



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101632141 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 09

(21) 申请号 200780046769. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2007. 12. 19

H01F 38/18(2006. 01)

(30) 优先权数据

60/876, 055 2006. 12. 20 US

(56) 对比文件

CN 1835351 A, 2006. 09. 20,

EP 1164689 A2, 2001. 12. 19, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 06. 18

CN 1853563 A, 2006. 11. 01,

US 6476993 B1, 2002. 11. 05,

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/088117 2007. 12. 19

审查员 常莎莎

(87) PCT申请的公布数据

W02008/079870 EN 2008. 07. 03

(73) 专利权人 模拟技术公司

地址 美国马萨诸塞

(72) 发明人 A·C·德尔福奇

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王英

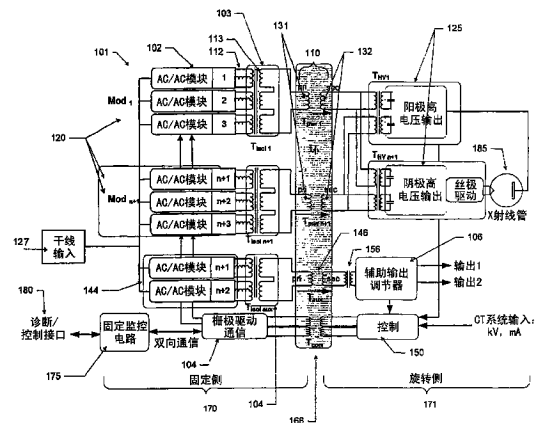
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 9 页

(54) 发明名称

非接触旋转式功率传输系统

(57) 摘要

一种非接触旋转式功率输送系统,其包括具有初级绕组和次级绕组的旋转变压器,将所述旋转变压器配置成在固定侧的固定耦合元件与旋转侧的旋转耦合元件之间传输功率。所述旋转耦合元件与所述固定耦合元件共用中心轴,并且所述旋转耦合元件适于相对于所述固定耦合元件旋转。所述功率输送系统包括驱动所述旋转变压器的初级绕组的隔离变压器,和多个功率逆变级,所述功率逆变级的输出适于被求和并且被耦合到所述旋转变压器。多个输出功率变换器接收来自所述旋转变压器的传送功率。将置于旋转侧的多个控制元件配置成关闭所述输出功率变换器的预期和实际性能的反馈回路,并且控制所述功率逆变级。



1. 一种功率输送系统,其包括:

a. 旋转变压器,其具有初级绕组和次级绕组,将所述旋转变压器配置成在置于所述旋转变压器的固定侧的一个或多个固定耦合元件与置于所述旋转变压器的旋转侧的一个或多个旋转耦合元件之间传输功率,所述旋转耦合元件与所述固定耦合元件共用中心轴,并且所述旋转耦合元件适于相对于所述固定耦合元件旋转;

b. 隔离变压器,其适于驱动所述旋转变压器的所述初级绕组;

c. 一个或多个功率逆变级,将其配置成将输入功率提供给所述旋转变压器的所述初级绕组,所述功率逆变级具有的输出适于被求和并且被耦合到所述隔离变压器;

d. 一个或多个输出功率变换器,将其配置成接收来自所述旋转变压器的传送功率,并且将所接收的功率变换到用于所述旋转耦合元件的预期范围;以及

e. 置于所述旋转变压器的旋转侧的一个或多个控制元件,将所述控制元件配置成关闭所述输出功率变换器的预期和实际性能的反馈回路,并且将其进一步配置成向所述旋转变压器的所述固定侧提供一个或多个定时信号以控制所述功率逆变级,

其中,所述旋转变压器的所述初级绕组包括容纳在初级外壳内的多个绕组,并且所述旋转变压器的所述次级绕组包括容纳在次级外壳内的另外多个绕组;并且

其中,所述初级外壳和所述次级外壳包括一个或多个可导磁磁芯,

并且所述功率输送系统进一步包括静电屏蔽板,将所述静电屏蔽板配置成屏蔽所述初级外壳和所述次级外壳中的至少一个。

2. 根据权利要求1所述的功率输送系统,其中,所述多个功率逆变级包括模块化功率逆变级。

3. 根据权利要求1所述的功率输送系统,其中,所述隔离变压器适于在多相配置中驱动所述旋转变压器的所述初级绕组。

4. 根据权利要求1所述的功率输送系统,其中,将所述多个功率逆变级置于所述旋转变压器的所述固定侧,并且将所述多个输出功率变换器置于所述旋转变压器的所述旋转侧。

5. 根据权利要求1所述的功率输送系统,其中,所述多个功率逆变级包括多个AC/AC变换模块,将所述模块配置成独立地将所述输入功率的高频驱动和整流提供给所述旋转变压器。

6. 根据权利要求5所述的功率输送系统,其中,将所述多个AC/AC模块配置成在磁性元件上对它们各自的输出求和,并且其中,将所述磁性元件配置成将电压中心和电压隔离输出提供给所述旋转变压器的所述初级绕组。

7. 根据权利要求1所述的功率输送系统,其中,所述控制元件包括:

控制回路电路,将其配置成控制从所述旋转变压器的所述次级绕组的功率输送,将所述控制回路电路置于所述旋转变压器的所述旋转侧;以及

栅极驱动绕组,将其耦合到所述控制回路电路并且将其配置成将来自至少一些所述旋转耦合元件的实时栅极驱动波形传送到至少一些所述功率逆变级。

8. 根据权利要求1所述的功率输送系统,其中,将所述旋转变压器的所述初级绕组和所述次级绕组配置成通过一个或多个高频信号的叠加而允许所述旋转耦合元件与所述固定耦合元件之间的双向通信。

9. 根据权利要求 1 所述的功率输送系统,其进一步包括辅助逆变器,将所述辅助逆变器置于所述旋转变压器的所述固定侧并且将其配置成通过所述辅助逆变器的固定操作将辅助电源提供给所述旋转变压器。

10. 根据权利要求 9 所述的功率输送系统,其进一步包括:

具有多抽头绕组的辅助变压器;以及

辅助输出调节器,将其置于所述旋转变压器的所述旋转侧并且将其配置成调节来自那些辅助变压器绕组的输出。

11. 根据权利要求 1 所述的功率输送系统,其进一步包括:

在环形变压器中的独立辅助绕组,其提供多个电压输出;以及

辅助输出调节器,将其置于所述旋转变压器的所述旋转侧并且将其配置成调节来自那些辅助绕组的输出。

12. 根据权利要求 1 所述的功率输送系统,其进一步包括静电放电器,将所述静电放电器配置成基本防止静电放电累积在所述旋转耦合元件中的一个或多个上。

13. 根据权利要求 12 所述的功率输送系统,其中,所述静电放电器包括下列的至少一个:

在所述固定侧与所述旋转侧之间的流电连接;以及

在所述固定侧与所述旋转侧之间的离子连接。

14. 根据权利要求 1 所述的功率输送系统,其中,将所述旋转变压器的所述绕组配置成用于允许通过一个或多个耦合高频调制信号的叠加而进行双向通信的双重用途;并且

其中,所述双重用途包括将功率信号或定时信号通过所述绕组而传送的第一用途,和提供所述固定侧与所述旋转侧之间的双向通信的第二用途。

15. 根据权利要求 1 所述的功率输送系统,其中,所述功率输送系统是计算机断层成像系统的一部分。

16. 根据权利要求 1 所述的功率输送系统,其中,将所述功率输送系统配置成将功率输送到 x 射线管。

17. 一种用于使功率逆变系统的一个或多个输出与旋转变压器的初级绕组隔离的装置,所述旋转变压器适于在至少一个固定元件与至少一个旋转元件之间耦合功率,其中,将所述功率逆变系统配置成将输入功率提供给所述旋转变压器的初级绕组,所述装置包括:

隔离变压器,将所述隔离变压器配置成接收所述功率逆变系统的一个或多个输出的总和并且驱动所述旋转变压器的所述初级绕组。

18. 一种利用旋转变压器在置于固定框架上的至少一个固定元件与置于旋转框架上的至少一个旋转元件之间耦合功率的方法,将所述旋转元件配置成围绕所述固定元件旋转,所述旋转变压器位于所述至少一个固定元件与所述至少一个旋转元件之间,并且所述旋转变压器具有初级绕组和次级绕组,所述方法包括:

对置于所述固定框架的多个功率逆变级中的每一个的输出求和;

从旋转变压器的初级绕组隔离和屏蔽所求和的输出;

将隔离变压器耦合到旋转变压器的初级绕组;以及

操作所述隔离变压器使得所述隔离变压器驱动分裂旋转变压器的初级绕组,将所述分裂旋转变压器配置成接收来自所述功率逆变级的功率并且将感应功率传送到所述旋转元

件。

19. 一种功率输送系统,其包括;

a. 旋转变压器,其具有初级绕组和次级绕组,将所述旋转变压器配置成在置于所述旋转变压器的固定侧的一个或多个固定耦合元件与置于所述旋转变压器的旋转侧的一个或多个旋转耦合元件之间传输功率,所述旋转耦合元件与所述固定耦合元件共用中心轴,并且所述旋转耦合元件适于相对于所述固定耦合元件旋转;

b. 隔离变压器,其适于驱动所述旋转变压器的所述初级绕组;

c. 一个或多个功率逆变级,将其配置成将输入功率提供给所述旋转变压器的所述初级绕组,所述多个功率逆变级具有的输出适于被求和并且被耦合到所述隔离变压器;

其中,所述多个功率逆变级包括多个 AC/AC 变换模块,将所述模块配置成独立地将所述输入功率的高频驱动和整流提供给所述旋转变压器;并且

其中,将所述多个 AC/AC 模块配置成在磁性元件上对求和它们各自的输出求和,并且其中,将所述磁性元件配置成将电压中心和电压隔离输出提供给所述旋转变压器的所述初级绕组;

d. 一个或多个输出功率变换器,将其配置成接收来自所述旋转变压器的传送功率并且将所接收的功率变换到用于所述旋转耦合元件的预期范围。

20. 一种用于通过旋转变压器控制功率输送的控制系统,所述旋转变压器具有初级绕组和次级绕组,并且将所述旋转变压器配置成在置于固定侧的固定耦合元件与置于旋转侧的旋转耦合元件之间传输功率,所述控制系统包括:

一个或多个控制元件,将其置于所述旋转侧,将所述控制元件配置成将定时信号提供给所述固定侧以便控制将输入功率提供给所述初级绕组的一个或多个功率逆变级,所述控制元件包括至少一个控制回路电路,将所述控制回路电路配置成控制来自所述旋转变压器的所述次级绕组的功率输送,将所述控制回路电路进一步配置成关闭输出功率变换器的预期和实际性能的反馈回路,所述输出功率变换器接收来自所述旋转变压器的传送功率并且将所接收的功率变换到用于所述旋转耦合元件的预期范围;以及

栅极驱动绕组,将其耦合到所述控制回路电路并且将其配置成将来自至少一些所述旋转耦合元件的实时栅极驱动波形传送到至少一些所述功率逆变级。

21. 一种在功率输送系统中的旋转变压器,所述功率输送系统在固定侧的固定耦合元件与旋转侧的旋转耦合元件之间传输功率,所述旋转变压器包括初级绕组和次级绕组;

其中,将所述旋转变压器的绕组配置成用于允许通过一个或多个耦合高频调制信号而进行双向通信的双重用途;并且

其中,所述双重用途包括将功率信号或定时信号通过所述绕组而传送的第一用途,和提供所述固定侧与所述旋转侧之间的双向通信的第二用途,

其中,所述旋转变压器的所述初级绕组包括容纳在初级外壳内的多个绕组,并且所述旋转变压器的所述次级绕组包括容纳在次级外壳内的另外多个绕组;并且

其中,所述初级外壳和所述次级外壳包括一个或多个可导磁磁芯,

并且所述功率输送系统进一步包括静电屏蔽板,将所述静电屏蔽板配置成屏蔽所述初级外壳和所述次级外壳中的至少一个。

## 非接触旋转式功率传输系统

[0001] 相关申请的相互参照

[0002] 本申请根据 35U. S. C. § 119(e) 要求 2006 年 12 月 20 日提交的、名称为“隔离模块化、多通道和多相非接触旋转式功率传输系统”、序列号为 60/876, 055 的未决、共有的美国临时专利申请的优先权。

### 背景技术

[0003] 下一代医学计算机断层成像 (CT) 设备可能必须解决对操作模式的增加的需求和减少患者剂量。诸如实时心脏成像的模式可能需要更快的转速, 和响应更高峰值功率的高电压。功率增加可能需要用于增加的管道冷却的更多圆盘空间和用于传统的高电压电源的更多空间。希望提供这些问题的解决方案而不会对 CT 设计造成过多限制。在更高转速和功率下对可靠性能的要求需要一种旋转式高电压发电的新方法。

### 发明内容

[0004] 一种功率输送系统可以包括具有初级绕组和次级绕组的旋转变压器。将所述旋转变压器配置成在置于所述旋转变压器的固定侧的一个或多个固定耦合元件与置于所述旋转变压器的旋转侧的一个或多个旋转耦合元件之间传输功率。所述旋转耦合元件与所述固定耦合元件共用中心轴, 并且所述旋转耦合元件适于相对于所述固定耦合元件旋转。

[0005] 所述功率输送系统可以进一步包括适于驱动所述旋转变压器的初级绕组的隔离变压器, 和多个功率逆变级。将所述多个功率逆变级配置成将输入功率提供给所述旋转变压器的初级绕组。所述功率逆变级的输出适于被求和并且被耦合到所述隔离变压器。

[0006] 所述功率输送系统可以进一步包括多个输出功率变换器, 将所述输出功率变换器配置成接收来自所述旋转变压器的传送功率, 并且将所接收的功率变换到用于所述旋转耦合元件的预期范围。

[0007] 所述功率输送系统进一步包括置于所述旋转变压器的旋转侧的多个控制元件。将所述多个控制元件配置成关闭所述多个输出功率变换器的预期和实际性能的反馈回路, 并且向所述旋转变压器的固定侧提供一个或多个定时信号以控制所述功率逆变级。

### 附图说明

[0008] 图 1 示出了根据本公开文献的一个实施例的非接触功率传输系统;

[0009] 图 2 显示了非隔离逆变器到旋转变压器的初级绕组的连接的示意图;

[0010] 图 3 提供了在逆变器输出与旋转式功率变压器的初级绕组之间操作的隔离变压器的更详细说明;

[0011] 图 4 示出了分布式 AC/AC 模块, 该模块包括升压前置调节器并且耦合到桥式逆变器和隔离变压器;

[0012] 图 5 示出了没有相移的高功率、低频谐振电流波形;

[0013] 图 6 示出了在更高频率下的相移, 其实现低功率;

- [0014] 图 7 示出了用直接栅极驱动和双向监控通信的输送功率的非接触控制；
- [0015] 图 8 示出了屏蔽旋转变压器的绕组的静电屏蔽板；
- [0016] 图 9 示出了防止由于与空气摩擦在旋转元件上累积静电荷的低力流电连接 (low force galvanic connection)；
- [0017] 图 10 示出了图 1 中所示的非接触功率传输系统的系统电平图；
- [0018] 图 11 是利用图 1 和 10 中所示的非接触功率传输系统的 CT 系统的系统电平图。

### 具体实施方式

[0019] 描述了这样的系统和方法,其在通过将高电压的大功率逆变器和辅助电源重定位到固定框架而增加旋转扫描架上的可用空间的同时,在没有物理接触(例如电刷)的情况下并且在高速(例如大于大约 300RPM)下将功率输送到旋转系统。具体而言,描述了在固定侧与旋转侧之间耦合功率的旋转变压器。通过在多相配置中驱动旋转变压器的初级绕组的隔离和求和变压器而实现主电源的隔离和去耦。可以使用本公开文献中所述的非接触功率输送系统的应用包括但不限于 CT(计算机断层成像)系统。

[0020] 图 1 示出了根据本公开文献的一个实施例的非接触功率传输系统 100。尽管图 1 中所示的实施例可以用于如图 11 中所示的 CT 扫描器,但是,在本公开文献的不同实施例中系统 100 可以用于除了 CT 以外的应用中,特别是需要在一个或多个固定元件与一个或多个旋转元件之间传输感应功率的任何应用中。

[0021] 具体而言,图 1 中所示的系统 100 包括:分裂(或开隙)旋转变压器 110;模块化功率逆变级 102 的集合 101;平衡和屏蔽隔离/求和变压器 103;和辅助变压器 146,其输出由辅助输出调节器 106 调节。开隙旋转变压器也通常被称为环。在该专利中,“旋转变压器”一词和“环”具有相同的含义,并且可互换使用。在图 1 所示的实施例中,将功率输送系统 100 配置成将功率输送到 x 射线管 185。在其它实施例中,可以将本公开文献中所述的功率输送系统配置成将功率输送到除了 x 射线管以外的装置。

[0022] 旋转变压器 110 在位于旋转变压器的固定侧 170 的一个或多个固定耦合元件与位于旋转变压器 110 的旋转侧 171 的一个或多个旋转耦合元件之间传输功率。旋转耦合元件适于相对于固定耦合元件旋转,并且与固定耦合元件共用公共轴。旋转变压器 110 具有初级绕组(一个或多个)131 和次级绕组(一个或多个)132,并且将感应功率传输到与次级绕组(一个或多个)132 连接的高电压输出模块(一个或多个)125。

[0023] 图 1 中所示的设计利用高频、高功率逆变系统 120,该逆变系统包括低功率逆变器 102 的上述集合 101。通过干线输入 127 供应功率,所述干线输入是来自电力设施的电源。隔离变压器 103 具有初级绕组(一个或多个)112 和次级绕组(一个或多个)113。逆变器 102 的输出适于在隔离和求和变压器 103 的初级绕组 112 处对被求和。隔离变压器 103 的次级绕组 113 驱动开隙旋转变压器 110 的初级绕组 131,将感应功率传输到高电压输出模块 125。

[0024] 模块化功率逆变器 102 的集合 101 位于旋转式功率变压器 110 的固定侧 170。多个 AC/AC 高频逆变器模块 102 均可以包括在非串联谐振拓扑中配置的集成干线输入整流器、升压前置调节器和全桥逆变器。可以将前置调节器配置成升压级以为额定 380-480 主电源提供广泛适应性,这优化了后置逆变器效率,如结合图 4 更详细所示和所述。

[0025] 平衡和屏蔽隔离 / 求和变压器 103 对全桥逆变器输出 112 求和, 并且使输出 112 与旋转变压器 110 的初级绕组 131 隔离。隔离和求和变压器 103 为旋转变压器 110 的初级绕组 131 提供与主电源 101 的双重隔离。

[0026] 在所实施例中, 隔离变压器 103 是提供作为平衡、屏蔽、高频安全隔离变压器的双重绝缘 (DI) 元件。该隔离变压器 103 大幅减少了通常通过多个电容屏蔽板而引入旋转变压器 110 的外壳中的泄漏电流。隔离变压器 103 也提供消除驱动旋转变压器 110 的初级绕组 131 的不平衡共模电压的中点。容纳在逆变器内的隔离变压器 103 将低噪声、基于非接地 (non-earth) 的驱动信号提供给旋转变压器 110 的初级绕组 131。隔离变压器 103 也提供安全规程所需的全电压隔离而不需要旋转变压器的初级至次级绕组提供除功能性绝缘之外的任何功能。这样, 消除了对能够处理到旋转耦合元件的高故障电流的 PE 接地的需要。

[0027] 主电源从多个逆变器 102 导出, 每个逆变器在多个模式中操作。在一个实施例中, 可以采用可变频率用于通过使工作频率远离谐振频率而保持谐振配置中的宽范围的功率输送。在高频下的相移大幅扩展输出调节, 实际上降至输出功率的 0%。也可以采用多个逆变器的选择性脱离用于在低功率水平下增加效率。上述方法通过在高功率情况下减小开关损耗并且允许用于低功率模式的谐振电路中的最小循环电流而允许高效的功率变换和功率调节。功率传输系统 100 的拓扑进一步使用到隔离变压器 103 的初级绕组 112 的逆变器桥的相移技术提供完整输出功率控制。该相移技术减少了旋转变压器 110 的次级绕组中的高循环电流, 这进一步提高了效率。

[0028] 在所实施例中, 可以在运行中选择多个逆变器以增加或减小在隔离和求和变压器 103 的功率输送, 从而在最大化效率的同时, 管理由新图像和剂量管理协议施加的快速时变发射电流要求所得到的动态负载。逆变器系统的工作频率相对于高电压 LC 电路中的谐振频率的变化提供改变功率输送的阻抗失配。在工作频率的范围内可以实现大约 1 : 20 的动态范围, 而多相逆变器的相移提供基本接近 0% 的输出。

#### [0029] 辅助电源

[0030] 辅助电源可以由位于旋转变压器 110 的固定侧 170 并且以固定频率和占空比操作的逆变器提供。在图 1 所示的实施例中, 通过附加逆变器 144 提供辅助电源, 所述附加逆变器也与辅助环翼 146 和独立多输出变压器 156 隔离, 所述多输出变压器连续操作来自用于旋转侧 171 上的多个电压输出的辅助输出调节器 106 的负载调节, 所述辅助输出调节器由位于旋转侧的控制元件 105 直接管理。

[0031] 如图 1 中所示, 也通过用高频载波调制数据而将双向低速监控通信路径包含在栅极驱动控制绕组 166 中。在旋转侧 171 上执行各种输出的调节, 消除了固定侧 170 的反馈需要并且提供了对负载变化的快速响应。与旋转变压器 110 的辅助绕组 146 的次级连接的多抽头变压器绕组 156 提供各种输出电压, 每个在旋转侧 171 上具有它们自己的调节电路。该技术提供了供应给冷却系统的主辅助电源与来自敏感数据收集电路的管道驱动电路之间的隔离。多抽头次级环绕组的备选构造提供在减小空间下的等效功能。

#### [0032] 反馈和控制

[0033] 在图 1 所示的实施例中, 在旋转侧 171 上管理主固定侧逆变器 102 的反馈和控制, 并且通过耦合控制绕组向固定基逆变器 102 提供仅为简单的定时信号 104。这样, 消除了

控制固定元件的超高速、非接触数字化、传送系统。具体而言,通过位于旋转侧的一个或多个控制元件 150 来执行输送功率(不限于高电压)的所有控制。高电压输出的快速升高所需的高保真反馈由旋转侧的模拟电路保持而无数字化、编码和传送,由此消除了对高带宽数据链路的需要。如图 1 中所见,在功率传输系统 100 用于 CT 系统的实施例中,控制元件(一个或多个)150 可以接收来自 CT 系统的输入信息。

[0034] 将置于旋转变压器的旋转侧的一个或多个控制元件 150 配置成关闭输出功率变换器的预期和实际性能的反馈回路,并且向旋转变压器的固定侧提供一个或多个定时信号以控制功率逆变级。

[0035] 控制元件 150 可以包括控制回路电路,将该控制回路电路配置成关闭输出功率变换器的预期和实际性能的反馈回路,所述输出功率变换器接收来自旋转变压器的传送功率并且将所接收的功率变换到用于旋转耦合元件的预期范围。通过以模拟表示的定时信号来保持和提供用于确定逆变器的栅极驱动控制信号所需的相位和脉冲宽度的亚微秒定时的控制回路电路。这些定时信号被传送到固定侧 170。由于定时信号是模拟的,它们保持真实时间信息,而不需要进一步处理,并且可以以原始形式立即应用于功率逆变器栅极驱动电路 104 而没有等待或延迟。

[0036] 旋转变压器的绕组进一步适于允许通过对一个或多个耦合高频调制信号的叠加而进行双向通信的双重用途。该双重用途可以包括通过绕组传送功率信号或定时信号的第一用途,和提供双向通信的第二用途。在图 1 所示的实施例中,双向通信可以在栅极驱动电路 104 与固定监控电路 175 之间。固定监控电路 175 又可以连接到诊断/控制接口 180。

[0037] 隔离/屏蔽

[0038] 图 2 显示了在一种设计中将常规逆变器 281 连接到旋转变压器 290 的初级绕组的示图,其中旋转变压器 290 的初级绕组不与干线输入隔离。如图 2 中所示,旋转变压器 290 包括初级绕组 291、次级绕组 192、初级绕组 291 的初级外壳 293 和次级绕组 292 的次级外壳 294。在图 2 所示的示图中,干线输入整流器 285 向驱动旋转变压器外壳 293 中的初级绕组 291 的高频逆变器 281 馈送,通过旋转变压器 290 中的寄生电容 286 (C1),287 (C2) 和 288 (C3) 提供以接地为基准的电流源。初级绕组 291 与外壳 293(其以接地底盘框架为基准)之间的电容提供由下列给出的电流  $i$  的路径:

$$[0039] \quad i = 2 \cdot n \cdot V \cdot f \cdot C \quad (1)$$

[0040] 在以上方程 (1) 中:

[0041]  $V$  = 施加电压或在全桥逆变器的情况下总线电压减去损失;

[0042]  $f$  = 逆变器的工作频率;以及

[0043]  $C$  = 绕组与框架或外壳之间的电容。

[0044] 到次级绕组 192 的上述耦合作用也提供为旋转结构充电的电流源并且对于次级侧的单故障情况需要到接地的高流电路径,废除了“非接触”功率传输的价值和概念。

[0045] 参考图 3,提供了隔离变压器 303 的更详细图示,将该隔离变压器显示成在逆变器输出与功率旋转变压器 310 的初级绕组之间操作。如图 3 中可见,旋转变压器 310 包括初级绕组 311、初级绕组 311 的初级外壳 313、次级绕组 312 和次级绕组 312 的次级外壳 314。

[0046] 如图 3 中所示,在到旋转变压器 310 的初级绕组 311 的主电源输入之间提供初级屏蔽板 315。初级屏蔽板 315 提供初级寄生电容 301 通过干线返回路径 313 返回主电源输

入的返回路径。图 3 中所示在隔离变压器 303 的次级绕组上接地的次级屏蔽板 302 通过将存在于初级屏蔽板 315 上的 360Hz 分量返回到逆变器的 PE 接地点而消除它,以免于其耦合到变压器 303 的次级绕组。

[0047] 高频隔离变压器 303 有效地消除了所有泄漏电流并且在包括但不限于下列的情况下提供安全条件:初级外壳 313 与初级绕组 311 之间的绝缘故障;初级/次级绕组 311/312 绝缘故障;或人与初级外壳 313 和/或次级外壳 314 接触。

[0048] 不同于图 2 中所示的非隔离配置,图 4 示出了耦合到隔离变压器 403 的分布式 AC/AC。隔离变压器 403 具有初级绕组 413 和次级绕组 414。也显示了开隙旋转变压器的初级绕组 404 和次级绕组 405。

[0049] 图 4 示出了到主电源的整流输入的一个管脚或到通过如图 4 中的参考数字 406 所示的中心电位的屏蔽板连接。当屏蔽板连接是到这样的低频点(例如大约 360Hz)时,向泄漏电流提供返回路径以减小到隔离变压器 403 的次级绕组 414 的传输能量(泄漏)。

[0050] 如图 4 中所示,隔离变压器 403 允许在变压器的初级上的多个绕组,其中多个绕组可以连接到多个逆变器中的预期的一些。这样,可以对逆变器的总输出求和为单输出,而不是直接地流电连接逆变器。

[0051] 图 4 中示出了升压逆变级的实施例。升压级 401 包括输入整流器 400,升压感应器 407,升压开关 409,和升压二极管 408。通过升压开关的 PWM 来控制升压级的输出电压。可以实现备选配置,其中重定位感应器位置到干线整流器的 AC 侧。

[0052] 在完成谐振半周期之前关闭开关元件的串联谐振逆变器在过谐振操作并且因此被称为“过谐振逆变器”。开关的关闭引导电流以传导通过互补开关的反并联二极管,从而允许它在零电压下开启。欠电流关闭需要快速的开关/二极管以减小关闭损耗,这是 FETs 的一个特征(场效应晶体管)。在更高功率水平,FET 的导通电阻是显著的并且限制功率处理能力。最近 IGBT(绝缘栅双极晶体管)技术的改进允许在更低电压( $< 1200V$ )和电流( $< 100$ )下成功地使用 IGBTs。然而,大功率装置( $1200V@600A$ )中的 IGBTs 限制了也可以在 50kHz 以上的开关频率下低损耗地操作的很高功率( $> 100kW$ )所需的类型的可用性。

[0053] 过谐振逆变器通过远离谐振移动到更高频率提供功率调节,所述更高频率为电路的 Q 值定义的谐振阻抗提供变化。高电压整流器的稳定性和速度的实际限制显著地限制了串联谐振系统的输出功率的动态范围。

[0054] 串联谐振电路的备选操作模式是欠谐振。在这样的系统中,在谐振能量循环通过开关的反并联二极管的同时,开关在半周期完成之后关闭,以允许装置在零电流下关闭。欠谐振逆变器在最小功率具有限制,原因是它们难以以不连续方式操作而不引入调节输出的显著波动。

[0055] 根据本公开文献的一个实施例,可变频率/相位逆变器利用与电源电路(非串联谐振)的变压器电感并联存在的负载电路中的反射电容从近谐振到过谐振工作。优点是在过谐振操作(低功率)的循环电流的减小,从而提供性能良好的功率级,其可以在中间逆变器周期停止操作(用于电弧控制),提供宽范围的输出功率并且消除对与主功率传送串联的高电流/电压电容器元件的需要。

[0056] 图 5 在没有逆变器电压源 501 的相移的情况下,示出了高功率、低频率谐振电流波形(一个或多个)500。如图 5 中所示,最大功率在谐振的同时导出,并且当频率增加时连续

减小。

[0057] 为了进一步扩展本公开文献中所述的功率传输系统的动态范围,在本公开文献的一个实施例中可以利用多相绕组的相位控制。高电压次级绕组可以具有与反射到初级侧的高电压输出级的寄生电容结合的寄生电容。它们减小甚至可以消除增加电容元件的需要。

[0058] 图 6 示出了带有在逆变器驱动电压 602 存在的相移的谐振电流波形 601。如图 6 中所示,减小了电流。在谐振频率的大约 2.5 倍处,改变在隔离变压器的初级的多相逆变器的定相,由此进一步减小了传输功率。以这种方式,可以在限制工作频率上限的同时实现零输出功率。另外,与在 HV 变压器的初级删除相反,优选地在逆变级或隔离变压器的初级侧删除和 / 或组合相移波形,由此防止在变压器绕组中产生的大循环电流。这些循环电流产生热,降低效率,并且限制功率传输系统的占空比。

[0059] 图 7 示出了用直接栅极驱动和双向监控通信的输送功率的非接触控制。与前面的图中相同,图 7 示出了旋转变压器 710,将其配置成在固定侧 730 与旋转侧 740 之间传输感应功率。在图 7 所示的实施例中,关键实时栅极驱动信号定时由控制回路电路 709 生成,并且将其提供给利用旋转变压器绕组 720 ( $T_A$ )、( $T_B$ ) 作为栅极驱动变压器的一部分的驱动电路 703、708。它们在所实施例中具有 1 : 1 的比率。不同比率可以用于不同实施例中。在该技术中,模拟信号中保存了两个栅极信号的定时用于脉冲宽度和相对相位。尽管在图 7 中显示了两个定时通道 720 ( $T_A$ )、( $T_B$ ),但是,定时通道的数量并不限于两个,并且可以在本公开文献的其他实施例中包括任何数量的定时通道。

[0060] 在所实施例中,固定和旋转元件之间的双向通信通道通过将很高频率的信号叠加在 720 的定时波形上而完成。通过使用调制器 701 和通过解调器 704 提取数据而将数据发送到旋转侧 740。通过滤波器 702 而去掉在栅极驱动信号上的很高频率的信号,并且将其直接提供给多个逆变器模块 705 的栅极驱动电路。该过程类似地用于使用调制器 707 和解调器 706 将数据发送到固定侧 730。

[0061] 之后,处理解调信号以提供非实时控制功能,包括但不限于诊断、状态和互锁特征。

[0062] 在所实施例中,通过包含在旋转变压器元件 720 ( $T_A$ ,  $T_B$ ) 内的耦合绕组发送实时栅极驱动控制信号和非实时数据。应当理解的是功率输送系统的控制并不限于上述技术,并且该传输机构可以在本公开文献的不同实施例中用于相同目的。

[0063] 图 8 示出了屏蔽旋转变压器的绕组 801 的静电屏蔽板 800。变压器的初级和次级绕组的电场产生辐射发射。旋转变压器的性质需要防止绕组被外壳屏蔽的间隙。在图 8 所示的实施例中可以看到,将非重叠箔屏蔽板 800 设在绕组 801 的暴露的表面上。该屏蔽板由导电箔和绝缘材料 803 组成和 / 或包括导电箔和绝缘材料 803。绝缘材料 803 的例子包括但不限于 2 毫米的聚酰亚胺 (Kapton) 层以防止“短路”。箔由适当材料组成以最小化涡电流。在本公开文献的不同实施例中可以包括不同类型的绝缘材料 803。高磁导率磁芯 806 可以围绕绕组 801。当使用上述隔离方法时,屏蔽板 800 的一侧连接到旋转变压器 (或环) 框架 802 或连接到备选返回路径,从而进一步减小辐射噪声。

[0064] 静电放电

[0065] 在该公开中所述的功率传输系统设计的各种方面为高速、无维护旋转式功率传输提供了一种有效解决方案。尽管用于功率传输的非接触布置是从现有设计消除电刷磨损的

理想特征,但是,可能出现对低力、非功率、非信号相关流电连接的需要。在没有流电路径的情况下(例如空气轴承配置)可能存在由于与空气的摩擦而在旋转元件上积累静电荷。

[0066] 图 9 示出了低力流电连接,或其它类型的静电放电器,其防止由于与空气的摩擦而在旋转耦合元件上累积的静电荷。在图 9 中,显示了固定环框架 902 和旋转环框架 903,其中旋转环框架 903 可围绕固定环框架 902 围绕旋转轴 910 旋转。诸如图 9 中所示的连接 901 的简单低力连接提供这样的流电路径,或其他类型的静电放电器。漏极元件(一个或多个)的取向使得由于围绕轴 910 旋转产生的向心力 911 提供所需的接触力。该设计的附加特征是通过消除通过轴承和座圈的微放电,增加使用传统轴承的类型的 CT 系统的轴承寿命,所述微放电会另外地减小轴承的使用寿命。

[0067] 应当理解的是功率输送系统的放电路径或“漏极线”并不限于流电连接或上述技术,并且在本公开文献的不同实施例中不同的传输机构可以用于相同目的。仅仅作为一个例子,在一个实施例中静电放电器可以是离子连接而不是流电连接。在该实施例中,可以采用离子源以便中和累积电荷。

[0068] 图 10 示出了也在图 1 中显示的非接触功率传输系统 1000 的系统电平图。非接触功率传输系统 1000 包括多个模块化逆变器 1010,其带有结合图 4 所述的类型的前置调节器。结合图 1 所示和所述的类型的多个屏蔽隔离变压器 1020 对这些模块化逆变器 1010 的输出(作为例子显示了三个)求和。将这些隔离变压器 1020 配置成驱动旋转变压器 1030。

[0069] 调节器 1040 隔离并且调节各种辅助输出。与主逆变器模块 1010 关联的旋转变压器 1030 的次级绕组连接到高电压模块(一个或多个)1070。非接触功率传输系统 1000 包括上述的静电屏蔽板和放电元件,带有集成实时栅极驱动和双向通信。

[0070] 在所示实施例中,将非接触功率传输系统 1000 配置成将功率输送到 x 射线管 1005。显示了 kV、mA 和丝极控制通信链路 1060。在将功率传输系统 1000 显示成用于 CT 系统的所示实施例中,控制通信链路 1060 与 CT 系统中的 CT 控制单元(一个或多个)通信,例如接收 CT 控制信息和生成状态信息。链路 1060 也与高电压模块 1070 通信,并且连接到旋转变压器 1030 的次级绕组。也显示逆变器控制通信单元 1050。该单元接收诊断状态和控制信息,并且将接收的信息传送到逆变器 1010。

[0071] 图 11 示出了利用图 1 中所示的非接触功率输送系统 100 的 CT 系统 1100 的系统电平图。如结合图 1 和 10 所解释的,功率输送系统 100 在固定侧 1170 与旋转侧 1171 之间传输功率。隔离变压器 1140 位于固定侧 1170 上。

[0072] 在常规 CT 系统中,通常将 x 射线源(典型地为 x 射线管)和 x 射线探测器阵列(一个或多个)安装在旋转扫描架上。在图 11 所示的 CT 系统 1100 中,将 x 射线管 1105 和数据获取系统 1110 置于旋转侧 1171。数据获取系统 1110 获取和处理 x 射线数据,在 x 射线横穿目标对象之后,当来自 x 射线管 1105 的 x 射线由数据获取系统中的 x 射线探测器阵列(一个或多个)检测到时生成所述 x 射线数据。通过接收器 1125,发射器 1120 将 x 射线数据传送到置于固定侧 1170 的 CT 图像重建单元 1130。CT 图像重建单元 1130 使用可以包括但不限于插值和反向投影的图像处理 and 重建算法使用从旋转侧 1171 传送到固定侧的 x 射线数据重建目标对象的断层成像图像。

[0073] 图 11 中所示的 CT 系统 1100 仅仅代表在其中可使用上述非接触功率输送系统的系统的一个例子。非接触功率输送系统可以用于需要在固定侧与旋转侧之间传输功率的任

何应用中。在本公开文献中公开的许多特征在功率输送系统中是有用的，并且总结如下。

[0074] 描述了一种装置，其使功率逆变系统的一个或多个输出与旋转变压器的初级绕组隔离。旋转变压器适于在至少一个固定元件与至少一个旋转元件之间耦合功率。将功率逆变系统配置成将输入功率提供给旋转变压器的初级绕组。所述装置包括隔离变压器，将所述隔离变压器配置成接收功率逆变系统的一个或多个输出的总和并且驱动旋转变压器的初级绕组。

[0075] 描述了一种通过旋转变压器控制功率的输送的控制系统，所述旋转变压器具有初级绕组和次级绕组，并且将其配置成在置于固定侧的固定耦合元件与置于旋转侧的旋转耦合元件之间传输功率。控制系统包括置于旋转侧的一个或多个控制元件。将控制元件配置成将定时信号提供给固定侧以便控制将输入功率提供给旋转变压器的初级绕组的一个或多个功率逆变级。

[0076] 将包括至少一个控制回路电路的控制元件置于旋转侧并且将其配置成控制来自旋转变压器的次级绕组的功率输送。将控制回路电路配置成关闭一个或多个输出功率变换器的预期和实际性能的反馈回路。输出功率变换器接收来自旋转变压器的传送功率，并且将所接收的功率变换到用于旋转耦合元件的预期范围。

[0077] 控制系统可以进一步包括耦合到控制回路电路的栅极驱动绕组，将所述栅极驱动绕组配置成将来自至少一些旋转耦合元件的实时栅极驱动波形传送到至少一些功率逆变级。

[0078] 描述了一种用于非接触功率输送系统的静电放电器，所述非接触功率输送系统在一个或多个固定耦合元件与一个或多个旋转耦合元件之间传输功率，将所述旋转耦合元件配置成相对于所述固定耦合元件旋转。将所述静电放电器配置成基本防止静电放电累积在旋转耦合元件的一个或多个上。

[0079] 在一个实施例中，所述静电放电器可以是旋转耦合元件与固定耦合元件之间的流电连接。

[0080] 描述了一种用于功率输送系统中的旋转变压器。所述旋转变压器在变压器的固定侧的固定耦合元件与变压器的旋转侧的旋转耦合元件之间传输功率。所述旋转变压器包括初级绕组和次级绕组。将所述旋转变压器的绕组配置成用于允许通过一个或多个耦合高频调制信号进行双向通信的双重用途。这样的双重用途可以包括通过绕组传送功率信号或定时信号的第一用途，和在固定侧与旋转侧之间提供双向通信的第二用途。

[0081] 总之，公开了一种隔离多通道、非接触、模块化旋转式功率传输系统，其包括耦合一个或多个固定元件与一个或多个旋转元件的分裂旋转变压器。隔离和求和变压器在多相配置中驱动旋转变压器的初级绕组，并且以响应负载条件的动态方式对固定功率元件求和。旋转变压器的次级绕组驱动选定旋转元件以产生调节功率的预期范围。提供旋转元件（一个或多个）的功率级和多个绕组的可变频率和相位控制的基于旋转的控制消除了传输到固定侧的高带宽数字化数据，提供输出功率的宽动态范围、高效率和快速上升时间。

[0082] 尽管描述了功率传输系统的某些实施例，应当理解的是在这些实施例中的隐含概念也可以用于其他实施例中。仅仅将本申请的保护范围限制到紧接之后的权利要求。

[0083] 在这些权利要求中，除非具体指出，以单数提到元件并非想要表示“一个和仅有一个”，而是表示“一个或多个”。清楚地将本领域的普通技术人员已知或者以后知道的该公开

文献全文中所述的各种实施例的元件的所有结构和功能等同物引用于此作为参考,并且希望由权利要求所包括。而且,并非意图将这里公开的任何内容专门用于公众,不管这样的公开内容是否清楚地叙述在权利要求中。不应当根据 35U. S. C. § 112 第 6 款的条款理解权利要求要素,除非该要素使用短语“用于 . . . . . 的装置”清楚地叙述,或者在方法权利要求的情况下,使用短语“用于 . . . . . 的步骤”叙述该要素。



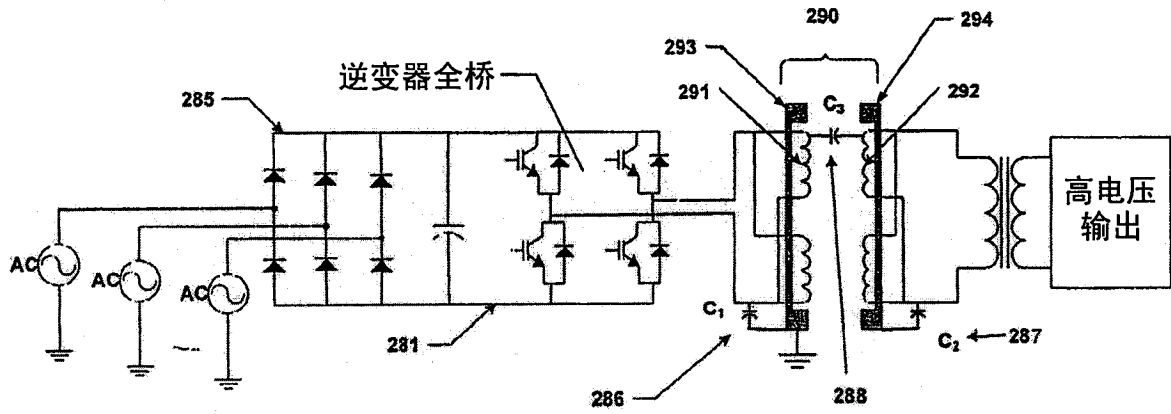


图 2

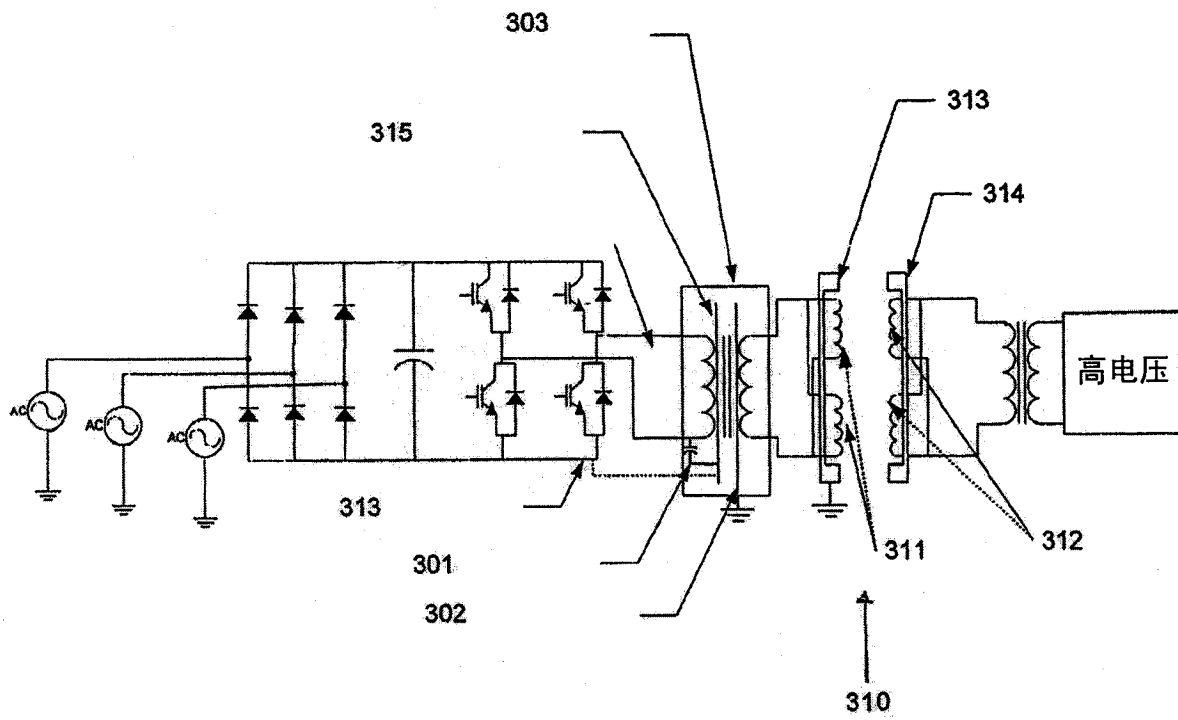


图 3

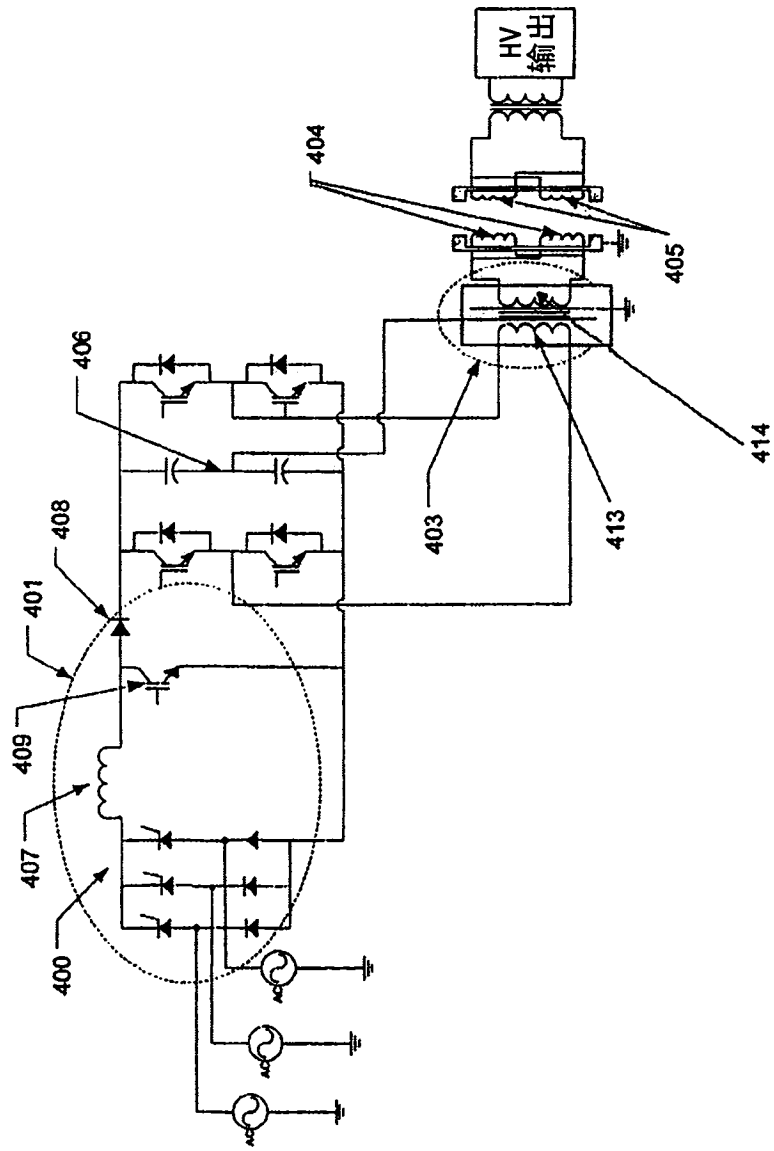


图 4

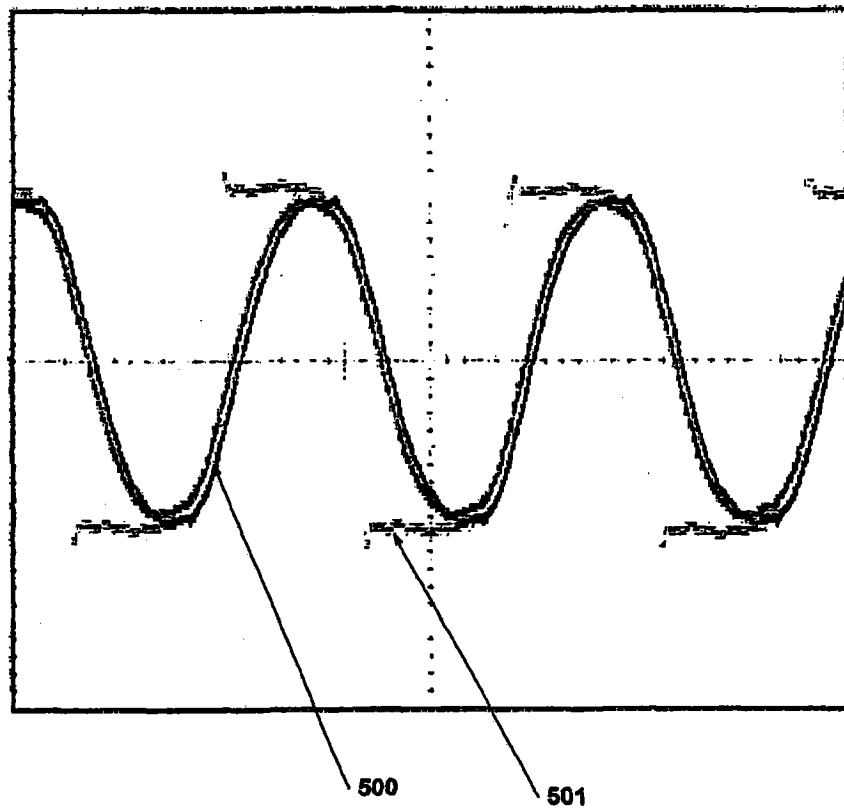


图 5

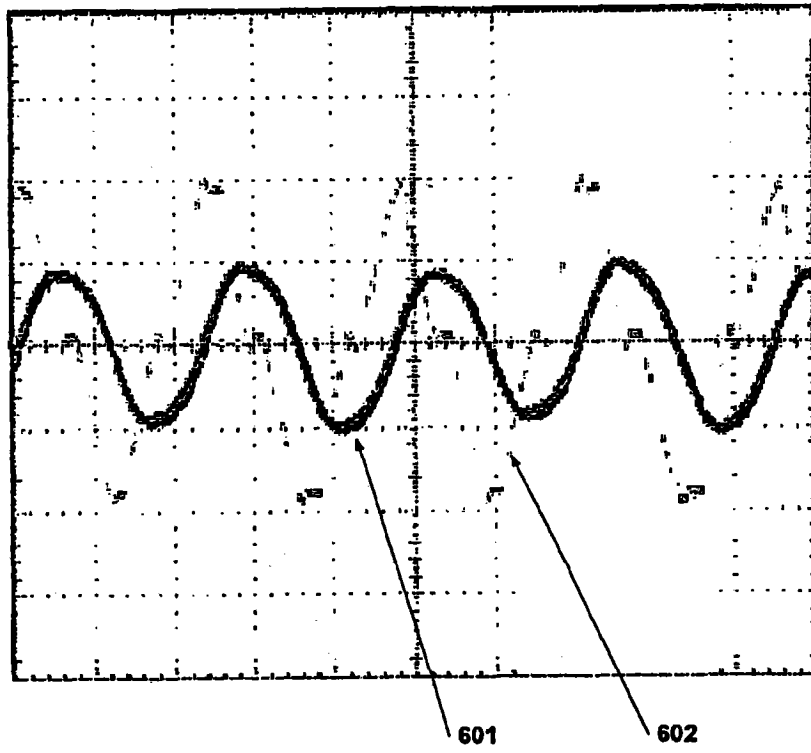


图 6

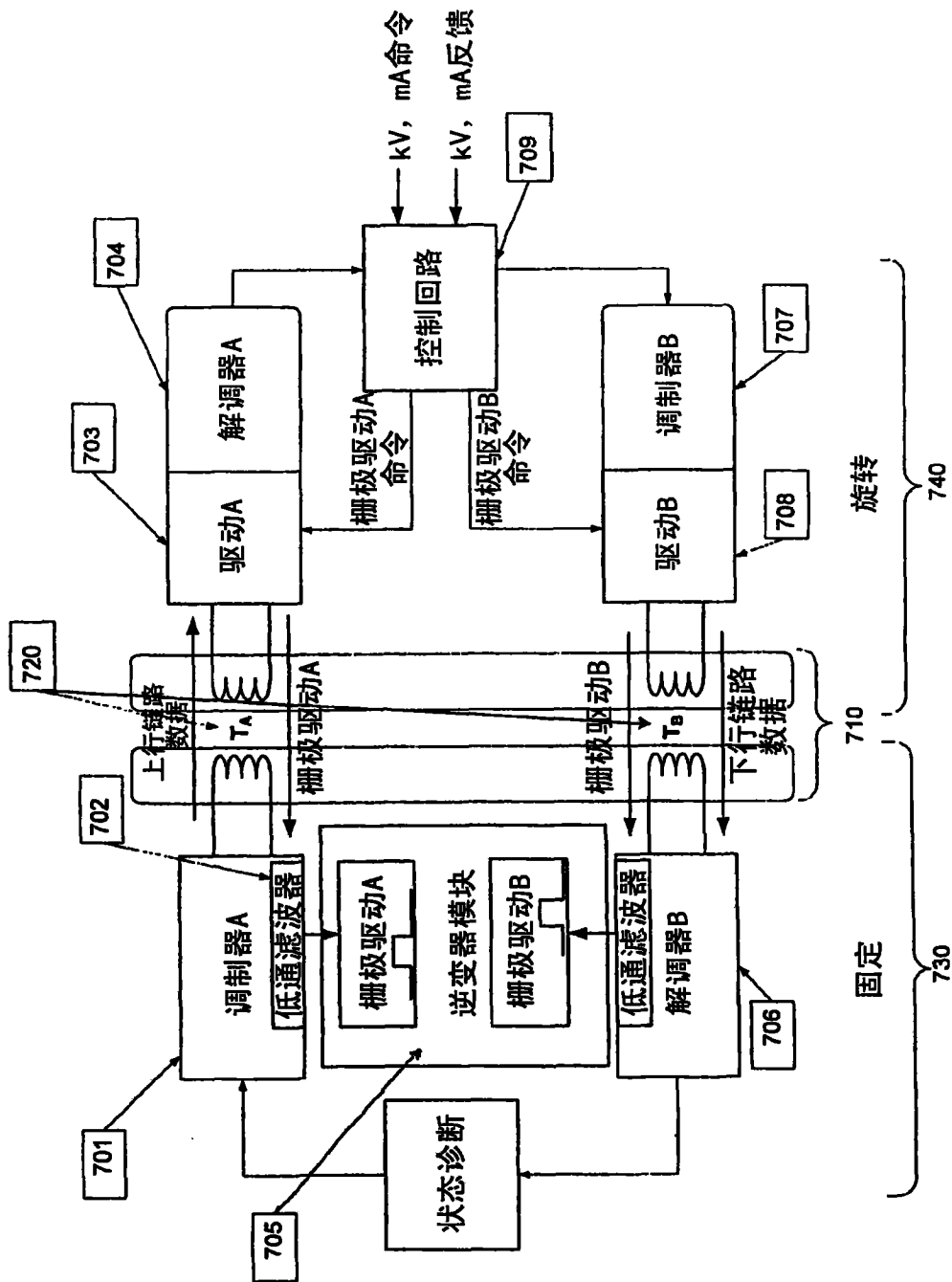


图 7

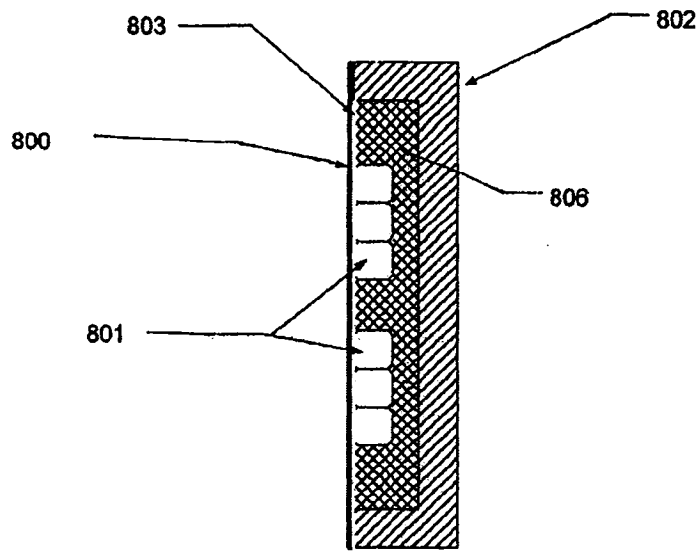


图 8

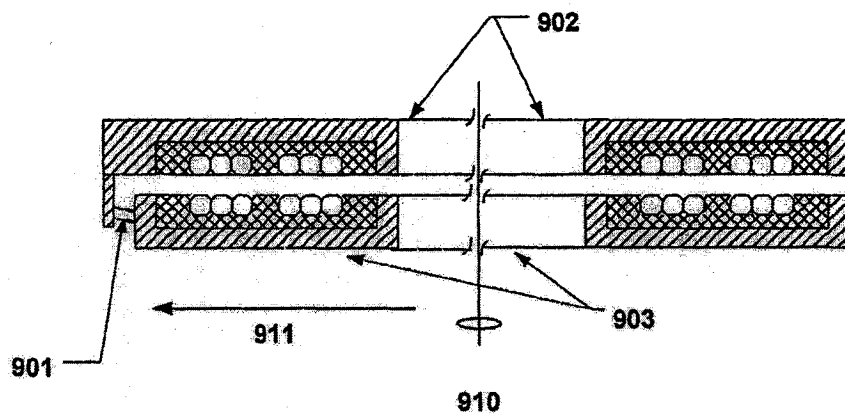


图 9

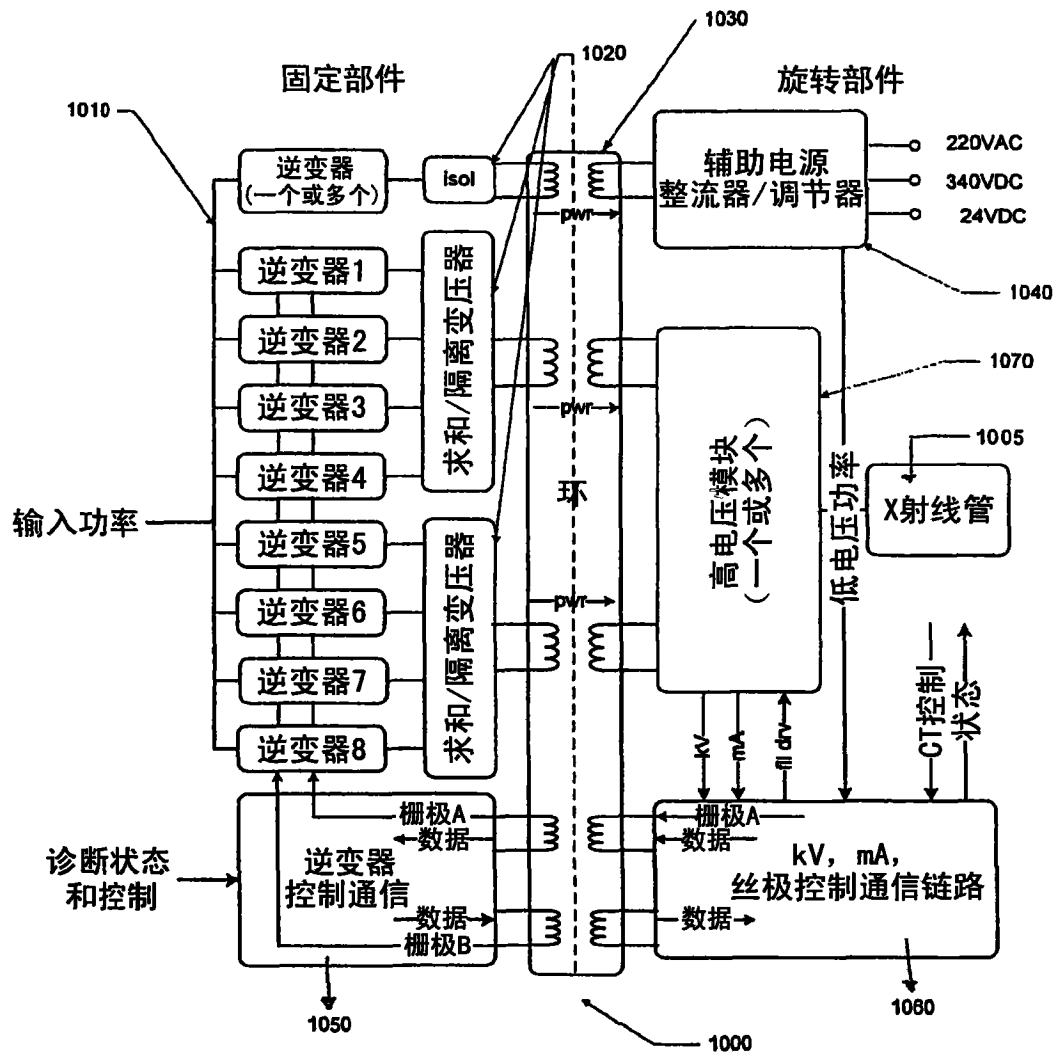


图 10

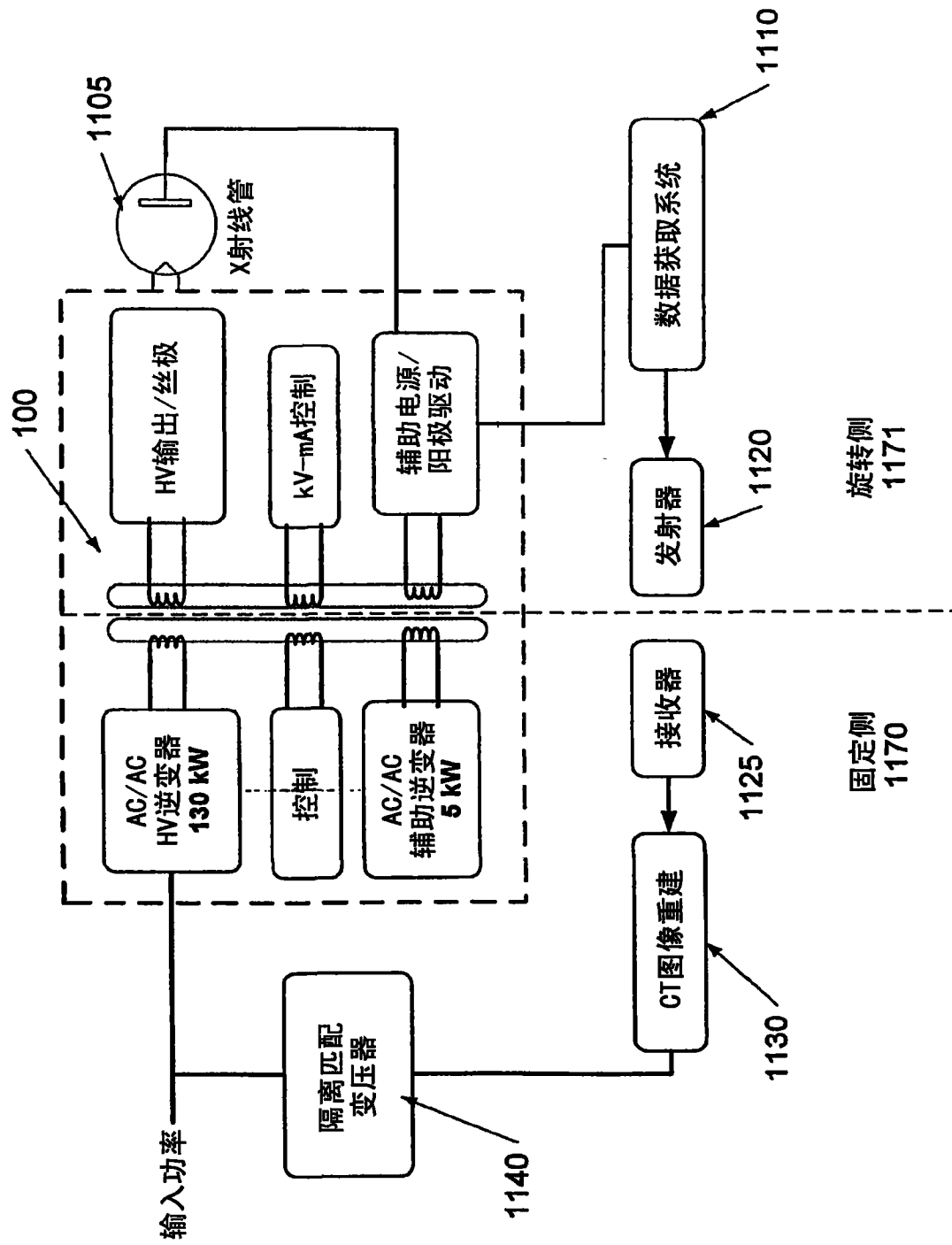


图 11