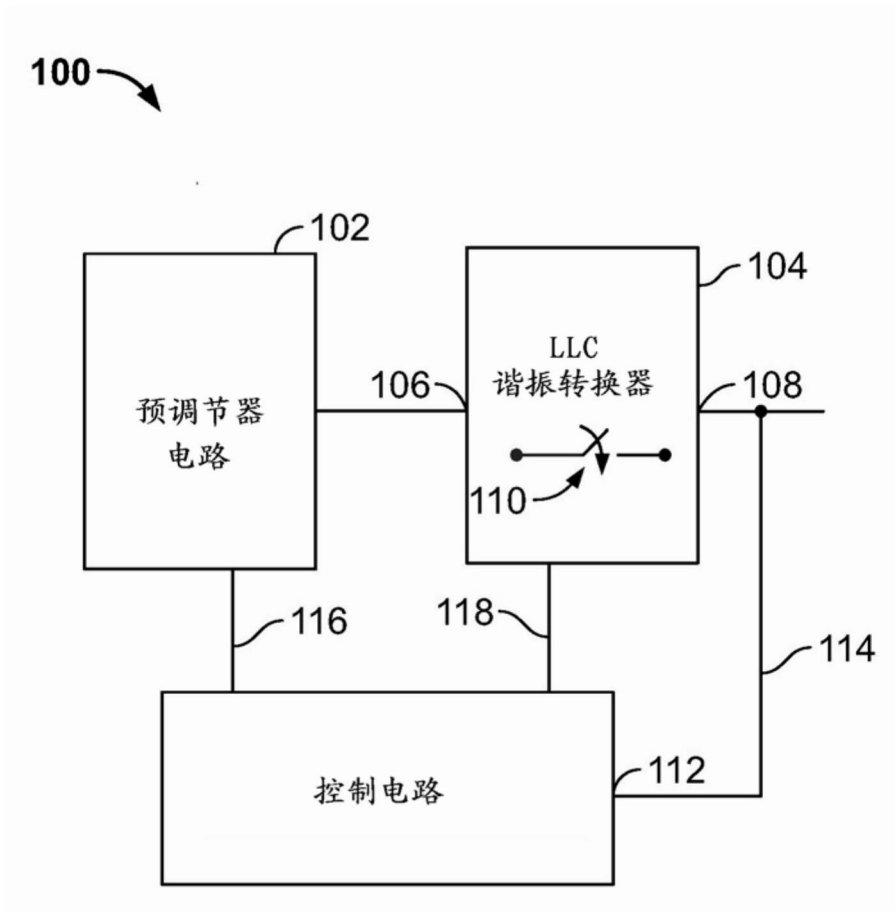


图 1

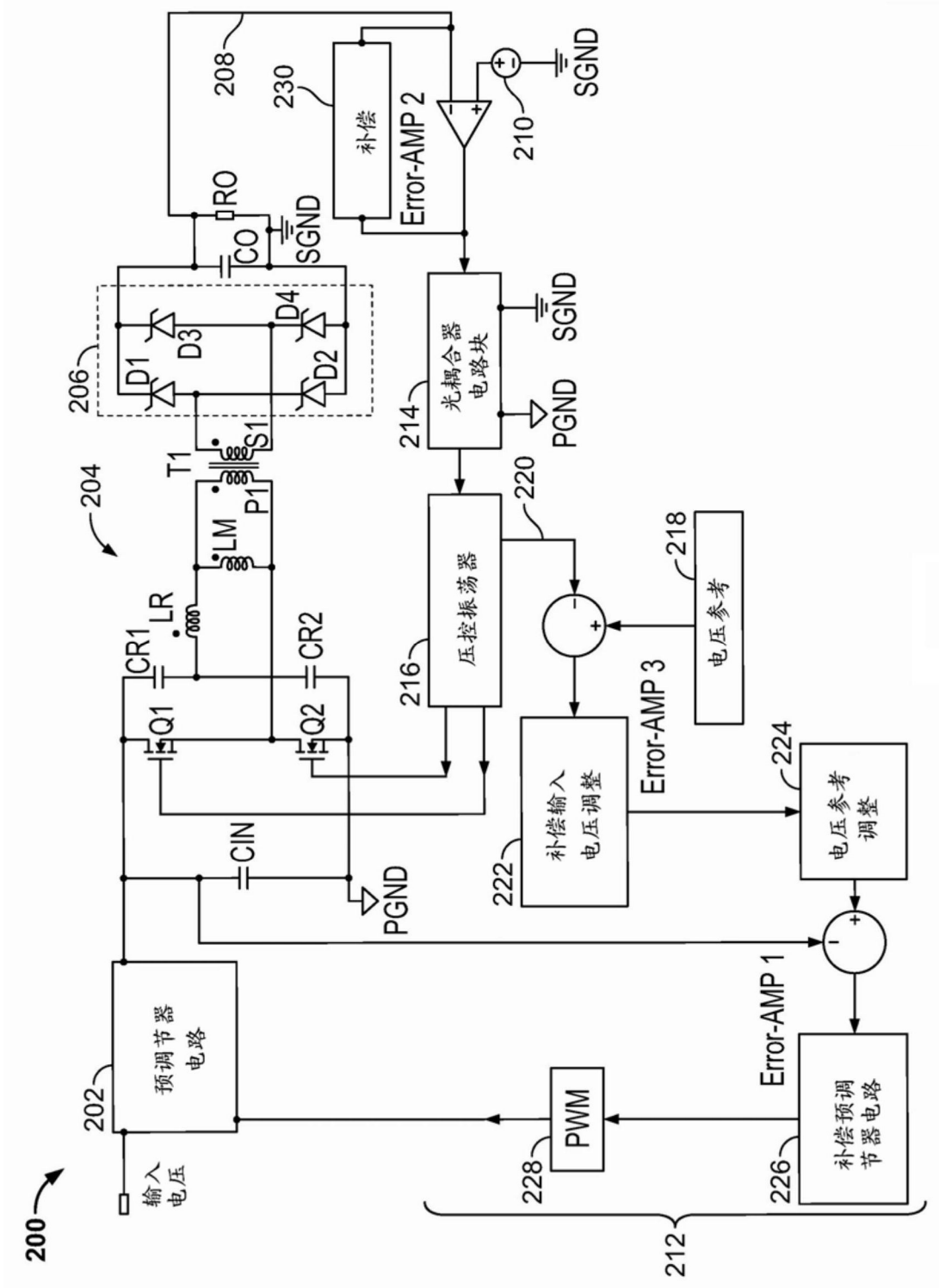


图 2

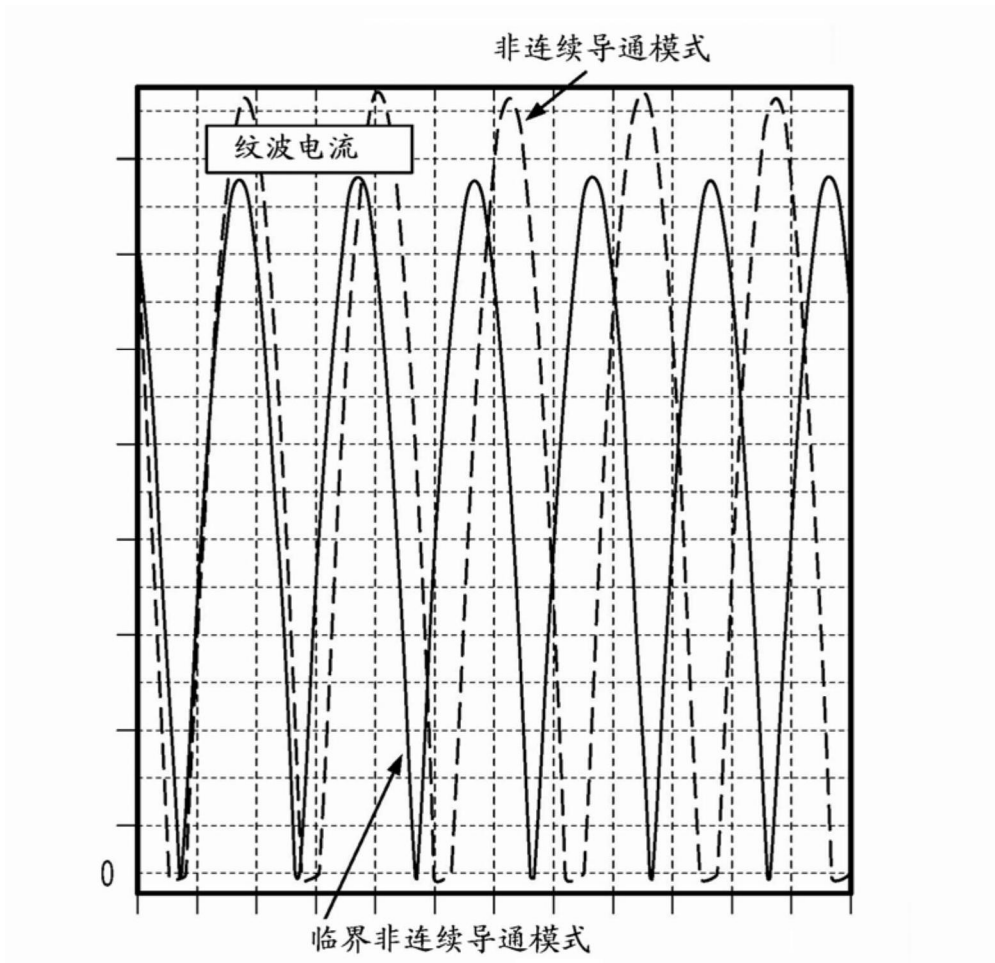


图 3

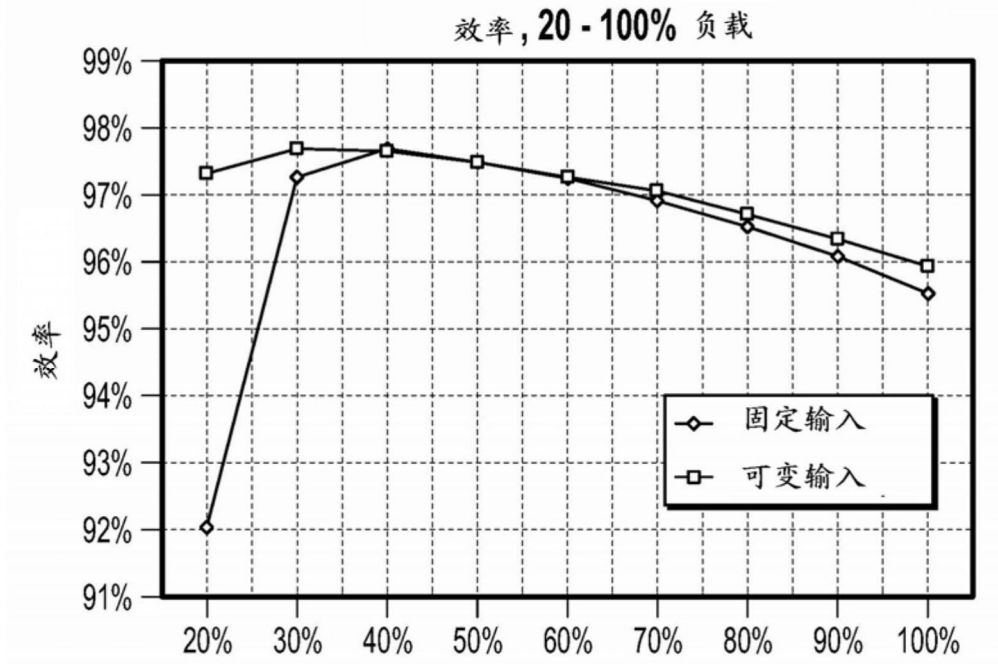


图 4

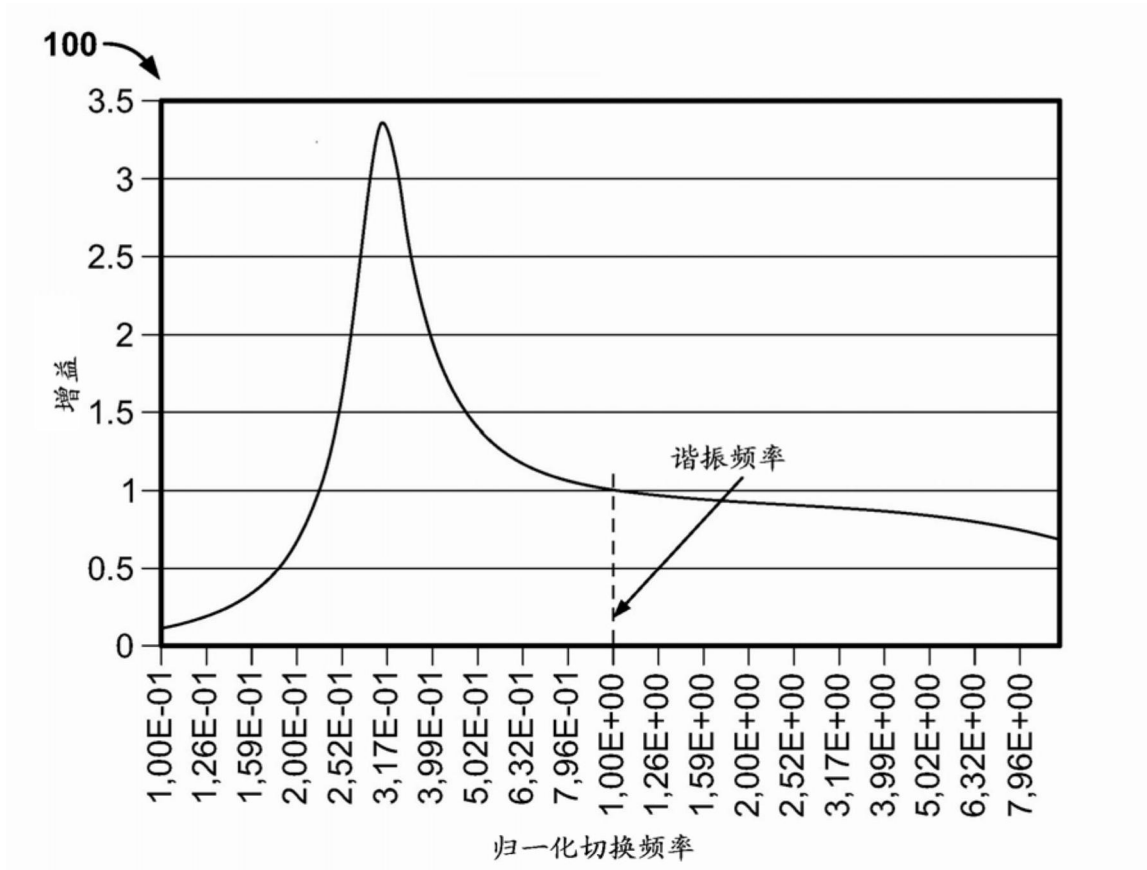


图 5

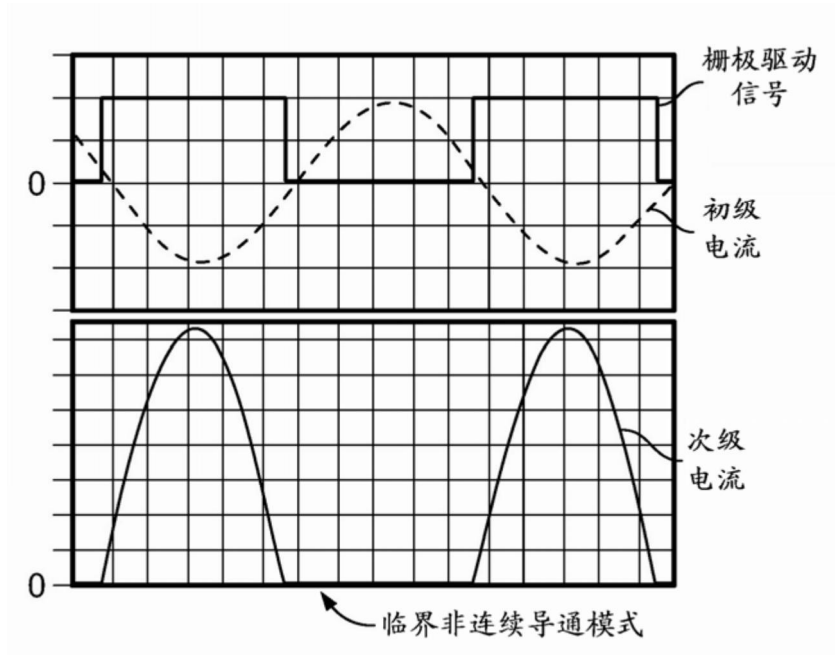


图 6

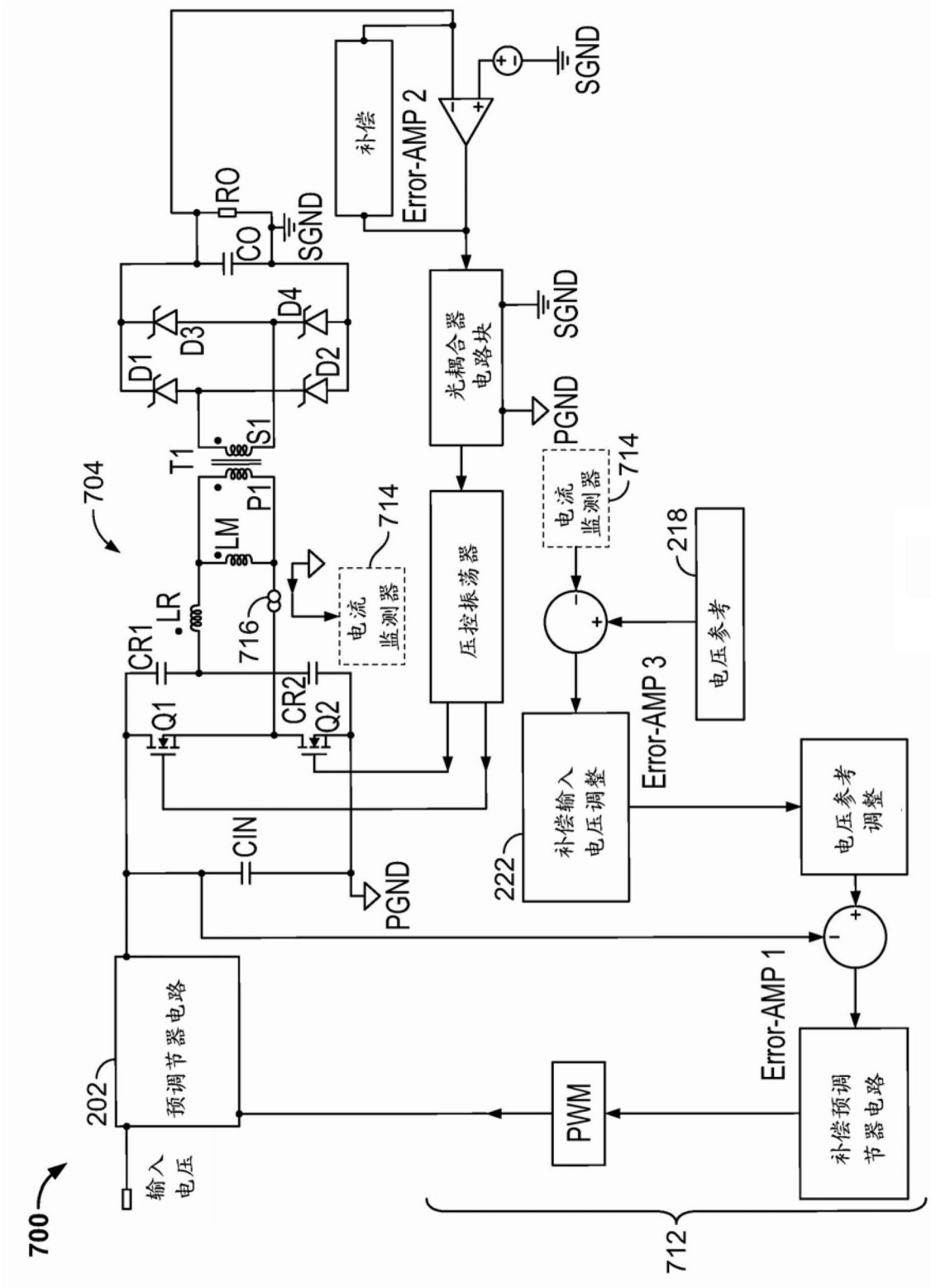


图 7

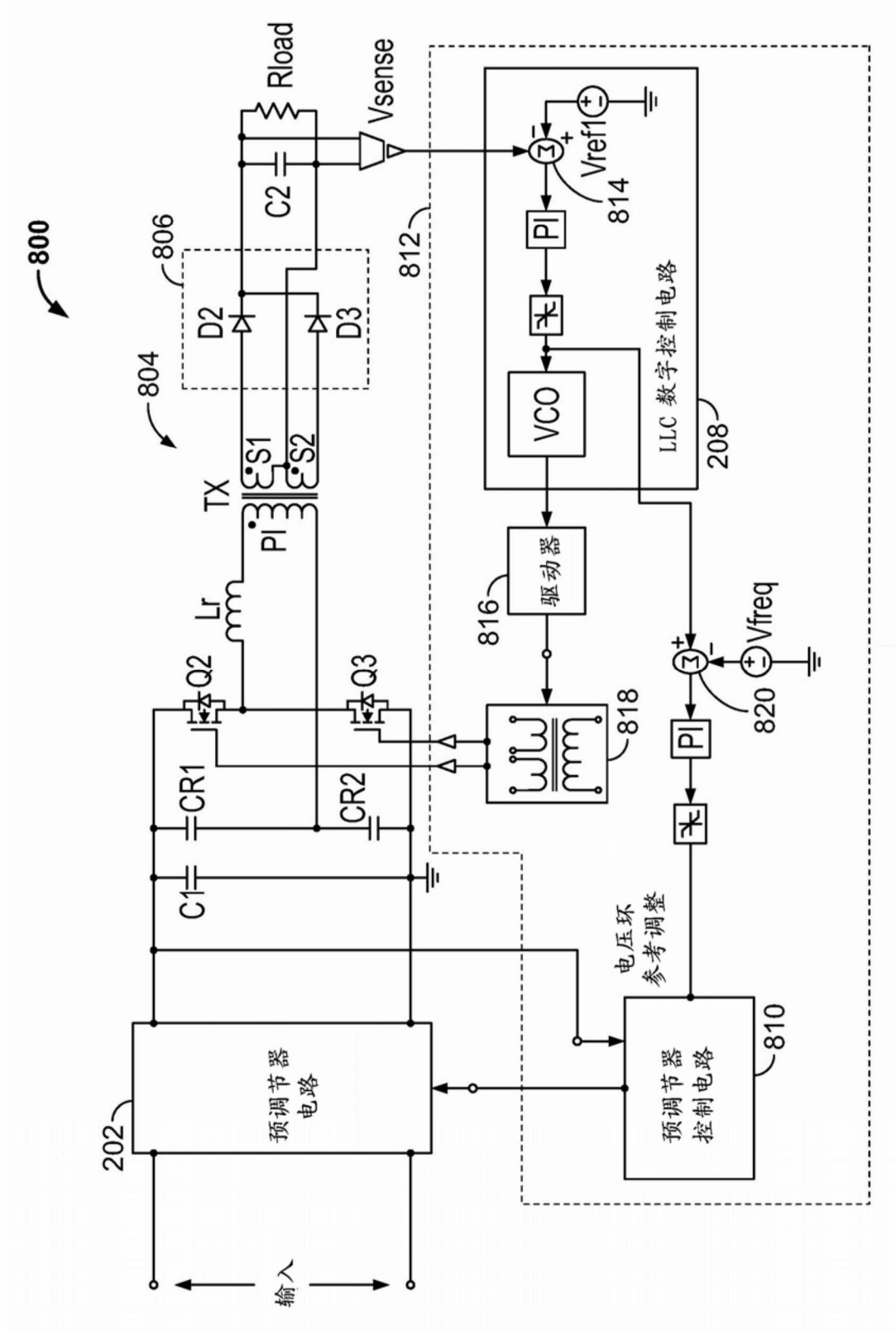


图 8

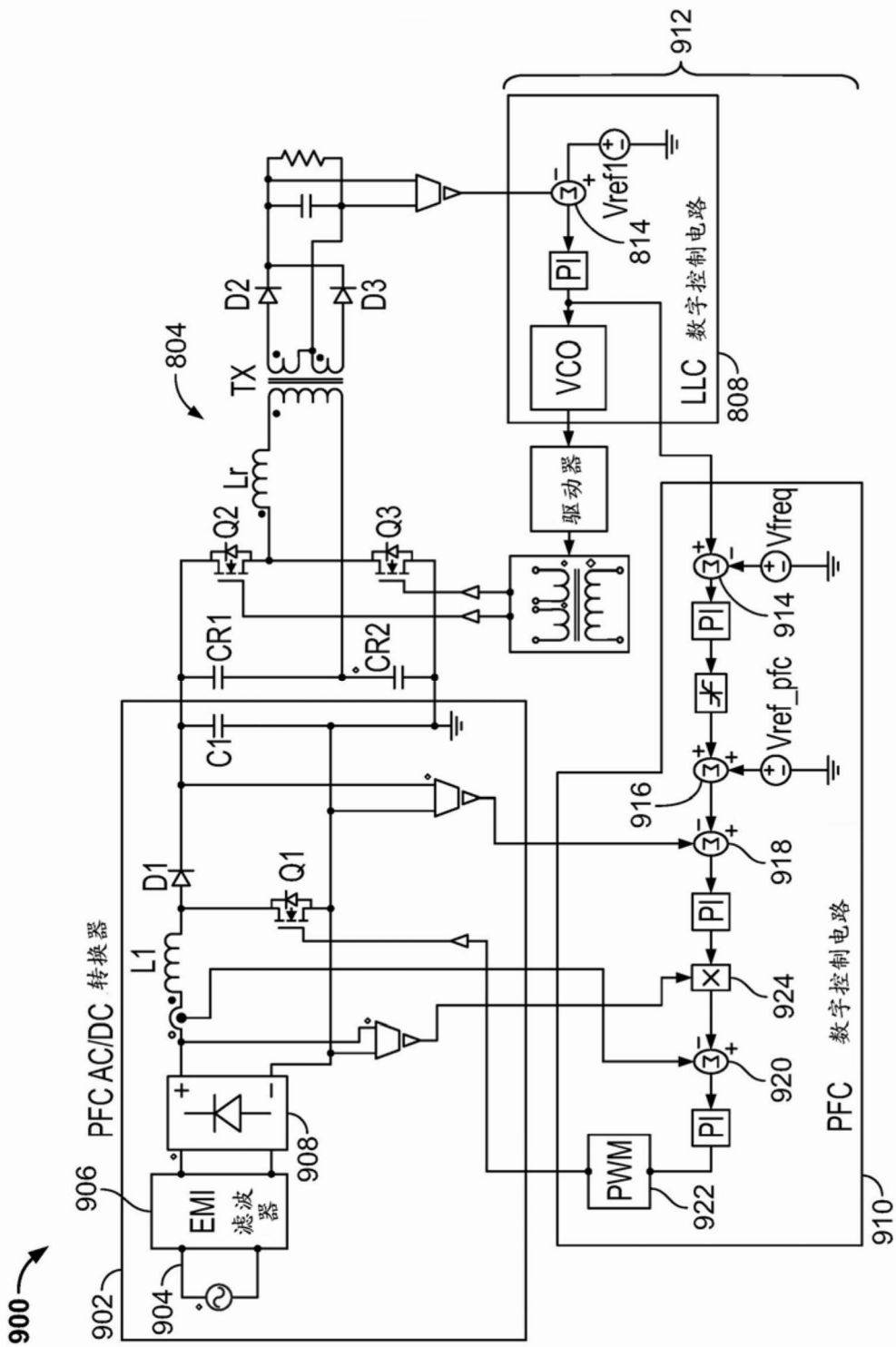


图 9

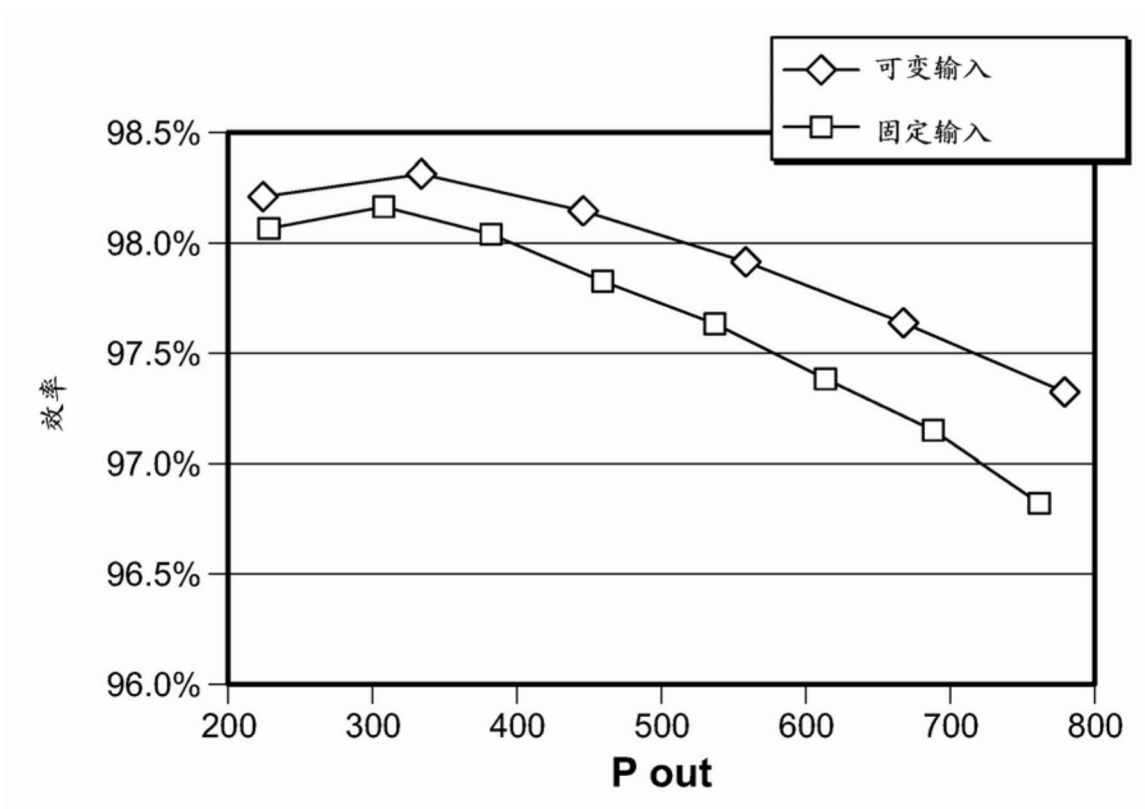


图 10

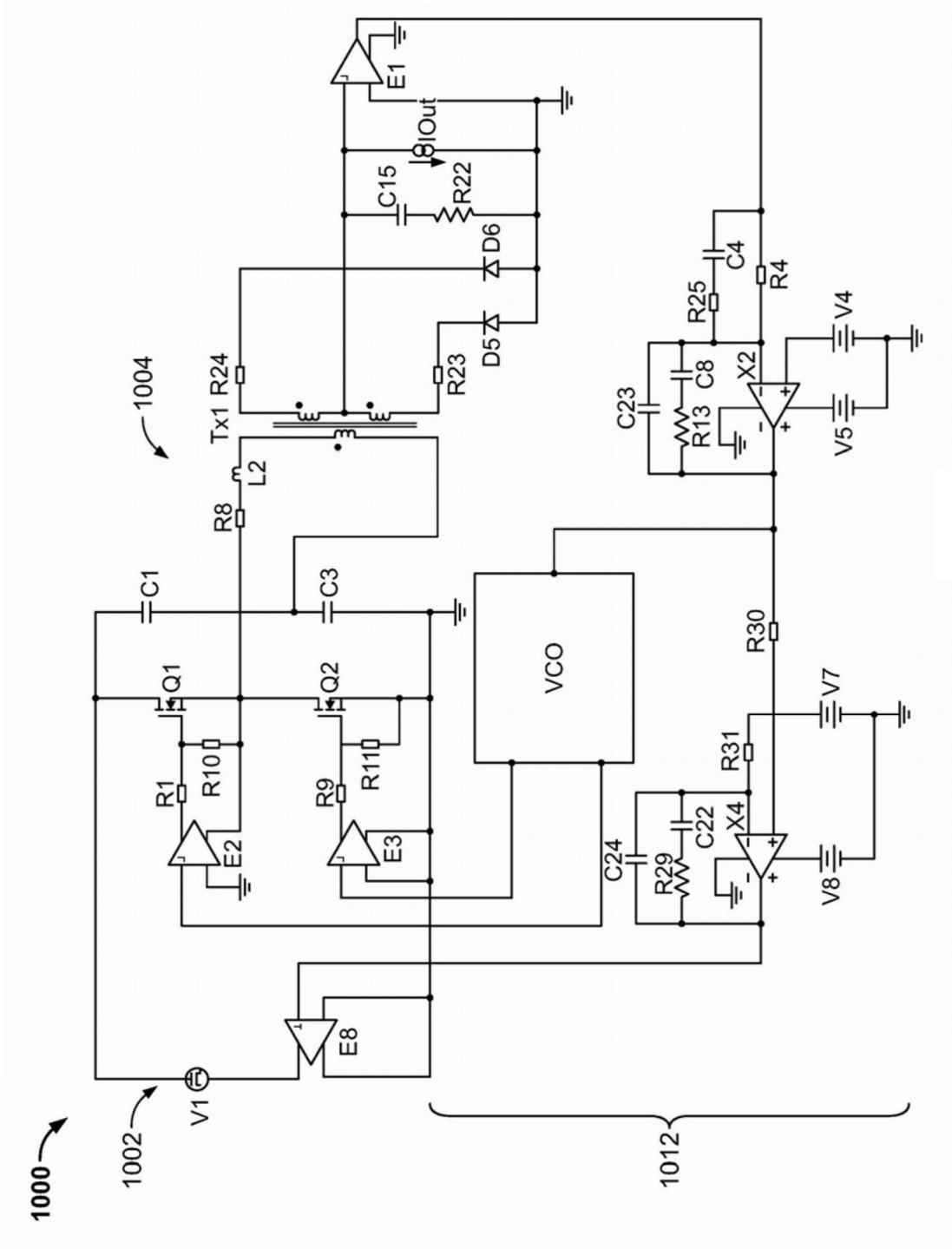


图 11

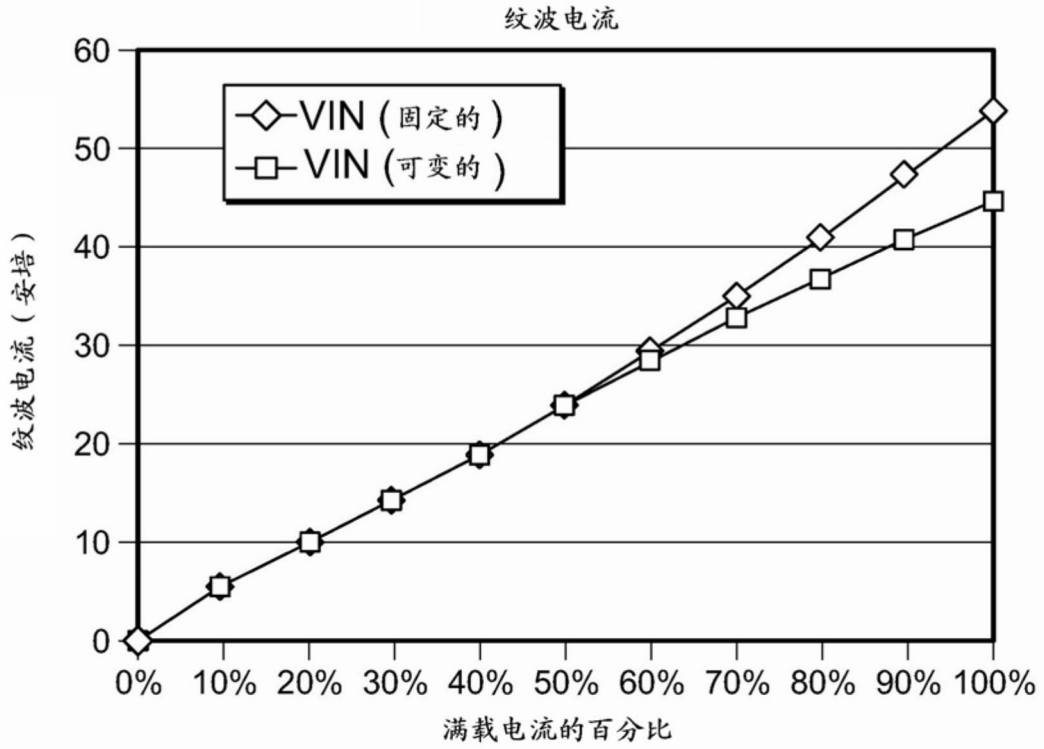


图 12

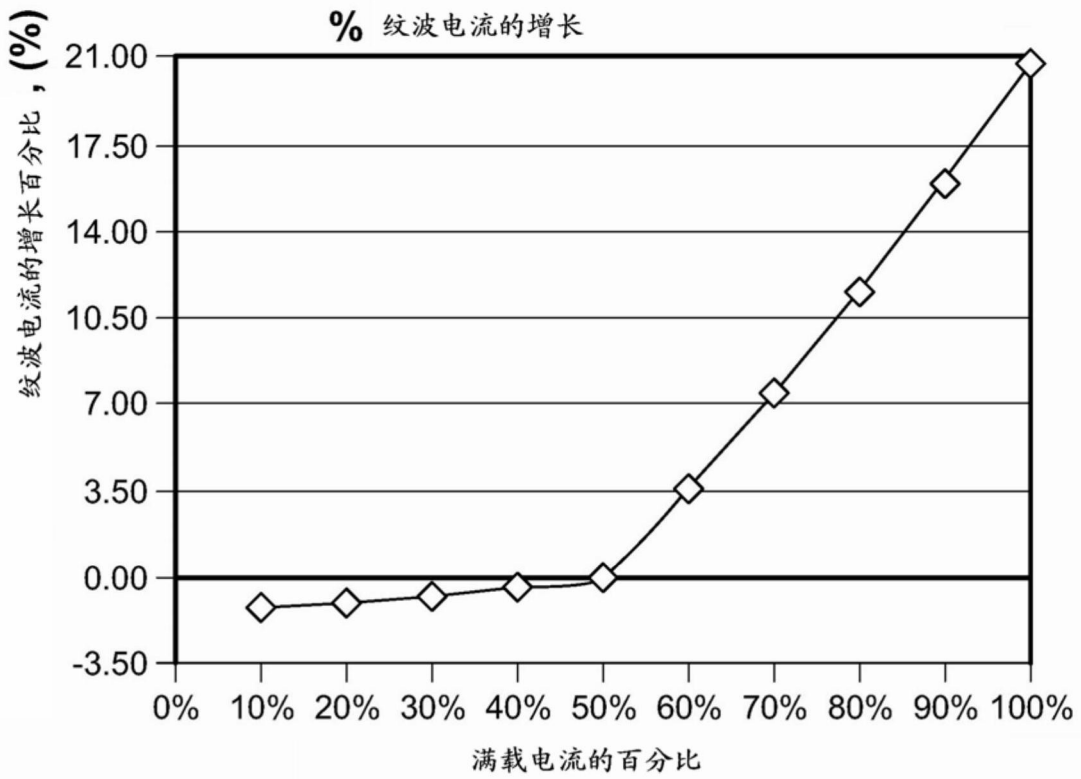


图 13

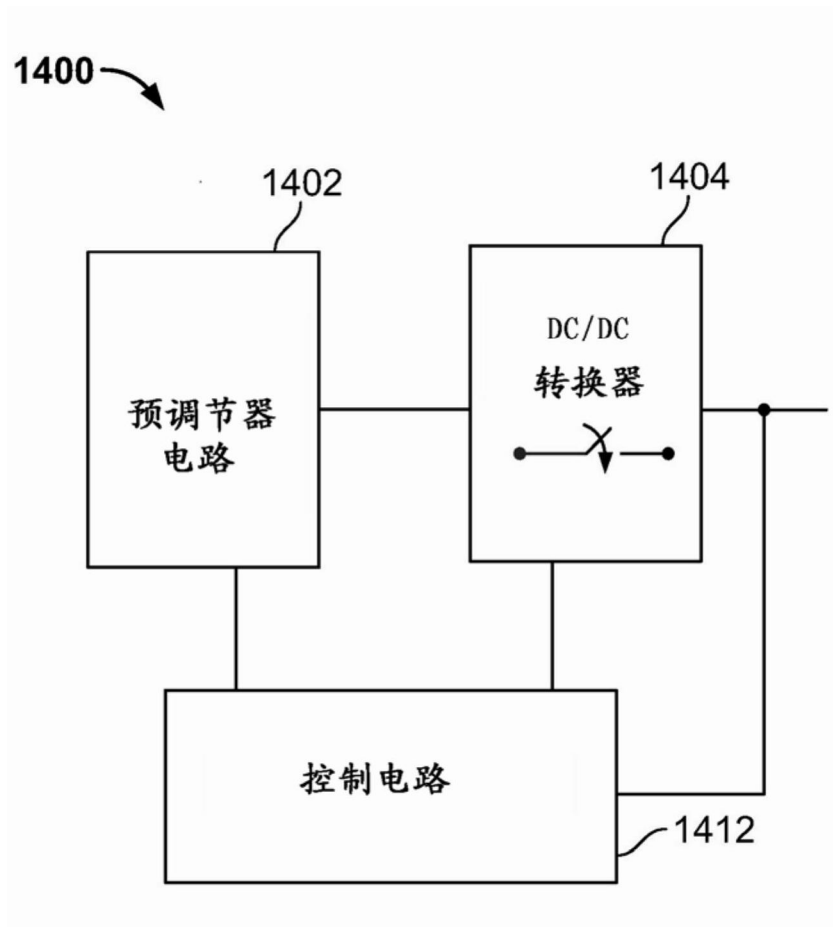


图 14

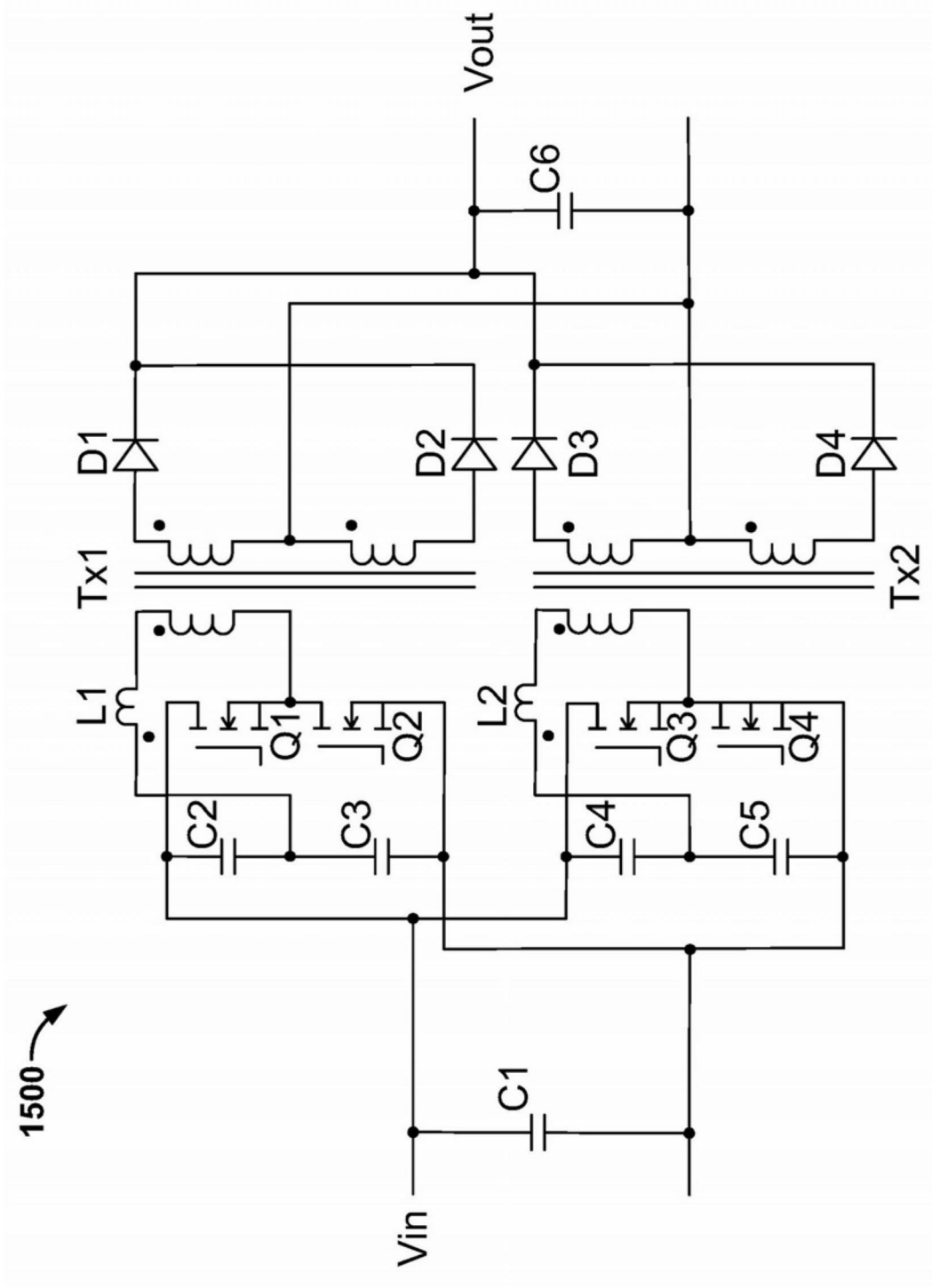


图 15

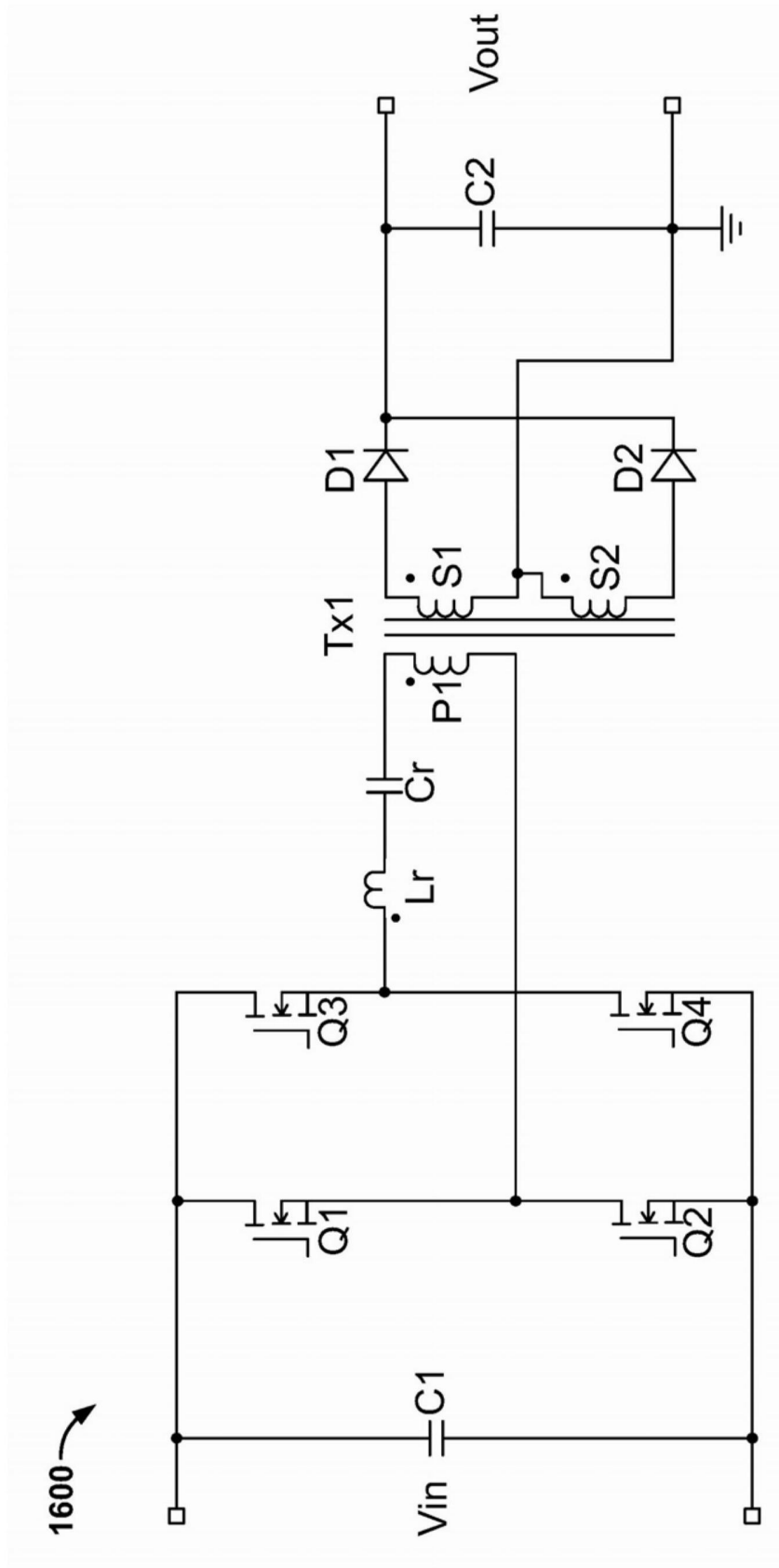


图 16

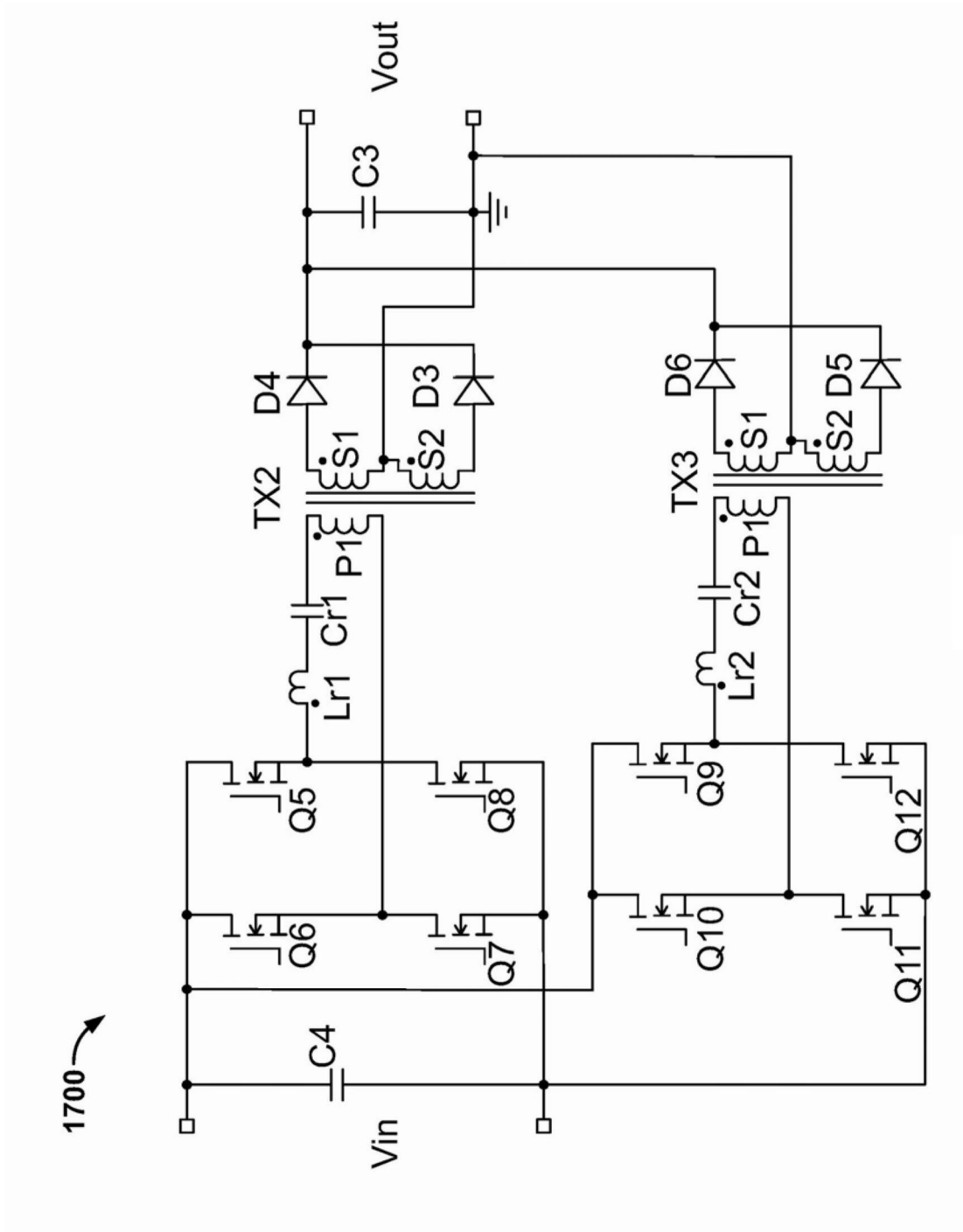


图 17