



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107408841 B

(45)授权公告日 2020.05.08

(21)申请号 201680018283.X

(72)发明人 E·K·卡拉尔

(22)申请日 2016.03.01

W·H·范诺瓦克三世

(65)同一申请的已公布的文献号

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

申请公布号 CN 107408841 A

11256

(43)申请公布日 2017.11.28

代理人 王茂华 马明月

(30)优先权数据

(51)Int.Cl.

14/671,627 2015.03.27 US

H02J 50/10(2016.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H02J 50/12(2016.01)

2017.09.25

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据

CN 103259340 A, 2013.08.21,

PCT/US2016/020244 2016.03.01

US 2015035372 A1, 2015.02.05,

(87)PCT国际申请的公布数据

US 2013257167 A1, 2013.10.03,

W02016/160234 EN 2016.10.06

审查员 关侠

(73)专利权人 高通股份有限公司

权利要求书4页 说明书11页 附图6页

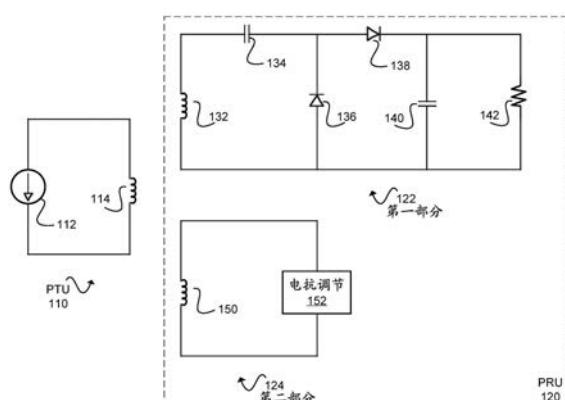
地址 美国加利福尼亚州

(54)发明名称

用以调节接收器电压和无线电力传输系统的电抗的接收器侧槽电路

(57)摘要

在无线充电系统中,接收器设备包括执行电抗移位的第二线圈。电抗移位可以用于使设备电抗符合电抗范围,或者调节被提供给设备电子器件的无线电力的整流电压。电抗移位与谐振匹配的不同之处在于电力传输效率可能被降低。



无线充电系统 100

1. 一种电子设备,包括:

设备电子器件;

耦合到所述设备电子器件的第一线圈,其中所述第一线圈被配置为经由发送器设备所生成的无线电力场来无线地耦合电力并且基于所述电力来向所述设备电子器件提供第一电流,其中所述设备电子器件和所述第一线圈具有负载阻抗,其中所述负载阻抗包括负载电抗;

电抗调节电路;

耦合到所述电抗调节电路的第二线圈,其中所述第二线圈被配置为经由所述发送器设备所生成的所述无线电力场来无线地耦合所述电力并且基于所述电力来向所述电抗调节电路提供第二电流以调节被呈现给所述发送器设备的所述电子设备的设备电抗,以便控制从所述电子设备到所述发送器设备的反射阻抗,其中所述电抗调节电路和所述第二线圈具有槽阻抗,其中所述槽阻抗包括槽电抗,其中所述槽电抗可调节,其中设备阻抗包括所述负载阻抗和所述槽阻抗,并且其中所述设备电抗包括所述负载电抗和所述槽电抗;以及

耦合到所述电抗调节电路的控制电路,所述控制电路被配置为动态地调节所述槽电抗并且据此来动态地调节所述设备电抗。

2. 根据权利要求1所述的电子设备,其中所述发送器设备具有发送器阻抗,其中所述发送器阻抗包括发送器电抗,其中所述控制电路被配置为动态地调节所述槽电抗以便使所述设备电抗符合用于所述发送器设备的发送器电抗的电抗范围。

3. 根据权利要求2所述的电子设备,其中所述控制电路被配置为从所述发送器设备接收控制信号并且响应于所述控制信号来动态地调节所述槽电抗。

4. 根据权利要求1所述的电子设备,其中所述控制电路被配置为动态地调节所述槽电抗以便动态地调节被提供给所述设备电子器件的所述电力的整流电压。

5. 根据权利要求4所述的电子设备,还包括:

耦合到所述设备电子器件的电压传感器,所述电压传感器被配置为感测所述整流电压并且向所述控制电路提供电压测量信号,

其中所述控制电路被配置为接收所述电压测量信号,并且响应于所述电压测量信号来动态地调节所述槽电抗。

6. 根据权利要求1所述的电子设备,其中所述发送器设备包括发送器阻抗,其中所述发送器阻抗包括发送器电抗,其中所述控制电路被配置为根据控制信号来选择性地在第一模式和第二模式下操作,

其中在所述第一模式下,所述控制电路动态地调节所述槽电抗以便使所述设备电抗符合用于所述发送器设备的所述发送器电抗的电抗范围,以及

其中在所述第二模式下,所述控制电路动态地调节所述槽电抗以便动态地调节被提供给所述设备电子器件的所述电力的整流电压。

7. 根据权利要求1所述的电子设备,还包括:

耦合到所述电抗调节电路的谐振匹配电路,所述谐振匹配电路被配置为调节所述槽电抗以便调节所述电子设备的谐振频率以匹配所述发送器设备的谐振频率,

其中所述控制电路被配置为当所述谐振匹配电路将所述设备电抗调节到定义的范围之外时解激活所述谐振匹配电路。

8. 根据权利要求1所述的电子设备,其中所述控制电路被配置为动态地调节所述槽电抗,使得所述无线电力场的电力传输效率被降低。

9. 根据权利要求1所述的电子设备,还包括:

电压传感器,所述电压传感器被配置为检测被提供给所述设备电子器件的所述电力的整流电压,其中所述控制电路被配置为基于所述整流电压来动态地调节所述槽电抗。

10. 根据权利要求1所述的电子设备,其中所述电抗调节电路包括:

多个电容器;以及

耦合到所述多个电容器的多个开关,所述多个开关被配置为从所述控制电路接收控制信号并且响应于所述控制信号来选择性地连接所述多个电容器中的至少一个电容器。

11. 根据权利要求1所述的电子设备,其中所述电抗调节电路包括:

多个电阻器;以及

耦合到所述多个电阻器的多个开关,所述多个开关被配置为从所述控制电路接收控制信号并且响应于所述控制信号来选择性地连接所述多个电阻器中的至少一个电阻器。

12. 根据权利要求1所述的电子设备,其中所述电抗调节电路包括:

具有多个可选择电容的可变电容器,其中所述可变电容器被配置为从所述控制电路接收控制信号并且响应于所述控制信号来选择所述多个可选择电容中的一个电容。

13. 一种在无线充电系统中执行电抗调节的方法,包括:

由电子设备从发送器设备经由所述发送器设备所生成的无线电力场无线地接收电力,其中所述电子设备具有设备电子器件、耦合到所述设备电子器件的第一线圈、电抗调节电路、耦合到所述电抗调节电路的第二线圈、以及耦合到所述电抗调节电路的控制电路;

由所述第一线圈无线地耦合所述电力并且基于所述电力来向所述设备电子器件提供第一电流,其中所述设备电子器件和所述第一线圈具有负载阻抗,其中所述负载阻抗包括负载电抗;

由所述第二线圈无线地耦合所述电力并且基于所述电力来向所述电抗调节电路提供第二电流以调节被呈现给所述发送器设备的所述电子设备的设备电抗,以便控制从所述电子设备到所述发送器设备的反射阻抗,其中所述电抗调节电路和所述第二线圈具有槽阻抗,其中所述槽阻抗包括槽电抗,其中所述槽电抗可调节,其中设备阻抗包括所述负载阻抗和所述槽阻抗,并且其中所述设备电抗包括所述负载电抗和所述槽电抗;以及

由所述控制电路动态地调节所述槽电抗并且据此来动态地调节所述设备电抗。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述电子设备还包括谐振匹配电路,其中所述谐振匹配电路耦合到所述电抗调节电路,所述方法还包括:

由所述谐振匹配电路调节所述槽电抗以便调节所述电子设备的谐振频率以匹配所述发送器设备的谐振频率;以及

当所述谐振匹配电路将所述设备电抗调节到定义的范围之外时,由所述控制电路激活所述谐振匹配电路。

15. 根据权利要求13所述的方法,还包括:

由所述控制电路动态地调节所述槽电抗,使得所述无线电力场的电力传输效率被降低。

16. 一种用于执行电抗调节的系统,包括:

发送器设备,包括发送器线圈,其中所述发送器设备被配置为生成无线电力场;以及  
电子设备,包括:

设备电子器件,

耦合到所述设备电子器件的第一线圈,其中所述第一线圈被配置为经由所述发送器设备所生成的所述无线电力场来无线地耦合电力并且基于所述电力来向所述设备电子器件提供第一电流,其中所述设备电子器件和所述第一线圈具有负载阻抗,其中

所述负载阻抗包括负载电抗,

电抗调节电路,

耦合到所述电抗调节电路的第二线圈,其中所述第二线圈被配置为经由所述发送器设备所生成的所述无线电力场来无线地耦合所述电力并且基于所述电力来向所述电抗调节电路提供第二电流以调节被呈现给所述发送器设备的所述电子设备的设备电抗,以便控制从所述电子设备到所述发送器设备的反射阻抗,其中所述电抗调节电路和所述第二线圈具有槽阻抗,其中所述槽阻抗包括槽电抗,其中所述槽电抗可调节,其中设备阻抗包括所述负载阻抗和所述槽阻抗,并且其中所述设备电抗包括所述负载电抗和所述槽电抗,以及

耦合到所述电抗调节电路的控制电路,所述控制电路被配置为动态地调节所述槽电抗并且据此来动态地调节所述设备电抗。

17. 根据权利要求16所述的系统,其中所述发送器设备具有发送器阻抗,其中所述发送器阻抗包括发送器电抗,并且其中所述发送器设备还包括:

耦合到所述发送器线圈的电抗检测器电路,所述电抗检测器电路被配置为检测所述发送器电抗并且向所述控制电路发送控制信号,其中所述控制电路被配置为响应于所述控制信号来动态地调节所述槽电抗。

18. 根据权利要求16所述的系统,其中所述发送器设备具有发送器阻抗,其中所述发送器阻抗包括发送器电抗,并且其中所述发送器设备还包括:

耦合到所述发送器线圈的电抗检测器电路,所述电抗检测器电路被配置为检测所述发送器电抗;

耦合到所述发送器线圈的发送器电抗调节电路,其中所述发送器电抗调节电路具有发送器槽电抗,其中所述发送器电抗包括所述发送器槽电抗,其中所述发送器槽电抗可调节;以及

耦合到所述电抗检测器电路和所述发送器电抗调节电路的谐振匹配电路,所述谐振匹配电路被配置为调节所述发送器槽电抗以便调节所述发送器设备的谐振频率以匹配所述电子设备的谐振频率,

其中所述电抗检测器电路被配置为当所述谐振匹配电路将所述发送器电抗调节到定义的范围之外时解激活所述谐振匹配电路。

19. 根据权利要求16所述的系统,其中所述电子设备还包括:

耦合到所述电抗调节电路的谐振匹配电路,所述谐振匹配电路被配置为调节所述槽电抗以便调节所述电子设备的谐振频率以匹配所述发送器设备的谐振频率,

其中所述控制电路被配置为当所述谐振匹配电路将所述设备电抗调节到定义的范围之外时解激活所述谐振匹配电路。

20. 根据权利要求16所述的系统,其中所述控制电路被配置为动态地调节所述槽电抗,

使得所述无线电力场的电力传输效率被降低。

## 用以调节接收器电压和无线电力传输系统的电抗的接收器侧槽电路

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求2015年3月27日提交的美国专利申请No.14/671,627的优先权,其全部内容通过引用并入本文以用于所有目的。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及感应电力传输,并且具体地涉及在感应电力传输期间动态地调节电抗。

### 背景技术

[0004] 除非本文中另有指示,否则本节中描述的方法不能由于被纳入本部分而被认为是现有技术。

[0005] 电池操作的电子系统(诸如智能电话、平板计算机、甚至电动汽车)的增长已经对用于向这些系统传输电力的充电系统提出了越来越多的需求。例如,移动设备通常将电力存储在电池中。随着设备被使用,电池中的能量被耗尽,并且电池必须被充电。通常,移动设备通过电源线连接到墙壁插座以接收电压和电流,以用于对电池重新充电。

[0006] 近来,已经尝试了无线地向电池操作的系统提供电力,使得不需要繁琐的电线和电缆来对电池重新充电。能够在自由空间中传输电力以用于对可再充电电子设备充电或向电子设备供电的无线充电系统可以克服有线充电解决方案的一些缺陷。因此,期望能够有效和安全地将电力传输到电子设备的无线电力传输系统和方法。

### 发明内容

[0007] 在一个方面,一种电子设备包括设备电子器件、耦合到设备电子器件的第一线圈、电抗调节电路、耦合到电抗调节电路的第二线圈、以及耦合到电抗调节电路的控制电路。第一线圈被配置为经由发送器设备所生成的无线电力场来无线地耦合电力,并且基于电力来向设备电子器件提供第一电流。设备电子器件和第一线圈具有负载阻抗,负载阻抗可以包括负载电抗。第二线圈被配置为经由发送器设备所生成的无线电力场来无线地耦合电力,并且基于电力来向电抗调节电路提供第二电流。电抗调节电路和第二线圈具有槽(tank)阻抗,槽阻抗可以包括槽电抗。槽电抗可调节。设备阻抗包括负载阻抗和槽阻抗,并且其中设备电抗包括负载电抗和槽电抗。控制电路被配置为动态地调节槽电抗并且据此来动态地调节设备电抗。

[0008] 根据另一方面,发送器设备具有发送器阻抗,发送器阻抗可以包括发送器电抗。控制电路被配置为动态地调节槽电抗,以便使设备电抗符合用于发送器设备的发送器电抗的电抗范围。控制电路可以被配置为从发送器设备接收控制信号,并且响应于控制信号来动态地调节槽电抗。

[0009] 根据另一方面,控制电路被配置为动态地调节槽电抗,以便动态地调节被提供给

设备电子器件的电力的整流电压。电子设备还可以包括耦合到设备电子器件的电压传感器,电压传感器被配置为感测整流电压并且向控制电路提供电压测量信号。控制电路可以被配置为接收电压测量信号,并且响应于电压测量信号来动态地调节槽电抗。

[0010] 根据另一方面,发送器设备包括发送器阻抗,发送器阻抗可以包括发送器电抗。控制电路被配置为根据控制信号来选择性地在第一模式和第二模式下操作。在第一模式下,控制电路动态地调节槽电抗,以便使设备电抗符合用于发送器设备的发送器电抗的电抗范围。在第二模式下,控制电路动态地调节槽电抗,以便动态地调节被提供给设备电子器件的电力的整流电压。

[0011] 根据另一方面,电子设备还包括耦合到电抗调节电路的谐振匹配电路,谐振匹配电路被配置为调节槽电抗,以便调节电子设备的谐振频率以匹配发送器设备的谐振频率。控制电路被配置为当谐振匹配电路将设备电抗调节到定义的范围之外时,解激活谐振匹配电路。

[0012] 根据另一方面,控制电路被配置为动态地调节槽电抗,使得无线电力场的电力传输效率被降低。

[0013] 根据另一方面,电子设备还包括电压传感器,电压传感器被配置为检测被提供给设备电子器件的电力的整流电压。控制电路被配置为基于整流电压来动态地调节槽电抗。

[0014] 电抗调节电路可以包括多个电容器和多个开关。开关被配置为从控制电路接收控制信号,并且响应于控制信号来选择性地连接多个电容器中的至少一个电容器。

[0015] 电抗调节电路可以包括多个电阻器和多个开关。开关被配置为从控制电路接收控制信号,并且响应于控制信号来选择性地连接多个电阻器中的至少一个电阻器。

[0016] 电抗调节电路可以包括具有多个可选择的电容的可变电容器。可变电容器被配置为从控制电路接收控制信号并且响应于控制信号来选择多个可选择的电容中的一个电容。

[0017] 在另一方面,一种方法在无线充电系统中执行电抗调节。该方法包括由电子设备经由发送器设备所生成的无线电力场从发送器设备无线地接收电力。电子设备具有设备电子器件、耦合到设备电子器件的第一线圈、电抗调节电路、耦合到电抗调节电路的第二线圈、以及耦合到电抗调节电路的控制电路。该方法还包括由第一线圈无线地耦合电力并且基于电力来向设备电子器件提供第一电流。设备电子器件和第一线圈具有负载阻抗,负载阻抗可以包括负载电抗。该方法还包括由第二线圈无线地耦合电力并且基于电力来向电抗调节电路提供第二电流。电抗调节电路和第二线圈具有槽阻抗,槽阻抗可以包括槽电抗。槽电抗可调节。设备阻抗包括负载阻抗和槽阻抗,设备电抗包括负载电抗和槽电抗。该方法还包括由控制电路动态地调节槽电抗,并且据此来动态地调节设备电抗。

[0018] 根据另一方面,电子设备还包括谐振匹配电路。该方法还包括由谐振匹配电路调节槽电抗,以便调节电子设备的谐振频率以匹配发送器设备的谐振频率。该方法还包括当谐振匹配电路将设备电抗调节到定义的范围之外时,由控制电路解激活谐振匹配电路。

[0019] 根据另一方面,该方法还包括由控制电路动态地调节槽电抗,使得无线电力场的电力传输效率被降低。

[0020] 在另一方面,一种系统包括发送器设备和电子设备。发送器设备包括发送器线圈,并且被配置为生成无线电力场。电子设备包括设备电子器件、耦合到设备电子器件的第一线圈、电抗调节电路、耦合到电抗调节电路的第二线圈、以及耦合到电抗调节电路的控制电

路。第一线圈被配置为经由发送器设备所生成的无线电力场来无线地耦合电力，并且基于电力来向设备电子器件提供第一电流。设备电子器件和第一线圈具有负载阻抗，负载阻抗可以包括负载电抗。第二线圈被配置为经由发送器设备所生成的无线电力场来无线地耦合电力，并且基于电力来向电抗调节电路提供第二电流。电抗调节电路和第二线圈具有槽阻抗，槽阻抗可以包括槽电抗。槽电抗可调节。设备阻抗包括负载阻抗和槽阻抗，并且其中设备电抗包括负载电抗和槽电抗。控制电路被配置为动态地调节槽电抗并且据此来动态地调节设备电抗。

[0021] 根据另一方面，发送器设备具有发送器阻抗，发送器阻抗可以包括发送器电抗。发送器设备还包括耦合到发送器线圈的电抗检测器电路，电抗检测器电路被配置为检测发送器电抗并且向控制电路发送控制信号。控制电路被配置为响应于控制信号来动态地调节槽电抗。

[0022] 根据另一方面，发送器设备具有发送器阻抗，发送器阻抗可以包括发送器电抗。发送器设备还包括耦合到发送器线圈的电抗检测器电路、耦合到发送器线圈的发送器电抗调节电路、以及耦合到电抗检测器电路和发送器电抗调节电路的谐振匹配电路。电抗检测器电路被配置为检测发送器电抗。发送器电抗调节电路具有发送器槽电抗，其中发送器电抗包括发送器槽电抗，其中发送器槽电抗可调节。谐振匹配电路被配置为调节发送器槽电抗，以便调节发送器设备的谐振频率以匹配电子设备的谐振频率。电抗检测器电路被配置为当谐振匹配电路将发送器电抗调节到定义的范围之外时，解激活谐振匹配电路。

[0023] 根据另一方面，电子设备还包括耦合到电抗调节电路的谐振匹配电路。谐振匹配电路被配置为调节槽电抗，以便调节电子设备的谐振频率以匹配发送器设备的谐振频率。控制电路被配置为当谐振匹配电路将设备电抗调节到定义的范围之外时，解激活谐振匹配电路。

[0024] 根据另一方面，控制电路被配置为动态地调节槽电抗，使得无线电力场的电力传输效率被降低。

[0025] 以这种方式，电力发送单元 (PTU) (例如，发送器设备) 不需要被设计为在宽电抗范围上 (例如在  $j150$  欧姆以上，在  $j0$  到  $j300$  欧姆之间等) 操作，反之可以被设计为在窄电抗范围上 (例如，在  $j0$  到  $j150$  欧姆之间) 操作。这降低了 PTU 的成本和复杂性。

[0026] 根据另一方面，提供了一种包括设备电子器件的电子设备。电子设备包括用于经由发送器设备所生成的无线电力场来耦合电力的第一装置。第一耦合装置基于电力来向设备电子器件提供第一电流。设备电子器件和第一耦合装置具有负载阻抗。负载阻抗包括负载电抗。电子设备还包括用于调节电抗的装置。电子设备还包括用于经由无线电力场来耦合电力并且基于电力来向电抗调节装置提供第二电流的第二装置。电抗调节装置和第二耦合装置具有槽阻抗。槽阻抗包括槽电抗。槽电抗可调节。设备阻抗包括负载阻抗和槽阻抗。设备电抗包括负载电抗和槽电抗。电子设备还包括用于动态地调节槽电抗并且据此来动态地调节设备电抗的装置。

[0027] 以下详细描述和附图提供对本公开的本质和优点的更好理解。

## 附图说明

[0028] 关于以下讨论并且特别是附图，要强调的是所示的细节表示用于说明性讨论目的

的示例，并且出于提供本发明的原理和概念方面的描述的原因而被展现。在这方面，除了对本公开的基本理解所需要的内容之外，没有尝试示出其他实现方式的细节。以下结合附图进行的讨论使得如何实践根据本公开的实施例对于本领域技术人员而言是明显的。在附图中：

- [0029] 图1是无线充电系统的示意图。
- [0030] 图2是示出第二部分(参见图1)的附加细节的示意图。
- [0031] 图3是在无线充电系统中执行电抗调节的方法的流程图，以例如描述PRU(参见图1)和第二部分(参见图2)的操作。
- [0032] 图4是用于生成控制信号(参见图2)的电力发送单元(PTU)(参见图1)的示意图。
- [0033] 图5是示出用于控制PRU的接收电压的第二部分(参见图1)的附加细节的示意图。
- [0034] 图6是示出用于第二部分(参见图5)的整流电压与第二线圈阻抗的示例的曲线图。
- [0035] 图7是在无线充电系统中执行电抗调节的方法的流程图，以例如描述PRU(参见图1)和第二部分(参见图5)的操作。
- [0036] 图8是用于控制电抗移位和接收电压二者的控制电路的框图。
- [0037] 图9是示出具有可切换电容器的电抗调节电路的框图。
- [0038] 图10是示出具有可切换电阻器的电抗调节电路的框图。
- [0039] 图11是示出具有可变电容器的电抗调节电路的框图。
- [0040] 图12是包括谐振匹配电路的控制电路的框图。
- [0041] 图13是包括谐振匹配电路的PTU的框图。

## 具体实施方式

[0042] 在下面的描述中，为了解释的目的，阐述了很多示例和具体细节，以便提供对本公开的透彻理解。然而，对于本领域技术人员显然的是，在权利要求中表示的本公开可以单独地或与下面描述的其他特征组合地包括这些示例中的一些或全部特征，并且还可以包括本文中描述的特征和概念的修改和等同形式。

[0043] 无线地传输电力可以指将与电场、磁场、电磁场或其他方式相关联的任何形式的能量从发送器传输到接收器而不使用物理电导体(例如，电力可以通过自由空间被传输)。输出到无线场(例如，磁场)的电力可以由接收天线(通常称为线圈或绕组)来接收、捕获或耦合以实现电力传输。

[0044] 无线充电涉及使用磁场将能量从电源耦合到电子系统。来自磁场的能量(例如，一瓦或几瓦或更多量级)可以被系统接收，并且用于对电池充电。一些系统甚至可以使用所接收的磁场能量来对系统中的电子器件供电，例如当设备正被用户操作时。无线充电的总体概述如下。电源向被称为电力发送单元(PTU)的充电平台的感应线圈提供电能。通过感应线圈的电流生成垂直于线圈平面的磁场H。磁场中的能量可以由被称为电力接收单元(PRU)的待充电设备中的另一感应线圈捕获。例如，电力接收单元可以使用来自磁场的接收能量来操作设备或者对电池充电。

[0045] 可以使用谐振耦合来改善从PTU到PRU的电力传输的效率。在谐振耦合中，PTU和PRU中的线圈被调谐为以相同的谐振频率操作。可以使用电感器、电容器、铁氧体等进行调谐。

[0046] 使用谐振耦合的无线充电系统的示例如下。PTU和PRU可以测量其频率响应，并且可以调节其电容或电感以调节谐振频率。PTU可以扫描操作频率，测量传输电力的电流，并且可以调节其谐振频率用于实现最大电力传输效率。

[0047] 使用谐振耦合的无线充电系统的另一示例如下。PTU和PRU每个可以包括可以根据操作需要动态地被抽头的多抽头线圈。取决于PRU的负载，PTU或PRU可以改变其抽头点，以调节其谐振频率用于实现最大电力传输效率。

[0048] 通常，PTU可以将电力传输到各种各样的PRU。每个PRU都具有自己的负载和谐振频率特性。对于给定的PRU，其负载和谐振频率特性可以根据其与PTU的距离和定向以及其当前操作模式（例如，充电、待机模式操作、发送器模式操作等）而改变。因此，PTU需要被设计为适应这些各种各样的PRU。附加的设计考虑是，PTU可以向多个PRU提供电力，每个PRU具有不同的负载和谐振频率特性。这样的PTU的设计由于各种PRU向PTU展现的电抗范围而要求PTU在宽电抗范围上操作，例如在j150欧姆以上。

[0049] 在讨论具体示例和实现之前，提供阻抗和电抗的总体讨论。阻抗（Z）包括电阻（R）和电抗（X）二者，符号表示为 $Z=R+jX$ ，其中j是虚数单位。所有的度量都为欧姆（Ω）。电抗用于计算通过电路元件的正弦交流电的幅度和相位变化。总电抗X包括容抗 $X_C$ 和感抗 $X_L$ ：

[0050]  $X=X_L-X_C=\omega L-1/\omega C$

[0051] 其中 $\omega$ 是角频率，其为以赫兹（Hz）为单位的频率的 $2\pi$ 倍。虽然 $X_L$ 和 $X_C$ 按照惯例都是整数，但是容抗 $X_C$ 对总电抗有负贡献。因此，如果 $X>0$ ，则电抗被称为是电感的；如果 $X=0$ ，则阻抗是纯电阻的；如果 $X<0$ ，则电抗被称为是电容的。容抗是元件两端的电压的变化的反向变化。感抗是通过元件的电流的变化的反向变化。

[0052] 与调节谐振频率相比，本公开针对的是调节电抗，用于实现最大电力传输效率。下面描述的PRU包括用于调节其电抗的附加线圈，以便使PRU的电抗符合被呈现给PTU的窄范围（例如，j0到j150欧姆），或者从由PTU发送的电力接收特定的整流电压。通过能够在操作期间感应耦合到主接收器线圈，而并非主要用于将电力耦合到无线场之外以提供给负载（例如，对电池充电），附加线圈与主接收器线圈隔离。

[0053] PRU中的附加线圈用于调节来自PTU的电抗或接收电压。调节电抗也可以被称为执行电抗移位。

[0054] 关于电抗移位，很多无线电力接收器实现方式包括待充电金属设备（DTBC），诸如智能电话或平板计算机，作为PRU。金属物体改变发送器线圈的电感。（减小电感通常被称为“产生（负的）电抗移位”或“使发送器失谐”。）同样地，很多无线电力接收器包括用于改善耦合的铁氧体。除了改善耦合之外，铁氧体还可以增加发送器线圈的电感（例如，其产生正的电抗移位）。

[0055] 这些电抗移位向PTU设计显著地增加了复杂性。具体地，如果负载电抗总是恒定（例如， $50+j0$ 欧姆）或者被呈现给PTU的电抗范围减小，则功率放大器设计将显著地简化。当今，无线电力发送器被设计为跨宽电抗范围（例如，j0-j300欧姆）或高电抗范围（例如，j150-j300欧姆）而工作。

[0056] 关于所接收的电压，所有无线电力接收器被设计为在有限的电压范围内（在整流器的输出下）操作。由于（1）耦合在发送器垫（pad）上的不同位置处变化，并且（2）PRU将具有不同的电力消耗水平，所以接收器并不总是能够在其“目标”电压下操作。确保所有PRU可以

在其许可电压范围内并发地操作是无线电力系统设计的一个挑战。

[0057] 为了解决这些问题,如下面进一步描述的,将第二线圈(其可以被称为辅助线圈)添加到PRU。调节第二线圈上的电抗可以调节由接收器产生的电抗,并且可以调节接收器的整流输出电压。

[0058] 图1是无线充电系统100的示意图。系统100包括PTU 110和PRU 120。在一个示例中,PTU 110为充电垫的形式,并且通常位于静止的位置,例如被插入电源插座中。PRU 120通常是移动的,并且被放置在PTU 110附近用于无线充电目的。

[0059] PTU 110包括电流源112(例如,作为耦合到电源插座的功率放大器的部件)和发送器线圈114。电流源112对发送器线圈114供电以生成无线电力场。基于PTU 110的电路特性,PTU 110具有阻抗(其可以包括电抗)。PTU 110可以包括在下面更详细地描述或为了简洁起见而在描述中省略的其他部件。

[0060] PRU 120包括第一部分122和第二部分124。第一部分122通常包括PRU 120的功能部件。例如,如果PRU 120是蜂窝电话,则第一部分122包括无线充电部件和蜂窝电话部件(例如,负载)。第二部分124通常包括电抗调节部件。PRU 120可以包括在下面更详细地描述或为了简洁起见而在描述中省略的其他部件。

[0061] 第一部分122包括第一线圈132、电容器134、二极管136、二极管138、电容器140和电阻器142。除了第一线圈132之外的第一部分122的部件可以被总称为PRU 120的设备电子器件。第一线圈132经由无线电力场无线地耦合电力,并且基于电力来向设备电子器件提供电流。电容器134和140以及二极管136和138向电阻器142提供整流电压。电阻器142表示PRU 120的功能部件(例如,电池或其他设备电子器件)的负载。总的来说,第一部分122的部件具有一阻抗(其可以包括电抗),被称为负载阻抗(和负载电抗)。第一部分122的部件(例如,如上所述的金属部件)可以如上所述在PTU 110处引起电抗移位。

[0062] 第二部分124包括第二线圈150和电抗调节电路152。第二线圈150经由无线电力场来无线地耦合电力,并且基于电力来向电抗调节电路152提供电流。电抗调节电路152和第二线圈150一起具有一阻抗(其可以包括电抗),被称为槽阻抗(和槽电抗)。槽电抗可调节,如下面更详细地描述的。PRU 120的阻抗(其可以包括电抗)被称为设备阻抗(和设备电抗)。设备阻抗是负载阻抗和槽阻抗的组合。设备电抗是负载电抗和槽电抗的组合。

[0063] 系统100的总体操作如下。PTU 110生成无线电力场,并且PRU 120经由无线电力场来无线地接收电力。第一线圈132基于电力来向PRU 120的设备电子器件提供电流。电抗调节电路152的电抗(槽电抗)可动态可调节以便动态地调节PRU 120的电抗(设备电抗),以使设备电抗(例如,用以呈现目标电抗)符合PTU 110的电抗范围(发送器电抗),或者以动态地调节被提供给PRU 120的设备电子器件的整流电压。注意,在某些情况下,由于电抗正被调节,所以PRU 120的谐振频率不一定正与PTU 110的谐振频率匹配。例如,如果尝试匹配谐振频率将使电抗增加到定义的范围以上(例如,j150欧姆以上),则调节电抗(例如,到j150欧姆以下)会降低无线电力场的电力传输效率。下面提供进一步的操作细节。

[0064] 图2是这里被示出为第二部分124a的第二部分124(参见图1)的附加细节的示意图,其用于控制被呈现给PTU 110(参见图1)的PRU 120的电抗移位。第二部分124a类似于第二部分124(参见图1),并且添加了控制电路200。控制电路200可以例如是微处理器或微控制器。控制电路200接收控制信号202(例如,从PTU 110(参见图1)),并且响应于此,使用控

制信号204来动态地调节电抗调节电路152的电抗。例如,控制信号202可以指示控制电路200增加槽电抗,减小槽电抗等。控制信号202可以例如经由Bluetooth™低能量(BLE)信号来被无线地传送。

[0065] 如上所述,将PRU 120放置在PTU 110附近将改变由发送器线圈114(参见图1)呈现的电抗。这种电抗移位有两个组成部分:无源电抗移位和有源电抗移位。在无源电抗移位中,PRU 120中的金属和铁氧体改变发送器线圈114的电感。在有源电抗移位中,由第一线圈132看到的阻抗被“反射”到发送器线圈114(参见以下细节)。注意,反射电阻表示被输送到第一线圈132的电力。

[0066] 系统100(参见图1)使用PRU的第二线圈150的有意电抗移位来补偿PRU 120的无意的电抗移位(并且在较小程度上补偿第一线圈132的无意的电抗移位)。等式1描绘了由第二线圈150产生的阻抗移位:

$$[0067] Z_{refl\_aux} = \frac{(\omega M_{tx\_aux})^2}{j \omega L_{aux} + Z_{aux}}$$

[0068] 其中 $Z_{refl\_aux}$ 是与发送器线圈114串联出现的反射阻抗, $M_{tx\_aux}$ 是PTU 110与第二线圈150之间的互感, $L_{aux}$ 是第二线圈150的自感, $Z_{aux}$ 是第二线圈150上的槽阻抗。

[0069] 控制电路200响应于控制信号202来动态地调节 $Z_{aux}$ 以控制反射阻抗。控制电路200动态地控制的电抗调节电路152的部件包括可切换电容器、可切换电阻器、可变电容器等,如下面进一步描述的。

[0070] 图3是在无线充电系统中执行电抗调节的方法300的流程图,例如用以描述PRU 120(参见图1)和第二部分124a(参见图2)的操作。在302,电子设备经由发送器设备所生成的无线电力场来从发送器设备无线地接收电力。电子设备具有设备电子器件、耦合到设备电子器件的第一线圈、电抗调节电路、耦合到电抗调节电路的第二线圈、以及耦合到电抗调节电路的控制电路。例如,电子设备可以是PRU 120(参见图1),其具有设备电子器件(由电阻器142等表示)、第一线圈132、电抗调节电路152、第二线圈150和控制电路200(参见图2)。PTU 110(参见图1)可以生成无线电力场,并且PRU 120可以经由无线电力场来无线地接收电力。

[0071] 在304,第一线圈无线地耦合电力并且基于电力来向设备电子器件提供电流。设备电子器件和第一线圈具有负载阻抗。负载阻抗可以包括负载电抗。例如,第一线圈132(参见图1)无线地耦合电力(经由无线电力场),并且基于电力来向设备电子器件(表示负载的电阻器142等)提供电流。

[0072] 在306,第二线圈无线地耦合电力并且基于电力来向电抗调节电路提供电流。电抗调节电路和第二线圈具有槽阻抗。槽阻抗可以包括槽电抗。槽电抗可调节。设备阻抗包括负载阻抗和槽阻抗,并且设备电抗包括负载电抗和槽电抗。例如,第二线圈150(参见图1)无线地耦合电力(经由无线电力场),并且基于电力来向电抗调节电路152提供电流。第二线圈150和电抗调节电路152具有可调电抗,称为槽电抗,其根据控制信号204(参见图2)可调节。

[0073] 在308,控制电路动态地调节槽电抗并且据此来动态地调节设备电抗。例如,控制电路200(参见图2)使用控制信号204来调节电抗调节电路152的电抗。调节电抗调节电路152的电抗能够调节第二部分124a的电抗,这能够调节PRU 120(参见图1)的电抗。

[0074] 控制电路动态地调节槽电抗,以便使设备电抗符合发送器设备的发送器电抗的电抗范围。控制电路接收控制信号,并且响应于控制信号来动态地调节槽电抗。例如,控制电路200(参见图2)从PTU 110(参见图1)接收控制信号202,并且调节电抗调节电路152的电抗,以便使设备电抗符合期望的电抗范围(例如,从j0到j150欧姆)。如上所述,在某些情况下,槽电抗的这样的调节(例如,符合期望的电抗范围)可能降低无线电力场的电力传输效率。

[0075] 方法300还可以包括由谐振匹配电路调节槽电抗,以便调节电子设备的谐振频率以匹配发送器设备的谐振频率。方法300还可以包括当谐振匹配电路将设备电抗调节到定义的范围之外时,由控制电路解激活谐振匹配电路。这些特征参考图2来更详细地讨论。

[0076] 图4是这里被示出为PTU 110a的用于生成控制信号202(参见图2)的PTU 110(参见图1)的示意图。PTU 110a类似于PTU 110(参见图1),并且添加了电抗检测器电路400。电抗检测器400可以包括电压检测器,电压检测器用于测量发送器线圈114两端的电压的变化的反向变化,以便确定容抗,并且电抗检测器400可以包括电流检测器,电流检测器用于测量通过发送器线圈114的电流的变化的反向变化,以便确定感抗。由电抗检测器400检测的PTU 110a的净电抗根据上述等式1依据PRU 120而变化。电抗检测器400然后基于检测到的电抗来确定适合于控制电路200(参见图2)适当地调节电抗调节电路152的控制信号,并且将控制信号提供给发送器(未示出;例如,Bluetooth<sup>TM</sup>低能量发送器)以作为控制信号202发送到控制电路200。

[0077] 图5是示出这里被示出为第二部分124b的用于控制PRU 120的接收电压的第二部分124(参见图1)的附加细节的示意图。图5还示出了第一部分122(参见图1)的部分,具体地是表示PRU 120的负载的电阻器142。第二部分124b类似于第二部分124(参见图1),并且添加了控制电路500。控制电路500包括电压传感器502,电压传感器502用于检测无线地接收的电力的整流电压,作为提供给PRU 120的负载(如电阻器142所示)的电压。基于检测到的电压,控制电路500动态地调节电抗调节电路152的电抗,电抗调节电路152进而动态地调节无线地接收并且提供给设备电子器件的电力的整流电压。由于第二线圈150还可能耦合到第一线圈132(参见图1),所以第二线圈150的负载电阻可以被调节以控制PRU 120的整流电压,而与通过发送器线圈114的电流无关。

[0078] 图6是示出第二部分124b(参见图5)的整流电压与第二线圈阻抗的示例的曲线图600。在曲线图600中,x轴是第二线圈150(参见图5)的阻抗,也称为第二绕组终端电抗;并且y轴是例如被提供给PRU 120的负载(例如,如图5中的电阻器142所示)的整流电压。在该示例中,假设第二线圈150的阻抗是纯反应性的。从曲线图600可以看出,将第二线圈150的电抗(x轴)调节到在约-j40欧姆到-j80欧姆之间,允许将整流电压控制在4伏到14伏之间。

[0079] 图7是在无线充电系统中执行电抗调节的方法300的流程图,例如用以描述PRU 120(参见图1)和第二部分124b(参见图5)的操作。在702,电子设备经由发送器设备生成的无线电力场来从发送器设备无线地接收电力。电子设备具有设备电子器件、耦合到设备电子器件的第一线圈、电抗调节电路、耦合到电抗调节电路的第二线圈、以及耦合到电抗调节电路的控制电路。例如,电子设备可以是PRU 120(参见图1),其具有设备电子器件(由电阻器142等表示)、第一线圈132、电抗调节电路152(参见图5)、第二线圈150和控制电路500(参见图5)。PTU 110(参见图1)可以生成无线电力场,并且PRU 120可以经由无线电力场无线地

接收电力。

[0080] 在704,第一线圈无线地耦合电力并且基于电力来向设备电子器件提供电流。设备电子器件和第一线圈具有负载阻抗。负载阻抗可以包括负载电抗。例如,第一线圈132(参见图1)无线地耦合电力(经由无线电力场),并且基于电力来向设备电子器件(表示负载的电阻器142等)提供电流。

[0081] 在706,第二线圈无线地耦合电力并且基于电力来向电抗调节电路提供电流。电抗调节电路和第二线圈具有槽阻抗。槽阻抗可以包括槽电抗。槽电抗可调节。设备阻抗包括负载阻抗和槽阻抗,并且设备电抗包括负载电抗和槽电抗。例如,第二线圈150(参见图1)无线地耦合电力(经由无线电力场),并且基于电力来向电抗调节电路152提供电流。第二线圈150和电抗调节电路152具有可调电抗,被称为槽电抗,其根据控制信号204(参见图5)可调节。

[0082] 在708,控制电路动态地调节槽电抗并且据此来动态地调节设备电抗。例如,控制电路500(参见图5)使用控制信号204来调节电抗调节电路152的电抗。调节电抗调节电路152的电抗就调节了第二部分124b的电抗,这就调节了PRU 120(参见图1)的电抗。

[0083] 控制电路动态地调节槽电抗,以便动态地调节被提供给设备电子器件的无线电力信号的整流电压。控制电路包括感测整流电压并且向控制电路提供电压测量的电压传感器。控制电路接收电压测量信号,并且响应于电压测量信号来动态地调节槽电抗。例如,控制电路500(参见图5,包括电压传感器502)测量被提供给设备电子器件(由电阻器142表示的PRU 120的负载)的整流电压,并且调节电抗调节电路152的电抗,以便动态地调节整流电压(例如,在4到14伏特之间)。

[0084] 方法700还可以包括由谐振匹配电路调节槽电抗,以便调节电子设备的谐振频率以匹配发送器设备的谐振频率。方法700还可以包括当谐振匹配电路将设备电抗调节到定义的范围之外时,由控制电路解激活谐振匹配电路。这些特征参考图12来更详细地讨论。

[0085] 图8是用于控制电抗移位和接收电压二者的控制电路800的框图。控制电路800在这里被称为第二部分124c(在图8中部分示出)的第二部分124(参见图1)中实现。控制电路800包括控制电路200(参见图2)和控制电路500(参见图5)的功能。与图2和图5相似的部件未示出。控制电路800接收无线控制信号202,并且如以上关于控制电路200所述地进行操作。控制电路800测量来自第一部分122的整流电压,并且如以上关于控制电路500所述地进行操作。除了以上关于图2所述的功能之外,控制信号202还选择性地控制控制电路800的操作模式。在一种操作模式下,控制电路800进行操作以根据控制电路200来执行电抗移位,并且控制电路500的功能没有被使用。在另一种操作模式下,控制电路800进行操作以根据控制电路500来控制接收的电压,并且控制电路200的功能没有被使用。

[0086] 备选地,控制电路800(或图2的200或图5的500)可以包括诸如通常作为PRU 120(参见图1)的控制电路来操作的其他功能,在这种情况下,控制电路800的放置不限于第二部分(例如,图2的124a或图5的124b或图8的124c)。控制电路800(或图2的200或图5的500)可以是微处理器、微控制器等。

[0087] 图9到图11是示出电抗调节电路152(参见图1)的实现方式选项的框图。图9是示出具有可切换电容器的电抗调节电路152a的框图。可切换电容器包括多个开关900以及电容器C1、C2、C4、C8、C16、C32和C64。开关900由控制信号204(例如,来自图2的控制电路200、图5

的控制电路500、或图8的控制电路800)来控制。开关900选择性地将电容器与电路连接或断开。开关900可以用晶体管来实现。电容器被配置在二进制的范围内。例如,C1为1皮法,C2为2皮法等;因此可选择的范围是从0到127皮法的128个值。如以上关于电抗调节电路152所述,切换电容器就调节了电容,这就调节了电抗调节电路152a的电抗。

[0088] 图10是示出具有可切换电阻器的电抗调节电路152b的框图。可切换电阻器包括多个开关1000以及电阻器R1、R2、R4、R8、R16、R32和R64。开关1000由控制信号204(例如,从图2的控制电路200、图5的控制电路500、或图8的控制电路800)来控制。开关1000选择性地将电阻器与电路连接或断开。开关1000可以用晶体管来实现。电阻器在被配置二进制的范围内。例如,R1为1千欧,R2为2千欧等;因此可选择的范围是从0到127千欧的128个值。如以上关于电抗调节电路152所述,切换电阻器就调节了阻抗,这就调节了电抗调节电路152b的电抗。

[0089] 图11是示出具有可变电容器1100的电抗调节电路152c的框图。可变电容器1100由控制信号204(例如,从图2的控制电路200、图5的控制电路500、或图8的控制电路800)来控制。如以上关于电抗调节电路152所述,控制信号204选择调节电抗调节电路152c的电抗的可变电容器1100的可选择电容之一。作为另外的选项,可以并行地实现多于一个可变电容器(类似于图9或图10中的布置),其中控制信号204调节可变电容器中的一个或多个可变电容器以调节电抗。

[0090] 图12到图13示出了如何将上述电抗调节系统与谐振匹配结合使用。如上所述,一些无线充电系统使用谐振匹配来增加无线电力场的电力传输效率。因此,例如在谐振匹配会将电抗增加到定义的范围之外时进行电抗调节,就降低了电力传输效率。(然而,如上所述,这可以有助于简化PTU的设计或成本,因为不需要在宽的电抗范围上操作。)

[0091] 图12是包括谐振匹配电路1202的控制电路1200的框图。控制电路1200在这里被称为第二部分124d(在图12中部分示出)的第二部分124(参见图1)中实现。控制电路1200类似于图2的控制电路200(或图5的500或图8的800),并且是PRU 120的部件(参见图1)。为了简洁起见,控制电路1200被示出为类似于控制电路800,要理解,如果实现了控制电路200或500,则可以省略不相关的部件。

[0092] 在第一操作模式下,控制电路1200允许谐振匹配电路1202执行谐振匹配,以便PRU 120(参见图1)的谐振频率与PTU 110的谐振频率匹配(或更具体地,匹配PTU线圈114与PRU线圈132和150之间的谐振)。例如,谐振匹配电路1202可以经由控制电路1200耦合到电抗调节电路152。谐振匹配电路1202可以调节电抗调节电路152的电抗以便扫过谐振频率,并且可以在达到提高的电力传输效率时停止调节。然而,如果谐振匹配电路1202将电抗调节电路152的电抗调节为使得PRU 120的电抗调节到定义的范围之外(例如,在j0到j150欧姆之外)调节,则控制电路1200进入第二操作模式。

[0093] 在第二操作模式下,控制电路1200解激活谐振匹配电路1202。然后,控制电路1200进行操作以如上所述执行电抗调节(例如,根据图2的控制电路200、图5的控制电路500或图8的控制电路800)。

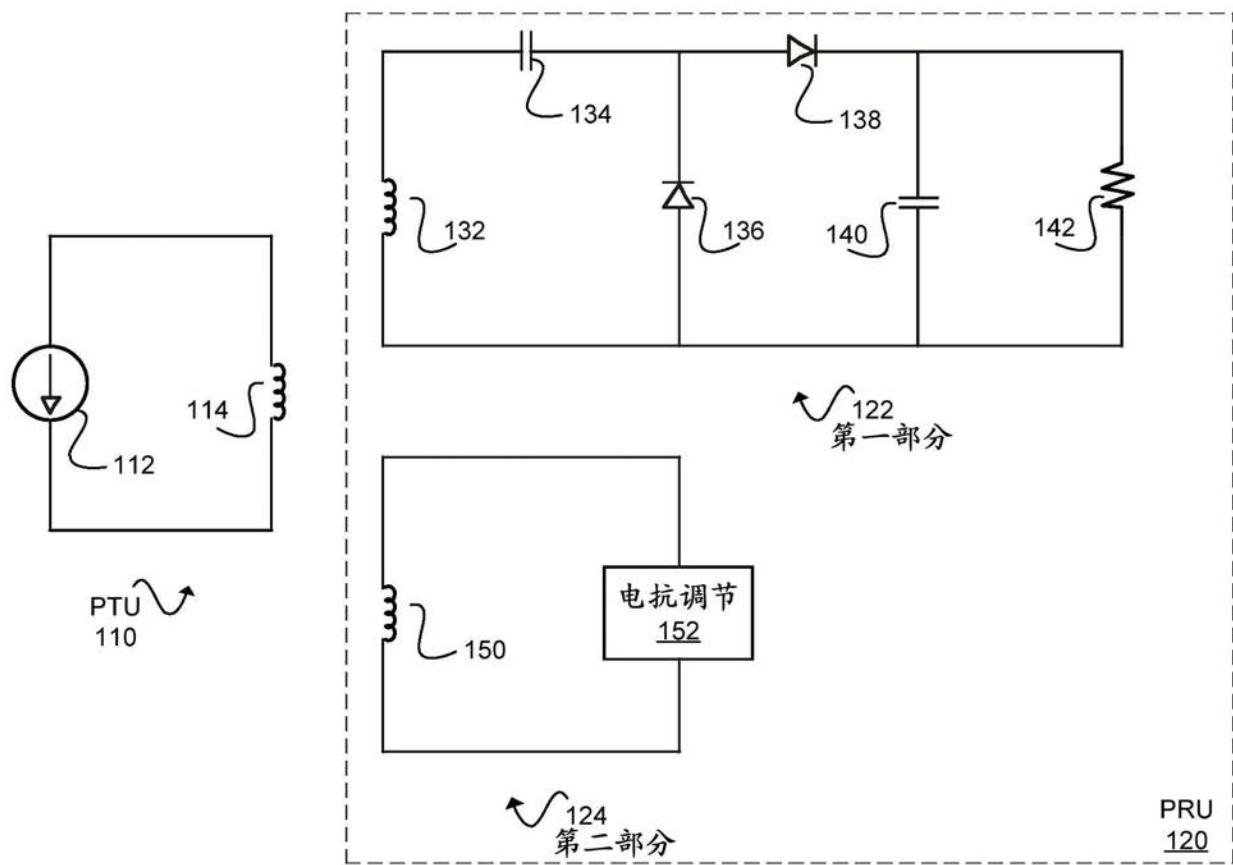
[0094] 图13是包括谐振匹配电路1300的PTU 110b的框图。PTU 110b类似于PTU 110(参见图1)或PTU 110a(参见图4)。谐振匹配电路1300耦合到电抗检测器400(参见图4)和发送器电抗调节电路1302。发送器电抗调节电路1302可以类似于电抗调节电路152(参见图1),并且可以包括可切换电容器(参见图9)、可切换电阻器(参见图10)或可变电容器(参见图11)。

谐振匹配电路1300使用由电抗检测器400确定的容抗和感抗来调节发送器电抗调节电路1302的电抗。

[0095] 在第一操作模式下,电抗检测器400不生成无线控制信号202;相反,电抗检测器400允许谐振匹配电路1300执行谐振匹配,以便PTU 110b的谐振频率匹配PRU 120的谐振频率(参见图1)。电抗检测器400将所测量的发送器电抗(如以上关于图4所述)发送给谐振匹配电路1300。谐振匹配电路1300可以调节发送器电抗调节电路1302的电抗以便扫过谐振频率,并且可以在达到提高的电力传输效率时停止调节。然而,如果谐振匹配电路1300将发送器电抗调节电路1302的电抗调节为使得PTU 110的电抗调节到定义的范围之外(例如,在j0到j150欧姆之外)调节,则PTU 110b进入第二操作模式。

[0096] 在第二操作模式下,电抗检测器400解激活谐振匹配电路1300,并且进行操作以便如上关于图4所述执行电抗调节。

[0097] 以上描述示出了本公开的各种实施例以及如何实现特定实施例的各方面的示例。以上示例不应当被认为是唯一的实施例,而是被呈现以示出由所附权利要求限定的特定实施例的灵活性和优点。基于以上公开内容和以下权利要求,可以在不脱离由权利要求限定的本公开的范围的情况下采用其他布置、实施例、实现方式和等同方式。



无线充电系统 100

图1

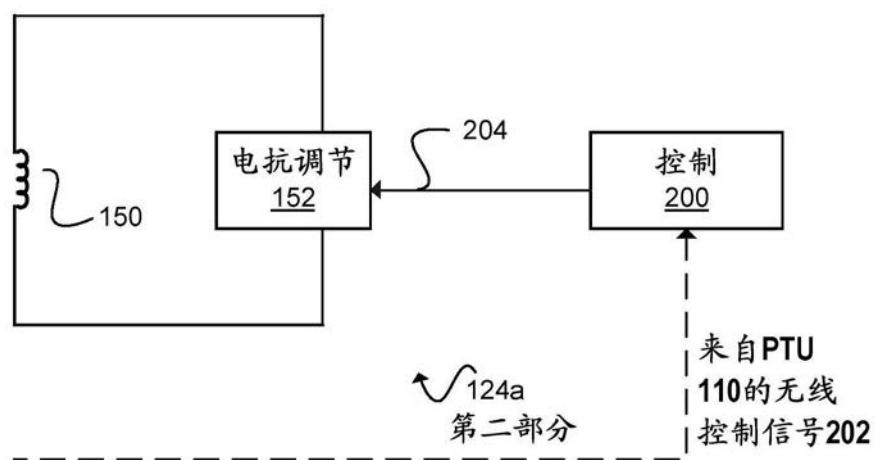


图2

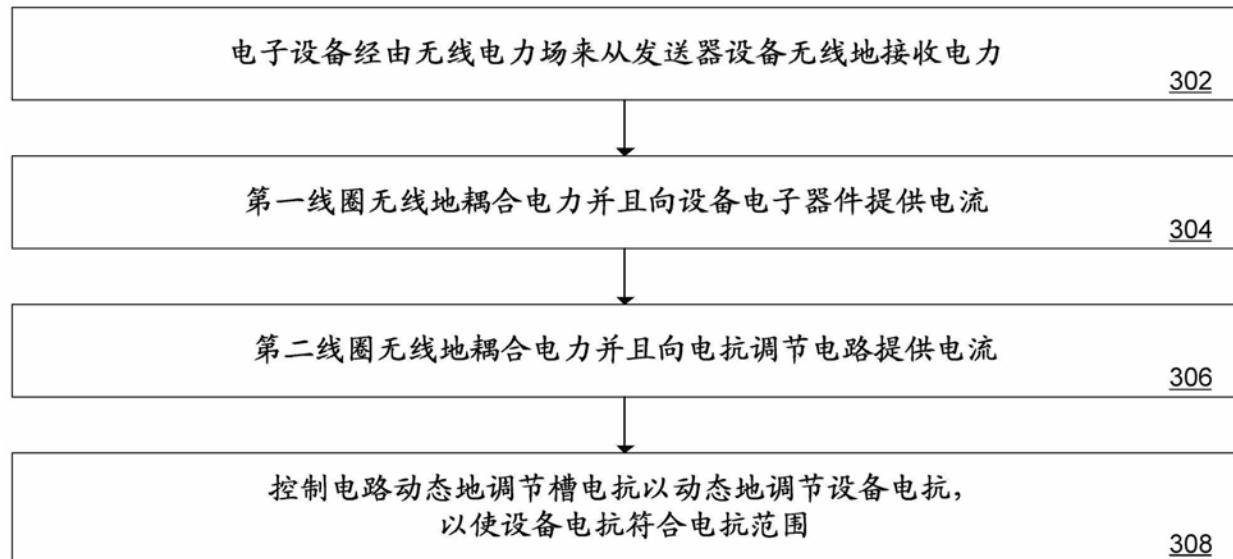


图3

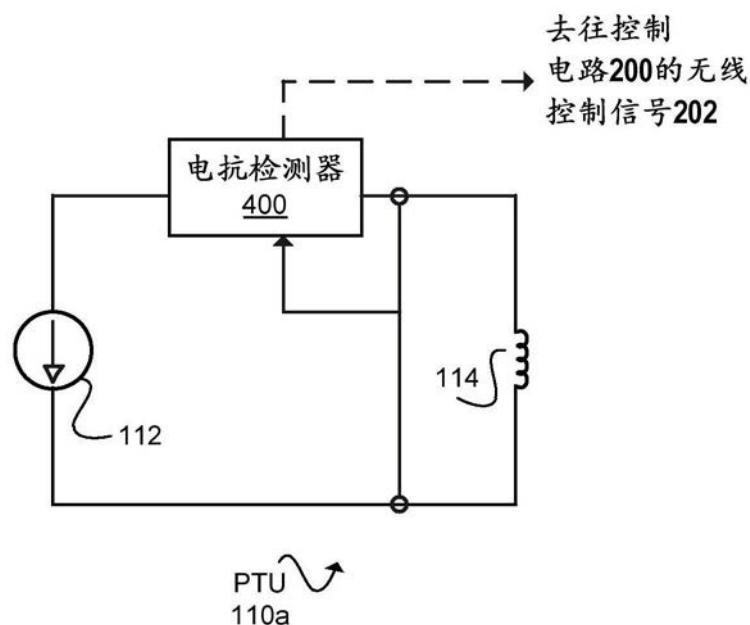


图4

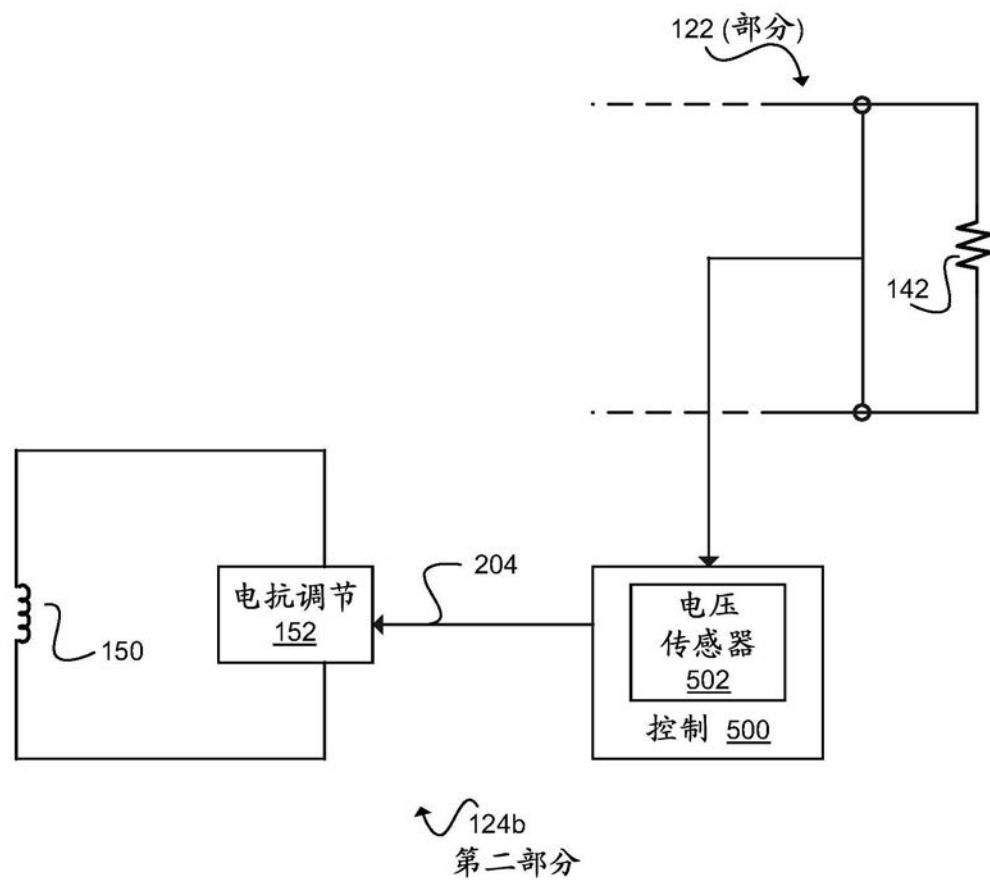
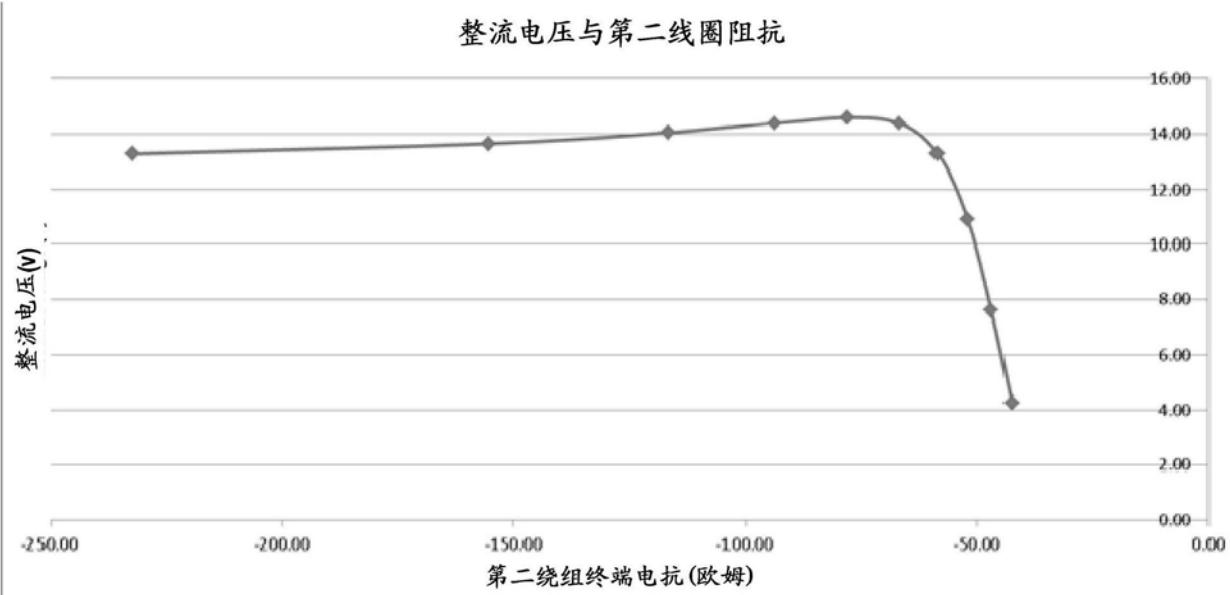


图5



600

图6

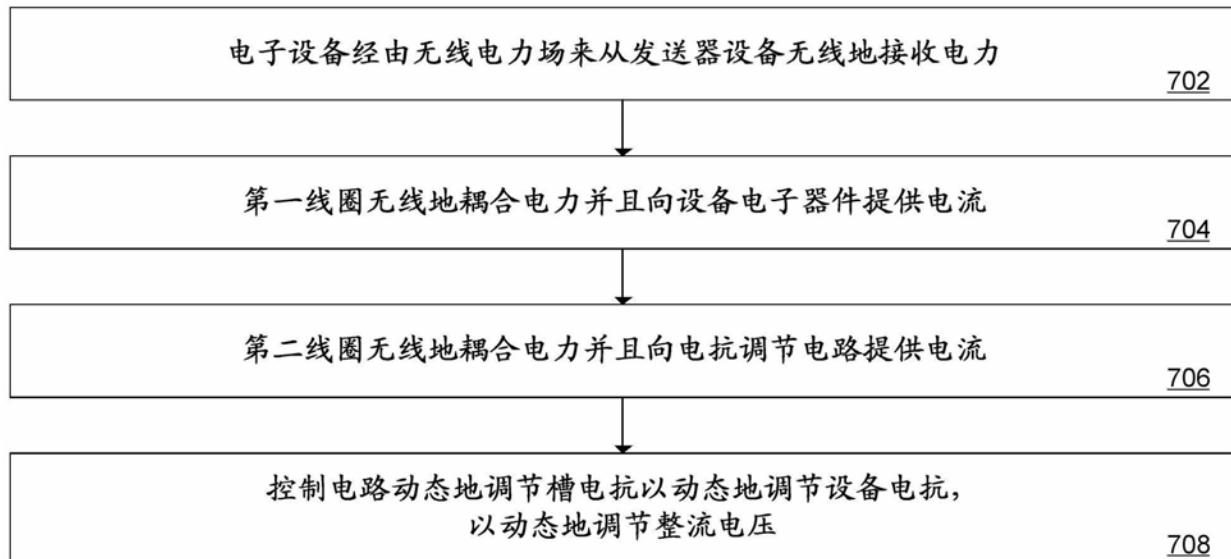


图7

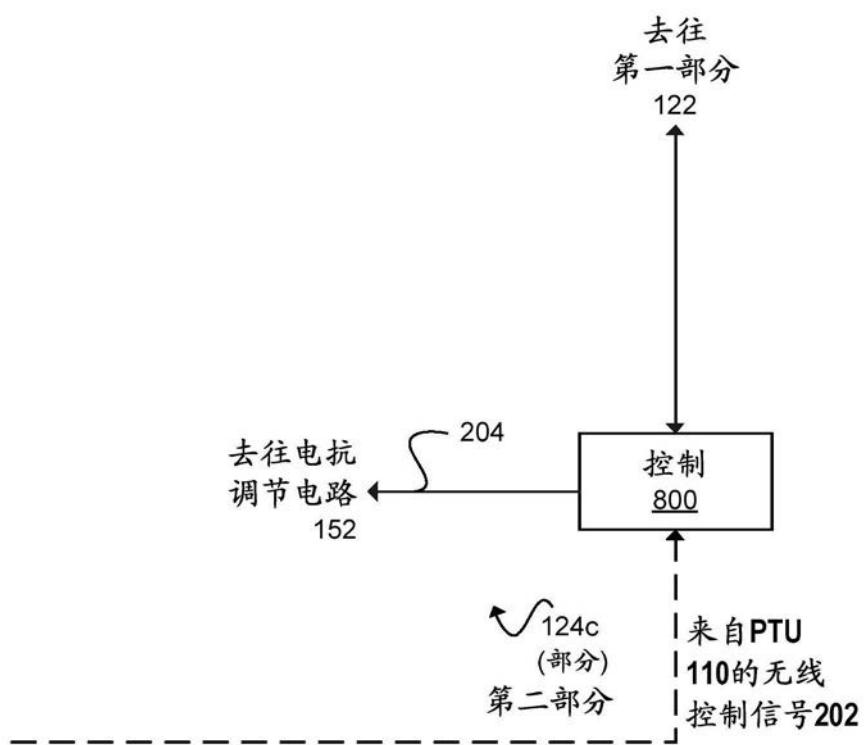


图8

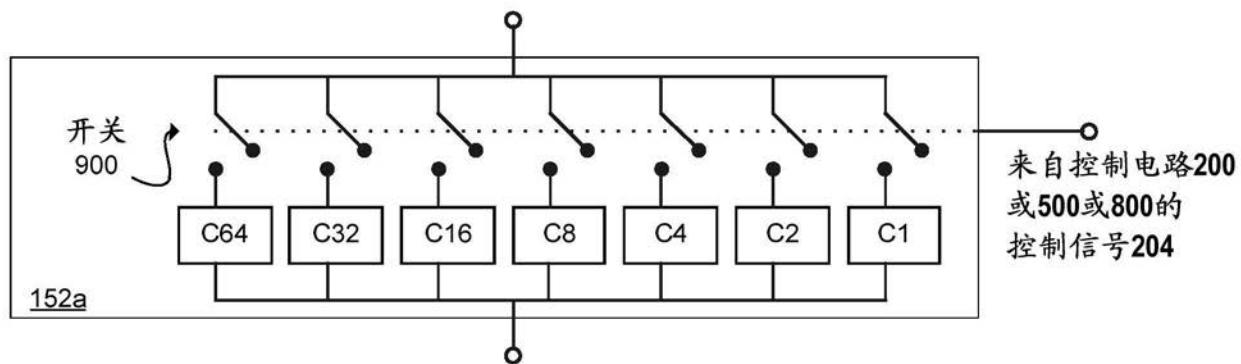


图9

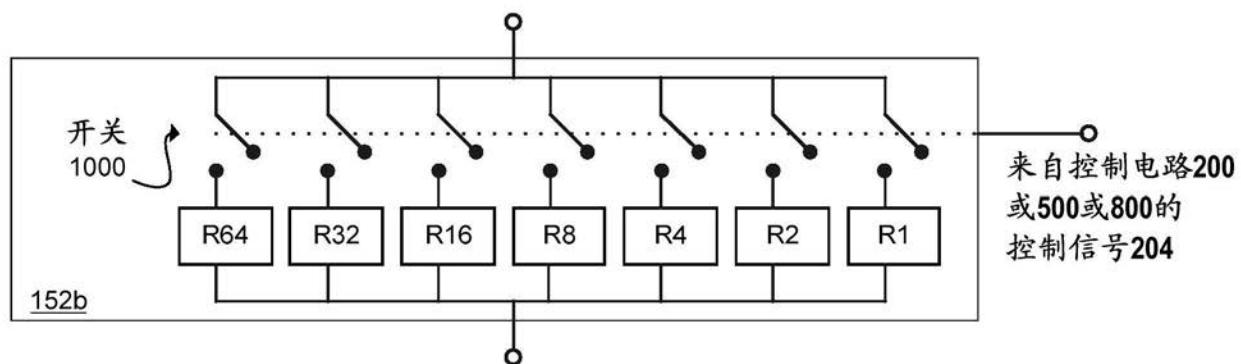


图10

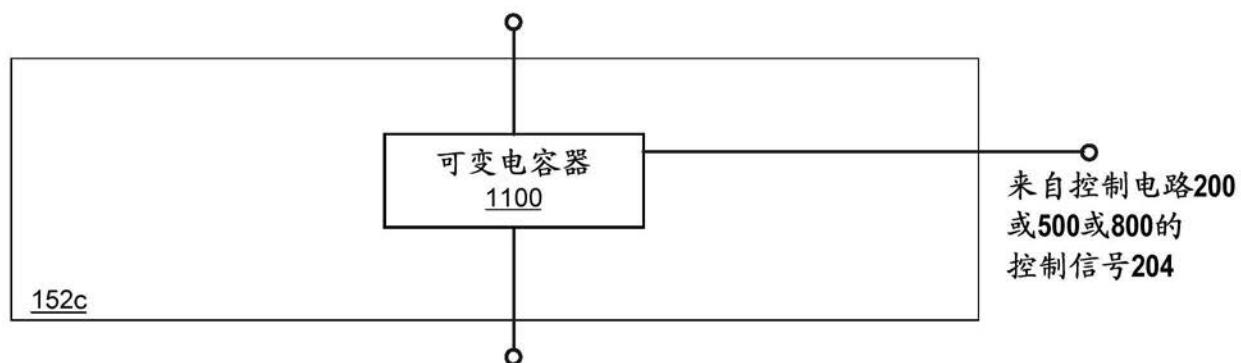


图11

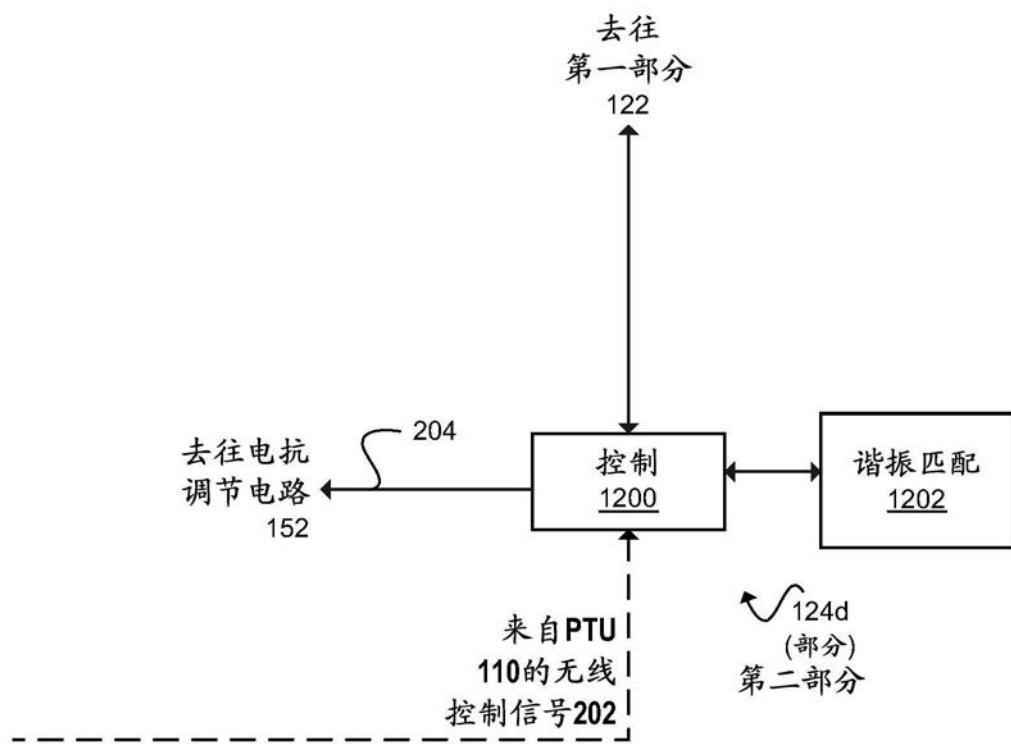


图12

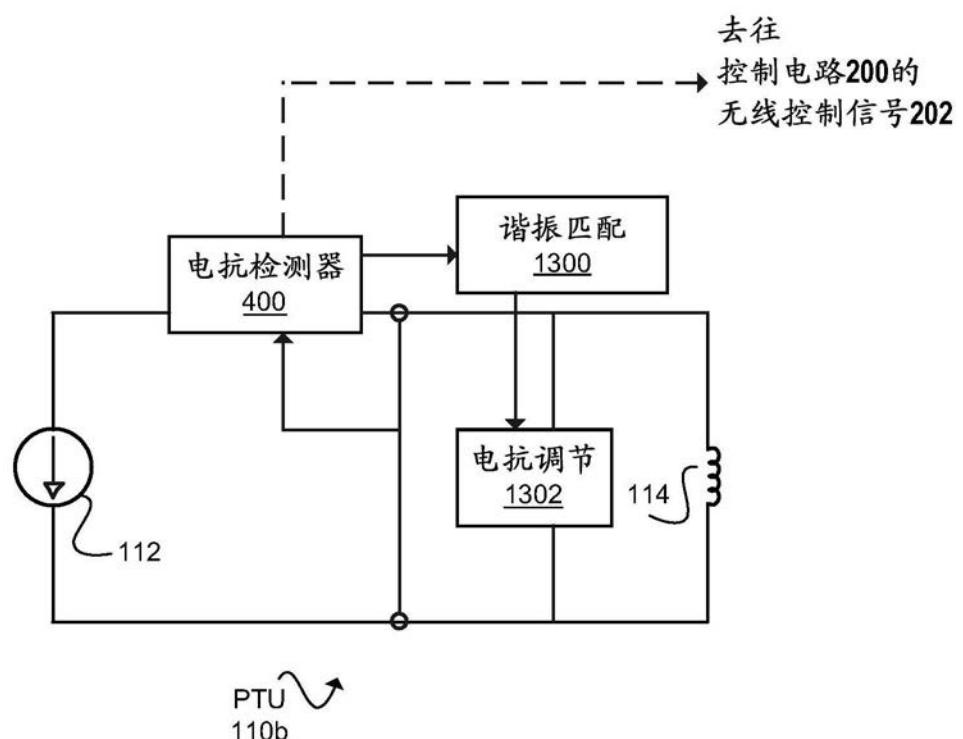


图13