



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108292863 B

(45) 授权公告日 2021. 10. 29

(21) 申请号 201680069204.8

(22) 申请日 2016.11.07

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108292863 A

(43) 申请公布日 2018.07.17

(30) 优先权数据
15196289.1 2015.11.25 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.05.25

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2016/076762 2016.11.07

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/089096 EN 2017.06.01

(73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 N·F·茹瓦 K·J·卢洛福斯

(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 刘炳胜

(51) Int.Cl.
H02J 50/12 (2006.01)
H02J 50/80 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2003231039 A1, 2003.12.18
US 2006113970 A1, 2006.06.01
US 2003006880 A1, 2003.01.09
DE 19546928 A1, 1997.06.19
CN 104995849 A, 2015.10.21
US 2013062961 A1, 2013.03.14
CN 104685798 A, 2015.06.03
CN 104578453 A, 2015.04.29

审查员 张少绵

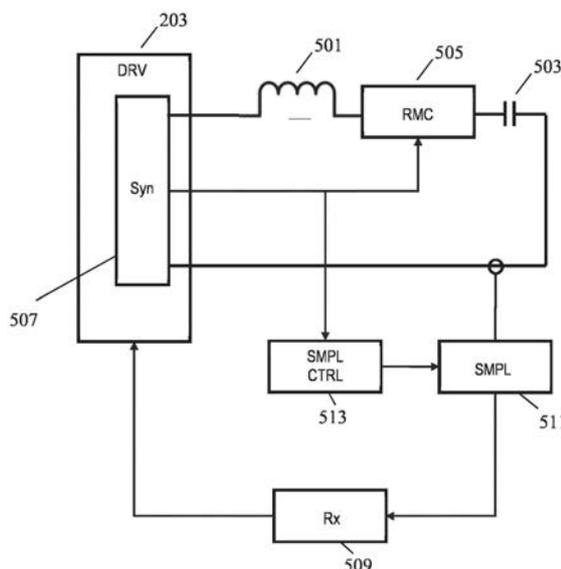
权利要求书3页 说明书31页 附图15页

(54) 发明名称

无线感应功率传输

(57) 摘要

一种用于向功率接收器 (105) 感应地传输功率的功率发射器 (101), 其包括共振电路 (201), 所述共振电路包括用于生成功率传输信号的发射器线圈 (103)。采样器 (511) 对通过发射器线圈 (103) 的电流或者所述发射器线圈 (103) 上的电压进行采样。消息接收器 (509) 接收基于样本被调制到功率传输信号上的消息负载。驱动器 (203) 生成针对共振电路 (201) 的驱动信号, 并且共振修改电路 (505) 通过针对驱动信号的周期的部分时间间隔减慢针对共振电路 (201) 的共振部件的状态改变来降低共振电路 (201) 的共振频率。采样时间控制器 (513) 响应于部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个来控制采样时间, 并且具体地可以将采样时间设置为处在所述部分时间间隔之内。



1. 一种用于向功率接收器 (105) 感应地传输功率的功率发射器 (101), 所述功率发射器 (101) 包括:

共振电路 (201), 其包括电容性阻抗 (503) 和电感性阻抗 (501), 所述电感性阻抗 (501) 包括发射器线圈 (103), 所述发射器线圈用于生成功率传输信号以将功率无线地传输到所述功率接收器 (105);

采样器 (511), 其用于通过在采样时间处对通过所述发射器线圈 (103) 的电流和所述发射器线圈 (103) 上的电压中的至少一个进行采样来生成样本;

消息接收器 (509), 其用于接收由所述功率接收器调制到所述功率传输信号上的消息负载, 所述消息接收器 (509) 被布置成响应于所述样本来检测所述调制;

驱动器 (203), 其用于生成针对所述共振电路 (201) 的驱动信号;

共振修改电路 (505), 其用于通过在所述驱动信号的至少多个周期的每个周期的部分时间间隔内减慢针对所述电容性阻抗 (503) 和所述电感性阻抗 (501) 中的至少一个的状态改变, 来降低所述共振电路 (201) 的共振频率, 所述状态改变是所述电容性阻抗的电压和所述电感性阻抗的电流中的至少一个的改变, 并且所述共振修改电路 (505) 被布置成在所述部分时间间隔的开始时间处开始减慢所述状态改变并且在所述部分时间间隔的结束时间处停止减慢所述状态改变; 以及

采样时间控制器 (513), 其用于响应于所述部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个来控制所述采样时间。

2. 根据权利要求1所述的功率发射器, 其中, 所述采样时间控制器 (513) 被布置成将所述采样时间控制为处在所述部分时间间隔之内。

3. 根据权利要求1所述的功率发射器, 其中, 所述采样时间控制器 (513) 被布置成响应于所述部分时间间隔的结束时间来控制所述采样时间。

4. 根据权利要求1所述的功率发射器, 其中, 所述采样时间控制器 (513) 被布置成响应于所述部分时间间隔的开始时间来控制所述采样时间。

5. 根据权利要求1所述的功率发射器, 其中, 所述采样时间控制器 (513) 被布置成控制所述采样时间在从所述结束时间之前的所述驱动信号的半个周期时间到所述结束时间的的时间间隔内发生。

6. 根据权利要求1所述的功率发射器, 其中, 所述采样时间控制器 (513) 被布置成将所述采样时间确定为比所述结束时间早一时间偏移量。

7. 根据权利要求6所述的功率发射器, 其中, 所述时间偏移量不少于20纳秒并且不多于5微秒。

8. 根据权利要求1所述的功率发射器, 其中, 所述采样时间控制器 (513) 被布置成响应于所述开始时间和所述结束时间两者来确定所述采样时间。

9. 根据权利要求1所述的功率发射器, 其中, 所述部分时间间隔的开始时间是通过所述电感性阻抗 (501) 的电感器上的电压和所述电容性阻抗 (503) 的电容器的电流中的至少一个的过零点来确定的, 并且所述采样时间控制器 (513) 被布置成响应于检测到所述电感器上的所述电压和所述电容器的所述电流中的所述至少一个的过零点来检测所述开始时间。

10. 根据权利要求1所述的功率发射器, 其中, 所述部分时间间隔的所述结束时间与所述驱动器的开关桥的至少一个开关的开关转换对齐, 并且所述采样时间控制器 (513) 被布

置成响应于针对所述开关桥的开关信号来确定所述结束时间。

11. 根据权利要求1所述的功率发射器,其中,所述共振修改电路(505)被布置成在所述部分时间间隔期间基本停止所述状态改变。

12. 根据权利要求1所述的功率发射器,其中,所述共振修改电路(505)被布置成在所述部分时间间隔期间使所述电容性阻抗(503)的电容器短路,并且所述消息接收器(509)被布置成响应于在所述部分时间间隔期间的所述电感性阻抗(501)的电感器的电流的样本对负载调制的消息进行解调。

13. 根据权利要求1所述的功率发射器,还包括:

计时器(513),其用于生成具有与所述部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个相对应的转换的计时信号;并且

所述采样时间控制器(513)被布置成响应于所述计时信号的所述转换来控制所述采样时间。

14. 一种无线功率传输系统,其包括用于向功率接收器(105)感应地传输功率的功率发射器(101),所述功率发射器(101)包括:

共振电路(201),其包括电容性阻抗(503)和电感性阻抗(501),所述电感性阻抗(501)包括发射器线圈(103),所述发射器线圈用于生成功率传输信号以将功率无线地传输到所述功率接收器(105);

采样器(511),其用于通过在采样时间处对通过所述发射器线圈(103)的电流和所述发射器线圈(103)上的电压中的至少一个进行采样来生成样本;

消息接收器(509),其用于接收由所述功率接收器调制到所述功率传输信号上的消息负载,所述消息接收器(509)被布置成响应于所述样本来检测所述调制;

驱动器(203),其用于生成针对所述共振电路(201)的驱动信号;

共振修改电路(505),其用于通过在所述驱动信号的至少多个周期的每个周期的部分时间间隔内减慢针对所述电容性阻抗(503)和所述电感性阻抗(501)中的至少一个的状态改变,来降低所述共振电路(201)的共振频率,所述状态改变是所述电容性阻抗的电压和所述电感性阻抗的电流中的至少一个的改变,所述共振修改电路(505)被布置成在所述部分时间间隔的开始时间处开始减慢所述状态改变并且在所述部分时间间隔的结束时间处停止减慢所述状态改变;以及

采样时间控制器(513),其用于响应于所述部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个来控制所述采样时间。

15. 一种用于操作功率发射器(101)向功率接收器(105)感应地传输功率的方法,所述功率发射器(101)包括共振电路(201),所述共振电路包括电容性阻抗(503)和电感性阻抗(501),所述电感性阻抗(501)包括发射器线圈(103),所述发射器线圈用于生成功率传输信号以将功率无线地传输到所述功率接收器(105);其中,所述方法包括:

通过在采样时间处对通过所述发射器线圈(103)的电流和所述发射器线圈(103)上的电压中的至少一个进行采样来生成样本;

响应于所述样本来接收由所述功率接收器调制到所述功率传输信号上的消息负载;

生成针对所述共振电路(201)的驱动信号;

通过在所述驱动信号的至少多个周期的每个周期的部分时间间隔内减慢针对所述电

容性阻抗 (503) 和所述电感性阻抗 (501) 中的至少一个的状态改变, 来降低所述共振电路 (201) 的共振频率, 所述状态改变是所述电容性阻抗的电压和所述电感性阻抗的电流中的至少一个的改变, 并且在所述部分时间间隔的开始时间处开始对所述状态改变的所述减慢并且在所述部分时间间隔的结束时间处停止对所述状态改变的所述减慢; 并且

响应于所述部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个来控制所述采样时间。

无线感应功率传输

技术领域

[0001] 本发明涉及感应功率传输,并且具体但非排他地涉及使用与用于无线功率传输系统的Qi规范兼容的元件来提供感应功率传输的功率发射器。

背景技术

[0002] 大多数当今的系统需要专门的电接触以便从外部电源供电。然而,这往往是不切实际的,并且需要用户物理地插入连接器或者以其他方式建立物理电接触。通常,功率要求也显著不同,并且目前大多数设备都设置有其自己的专用电源,导致典型用户具有大量不同的电源,其中每个电源专用于特定的设备。尽管使用内部电池可以避免在使用期间与电源进行有线连接的需要,但是这仅提供了部分解决方案,因为电池将需要充电(或更换)。电池的使用也可能大大增加设备的重量以及潜在的成本和尺寸。

[0003] 为了提供显著改善的用户体验,已经提出了使用无线电源,其中,功率从功率发射器中的发射器电感器被感应地传输到个体设备中的接收器线圈。

[0004] 经由磁感应的功率传输是周知的概念,主要应用于在主发射器电感器与次级接收器线圈之间具有紧密耦合的变压器中。通过分离这两个设备之间的发射器电感器和次级接收器线圈,基于松散耦合的变压器的原理,在这两者之间的无线功率传输成为可能。

[0005] 这样的布置允许对设备的无线功率传输,而不需要进行任何线缆或物理电连接。实际上,其可以简单地允许将设备放置在发射器电感器附近或顶部,以便被再充电或者从外部供电。例如,功率发射器设备可以被布置有水平表面,在所述水平表面上能够简单地放置设备以便供电。

[0006] 此外,这样的无线功率传输布置可以有利地被设计成使得功率发射器设备能够与一系列功率接收器设备一起使用。具体地,已经定义了被称为Qi规范的无线功率传输方法,并且目前正在进一步开发。该方法允许满足Qi规范的功率发射器设备与也满足Qi规范的功率接收器设备一起使用,而这些设备不必来自相同的制造商或者必须彼此专用。Qi标准还包括用于允许操作适于特定功率接收器设备的一些功能(例如,取决于特定的功率损耗)。

[0007] Qi规范是由Wireless Power Consortium开发的,并且能够例如在其网站<http://www.wirelesspowerconsortium.com/index.html>上找到,其中,具体地,能够找到定义的规范文档。

[0008] 许多无线功率传输系统(诸如,例如Qi)支持从功率接收器到功率发射器的通信,从而使得功率接收器能够向功率发射器提供信息,这可以允许其适于特定的功率接收器或者由功率接收器所经历的特定条件。

[0009] 在许多系统中,这样的通信是通过对功率传输信号的负载调制来进行的。具体地,通过功率接收器执行负载调制来实现通信,其中,通过功率接收器施加到次级接收器线圈的负载被改变以提供对功率信号的调制。所产生的电特性变化(例如,发射器电感器的电流变化)能够由功率发射器来检测和解码(解调)。

[0010] 因此,在物理层,从功率接收器到功率发射器的通信信道使用功率信号作为数据

载体。所述功率接收器调制能够通过发射器电感器电流或电压的幅度和/或相位的变化来检测的负载。

[0011] 例如能够在Qi无线功率规范(1.0版)第1部分的第6章中找到在Qi中应用负载调制的更多信息。

[0012] 根据Qi v1.1规范而构造的无线功率发射器以所谓的感应方案来操作。在这种模式下,功率传输发生在以相对高的效率紧密耦合(耦合因子通常高于0.3)时。如果希望接收器具有更大距离(“Z距离”)或者更多的定位自由度,则功率传输典型地发生在具有松散耦合(耦合因子通常低于0.3)的所谓共振方案中。在共振方案中,在功率发射器处以及在功率接收器处的功率传输共振电路的共振频率应当匹配以实现最大效率。然而,随着共振电路之间距离的增加,从功率接收器到功率发射器的负载调制通信变得越来越困难。在共振模式下,功率发射器的共振电路通常变得欠阻尼,这使其对互调失真(互调是在功率发射器的共振频率和驱动频率之间)敏感。事实上,如果功率发射器的共振频率和驱动频率不匹配,则出现互调频率,导致通信性能下降,并且常常使得功率发射器处的解调过程出现问题或者甚至不可能。

[0013] 为了解决互调问题,已经提出了在功率发射器处采用可调谐共振电路,即,已经提出了使用能够动态地改变共振频率的共振电路。在这样的系统中,功率发射器的驱动频率和共振频率都可以适于与功率接收器的共振频率相同。这可以确保所述系统以共振模式有效地操作,而与此同时防止(或者至少减轻)在驱动频率与功率发射器共振电路之间的互调效应。在许多情况下,还可以允许所述系统适配和补偿部件值的变化和容差等。在US20040130915A1中提供了将驱动信号的频率、发射器共振频率和接收器共振频率设置为相同值的系统的范例。

[0014] 在W02013024396中描述了用于适应功率发射器的共振频率的特定方法。在该范例中,功率发射器可以动态地控制开关,以在共振周期的一部分期间向共振电路增加电感或电容值。这可以降低共振电路的有效共振频率,并且可以用于将共振频率与例如被馈送到共振电路的驱动信号进行匹配。

[0015] 然而,尽管这种方法可以通过负载调制来改善通信,但是通信的性能取决于许多因素。具体地,已经发现通信性能严重取决于对被用于解调功率传输信号的调制的样本的计时,并且具体而言,调制深度取决于采样的计时。采样的次优计时因此可能常常导致调制性能劣化。在一些系统中,调制可以基于对例如通过功率发射器的功率线圈的电流的峰值检测。然而,这样的方法往往需要额外的并且通常相对复杂的电路。此外,这样的峰值检测电路往往相对不准确,并且因此所检测到的值通常不精确地反映基础信号。这也可能导致劣化的通信性能。

[0016] 因此,经改进的功率传输方法将是有利的。具体地,允许经改进的操作、经改进的功率传输、增加的灵活性、便利的实施、便利的操作、经改进的通信、减少的通信错误、经改进的功率传输和/或经改进的性能的方法将是有利的。

发明内容

[0017] 相应地,本发明试图优选单独地或者以任意组合来减轻、缓解或消除上文所提及的缺点中的一个或多个缺点。

[0018] 根据本发明的一方面,提供了一种用于向功率接收器感应地传输功率的功率发射器,所述功率发射器包括:共振电路,其包括电容性阻抗和电感性阻抗,所述电感性阻抗包括发射器线圈,所述发射器线圈用于生成功率传输信号以将功率无线地传输到所述功率接收器;采样器,其用于通过在采样时间处对通过所述发射器线圈的电流和所述发射器线圈上的电压中的至少一个进行采样来生成样本;消息接收器,其用于接收由所述功率接收器调制到所述功率传输信号上的消息负载,所述消息接收器被布置成响应于所述样本来检测调制;驱动器,其用于生成针对所述共振电路的驱动信号;共振修改电路,其用于通过在所述驱动信号的至少多个周期的每个周期的部分时间间隔内减慢针对所述电容性阻抗和所述电感性阻抗中的至少一个的状态改变,来降低所述共振电路的共振频率,所述状态改变是所述电容性阻抗的电压和所述电感性阻抗的电流中的至少一个的改变,并且所述共振修改电路被布置成在所述部分时间间隔的开始时间处开始减慢所述状态改变且并在所述部分时间间隔的结束时间处停止减慢所述状态改变;以及采样时间控制器,其用于响应于所述部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个来控制所述采样时间。

[0019] 本发明可以在许多无线功率传输系统中提供改善的性能,并且特别可以通过负载调制来提供经改善的通信。在许多实施例中,能够实现经改善的功率传输,并且尤其能够实现经改善的功率传输效率,同时仍然提供基于对功率信号的负载调制的可靠的通信。在许多应用中,能够实现降低的复杂度。具体地,在一些实施例中,能够避免使用峰值检测电路。

[0020] 本发明特别可以在许多系统中提供经改进的基于负载调制的通信,其中,通过减慢共振部件的状态改变,功率发射器共振频率被修改为与驱动频率对齐。

[0021] 部分时间间隔通常可以是周期性重复的时间间隔,并且开始时间和结束时间通常可以是周期性重复的开始时间和结束时间。

[0022] 共振电路的共振频率的降低可以接近驱动信号的驱动频率。

[0023] 在一些实施例中,共振修改电路可以被布置成通过对状态改变的减慢来将共振电路的共振频率与驱动频率对齐。通过减慢状态改变来对齐共振频率的方法可以促进和/或改善操作频率(驱动信号的驱动频率)与发射器功率传输共振电路的(有效)共振频率的对齐/链接。所述方法可以提供经改善的功率效率。

[0024] 在许多实施例中,所述对齐可以使得驱动频率和共振频率被固有地链接在一起,并且特别地,其可以被链接以使得其(例如,持续地)相同。与驱动信号的所述对齐可以特别地消除或减少对诸如共振电路的电流或电压的信号的测量的需要。

[0025] 所述驱动频率与所述共振频率的所述对齐可以特别地将共振频率适配为与驱动频率相同。

[0026] 采样时间(或采样时刻)可以对应于基本瞬时采样的计时或者例如可以指代具有延长的持续时间的采样的开始时间和/或结束时间。

[0027] 相对于仅包括电容性阻抗和电感性阻抗的共振电路,对状态变化的减慢可以是缓慢的。电容性阻抗和电感性阻抗通常可以以串联共振配置或并联共振配置相耦合。由电容性阻抗和电感性阻抗形成的自由运行共振电路的共振频率被称为共振电路的自然频率。由状态改变的减慢所引起的共振频率将被称为共振电路的有效共振频率。

[0028] 所述状态具体可以是能量状态,并且具体可以是跨电容性阻抗的电压和/或通过电感性阻抗的电流。

[0029] 状态改变的减慢可以是通过阻碍或减少电容性阻抗与电感性阻抗之间的能量流(使得仅从一个流出的部分能量到达另一个)。可以通过引导至少一些能量远离接收阻抗来减慢。

[0030] 因此,共振修改电路可以在周期中的部分时间间隔的开始时间处开始减少(例如,转出或限制/阻止)电容性阻抗与电感性阻抗之间流动的能量,并且可以在周期中的所述部分时间间隔的结束时间处停止减少(例如,转出或限制/阻止)电容性阻抗与电感性阻抗之间流动的能量。在许多实施例中,例如通过转出能量进行的减慢可以仅在部分时间间隔期间执行(并且例如在周期期间的任何其他时间处不执行)。在许多实施例中,周期可以包括状态改变被减慢的一个或多个部分时间间隔以及状态改变未被减慢的一个或多个部分时间间隔。

[0031] 共振修改电路可以被布置成通过在驱动信号的至少多个周期中的每个周期的部分时间间隔内而不是在周围时间间隔内减慢针对电容性阻抗和电感性阻抗中的至少一个的状态改变来降低共振电路的共振频率,所述周围时间间隔是紧接在部分时间间隔之前的时间间隔以及紧接在部分时间间隔之后的时间间隔。

[0032] 执行减慢的部分时间间隔可以被称为第一部分时间间隔。

[0033] 所述减慢可以通过被布置成在第一部分时间间隔期间但是不在周围时间间隔期间减小能量流的电路来实现。

[0034] 共振修改电路可以针对在第一部分时间间隔期间而不是在周围时间间隔期间从第一阻抗远离第二阻抗而流动的能量,第一阻抗是电容性阻抗和电感性阻抗中的第一个,并且第二阻抗是电容性阻抗和电感性阻抗中的第二个。因此,共振修改电路可以被布置成通过包括被布置成在第一部分时间间隔期间而不是在周围时间间隔期间转出或限制/阻止从第一阻抗流动到第二阻抗的能量的电路,通过减慢状态改变来降低共振电路的共振频率,第一阻抗是电容性阻抗和电感性阻抗中的第一个,并且第二阻抗是电容性阻抗和电感性阻抗中的第二个。

[0035] 在许多实施例中,共振修改电路可以被布置成在第一部分时间间隔期间而不是在周围时间间隔期间转出或限制/阻止从第一阻抗流动到第二阻抗的电流,第一阻抗是电容性阻抗和电感性阻抗中的第一个,并且第二阻抗是电容性阻抗和电感性阻抗中的第二个。因此,共振修改电路可以被布置成通过包括被布置成在第一部分时间间隔期间而不是在周围时间间隔期间转出或限制/阻止从第一阻抗流动远离第二阻抗的电流的电路,通过减慢状态改变来降低共振电路的共振频率,第一阻抗是电容性阻抗和电感性阻抗中的第一个,并且第二阻抗是电容性阻抗和电感性阻抗中的第二个。

[0036] 在一些实施例中,周期可以被分成第一部分时间间隔,以及周围时间间隔中的至少一个。针对第一部分时间间隔的周围时间间隔中的一个可以被认为是前一周期或后一周期的部分。

[0037] 所述部分时间间隔具有少于驱动信号的时间段的持续时间,并且通常,持续时间少于驱动信号的一半时间段。因此,包括在其中应用对状态改变的减慢的部分时间间隔的每个周期还包括在其中不应用对状态改变的减慢的至少一个时间间隔。

[0038] 所述开始时间和结束时间通常可以是相对于每个周期(其中,存在部分时间间隔)的时刻/事件的时刻。例如,开始时间和结束时间可以被认为是相对于驱动信号的过零点

的。

[0039] 所述部分时间间隔具体可以是在驱动信号的多个(但不一定是全部或者连续的)周期中出现的时间间隔,并且其具有的持续时间少于驱动信号的周期/周期的时间段。

[0040] 在许多实施例中,周期可以包括在其中状态改变被减慢的多个部分时间间隔。连续的部分时间间隔(无论是在同一周期还是在不同的周期中)可以通过状态改变未被减慢的时间间隔来划分。

[0041] 所述电容性阻抗通常可以是电容器,而电感性阻抗通常可以是电感器。然而,在一些实施例中,所述电容性阻抗和/或所述电感性阻抗例如可以还包括电阻性部件。

[0042] 所述共振频率通常可以在部分时间间隔的持续时间越长的情况下降低。所述频率修改电路可以减小电容性阻抗和电感性阻抗的自然共振频率(对应于其将在仅包括电容性阻抗和电感性阻抗的共振电路中振荡的频率)。在许多实施例中,所述有效共振频率可以通过功率发射器增加部分时间间隔的持续时间来改变,例如,通过改变针对部分时间间隔的开始时间和/或结束时间来改变。

[0043] 在一些实施例中,所述功率发射器可以被布置成通过增加部分时间间隔的持续时间来降低共振频率。

[0044] 功率接收器可以向外部负载提供功率,诸如用于对电池充电或对设备供电。

[0045] 在一些实施例中,频率修改电路被布置成通过在部分时间间隔期间阻碍电感性阻抗与电容性阻抗之间的能量流来减慢状态改变。

[0046] 这可以在许多场景下提供经改善的性能,并且尤其可以提供对共振频率的有效调节。所述方法可以促进实施。在从电容性阻抗到电感性阻抗、从电感性阻抗到电容性阻抗时,或者当其是从电感性阻抗到电容性阻抗以及当其是从电容性阻抗到电感性阻抗两者时,可以阻碍所述能量流。

[0047] 阻碍能量流动可以包括减少能量流动以及完全阻止任何能量流动。

[0048] 在许多实施例中,所述频率修改电路被布置成通过在部分时间间隔期间阻碍电感性共振与电容性阻抗之间的电流流动来减慢所述状态改变。

[0049] 这可以提供特别有效的控制并且可以提供实际的实施方式。电流可以是正电流或负电流。阻碍电流可以包括减少电流流动以及完全阻止任何电流流动。

[0050] 在一些实施例中,频率修改电路被布置成通过在部分时间间隔期间阻碍从电容性阻抗到电感性阻抗的电流流动来减慢针对电感性阻抗的状态改变。

[0051] 这可以提供特别有效的性能,同时允许便利的并且通常低复杂度的实施方式。

[0052] 在一些实施例中,频率修改电路被布置成通过在部分时间间隔期间阻挡从电容性阻抗到电感性阻抗的电流流动来减慢针对电感性阻抗的状态改变。

[0053] 这可以提供特别有效的性能,同时允许便利的并且通常低复杂度的实施方式。

[0054] 在驱动信号的至少多个周期中的每个周期中,结束时间和/或开始时间的计时可以与所生成的驱动信号的过零或极值在时间上被对齐的并且在时间上被同步。

[0055] 在许多实施例中,部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个具有相对于驱动信号的多个周期的时刻的固定的时间偏移量。所述时刻可以是事件的时间,诸如过零点或转换。在驱动信号的至少多个周期的每个周期中应用固定的偏移量。

[0056] 采样时间控制器例如可以基于先前的部分时间间隔的开始时间和/或结束时间来

确定针对当前部分时间间隔的开始时间和/或结束时间。开始时间和/或结束时间可以是估计的时间。具体地,针对给定的部分时间间隔,可以根据先前的部分时间间隔的结束时间,以及针对基本上周期性的部分时间间隔而测量、估计的和/或计算的重复间隔,来确定结束时间。

[0057] 根据本发明的可选特征,采样时间控制器被布置成将采样时间控制在部分时间间隔之内。

[0058] 这可以在许多实施例和场景中提供特别有利的实施方式、操作和/或性能。其可以允许在变化减小或者甚至信号恒定的时候对线圈电流/电压进行采样。例如,在状态改变的减慢对应于基本防止任何状态改变的一些系统中,可以在信号恒定并且通常处于恒定的峰值时执行采样。因此,可以促进采样,减少对附加电路的需要,和/或例如降低对抖动的敏感度,从而得到经改善的解调。

[0059] 在一些实施例中,采样时间控制器可以被布置成将采样时间控制在从部分时间间隔的开始时间之前的2微秒到部分时间间隔的结束时间之后的2微秒的时间间隔之内。

[0060] 在一些实施例中,采样时间控制器可以被布置成将采样时间控制在从部分时间间隔的开始时间之前的驱动信号的周期时间的10%到部分时间间隔的结束时间之后的周期时间的10%的间隔之内。

[0061] 这种的采样可以提供特别有效的操作。

[0062] 根据本发明的可选特征,采样时间控制器被布置成响应于部分时间间隔的结束时间来控制采样时间。

[0063] 这可以在许多实施例和场景中提供特别有利的实施方式、操作和/或性能。例如,其可以在许多应用中针对不同的驱动频率/有效共振频率提供更一致的性能。

[0064] 在一些实施例中,采样时间控制器可以被布置成仅响应于部分时间间隔的结束时间来控制采样时间。

[0065] 根据本发明的可选特征,采样时间控制器被布置成响应于部分时间间隔的开始时间来控制所述采样时间。

[0066] 这可以在许多实施例和场景中提供特别有利的实施方式、操作和/或性能。其例如可以提供由于在部分时间间隔的开始之后的给定部分时间间隔的采样时间而促进对采样时间的确定,并且因此能够在个体部分时间间隔内使用因果关系。

[0067] 在一些实施例中,采样时间控制器可以被布置成仅响应于部分时间间隔的开始时间来控制采样时间。

[0068] 根据本发明的可选特征,采样时间控制器被布置成控制采样时间在从结束时间之前的驱动信号的半个周期时间到结束时间的的时间间隔内发生。

[0069] 这可以在许多实施例和场景中提供特别有利的实施方式、操作和/或性能。在许多实施例中,其例如可以提供针对抖动和开关噪声适当的裕量。

[0070] 根据本发明的可选特征,采样时间控制器被布置成将所述采样时间确定比所述结束时间早一时间偏移量。

[0071] 这可以在许多实施例中提供对有利的采样时间的有效但低复杂度的确定。时间偏移量可以针对多个周期是固定的,并且具体可以是预定值。时间偏移量例如可以在从例如自然共振频率的周期时间的2%至周期时间的30%的间隔内。

- [0072] 根据本发明的可选特征,所述时间偏移量不少于20纳秒并且不多于5微秒。
- [0073] 这可以在许多实施例和场景中提供特别有利的实施方式、操作和/或性能。在许多实施例中,其例如可以提供针对抖动和开关噪声的适当的裕量。
- [0074] 在一些实施例中,所述时间偏移量不少于20纳秒并且不多于1微秒。
- [0075] 根据本发明的可选特征,采样时间控制器被布置成响应于开始时间和结束时间两者来确定采样时间。
- [0076] 这可以在许多实施例中提供特别有效的操作,并且可以在许多场景中相对于开始时间和结束时间来提供对采样时间的经改善的确定。例如,采样时间可以被确定为开始时间与结束时间之间的中间(midway)。所述方法可以在许多场景中提供对由于共振电路的期望的有效共振频率的变化而引起的部分时间间隔的持续时间的变化的经改善的适应。
- [0077] 根据本发明的可选特征,通过电感器上的电压和电容性阻抗的电容器的电流中的至少一个的过零点来确定部分时间间隔的开始时间,并且采样时间控制器被布置成响应于检测到电感器上的电压和电容器的电流中的至少一个的过零点来检测开始时间。
- [0078] 这可以在许多实施例中提供特别有效的操作和/或实施方式。特别地,其在许多实施例中可以允许有效共振频率与驱动信号的驱动频率之间的更接近的对应关系。
- [0079] 根据本发明的可选特征,部分时间间隔的结束时间与驱动器的开关桥的至少一个开关的开关转换对齐,并且采样时间控制器被布置成响应于针对开关桥的开关信号来确定结束时间。
- [0080] 这可以在许多实施例中提供特别有效的操作和/或实施方式。特别地,其在许多实施例中可以允许有效共振频率与驱动信号的驱动频率之间的更接近的对应关系。
- [0081] 根据本发明的可选特征,共振修改电路被布置成在部分时间间隔期间基本停止状态改变。
- [0082] 这可以在许多实施例中提供经改善的性能,并且尤其可以允许采样在部分时间间隔期间具有基本上恒定的值,诸如特别是峰值。
- [0083] 根据本发明的可选特征,共振修改电路被布置成在部分时间间隔期间使电容性阻抗的电容器短路,并且消息接收器被布置成响应于在部分时间间隔期间的电感器电流的样本来解调负载调制的消息。
- [0084] 这可以提供特别有效的实施方式。
- [0085] 根据本发明的可选特征,功率发射器还包括:计时器,其用于生成具有与部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个相对应的转换的计时信号;以及
- [0086] 采样时间控制器,其被布置成响应于计时信号的转换来控制采样时间。
- [0087] 这可以在许多实施例中提供特别高效并且低复杂度的实施方式。
- [0088] 除了表示开始时间和/或结束时间的转换之外,计时信号还可以包括其他转换。在许多场景中,采样时间控制器可以忽略这样的其他转换(例如,采样时间控制器可以仅考虑正边沿转换并且忽略负转换,或者反之亦然)。计时信号的转换可以是能够被检测到并且能够确定计时的计时信号的值或属性的任何改变。在许多实施例中,计时信号可以被布置成这两个值之间转换,并且转换可以是这两个值之间的转换,或者例如可以仅是一个方向的转换。
- [0089] 转换可以是计时信号的信号的改变,并且具体是从一个状态到另一状态的改变

(所述状态可以是瞬时的,即,可以是(连续地)改变参数的快照或瞬时值)。在许多实施例中,转换可以是计时信号的信号电平的改变,并且具体是从一个信号电平到另一信号电平的改变(改变之前和之后的信号电平可以是瞬时的,即,可以是(连续)改变的信号电平的快照或瞬时值)。

[0090] 根据本发明的一方面,提供了一种无线功率传输系统,其包括用于向功率接收器感应地传输功率的功率发射器,所述功率发射器包括:共振电路,所述共振电路包括电容性阻抗和电感性阻抗,所述电感性阻抗包括发射器线圈,所述发射器线圈用于生成功率传输信号以将功率无线地传输到功率接收器;采样器,其用于通过在采样时间处对通过发射器线圈的电流和发射器线圈上的电压中的至少一个进行采样来生成样本;消息接收器,其用于接收由功率接收器调制到功率传输信号上的消息负载,所述消息接收器被布置成响应于所述样本来检测调制;驱动器,其用于生成针对共振电路的驱动信号;共振修改电路,其用于通过在驱动信号的至少多个周期的每个周期的部分时间间隔内减慢针对所述电容性阻抗和所述电感性阻抗中的至少一个的状态改变,来降低所述共振电路的共振频率,所述状态改变是所述电容性阻抗的电压和所述电感性阻抗的电流中的至少一个的改变,并且所述共振修改电路(505)被布置成在所述部分时间间隔的开始时间处开始减慢所述状态改变,并且在所述部分时间间隔的结束时间处停止减慢所述状态改变;以及采样时间控制器,其用于响应于所述部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个来控制所述采样时间。

[0091] 根据本发明的一方面,提供了一种用于操作功率发射器向功率接收器感应地传输功率的方法,所述功率发射器包括共振电路,所述共振电路包括电容性阻抗和电感性阻抗的,所述电感性阻抗包括发射器线圈,所述发射器线圈用于生成功率传输信号以将功率无线地传输到功率接收器;其中,所述方法包括:通过在采样时间处对通过发射器线圈的电流和发射器线圈上的电压中的至少一个进行采样来生成样本;响应于所述样本来接收由功率接收器调制到功率传输信号上的消息负载;生成针对共振电路的驱动信号;通过在所述驱动信号的至少多个周期的每个周期的部分时间间隔内减慢针对所述电容性阻抗和所述电感性阻抗中的至少一个的状态改变,来降低所述共振电路的共振频率,所述状态改变是所述电容性阻抗的电压和所述电感性阻抗的电流中的至少一个的改变,并且在所述部分时间间隔的开始时间处开始对状态改变的减慢并且在部分时间间隔的结束时间处停止对状态改变的减慢;并且响应于所述部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个来控制所述采样时间。

[0092] 参考下文所描述的(一个或多个)实施例,本发明的这些和其他方面、特征和优点将变得显而易见并且得以阐明。

附图说明

[0093] 将参考附图仅通过范例的方式来描述本发明的实施例,在附图中:

[0094] 图1图示了根据本发明的一些实施例的功率传输系统的元件的范例;

[0095] 图2图示了根据本发明的一些实施例的功率传输系统的元件的范例;

[0096] 图3图示了根据本发明的一些实施例的用于功率发射器的半桥逆变器的元件的范例;

[0097] 图4图示了根据本发明的一些实施例的用于功率发射器的全桥逆变器的元件的范

例；

- [0098] 图5图示了根据本发明的一些实施例的功率发射器的元件的范例；
[0099] 图6图示了根据本发明的一些实施例的功率发射器的元件的范例；
[0100] 图7图示了根据本发明的一些实施例的功率发射器的信号的范例；
[0101] 图8图示了根据本发明的一些实施例的功率发射器的信号的范例；
[0102] 图9图示了根据本发明的一些实施例的功率发射器的元件的范例；
[0103] 图10示出了根据本发明的一些实施例的功率发射器的元件的范例；
[0104] 图11示出了根据本发明的一些实施例的功率发射器的元件的范例；
[0105] 图12示出了根据本发明的一些实施例的功率发射器和功率接收器的元件的范例；
[0106] 图13图示了根据本发明的一些实施例的功率发射器的信号的范例；
[0107] 图14图示了根据本发明的一些实施例的功率发射器和功率接收器的元件的范例；
[0108] 图15示出了根据本发明的一些实施例的功率发射器的信号的范例；
[0109] 图16示出了根据本发明的一些实施例的功率发射器和功率接收器的元件的范例；
[0110] 图17示出了根据本发明的一些实施例的功率发射器和功率接收器的元件的范例；
[0111] 图18示出了根据本发明的一些实施例的功率发射器的元件以及其中的信号的范例；并且
[0112] 图19图示了根据本发明的一些实施例的功率发射器的信号的范例。

具体实施方式

[0113] 以下描述集中于适用于利用诸如从Qi规范已知的功率传输方法的无线功率传输系统的本发明的实施例。然而，将意识到，本发明不限于此应用，而是可以应用于许多其他无线功率传输系统。

[0114] 图1图示了根据本发明的一些实施例的功率传输系统的范例。所述功率传输系统包括功率发射器101，功率发射器101包括(或者被耦合到)发射器电感器/电感器103。所述系统还包括功率接收器105，功率接收器105包括(或者被耦合到)接收器线圈/电感器107。

[0115] 所述系统提供从功率发射器101到接收器105的无线感应功率传输。具体地，功率发射器101生成无线感应功率传输信号(也被称为功率传输信号、功率传输信号或者感应功率传输信号)，其通过发射器电感器103作为磁通量来传播。所述功率传输信号通常具有在大约70kHz至大约150kHz之间的频率，并且常常用于一般在处95kHz至115kHz的范围中的Qi兼容系统。发射器电感器103和接收器线圈107被松散耦合，并且因此接收器线圈107拾取来自功率发射器101的功率传输信号(的至少部分)。因此，经由从发射器电感器103到接收器线圈107的无线感应耦合，将功率从功率发射器101传输到功率接收器105。术语功率转移信号主要用于指代在发射器电感器103与接收器线圈107之间的感应信号/磁场(磁通量信号)，但是将意识到，等同地，也可以考虑并用作被提供给发射器电感器103或者由接收器线圈107拾取的电信号的参考。

[0116] 所述系统被布置成传输实质的功率水平，并且具体地，在许多实施例中，所述功率发射器可以支持超过500mW、1W、5W或50W的功率水平。例如，针对Qi对应的应用，对于低功率应用，功率传输通常可以在1W-5W功率范围内，而对于高功率应用(例如，厨房应用)，功率传输通常超过100W并高达1000W以上。

[0117] 图2更详细图示了图1的系统的具具体范例的系统架构。在该范例中,功率发射器101的输出电路包括共振储能回路或共振电路201,其包括发射器电感器103(在图2中,为了清楚起见,发射器电感器103被示出为在共振电路201外部,但是被认为是其一部分)。功率发射器101的共振电路201也将被称为发射器共振电路201。共振电路201通常可以是串联共振电路或并联共振电路,并且可以特别由并联(或串联)耦合到发射器电感器103的共振电容器组成。通过从生成具有合适驱动频率(通常在20kHz-200kHz频率范围内)的驱动信号的驱动器203来驱动所述输出共振电路,来生成功率传输信号。

[0118] 类似地,功率接收器105的输入电路包括共振电路或共振储能回路205,其包括接收器电感器107(在图2中,为了清楚起见,接收器电感器107被示出在共振电路205外部,但被认为是其一部分)。功率接收器105的共振电路205也将被称为接收器共振电路205或接收器共振电路。接收器共振电路205通常可以是串联或并联共振电路,并且可以特别由并联(或串联)耦合到接收器电感器107的共振电容器组成。接收器共振电路205被耦合到功率转换器207,功率转换器207将接收到的功率传输信号(即,由接收器共振电路205提供的感生的信号)转换为被提供给外部负载209的功率(通常通过执行AC/DC转换,如本领域技术人员所公知的)。

[0119] 负载例如可以是电池,并且功率供应可以是为了给电池充电。作为另一范例,负载可以是单独的设备,并且功率供应可以是为了给该设备供电。

[0120] 在所述系统中,发射器共振电路201的共振电路201不是固定的共振电路,而是能够被控制为与驱动频率对齐的可变共振电路。具体地,发射器共振电路201可以被适配为使得其具有与驱动频率相匹配的共振频率,即,共振频率可以被控制为汇聚到驱动频率或者与驱动频率基本相同。这样的场景对于共振方案中的操作是非常有利的,其中,功率发射器101和功率接收器105两者的共振频率的确可以被设置为与驱动频率相同。这不仅可以改善功率传输效率,而且还可以改善基于负载调制的通信。具体地,其可以移除或减少由共振频率和驱动频率的差异所引起的所谓的互调效应。

[0121] 在特定方法中,针对共振电路201的(共振)分量中的至少一个的动态状态变化在一小部分周期中被暂时减慢(包括可能完全停止)。所述方法将在稍后更详细地描述。

[0122] 图2的驱动器203生成变化(以及通常是AC)电压驱动信号,其被应用于共振电路(并且因此被应用于共振电容器(在图2中未示出)和发射器电感器103)。在一些实施例中,发射器共振电路201可以是串联共振电路,并且电压驱动信号可以跨电容器和电感器来施加。在一些实施例中,驱动器203可以被直接地(或间接地)耦合到发射线圈103,并且电压驱动信号可以被提供给发射线圈103。

[0123] 因此,在所述系统中,驱动器203生成驱动信号,所述驱动信号被馈送到发射器共振电路201/发射线圈103,使发射线圈103生成向功率接收器105提供功率的功率传输信号。生成驱动信号是为了获得被称为驱动频率的给定频率,即,所述驱动频率是驱动信号的频率。

[0124] 驱动器203生成被馈送到发射器电感器103的电流和电压。驱动器203通常是逆变器形式的驱动电路,其从DC电压生成交变信号。驱动器203的输出通常是通过适当切换开关桥的开关来生成驱动信号的开关桥。图3示出了半桥开关桥/逆变器。开关S1和S2受到控制,从而其不会被同时关闭。交替地,S1关闭而S2打开,并且S2关闭而S1打开。所述开关以期望

的频率被打开和关闭,由此在输出部处生成交变信号。通常,逆变器的输出经由共振电容器被连接到发射器电感器。图4示出了全桥开关桥/逆变器。开关S1和S2受到控制,从而其不会被同时关闭。开关S3和S4受到控制,从而其不会被同时关闭。交替地,开关S1和S4关闭,而S2和S3打开,并且然后S2和S3关闭,而S1和S4打开,由此在输出部处创建方波信号。所述开关以期望的频率被打开和关闭。

[0125] 以上描述对应于左侧和右侧桥 180° 异相并且提供最大输出功率或最大占空比的情况。然而,在其他场景中,半桥可以是部分异相的,导致S2与S4或者S1与S3两者同时被闭合。在这种状态下,桥电压将为零,并且因此,所述方法可以被用于从最大值中减小输出功率或占空比。

[0126] 驱动器203因此生成具有给定驱动频率的驱动信号,并将该信号施加到发射器共振电路201。发射器共振电路201由电感性阻抗和电容性阻抗形成。

[0127] 在图1和图2的系统中,提供了一种控制共振频率的特别有利的方式。在所述方法中,功率发射器包括用于通过在驱动信号的至少多个周期中的每个周期的部分时间间隔中(但不是整个周期)使发射器共振电路201的电容性阻抗和电感性阻抗中的至少一个的状态改变减慢来将发射器共振电路201的共振频率与驱动频率对齐的功能。所述方法因此通过减慢针对电抗性阻抗中的至少一个的状态改变来控制共振频率以接近驱动频率。状态改变的减慢导致有效共振频率被降低,使得比在不应用对状态改变的减慢时更接近驱动频率。

[0128] 具体地,当自由共振时,共振电路可以具有与电感性阻抗和电抗性阻抗相对应的共振频率。该频率被称为共振电路的自然共振频率。自然共振频率因此对应于仅包括电感性阻抗和电抗性阻抗的共振电路的共振频率。状态改变的减慢延长了对应的周期,并且因此降低了共振电路操作的频率。该降低的频率被称为共振电路的有效共振频率。

[0129] 因此,在所述系统中,当允许电容性阻抗和电感性阻抗自由振荡时,发射器共振电路具有与电容性阻抗和电感性阻抗的共振频率相对应的自然共振频率。然而,相对于当阻抗被允许自由振荡时的状态改变的速度,对状态改变的减慢降低了所述阻抗中的至少一个阻抗的状态改变的速度。状态改变的减慢因此延长了相对于自由振荡的电容性阻抗和电感性阻抗的周期时间。周期时间的增加对应于共振频率的降低,并且因此,由于状态改变的减慢,发射器共振电路将以低于自然共振频率的有效共振频率来振荡。

[0130] 因此,在所述方法中,发射器共振电路201不被允许以由电容性阻抗和电感性阻抗给出的自然频率自由地振荡,而是通过在周期的一部分中使(至少一个)阻抗的状态改变减慢(特别是停止)来控制共振。这导致发射器共振电路201的降低的有效共振频率。因此,发射器共振电路201被控制为具有比由阻抗给出的自然共振频率更低的有效共振频率,即,通过比以下低的频率:

$$[0131] \quad f_n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

[0132] 其中,L和C表示发射器共振电路201的组电感和电容。

[0133] 图5图示了功率发射器的元件,其中,有效共振频率被降低,从而在一些周期(通常是所有周期)的部分时间间隔内减缓状态改变。

[0134] 在范例中,所述功率发射器包括形成共振电路的电感性阻抗501和电容性阻抗503。

[0135] 在具体范例中,电感性阻抗501直接对应于电感器,但是应当理解,在其他实施例中,电感性阻抗501可以是任何例如一端口/两端子元件,其具有至少部分电感性阻抗,即,其具有电感电抗性分量,或者换言之,其具有带正虚部的复阻抗。因此,电感性阻抗501可以是线性两端子电路或(等效)部件,其在端子处的电压至少部分地取决于通过部件/电路的电流的导数。

[0136] 类似地,在具体范例中,电容性阻抗503直接对应于电容器,但是应当意识到,在其他实施例中,电容性阻抗503可以是任何例如一端口/两端子元件,其具有至少部分电容性阻抗,即,其具有电容电抗性分量,或者换言之,其具有带负虚部部分的复阻抗。因此,电容性阻抗503可以是线性双端子电路或(等效)部件,通过端子处的电路/部件的电流至少部分地取决于跨端子的电压的导数。

[0137] 应当意识到,在大多数实施例中,电感和电容性阻抗501、503的电阻部分通常会比电抗部件小得多,并且常常可以忽略不计。这将确保振荡相对无阻尼,即,其将为共振电路提供相对较高的Q。

[0138] 为了清楚和简洁,以下描述将集中于作为(理想)电感器501的电感性阻抗,并且特别是图1和图2的发射器电感器103,并且电容性阻抗是理想的电容器503。然而,将意识到,对电感器501的任何参考可以适当地被对电感性阻抗或电抗(包括发射器线圈103)的参考所替代,并且对电容器503的任何参考可以适当地被对电容性阻抗或电抗的参考所代替。为了简洁起见,电感器501和电容器503对也被称为共振部件。

[0139] 电感器501和电容器503以共振配置被耦合在一起。在范例中,电感器501和电容器503被串联共振耦合,但是将意识到,在其他实施例中,其可以以并联共振配置来耦合。

[0140] 电感器501和电容器503将展现与仅包括电感器501和电容器503的共振电路的共振频率相对应的自然共振频率。众所周知,针对这样的电路的共振频率为 $1/2\pi\sqrt{LC}$,其中,L是电感器501的电感,并且C是电容器503的电容。

[0141] 然而,在图5的系统中,所述功率发射器还包括共振修改电路505,共振修改电路505被布置成通过减慢电容器503和/或电感器501的状态改变来控制发射器共振电路的共振频率。共振修改电路505能够被认为是发射器共振电路的一部分(或者可以被认为完全或部分地在其外部)。还将意识到,尽管共振修改电路505在图5中被示为串联耦合在电感器501与电容器503之间的单个两端子元件,但这仅仅是范例,并且在其他实施例中将使用其他配置。例如,在图5的范例中的共振修改电路505仅具有两个端子,但是将意识到,在其他实施例中,共振修改电路505可以具有更多端子并且可以被连接至电路的其他部分,包括例如到针对驱动器203的电源轨道。

[0142] 共振修改电路505被布置成通过减慢电感器501和电容器503之一或两者的状态改变来修改共振频率。电感器501和电容器503的状态可以被认为由针对部件的电流能量值来表示,并且具体地可以被认为对应于电感器501的电流($E = \frac{1}{2}LI^2$)和电容器503的电压($E = \frac{1}{2}CV^2$)。

[0143] 在由电容器和电感器形成的常规共振电路中,通过由电容器(其中能量被存储为电势能)与电感器(其中能量被存储为磁势能)之间来回的能量流产生的连续且周期性的相位变化来实现共振。状态变化的速度和在这样的系统中的能量流动由电容器和电感器的值

给出,并且这导致以自然共振频率 $f_n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 的振荡。

[0144] 然而,在图5的系统中,所述共振电路不允许简单地执行自由运行振荡,而是共振修改电路505在一些以及通常全部周期的部分时间间隔期间减慢电感器501和电容器503中的至少一个的状态改变。

[0145] 因此,在相对于仅包括电容器503和电感器501的自由运行共振电路的状态改变的部分时间间隔期间,状态改变被减慢。对于周期内至少另一时间间隔,状态改变不被减慢(或者至少减慢速率较慢)。

[0146] 具体地,通过阻止电容器503与电感器501之间的能量流动(通过减慢从电感器501到电容器503、从电容器503到电感器501、或者从电感器501到电容器503以及从电容器503到电感器501两者的能量流动)来减缓所述状态改变。在共振电路中,针对共振周期的一半,正电流从电感器501流向电容器503,并且在共振周期的另一半,从电容器503流向电感器501。在许多实施例中,能量流的减慢可以通过阻止在共振部件之间流动的电流来实现。在许多实施例中,共振修改电路505可以被布置成阻止从电感器501到电容器503的电流,例如,通过引导电感器501的(部分或全部)电流远离电容器503(包括潜在地引导负电流和正电流远离电容器503)。在其他实施例中,共振修改电路505可以被布置成阻止从电容器503到电感器501的电流,例如,通过在部分时间间隔期间将电容器503从电感器501断开连接(由此还将跨电感器的电压设置为零,即,电感器的电流和电压都被设置为零)。

[0147] 在这些范例中,在共振部件之间的电流因此(仅)在部分时间间隔期间被减少或者甚至被完全阻止。在该部分时间间隔期间,所述部件中的至少一个部件的状态变化将减慢或完全停止。如果这是在多个周期期间进行的,并且特别是在每个周期中执行的,则效果将是共振电路将以低于针对自由运行共振电路配置的自然共振频率的频率来工作。

[0148] 共振修改电路505可以以这种方式控制和调节所述有效共振频率,使其低于自然共振频率。实际的有效共振频率在图5的系统中是由能够改变部分时间间隔的计时/持续时间的共振修改电路505来控制的。因此,部分时间间隔越长,减缓状态变化的效果就越大,并且因此,有效共振频率将越低。

[0149] 周期时间被分成至少第一部分时间间隔和第二部分时间间隔,在所述第一部分时间间隔中,电容性阻抗和电感性阻抗中的至少一个的能量状态改变被减慢,而在所述第二部分时间间隔中能量状态改变未被减慢。在具体范例中,因为操作在每个周期执行两次(通过过零点/半周期为一次),周期包括两个第一部分时间间隔以及两个第二部分时间间隔,在所述两个第一部分时间间隔中,电容性阻抗和电感性阻抗中的至少一个的能量状态改变被减慢,在所述两个第二部分时间间隔中,能量状态改变未被减慢。

[0150] 作为描述性范例,在第二部分时间间隔内,流出阻抗中的一个阻抗的所有能量都将流向另一阻抗(除了任何潜在的损耗,例如(可能是寄生)电阻性部件),然而,在第一部分时间间隔期间,流出阻抗之一的能量中的至少一部分被转移离开另一阻抗。具体地,在第二部分时间间隔中,阻抗之一的所有电流流向另一阻抗(除了任何潜在损失)。然而,在第一部分时间间隔期间,来自阻抗之一的电流中的至少一些转移出另一阻抗。因此,在第一部分时间间隔内,在两个阻抗中的电流不是相同的并且电流中的至少一些被转移走。

[0151] 作为另一范例,在第二部分时间间隔中,可以允许各部件之间的能量流,其中,从

阻抗之一流出的所有能量流向另一阻抗(除了例如在(可能的寄生)电阻性部件中的任何潜在损失)。然而,在第一部分时间间隔期间,能量流可以被限制和减小。例如,可以引入最大能量流,并且具体可以施加最大电流。作为具体范例,可以在第一部分时间间隔期间阻止在各阻抗之间的任何能量流,例如,电容性阻抗和电感性阻抗可以彼此断开(例如,当通过电感性阻抗的电流为零时)。

[0152] 因此,在所述系统中,导电性阻抗和电感性阻抗中的至少一个的能量状态改变在部分时间间隔期间受到约束,但在周期的至少一个其他时间间隔期间不受约束。

[0153] 具体地,可以紧接在部分时间间隔开始之前并且紧接在部分时间间隔之后不约束能量流,而在部分时间间隔内进行约束。因此,状态改变的减慢发生在部分时间间隔内,而不是在紧接在部分时间间隔之前或之后。因此,状态改变的减慢开始于部分时间间隔的开始时间,在部分时间间隔期间(即,少于周期时间)发生,并且在部分时间间隔结束时停止。

[0154] 将意识到,在持续时间以及准确的开始时间和结束时间方面,对部分时间间隔的计时的控制可以取决于个体实施例的具体偏好和要求。

[0155] 然而,在具体方法中,根据驱动发射器共振电路201的驱动信号来控制发射器共振电路201,由此固有地允许操作频率和发射器共振频率被自动地链接/锁定在一起。实际上,所述方法允许操作频率和发射器共振频率自动并且固有地基本相同,使得所述系统能够简单地适配驱动信号的操作/驱动频率与自动且固有地适配以直接跟随的有效发射器共振频率。所述方法特别能够确保发射器共振电路201的有效共振的每个周期具有与驱动信号的对应周期相同的持续时间。另外,所述方法允许以非常低的额外复杂度和非常低的控制开销来实现。

[0156] 在图5的具体示范性系统中,因此,共振修改电路505不仅被独立地控制以提供期望的共振频率。相反,共振修改电路505的操作与共振电路201的驱动并因此与功率传输系统的功率传输和一般性操作紧密结合。

[0157] 具体地,在图5的系统中,驱动器203生成计时信号并且将其馈送到共振修改电路505。计时信号包括指示何时部分时间间隔应当开始、结束或者常常这两者的转变(可能存在被忽略的其他转变)。共振修改电路505被布置成将部分时间间隔与这些转变对齐。转变通常是信号参数的变化,诸如通常是信号电平的变化。然而,在一些情况下,转变可以是另一信号参数的改变,诸如,例如信号的相位或频率或者信号的(部分)信号分量的改变。

[0158] 因此,计时信号的转变控制部分时间间隔的计时,并且具体地控制开始时间、结束时间或者开始和结束时间两者。共振修改电路505相应地根据计时信号来设置部分时间间隔的开始和/或结束时间。典型地,所述计时信号是被用于控制共振修改电路505的开关的开关信号,其能够激活/去激活对能量流动的阻止,即,能够激活/去激活对状态改变的减慢。所述计时信号可以包括能够由共振修改电路505检测并且由此用于直接或间接控制用于接通和切断电流阻止的开关的转变。共振修改电路505通常通过基本上与对应转变(例如,在周期时间段的1/50之内)同时接通或切断减慢来将开始或结束时间与转变对齐。

[0159] 因此,在所述系统中,驱动器203控制部分时间间隔的计时的至少部分。此外,驱动器203被布置成控制计时信号,使得所述计时信号以及因此所述部分时间间隔与驱动信号同步。具体地,所述驱动器包括生成计时信号并将其与驱动信号在时间上同步的同步器507。

[0160] 具体地,如稍后将以特定范例来描述的,开始和/或结束时间可以被生成为具有相对于在驱动信号的个体周期内的事件的时间的固定的时间偏移量。事件具体可以是当极值(局部或全局(在周期内)最大值或最小值)出现时,当发生转变时(例如,驱动方波信号的边沿),或者当开关电路的开关(例如,对应于图3或图4的范例的开关桥)切换时,驱动信号跨信号电平阈值(诸如,例如在零交叉处)。因此,开始和/或停止时间被控制为相对于这样的事件的时刻具有固定的时间偏移量。因此,如果周期中事件的计时改变(例如,由于驱动信号的周期的频率/时间段的改变),则受控的开始和/或停止时间将相应地改变。

[0161] 在许多实施例中,开始时间和停止时间之一可以被控制为相对于生成驱动信号的开关电路的开关时间具有固定的时间偏移量,而另一时间被控制为具有相对于电容性阻抗503和电感性阻抗501中的至少一个的信号跨阈值的时刻的固定的时间偏移量。

[0162] 例如,二极管和开关可以被串联耦合并且被用于引导电流远离电容性阻抗503(例如,通过使电容性阻抗503短路或者通过将电容性阻抗503与电感性阻抗501之间的连接短路到轨道电压(例如,为零))。在这种布置中,开关可以是打开的,使得当电容器(或连接点)的电压跨对应于二极管的阈值时,这将开始导通。因此,开始时间是通过跨阈值的信号给出的。然而,结束时间被确定为相对于生成驱动信号的全桥的开关的切换时间具有固定的时间偏移量。因此,该时间与驱动信号的生成直接时间链接。因此,如果驱动信号的时间段从一个周期到下一周期增加,则共振修改电路505可以自动地适配这种改变——即使在相同的周期内。

[0163] 因此,在许多实施例中,部分时间间隔的计时与驱动信号紧密链接。该链接提供了在共振电路201的驱动与共振电路201的有效共振之间的紧密对应。驱动信号与计时信号的链接特别允许共振频率自动地锁定为与驱动信号的操作频率相同的频率。实际上,同步器507能够使计时信号以及因此部分时间间隔同步,使得共振电路201的每个周期时间与驱动信号的对应周期的周期时间相同。因此,由驱动器控制部分时间间隔的方法与基于驱动信号的方法能够提供一种系统,其中,共振频率总是与驱动信号相同。事实上,即使是每个个体周期时间的个体时间段也可以被控制为相同的。

[0164] 所述方法不仅允许低复杂度,并且例如不需要对共振电路201(诸如,电感器或电容器电流或电压)的任何信号进行任何测量或检测,而且也能够自动地保证频率是相同的。

[0165] 将所述发射器共振频率与所述驱动器频率对齐的所述方法可以提供许多优点。具体地,其可以减少并且在许多实施例中防止互调。还可以在许多实施例中提供经改善的功率传输,并且具体可以改善功率传输效率。通常,发射器共振频率(发射器共振电路的共振频率)、接收器共振频率(发射器共振电路的共振频率)以及驱动信号的操作频率彼此越接近,功率传输效率越高。所描述的方法允许操作频率和发射器共振频率被链接在一起,同时允许其相对于接收器共振频率而变化。

[0166] 图6图示了图5的功率发射器的范例,其中,共振修改电路505被布置成减慢电容器503的状态变化。在该范例中,共振修改电路505被布置成在部分时间间隔期间将电流从电感器501转向离开电容器503。该转向是通过与电容器503并联耦合并且被布置成使电容器短路的开关601来实现的。因此,共振修改电路505可以由可控开关来实现。

[0167] 在范例中,开关601在部分时间间隔期间被关闭。开关601的打开和关闭在具体范例中由驱动器203生成的计时信号的转换来控制,并且因此与开关信号同步。当开关被关闭

时,流动通过电感器501并且否则将对电容器503充电或放电的电流反而转向通过开关601。因此,通过短路电容器503,电流绕过电容器503并且因此不对电容器充电。在范例中,开关601被布置成在对应于跨电容器503的电压为零的时刻关闭。与此此时,通过电感器501存在大量电流(实际上电流将处于最大水平)。然而,通过使开关短路,该电流不再流动通过电容器503,而是流动通过开关601。因此,电容器503的短路确保了电压保持在零,即,电容器503的状态保持恒定。

[0168] 应当注意,开关601相应地形成电流转向路径,其可以将来自电容器503的正电流和负电流转向。

[0169] 在特定持续时间之后,即,在部分时间间隔结束时,开关再次被打开,由此导致流动通过电感器的电流现在流入(或流出)电容器503。结果,电容器503开始充电并且电容器电压相应地改变。这将导致如从电感器“看到”的电容器503的有效电容增加并且因此共振频率降低。所得到的有效共振频率将取决于部分时间间隔的定时,其中,增加的持续时间导致减少的有效共振频率。

[0170] 具体地,通过将电容器短路驱动信号的时段的一部分,有效电容将增加。

[0171] 为了例示说明该效果,可以考虑电容器C1,其针对时间t2以平均电流 $\overline{i(t)}$ 被充电到电压U1(t2)。电压U1(t2)可以被表达为:

$$[0172] \quad U1(t2) = \frac{1}{C1} \int_0^{t2} \overline{i(t)} dt \rightarrow U1(t2) = \frac{\overline{i(t)} * t2}{C1}。$$

[0173] 替代地考虑具有小于C1的值的另一电容器C2,其从0到t1被短路并且在从t1到t2的时间间隔内被充电,该电容器用相同的平均电流 $\overline{i(t)}$ 充电到电压U1(t2)。对于C2,电压能够确定为:

$$[0174] \quad U2(t2) = \frac{1}{C2} \int_0^{t2} \overline{i(t)} dt = \frac{1}{C2} \int_0^{t1} 0 dt + \frac{1}{C2} \int_{t1}^{t2} \overline{i(t)} dt \rightarrow U2(t2) = \frac{\overline{i(t)} * (t2 - t1)}{C2}$$

[0175] 如果U1(t2)和U2(t2)在t2处相等,则C1能够被表达为:

$$[0176] \quad C1 = \frac{t2}{t2-t1} * C2。$$

[0177] 换言之,尽管电容器C2的值较小,但是在时间t2时,两个电容器被充电到相同的电压。在时间t2时,电容器C2将电感器暴露于与电容器C1相同的电压。因此,短路的影响是增加由电感器“看到”的电容器的有效(或表观)电容。

[0178] 在图7中提供了图6的电路中的信号的范例。在范例中,电感器501的电感为Lp=200uH,并且电容器503的电容为Cp=8.2nF,导致自然共振频率为:

$$[0179] \quad fp = \frac{1}{2\pi * \sqrt{Lp * Cp}} = 125kHz。$$

[0180] 在该范例中,上面的曲线图示了驱动信号。

[0181] 如能够看到的,针对每个周期,开关601被布置成在第一部分时间间隔(针对电容器电压的正零交叉)期间以及在第二部分时间间隔(针对电容器电压的负零交叉)期间使电容器503短路。在每个部分时间间隔内,电压因此恒定保持为大约1μs。在此期间,电容器503的电压不变。类似地,由于电感器501未暴露于电压,所以通过电感器501的电流也几乎不变

(几乎恒定在最大值)。

[0182] 如能够看到的,有效共振频率被降低,并且实际上,在范例中,实现了约102kHz的有效共振频率。

[0183] 精确的有效共振频率能够通过调节部分时间间隔的持续时间来简单设置。持续时间越长,频率越低。

[0184] 此外,能够看到,如果在驱动信号脉冲之间的持续时间保持恒定,则能够通过驱动信号脉冲持续时间的改变来改变驱动信号的操作频率。然而,这将直接导致计时信号的右边缘以相同的方式变化,并且通过保持计时信号的左边缘耦合到电容器的过零点,导致部分时间间隔相应地改变。相应地,所述共振频率将直接跟随驱动信号操作频率并且本质上将是相同的。

[0185] 因此,所述方法可以将驱动频率和发射器共振频率有效地结合在一起,使得其实际上基本相同。

[0186] 所述方法具体可以改善许多无线功率传输系统中的负载通信。实际上,图5和图6的系统包括负载调制消息接收器509,所述负载调制消息接收器被布置成从功率接收器105接收消息,其中,所述消息被负载调制到功率传输系统上。在范例中,所述负载调制至少部分通过变化的负载来执行。在许多实施例中,所述负载调制可以通过功率接收器接通和断开与功率接收线圈并联的电容器来执行。

[0187] 在物理层面上,使用功率传输信号作为通信载波来实施从功率接收器105到功率发射器101的通信信道。功率接收器105通过调制接收器线圈107的负载来发送数据消息。例如,功率接收器105可以通过连接和断开并联耦合到接收线圈107的电容器来实现这一点,由此改变共振,并且因此改变功率接收器105的负载特性。这些改变导致功率发射器侧的功率传输信号的对应变化,并且特别是发射器电感器103的电流和电压的变化。这些变化直接或间接地由功率发射器101来检测,并且被用于对来自功率接收器105的负载调制数据进行解调。

[0188] 具体地,例如可以通过驱动信号电流/电压的幅度和/或相位的变化,通过发射器电感器103的电流/电压的变化,和/或共振电路的电流/电压的变化,来检测所述负载调制。作为另一范例,可以通过到驱动器203(特别是逆变器/开关桥)的电源的电流变化来检测所述负载调制。

[0189] 功率接收器105能够相应地将调制数据加载到功率传输信号上,功率发射器101随后能够对其进行解调。所述方法例如可以对应于在Volume I:Low Power,Part 1:Interface Definition,Version 1.0,2010年7月上的“System description,Wireless power Transfer”一文中针对Qi所描述的,其可以经由<http://www.wirelesspowerconsortium.com/downloads/wireless-power-specification-part-1.html>获得,也被称为Qi无线功率规范,特别是第6章:通信接口(或者在规范的后续版本中)。

[0190] 负载调制具体被用于适配功率传输,并且具体用于实施功率控制回路,所述功率控制回路基于从功率接收器105接收到的功率控制消息来连续地适配所发射的功率水平。通过负载调制来传送功率控制消息。

[0191] 因此,所述负载调制导致例如在发射器电感器电流中的变化,并且这可以如本领

域技术人员已知地进行测量和解调。因此,在范例中,所述功率发射器还包括消息接收器509,所述消息接收器用于检测通过变化的电抗性负载被调制到功率传输信号上的消息负载。

[0192] 然而,(由不同的驱动频率和发射器共振频率引起的)互调失真会劣化负载调制通信。考虑到高Q共振电路,如果驱动器203以等于发射器共振频率的频率施加信号,则即使在存在阻尼的情况下,振荡也可以持续很长时间。在这种情况下,非常高的电流可能流动通过电路。然而,如果驱动器203以不同于共振频率的频率来施加信号,则所述系统将不会很好地共振,导致电流流量低得多。事实上,在后一种情况下,电路中的电流信号和电压信号将包含两个频率,亦即,驱动频率和共振频率,其中,所述共振电路的Q因子越高,共振频率将更加显著。电流和电压信号中的两个频率导致拍频,其被称为互调。在依赖于由负载调制引起的幅度调制的无线功率传输系统中,如果可能的话,这能够使得可靠的通信变得困难。

[0193] 然而,这可以通过控制发射器共振电路与驱动信号的驱动频率相匹配来有效地减轻。具体的方法可以是例如通过经由对部分时间间隔的同步/对齐将驱动信号和共振频率链接到驱动信号来提供降低的互调失真,从而允许操作频率和共振频率被锁定在一起。

[0194] 如所提到的,消息接收器509被布置成检测对功率传输信号的负载调制。由消息接收器509执行的解调是基于通过发射器线圈103的线圈或发射器线圈103上的电压的样本。因此,消息接收器509被耦合到采样器511,采样器511被布置成对通过发射器线圈103的电流和发射器线圈103上的电压中的至少一个进行采样。

[0195] 采样器511被布置成在通常为周期性重复时间的采样时间处对相关信号(线圈电流或线圈电压)进行采样。采样时间可以等同地被称为时刻,即,该术语指代信号被采样时的时间。将意识到,术语采样时间和采样时刻指代采样的计时,并且尽管采样持续时间通常可以足够短以被认为是瞬时的(对应于Dirac脉冲采样),但是这些术语不意图是被限于该特定场景。事实上,在实践中,不能够执行瞬时采样,并且所有样本将反映在一段时间间隔内的信号。然而,通常,这样的持续时间足够短以至于不重要,例如,其可以在数纳秒的量级,并且样本能够被认为是瞬时的。

[0196] 然而,将意识到,所描述的方法也可以与不能够被认为是瞬时的个体采样持续时间一起使用。例如,可以在稍微更长的时间间隔内,例如在1-10微秒的时间内,将样本生成成为平均值或积分信号值。在这样的情况下,术语采样时间(或者等效地采样时刻)可以指代针对这样的间隔的固定时间,诸如开始时间、结束时间或中心时间。此外,本领域技术人员将意识到,采样理论以及对增加的采样时间的影响、补偿和处理(诸如,例如可以通过对应的 $1/\text{sinc}(f)$ 滤波器,例如增加的采样持续时间应用 $\text{sinc}(f)$ 频率整形)。相应地,这些将不在下文中进一步描述,其将聚焦于在采样时间/时刻处采样为瞬时的。

[0197] 此外,以下描述将聚焦于基于线圈电流的样本的解调。然而,本领域技术人员将意识到,所描述的原理同样可以应用于基于线圈电压的样本的解调。

[0198] 因此,在具体范例中,采样器511在各自采样时间处生成线圈电流的样本。这些样本被馈送到消息接收器509,消息接收器509继续以解调经负载调制的数据。负载调制将导致线圈电流的变化,并且因此,采样值将取决于功率接收器处的负载调制负载的状态。例如,如果功率接收器使用接通或断开的电阻性负载来提供负载调制,则样本值取决于调制负载是被接通还是断开将(理想地)不同。不同的数据符号因此与负载调制的不同模式相关

联,并且因此导致线圈电流和不同样本值的不同变化。消息接收器509能够相应地将接收到的样本值与对应于不同数据符号的模式进行比较,并且将符号解码为与最接近于样本值模式的模式相关联的符号。

[0199] 确切的解调方法将取决于个体实施例的具体要求和偏好。例如,消息接收器509可以使用低通滤波器、匹配的滤波器等,这对于本领域技术人员将是公知的。

[0200] 所述采样通常以相对于个体数据符号和比特的持续时间的相对高的采样率或频率来执行。在许多实施例中,针对功率传输信号的每个周期生成一个样本,即,采样率被控制为对应于驱动频率。此外,所述驱动频率被链接到发射器共振频率,因此,采样率被进一步设定为与发射器共振频率相对应。

[0201] 然而,用于实现良好通信性能的重要和关键参数是采样的计时,并且特别是相对于共振电路的操作和信号的采样的计时。具体地,为了优化通信性能并且特别是降低错误率,重要的是样本反映调制负载的不同状态的经采样的电流(或电压)值之间的最大差异,即,重要的是在用于调制负载的不同状态的采样值之间的差异尽可能大。所述差异也被称为调制深度(或者更一般地,术语调制深度是指针对不同比特/符号的电感器电流(样本)中的差异)。

[0202] 然而,使操作复杂化的原因是调制深度在周期期间针对不同的采样时间而变化。例如,如果所有样本都是在与电感器电流的过零点相对应的时刻生成的,则针对不同的调制负载状态没有差异。因此,重要的是要使采样时间处于最佳或者至少适合的时间。具体地,非常重要是在周期内选择适当的采样时间。

[0203] 然而,控制采样器511以在适当的时间对信号进行采样不是直接的问题。例如,一种方法将是使用峰值检测电路来检测峰值线圈电流,并且然后使用该值。然而,这样的方法需要额外的(并且通常至少部分模拟的)电路,这增加了复杂度和潜在的成本。此外,例如,尝试运行峰值检测回路,其试图控制将被设置为检测峰值的时间的采样时间,这倾向于导致次优的性能。具体地,其倾向于导致不准确的和/或缓慢调整的采样时间,这通常引入导致含噪声样本的大量抖动。

[0204] 在图5和图6的系统中,响应于部分时间间隔的计时来控制采样时间。具体地,功率发射器101包括采样时间控制器513,所述采样时间控制器被耦合到采样器511并且被布置成响应于部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个来控制采样时间。因此,在所述方法中,响应于状态改变减慢的开始或结束的时间来确定采样时间。所述方法因此基于用于控制共振电路的共振频率的特定方法与负载调制的解调之间的互通。

[0205] 在具体范例中,采样时间控制器513还被耦合到驱动器203,从驱动器203接收也被提供给共振修改电路505的计时信号。在该具体范例中,该计时信号可以是控制图6的开关601的开关信号,即,其可以是控制电容器503的短路的计时信号。所述计时信号具体可以具有两种可能的状态,一种对应于开关601被打开,而另一种对应于开关被闭合。因此,所述计时信号直接控制开关,并且因此控制部分时间间隔的开始和结束。具体地,所述计时信号分别在部分时间间隔的开始时间和结束时间处发生转换。

[0206] 在所述范例中,采样时间控制器513基于部分时间间隔的计时,并且特别是基于计时信号的转换,来控制采样时间/时刻。因此,相对于部分时间间隔的开始时间和/或结束时间来确定采样时间。在图5和图6的方法中,所述部分时间间隔控制所述操作,并且具体地,

共振电路的共振由部分时间间隔来控制。因此,共振周期的计时由部分时间间隔的计时来控制,并且因此,通过相对于部分时间间隔的计时来对采样时间进行计时,采样计时能够被精确地定位在该周期之内。换言之,通过确定相对于部分时间间隔的开始时间和/或结束时间的采样时间,能够将采样时间控制在经修改的周期中的期望点处。例如,在许多实施例中,能够通过相对于部分时间间隔的开始时间或结束时间以特定的时间偏移量设置采样时间来实现对发射器线圈103的峰值电流的采样。

[0207] 所述方法可以由图8中图示的信号来例示。在范例中,发射器共振电路的固有共振频率为140kHz,并且驱动频率为110kHz。由于部分时间间隔,自然共振频率被降低到与驱动频率相匹配的有效共振频率,即,110kHz。接收器共振电路的共振频率在范例中为105kHz。

[0208] 在该范例中,信号801对应于跨发射器线圈103的电压。信号803对应于用于驱动器203的全桥逆变器的右腿的计时信号。信号805对应于通过发射器线圈103的线圈电流 $i_{\text{线圈}}$ 。信号805被图示为与线圈电流直接对应的电压(通过测量而生成的)(在具体范例中 $1V=1A$)。

[0209] 如所图示的,线圈电压和线圈电流展现出与共振电路的自然共振频率相对应的周期,随后是部分时间间隔,在所述部分时间间隔中,线圈电压和线圈电流保持恒定(或者基本恒定—在部分时间间隔期间,可以关闭逆变器(例如,S1与S3或者S2与S4两者同时被关闭),从而得到发射器线圈103上的零电压以及恒定线圈电流;或者其可能在发射器线圈103上提供低电压(在10V的范例中)以及线圈电流的小的变化,在具体范例中,在表示逆变器从完全被断开切换到提供10V的驱动电压的部分时间间隔期间,在信号801中能够看到小的变化。

[0210] 在所述范例中,部分时间间隔与全桥逆变器的切换同步,并且具体地,部分时间间隔的结束时间与信号803的从低到高的转换同时发生。

[0211] 在所述范例中,部分时间间隔被布置成在发射器线圈103上的电压801的过零点的时间处开始。因此,部分时间间隔被形成为具有在发射器线圈103上的电压的过零点处(从正到负电压)的开始时间以及在关闭驱动器201的全桥逆变器的右腿时的结束时间的的时间间隔。在图8中由垂直线807指示一个周期中的部分时间间隔的范例。

[0212] 在所述系统中,通过采样时间控制器513相对于部分时间间隔的开始时间和/或结束时间来确定采样时间。在具体范例中,开关601可以被提供有开关计时信号,所述开关计时信号控制开关601何时被打开和闭合,并且因此,被提供有针对部分时间间隔的计时。所述信号还被馈送到采样时间控制器513,所述采样时间控制器基于定时信号的转换继续来确定采样时间。

[0213] 如在图8中所图示的,具体范例中的部分时间间隔在部分时间间隔期间冻结电感器和电容器的状态。因此,在部分时间间隔期间基本上不发生改变。然而,在部分时间间隔的外部,允许共振电路自由地共振。此外,当部分时间间隔响应于零检测而被发起,并且共振部件的状态在部分时间间隔期间被保持恒定时,共振操作的每个周期由标准共振周期形成(周期时间等于自然共振频率的倒数)和部分时间间隔。因此,部分时间间隔越长,有效循环时间越高并且有效共振频率越低。

[0214] 此外,由于在部分时间间隔外部的操作由共振部分固定,所以有效共振频率的变化是由部分时间间隔的持续时间的变化所引起的。因此,在使用部分时间间隔的计时来控制

制采样时间的系统中,能够将采样时间设置为对应于每个周期中的信号的期望点,诸如,例如峰值。

[0215] 作为具体范例,可以将计时时刻设置为与部分时间间隔的结束时间或部分时间间隔的开始时间相同。事实上,在所述范例中,共振电路的状态在对应于发射线圈103上的电压的过零点的时间处被冻结。然而,这也对应于最大线圈电流的时刻。因此,在部分时间间隔的开始时间处,线圈电流处在最大电平,并且因此,与部分时间间隔的计时同步的采样使得采样在部分时间间隔的开始时间处被执行将导致采样为峰值线圈电流。这能够在不需要任何额外的功能(诸如峰值检测电路)的情况下实现。

[0216] 此外,由于共振电路的状态在部分时间间隔期间被冻结,在部分时间间隔开始处的电流值将在整个部分时间间隔内保持不变,并且事实上,部分时间间隔的结束处的线圈电流仍然是最大电流。因此,采样时间控制器513可以备选地确定采样时刻以与部分时间间隔的结束时间相一致,并且这仍将导致峰值电流测量。

[0217] 在许多实施例中,采样时间控制器513可以相应地被布置成确定落在部分时间间隔内的采样时间。这将在许多实施例中(诸如由图8所表示的)导致线圈电流的采样处在最大值处。事实上,在图8的范例中,部分时间间隔内的线圈电流的任何采样将导致如信号809所指示的最大电流采样。

[0218] 因此,在一些实施例中,所述采样可以与部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个相同步,并且具体地可以被同步以与开始时间和结束时间中的至少一个相一致。例如,当开关信号803从低值转换为高值时,采样时间控制器513可以控制采样器511来对电流信号进行采样。

[0219] 在许多实施例中,采样时间控制器513可以被布置成确定采样时间在部分时间间隔之内。这在许多情况下可以提供特别有利的性能。具体地,由于在该间隔期间状态改变较慢,所以对采样时间变化的敏感性(例如抖动)将大幅降低。实际上,对于状态改变被完全冻结的实施例,所述系统可以对部分时间间隔内发生的抖动不敏感。

[0220] 作为具体范例,采样时间控制器513可以被布置成将采样时间确定为部分时间间隔的开始时间与结束时间之间的中间,即,在部分时间间隔的中心时间(将意识到,由于部分时间间隔的周期性质,能够根据先前的部分时间间隔的结束时间来高精度地确定当前部分时间间隔的结束时间)。在这样的实施例中,只要不超出部分时间间隔,大程度的抖动和/或扩展的采样持续时间通常将是能接受的。

[0221] 因此,在所描述的范例中,对负载调制消息的解调基于部分时间间隔内的线圈电流的样本(或者在一些实施例中,例如线圈电压),其中,共振电路的状态被锁定/冻结,例如,通过如在图6的范例所图示的共振电容器的短路。

[0222] 在范例中,对线圈电流的采样因此可以导致采样自动成为线圈电流的峰值。此外,由于线圈电流不仅是最大的,而且在部分时间间隔期间基本恒定,所以所述方法对抖动非常不敏感。

[0223] 将意识到,对采样时间的确切计时可以取决于个体实施例的偏好和要求。

[0224] 然而,在许多实施例中,采样时间控制器513可以有利地被布置成响应于部分时间间隔的结束时间来控制采样时间。事实上,在许多实施例中,可以仅考虑结束时间。这在许多实施例中可以提供实际操作和实施方式。

[0225] 例如,在一些实施方式中,部分时间间隔的开始可以通过发射器线圈103上的电压的过零点来引发,并且具体地,这可以由二极管从电容器和电感器的接点开始导通电流直接接地(从而旁路电容)来实现。然而,在一些实施例,这可能不切实际,并且因此可能难以以为采样时间控制器513提供开始时间的信息。然而,结束时间可以通过切换驱动器输出桥的一个或多个开关来确定,并且因此简单地通过使用开关信号作为表示部分时间间隔的结束时间的计时信号能够提供结束时间的信息。

[0226] 事实上,在许多实施例中,可以将这样的计时信号直接用作针对采样器511的采样控制信号,使得针对部分时间间隔的结束时间来生成电流样本。这可以提供高效但低复杂度的实施方式。

[0227] 然而,在许多实施例中,采样时间控制器513可以被布置成将采样时间设置为在结束时间之前。具体地,采样时间控制器513可以确定采样时间在结束时间之前的时间偏移量。在一些实施例中,时间偏移量可以是固定的,并且例如是在所有周期中应用的预定时间偏移量。

[0228] 例如,采样时间控制器513可以被布置成确定要在部分时间间隔的结束时间之前、例如1 μ sec(或者例如甚至更低,如50ns)发生的采样时间。这可以确保采样时间是在部分时间间隔之内执行的,并且因此,可以降低对抖动的敏感度(其通常将比偏移量低得多)。此外,在许多实际实施方式中,驱动器203的开关的切换可以导致可能会劣化采样结果的附加噪声和/或转换效应。因此,较早的采样可以提高采样性能并且减少这种开关噪声对样本的影响。

[0229] 确切的时间偏移量可以取决于个人应用的偏好和要求。然而,在许多情况下,所述偏移量可以有利地从零(对应于基本上在结束时间的采样)直到驱动信号的一半周期时间。然而,在许多实施例中,所述时间偏移量可以被选择为更接近结束时间,诸如,例如从结束时间之前的周期时间的五分之一或十分之一。

[0230] 在许多实施例中,所述时间偏移量例如可以根据部分时间间隔的持续时间来设置,并且因此可以反映发射器共振电路的自然共振频率与有效共振频率之间的差异。

[0231] 例如,在一些实施例中,当有效共振频率为最大值时,采样在结束时间之前的时间偏移量可以被确定为部分时间间隔的持续时间的一半。换言之,当这些处在系统设计的最小值时,可以选择时间偏移量作为部分时间间隔的持续时间的一半。在这样的实施例中,当这些处在最小值时,相应地可以在部分时间间隔的中间执行采样。对于较长的部分时间间隔(即,对于较低的有效共振频率),采样将不在部分时间间隔的中间进行,而是将更接近结束时间。然而,通常,抖动等将比确定的时间偏移量小得多,并且因此,这不太可能影响性能。因此,能够使用用于确定采样时间的简单方法,而不会降低性能。

[0232] 在许多实施例中,诸如,例如对于根据针对功率传输参数的 Q_i 规范的实施例,合适的时间偏移量可以有利地不少于200纳秒并且不多于5 μ sec,并且在许多实施例中,不多于2 μ sec或1 μ sec。这在大多数实施例中可能导致针对可能发生的有效共振频率范围的偏移量足以确保抖动将被包含在部分时间间隔内,并且其可以减小针对开始时间和结束时间驱动器对采样的切换的影响。

[0233] 在一些实施例中,采样时间控制器513可以被布置成响应于部分时间间隔的开始时间以及可能仅开始时间来控制采样时间。

[0234] 例如,在一些实施例中,被馈送到采样时间控制器513的计时信号可以包括与部分时间间隔的开始时间相对应的转换,并且采样时间控制器513可以布置成确定采样时间为由相对于开始时间的的时间偏移量给定的时间(并且特别是计时信号中的对应转换)。

[0235] 所述时间偏移量通常可以是固定的,并且特别是预定的时间偏移量。例如,采样时间控制器513可以被布置成控制要执行的采样,例如,在指示新的部分时间间隔的开始的转换之后的1msec。

[0236] 这种方法在许多实施例中可能导致非常低的复杂度。例如,在部分时间间隔的开始与驱动器203的逆变器的开关的切换相一致的实施例中,采样时间控制器513可以简单地将对应的开关信号延迟适当的值,并且使用该延迟的信号作为采样触发信号。因此,这样的实施例可以利用这样的优点,即:在采样时刻之前发生部分时间间隔的采样时间被同步到的信号(并且因此不必考虑先前的部分时间间隔或者估计部分时间间隔时间)。

[0237] 事实上,当开始时间不与针对开关的计时信号直接对齐时,在一些情况下也可以使用所述方法。例如,响应于检测到线圈电压的过零点,可以生成计时信号。在其中电容器(对应于图6的范例)的短路是通过二极管开始导通的一些实施例中,可以感测通过二极管的电流并且将其用于生成指示部分时间间隔的开始时间的计时信号。

[0238] 所述时间偏移量具体可以具有与相对于针对结束时间的的时间偏移量所描述的值相似的值(即,许多考量也将对称地应用相对于开始时间的的时间偏移量)。

[0239] 在一些实施例中,采样时间控制器513可以被布置成响应于开始时间与结束时间两者来确定采样时间。因此,在这样的实施例中,所述采样时间也可以取决于部分时间间隔的持续时间。

[0240] 例如,采样时间可以被确定为相对于开始时间和结束时间两者的特定内部时刻。例如,采样时间可以被确定为在开始时间与结束时间之间的中间。这可以对应于被定位在部分时间间隔的中心的采样时间,并且因此可以对部分时间间隔的两端提供对称的裕量。将意识到,在其他实施例中,可以分别使用在开始时间和结束时间的的时间偏移量之间的其他部分。

[0241] 在一些实施例中,采样时间控制器513可以确定采样时间属于部分时间间隔的内部间隔,其中,响应于开始时间和结束时间来确定内部间隔。例如,内部间隔可以被确定为从例如开始时间之后的1 μ sec延长到例如结束时间之前的1 μ sec。采样时间控制器513然后可以被布置成在该间隔内自由地选择采样时间(或者,例如响应于其他因素或参数)。

[0242] 先前的描述聚焦于其中状态改变在部分时间间隔期间基本停止的场景(例如,状态改变小于在自由运行振荡中将发生的状态改变的2%,例如线圈电流的改变小于自由振荡发生的改变的2%)。这在许多实施例中可能是有利的,并且可以具体地导致在部分时间间隔内在不同时间处所采集的样本之间很少或者没有差异。

[0243] 然而,将意识到,在其他实施例中,状态改变可以被减慢而不是被完全停止。例如,不是将图6的电容器503短路,第二电容器可以与电容器503并联地接通。这将减慢、而不停止/冻结共振电路的状态改变,因为电容器503仍将被充电,但是以较低的电流,因为电流中的一些将被转移到第二电容器。

[0244] 状态改变的这样的减慢将导致线圈电流在最大值处不被冻结,而是在部分时间间隔期间随时间减小。然而,在许多实施例中,线圈电流中的这样的变化是能接受的,并且所

述方法仍然可以提供优于传统方法的优点。

[0245] 例如,在一些实施例中,可以在部分时间间隔期间接通比电容器503大五倍的第二电容器。这将降低自然共振频率的有效共振频率。此外,在部分时间间隔期间,线圈电流的变化将被减慢六倍,由此导致电流值下降得更慢。采样时间控制器513可以将采样时间与并联电容器的接通相同步,例如,通过触发采样,例如在接通之后500纳秒。尽管线圈电流可能略有下降,但是其仍接近峰值,并且为负载调制提供合适的值。此外,对开关噪声或者由抖动引起的噪声的灵敏度显著降低。此外,不需要峰值检测(或其他线圈电流相关的)电路。

[0246] 还将意识到,尽管先前的描述聚焦于在部分时间间隔内采样的通常有利的方法,但是这对于所述方法不是必需的。在许多实施例中,在周期的其他时间进行采样实际上可能是有利的。

[0247] 事实上,在许多实施例中,在部分时间间隔的结束时间之后在短时间间隔内(例如,高达50-500纳秒)采样可能是有利的。这样的方法可以提供一种低复杂度操作,其中,采样例如能够通过简单的延迟例如逆变器开关的开关信号来控制。此外,所述方法可以确保采样不与逆变器中的切换同时发生,并且因此在一些应用和实施例中可以降低采样中的开关噪声。尽管所述方法可能在峰值出现后稍微采样,但这常常是有利的。实际上,延迟是在线圈电流的变化接近最小值(在峰值时导数为零)时引入的,并且因此电流值的减小(并且更重要的是在针对不同调制负载的电流之间的差异)将是小的。

[0248] 作为另一范例,在一些实施例中,在部分时间间隔的开始时间之前在短时间间隔内(例如,高达50-500纳秒)采样可能是有利的。这样的方法例如可以通过根据先前的部分时间间隔的开始时间估计开始时间来实现。所述方法可以确保采样不与逆变器中的切换同时发生,并且因此可以在一些应用和实施例中减少采样中的开关噪声。此外,其可能导致采样非常接近峰值,并且将使采样对部分时间间隔期间的变化较不敏感。所述方法可能特别适用于状态改变在部分时间间隔期间被减慢但不停止的实施例。

[0249] 先前的文本已经聚焦在共振修改电路被布置成通过在部分时间间隔期间将来自电感性阻抗501的电流转向离开电容性阻抗503来减慢电容性阻抗503的状态变化的范例。然而,在其他实施例中,共振修改电路505可以被布置成通过在部分时间间隔期间阻止电流从电容性阻抗503流向电感性阻抗501来减慢电感性阻抗501的状态变化。

[0250] 例如,图9图示了图5的系统的另一实施例。在该范例中,共振修改电路被布置成通过在部分时间间隔期间阻止电流从电容性阻抗流到电感性阻抗(并且特别是电流流动的变化率),或者等效地通过降低电容器施加在电感性阻抗上的电压,来减慢电感性阻抗的状态变化。具体地,在范例中,共振修改电路被布置成通过在部分时间间隔期间阻止电流从电容性阻抗流到电感性阻抗,或者等效地通过将电感器电压设置为零,来减慢电感性阻抗的状态变化。

[0251] 在范例中,从电容器503到电感器501的电流被与电感器501串联的开关901阻挡。在范例中,驱动器203被布置成在共振周期的部分期间有效地断开在电容器503与电感器之间的耦合501。驱动器203使开关901与驱动信号同步,并且原则上如针对图6的范例所描述的那样操作。事实上,在图6的范例中,开关601被布置成通过将通过电容器503的电流控制为零来将跨电容器503的电压冻结为零。在图9的范例中,开关901被布置成通过将电感器501从电容器503断开并且因此去除电容器的电压对电感器的影响而将通过电感器501的电

流冻结为零。因此,这两种方法是等效的,因为当电流和电压的作用交换时,电容器和电感器的操作是相同的。事实上,图7的信号也可以应用于图9的范例,只要电感器电流和电容器电压的曲线分别与电容器电压和电感器电流交换。

[0252] 还应当注意,在所提供的范例中,电容器503和电感器501两者的状态改变在部分时间间隔期间减慢或基本上冻结。事实上,在图6的范例中,在部分时间间隔期间,没有电流到达电容器503并且电压恒定为零。然而,因此也将跨电感器501的电压设置为零,并且因此电感器电流基本恒定,即,对于电感器501基本没有状态变化。类似地,在图8的范例中,在部分时间间隔期间,没有电流能够从电容器503流动,并且因此跨电容器503的电压将基本恒定,即,对于电容器501基本上没有状态变化。

[0253] 在先前的范例中,部分时间间隔的开始已经分别与电感器电压和电容器电流的过零点同步(并且特别地对齐)。具体地,部分时间间隔的开始时间分别与电容器电压和电感器电流的过零点对齐。当在电容器503和电感器501之间的电流在部分时间间隔期间完全减小到零时,这提供了特别的优点。然而,将意识到,在一些实施例中,可以使用电流的更多逐渐减少。

[0254] 将意识到,状态改变的减慢以及电容器503与电感器501之间的能量流可以通过减小而不是完全阻止共振部件之间的电流流动来实现。减小的电流例如可以通过电流调节电路来实现,所述电流调节电路例如可以通过微控制器实时地控制。

[0255] 然而,作为另一范例,可以例如通过在部分时间间隔期间包括额外的电容器或电感器来实现所述减少。例如,在图10的范例中,额外的电流减小电容器1001与图6的开关串联插入。在部分时间间隔期间,开关601不使电容器503短路,而是并联地插入电流减小电容器1001。这导致在部分时间间隔期间由于部分电流流入电流减小电容器1001而降低到电容器503的电流,从而减少了电容器503的状态变化,并且因此降低了电容器503对电感器施加的电压。(电流减小电容器1001与电容器503一起进行充电和放电)。

[0256] 图11中示出了电感器501的对应范例。在该范例中,电流减小电感器1101与电感器501串联插入,并且开关1103与电流减小电感器1101并联耦合。在该范例中,开关1103在部分时间间隔期间打开,导致有效电感增加。因此,在部分时间间隔期间减小通过电感器的电流变化(因为电容器503施加的电压现在划分到电感器501和1101上,并且因此减小了电容器503施加在电感器501上的所得电压)。在部分时间间隔结束时,开关1103被关闭,由此使电流减小电感器1101短路。

[0257] 在下文中,将参考其中驱动器203包括用于生成驱动信号的开关桥/逆变器的系统来进一步描述所述系统的操作。该交换网桥具体可以是对应于图3和图4的范例的半桥或全桥。

[0258] 在范例中,驱动器203还生成计时信号以具有直接控制所述部分时间间隔的转换。具体地,生成信号以在对应于(部分时间间隔的开始时间并且通常基本上相同,例如在周期时间的 $1/50^{\text{th}}$ 内)的时间、在对应于(并且通常基本上相同,例如在周期时间的 $1/50^{\text{th}}$ 内)部分时间间隔的结束时间、或者在对应于部分时间间隔的开始时间和结束时间(并且通常基本上相同,例如在周期时间的 $1/50^{\text{th}}$ 内)的时间处,发生转变。

[0259] 此外,在所述范例中,驱动器203被布置成使计时信号与控制开关桥的开关的一个(或多个)开关信号同步。因此,由于驱动信号是通过开关桥中的开关的切换而生成的,所以

计时信号以及因此的部分时间间隔与开关信号的同步也提供了与驱动信号的同步。

[0260] 图12图示了图1和图2的感应功率传输系统的范例的元件的电模型的范例。

[0261] 发射器共振电路201由部件 C_p 和 L_p (对应于电容器503和电感器501) 表示。驱动器由 V_p 表示, 并且开关桥由开关M1-M形成, 其在具体的范例中是FET。接收器共振电路205由部件 C_s 、 L_s 表示。电容器 C_d 在1MHz处产生共振, 这使得使用可移动线圈的功率发射器能够定位功率接收器 (例如, 根据在Qi无线功率规范 (版本1.0) 中所描述的原理)。电容器 C_m 和开关 S_m 表示功率接收器105的负载调制。二极管 D_7 至 D_{10} 以及 C_1 和 R_1 表示功率接收器105的负载 (其中, 二极管提供整流)。

[0262] 在范例中, 当开关S1以合适的占空比被打开和关闭时, 有效电容本身变得大于电容器503 (C_p) 的电容。如果期望功率发射器的有效共振频率低于自然共振频率, 则紧接在跨 C_p 的电压经过零电压从负电压到正电压和/或反之亦然之后, 开关S1被关闭短的时间段。这在图13中进行了图示, 首先示出了控制开关S的驱动信号和计时信号, 然后, 通过电感器501的电流, 并且最后是跨电容器的电压 (对应于图7)。驱动信号以93kHz的频率 f_o 和10%的占空比D被施加到共振电路, 即, 驱动信号具有93kHz的操作频率。在该范例中, 共振储能回路的自然共振频率 f_n 为100kHz。因此, 对于自由运行的共振电路, 跨共振电路的电压 (被表示为V (左, 右)) 应当滞后电流 $i_p(t)$, 这意味着其处于电容模式操作。然而, 在图12的系统中, 开关S1使电容器 C_p 短路, 从而电压V (左, 右) 的一次谐波与电流 $i_p(t)$ 同相, 这意味着功率发射器以共振工作。因此, 通过以恰当的占空比关闭开关S1, 通过恰好在电压V (C_p) 过零事件之后禁止跨电容器 C_p 的电压增加 (或减少) 来实现该共振。这有效地将来自电感器的电流转向离开电容器 C_p 。

[0263] 在图14中提供了在许多实施例中比图12的范例更实际的方法的范例。在图14的范例中, 实现了图12的计时的简化, 其可以提供额外的灵活性。

[0264] 在图14的范例中, 所述开关由两个电流转向路径代替, 其中一个为在一个方向上流动的电流提供短路, 而另一个用于在另一方向上流动电流。在范例中, 每个电流转向路径包括整流器 (特别是二极管), 其确保电流仅能在该路径的一个方向上流动。

[0265] 在该范例中, 通过共振储能回路的正电流现在被D6/M6分流, 而负电流被D5/M5分流。二极管D5和D6阻止M5和M6的体二极管导通。开关/FET M6由与开关/FET M4完全相同的信号来控制, 即, 在范例中, 用于控制部分时间间隔的计时的开关信号与用于开关桥的所述开关之一的开关信号完全相同。实际上, 部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个不仅与生成驱动信号的开关电桥的所述开关之一的切换同步, 而且与其一致。

[0266] 事实上, 当开关M4导通时, 电压V (C_p) 从负向正共振。当该电压变为正值时, 二极管D6立即开始导通, 因为开关M6已经处于导通状态。这样, 通过 $i_p(t)$ 的电流自然地电容器 C_p 向D6/M6整流, 而不需要复杂的计时控制。这在图15中进一步进行了图示。

[0267] 针对M5/D5的第二路径发生类似的情况。事实上, 在该范例中, 直接生成针对开关M5的控制开关信号以与M3的切换一致。

[0268] 在范例中, 电流转向路径 (D5/M5和D6/M6) 中的每个相应地包括开关和整流器两者。这允许对部分时间间隔更灵活的计时。

[0269] 具体地, 使用开关和整流器两者允许功率发射器将部分时间间隔的开始时间和结束时间之一与计时信号中的转换对齐, 而另一个由整流器自动地生成, 即, 其由在导通状态

和非导通状态之间的整流器切换来确定。

[0270] 在图14的范例中,在电容器的电压为负期间,开关可以被切换为导通状态。然而,由于二极管D6,D6/M6的电流转向路径不传导任何电流,并且因此不会转向来自电容器503的任何(负或正)电流。因此,对开关M6接通的确切计时是无关的,因为这并不构成电流转向的部分时间间隔的开始。

[0271] 然而,在跨电容器503的电压过零之后不久,二极管D6将开始导通(只要电压足够高以提供足够的正向偏置)。因此,当二极管D6从非导通状态切换到导通状态时,电流转向路径开始将来自电感器501的电流转向离开电容器503。因此,部分时间间隔的开始是通过二极管从非导通状态切换到导通状态来控制的,并且不依赖于开关M6何时切换。因此,部分时间间隔的开始时间可能不与计时信号对齐。

[0272] 电流转向路径将继续转向电流,直到开关M6切换到打开状态(只要电流从电感器流入二极管D6的正向)。因此,部分时间间隔的结束时间与计时信号的转变对齐,并且因此与开关M4的切换信号的转变对齐。

[0273] 相应地,在图14的范例中,以及如图15所示,功率发射器被布置成将部分时间间隔的开始时间与整流器(二极管D6)从非导电状态切换到导电状态对齐,而结束时间与计时信号中的转变对齐,并且因此与开关信号的转变对齐。事实上,相同的开关信号既可以用于电流转向路径的开关,也可以用于开关桥的开关。

[0274] 将意识到,在其他实施例中,相同的原理例如可以被应用以响应于整流器切换导通状态来控制部分时间间隔的结束,包括当整流器从导通状态切换到非导通状态时可能结束部分时间间隔。这样的实施方式例如可以在采用阻止到电感器的电流时是有用的,例如,而不是将电流从电容器转向。

[0275] 该方法具有许多特别的优点。事实上,其允许部分时间间隔的开始与电容器电压和/或电感器电流的零交叉进行自动同步。因此,其自动将部分时间间隔的开始与部件可以容易短路或断开的时间对齐,从而允许较低复杂度的实施例。

[0276] 另一显著优点在于,其为生成针对开关桥的驱动信号和开关信号提供了额外的灵活性。具体地,由于部分时间间隔仅与开关信号的一个边缘同步,所以另一边缘可以在合理范围内自由变化。这特别允许改变占空比,并且因此允许驱动器动态地改变所生成的功率传输信号的功率水平,而不改变例如信号的操作频率或振幅电平。

[0277] 事实上,所述方法允许更简化的生成驱动信号。具体地,代替仅在驱动信号有效的相对较短的时间间隔期间(即,如在图15的第一曲线)接通开关桥的对应开关(分别为M1/M4和M2/M3),全部的开关能够通过具有占空比为50%的大致方波信号来操作。然后,可以通过这些驱动信号之间的相对相位差来生成驱动信号的占空比。然而,由于仅有一个边控制部分时间间隔的计时,所以这不影响部分时间间隔。

[0278] 此外,所述方法仍然确保第一功率接收器105和操作频率固有地以相同的值锁定在一起。具体地,这是由于共振电路201的振荡对于驱动信号的每个周期都有效地重启的事实。

[0279] 应当注意,在图14的范例中,所述系统中的电压电平通常要求控制部分时间间隔的开关(即,开关M5和M6)通过高电压电平移位器来驱动,这通常使用两个额外的脉冲变压器来实施。

[0280] 然而,这可以在图16的系统中部分地避免(特别是对于开关M6,能够避免高电压电平移位器)。在该范例中,两个电流转向路径被耦合在电感器501和电容器503的结点与用于向开关桥供电的电力轨之间。

[0281] 图16的系统的操作与图14的范例类似,并简单地提供不同的路径返回到电源以用于电流被转向。然而,重要的区别在于,开关M5和M6分别参考逆变器的电压轨和地,即,固定电压。这可以显著地促进开关的驱动,例如,当这些开关被实施为MOSFET时。在范例中,开关M6能够通过由与M4相同的开关信号直接驱动MOSFET来实施。然而,实施M5的MOSFET将仍然需要脉冲变压器,因为该MOSFET的源极电压将具有负电压值。

[0282] 图17图示了图16的系统的修改。在该范例中,到电压轨的电流转向路径,即,包括D5/M5的电流转向路径,已经被完全移除。尽管该系统仅在过零点的一半(即,每个周期仅一个过零点)引入部分时间间隔,但已经发现提供了对有效共振频率的有效调节。

[0283] 因此,在图17的系统中,电流转向路径包括以串联配置耦合的开关和整流器,并且电流转向路径的一端被耦合到电感器与电容器之间的结点,并且电流转向路径的另一端被耦合到地面供应轨以用于切换桥。在该系统中,并且整流器将部分时间间隔的开始时间与整流器从非导通状态切换到导通状态的时间对齐,而部分时间间隔的结束时间与开关桥的开关M4的切换对齐。

[0284] 所述方法允许用于适配功率发射器的共振频率以使得其匹配驱动信号的非常低复杂度的方法。所述方法能够具体提供一种自动系统,其中,驱动信号的频率总是与发射器共振电路的共振频率相同,并且反之亦然。

[0285] 为了例示说明操作频率和发射器共振频率的锁定,可以考虑图18的系统。该范例图示了驱动器203驱动包括电感器501(L)和电容器503(C)的共振电路。如果驱动器向共振电路施加阶跃电压,则其开始以众所周知的共振频率 $f = 1/2\pi\sqrt{LC}$ 振荡。这些振荡在通过系统运行的电流I(画出的线)以及在电感器501与电容器503之间的结点处的电压V(虚线)处可见。在存在阻尼的情况下,振荡在一段时间后消失,导致其中电容器503被充电到驱动器203的阶跃电压的稳定状态。在实践中,共振电路具有高Q因子,即低电阻尼,这意味着振荡持续许多共振频率周期。

[0286] 如果驱动器203以等于共振频率的频率施加信号,则即使在存在阻尼的情况下,振荡也能够无限地保持。在这种情况下,很高的电流能够流过电路。然而,如果驱动器203以不同于共振频率的频率来施加信号,则系统不会很好地“摆动”,导致流动通过电路的电流非常低。事实上,在后一种情况下,电路中的电流和电压信号将包含两个频率,亦即,驱动频率和共振频率,其中,共振频率将随着共振储能回路电路的较高Q因子而变得更明显。电流和电压信号中的两个频率导致其幅度上的拍频——这有时也被(不正确地)称作在两个频率之间的互调。在依赖于通过在系统的功率接收侧上的负载调制实现的幅度调制的无线功率传输系统中——如果可能的话,这能够使得可靠通信变得困难。因此,如果在某些情况下不是必需的,则以与共振频率相等的频率来操作系统是有利的。

[0287] 通过在共振频率下完成振荡周期后关闭开关SW1或SW2,将抑制该频率处的进一步振荡。换言之,电路中电流和电压信号的变化状态将减慢——在该范例中减慢到零。在驱动信号的下一周期开始时再次打开开关,以共振频率重新开始振荡,就好像第一次施加驱动信号一样。这意味着电流信号或电压信号的相位被重置以匹配驱动信号的相位。换言之,电

路中的周期频率实际上变得等于驱动频率——但其不再具有正弦形状。在图19中,左手侧示出了在电流从负到正的过零点处关闭SW1的结果波形,而右手侧的图示出了在电压从负到正的过零点处关闭SW2的结果波形。所绘制的波形表示电流;虚线波形表示电压;点线表示驱动信号——在这种情况下是方波。

[0288] 应当注意,根据驱动频率与共振频率之间的差异,所述系统还可以通过每数个周期操作一次(一个或多个)开关来有效地抑制电流和电压信号中的节拍,而不是每个周期一次。例如,如果驱动频率接近共振频率,则拍频增加,并且所得的幅度变化需要多个周期形成。在这种情况下,每隔数个周期重新设置相位足以使基于负载调制的通信的灵敏度保持在足够的水平,同时减少可能由操作(一个或多个)开关引起的系统中的潜在损耗。

[0289] 使开关的操作同步能够以许多种方式实现,诸如,例如先前针对各种不同实施例所描述的。打开开关最容易与方波或脉冲波驱动信号的边缘——例如,上升沿——同步。为了关闭开关,能够将测量系统添加到储能回路(tank circuit)中,该储能回路在电流或电压信号从负到正的过零点处触发。本领域技术人员将能够设计执行该功能的多种电路。

[0290] 在包括并行驱动多个储能回路的单个驱动器的无线功率系统的情况下,这是实现功率接收器的更大(横向)定位容差的有利实施方式,如果不是不可能的话,难以以共振频率操作所述系统。原因在于,由于用于实施无线功率系统的部件的电感和电容值的自然扩展,每个共振储能电路通常具有不同的共振频率。通过限制每个共振储能电路的Q因子,共振频率处的电流和电压信号分量能够相对于驱动频率处的信号分量保持较小。这保持了幅度的节拍受控,使得基于幅度调制的通信仍然是可能的。然而,这种方法的缺点是低Q因子需要相对较高的耦合以保持功率传输的效率达到标准。换言之,低Q因子不允许系统的功率发射和接收部分之间的较大距离。

[0291] 通过如上文所描述地抑制自激振荡,可以将系统中各种频率(驱动频率以及多个共振储能电路的不同共振频率)之间的节拍保持受控,使得能够借助于幅度调制来保持通信。换言之,实现基于高Q多线圈或阵列的功率发射器成为可能,其能够解调来自定位于更大距离处的功率接收器的幅度通信。

[0292] 先前的范例已经例示说明了具体的实施方式或实施例,但是将意识到,所述方法并不限于这些具体的范例,而是在以下更一般的指示中被指示。

[0293] 在一些实施例中,驱动器包括用于生成驱动信号的开关桥;并且其中,所述驱动器被布置成将部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个与针对所述开关电桥的开关的开关信号的转换相同步。

[0294] 这可以在许多场景中提供经改善的性能,并且特别可以允许非常有效和实际的实施方式。在许多实施例中,能够实现低复杂度但精确的控制。

[0295] 在一些实施例中,功率发射器被布置成确定针对部分时间间隔的开始时间和结束时间中的至少一个,以获得针对生成驱动信号的开关电路的切换时刻的固定的时间偏移量。

[0296] 具体地,可以生成转换以获得针对生成驱动信号的开关电路(诸如开关桥)的开关时刻的第一固定的时间偏移量,并且频率修改电路可以将时间间隔的开始时间和/或结束时间设置为具有到转换的第二固定的时间偏移量。

[0297] 在驱动信号的至少多个周期的每个周期中应用固定的偏移量。

[0298] 在一些实施例中,频率修改电路包括开关和整流器,并且频率修改电路被布置成将开始时间和结束时间中的一个与转换相对齐,并且将开始时间和结束时间中的另一个与整流器在非导电状态和导电状态之间的切换相对齐。

[0299] 这可以提供特别低复杂度和有效的控制。具体地,在许多情况下,可以允许自动适应于适当的时间,诸如具体是适当的过零点,以减慢状态改变。

[0300] 响应于不同参数的开始时间与结束时间的对齐可以提供额外的灵活性,并且特别地可以允许控制驱动信号的参数、诸如具体是占空比的更大的灵活性。

[0301] 在一些实施例中,频率修改电路可以被布置成通过在部分时间间隔期间将电流从电感性阻抗转移离开电容性阻抗来减慢针对电容性阻抗的状态改变。

[0302] 这可以提供特别有效的性能,同时允许便利并且通常低复杂度的实施方式。

[0303] 在一些实施例中,频率修改电路包括电流转移路径,所述电流转移路径被布置成将电流从电感性共振转移离开电容性阻抗,所述电流转移路径包括用于连接和断开所述电流转移路径的开关;并且频率修改电路被布置成将开关的切换与计时信号对齐。

[0304] 这可以提供特别有效的性能,同时允许便利并且通常低复杂度的实施方式。

[0305] 在一些实施例中,频率修改电路包括以串联配置耦合的开关和整流器,并且频率修改电路被布置成将开始时间和结束时间中的一个与转换对齐,并且将开始时间和结束时间中的另一个与整流器在非导电状态和导电状态之间的切换相同步。

[0306] 这可以提供特别低复杂度和有效的控制。特别地,在许多场景中,其允许自动适应适当的时间,例如特别是适当的过零点,以减慢状态改变。

[0307] 响应于不同参数的开始时间和结束时间的对齐提供了额外的灵活性,并且特别地可以允许控制驱动信号的参数、诸如具体地占空比的更多灵活性。

[0308] 在许多实施例中,部分时间间隔的开始时间可以与整流器从非导电状态到导电状态的切换相对齐,并且结束时间由计时信号来控制。

[0309] 在一些实施例中,电流转移路径的第一端被耦合到电感性阻抗和电容性阻抗之间的接合点。

[0310] 这可以提供特别有利的实施方式,其允许有效而便利的操作。在许多实施例中,所述方法可以降低频率修改电路的复杂度,诸如具体地所需要的专用部件的数量。

[0311] 在一些实施例中,电流转移路径的第二端被耦合到电压供应轨道。

[0312] 这可以提供特别有利的实现方式,其允许有效而便利的操作。在许多实施例中,所述方法可以降低频率修改电路的复杂度,诸如具体地所需要的专用部件的数量。在许多实施例中,其可以便于驱动用于连接和断开电流转移路径的开关。

[0313] 在一些实施例中,驱动器包括生成驱动信号的开关桥;并且驱动器被布置成使计时信号的转换同步以与针对开关电桥的开关的开关信号的转换相一致。

[0314] 这可以提供经改善的性能和/或简化的实施方式。同步可以具体地将计时信号的转换与开关信号的转换在时间上对齐,例如,在驱动信号周期的1/50内。

[0315] 在一些实施例中,电流转移路径包括以串联配置耦合的开关和整流器,电流转移路径的第一端被耦合到电感性阻抗与电容性阻抗之间的接合点,并且电流转移路径的第二端被耦合到所述开关桥的接地电源导轨,并且所述功率发射器被布置成将所述部分时间间隔的开始时间与所述整流器从非导通状态切换到导电状态的时间相对齐,并且将所述部分

时间间隔的结束时间与开关电桥的开关的切换相对齐。

[0316] 这可以提供特别有利的性能和/或实施方式。

[0317] 将意识到,为了清楚起见,以上描述已经参照不同的功能电路、单元和处理器描述了本发明的实施例。然而,显而易见的是,在不偏离本发明的情况下,可以使用不同功能电路、单元或处理器之间的任何合适的功能分布。例如,所示出的由单独的处理器或控制器执行的功能可以由相同的处理器或控制器执行。因此,对特定功能单元或电路的引用仅被视为对用于提供所描述功能的合适手段的引用,而不是指示严格的逻辑或物理结构或组织。

[0318] 本发明能够以包括硬件、软件、固件或这些的任何组合的任何适当形式来实现。本发明可以可选地至少部分地实现为运行在一个或多个数据处理器和/或数字信号处理器上的计算机软件。本发明的实施例的元件和部件可以以任何合适的方式在物理上、功能上和逻辑上实现。事实上,功能可以以单个单元、多个单元或作为其他功能单元的一部分来实现。这样,本发明可以在单个单元中实现,或者可以在物理上和功能上分布在不同的单元、电路和处理器之间。

[0319] 尽管已经结合一些实施例描述了本发明,但是并不意图将本发明限制于这里阐述的特定形式。相反,本发明的范围仅由所附权利要求来限定。另外,尽管特征可能看起来结合特定实施例进行描述,但本领域技术人员将认识到,可以根据本发明组合所描述的实施例的各种特征。在权利要求中,术语“包括”不排除其他元件或步骤的存在。

[0320] 此外,尽管单独列出,但多个单元、元件、电路或方法步骤可以通过例如单个电路、单元或处理器实现。另外,尽管各个特征可以包含于不同的权利要求中,但是这些特征可以有利地组合,并且包含在不同的权利要求中并不意味着特征的组合是不可行的和/或有利的。另外,在一类权利要求中包含特征并不暗示对该类别的限制,而是表示特征适当地同样适用于其他权利要求类别。此外,权利要求中的特征的次序并不暗示特征必须工作的任何特定次序,并且特别地在方法权利要求中的各个步骤的次序并不暗示这些步骤必须以该次序执行。相反,这些步骤可以以任何合适的次序执行。另外,单数引用不排除多个。因此,提及“一”、“一个”、“第一”、“第二”等并不排除多个。提供权利要求中的附图标记仅仅是作为澄清范例,不应当被解释为以任何方式限制权利要求的范围。

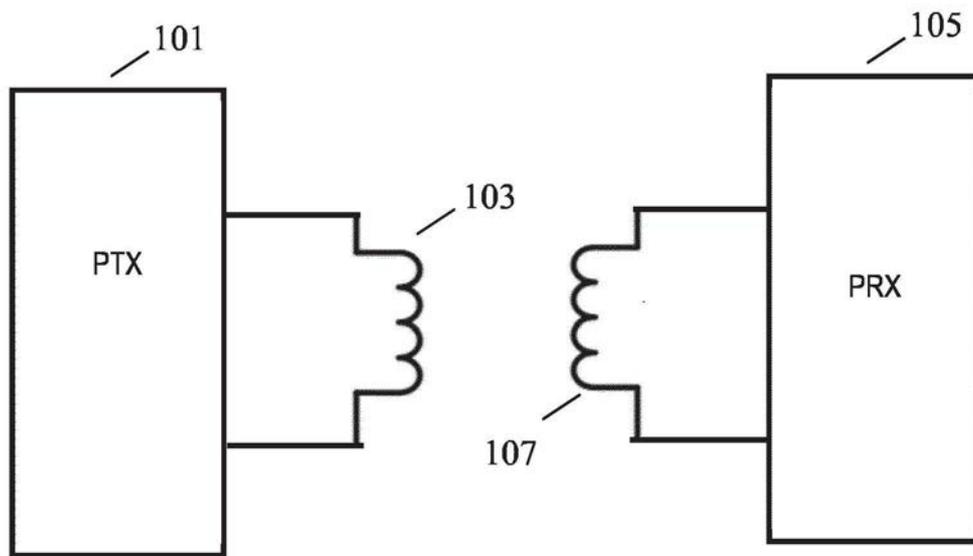


图1

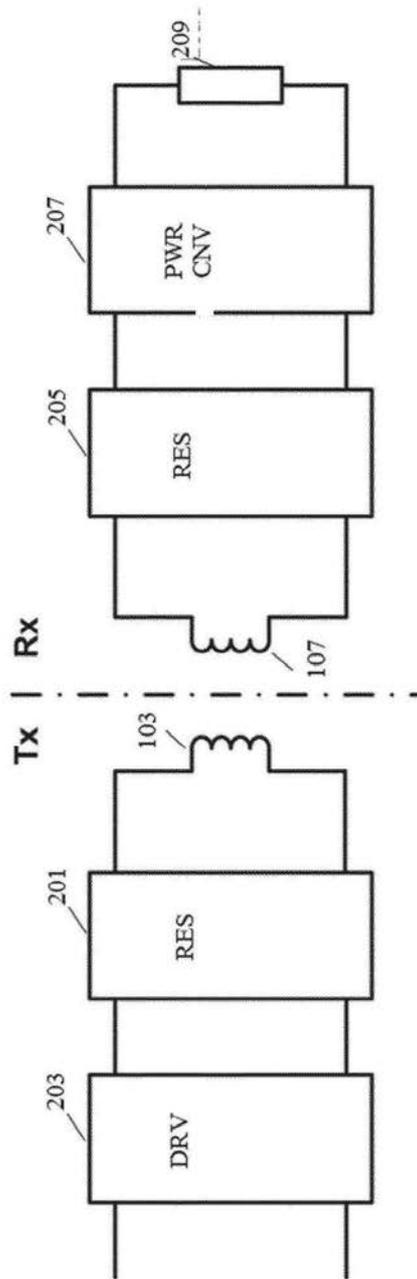


图2

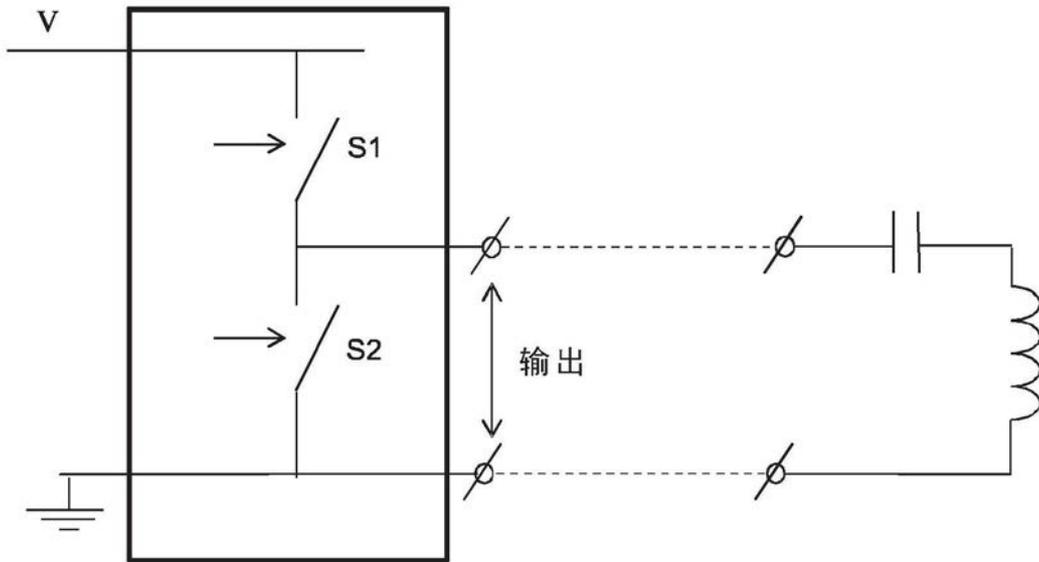


图3

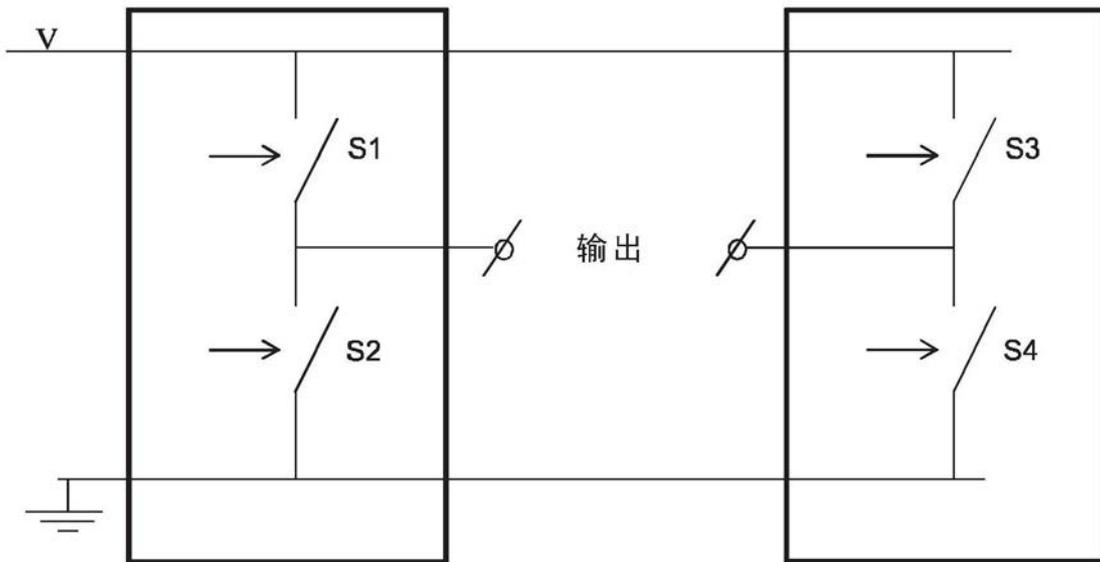


图4

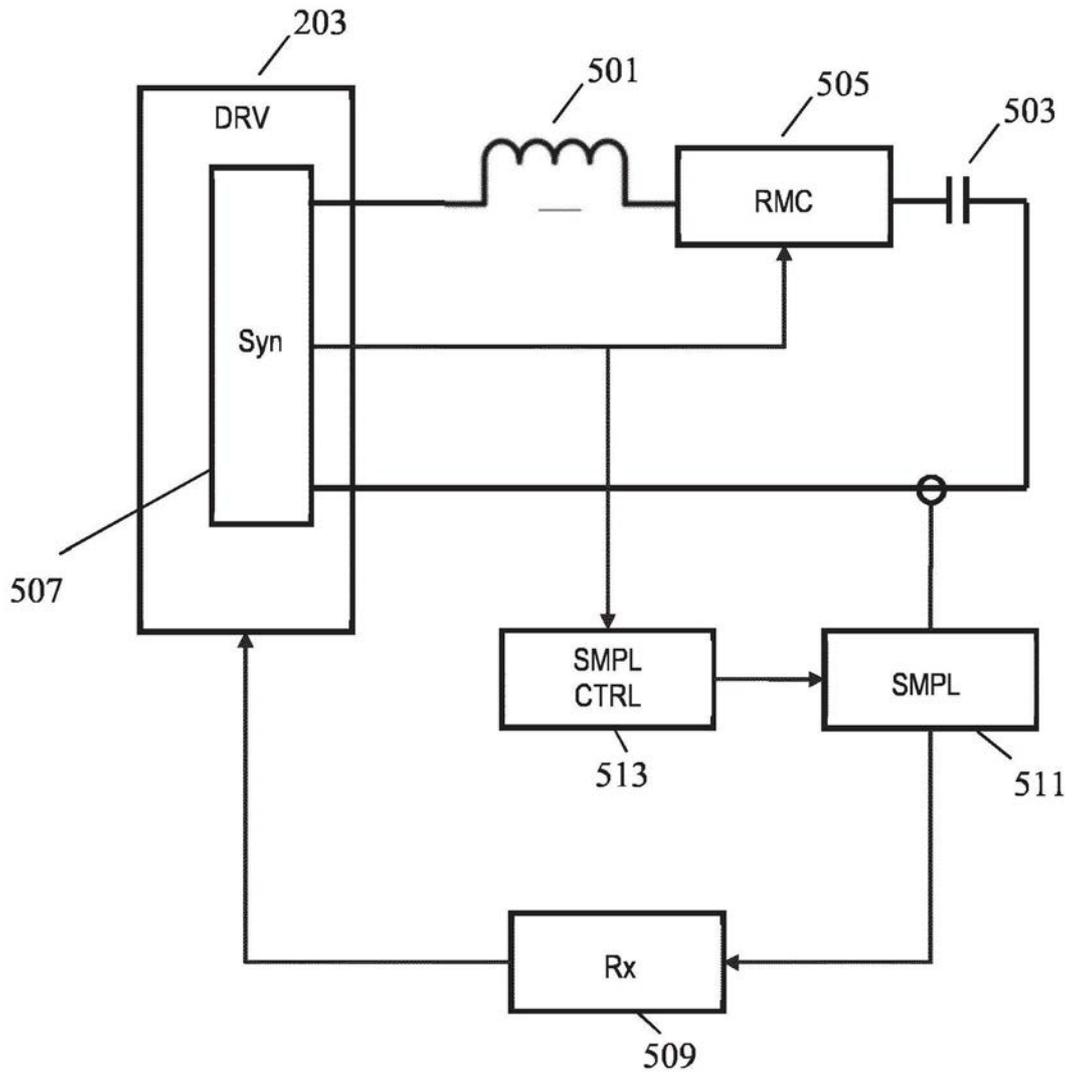


图5

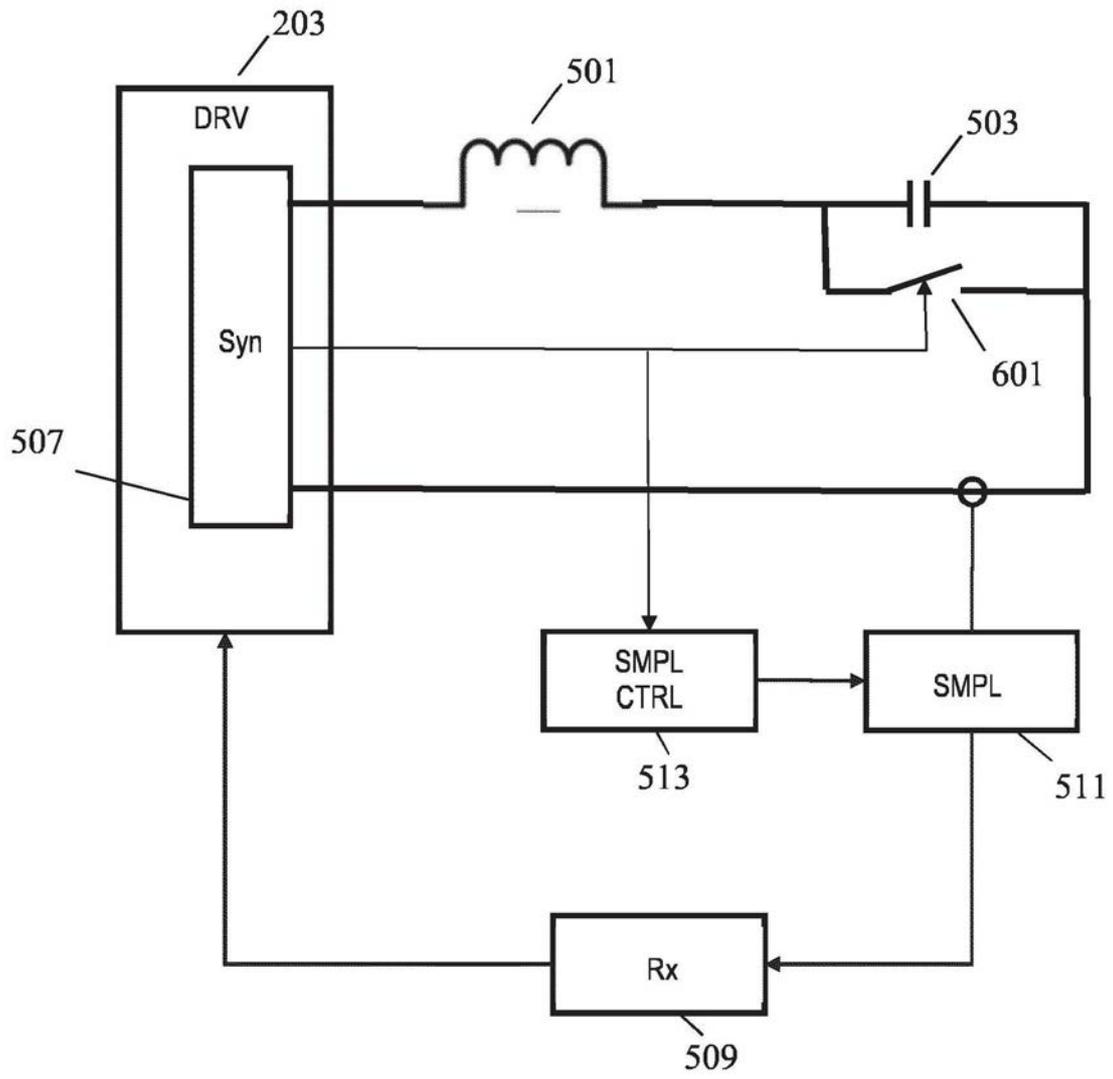


图6

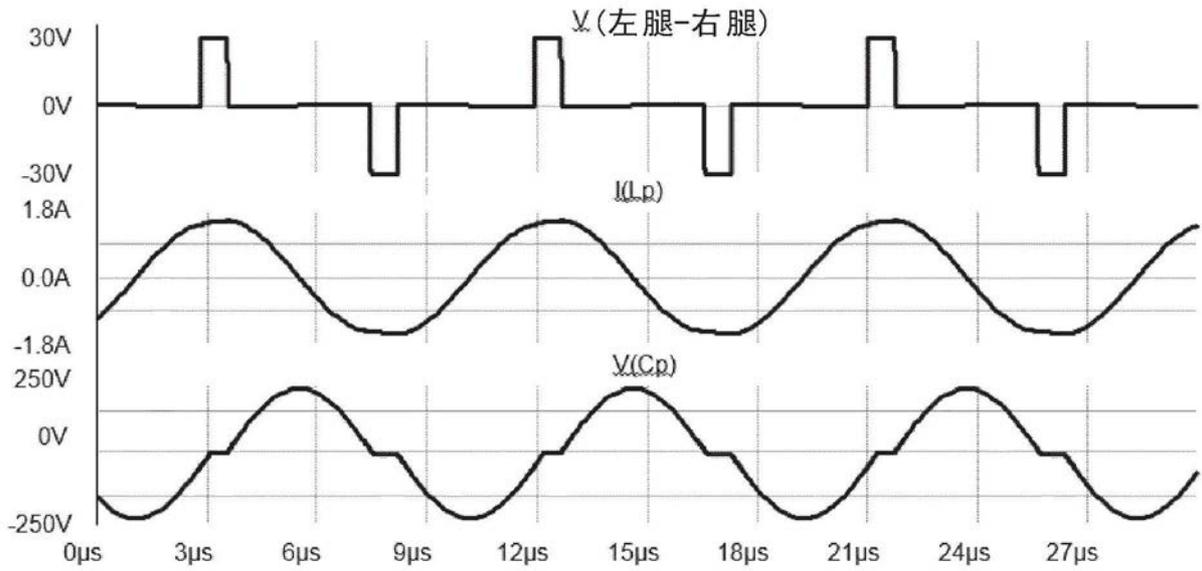


图7

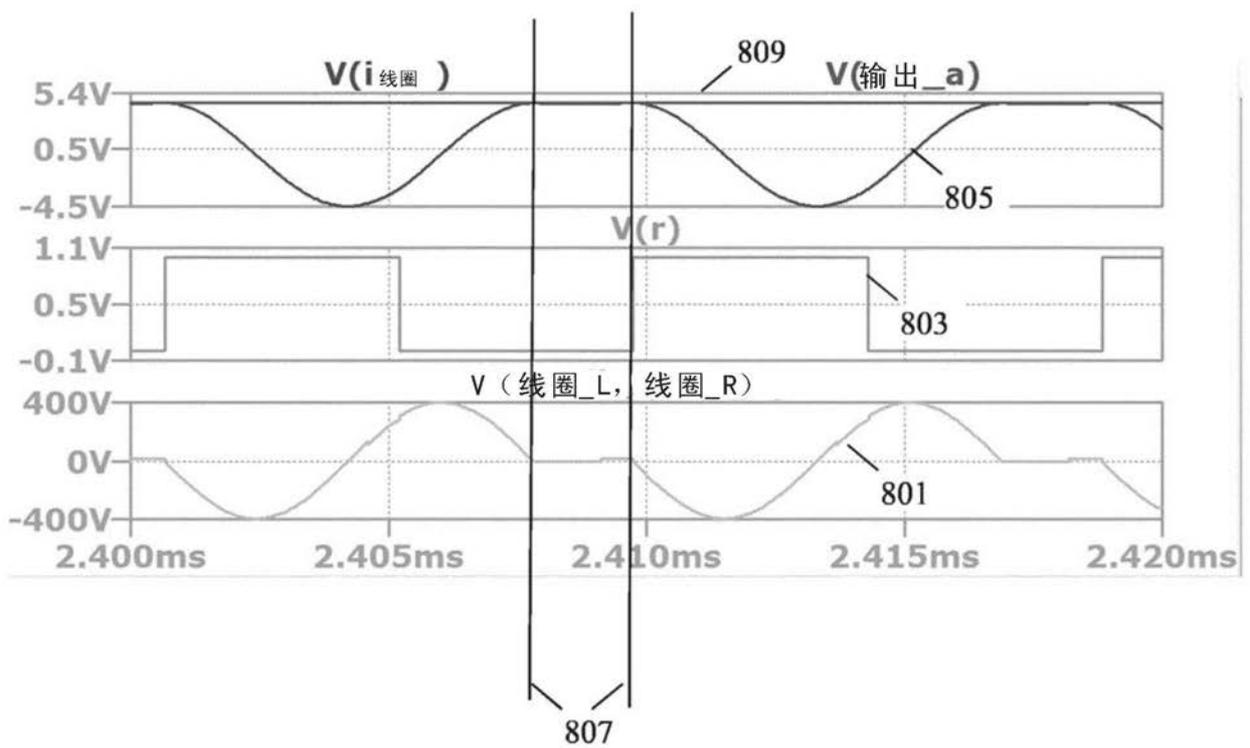


图8

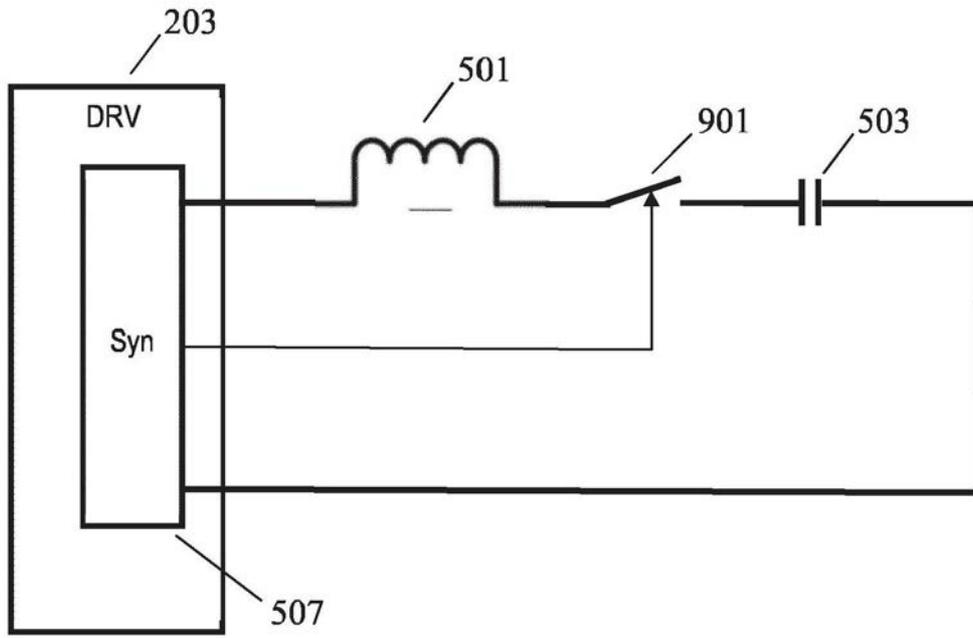


图9

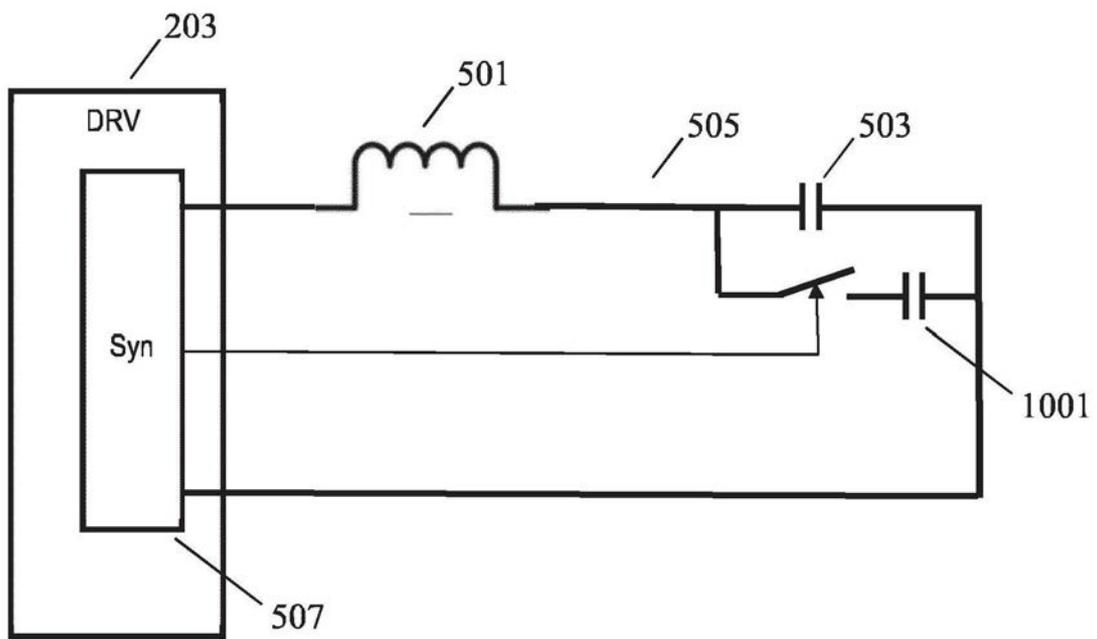


图10

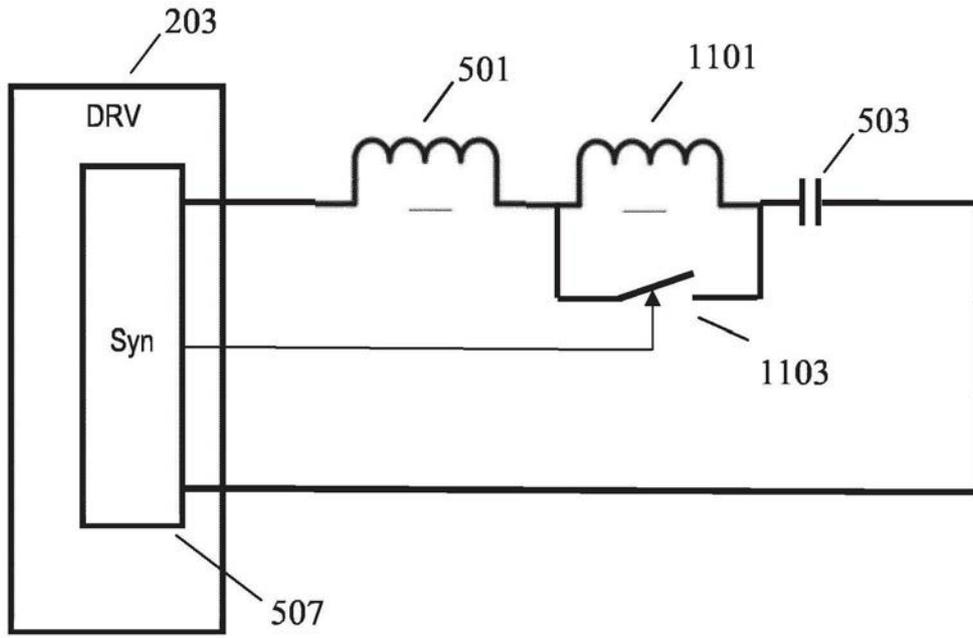


图11

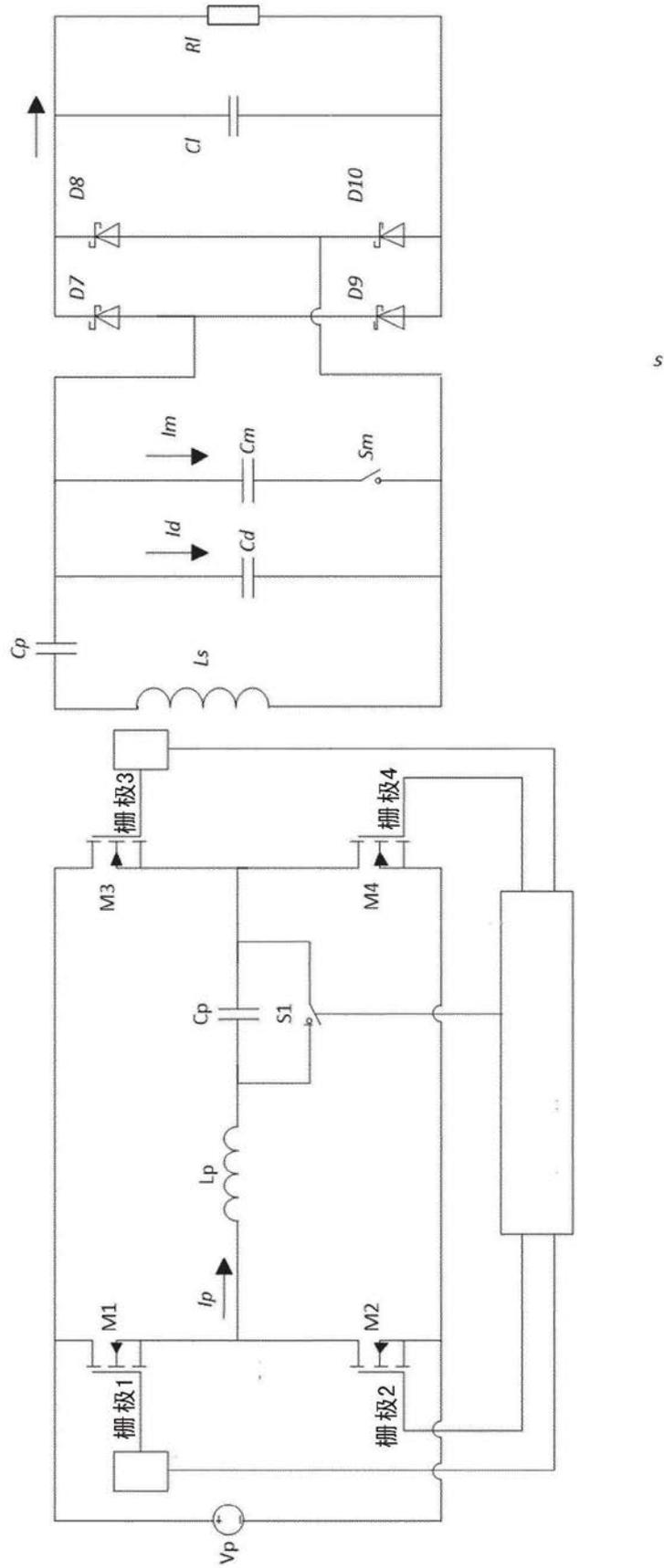


图12

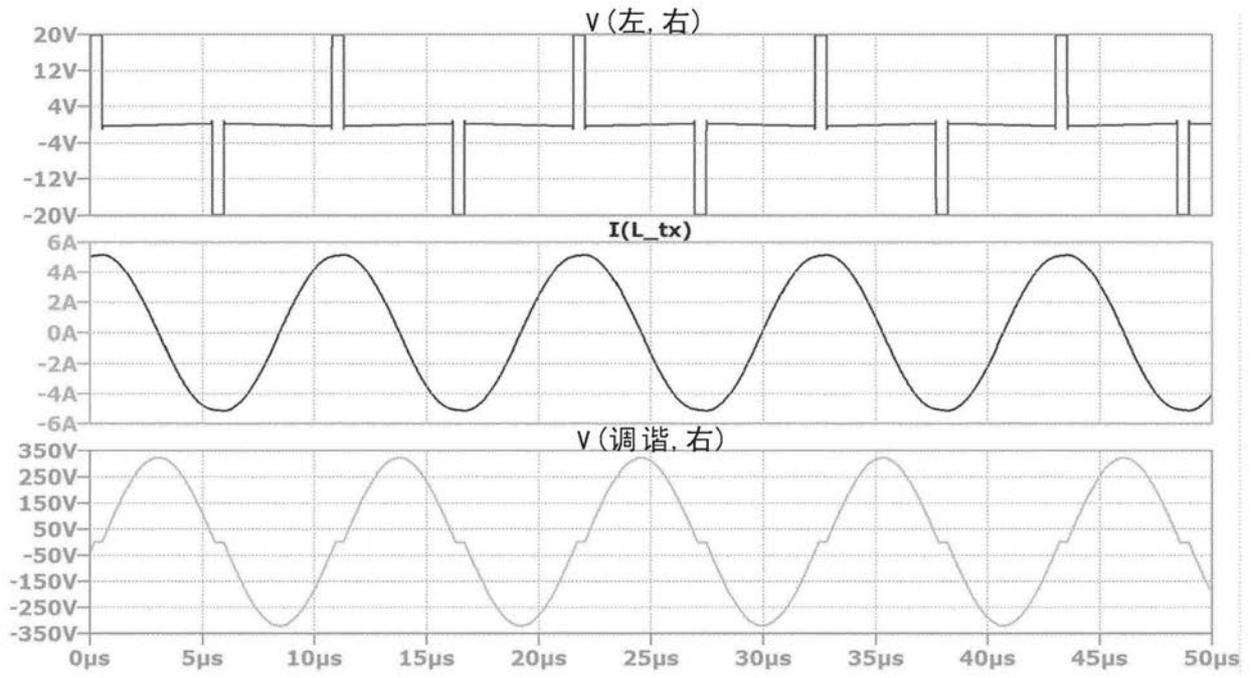


图13

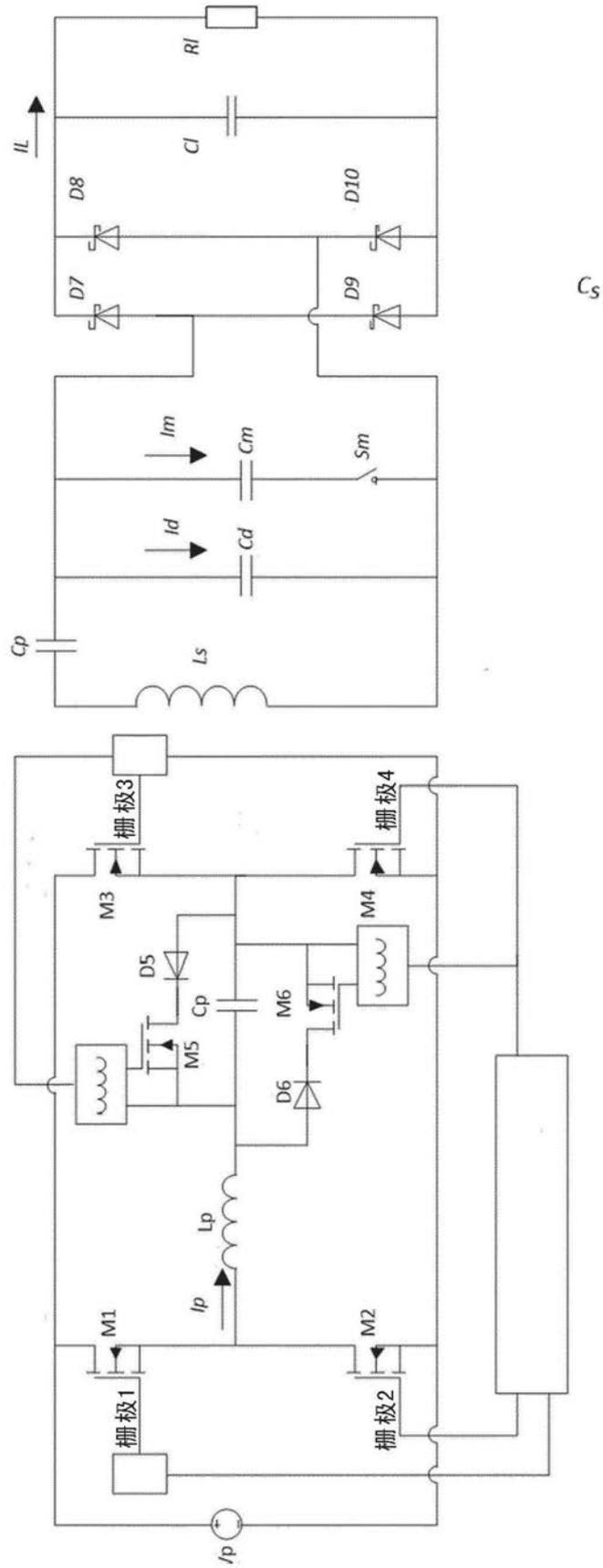


图14

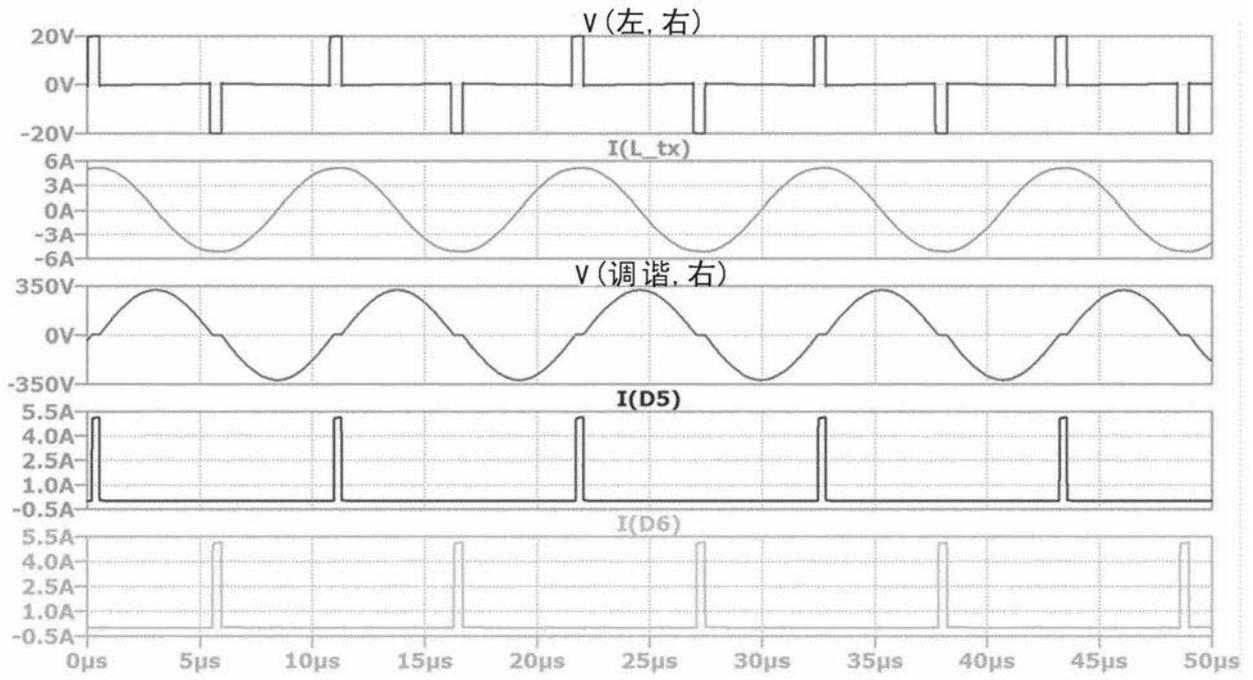


图15

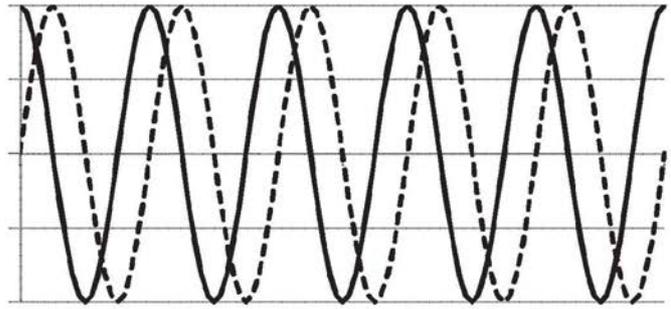
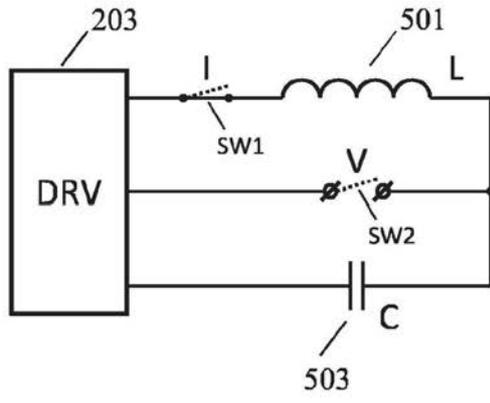


图18

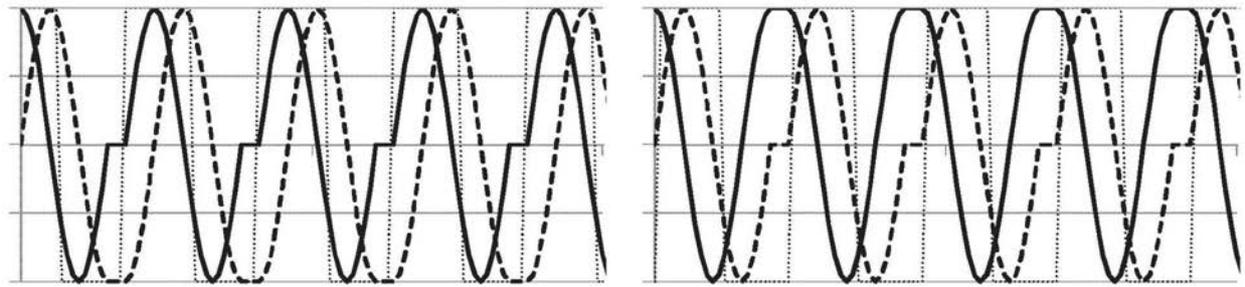


图19