



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1813396 B

(45) 授权公告日 2010.04.28

(21) 申请号 200480018154.8

H02J 5/00(2006.01)

(22) 申请日 2004.05.21

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

526116 2003.05.23 NZ

529869 2003.11.27 NZ

GB 2293702 A, 1996.04.03, 全文.

JP 2000-116145 A, 2000.04.21, 全文.

US 5909362 A, 1999.01.01, 全文.

US 2003/0006880 A1, 2003.01.09, 全文.

US 5450305 A, 1995.09.12, 全文.

US 5898579 A, 1999.04.27, 全文.

CN 1105414 C, 2003.04.09, 全文.

US 5684678 A, 1997.11.04, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2005.12.27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/NZ2004/000097 2004.05.21

(87) PCT申请的公布数据

W02004/105226 EN 2004.12.02

(73) 专利权人 奥克兰联合服务有限公司

地址 新西兰奥克兰

审查员 丁东霞

(72) 发明人 斯特凡·H·胡斯曼 呼爱国

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

H02M 7/523(2006.01)

H02M 7/525(2006.01)

H02J 3/00(2006.01)

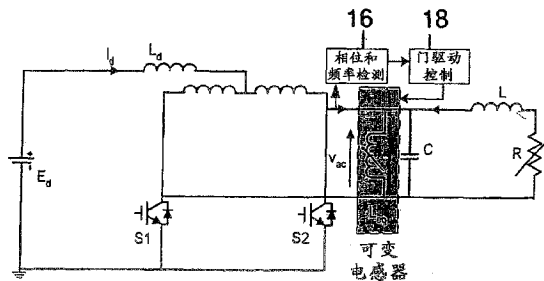
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 5 页

(54) 发明名称

谐振变换器及其方法以及感耦电能传送系统

(57) 摘要

提供一种谐振变换器,可以用于将电能提供给感耦电能传送(ICPT)系统的主导电路。该变换器包括谐振电路中的可变电抗元件,可以被控制以便改变电抗元件的有效电感或电容。通过检测变换器谐振电路的频率,使所检测的频率与标称频率进行比较,以及改变可变电抗元件的有效电感或电容以便朝向标称频率调整变换器频率,使变换器的频率稳定到标称值。



1. 一种谐振变换器,包括用于连接到直流电源的输入、谐振电路、有选择地将电流从输入提供给谐振电路的第一开关部件、与谐振电路的电抗元件有关的第二开关部件、开关控制部件,用来控制第二开关部件以便改变电抗元件的有效电抗、以及相位检测部件,检测谐振电路中的电压或电流的相位,从而所述开关控制部件可以根据检测的相位,启用第二开关部件以便允许电抗元件电连接到谐振电路或从谐振电路断开,以便改变电抗元件的有效电抗并从而改变谐振电路的谐振频率。

2. 如权利要求 1 所述的谐振变换器,其中,所述电抗包括电感器,所述相位检测部件检测谐振电路中的电压,以及所述开关控制部件用来开关第二开关部件以便在检测的电压零交叉后的预定时段,使电感器电连接到谐振电路或从谐振电路断开电感。

3. 如权利要求 2 所述的谐振变换器,包括频率检测部件,用来检测谐振电路的频率,从而所述开关控制部件可以根据所检测的频率,启用第二开关部件以便允许电抗元件电感器电连接到谐振电路或从谐振电路断开,从而改变谐振电路的频率。

4. 如权利要求 2 所述的谐振变换器,其中,所述相位检测部件检测谐振电路的频率,从而所述开关控制部件可以根据所检测的频率,启用第二开关部件以便允许电抗元件电连接到谐振电路或从谐振电路断开,从而改变谐振电路的频率。

5. 如权利要求 3 或权利要求 4 所述的谐振变换器,其中,所述开关控制部件用来将所检测的频率与标称频率进行比较,以及改变预定时段以便朝向标称频率改变谐振电路频率。

6. 如权利要求 5 所述的谐振变换器,其中,所述开关控制部件用来在电压零交叉后的预定时段已过后,启用第二开关部件以便使电感器连接到谐振电路,以及当电压再次达到零时,允许停用第二开关部件。

7. 如权利要求 6 所述的谐振变换器,其中,所述开关控制部件能在 0 电度和 180 电度之间改变预定时段。

8. 如权利要求 6 所述的谐振变换器,其中,所述开关控制部件能在 90 电度和 150 电度之间改变预定时段。

9. 如权利要求 2 所述的谐振变换器,其中,所述电感器与谐振电路的调谐电容器并联连接。

10. 如权利要求 2 所述的谐振变换器,其中,所述电感器具有两个端子以及第二开关部件包括两个可控半导体开关元件,在每个端子和谐振电路之间连接一个开关元件。

11. 如权利要求 10 所述的谐振变换器,其中,每个开关元件具有连接在其两端的反并联二极管。

12. 如权利要求 10 所述的谐振变换器,其中,所述半导体开关元件包括 IGBT、MOSFET、BJT 或其他半导体开关。

13. 如权利要求 2 所述的谐振变换器,其中,所述电感器包括感耦电能传送系统的主导电路径。

14. 如权利要求 2 所述的谐振变换器,其中,所述电感器包括电感加热系统的电感加热线圈。

15. 如权利要求 1 所述的谐振变换器,其中,所述电抗包括电容器,相位检测部件检测谐振电路中的电压,以及开关控制部件用来开关第二开关部件以便在检测的电压零交叉后的预定时段,使电容器电连接到谐振电路或从谐振电路断开。

16. 如权利要求 15 所述的谐振变换器,包括频率检测部件,用来检测谐振电路的频率,从而所述开关控制部件可以根据所检测的频率,启用第二开关部件以便允许电容器电连接到谐振电路或从谐振电路断开,从而改变谐振电路的频率。

17. 如权利要求 15 所述的谐振变换器,其中,所述相位检测部件检测谐振电路的频率,从而所述开关控制部件可以根据所检测的频率,启用第二开关部件以便允许电容器电连接到谐振电路或从谐振电路断开,从而改变谐振电路的频率。

18. 如权利要求 16 所述的谐振变换器,其中,所述开关控制部件用来将所检测的频率与标称频率进行比较,以及改变预定时段以便朝向标称频率改变谐振电路频率。

19. 如权利要求 18 所述的谐振变换器,其中,所述开关控制部件用来启用第二开关部件以便在电压零交叉后的预定时段过去后,使电容器从谐振电路断开。

20. 如权利要求 19 所述的谐振变换器,其中,所述开关控制部件能够在 0 电度和 90 电度之间改变预定时段。

21. 如权利要求 17 所述的谐振变换器,其中,所述电容器与谐振电路的调谐电容器并联连接。

22. 如权利要求 21 所述的谐振变换器,其中,所述电容器的电容等于调谐电容器的电容。

23. 如权利要求 17 所述的谐振变换器,其中,所述电容器具有两个端子,以及第二开关部件包括两个可控半导体开关元件,在每个端子和谐振电路之间连接一个开关元件。

24. 如权利要求 23 所述的谐振变换器,其中,每个开关元件具有连接在其两端的反并联二极管。

25. 如权利要求 23 所述的谐振变换器,其中,所述半导体开关元件包括 IGBT、MOSFET、BJT 或其他半导体开关。

26. 一种电流馈电推挽谐振变换器,包括用于连接到直流电源的输入、包括感耦电能传送系统的主导电路路径的谐振电路、有选择地将电流从输入提供到谐振电路的第一开关部件、与谐振电路的电抗部件有关的第二开关部件、开关控制部件,用来控制第二开关部件以便改变电抗元件的有效电抗、以及相位检测部件,检测谐振电路中的电压或电流的相位,从而所述开关控制部件可以根据检测的相位,启用第二开关部件以便允许电抗元件电连接到谐振电路或从谐振电路断开,以便改变电抗元件的有效电抗并从而改变谐振电路的谐振频率。

27. 一种感耦电能传送系统,包括:

a. 电源,包括谐振变换器,具有包括感耦电能传送系统的主导电路路径的谐振电路、有选择地将电流从输入提供到谐振电路的第一开关部件、与谐振电路的电抗部件有关的第二开关部件、开关控制部件,用来控制第二开关部件以便改变电抗元件的有效电抗、以及相位检测部件,检测谐振电路中的电压或电流的相位,从而所述开关控制部件可以根据检测的相位,启用第二开关部件以便允许电抗元件电连接到谐振电路或从谐振电路断开,以便改变电抗元件的有效电抗并从而改变谐振电路的谐振频率;

b. 一个或多个辅助拾波器,每个拾波器具有拾波谐振电路,包括拾波线圈和调谐电容器,从而可以通过主导电路路径和线圈之间的互感,将来自主导电路路径的电能传送到拾波器。

28. 如权利要求 27 所述的感耦电能传送系统,其中,主导电路路径包括一或多匝导电材

料。

29. 如权利要求 28 所述的感耦电能传送系统,其中,在平面下提供主导电路径。

30. 如权利要求 27 所述的感耦电能传送系统,其中,所述主导电路径包括至少一个区域,在该至少一个区域四周,存在比该路径的一个或多个其他区域更大的磁场强度。

31. 如权利要求 27 所述的感耦电能传送系统,其中,所述主导电路径包括一个或多个集总电感或一个或多个分布式电感。

32. 如权利要求 27 所述的感耦电能传送系统,其中,所述主导电路径安装成与非晶磁性材料相邻以便提供所需磁通量路径。

33. 如权利要求 27 所述的感耦电能传送系统,其中,所述拾波器包括与拾波线圈相邻的非晶磁性材料以便提供所需磁通量路径。

34. 如权利要求 27 所述的感耦电能传送系统,其中,所述拾波器是无电池的。

35. 如权利要求 27 所述的感耦电能传送系统,其中,所述拾波器包括超级电容器。

36. 一种用于谐振变换器的频率稳定的方法,该谐振变换器具有包括感抗元件和容抗元件的谐振电路,该方法包括检测谐振电路中的电压或电流的相位,以及根据检测的相位,有选择地将一个电抗元件切换到谐振电路中或从其切换出,以便改变电抗元件的有效电感或电容,从而控制谐振电路的频率的步骤。

37. 如权利要求 36 所述的方法,其中,检测电压的相位,以及在检测的电压零交叉后的预定时段,将电抗元件电连接到谐振电路。

38. 如权利要求 36 或权利要求 37 所述的方法,包括检测谐振电路的频率,根据所检测的频率,启用开关部件以便使电抗元件电连接到谐振电路或从谐振电路断开,从而改变谐振电路的频率。

39. 如权利要求 36 所述的方法,包括比较所检测的频率与标称频率,以及改变预定时段以便朝向标称频率改变谐振电路频率。

40. 如权利要求 36 所述的方法,其中,所述电抗元件包括电感器,以及该方法包括:启用开关部件以便在电压零交叉后的预定时段过去后,使电抗元件连接到谐振电路,以及当电压再次达到零时,允许停用第二开关部件。

41. 如权利要求 40 所述的方法,包括从 0 电度和 180 电度之间的范围选择预定时段。

42. 如权利要求 40 或权利要求 41 所述的方法,包括从 90 电度和 150 电度之间的范围选择预定时段。

43. 如权利要求 36 所述的方法,其中,所述电抗元件包括电容器,以及该方法包括:启动开关部件以便在电压零交叉后的预定时段过去后,使电抗元件从谐振电路断开。

44. 如权利要求 43 所述的方法,其中,在电压零交叉前的预定间隔,所述开关部件将电抗元件连接到谐振电路,所述预定间隔是与预定时段相同的持续时间。

45. 如权利要求 43 或权利要求 44 所述的方法,包括从 0 电度和 90 电度之间的范围,选择所述预定时段。

谐振变换器及其方法以及感耦电能传送系统

技术领域

[0001] 本发明涉及谐振变换器。本发明特别适合于感耦电能传送 (ICPT) 电源,但本发明不限于这种应用。

背景技术

[0002] 变换器广泛用于各种能量变换和控制应用,包括将直流 (DC) 电能源变换成交流 (AC) 电源。特别地,电流馈电谐振变换器由于它们的高效和小型特征而广泛用于各种 DC 和 AC 电源。

[0003] 电流馈电谐振变换器的成功应用是在感耦电能传送 (ICPT) 系统中。其他应用包括感应加热。

[0004] 在谐振变换器的这些和其他应用中,会产生不期望的频移,导致负载或电路参数变化。这些会导致系统电能传送性能的显著降低。

[0005] 能克服这些问题,但这要求高代价实现的复杂设计,诸如使用复杂 LC 变换网络的第三代 (3G) 电源。

[0006] 由频移产生的困难的一个例子是 ICPT 系统中的谐振变换器电源。已知这些系统 (也称为非接触电源) 在诸如材料处理、照明和运输行业的应用中具有显著的优点。在使用这些电源特别有利的高和低电力系统中有许多应用。

[0007] ICPT 系统具有被提供来自通常为谐振变换器,诸如电流馈电谐振变换器的电源的电流的主导电路路径。与主导电路路径相邻但与其电绝缘,提供一个或多个辅助设备 (可以被称为拾波器)。拾波器具有拾波线圈,在其中由与主路径相关的磁场感应电压,并向负载,诸如电马达、灯或例如传感器供电。通常使用调谐电容器来调谐拾波线圈以便增加到拾波器的电能传送。

[0008] 每个拾波器供电的负载通常波动或变化,以及该负载变化通过返回到电源的互感耦来反映,影响电源频率。反过来,该频率漂移对拾波器具有不利影响,因为用于每个拾波器的调谐电容器将拾波线圈调谐到变换器的谐振频率。当变换器谐振频率偏离时,传送到拾波器的电能下降,因此系统变得低效。能参考转让给 Auckland UniService Limited 的 US 专利 5,450,305 的说明书,找到有关电流馈电推/挽谐振变换器的结构和设计的信息,特别是当它们应用于 ICPT 应用时。参考也转让给 Auckland UniService Limited 的 US 专利 5,293,308,能找到有关 ICPT 系统、电源和用于这种系统的拾波器的另外信息。

[0009] 已经尝试用在响应负载变化,将变换器电路的频率维持在或接近谐振的一种方法在谐振电路中提供可切换到电路中或从其切换出的多个电容器。已经在近期出版的美国专利申请 US2003/0210106 中提出了该方法。将多个单个电容器切换到谐振电路中或从其切换出意味着电路频率仅能以逐步方式来控制。这对高 Q 系统特别不利,因为要求许多单独的电容器,增加了成本和复杂度。还意味着负载变化必须受限以使系统功能有效。

发明内容

[0010] 本发明的目的是提供一种谐振变换器,将克服与现有结构有关的缺陷,或至少将提供有用的备选方案。

[0011] 因此,在一个方面中,本发明提供一种谐振变换器,包括用于连接到基本上直流电源的输入、谐振电路、有选择地将电流从输入提供到谐振电路的第一开关部件、与谐振电路的电抗部件有关的第二开关部件、开关控制部件,用来控制第二开关部件以便改变电抗元件的有效电抗、以及相位检测部件,检测谐振电路中的电压或电流的相位,从而控制部件可以根据检测的相位,启用第二开关部件以便允许将电抗元件电连接到谐振电路或从谐振电路断开,以便改变电抗元件的有效电抗并从而改变谐振电路的谐振频率。

[0012] 电抗元件可以包括可以为与谐振电路串联或并联的部件的电感器或电容器。如果电抗元件是电感器,它可以包括 ICPT 系统的主导电路路径或包括电感加热设备的电感元件。如果电抗元件是电容器,它可以包括谐振电路调谐电容器。

[0013] 相位检测部件可以检测谐振电路中的电压,以及开关控制部件可以用来开关第二开关部件以便在检测电压零交叉后的预定时段,有选择地使电感器连接到谐振电路。如果电抗元件是电容器,则在所检测的电压零交叉后的预定时段,将其从谐振电路断开。

[0014] 频率检测部件可以用来检测谐振电路的频率,从而控制部件可以根据所检测的频率,启用第二开关部件以便允许电抗元件电感器电连接到谐振电路或从谐振电路断开,从而改变谐振电路的频率。相位检测部件可以用来检测电路频率。

[0015] 控制部件可以比较所检测的频率与标称频率,以及改变预定时段以便朝向标称频率修改谐振电路频率。

[0016] 在优选实施例中,控制部件能在基本上 0 电度和基本上 180 电度之间改变预定时段。对于感抗元件,范围在基本上 90 电度和基本上 150 电度之间。对于容抗元件,可以在基本上 0 电度和基本上 90 电度之间的范围内的预定时段,将该元件从谐振电路断开。

[0017] 本发明还提供一种电流馈电推挽谐振变换器,包括用于连接到基本直流电源的输入、包括 ICPT 系统的主导电路路径的谐振电路、有选择地将电流从输入提供到谐振电路的第一开关部件、与谐振电路的电抗部件有关的第二开关部件、开关控制部件,用来控制第二开关部件以便改变电抗元件的有效电抗、以及相位检测部件,检测谐振电路中的电压或电流的相位,从而所述控制部件可以根据检测的相位,启用第二开关部件以便允许电抗元件电连接到谐振电路或从谐振电路断开,以便改变电抗元件的有效电抗并从而改变谐振电路的谐振频率。

[0018] 这可用于提供用于 ICPT 系统的电源。

[0019] 在另一方面,本发明还提供一种 ICPT 系统,包括:

[0020] a. 电源,包括谐振变换器,具有包括 ICPT 系统的主导电路路径的谐振电路、有选择地将电流从输入提供到谐振电路的第一开关部件、与谐振电路的电抗部件有关的第二开关部件、开关控制部件,用来控制第二开关部件以便改变电抗元件的有效电抗、以及相位检测部件,检测谐振电路中的电压或电流的相位,从而所述控制部件可以根据检测的相位,启用第二开关部件以便允许电抗元件电连接到谐振电路或从谐振电路断开,以便改变电抗元件的有效电抗并从而改变谐振电路的谐振频率;

[0021] b. 一个或多个辅助拾波器,每个拾波器具有拾波谐振电路,包括拾波线圈和调谐电容器,从而可以通过主导电路路径和线圈之间的互感,将来自主导电路路径的电能传送到拾

波器。

[0022] 可以在基本平面下提供主导电路路径,以及可以具有至少一个区域,在该至少一个区域四周,存在比该路径的一个或多个其他区域更大的磁场强度。

[0023] 主导电路路径可以包括一个或多个集总电感或一个或多个分布式电感。也可以安装成与非晶磁性材料相邻以便提供所需磁通量路径。

[0024] 类似地,拾波器可以包括与拾波线圈相邻的非晶磁性材料以便提供所需磁通量路径。拾波器可以是无电池的。它也包括超级电容器。

[0025] 在另一方面中,本发明提供一种用于谐振变换器的频率稳定的方法,谐振变换器具有包括感抗元件和容抗元件的谐振电路,该方法包括检测谐振电路中的电压或电流的相位,以及根据检测的相位,有选择地将一个电抗元件切换到谐振电路中或从其切换出,以便改变电抗元件的有效电感或电容,从而控制谐振电路的谐振频率的步骤。

[0026] 可以检测谐振电路中的电压或电流的相位,并用来确定何时将电抗元件连接到谐振电路或从其断开。

[0027] 该方法还包括检测谐振电路的频率,将所检测的频率与标称频率进行比较,以及改变预定时段以便朝向标称频率改变谐振电路频率的步骤。

[0028] 本发明也可以广泛地包括任何新的零件或在此公开的元件,或这些零件、特征或元件的任何新的组合。

附图说明

[0029] 下面,将参考附图,描述本发明的实施例的一个或多个例子,其中:

[0030] 图 1 是已知 ICPT 电源系统的基本结构图;

[0031] 图 2 是用于已知推/挽电流馈电并联谐振变换器的电路图;

[0032] 图 3 表示对图 2 的变换器,注入电流和谐振电容电压相对于时间的曲线;

[0033] 图 4 是根据本发明的相控可变电感器的电路图;

[0034] 图 5a 至 5c 表示相对于电源,图 4 的被控电感器的电流波形;

[0035] 图 6 是相对于用于图 4 的被控电感器的延迟角的等效电感变化的曲线;

[0036] 图 7 是适合于包括图 4 的相控可变电感器的 ICPT 电源的推/挽电流馈电谐振变换器的电路图;

[0037] 图 8 是表示相对于谐振电压,图 7 的电路中的被控电感器的典型电流波形的曲线;

[0038] 图 9 是适合于包括被控可变电容器的 ICPT 电源的推/挽电流馈电谐振变换器的电路图;

[0039] 图 10a-10b 表示与图 9 的被控可变电容器有关的电压和电流波形;

[0040] 图 11 是包括 ICPT 系统的集总主导电路路径的设备的透视图;

[0041] 图 12 是 ICPT 系统的主导电路路径的备选形式的图。

具体实施方式

[0042] 参考图 1,示出了感耦电能传送(ICPT)系统的基本结构。这种电源通常也称为非接触电源系统。该系统通常包括两个电绝缘部分。第一部分包括电源,诸如谐振变换器 2,

其具有输入 4, 用于连接到电能源, 在该例子中, 输入 4 可以连接到 50 赫兹市电电源。第一部分还包括主导电路径 6, 其被提供来自谐振变换器 2 的交流电。主导电路径 6 通常以拉长“轨道 (track)”或电缆的形式, 沿该轨道放置一个或多个第二部分。然而, 主导电路径 6 可以包括导电材料的线圈。在该例子中, 变换器的主要功能是在轨道回路中, 提供标称恒定高频 (例如 40kHz) AC 电流。第二部分包括一个或多个拾波器 8, 每个包括拾波线圈 10。拾波器还包括控制从轨道回路到拾波器的电能传送的控制器 12。适当的控制器可以包括如在转让给 Auckland UniService Limited 的 US 专利 5, 450, 305 的说明书中所述, 基本上从主导电路径去耦拾波器的短接开关。将电能提供给负载 14。

[0043] 由于主导电路径 6 和辅助拾波线圈 10 之间的磁耦合, 在拾波线圈 10 中感应电动势。然后, 该电压成为辅助电源。

[0044] 谐振变换器 2 通常是电流馈电并联谐振变换器。这些广泛用于实际 ICPT 电源, 因为它们更高效和小型化。为经济原因, 通常与电压源串行使用大的 DC 电感器以便形成准电流源 (在稳定状态下), 而不是使用闭合回路电流控制。

[0045] 图 2 表示已知的推 / 挽电流馈电并联谐振变换器的基本结构。它包括与电感器 L 和可以是由辅助电源拾波电路回引的等效电阻器的串联负载 R 并联的电容器 C。DC 电感器 L_d 使输入电流平滑, 以及分离变压器 K 分离输入电流, 使得分离变压器 K 连同开关设备 S1 和 S2 (例如 IGBT) 一起允许来自“电流源”的输入 DC 电流划分成两个方向, 使得注入谐振回路的 AC 电流变为 DC 电流的一半。这由于分离变压器绕组 L_{sp} 的电感与谐振电感器 L 的电感相比非常大而产生。通过本领域技术人员已知的控制器, 有选择地或定期地开关该开关设备 S1 和 S2 以便将电流提供给谐振电路。

[0046] 对于该电路, 能显示出振荡电路两端的交变电压约为两倍 DC 电压 V_d。还显示出对于高 Q 系统, 轨道电感器电流几乎恒定, 通过下述给出 (忽略谐波):

$$[0047] \quad I_L = \frac{V_{ac}}{\sqrt{(\omega L)^2 + R^2}} \approx \frac{V_{ac}}{\omega_0 L} \frac{Q}{\sqrt{Q^2 + 1}}$$

[0048] 由上述等式计算出如果 Q 大于 3, 从无负载到满负载的电流下降小于 5.13%。然而, 这仅当操作频率接近恒定时才为真。实际上, 电流馈电谐振变换器电源具有影响电路谐振频率的许多因素。最显然的因素是负载变化, 但电路参数变化也会引起频率漂离其标称值。该频率漂移不仅引起轨道电感器电流波动, 而且最重要的是, 会显著地影响 ICPT 系统的电能拾波器的调谐以及电能可传送性的损耗。因此, 使电源频率维持稳定对具有固定频率调谐的电能拾波器的 ICPT 系统很关键。

[0049] 关于负载, 对图 2 所示的并联谐振振荡电路, 在正弦激励下, 根据下述公式, 其零相角 (单一功率因素) 谐振频率随负载改变:

$$[0050] \quad f_r = f_0 \sqrt{1 - \frac{1}{Q^2}}$$

[0051] 其中, 质量因素 Q ($\omega_0 L/R$) 反映负载变化。

[0052] 对应于最大电感器电流和电容器电压的频率也改变并分别受下述管理:

$$[0053] \quad f_{i,m} = f_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}} \text{ 以及}$$

$$[0054] \quad f_{v,m} = f_0 \sqrt{1 + \frac{1}{Q^2} - \frac{1}{Q^2}}$$

[0055] 实零电压开关操作频率变化更复杂。这是因为至谐振回路的注入电流与正弦波相

比,更象方波。因此,谐波分量将影响实际频移。

[0056] 参考图 3,示出了方波电流的第三谐波分量对零电压开关 (ZVS) 操作的影响。如果开关频率处于零相角谐振频率,基波电压 V_{c1} 和基波电流 I_1 将同相。但第三谐波电压 V_{c3} 滞后其驱动电流 I_3 。这是因为谐振回路在高于零相角谐振频率的频率为电容性。结果,总电压 V_{c1} 加 V_{c3} 的零交叉点将滞后于方波电流的零交叉点。由于谐振回路电路的并联调谐属性,与方波电流的频率相同的开关频率需要降低到某种程度以便在操作中,拉回相位和保持 ZVS。这暗指对实际 ZVS 频率的负载影响大于零相角谐振频率。在相同负载条件下,实际 ZVS 操作频率低于零相角谐振频率。

[0057] 本发明允许克服频移的这些问题。

[0058] 现在参考图 4,电感器 L 具有在电感器的任一端与电感器串联连接的两个开关 S1 和 S2。在开关两端提供反并联二极管 D1 和 D2 以及提供电压源 V_s 。最佳开关是半导体开关,诸如 MOSFET 或 IGBT、MCT 或 BJT。这是因为这些开关能足够快地操作以便处理高频,诸如通常在 ICPT 系统中的 10kHz 至 100kHz。由于这些开关仅允许单向电流控制,使用它们中的两个。本领域的技术人员将意识到另一实施例能使用适当的单个开关而不是两个开关。

[0059] 图 4 所示的配置允许通过适当启用开关 S1 和 S2,在两个方向上控制 AC 电感器电流 I_L 。

[0060] 通过根据电压源方向的变化,利用相位延迟角交替地接通来控制开关 S1 和 S2 (使用适当的门驱动器,其设计对本领域的技术人员来说是公知的,如由 Boys J. T. 和 Green A,在“Inductively coupled power transmission-concept, design and application”, IPENNZ Transactions, No. 22(1), pp1-9, 1995 中所介绍的,其内容在此引入以供参考)。例如,在电压源 V_s 的正半周期中,能接通开关 S1。同样地,在负半周期中,能接通开关 S2。在该例子中,相位延迟角对两个开关是相同的,使得向外电流波形是对称的。当电感器电流变为零时,分别断开 IGBT。因此,自动实现零电流开关,最小化开关损耗和电磁干扰 (EMI)。

[0061] 转到图 5a 至 5c,示出了参考电源电压 V_s ,用于电感器电流 I_L 的典型电流波形。电感器电流的大小取决于开关激活相位延迟角。例如通过使用零交叉检测器来检测电压源 V_s 的相位。由 V_s 零交叉的检测,在下述例子中测量用于开关激活的相位延迟角。当延迟角在 0° 和 90° 之间时,如图 5a 所示,电流是连续的,因此最大电流流过电感器。当延迟角在 90° 和 180° 之间时,电感器电流是断续的。在电感器中流动的基波电流 I_{L1} 的大小随延迟角增加而减小。这如图 5b 和 5c 所示,其中,延迟角分别为 120° 和 135° 。基波电流 I_{L1} 的大小通过下述确定:

$$[0062] \quad I_{L1} = \frac{V_s}{\pi \omega L} (2\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha)$$

[0063] 其中, $\pi/2 \leq \alpha \leq \pi$ 。

[0064] 如果忽略谐波分量,相控电感器的等效电感将是:

$$[0065] \quad L_{eq} = \frac{V_s}{\omega I_{L1}} = \frac{\pi}{2\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha} L$$

[0066] 转到图 6,示出了有效或等效电感与实际电感之比和延迟角之间的关系。当延迟角为 90° 时,受控电感器的等效电感等于其自感 (即比率为 1)。随相应增加延迟角,等效电感增加。

[0067] 理论上,如果延迟角增加到 180° 或更高,电感器电感将为零,即,等效电感将无穷

大。这是因为由于所施加的电压为负,有源开关将不能导电。实际上,当延迟角达到 180° 时,等效电感将非常急剧地增加。这使得不适合于实际控制器设计。同时,在高延迟角,因为大的断续周期,与基波电流相比,谐波分量将变得更大。因此,随着增加延迟角,上述等式在计算等效电感中将变得更不精确。

[0068] 因此,对实际调节设计,已经发现可以通过在约 90° 和约 150° 之间控制相位延迟角来实现控制,因为已经发现超出 150° 的延迟角基本上等效于断开电感器。

[0069] 尽管相控可变电感器能与谐振轨道电感器串联连接,实际上,基于这种结构的频率控制难以设计,因为电压源基准不是非常稳定以及必须使另外的电容器与可变电感器并联以便实现有效控制。已经发现使可变电感器与谐振调谐电容器并联是好的选择。由于倒相网 V_{ac} 的输出具有电压源属性,并具有非常小的谐波分量,因此,能将其视为电压基准 V_s ,如图 4 中先前所示。包括我们的可变电感器设计的电源的另一实施例的例子如图 7 所示。如该图中所示,使相控可变电感器与谐振电容器并联。因此,存在第一组开关 S_1 和 S_2 ,如前所述,将来自 DC 电源的电流切换到变换器的谐振电路,以及控制在该实施例中为电感器的可变电抗元件的第二组开关(在该图中未示出,但图 4 中示出)。

[0070] 由此通过图 7 所示的电路,控制可变电感器,使得当延迟角为 90° 或更低时,电感器完全“导通”以及系统的频率处于可变范围的高端。这是因为电感器抵消调谐电容器的一些电容,因此总的等效电容降低,导致更高谐振频率。相反,当延迟角接近或超出 180° 时,有效地断开电感器,使得系统的操作频率处于可变范围的下端。如上所述,已经发现实际上,当延迟角接近或超出 150° 时,有效地断开电感器,因此,在实际环境中, 150° 延迟有效地定义操作频率范围的另一端。在 90° 和 180° (实际上 90° 至 150°) 延迟之间,平滑地控制电感,使得操作频率能稳定到其标称值。相位延迟提供在每半周期中出现连接前的预定时段。因此,当负载变化(以及导致频率漂移的其他因素的任何)开始影响频率时,可通过开关 S_1 和 S_2 (图 4)动态地控制可变电感器以便改变延迟角,并因此将频率调节到其正常或标称值(或到可以选择的标称值)。用这种方式,基本上消除频率改变的不期望影响。在图 7 中示意性地表示控制机制,通过相位检测单元 16(可以包括零交叉检测器)来检测谐振电路电压的零交叉和这种交叉的方向,或至少电压波形处于正还是负半周期。将该信息提供给开关控制单元 18。零交叉检测还提供谐振电路的频率的测量。另外,这可以通过另一部件或通过单独的电路来测量。将该信息提供给控制单元 18(可以包括微处理器),用于控制可变电感器两端的开关(图 4 中的 S_1 和 S_2)。因此,如所检测的,谐振电路的频率增加超出电路的标称谐振频率预定的阈值,则将相位延迟角增加预定量以减小频率。可以使用本领域的技术人员已知的技术来实现该控制策略。

[0071] 在图 8 中,示出了具有 130° 相位延迟角的典型电流波形及其电压基准。

[0072] 已经通过增加与并联调谐电容器并联的本发明的相控可变电感器,来测试 10kHz 电流馈电谐振变换器 ICPT 电源。该结果显示如果相控电感器设计成在 120° 延迟时,该系统以其标称 10kHz 运行,那么在 90° 延迟时,其操作频率为约 10.7kHz 以及在 150° 延迟时,其为约 9.3kHz。在所有实际参数变化以及从该系统的无负载到最大负载的负载条件范围下,已经发现可以通过改变相位延迟角,能使操作频率调整回 10kHz。

[0073] 与使用可变电感不同,已经发现可变电容可以用作可变电抗部件来维持变换器中的谐振电路的所需频率。因此,根据本发明的电源的另一实施例的例子如图 9 所示。参考

那一图,使用相同的标记,表示与参考图 7 所示的实施例相同或类似的电路元件。如能看出,主要区别是使用可变电容 20,而不是可变电感。可以使受控可变电容器 20 与谐振电容器 C 并联。另外,可以使用可变电容来完全地替换调谐电容器。可变电容器包括电容器 C_v 和开关 24 及 26,所述开关可以被控制以便允许电容器 C_v 的被选导电,从而改变振荡电路的有效电容。因为初始调谐电容器和新可变电容器 C_v 并联,零电压开关技术最好用来确保平滑过渡,以及最小化功率损耗和 EMI。检测部件(未示出)检测由图 9 中所示的电源输出的电流,以及由控制部件(未示出)使用该信息来控制开关 24 和 26,以便动态地改变有效或等效电容,从而改变振荡电路的频率。用这种方式,可以将输出频率控制到基本上恒定。

[0074] 已经发现可变电容 C_v 与调谐电容器 C 并联排列的电路允许提供适当的电容范围以便允许合理控制。可以将调谐电容器选择成在所需主电流频率提供谐振实际所需的电容的约一半。该可变电容器 C_v 也可以包括相同大小的电容器(即在所需主电流频率提供谐振所需的电容的一半)。调谐电容器 C 和可变电容器 C_v 的电容的总和被选择成大于为振荡电路提供所需固有谐振频率(即,用于电源的标称谐振频率)所需的电容。用这种方式,如果需要,可以选择可变电容器 C_v 从电路“切换出来”,以便提供用于电路的整个等效电容,允许它以标称谐振频率进行操作。同时,根据能从电路有效切换出“多少”可变电容器将允许振荡电路具有从低于标称谐振频率到高于其标称谐振频率一些值改变的固有频率。相位检测器 16 和控制单元 18 用与参考图 7 所述的等效类似的方式起作用。

[0075] 图 10a 和 10b 表示受控可变电容器的典型电压和电流波形。参考图 9,当将 C_v 连接到电路的两个开关 S1 和 S2 总是导通时,对应于当控制相角(相对于断开)为零电度的情形,电流将是 90 电度,导致两个电容器两端的总谐振电压如图 10a 所示。当在 0 至 90 度之间控制相角时,将断开电容器 C_v 一定周期。例如,图 10b 表示波形对相角为约 30 度时的情形,门(开关)控制信号、 C_v 两端的电压 (V_{cv})、 C_s 两端的电压 (V_{cs}) 以及通过 C_v 的电流 (i_{cv})。当断开开关时, C_v 两端的电压保持恒定,以及其电流为零。当将开关控制成导通时,其电压等于总的谐振电压,以及电流流过电容器 C_v 。相角提供在其前面发生断开的预定时段。如果相角等于或超出 90 度,电容器基本上所有时间均断开。因此,通过控制相角在 0 至 90 电度之间,来控制电容器 C_v 的导电周期,因此,有效电容在其最大值和零之间改变。

[0076] 与 ICPT 系统有关,本发明可以用来使采用各种不同形式的主导电路路径通电。例如,参考图 11,示出了通常平面的外壳 30,在其内放置导体 32。如从该图所看到的,导体 32 可以以导电材料的回路或线圈的形式提供。在最佳实施例中,提供多匝导电材料,以及导体连接电缆 34 在适当的位置引出该单元以便连接到包括变换器的电源上,如在上述实施例的一个或多个中所述。如果需要,电缆 34 可以端接在与电源有关的相应插座或插头电连接的插头或插座中。另外,尽管未示出,变换器可以在外壳内提供。因此,外壳可以包括外部导体,用于连接到市电交流电源,以及外壳内的变换器可以整流和过滤市电电源以便提供适当的 DC 源,然后,变换器在谐振电路两端开关以便为导体 32 提供所需 AC 电源。

[0077] 在优选实施例中,外壳 30 可以包括通常用于“点击”设备,诸如鼠标的衬垫,或能包括部分台面或类似表面。例如,外壳 30 可以提供为交通工具,诸如飞机、火车、汽车等等中的食物支架或工作面(诸如折叠食物支架)的一部分。外壳 30 也能是石座、温泉区、桑拿浴、浴室等等中的墙面砖(用于加热)或手巾架(用于干燥)的一部分。也能用于动物笼,以便向动物,诸如兔子、老鼠等等内的植入物供电。外壳的本体最好由非导电材料构成,

但可以在部件的一个或多个部件中,或作为整体的部件中包括非晶磁性材料 36。这些材料能提供适当的磁通量路径,使得辅助设备可以放在外壳 30 附近,最好在外壳的表面 38 上,以及可以由来自导体 32 的互感供电。外壳 30 也可以在水下工作。

[0078] 可以包括结合外壳 30 使用的辅助拾波设备的部件可以包括通常由一个或多个电池供电的各种部件,但也可以包括方便具有无绳操作的其他设备。这些设备可以包括“点击”设备(例如鼠标)、蜂窝电话设备、PDA、笔记本或膝上型计算机、电动牙刷、电动剃须刀等等。

[0079] 这些设备可以包括可再充电干电池或干电池的电池,通过从导体 32 感应到拾波线圈中的电能,再充电拾波器。另外,设备(例如鼠标)同样可以不需要电池,因为该设备仅用在导体 32 附近。因此,可以使用电源来给电池和无电池拾波器供电。

[0080] 此外,外壳 30 可以另外或除导体 32 外,包括专用区域,用于放置将向其提供能源的设备。例如,可以在上表面 38 上具有各种标记以表示是否应当放置电能接收设备的外壳 30 内提供一个或多个铁氧体磁心。可以形成或轮廓化(例如通过适当地模塑)上表面 38 以便接收或容纳电能接收设备。因此,本发明适用于松散和紧密耦合系统。由本发明提供的电源允许该灵活性,因为可通过电源来调节由于耦合强度而产生的负载变化。如果“步进”方法用于电源频率控制,那么负载变化必须限制到使系统功能有效。

[0081] 使用上述电源实施例来供电导体 32 具有多个不同设备可以位于外壳 30 上以便由导体 32 供电的优点。增加电源上的负载的这些多个设备通常倾向于影响电源频率。然而,由本发明提供的动态振荡电路调谐意味着多个负载或负载变化不影响系统性能。

[0082] 本领域的技术人员将期望外壳 30 内的导体 32 可以采用各种不同形式。特别地,不需要如此的单独外壳。在一些情况下,例如所有需要的是在诸如台面的适当表面的中或下侧提供的导体 32。同时,与具有排列为线圈的主导体不同,多种不同结构是可能的。例如,导电路径可以蚀刻或印刷在适当的衬底,诸如印刷电路板上,以及导电路径可以排列成提供可以是固定或移动的所需磁通量路径或多个所需磁通量路径。例如,可以将磁通量路径设计成衬垫“旋转”以便拾波设备可以位于与导体 32 相邻的各个不同位置或方向中,以及仍能接收足够的能量为所需负载供电。

[0083] 转到图 12,示出了用于 ICPT 电源的主导电路路径的另一实施例。在该实施例中,主导电路路径通常标记为 40,以及由可以包括根据上述一个或多个实施例的变换器的电源 42 供电。

[0084] 主导电路路径 40 可以简单地包括导电材料回路。例如,该材料最好是多股导电材料,诸如铜线。然而,如图 12 所示,在拾波器相对于主导电路路径 40 保持固定的应用中,最好修改主导电路路径以便优化到那些拾波器的电能传送。使用主导电路路径来为相对于该路径保持固定的拾波器供电的例子包括在船、游泳池或浴池、建筑物或交通工具中使用 ICPT 系统。采用船的例子,可以在制造期间在船中提供主导电路路径。用这种方式,主导电路路径保持物理和电绝缘以便不易损坏并且隐藏它以便它不与该结构的外观干扰。能将能量输送给船中或上的拾波设备,而不需要危害船结构的完整性。特别地,不需要穿过船体来安装部件,诸如深度或速度传感器。另外,可以在制造后,将主导电路路径后安装到船上。

[0085] 为了便于从船上的主导电路路径到拾波器的电能传送,可以在轮船结构四周的不同预定位置修改主导电路路径。例如,在拾波器 44(例如可以包括导航灯)的附近,可以在位置

46 加宽导电路径以便提供增加磁场的加长或分布区,以便于到拾波器 44 的电能量传送。类似地,在位置 48,可以将一或多匝导电材料包括在主导体中(例如通过使主导体成圈),以便将数据传输到可能需要更大能量需求的拾波器,例如可以由拾波器 50 供电的仪器面板。因此,产生相对密集磁场强度的“热点”或区域。类似地,可以在主导电路路径中的位置 52 处,提供另外的“热点”,用于供电多于一个拾波器,诸如拾波器 54 和 56。如果需要,例如,如能供电具有更大功率需求的拾波器 62,诸如电池充电设备的区域 58 和 60 所示,可以提供多于一个“热点”。最后,能使用未修改的主导电路路径的简单加长区来为可以具有低功率需求以及可以需要相对于主导电路路径移动的设备供电。例如,由拾波器 66 供电以及在船的桅杆上提供的导航灯的位置可能需要随时间改变,因此,可以在船的桅杆上提供主导体 64 的简单长度,因此,拾波器特性沿桅杆的相关位置是统一的。

[0086] 本发明的另外的应用包括生物工程应用,诸如用于生理研究或药物测试的植入物、防水应用、防爆应用、矿业(例如灯、传感器)、林业(例如传感器)、运动传感器应用(例如机器人、光学传感器)、加热系统(例如座位加热、毛巾干燥)。

[0087] 如上所述,可以使用本发明来给电池或无电池的拾波器供电。此外,拾波器可以包括超级电容器,诸如储能设备,其能被非常快速地充电/放电,以及非常安全以及具有长寿命,几乎免维护。

[0088] 本发明提供变换器,具有频率控制谐振电路,在多个不同应用中,特别是用于紧密耦合或松散耦合系统的 ICPT 电源具有优点。本领域的技术人员将意识到有选择地相控的电抗元件可以包括电路谐振元件本身,诸如 ICPT 系统的变换器调谐电容器或主导电路路径。

[0089] 本发明的优选特征可应用于本发明的所有方面,以及可以用在任何可能的组合中。例如,本领域的技术人员将意识到受控可变电抗元件可以用在上述通过举例方式描述的串联调谐电路以及并联调谐电路中。

[0090] 其中,词语“包括”、“具有”或“包含”用在本文献中,或这些词的变形,诸如由...组成或组成,这些打算在包括意义上解释,即表示“包括但不限于”,除非上下文清楚地表示相反。

[0091] 其中,已经对特定部件或具有已知等效的本发明的整体进行了上面的描述引证,因此,在此包含这些等效,与单独地阐述一样。

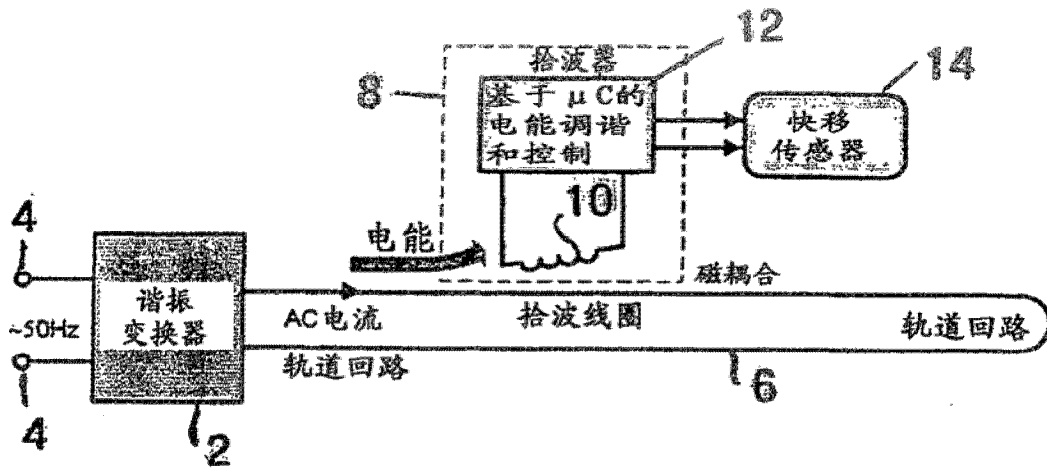


图 1

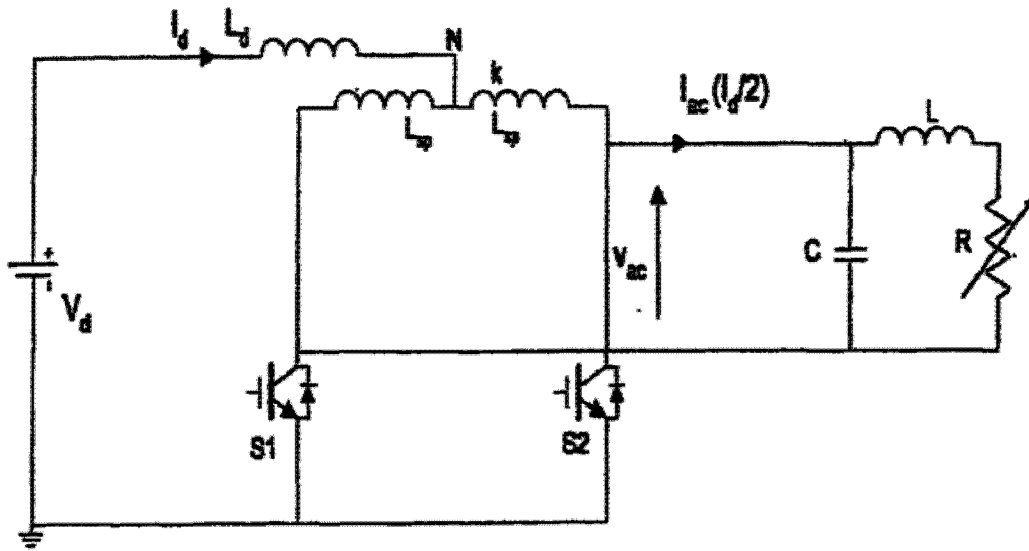


图 2

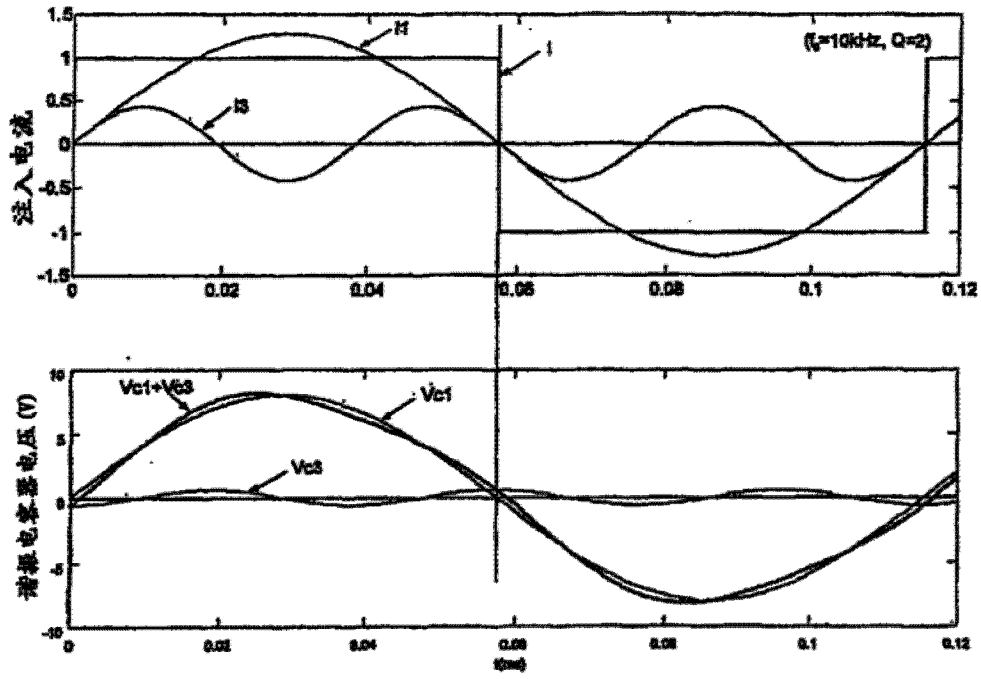


图 3

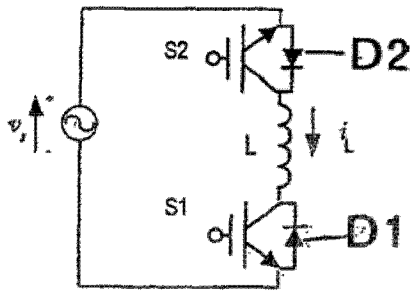


图 4

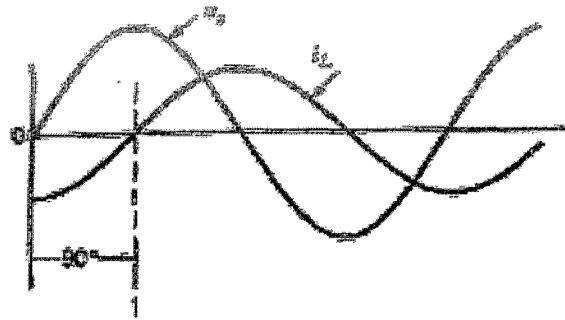


图 5a

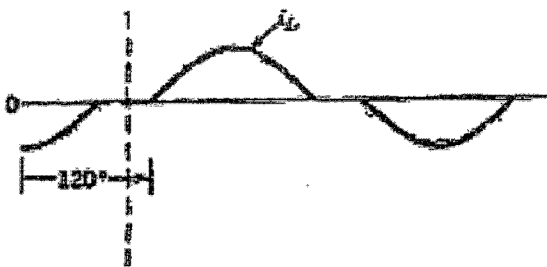


图 5b

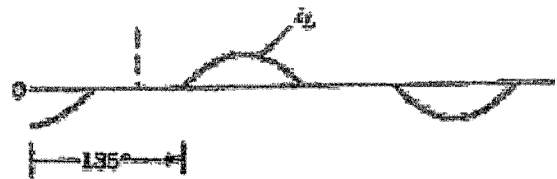


图 5c

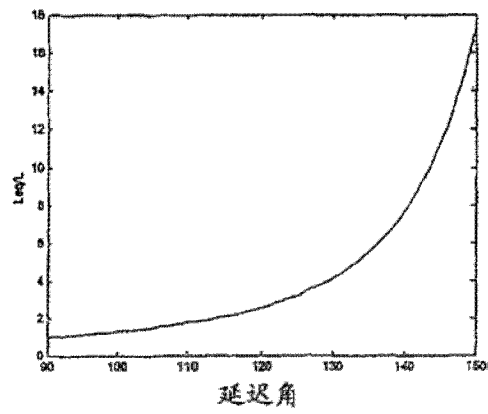


图 6

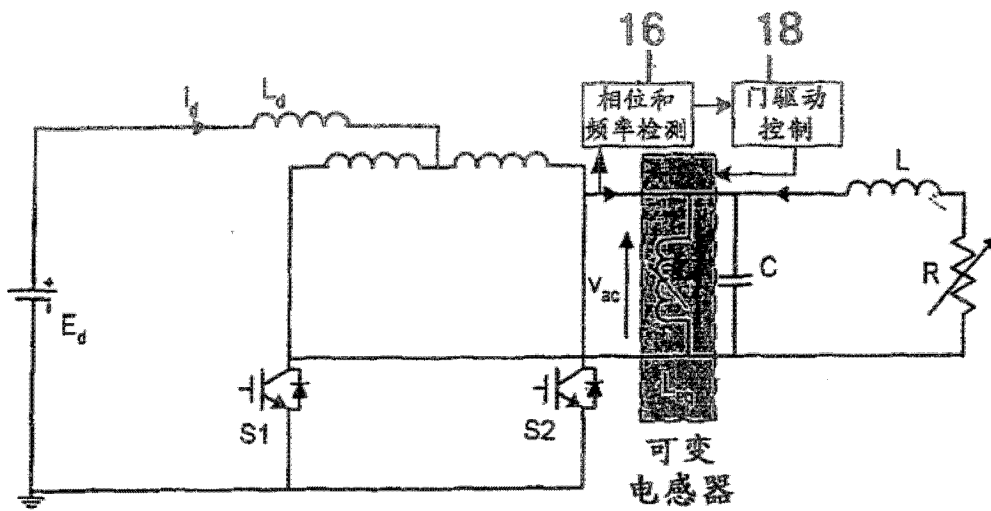


图 7

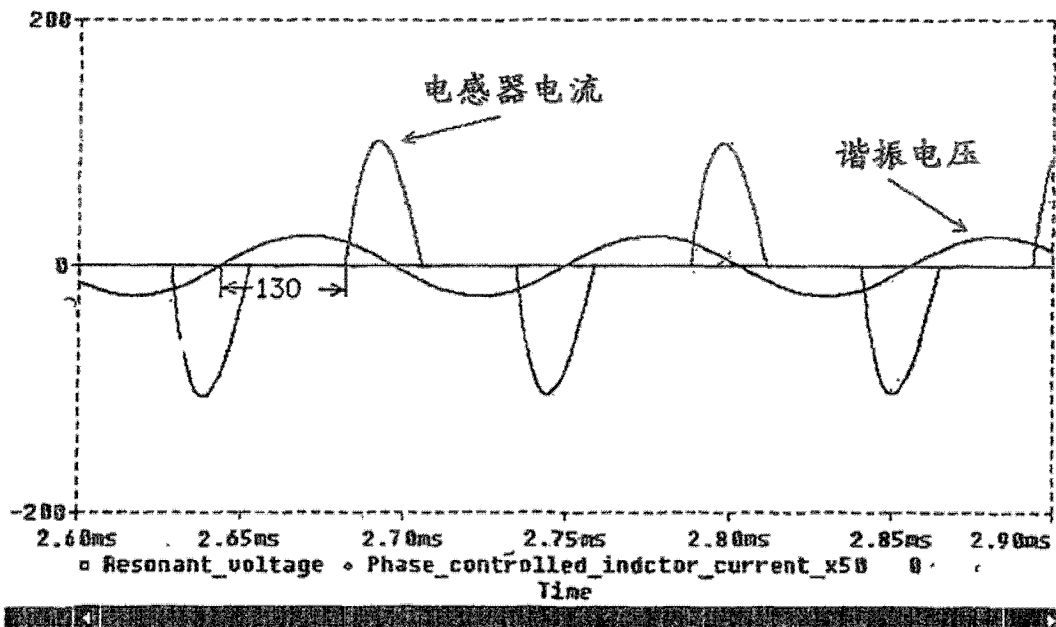


图 8

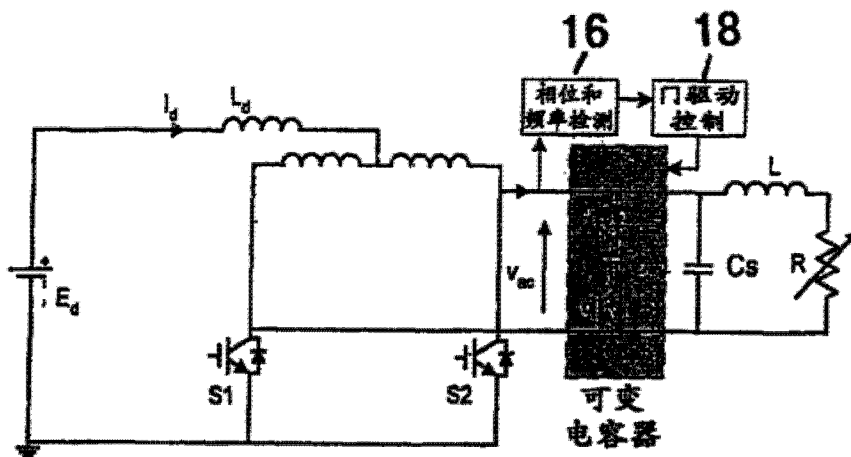


图 9

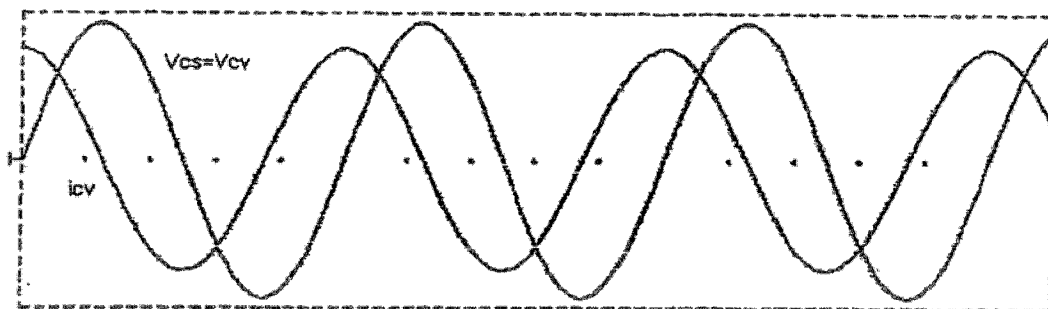


图 10a

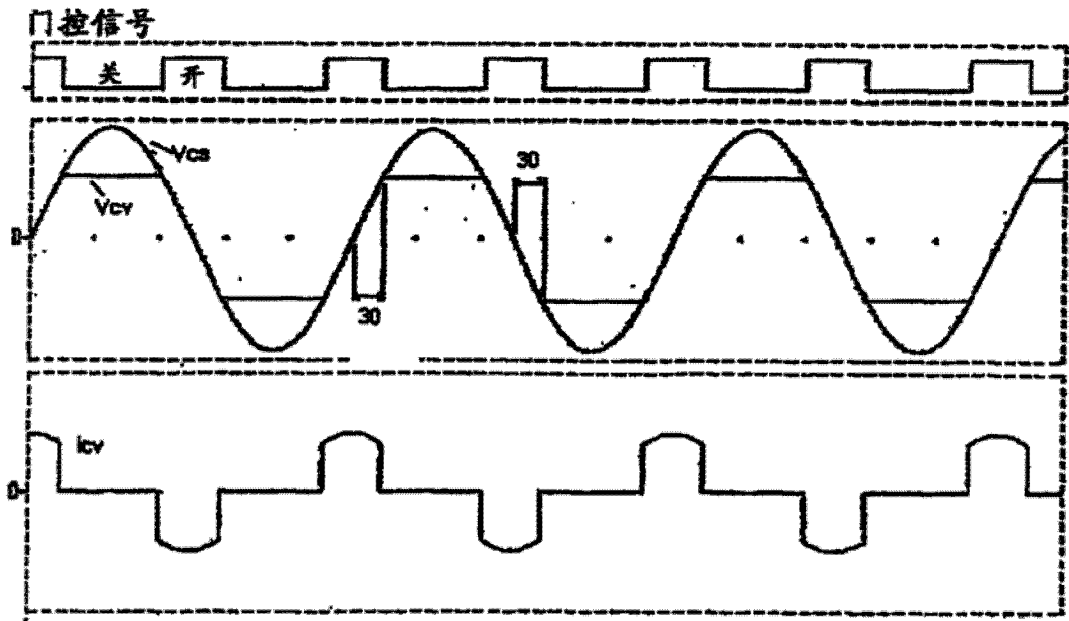


图 10b

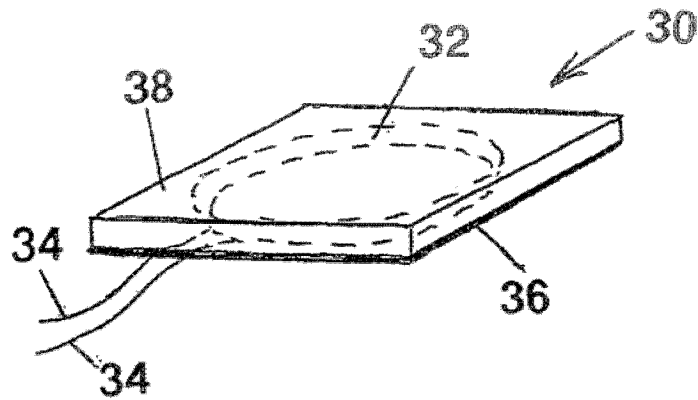


图 11

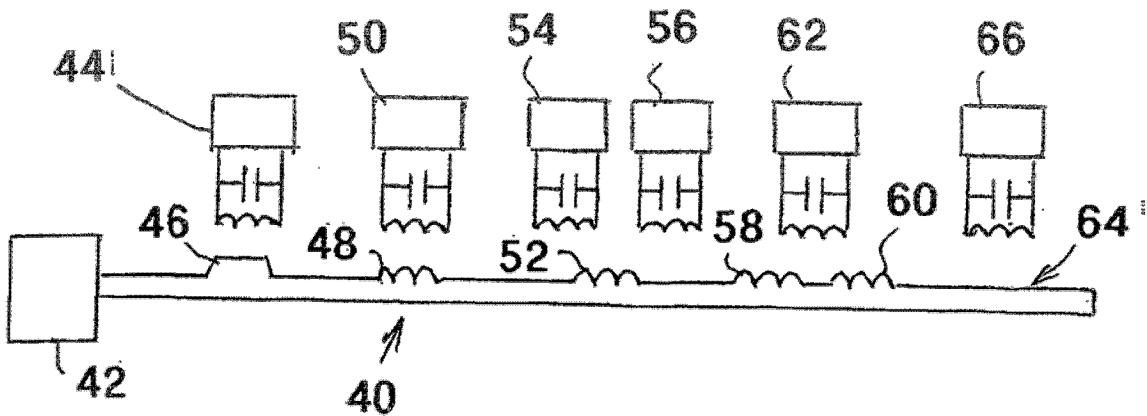


图 12