



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117439283 B

(45) 授权公告日 2025. 02. 25

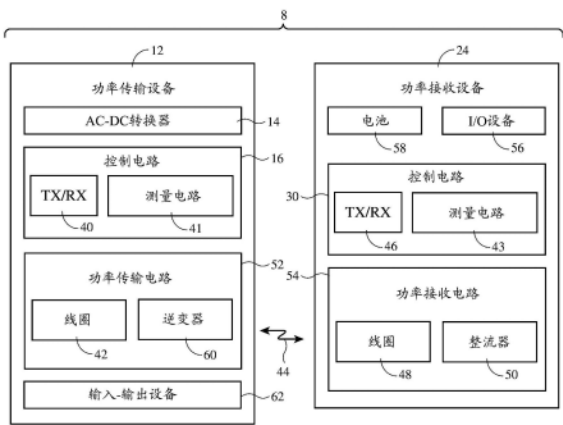
(21) 申请号 202311392703.9  
(22) 申请日 2022.01.26  
(65) 同一申请的已公布的文献号  
    申请公布号 CN 117439283 A  
(43) 申请公布日 2024.01.23  
(30) 优先权数据  
    63/143,704 2021.01.29 US  
    17/198,116 2021.03.10 US  
(62) 分案原申请数据  
    202210093022.1 2022.01.26  
(73) 专利权人 苹果公司  
    地址 美国加利福尼亚州  
(72) 发明人 A·L·施瓦兹 A·萨菲尔  
    S·C·特里 胡致远

(74) 专利代理机构 北京市汉坤律师事务所  
    11602  
    专利代理师 魏小微 吴丽丽  
(51) Int.Cl.  
    H02J 50/12 (2016.01)  
    H02J 50/80 (2016.01)  
    H02J 7/00 (2006.01)  
    H02M 1/00 (2007.01)  
(56) 对比文件  
    EP 3606284 A1, 2020.02.05  
    审查员 李承承

权利要求书5页 说明书11页 附图10页

(54) 发明名称  
    用于减轻无线功率系统中的饱和的方法和电路

(57) 摘要  
    本公开提供了用于减轻无线功率系统中的饱和的方法和电路。本公开提供了一种具有功率发射器的无线充电系统,该无线充电系统可以无线方式将功率传递到功率接收器。在一些操作条件下,无线功率接收器中可能出现屏蔽件饱和,诸如铁氧体结构的饱和。饱和可导致功率传递中的破坏性振荡。功率传输可以包括用于检测和减轻饱和的控制电路。



1. 一种用于无线功率传输设备的无线功率发射器的控制电路,所述无线功率发射器包括:

通信电路,所述通信电路被配置为耦接到所述无线功率发射器的无线功率传输线圈,所述通信电路还被配置为经由无线功率接收设备的无线功率接收器对无线传输的功率的一个或多个参数的调制而接收来自所述无线功率接收器的通信;

测量电路,所述测量电路被配置为耦接到所述无线功率传输线圈并且被配置为检测无线功率接收线圈的磁芯的饱和,其中所述测量电路被配置为通过检测以无线功率传输频率通过所述无线功率传输线圈的电流在交替循环中的升高的电流峰值来检测所述无线功率接收线圈的所述磁芯的饱和;以及

逆变器驱动电路,所述逆变器驱动电路被配置为响应于所述测量电路来操作所述无线功率发射器的逆变器以减轻所述磁芯的检测到的饱和。

2. 根据权利要求1所述的控制电路,其中所述逆变器驱动电路还被配置为响应于所述通信电路来操作所述逆变器以传递由所述无线功率接收器请求的功率水平。

3. 根据权利要求1所述的控制电路,其中所述逆变器驱动电路被配置为响应于所述测量电路来操作所述逆变器,以通过降低所述逆变器的输出功率来减轻所述磁芯的检测到的饱和。

4. 根据权利要求3所述的控制电路,其中降低所述逆变器的输出功率包括以下项中的至少一者:

减小提供给所述逆变器的驱动信号的相位;

降低逆变器供应电压;或

以非对称切换方案操作所述逆变器。

5. 根据权利要求4所述的控制电路,其中所述非对称切换方案包括减小正半周期的接通时间。

6. 根据权利要求1所述的控制电路,其中所述测量电路被配置为通过在与所述无线功率传输频率的一部分相对应的频带中测量包括所述无线功率传输线圈和电容器的谐振槽中的能量来检测所述磁芯在频域中的饱和。

7. 根据权利要求6所述的控制电路,其中所述无线功率传输频率的所述一部分与所述无线功率传输频率的分谐波相对应。

8. 根据权利要求6所述的控制电路,其中所述一部分是所述无线功率传输频率的一半。

9. 根据权利要求1所述的控制电路,其中所述测量电路包括具有带通滤波器然后是能量积分器的频率选择性能量计算块。

10. 根据权利要求1所述的控制电路,其中所述测量电路包括快速傅立叶变换块。

11. 根据权利要求6所述的控制电路,其中所述测量电路将被测量的能量与阈值进行比较,所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的频带中的能级的百分比,其中如果被测量的能量超过所述阈值则检测到饱和,并且如果被测量的能量不超过所述阈值则未检测到饱和。

12. 根据权利要求11所述的控制电路,其中所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的所述频带中的所述能级的在1%与10%之间的百分比。

13. 根据权利要求12所述的控制电路,其中所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率

传输频率相对应的所述频带中的所述能级的在1%与5%之间的百分比。

14. 根据权利要求13所述的控制电路,其中所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的所述频带中的所述能级的2%。

15. 根据权利要求1所述的控制电路,其中所述测量电路通过测量在所述无线功率传输频率的两个或更多个循环上的峰-谷逆变器电流来检测所述磁芯在时域中的饱和。

16. 根据权利要求15所述的控制电路,其中测量在所述无线功率传输频率的两个或更多个循环上的峰-谷逆变器电流包括:

计算第一 $\Delta$ 值作为所述逆变器电流在第一循环上的峰与谷之间的差;

计算第二 $\Delta$ 值作为所述逆变器电流在第二循环上的峰与谷之间的差;以及

如果所述第一 $\Delta$ 值和所述第二 $\Delta$ 值中的最大 $\Delta$ 值或所述第一 $\Delta$ 值和所述第二 $\Delta$ 值在两个或更多个循环上的方差超过阈值,则检测到饱和;或者

如果所述最大 $\Delta$ 值或所述第一 $\Delta$ 值和所述第二 $\Delta$ 值在两个或更多个循环上的方差不超过所述阈值,则未检测到饱和。

17. 根据权利要求6所述的控制电路,其中所述测量电路还被配置为通过使用所述电容器上的DC电压来检测所述磁芯的饱和。

18. 根据权利要求1所述的控制电路,其中所述测量电路仅响应于多个连续的饱和检测事件而检测到所述磁芯的饱和。

19. 一种操作无线功率传输设备的无线功率发射器的方法,所述无线功率发射器具有包括无线功率传输线圈和电容器的谐振槽、以无线功率传递频率驱动所述谐振槽以经由无线功率接收设备的无线功率接收器的无线功率接收线圈向所述无线功率接收器传递功率的逆变器、以及控制电路,所述方法被所述控制电路执行并且包括:

经由耦接到所述无线功率传输线圈的通信电路接收来自所述无线功率接收器的通信,所述无线功率传输线圈检测由所述无线功率接收器对无线传递的功率的一个或多个参数的调制;

使用耦接到所述无线功率发射线圈的测量电路来检测所述无线功率接收线圈的磁芯的饱和,其中所述测量电路被配置为通过检测以无线功率传输频率通过所述无线功率传输线圈的电流在交替循环中的升高的电流峰值来检测所述无线功率接收线圈的所述磁芯的饱和;以及

响应于所述测量电路使用逆变器驱动电路来操作所述逆变器以减轻所述磁芯的检测到的饱和。

20. 根据权利要求19所述的方法,还包括响应于所述通信电路来使用逆变器驱动电路操作所述逆变器以传递由所述无线功率接收器请求的功率水平。

21. 根据权利要求19所述的方法,其中响应于所述测量电路来操作逆变器驱动电路以减轻所述磁芯的检测到的饱和包括降低所述逆变器的输出功率。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中降低所述逆变器的输出功率还包括以下项中的至少一者:

减小提供给所述逆变器的驱动信号的相位;

降低逆变器供应电压;或

以非对称切换方案操作所述逆变器。

23. 根据权利要求22所述的方法, 其中以所述非对称切换方案操作所述逆变器包括减小正半周期的接通时间。

24. 根据权利要求19所述的方法, 其中检测以所述无线功率传输频率通过所述无线功率传输线圈的电流在交替循环中的升高的电流峰值还包括在与所述无线功率传输频率的一部分相对应的频带中测量所述谐振槽中的能量。

25. 根据权利要求24所述的方法, 其中所述无线功率传输频率的所述一部分与所述无线功率传输频率的分谐波相对应。

26. 根据权利要求24所述的方法, 其中所述一部分是所述无线功率传输频率的一半。

27. 根据权利要求19所述的方法, 其中检测以所述无线功率传输频率通过所述无线功率传输线圈的电流在交替循环中的升高的电流峰值还包括:

将被测量的能量与阈值进行比较, 所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的频带中的能级的百分比; 以及

如果被测量的能量超过所述阈值则检测到饱和, 并且如果被测量的能量不超过所述阈值则未检测到饱和。

28. 根据权利要求27所述的方法, 其中所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的所述频带中的所述能级的在1%与10%之间的百分比。

29. 根据权利要求28所述的方法, 其中所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的所述频带中的所述能级的在1%与5%之间的百分比。

30. 根据权利要求29所述的方法, 其中所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的所述频带中的所述能级的2%。

31. 根据权利要求19所述的方法, 其中检测以所述无线功率传输频率通过所述无线功率传输线圈的电流在交替循环中的升高的电流峰值还包括通过测量在所述无线功率传输频率的两个或更多个循环上的峰-谷逆变器电流来检测所述磁芯在时域中的饱和。

32. 根据权利要求31所述的方法, 其中测量在所述无线功率传输频率的两个或更多个循环上的峰-谷逆变器电流还包括:

计算第一 $\Delta$ 值作为所述逆变器电流在第一循环上的峰与谷之间的差;

计算第二 $\Delta$ 值作为所述逆变器电流在第二循环上的峰与谷之间的差; 以及

如果所述第一 $\Delta$ 值和所述第二 $\Delta$ 值中的最大 $\Delta$ 值或所述第一 $\Delta$ 值和所述第二 $\Delta$ 值在两个或更多个循环上的方差超过阈值, 则检测到饱和; 或者

如果所述最大 $\Delta$ 值或所述第一 $\Delta$ 值和所述第二 $\Delta$ 值在两个或更多个循环上的方差不超过所述阈值, 则未检测到饱和。

33. 根据权利要求19所述的方法, 其中使用耦接到所述无线功率传输线圈的测量电路来测量所述无线功率传输线圈的磁芯的饱和还包括通过使用所述电容器上的DC电压来检测所述磁芯的饱和。

34. 根据权利要求19所述的方法, 还包括仅响应于多个连续的饱和检测事件而检测到所述磁芯的饱和。

35. 一种无线功率传输设备的无线功率发射器, 所述无线功率发射器包括:

谐振槽, 所述谐振槽包括无线功率传输线圈和电容器;

逆变器, 所述逆变器以无线功率传输频率驱动所述谐振槽, 以经由无线功率接收设备

的无线功率接收器的无线功率接收线圈向所述无线功率接收器传输功率；

控制电路,所述控制电路还包括:

通信电路,所述通信电路耦接到所述无线功率传输线圈,

被配置为经由所述无线功率接收器对无线传输的功率的一个或多个参数的调制而接收来自所述无线功率接收器的通信;

测量电路,所述测量电路耦接到所述无线功率传输线圈,所述测量电路检测所述无线功率接收线圈的磁芯的饱和,其中所述测量电路通过检测以所述无线功率传输频率通过所述无线功率传输线圈的电流在交替循环中的升高的电流峰值来检测所述无线功率接收线圈的所述磁芯的饱和;以及

逆变器驱动电路,所述逆变器驱动电路响应于所述测量电路来操作所述逆变器以减轻所述磁芯的检测到的饱和。

36. 根据权利要求35所述的无线功率发射器,其中所述逆变器驱动电路还响应于所述通信电路来操作所述逆变器以传递由所述无线功率接收器请求的功率水平。

37. 根据权利要求35所述的无线功率发射器,其中所述逆变器驱动电路响应于所述测量电路来操作所述逆变器,以通过降低所述逆变器的输出功率来减轻所述磁芯的检测到的饱和。

38. 根据权利要求37所述的无线功率发射器,其中降低所述逆变器的输出功率包括以下项中的至少一者:

减小提供给所述逆变器的驱动信号的相位;

降低逆变器供应电压;或

以非对称切换方案操作所述逆变器。

39. 根据权利要求38所述的无线功率发射器,其中所述非对称切换方案包括减小正半周期的接通时间。

40. 根据权利要求35所述的无线功率发射器,其中所述测量电路通过在与所述无线功率传输频率的一部分相对应的频带中测量所述谐振槽中的能量来检测所述磁芯在频域中的饱和。

41. 根据权利要求40所述的无线功率发射器,其中所述无线功率传输频率的所述一部分与所述无线功率传输频率的分谐波相对应。

42. 根据权利要求40所述的无线功率发射器,其中所述一部分是所述无线功率传输频率的一半。

43. 根据权利要求35所述的无线功率发射器,其中所述测量电路包括具有带通滤波器然后是能量积分器的频率选择性能量计算块。

44. 根据权利要求35所述的无线功率发射器,其中所述测量电路包括快速傅立叶变换块。

45. 根据权利要求35所述的无线功率发射器,其中所述测量电路将被测量的能量与阈值进行比较,所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的频带中的能级的百分比,其中如果被测量的能量超过所述阈值则检测到饱和,并且如果被测量的能量不超过所述阈值则未检测到饱和。

46. 根据权利要求45所述的无线功率发射器,其中所述阈值是所述谐振槽在与所述无

线功率传输频率相对应的所述频带中的所述能级的在1%与10%之间的百分比。

47. 根据权利要求46所述的无线功率发射器,其中所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的所述频带中的所述能级的在1%与5%之间的百分比。

48. 根据权利要求47所述的无线功率发射器,其中所述阈值是所述谐振槽在与所述无线功率传输频率相对应的所述频带中的所述能级的2%。

49. 根据权利要求35所述的无线功率发射器,其中所述测量电路通过测量在所述无线功率传输频率的两个或更多个循环上的峰-谷逆变器电流来检测所述磁芯在时域中的饱和。

50. 根据权利要求49所述的无线功率发射器,其中测量在所述无线功率传输频率的两个或更多个循环上的峰-谷逆变器电流包括:

计算第一 $\Delta$ 值作为所述逆变器电流在第一循环上的峰与谷之间的差;

计算第二 $\Delta$ 值作为所述逆变器电流在第二循环上的峰与谷之间的差;以及

如果所述第一 $\Delta$ 值和所述第二 $\Delta$ 值中的最大 $\Delta$ 值或所述第一 $\Delta$ 值和所述第二 $\Delta$ 值在两个或更多个循环上的方差超过阈值,则检测到饱和;或者

如果所述最大 $\Delta$ 值或所述第一 $\Delta$ 值和所述第二 $\Delta$ 值在两个或更多个循环上的方差不超过所述阈值,则未检测到饱和。

51. 根据权利要求35所述的无线功率发射器,其中所述测量电路通过使用所述电容器上的DC电压来检测所述磁芯的饱和。

52. 根据权利要求35所述的无线功率发射器,其中所述测量电路仅响应于多个连续的饱和检测事件而检测到所述磁芯的饱和。

## 用于减轻无线功率系统中的饱和的方法和电路

[0001] 本申请是申请日为2022年1月26日、申请号为202210093022.1、名称为“用于减轻无线功率系统中的饱和的方法和电路”的发明专利申请的分案申请。

[0002] 本申请要求于2021年3月10日提交的美国专利申请第17/198,116号的优先权,并且要求于2021年1月29日提交的美国临时专利申请第63/143,704号的优先权,这些专利申请在此通过引用将其全部内容并入本文。

### 技术领域

[0003] 本公开整体涉及功率系统,并且更具体地,涉及用于给电子设备充电的无线功率系统。

### 背景技术

[0004] 在无线充电系统中,无线功率传输设备诸如充电垫以无线方式向无线功率接收设备诸如电池提供功率的便携式电子设备传输功率。无线功率传输设备具有产生电磁通量的线圈。无线功率接收设备具有线圈和整流器电路,该线圈和整流器电路使用由发射器产生的电磁通量来产生直流功率,该直流功率可以用于对电池提供功率的便携式电子设备中的电负载提供功率。设计无线充电系统可能是具有挑战性的。

### 附图说明

[0005] 图1A是根据一些实施方案的包括无线功率传输设备和无线功率接收设备的例示性无线充电系统的框图。

[0006] 图1B是根据一些实施方案的例示性无线功率接收设备的分解图。

[0007] 图2是根据一些实施方案的无线功率传输和接收电路的电路示意图。

[0008] 图3是示出根据一些实施方案的由饱和引起的配合电感降低的图。

[0009] 图4是示出根据一些实施方案的存在饱和情况和不饱和情况的无线功率传输设备中的传输线圈电流的行为的时序图。

[0010] 图5是根据一些实施方案的用于执行功率斜线上升的例示性步骤的流程图。

[0011] 图6是根据一些实施方案的用于执行饱和检测和减轻的例示性步骤的流程图。

[0012] 图7是根据一些实施方案的驱动谐振电路的逆变器的电路图。

[0013] 图8A是示出根据一些实施方案的具有180°相移和对称切换占空比的逆变器输出的时序图。

[0014] 图8B是示出根据一些实施方案的具有180°相移和非对称占空比的逆变器输出的时序图。

[0015] 图8C是示出根据一些实施方案的具有90°相移和非对称占空比的逆变器输出的时序图。

## 具体实施方式

[0016] 本发明公开了一种无线功率系统,该无线功率系统包括无线功率传输设备。无线功率传输设备将功率无线地传输到一个或多个无线功率接收设备。无线功率接收设备可以包括电子设备,诸如腕表、蜂窝电话、平板电脑、膝上型计算机、耳塞、用于耳塞和其他设备的电池盒、平板电脑触笔(笔)和其他输入-输出设备、可穿戴设备、或其他电子装备。无线功率传输设备可以是电子设备,诸如无线充电垫或圆盘、平板电脑或具有无线功率传输电路的其它电池提供功率的电子设备,或其它无线功率传输设备。无线功率接收设备使用来自无线功率传输设备的功率用于对内部部件提供功率以及用于为内部电池充电。由于传输的无线功率通常用于为内部电池充电,因此无线功率传输操作有时被称为无线充电操作。

[0017] 图1A中示出例示性无线功率系统,有时称为无线充电系统。如图1A所示,无线功率系统8包括无线功率传输设备(诸如无线功率传输设备12),并且包括无线功率接收设备(诸如无线功率接收设备24)。无线功率传输设备12包括控制电路16。无线功率接收设备24包括控制电路30。在系统8中的控制电路,诸如控制电路16和控制电路30用于控制系统8的操作。此控制电路可包括与微处理器、功率管理单元、基带处理器、应用处理器、数字信号处理器、微控制器、电池充电器和/或具有处理电路的专用集成电路相关联的处理电路。处理电路在设备12和24中实现期望的控制和通信特征。

[0018] 例如,处理电路能够用于选择无线功率线圈、确定功率传输水平(level)、处理传感器数据和其他数据、处理用户输入、处置在设备12和24之间的协商、发送和接收带内和带外数据、进行测量,以及以其他方式控制系统8的操作。又如,处理电路可以包括一个或多个处理器,诸如应用处理器,其用于运行软件,诸如互联网浏览应用、互联网协议语音(VOIP)、电话呼叫应用、电子邮件应用、媒体回放应用、操作系统功能、用于控制一个或多个处理器何时唤醒的电源管理功能、游戏应用、地图、即时消息应用、支付应用、日历应用、通知/提醒应用等。

[0019] 系统8中的控制电路可被配置为使用硬件(例如,专用硬件或电路)、固件和/或软件在系统8中执行操作。用于在系统8中执行操作的软件代码存储在控制电路8中的非暂态计算机可读存储介质(例如,有形计算机可读存储介质)上。该软件代码可有时被称为软件、数据、程序指令、指令或代码。非暂态计算机可读存储介质可包括非易失性存储器诸如非易失性随机存取存储器(NVRAM)、一个或多个硬盘驱动器(例如,磁盘驱动器或固态驱动器)、一个或多个可移动闪存驱动器、或其他可移动介质等。存储在非暂态计算机可读存储介质上的软件可在控制电路16和/或30的处理电路上执行。处理电路可包括具有处理电路的专用集成电路、一个或多个微处理器诸如应用处理器、中央处理单元(CPU)、或其他处理电路。

[0020] 无线功率传输设备12可以是独立的功率适配器(例如,包括功率适配器电路的无线充电垫或圆盘),可以是通过缆线耦合到功率适配器或其它设备的无线充电垫或圆盘,可以是电池提供功率的电子设备(手机、平板电脑、膝上型计算机、可移除机箱),可以是已经结合到家具、交通工具或其它系统中的装备,或可以是其它无线功率传递装备。其中无线功率传输设备12是无线充电垫或电池提供功率的电子设备的例示性配置在本文中有时作为示例进行描述。

[0021] 无线功率接收设备24可以是便携式电子设备,诸如腕表、蜂窝电话、膝上型计算机、平板电脑、附件诸如耳塞、平板电脑输入设备诸如无线平板电脑触笔(笔)、电池盒、或其



它电子装备。无线功率传输设备12可以包括一个或多个输入-输出设备62(例如,结合输入-输出设备56描述的输入设备和/或输出设备)或可以省略输入-输出设备62(例如,以降低设备复杂性)。无线功率传输设备12可耦合到壁装插座(例如,交流功率源),可具有用于供应功率的电池,和/或可具有另一个功率源。设备12可具有交流(AC)-直流(DC)功率转换器,诸如AC-DC功率转换器14,用于将来自壁装插座或其它功率源的AC功率转换成DC功率。

[0022] 在一些配置中,AC-DC功率转换器14可以设置在与设备12的壳体(例如,无线充电圆盘壳体或电池提供功率的电子设备壳体)分离的壳体(例如,功率砖壳体)中,并且电缆可以用于将DC功率从功率转换器耦合到设备12。DC功率可用于为控制电路16供电。在操作期间,控制电路16中的控制器可使用功率传输电路52来向设备24的功率接收电路54传输无线功率。功率传输电路52可具有切换电路(例如,由晶体管形成的逆变器电路60),所述切换电路基于由控制电路16提供的控制信号而接通或截止,以形成通过一个或多个传输线圈42的AC电流信号。线圈42可被布置成平面线圈阵列(例如,在设备12为无线充电垫的配置中)或可被布置用于形成线圈簇(例如,在设备12为无线充电盘的配置中)。在一些布置方式中,设备12(例如,充电垫、圆盘、电池提供功率的设备等)可仅具有单个线圈。在其他布置方式中,无线充电设备12可以具有多个线圈(例如,两个或更多个线圈、5-10个线圈、至少10个线圈、10-30个线圈、少于35个线圈、少于25个线圈或其它合适数量的线圈)。

[0023] 当AC电流通过一个或多个线圈42时,线圈42响应于AC电流信号产生电磁场信号44。电磁场信号(有时称为无线功率信号)44然后可感应出对应的AC电流以在功率接收设备24中的一个或多个附近接收器线圈诸如线圈48中流动。当交流电磁场被线圈48接收时,在线圈48中感应出对应的交流电流。整流器电路诸如整流器50(其包含整流部件,诸如布置在桥式网络中的同步整流金属氧化物半导体晶体管)将从线圈48接收的AC信号(与电磁场44相关联的接收的交流信号)转换成DC电压信号以用于对设备24中的负载提供功率,诸如对应用处理器提供功率以及给设备中的电池充电。这种无线功率传递原理可以称为无线功率信号的发送和接收。

[0024] 由整流器50产生的DC电压可以被用于为储能设备诸如对电池58提供功率,并且可以被用于对设备24中的其它部件提供功率。例如,设备24可以包括输入-输出设备56诸如显示器、触摸传感器、通信电路、音频部件、传感器、产生由平板电脑或具有触摸传感器(例如,用于提供触笔输入等)的其他设备中的触摸传感器感测的电磁信号的部件、以及其他部件,并且其它部件和这些部件可以由整流器50产生的DC电压结合其它可用能量源诸如电池58产生的DC电压提供功率。

[0025] 在无线功率传输操作期间,电路52以给定的功率传输频率向一个或多个线圈42供应AC驱动信号诸如AC电流信号。功率传输频率有时被称为载波频率、功率载波频率、驱动频率或逆变器切换频率 $F_s$ 。逆变器切换频率 $F_s$ 可以是例如约125kHz、约128kHz、约200kHz、约326kHz、约360kHz、至少80kHz、至少100kHz、小于500kHz、小于300kHz或其他合适的无线功率频率的预定频率。在无线功率联盟建立的Qi无线充电标准下运行的设备通常在110kHz-205kHz或80kHz-300kHz之间运行。在一些配置中,切换频率 $F_s$ 在设备12与设备24之间的通信中进行协商。在其它配置中,功率传输频率可以是固定的。

[0026] 控制电路16还可以包括外部对象测量电路41,该外部对象测量电路被配置为检测设备12的充电表面上的外部对象并且进行其它期望的测量,诸如电流测量、电压测量、功率

测量和/或能量测量。测量电路41可以检测对象邻接设备12的指示。测量电路41可以有助于检测附近对象是否与无线充电操作兼容,或者如果附近对象可能是外来对象,诸如线圈、回形针、硬币和其他对感应场有反应但与无线充电不兼容的大致金属对象。

[0027] 图1B示出功率接收设备24的分解图。如图1B所示,示例性功率接收设备24包括设备外壳诸如外壳层300、无线功率线圈48、屏蔽层302和304、电池58、显示器306和覆盖层,诸如设置在显示器306上的覆盖玻璃308。设备外壳300和覆盖玻璃308分别用作下外部保护层和上外部保护层。尽管未明确示出,但是附加部件诸如通信、存储装置和处理部件包括在设备24的堆叠内。设备(诸如设备24)中的部件的布置方式可以变化。

[0028] 设备24内的电子部件受到信号干扰。屏蔽层302可以是配置为抑制电磁干扰的金属屏蔽件。这种类型的屏蔽层302可以由材料诸如铜、镍、银、金、其它金属、这些材料的组合或抑制无线电频率的信号的其他合适的导电材料形成,并且有时可以称为射频屏蔽件或电子屏蔽件。

[0029] 屏蔽层304引导相对较低频率的磁场,以用作从无线功率发射器接收的电磁通量的导向装置。层304是可以充当磁性屏蔽件的磁性材料层(即,层304可以阻挡磁通量并且可以具有500或更大、1000或更大或其它合适值的相对磁导率)。可用于形成磁性屏蔽层304的材料示例是铁氧体。可用于形成磁性屏蔽层304的材料另一示例是高磁导率镍-铁磁性合金,其有时被称为特殊金属或坡莫合金。可用于形成磁性屏蔽层304的材料另一示例是铁基纳米晶体材料。

[0030] 根据一些实施方案,功率传输设备12可以包括一个或多个磁体,该一个或多个磁体可以促进功率接收设备24内的屏蔽结构中的某些特征条件。如图1B所示,功率接收设备24可以包括屏蔽层304。在无线功率传输期间,逆变器60可以驱动AC电流信号通过线圈42。流经线圈42的AC电流感应AC磁通量,该AC磁通量可以增加与设备12内的磁体相关联的DC磁通量。传输设备12处的AC磁通量和DC磁通量的组合可以导致特征条件,例如屏蔽件304处的饱和。当施加的磁场的增加无法进一步增加材料的磁化时发生饱和。饱和也可以在具有高磁性饱和或高AC通量的铁氧体或纳米晶体材料处发生。饱和(例如,磁性饱和或磁通量饱和)可以引起设备12与设备24之间的配合电感的量的减少,从而影响无线充电性能。图3示出由饱和引起的配合电感的降低。图3绘制配合电感值 $L_{TX}$ 根据流经无线功率传输线圈42的电流 $I_{TX}$ 变化的曲线。如曲线110所示,由于饱和而导致的配合电感值的减小转换为电流 $I_{TX}$ 的增加。

[0031] 图4是示出存在饱和情况和不饱和情况的传输线圈电流 $I_{TX}$ 的行为的时序图。波形120表示电流 $I_{TX}$ 在不饱和时的行为,而波形122表示电流 $I_{TX}$ 在饱和时的行为。如图4所示,波形120以逆变器切换频率 $F_s$ 来回切换,周期 $T_s$ 等于 $F_s$ 的倒数(例如,持续时间 $T_s$ 等于功率载波频率的倒数)。波形120从循环到循环具有相对稳定的峰和谷,这在基本切换频率 $F_s$ 处产生期望能级。

[0032] 相比之下,由于饱和和配合电感的降低,波形122每隔一个循环表现出高得多的峰值电流水平(如升高的峰值124所示)。波形122每隔一个循环恢复到相对较低的峰值电流水平(如降低的峰值126所示)。因此,波形122在周期为 $2 \cdot T_s$ 的切换频率的一半 $F_s/2$ 处表现出显著更高的能级。这种在切换频率 $F_s$ 的某一分数,特别是 $F_s$ 的分谐波处存在较高能级的现象指示饱和。

[0033] 返回参考图2,测量电路41可以包括外来对象检测(FOD)电路诸如FOD电路100和/或饱和检测电路诸如饱和检测电路102。饱和检测电路102可包括能量测量电路,该能量测量电路被配置为测量表示谐振槽在各种频带处的能级的值,以确定是否已经发生饱和以及因此而导致的振荡。饱和检测电路102还可以被配置为测量电容器70上的DC电压。电容器70上的非零DC电压不一定暗示饱和,但饱和将导致电容器70上的非零DC偏置电压。

[0034] 可以在功率接收设备24内发生的铁氧体或其它磁性饱和及所得振荡可能导致通信在设备12与设备24之间失效。如上所述,当传输的电磁通量变得足够高以诱导功率接收设备24中的饱和时,发生振荡。在典型的无线充电系统中,在启动时,传输功率将开始从低功率水平斜线上升到目标功率水平。当传输功率水平斜线上升时,可能发生饱和(和特征振荡)。可能在功率斜线上升阶段之后出现或重新出现饱和,例如,如果无线功率接收器在功率传递期间相对于无线功率发射器移动。当某些环境或操作条件诸如温度变化时也可以发生这种情况。

[0035] 图5是用于执行功率斜线上升操作的例示性步骤的流程图。在步骤130处,可以将逆变器功率供应电压 $V_{in}$ 设置为初始电压水平。作为示例,电压 $V_{in}$ 可以初始化为9V。这仅仅是例示性的。逆变器供电电压 $V_{in}$ 可以初始化为4V、5V、6V、7V、8V、10V、11V、1V-10V或其它起始电压水平。

[0036] 在步骤132处,可以将由逆变器60输出的AC驱动信号的相位设置为初始相位量。作为示例,逆变器AC驱动信号的相位可以设置为90度。90°相位可以转换为25%的占空比。这仅是例示性的。AC驱动信号相位可以初始化为45度(例如,12.5%的占空比)、60度(例如,16.7%的占空比)、120度(例如,33.3%的占空比)、135度(例如,37.5%的占空比)、80度-100度、70度-110度、60度-120度或其它起始相位量。

[0037] 在步骤134处,控制电路诸如控制器16M可以确定是否已达到最大相位。控制电路可以将当前相位水平与最大相位水平进行比较。作为示例,最大相位水平可以设置为180度,这转换为50%的占空比。这仅是例示性的。最大相位可以设置为160度、170度、190度、200度、小于180度、超过180度、120度-180度、180度-360度、170度-190度、160度-200度、150度-210度、140度-220度或其它最大相位量。

[0038] 如果尚未达到最大相位(即,如果当前相位等于最大相位极限),则控制电路将在框136处将AC驱动信号的相位增加相位阶跃量。相位阶跃量可以是5度、10度、15度、20度或其它相位 $\delta$ 。可以通过增加AC驱动信号的占空比来增加逆变器的AC驱动信号相位。如果已达到最大值(即,如果当前相位等于或大于最大相位极限),则控制电路将在框138处将逆变器供电电压 $V_{in}$ 增加电压阶跃量。电压阶跃量可以是1V、0.5V、2V、1.5V、0.1V、0.2V、0.3V、0.1V-2V或其它电压 $\delta$ 。

[0039] 在步骤140处,控制电路将确定传输功率水平是否已达到目标功率水平。目标功率水平可以是12V、13V、14V、15V、16V、17V、18V、9V-18V、等于或大于12V、等于或大于18V或其它目标功率水平。如果尚未达到目标功率水平,则处理可以回到步骤134,如路径141所指示。如果已达到目标功率水平,则功率斜升完成(步骤142)。

[0040] 如上所述,在功率斜线上升阶段期间或在功率斜线上升阶段之后可以发生饱和。根据一些实施方案,功率传输设备12内的控制电路16(参见例如图1)可以用于在功率斜线上升阶段期间和/或在功率斜线上升阶段之后执行饱和检测和减轻。如果在功率斜线上升

阶段期间未检测到振荡,则设备12可以继续使其功率水平斜线上升。图6是用于执行饱和检测和减轻操作的例示性步骤的流程图。

[0041] 在步骤200处,数据接收器40R可以接收控制错误分组(CEP),设备12与设备24之间的通信可能超时,或者饱和检测定时器可能到期。用于控制传输功率水平的 $Q_i$ 机制使用功率接收设备24向功率传输设备12发送功率调整请求,诸如有时称为控制错误分组(CEP)的ASK调制分组。控制电路16可以包括饱和检测定时器,该饱和检测定时器到期以触发对应的饱和检测操作。可以周期性地或响应于某些事件诸如功率斜线上升阶段的开始来启动饱和检测定时器。

[0042] 响应于功率传输设备12接收到来自功率接收设备24的控制错误分组、响应于通信超时事件或者响应于饱和检测定时器到期,饱和检测电路102(参见例如图2)可以被配置为在步骤202处执行饱和检测操作。可以使用各种饱和检测方案。

[0043] 作为示例,饱和检测电路102可以包括测量电路,该测量电路被配置为测量谐振槽在测量频率处的能级或表示能级的值,诸如测量的电流水平或测量的电压水平,该测量频率等于逆变器切换频率的一半(例如,测量频率可以等于 $F_s/2$ )。因此,测量电路102有时被称为能量测量电路。能量测量电路可以是具有带通滤波器然后是能量积分器(作为示例)的频率选择性能量计算块。又如,能量测量电路可以包括快速傅里叶变换(FFT)块。饱和检测电路102可以将测量值与阈值进行比较。

[0044] 阈值可以等于能级的一个百分比或表示切换频率为 $F_s$ 的谐振槽的能级的另一值。频率 $F_s$ 处的能级可以是在不存在饱和时由逆变器60的输出端处的AC驱动信号生成的预期量的能量(例如,图4中由波形120生成的 $F_s$ 处的期望能级)。可以使用模拟或实验预先确定预期(期望)量的能量。切换频率 $F_s$ 处的能级也可以使用测量电路102实时测量(例如,通过将带通滤波器调谐到 $F_s$ )。此1%的阈值仅仅是例示性的。在其它实施方案中,阈值可以等于 $F_s$ 处的期望/测量能级的0.1%、 $F_s$ 处的期望/测量能级的0.1%-1.0%、 $F_s$ 处的期望/测量能级的2%、 $F_s$ 处的期望/测量能级的1%-5%、 $F_s$ 处的期望/测量的能级的1%-10%、小于 $F_s$ 处的期望/测量能级的1%、大于 $F_s$ 处的期望/测量能级的1%或为 $F_s$ 处的期望/测量能级的其它期望分数。如果测量值超过阈值,则已经检测到饱和。如果测量值不超过阈值,则尚未检测到饱和并且饱和检测终止(在步骤204)。

[0045] 测量电路以 $F_s/2$ 测量能级(或表示能级的某个值)的以上示例仅仅是例示性的。又如,测量电路可以 $F_s/3$ 测量能量代表性值。又如,测量电路可以 $2*F_s/3$ 测量能量代表性值。又如,测量电路可以 $F_s/4$ 测量能量代表性值。又如,测量电路可以 $3*F_s/4$ 测量能量代表性值。一般来讲,饱和检测电路102可以被配置为以切换频率 $F_s$ 的任何合适的分谐波范围或分数测量能量代表性值(例如,测量的电流值或测量的电压值)。

[0046] 能量测量电路以切换频率 $F_s$ 的某个分数测量表示能级的值的以上实例仅仅是例示性的。如图3所示,示出饱和的波形122的下峰126可以偶数谐波激发能量。因此,测量电路可以 $2*F_s$ 、 $4*F_s$ 、 $6*F_s$ 测量能级,以此类推,并且将测量的能级与某一阈值进行比较,该阈值是在 $F_s$ 处期望能级的某一分数。如果需要,饱和检测电路102可以被配置为以切换频率的奇数谐波(例如, $3*F_s$ 、 $5*F_s$ 、 $7*F_s$ 等)测量能级。

[0047] 饱和检测电路102测量各种频率子带中的能级的以上示例仅仅是例示性的。在其它实施方案中,电路102可以在时域中执行饱和检测。例如,饱和检测电路102可以测量在N

≥2个循环内的峰到峰变化,并将在一个循环期间测量的峰与在随后的循环期间测量的峰进行比较(例如,通过计算从至少两个连续循环测量的峰值的比率)。饱和检测电路102可以监视峰到峰电流、峰到峰电压和/或峰到峰功率水平。

[0048] 如图4所示,当存在饱和时,从一个循环到另一个循环,波形122的峰-谷变化可以相当大。例如,可以通过计算第一循环期间峰与谷之间的差来获得第一 $\Delta$ 值,而可以通过计算第一循环之后的第二循环期间峰与谷之间的差来获得第二 $\Delta$ 值。如果最大 $\Delta$ 值或者如果两个 $\Delta$ 值在N个循环内的方差超过 $\Delta$ 阈值水平,则检测到饱和。如果最大 $\Delta$ 值或如果两个 $\Delta$ 值在N个连续循环内的方差不超过 $\Delta$ 阈值水平,则尚未检测到饱和并且饱和检测终止(在步骤204处)。此时域峰到峰变化也可以通过应用平滑滤波器(例如,使用滑动平均窗口)来计算。在时域饱和检测期间使用的阈值水平可以通过实验或经由模拟识别的确定性阈值。

[0049] 饱和检测电路102以一个或多个频率测量能级的以上示例仅仅是例示性的。又如,测量电路41可以使用单独的能量损失指示器作为饱和的代理。饱和可能导致过度的能量损失,这可能无意中触发FOD并且可能导致关闭。为了防止FOD无意中触发,可以在功率斜线上升阶段期间或饱和检测操作期间使用消隐定时器来暂时将FOD电路100去激活。又如,测量电路41可以被配置为测量串联电容器(参见图2中的电容器70)上的DC偏置电压。当发生饱和时,在串联电容器上看到非零偏置电压。

[0050] 在图6的示例中,在步骤202处可能需要M个连续阳性饱和检测,然后继续饱和减轻操作。M可以等于一、二、三、四、五、1-5、超过一、超过五、5-10或其它整数。较高的M值可以帮助滤除潜在的噪声饱和测量并防止假阳性饱和检测。

[0051] 如果检测到饱和,则可以执行各种饱和减轻操作(参见例如图6中的步骤206、208、210和/或212)。在步骤206处,控制电路可以减小AC驱动信号的相位(例如,占空比),直到达到最小相位或直到不再检测到饱和。最小相位可以等于70度、小于70度、超过70度、60度-80度、50度-90度或其它相位量。例如,控制电路可以将相位减小5°以及重新执行饱和检测以检查是否已减轻饱和。5°的步长大小仅仅是例示性的。如果需要,可以使用小于5°、超过5°、1-5°、5-10°、1-10°或其他相位 $\Delta$ 的相位步长大小。如果需要,相位可以在较高的相位水平下更快速地降低并且在较低的相位水平下更逐渐减少。一旦不再检测到饱和,饱和减轻操作便完成。

[0052] 如果已达到最小相位但仍存在饱和,则控制电路可以减小逆变器供电电压 $V_{in}$ ,直到不再检测到饱和(步骤208)。例如,控制电路可以将电压 $V_{in}$ 降低200mV并且重新执行饱和检测以检查饱和是否已经消除。200mV的步长大小仅仅是例示性的。如果需要,可以使用10mV、50mV、100mV、300mV、10mV-300mV、190mV-210mV、180mV-220mV、150mV-250mV、100mV-300mV或其它电压 $\delta$ 的电压步长大小。一旦不再检测到饱和,便可以终止饱和减轻操作。

[0053] 又如,控制电路可以任选地调整AC驱动信号的切换频率,直到不再检测到饱和(步骤210)。调整切换频率(例如,增加或减小 $F_s$ )可以减少耦合增益以及半循环周期,这可以帮助限制传输线圈电流的增加并因此防止饱和。还可以改变功率传输水平以检测功率传输瓦特水平是否影响饱和。例如, $Q_i$ 标准允许存在不同的功率分布。在一些具体实施中,无线功率发射器可以在确定是在例如基本功率分布还是扩展功率分布下操作时考虑饱和。

[0054] 又如,控制电路可以任选地使用非对称切换方案操作逆变器60以减轻饱和(步骤212)。图7示出驱动具有与电容器70串联连接的线圈42的谐振槽路72的逆变器60。如图7所

示,逆变器60(例如,全桥逆变器)可以包括在 $V_{in}$ 供电电压与接地之间串联耦合的开关S1及S2,并且可以包括在 $V_{in}$ 供电电压与接地之间串联耦合的开关S3和S4。谐振槽具有连接到插入逆变器开关S1与逆变器开关S2之间的第一开关节点N1的一个端子,并且具有连接到插入逆变器开关S3与逆变器开关S4之间的第二开关节点N2的另一端子。

[0055] 图8A是示出具有 $180^\circ$ 相移和对称切换占空比的逆变器输出行为的时序图。如图8A所示,节点N1被驱动为高至供电电压 $V_{in}$ ,达持续时间 $T_1$ ,该持续时间等于逆变器切换周期的一半 $T_s/2$ 。N1的上升沿与N2的上升沿之间的时间延迟被定义为相移,且在本例中等于 $180^\circ$ 。在 $180^\circ$ 相位延迟之后,节点N2被驱动为高至供电电压 $V_{in}$ ,达等于 $T_s/2$ 的持续时间 $T_2$ 。第三波形示出N1减去N2的结果,这是施加到谐振槽72的驱动电压。结果对于持续时间 $T_1$ 为正 $V_{in}$ ,然后对于持续时间 $T_2$ 为负 $V_{in}$ 。图8A示出N1和N2如何具有相等的持续时间,从而在N1减去N2上产生对称切换波形(对称占空比),其中 $+V_{in}$ 的持续时间等于 $-V_{in}$ 的持续时间。

[0056] 逆变器的对称激发通常导致对称谐振波形。特别地,串联电容器70上的电压波形将在两半切换周期中对称,并且平均值为零。然而,如果设备24中的铁氧体结构或其它磁性可透过材料被附近的DC磁体饱和,则此类材料的磁导率将随着谐振电流在一个方向上移动而减小,而随着谐振电流在另一个方向上移动而增加。这导致在两半切换周期中不同的谐振电感值。如果假设电容器70上的电压最初在两半切换周期中保持对称,则线圈42上的电压将在两半切换周期中保持对称,因此线圈42的变化电感将引起两半切换周期中的不相等电流。不相等的电流将移动电容器70的平均电压远离零。当电容器70上的电压(有时在本文中称为 $V_{ctx}$ )达到重新存储用于电容器70的电荷平衡条件的平均电压水平(本文中有时称为DC偏置)时,将建立新的平衡状态。因此,即使逆变器激发是对称的,磁性饱和(例如,铁氧体饱和)也会在 $V_{ctx}$ 中引起DC偏置。

[0057] 根据实施方案,在 $V_{ctx}$ 中去除此类DC偏置可有助于去除由饱和引起的振荡。使用测量电路41(参见图2)检测到的 $V_{ctx}$ 中的非零DC偏置可以触发反馈控制机制,该反馈控制机制以将平均 $V_{ctx}$ 驱动至零的方式调整逆变器60。例如,响应于使用测量电路41来检测 $V_{ctx}$ 中的非零DC偏置,控制电路16M(参见图2)可以调整逆变器60以减小由逆变器60输出的AC驱动信号的占空比。减小逆变器输出信号的占空比可以帮助将平均 $V_{ctx}$ 驱动至零,以帮助减轻饱和。还可以使用调整逆变器60以减小平均 $V_{ctx}$ 的其它方式。

[0058] 例如,可以通过对节点N1和N2的占空比施加相反的偏移来去除 $V_{ctx}$ 中的不需要的DC偏置。图8B是示出具有 $180^\circ$ 相移和非对称切换占空比的逆变器输出的时序图。与图8A相比,节点N1被驱动为高至供电电压 $V_{in}$ 达由偏移 $T_{offset}$ 延长的修改持续时间 $T_1'$ ,而节点N2被驱动为高(在相移 $Phase'$ 之后)至供电电压 $V_{in}$ 达由偏移 $T_{offset}$ 缩短的修改持续时间 $T_2'$ 。节点N2的相移时间(如由 $Phase'$ 表示)有效地变成 $(T_s/2 + T_{offset})$ 。在此, $T_{offset}$ 被示出为正值,但 $T_{offset}$ 也可以是负值。这导致在持续时间 $T_1'$ 具有 $+V_{in}$ 和在持续时间 $T_2'$ 具有 $-V_{in}$ 的不同波形(例如,N1减去N2)。其中节点N1和N2的占空比不同的这种行为在本文中有时被称为具有非对称占空比的逆变器切换操作。

[0059] 图8C是示出具有 $90^\circ$ 相移和非对称切换占空比的逆变器输出的时序图。与图8B相比,节点N1被驱动为高至供电电压 $V_{in}$ 达由偏移 $T_{offset}$ 延长的修改持续时间 $T_1'$ ,而节点N2被驱动为高(在相移 $Phase''$ 之后)至供电电压 $V_{in}$ 达又由偏移 $T_{offset}$ 缩短的修改持续时间 $T_2'$ 。节点N2的相移时间(如由 $Phase''$ 表示)有效地变成 $(T_s/4 + T_{offset})$ 。在此, $T_{offset}$ 被示

出为正值,但 $T_{offset}$ 也可以是负值。这导致在持续时间 $T1$ ”具有 $+V_{in}$ 和在持续时间 $T2$ ”具有 $-V_{in}$ 的不同波形(例如, $N1$ 减去 $N2$ )。其中节点 $N1$ 和 $N2$ 的占空比不同的这种行为在本文中有时被称为具有非对称占空比的逆变器切换操作。

[0060] 偏移 $T_{offset}$ 可以由控制电路16(图1)内的补偿器块计算,将 $V_{ctx}$  DC偏置值作为负反馈输入。当DC偏置为负时(由图7所示的 $V_{ctx}$ 极性定义),偏移将为正值,其延长 $T1$ 同时缩短 $T2$ 。当DC偏置为正时,偏移将为负值,其缩短 $T1$ ,同时延长 $T2$ 。此补偿器块可以采用各种形式,诸如比例积分微分(PID)控制器、比例积分(PI)控制器或简单积分器。补偿器块应包括积分部件,因为即使当DC偏置被驱动到零时,饱和减轻环路也需要保持 $T_{offset}$ 值。

[0061] 如图6的示例所示,相位降低直到某一最小相位量,然后降低电压 $V_{in}$ 。又如,一旦检测到饱和,控制电路可以锁定或固定 $V_{in}$ 的电压水平。这防止供电电压 $V_{in}$ 进一步增加,从而减弱饱和原因之一。本文用于响应于饱和引起的检测饱和而减轻饱和的本文的示例仅是例示性的。一般来讲,还可以响应于检测到磁性可透过材料超过其磁性饱和水平来应用减轻饱和的各种实施方案。

[0062] 根据实施方案,提供一种无线功率传输设备,其包括:具有无线功率传输线圈的谐振电路,该无线功率传输线圈被配置为将无线功率传输到无线功率接收设备;逆变器,该逆变器被配置为将交流电信号驱动到无线功率传输线圈上;测量电路,该测量电路被配置为测量表示谐振电路中的能级的值;和控制电路,该控制电路被配置为通过将测量值与阈值进行比较而检测谐振电路中的饱和,且响应于检测到饱和经由无线功率传输线圈而控制无线功率传输。

[0063] 根据另一实施方案,该测量值包括测量的电流水平。

[0064] 根据另一实施方案,该测量值包括测量的电压水平。

[0065] 根据另一实施方案,该测量电路被配置为以切换频率的分谐波范围中的测量频率测量该值。

[0066] 根据另一实施方案,该测量频率是切换频率的一半。

[0067] 根据另一实施方案,该测量电路被配置为以测量频率测量该值,该测量频率为切换频率的谐波。

[0068] 根据另一实施方案,该测量频率是甚至多个切换频率。

[0069] 根据另一实施方案,该测量电路被配置为以切换频率测量表示谐振电路中的能级的附加值,并且该阈值是附加值的分数。

[0070] 根据另一实施方案,该测量值包括测量的电流水平或测量的电压水平,并且控制电路通过将测量值的方差与阈值进行比较来检测饱和。

[0071] 根据另一实施方案,该测量值包括峰-谷差,并且控制电路通过将峰-谷差的方差与阈值进行比较来检测饱和。

[0072] 根据另一实施方案,该测量值包括峰-谷差,并且控制电路通过将峰-谷差与阈值进行比较来检测饱和。

[0073] 根据另一实施方案,该测量值包括测量的电流水平或测量的电压水平,并且控制电路通过将两个连续循环中测量值的比率与阈值进行比较来检测饱和。

[0074] 根据另一实施方案,该控制电路被配置为响应于检测到饱和通过减小驱动到无线功率传输线圈上的交流电信号的占空比而经由无线功率传输线圈控制无线功率传输。



[0075] 根据另一实施方案,该控制电路被配置为响应于检测到饱和和通过减小对逆变器提供功率的功率供应电压而经由无线功率传输线圈控制无线功率传输。

[0076] 根据另一实施方案,该控制电路被配置为响应于检测到饱和和通过将无线功率限制为预定功率水平以减轻饱和,从而经由无线功率传输线圈控制无线功率传输。

[0077] 根据另一实施方案,该控制电路被配置为响应于检测到饱和和通过调整逆变器的切换频率而经由无线功率传输线圈控制无线功率传输。

[0078] 根据另一实施方案,该谐振电路还包括与无线功率传输线圈串联耦合的电容器,并且该控制电路被配置为响应于检测到饱和和通过使用非对称占空比操作逆变器以去除电容器上的DC偏置电压,从而经由无线功率传输线圈控制无线功率传输。

[0079] 根据另一实施方案,该控制电路被配置为响应于没有检测到饱和,而增加无线功率。

[0080] 根据另一实施方案,无线功率传输包括外来对象检测电路,该外来对象检测电路被配置为检测无线功率传输设备上是否存在外来对象,其中在控制电路增加无线功率时,外来对象检测电路被去激活。

[0081] 根据另一实施方案,该控制电路被配置为在检测到饱和之后,从无线功率接收设备接收增加无线功率的请求并忽略该请求直到不再检测到饱和。

[0082] 根据实施方案,提供了一种无线功率传输设备,其包括无线功率传输线圈,所述无线功率传输线圈被配置为将无线功率传输到无线功率接收设备、被配置为将交流电信号驱动到无线功率传输线圈上的反相器和被配置为检测无线功率接收设备的磁可透过结构处的特征状况的控制电路,并且响应于检测到无线功率接收设备的磁可透过结构处的特征条件,调整逆变器。

[0083] 根据另一实施方案,该磁可透过结构包括铁氧体结构,并且特征条件包括铁氧体结构处的铁氧体饱和。

[0084] 根据另一实施方案,该控制电路被配置为通过测量电流或电压水平并将测量的电流或电压水平与阈值进行比较来检测特征条件。

[0085] 根据另一实施方案,该控制电路被配置为通过响应于检测到特征条件而减小驱动到无线功率传输线圈上的交流电信号的占空比来调整逆变器。

[0086] 根据另一实施方案,该逆变器被配置为接收功率供应电压,并且控制电路被配置为通过响应于检测到特征条件而减小功率供应电压来调整逆变器。

[0087] 根据另一实施方案,该逆变器被配置为接收功率供应电压,并且该控制电路被配置为响应于检测到特征条件而固定功率供应电压。

[0088] 根据另一实施方案,该逆变器被配置为以切换频率驱动交流电信号,并且该控制电路被配置为通过调整切换频率来调整逆变器。

[0089] 根据另一实施方案,该无线功率传输设备包括外来对象检测电路,该外来对象检测电路被配置为检测无线功率传输设备上是否存在外来对象,该逆变器被配置为接收功率供应电压,并且当控制电路正在使功率供应电压斜线上升时,外来对象检测电路被去激活。

[0090] 根据实施方案,提供一种无线充电系统,该无线充电系统包括:无线功率接收器,该无线功率接收器具有磁性可透过材料;和无线功率发射器,该无线功率传感器被配置为向无线功率接收器传输无线功率,该无线功率发射器具有带有无线功率传输线圈的槽路,



该无线功率传输线圈被配置为将无线功率传输到无线功率接收设备;逆变器,该逆变器被配置为将交流电信号以切换频率驱动到无线功率传输线圈上,以及控制电路,该控制电路被配置为在无线功率传输设备中检测磁性可透过材料处的特征条件,并且响应于检测到特征条件经由无线功率传输线圈而控制无线功率传输。

[0091] 根据另一实施方案,特征条件包括在磁可透过材料处的饱和。

[0092] 根据另一实施方案,磁可透过材料包括铁氧体,并且特征条件包括铁氧体处的铁氧体饱和。

[0093] 根据另一实施方案,特征条件引起槽路中的振荡。

[0094] 根据另一个实施方案,该无线功率发射器包括测量电路,该测量电路被配置为以测量频率测量表示槽路中的能级的值,该测量频率是切换电路的函数,并且该控制电路被配置为通过将测量值与阈值进行比较来检测特征条件。

[0095] 根据另一实施方案,该无线功率发射器包括测量电路,该测量电路被配置成测量峰值,并且该控制电路被配置为通过将作为所测量的峰值的函数的量度与阈值进行比较来检测特征条件。

[0096] 根据另一实施方案,该无线功率发射器包括外来对象检测电路,该外来对象检测电路被配置为检测无线功率传输设备上是否存在外来对象,并且当控制电路检测到特征条件时,外来对象检测电路被去激活。

[0097] 前述内容仅为示例性的并且可对所述实施方案作出各种修改。前述实施方案可独立实施或可以任意组合实施。

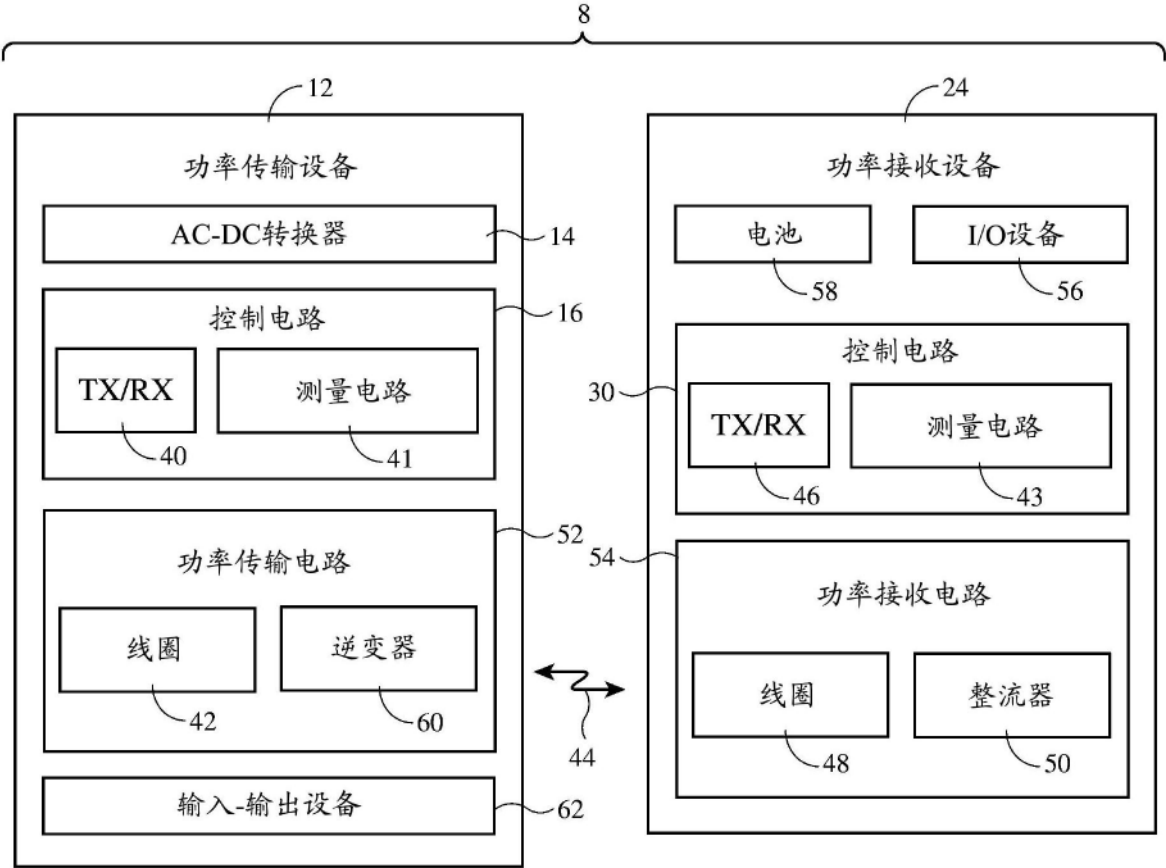


图1A

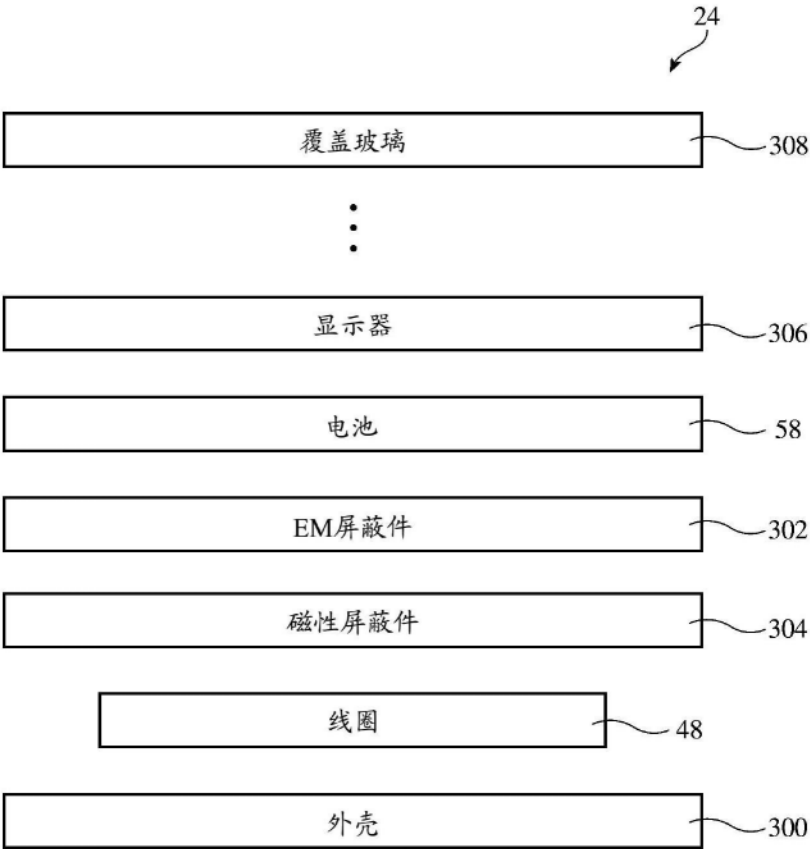


图1B

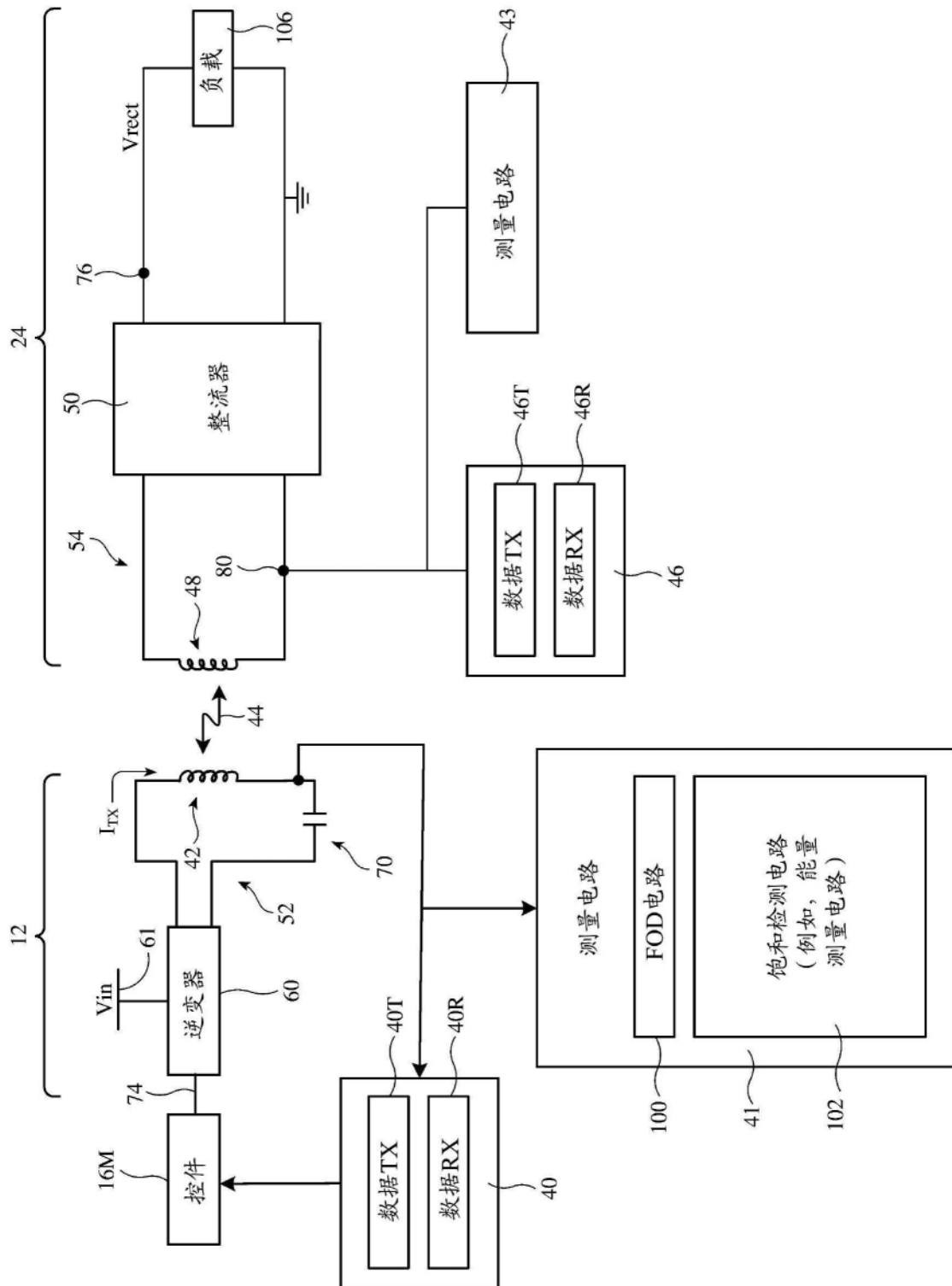


图2

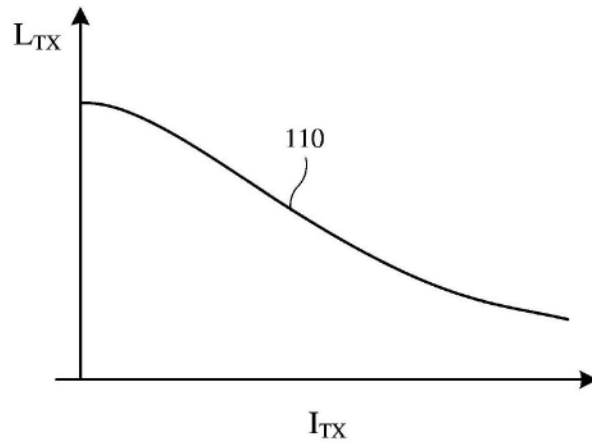


图3

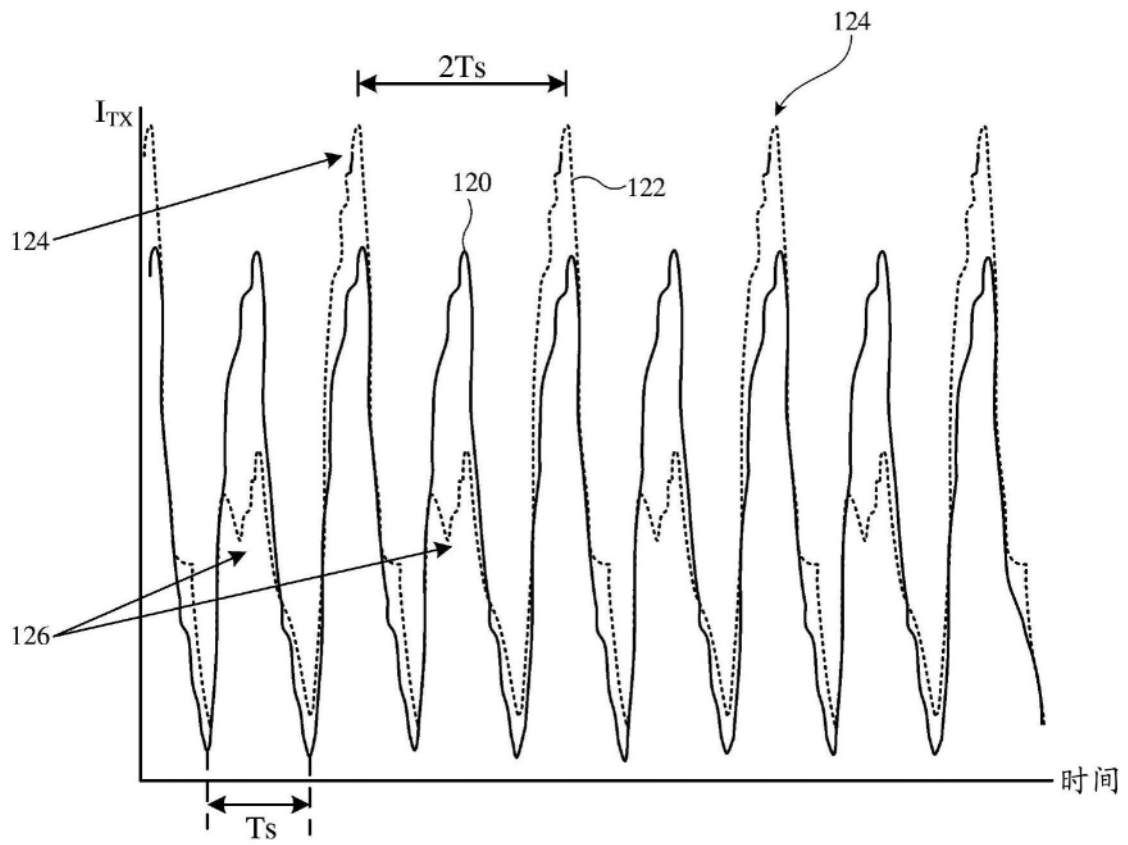


图4

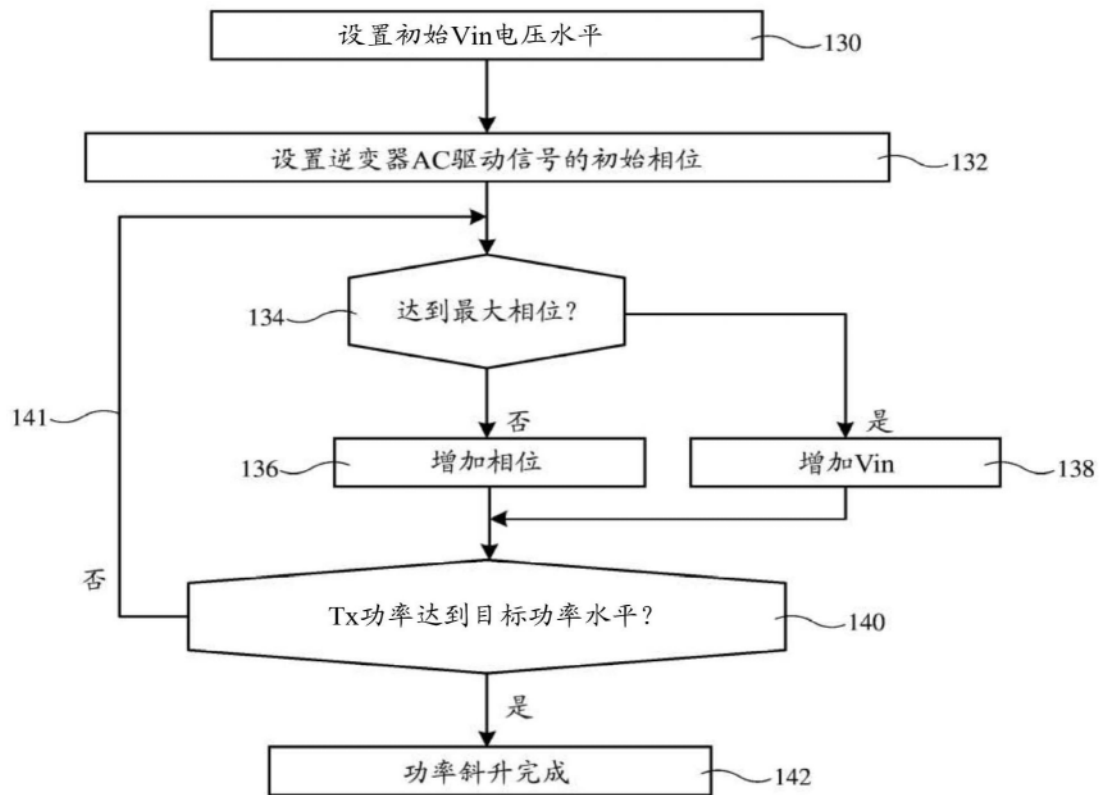


图5

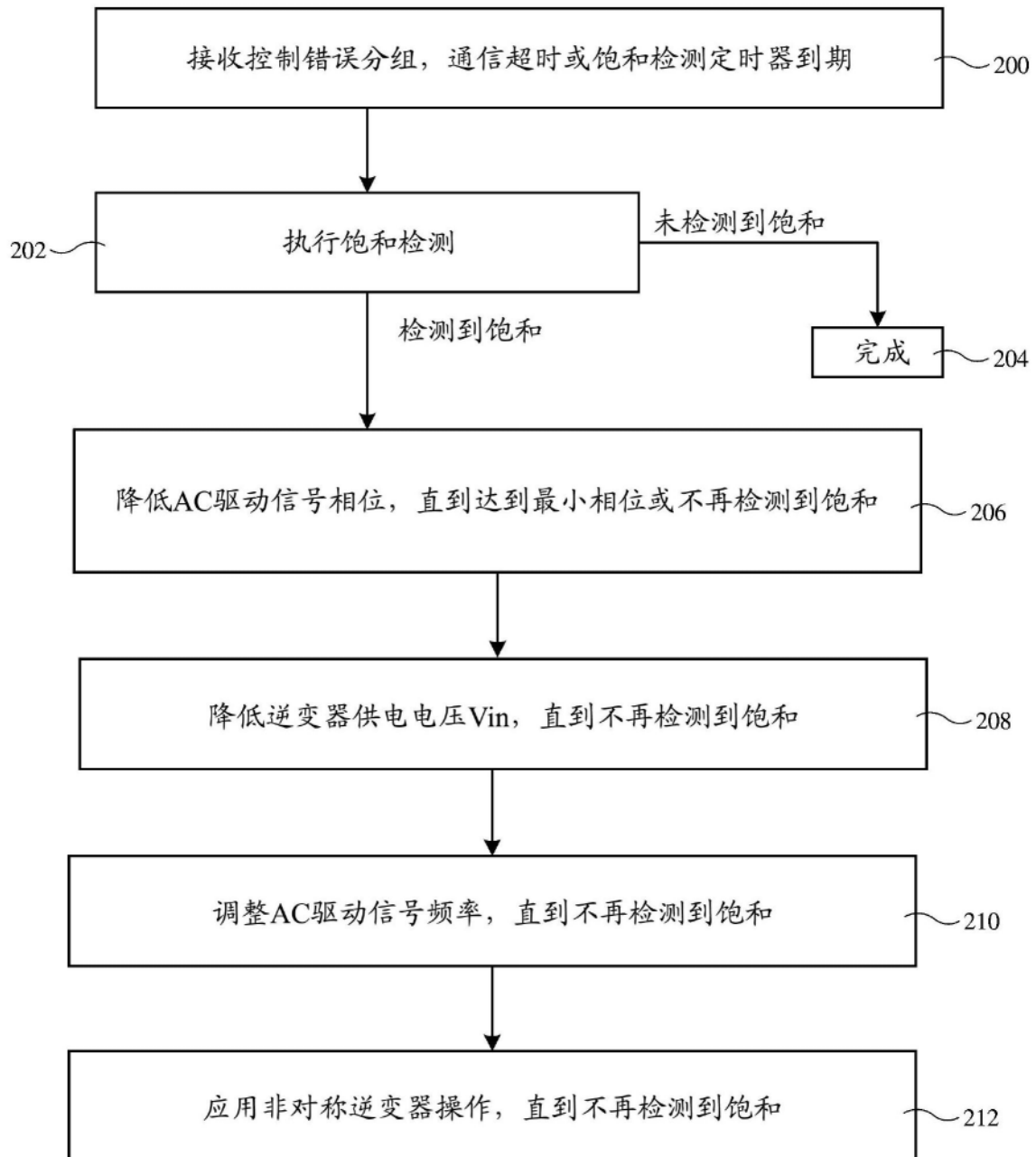


图6





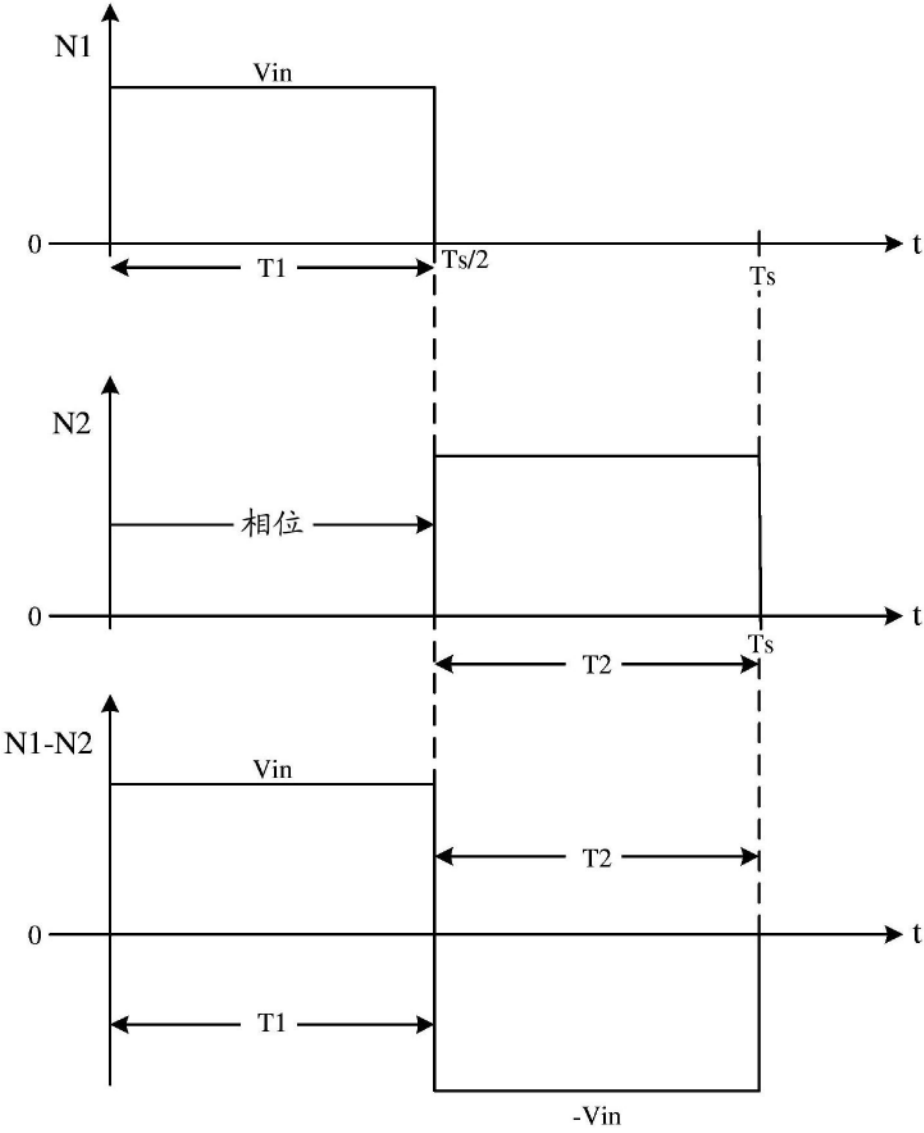


图8A

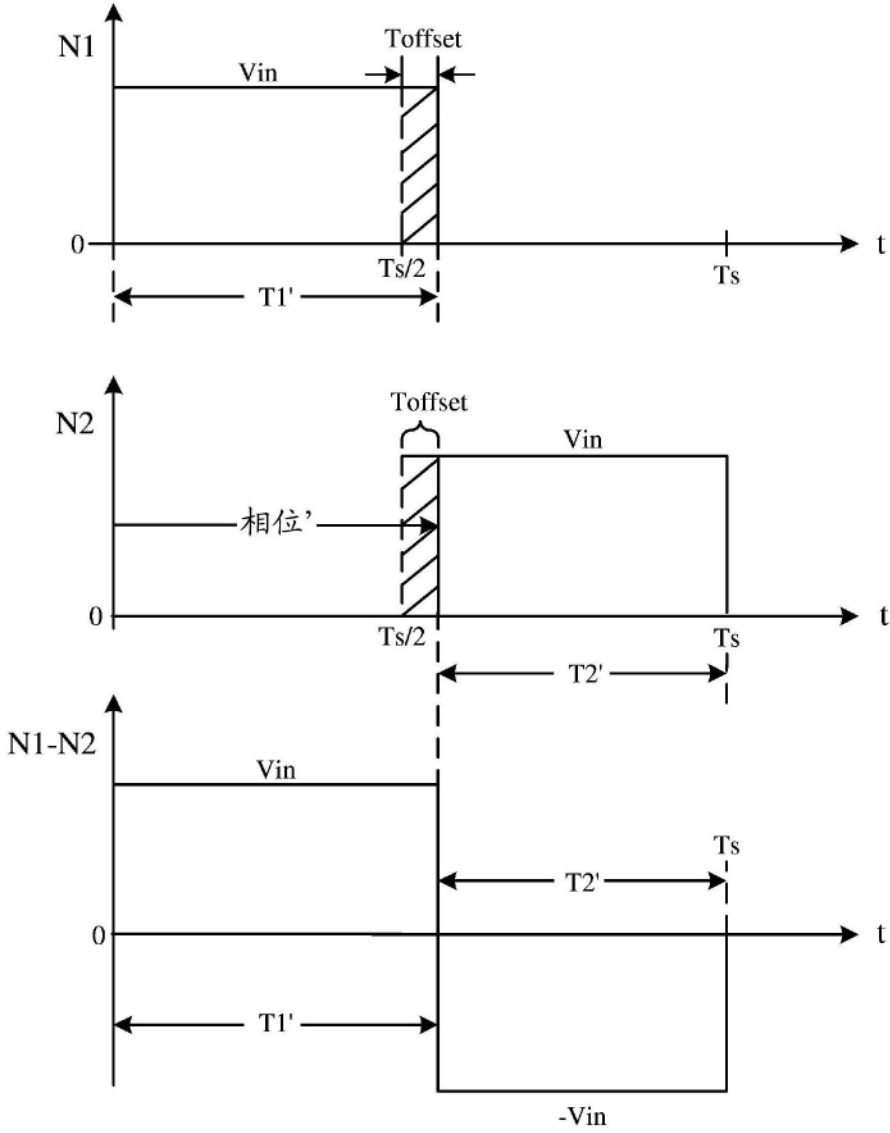


图8B

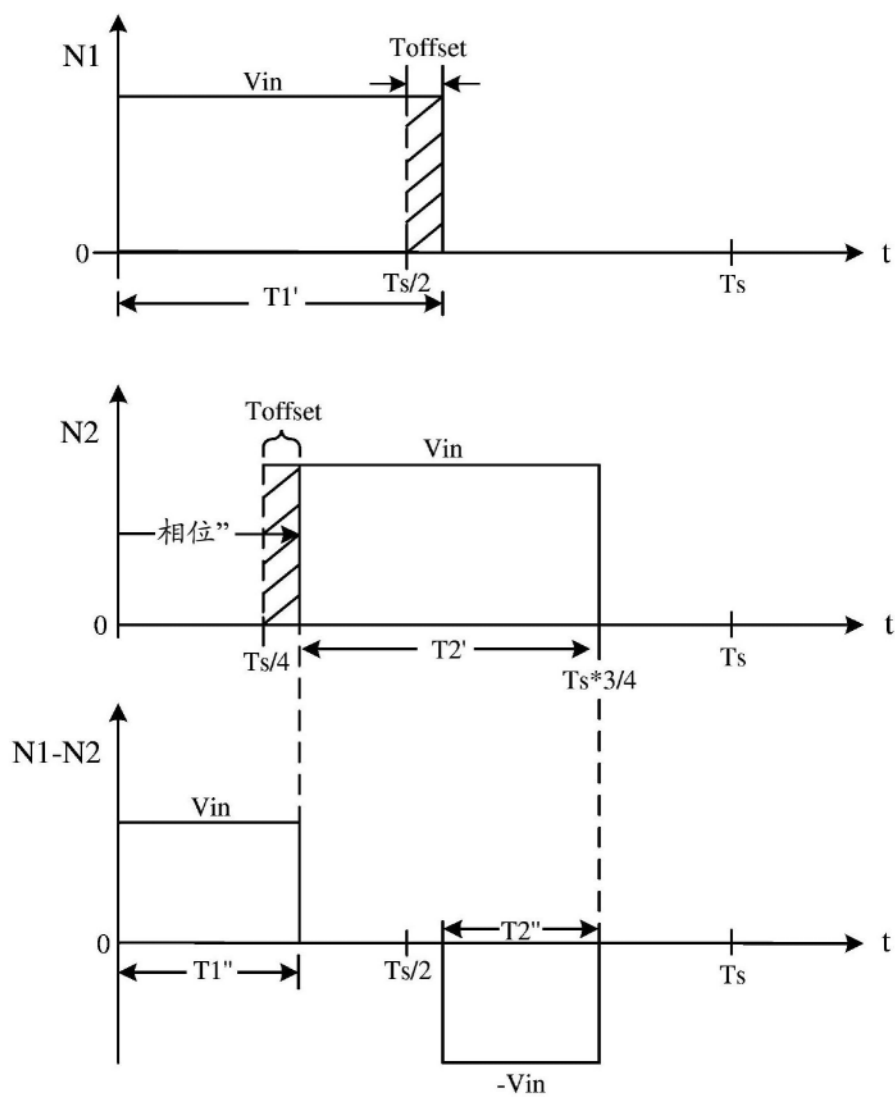


图8C