



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104995849 B

(45)授权公告日 2018.02.13

(21)申请号 201380070257.8

(22)申请日 2013.12.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104995849 A

(43)申请公布日 2015.10.21

(30)优先权数据

13151004.2 2013.01.11 EP

61/892560 2013.10.18 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.07.13

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2013/061414 2013.12.30

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/108785 EN 2014.07.17

(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 W.G.M.伊特斯 K.J.鲁洛夫斯

A.P.J.M.罗梅斯 N.F.乔耶

A.范瓦格宁根

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 江鹏飞 景军平

(51)Int.Cl.

H04B 5/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2012314745 A1,2012.12.13,

CN 1279832 A,2001.01.10,

CN 101488677 A,2009.07.22,

CN 102859841 A,2013.01.02,

US 2011223859 A1,2011.09.15,

CN 102037526 A,2011.04.27,

CN 102684314 A,2012.09.19,

审查员 袁悦

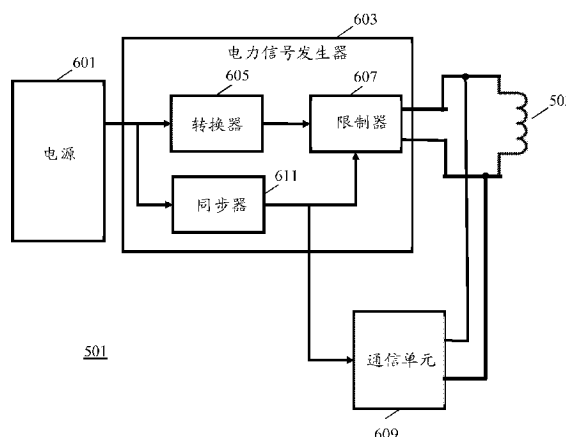
权利要求书3页 说明书27页 附图40页

(54)发明名称

无线感应电力传送

(57)摘要

电力发射器(501)使用设备的感应器之间的无线感应电力信号将电力传送到电力接收器(505)。在电力发射器(501)中,电源(601)提供可具有电平变化的电源信号。电力信号发生器(603)借助于频率转换器(605)从电源信号生成驱动信号,所述频率转换器(605)相对于电源信号增加驱动信号的频率。限制器(607)用于在重复的时间间隔内将馈送到感应器(503)的驱动信号的电力约束到阈值以下。同步器(611)使重复的时间间隔与电源信号同步。在电力接收器(505)中,负载耦合器(1001)在重复的时间间隔期间将电力负载(1003)与感应器(507)解耦合,并且同步器(1005)使接收器的重复的时间间隔与电力信号同步。通信单元(609,1007)在重复的时间间隔期间交换数据。



1. 一种用于使用无线感应电力信号将电力传送到电力接收器(505)的电力发射器(501),所述电力发射器(501)包括:

感应器(503),其用于响应于馈送到所述感应器(503)的驱动信号而提供所述无线感应电力信号;

电源(601),其用于提供电源信号;

电力信号发生器(603),其用于从所述电源信号生成所述驱动信号,所述电力信号发生器(603)包括:

频率转换器(605),其被布置为生成具有比所述电源信号的频率更高的频率的所述驱动信号,

限制器(607),其用于在重复的时间间隔内将馈送到所述感应器(503)的所述驱动信号的电力约束到阈值以下;

同步器(611),其用于使所述重复的时间间隔与所述电源信号的幅度变化同步;以及

通信单元(609),其用于在所述重复的时间间隔期间与所述电力接收器(505)交换数据。

2. 根据权利要求1所述的电力发射器(501),其中所述电源信号是变化的DC电力信号。

3. 根据权利要求2所述的电力发射器(501),其中所述重复的时间间隔对应于所述电源信号的电平低于阈值的时间间隔。

4. 根据权利要求2所述的电力发射器,其中所述同步器被布置为使所述重复的时间间隔与所述电源信号中的周期性幅度变化同步。

5. 根据权利要求2所述的电力发射器,其中所述电源信号包括覆盖DC分量的纹波分量,并且所述同步器被布置为使所述重复的时间间隔与所述纹波分量同步。

6. 根据权利要求1所述的电力发射器(501),其中所述电源(601)被布置为响应于AC信号的整流而生成所述电源信号,并且其中所述同步器(611)被布置为使所述重复的时间间隔与所述AC信号的零交叉同步。

7. 根据权利要求1所述的电力发射器(501),其中所述限制器(607)被布置为在所述重复的时间间隔期间将所述感应器(503)与所述频率转换器(605)解耦合。

8. 根据权利要求1所述的电力发射器(501),其中所述通信单元(609)包括载波发生器,其用于在所述重复的时间间隔期间生成载波信号并且将其提供给所述感应器(503)。

9. 根据权利要求8所述的电力发射器(501),其中所述通信单元(609)包括调制器,其用于在所述重复的时间间隔期间将数据调制到所述载波信号上。

10. 根据权利要求8所述的电力发射器(501),其中所述通信单元(609)包括解调器,其用于在所述重复的时间间隔期间解调所述载波信号的负载调制。

11. 根据权利要求8所述的电力发射器(501),其中所述载波信号的频率与所述驱动信号的频率不同。

12. 根据权利要求1所述的电力发射器(501),其中所述通信单元(609)包括调制器,其用于在所述重复的时间间隔期间对所述感应器(503)的负载进行负载调制。

13. 根据权利要求1所述的电力发射器(501),其中所述通信单元(609)包括解调器,其用于在所述重复的时间间隔期间解调通过所述电力接收器(505)在所述感应器(503)中所感应的调制载波信号。

14. 根据权利要求1所述的电力发射器(501), 其中所述通信单元(609)包括通信感应器, 其用于在所述重复的时间间隔期间与所述电力接收器(505)通信。

15. 根据权利要求1所述的电力发射器(501), 其中所述电力信号发生器(603)被布置为响应于从所述电力接收器(505)所接收的数据而确定所述重复的时间间隔的持续时间。

16. 根据权利要求1所述的电力发射器(501), 其中所述限制器(607)被布置为在重复的时间间隔的开始时将电力耗散元件耦合到所述感应器(503)。

17. 根据权利要求1所述的电力发射器(501), 其中所述电力耗散元件与所述感应器(503)的耦合是感应式耦合。

18. 根据权利要求1所述的电力发射器(501), 其中所述频率转换器(605)包括用于生成所述驱动信号的开关桥, 并且其中所述限制器(607)可以被布置为通过逐渐地改变所述开关桥的开关元件的相对相位来约束所述电力信号。

19. 根据权利要求1所述的电力发射器(501), 其中所述频率转换器(605)包括用于生成所述驱动信号的开关桥, 并且所述限制器(607)被布置为通过立即改变所述开关桥的所有开关元件的驱动信号以断开所有开关元件来约束所述电力信号。

20. 一种用于使用无线感应电力信号从电力发射器(501)接收电力的电力接收器(505), 所述电力接收器(505)包括:

感应器(507), 其用于接收所述电力信号;

负载耦合器(1001), 其用于将所述电力信号耦合到负载(1003), 所述负载耦合器(1001)被布置为在重复的时间间隔期间将所述负载与所述感应器(507)解耦合;

同步器(1005), 其用于使所述重复的时间间隔与所述电力信号的幅度变化同步; 以及通信单元(1007), 其用于在所述重复的时间间隔期间与所述电力发射器(501)交换数据。

21. 根据权利要求20所述的电力接收器(505), 其中所述通信单元(1007)包括载波发生器, 其用于在所述重复的时间间隔期间生成载波信号并且将其提供给所述感应器(507)。

22. 根据权利要求21所述的电力接收器(505), 其中所述通信单元(1007)包括调制器, 其用于在所述重复的时间间隔期间将数据调制到所述载波信号上。

23. 根据权利要求21所述的电力接收器(505), 其中所述通信单元(1007)包括解调器, 其用于在所述重复的时间间隔期间解调所述载波信号的负载调制。

24. 根据权利要求20所述的电力接收器(505), 其中所述通信单元(1007)包括调制器, 其用于在所述重复的时间间隔期间对所述感应器(507)的负载进行负载调制。

25. 根据权利要求20所述的电力接收器(505), 其中所述通信单元(1007)包括解调器, 其用于在所述重复的时间间隔期间解调通过所述电力发射器在所述感应器(507)中所感应的调制载波信号。

26. 根据权利要求20所述的电力接收器(505), 其中所述通信单元(1007)包括通信感应器, 其用于在所述重复的时间间隔期间与所述电力发射器(501)通信。

27. 根据权利要求20所述的电力接收器(505), 其中所述电力接收器被布置为在重复的时间间隔的开始时将电力耗散元件耦合到所述感应器(507)。

28. 根据权利要求20所述的电力接收器(505), 其中所述电力耗散元件与所述感应器(507)的耦合是感应式耦合。

29.一种用于使用无线感应电力信号将电力传送到电力接收器(505)的电力发射器(501)的操作方法,所述电力发射器(501)包括用于响应于馈送到所述感应器(503)的驱动信号而提供所述无线感应电力信号的感应器(503);并且所述方法包括:

提供电源信号;

从所述电源信号生成所述驱动信号,所述生成包括:

生成具有比所述电源信号的频率更高的频率的所述驱动信号,以及

在重复的时间间隔内将馈送到所述感应器(503)的所述驱动信号的电力约束到阈值以下;

使所述重复的时间间隔与所述电源信号的幅度变化同步;以及

在所述重复的时间间隔期间与所述电力接收器(505)交换数据。

30.一种用于使用无线感应电力信号从电力发射器(501)接收电力的电力接收器(505)的操作方法,所述电力接收器(505)包括用于接收所述电力信号的感应器(507)和用于将所述电力信号耦合到负载(1003)的负载耦合器(1001);并且所述方法包括:

所述负载耦合器(1001)在重复的时间间隔期间将所述负载与所述感应器(507)解耦合;

使所述重复的时间间隔与所述电力信号的幅度变化同步;以及

在所述重复的时间间隔期间与所述电力发射器(501)交换数据。

无线感应电力传送

技术领域

[0001] 本发明涉及感应电力传送,并且具体地但非排他性地涉及一种根据Qi无线电力传送标准的感应电力传送系统。

背景技术

[0002] 许多系统要求布线 and/或电气接触以便将电力供应给设备。省略这些线和接触提供经改进的用户体验。传统上,这已经使用位于设备中的电池实现,但是该方法具有许多缺点,包括附加的重量、体积以及需要频繁地更换或再充电电池。最近,使用无线感应电力传送的方法已经受到越来越多的关注。

[0003] 这种越来越多的关注的一部分是由于便携式和移动设备的数目和种类在过去十年间已经爆发。例如,移动电话、平板电脑、媒体播放器等的使用已经变得无所不在。这样的设备一般由内部电池供电,并且典型的使用场景经常要求电池的再充电或从外部电源对设备的直接有线供电。

[0004] 如所提到的,大部分现代设备要求布线 and/或显式电气接触以从外部电源供电。然而,这往往是不切实际的,并且要求用户物理地插入连接器或以其它方式建立物理电气接触。通过引入线的长度,这对于用户往往还是不方便。典型地,电力要求也显著地不同,并且当前大部分设备提供有其自身的专用电源,这导致典型的用户具有大量不同的电源,其中每个电源专用于特定设备。尽管内部电池可以防止对于到外部电源的有线连接的需要,但是该方法仅提供部分解决方案,因为电池将需要再充电(或昂贵的更换)。电池的使用还可能大幅添加设备的重量以及潜在地成本和大小。

[0005] 为了提供显著改进的用户体验,已经提出使用无线电源,其中电力从电力发射器设备中的发射器线圈感应地传送到单独设备中的接收器线圈。

[0006] 经由磁感应的电力传输是大部分应用在变压器中的公知概念,所述变压器具有初级发射器线圈与次级接收器线圈之间的紧密耦合。通过在两个设备之间分离初级发射器线圈和次级接收器线圈,基于松散耦合变压器的原理,设备之间的无线电力传送变得可能。

[0007] 这样的布置允许在不要求任何线或物理电气连接的情况下到设备的无线电力传送。实际上,其可以简单地允许设备邻近发射器线圈或在其顶部上安置以便外部地再充电或供电。例如,电力发射器设备可以布置有水平表面,在其上可以简单地安置设备以便供电。

[0008] 而且,可以有利地设计这样的无线电力传送布置,使得电力发射器设备可以与一系列电力接收器设备一起使用。具体而言,已经定义并且目前正在进一步研发被称为Qi标准的无线电力传送标准。该标准允许满足Qi标准的电力发射器设备与同样满足Qi标准的电力接收器设备一起使用,而这些不必来自相同制造商或不必专用于彼此。Qi标准还包括用于允许操作适于特定电力接收器设备的某种功能性(例如,依赖于特定电力汲取)。

[0009] Qi标准由无线电力协会研发,并且可以例如在其网站上找到更多信息:<http://www.wirelesspowerconsortium.com/index.html>,其中特别地可以找到所定义的标准文

档。

[0010] 为了支持电力发射器和电力接收器的交互工作和互操作性,优选的是,这些设备可以彼此通信,即如果支持电力发射器和电力接收器之间的通信,并且优选地如果在两个方向上支持通信,则其是合期望的。在US2012/314745A1中提供了允许电力接收器与电力发射器之间的通信的无线电力传送系统的示例。

[0011] Qi标准支持从电力接收器到电力发射器的通信,从而使得电力接收器能够提供可允许电力发射器适于特定电力接收器的信息。在现行标准中,已经定义从电力接收器到电力发射器的单向通信链路,并且方法基于电力接收器作为控制元件的基本原理。为了准备和控制电力发射器与电力接收器之间的电力传送,电力接收器特别地将信息传达给电力发射器。

[0012] 通过电力接收器执行负载调制实现单向通信,其中由电力接收器应用到次级接收器线圈的负载发生变化以提供电力信号的调制。可以通过电力发射器检测和解码(解调)电气特性中的所得改变(例如,电流汲取中的变化)。

[0013] 然而,Qi系统的限制在于,其不支持从电力发射器到电力接收器的通信。而且,在一些应用中,诸如针对Qi所研发的负载调制可能是次优的。

[0014] 作为示例,图1图示了用于典型的感应加热器具的电力供应路径。电力提供包括AC/DC转换器101,其对输入ac电压(例如,市电)进行整流。经整流的市电信号馈送到生成高频驱动信号的DC/AC转换器103(逆变器),该高频驱动信号馈送到谐振槽105(经调谐的L-C电路)并且经由此馈送到发射器线圈107。系统包括加热盘,其可以由接收器线圈109和负载 R_{Sole} 111(表示盘底中的涡电流损耗)表示。

[0015] 图2图示了图1的电力路径的电压波形。市电电压 U_{mains} 由AC/DC转换器101整流为电压 U_{dc_abs} 。用于缓冲经整流的市电电压的大存储电容器正常地不应用于这些种类的应用中,因为其将添加该应用的总体市电谐波失真。因此,通过AC/DC转换器101生成变化的DC电压。

[0016] 由于经整流的电压 U_{dc_abs} 的特性,DC/AC转换器103的输出电压 U_{ac_HF} 被成形为如图2中所示。逆变器的正常操作频率约为20 kHz到100 kHz。

[0017] 发射器线圈107连同接收器线圈109和电阻 R_{sole} 一起基本上是DC/AC转换器103的负载。然而,由于该负载的性质(既是感应性的又是电阻性的),谐振电路105典型地使用在DC/AC转换器103与该负载之间以便取消负载的感应部分。而且,谐振网络105典型地导致典型地使用在DC/AC转换器103中的逆变器的开关损耗中的降低。

[0018] 诸如图1的系统中的接收器与发射器之间的通信面临多个挑战和困难。具体而言,典型地,存在电力信号的要求和特性与对通信的期望之间的冲突。典型地,系统要求电力传送与通信功能之间的紧密交互。例如,基于以下概念设计系统:仅一个信号在发射器与电力接收器之间感应地耦合,即电力信号本身。然而,使用电力信号本身用于不仅执行电力传送而且用于承载信息导致归因于电力信号幅度的变化性质的困难。例如,为了将信号调制到电力信号上或使用负载调制,电力信号必须具有足够的幅度。然而,对于诸如图2的那个的电力信号,不能保证这一点。

[0019] 作为特定示例,使用其中电力接收器通过负载调制传达数据(诸如在Qi系统中)的负载调制方法要求正常负载是相对恒定的。然而,在许多应用中不能保证这一点。

[0020] 例如,如果无线电力传送用于对马达驱动器具(诸如例如搅拌器)供电,则可以使用类似于图1的那个的电力路径,但是由分离的接收感应器(Rx线圈)、AC/DC转换器和DC马达本身代替负载(对应于加热盘)。图3中图示了这样的电力路径。

[0021] 图4中示出了这样的无线马达驱动器具的典型电压和电流波形。如所图示的,马达电流 I_{dc_motor} 往往是相当不稳定且不连续的。在市电电压的零交叉附近,马达电流中出现间隙。这由马达的旋转电压导致。如果电压 U_{ac_Rx} 比马达中所感应的旋转电压 U_{dc_mot} 更高,则DC/AC转换器(逆变器)仅能够将电流供应给马达。

[0022] 为了控制马达的速度(或力矩),可以将速度传感器(或电流传感器)添加到系统,连同从速度传感器到电力发射器的反馈环路一起。由于逆变器(其可以是电压或电流源)的性质,DC/AC转换器(逆变器)优选地并入在该反馈环路中。因此,要求器具部分(电力接收器)与电力发射器部分之间的通信。通过在器具侧处应用负载调制技术,使得在发射器侧处可以检测并解调负载改变,可以实现此。然后,该经解调的数据可以包括马达速度(或力矩)的信息,或实际上可例如用于控制发射器的任何其它信息。

[0023] 然而,当马达驱动器具汲取电流时,该电流的幅度与马达的负载紧密相关。如果马达负载改变,则马达电流也改变。这导致逆变器电流的幅度也随负载改变。该负载变化将干扰负载调制,从而导致降级的通信。实际上,对于包括马达作为负载的一部分的负载而言,在实践中典型地非常难以检测负载调制。因此,在这样的场景中,通信误差的数目是相对高的,或通信可以利用非常高的数据符号能量,从而非常大幅地降低可能的数据速率。

[0024] 因此,经改进的电力传送系统将是有利的,并且具体而言,允许经改进的通信支持、增加的可靠性、增加的灵活性、经促进的实现方式、对负载变化的降低的灵敏度和/或经改进的性能的系统将是有利的。

发明内容

[0025] 因此,本发明力图优选地单个或以任何组合减轻、缓解或消除以上提到的缺点中的一个或多个。

[0026] 根据本发明的方面,提供了一种用于使用无线感应电力信号将电力传送到电力接收器的电力发射器,该电力发射器包括:感应器,其用于响应于馈送到感应器的驱动信号而提供无线感应电力信号;电源,其用于提供电源信号;电力信号发生器,其用于从电源信号生成驱动信号,该电力信号发生器包括:被布置为生成比电源信号的频率更高的驱动信号的频率的频率转换器,和用于在重复的时间间隔内将馈送到感应器的驱动信号的电力约束到阈值以下的限制器;同步器,其用于使重复的时间间隔与电源信号同步;以及通信单元,其用于在重复的时间间隔期间与电力接收器交换数据。

[0027] 本发明可以提供一种经改进的电力传送系统。在许多实施例中,其可以允许、支持或促进电力发射器与电力接收器之间的经改进的通信。方法可以特别地启用、促进或支持基于由电力接收器所生成的感应信号的通信。方法可以用于从电力发射器到电力接收器和/或从电力接收器到电力发射器的通信。

[0028] 方法可以允许针对电力传送与通信操作的要求和偏好之间的增加的分离。其可以特别地降低电力传送的操作特性对通信操作的影响,并且反之亦然。特别地,可以降低或移除电力传送负载中的变化对通信性能的影响。方法可以允许电力接收器可生成无线信号,

其可以提供给电力接收器的线圈,从而导致在电力发射器的感应器中感应信号。该电力接收器生成的信号可以用于在电力发射器与电力接收器之间感应地传送数据。方法可以导致通信对电源信号的电平变化的降低的灵敏度。

[0029] 在许多实施例中,与电源信号的同步可以促进操作和/或提供更可靠的操作。具体而言,其可以降低通信对电力传送的影响,并且特别地降低或甚至最小化由于通信所致的传送电力中的降低。在许多实施例中,方法可以允许经改进的通信并且可以促进电力发射器与电力接收器之间的同步。

[0030] 同步器可以被布置为通过分析、评估或测量电源信号的性质使重复的时间间隔与电源信号直接同步。例如,电源信号中的幅度变化可以用于同步重复的时间间隔。然而,在其它实施例中,例如通过使重复的时间间隔与本身和电源信号同步的另一信号同步,可以实现重复的时间间隔与电源信号的间接同步。例如,可以从另一信号导出电源信号,并且可以通过与该另一信号的性质同步实现重复的时间间隔的同步。

[0031] 在许多实施例中,重复的时间间隔可以与电源信号的幅度或信号电平变化同步。

[0032] 在许多实施例中,限制器可以被布置为在重复的时间间隔期间将驱动信号与感应器断开或解耦合。因此,限制器可以通过在重复的时间间隔期间不将驱动信号馈送到感应器来约束馈送到感应器的驱动信号的电力。

[0033] 限制器可以典型地将电力约束到不超过驱动信号的最大电力的至多20%、10%或5%。在许多实施例中,驱动信号在重复的时间间隔期间可以与感应器断开,从而将馈送到感应器的驱动信号的电力限制到0。

[0034] 电力信号发生器可以例如被布置为操作在电力传送模式和通信模式中。电力信号发生器在重复的时间间隔期间可以操作在通信模式中。在电力传送模式中,驱动信号驱动感应器以提供无线感应电力信号。在通信模式中,驱动信号不驱动感应器,并且特别地驱动信号可以不馈送到感应器。在通信模式中,电力发射器可以与电力接收器通信。通信模式可以包括电力发射器生成通信信号并且将此馈送到感应器。可替换地或附加地,通信模式可以包括电力发射器检测或解调由感应器所接收的通信信号,例如对应于由提供自电力接收器的感应通信信号所感应的信号。通信可以被约束于重复的间隔。

[0035] 在一些实施例中,电力发射器与电力接收器之间的所有通信可以在重复的时间间隔内。因此,在许多实施例中,在重复的时间间隔外没有电力发射器与电力接收器之间的通信发生。

[0036] 在许多实施例中,频率转换器可以是DC-AC转换器。电源信号可以是被转换为AC驱动信号的变化电平的DC信号。频率转换器可以包括逆变器。

[0037] 在许多实施例中,频率转换器可以通过包括对应于电源信号和具有更高频率的另外的信号的乘积的操作来生成驱动信号。另外的信号可以对应于具有两个电平的方波信号,并且乘积操作可以使用由具有比电源信号更高的频率的开关信号驱动的开关电路(诸如逆变器)来实现。

[0038] 在许多实施例中,响应于利用具有比电源信号更高的频率的调制信号对电源信号的幅度调制,可以生成驱动信号。在这样的实施例中,限制器可以被布置为通过对驱动信号的操作来约束电力驱动信号的电力,或者可以例如通过约束经幅度调制的电源信号的电力(或者在例如乘积的情况下,通过约束调制信号的幅度)来约束电力。

[0039] 在许多实施例中,可以从具有低于100Hz的频率的低频AC信号生成电源信号。特别地,可以从具有50Hz或60Hz的典型频率的市电信号生成电源信号。在许多实施例中,电源信号可以是市电导出的AC信号的全波整流版本。因此,电源信号的频率可以典型地是100Hz或120Hz。在大多数实施例中,电源信号的频率将不高于400Hz。

[0040] 驱动信号的频率将典型地是至少10 kHz、20 kHz或甚至50 kHz。驱动信号可以是对应于具有至少10 kHz、20 kHz或甚至50 kHz的载波频率和不超过400 kHz(高达400 kHz的频率可以例如经常使用在飞机中)的幅度变化的最大频率的幅度变化的载波的信号。在许多场景中,驱动信号可以对应于经幅度调制的载波,其中载波信号由频率转换器提供并且幅度调制信号是电源信号。

[0041] 重复的时间间隔可以是周期性重复的时间间隔。在许多实施例中,重复的时间间隔可以具有不超过10%、5%或甚至在一些实施例中1%的占空比。

[0042] 根据本发明的可选特征,电源信号是变化的DC电力信号。

[0043] 这可以提供经改进的性能并且在许多实施例中可以降低复杂性。方法可以特别地适于将通信引入到系统,其中电源信号,诸如到用于驱动感应器的驱动电路的供应电压,是非恒定的。可以例如通过AC输入信号的半或全波整流生成电源信号。平滑化可以缺失和/或不足以将纹波降低到低值。例如,电源电压上的纹波可以不低于最大值的25%或甚至50%。

[0044] 电源信号可以特别地具有变化的电压,其中信号的电压随时间改变。

[0045] 根据本发明的可选特征,重复的时间间隔对应于电源信号的电平低于阈值的时间间隔。

[0046] 这可以提供经改进的通信和/或经改进的电力传送。当由电力发射器所提供的电力传送不太显著时,其可以特别地使重复的时间间隔与时间同步。

[0047] 可以取决于各个实施例或场景来选择阈值。在一些实施例中,重复的时间间隔可以与电源信号的重复且可能周期性的最小值同步。特别地,可以选择重复的时间间隔,使得其包括对应于电源信号的电平的局部最小值的时刻并且经常以其为中心。

[0048] 根据本发明的可选特征,同步器被布置为使重复的时间间隔与电源信号中的周期性幅度变化同步。

[0049] 这可以提供特别有利的操作,并且在许多场景中允许对通信的降低的干扰、对电力传送的降低的影响和/或电力发射器与电力接收器之间的经促进的同步二者。

[0050] 根据本发明的可选特征,电源信号包括覆盖DC分量的纹波分量,并且同步器被布置为使重复的时间间隔与纹波分量同步。

[0051] 电源信号可以特别地是纹波信号分量、恒定信号分量以及诸如噪声信号分量的可能地其它信号分量的组合。同步器可以测量纹波信号分量的时间特性并且使重复的时间间隔与这些时间特性同步。例如,可以执行与纹波信号分量的最小值的同步。方法可以允许经改进的操作。

[0052] 根据本发明的可选特征,电源被布置为响应于AC信号的整流而生成电源信号,并且其中重复的时间间隔与AC信号的零交叉同步。

[0053] 这可以提供经改进的通信和/或经改进的电力传送。当由电力发射器所提供的电力传送不太显著时,其可以特别地使重复的时间间隔与时间同步。

[0054] 特别地,可以选择重复的时间间隔,使得其包括对应于AC信号的零交叉的时刻并

且经常以其为中心。

[0055] 根据本发明的可选特征,限制器被布置为在重复的时间间隔期间将感应器与频率转换器解耦合。

[0056] 这可以允许低复杂性和/或提供电力传送与通信操作之间的经改进的分离,从而导致经改进的通信。

[0057] 根据本发明的可选特征,通信单元包括载波发生器,其用于在重复的时间间隔期间生成载波信号并且将其提供给感应器。

[0058] 对于许多实施例并且在许多场景中,这可以提供特别有利的方法。其可以特别地降低电力接收器的复杂性。通过由电力发射器或由电力接收器调制载波信号,载波信号可以用于承载信息。

[0059] 根据本发明的可选特征,通信单元包括调制器,其用于在重复的时间间隔期间将数据调制到载波信号上。

[0060] 在许多实施例中并且在许多场景中,这可以提供特别有利的方法。其可以特别地降低电力接收器的复杂性。调制可以例如是载波的幅度调制、频率调制和/或相位调制。

[0061] 根据本发明的可选特征,通信单元包括解调器,其用于在重复的时间间隔期间解调载波信号的负载调制。

[0062] 在许多实施例中并且在许多场景中,这可以提供特别有利的方法。其可以特别地降低电力发射器的复杂性。

[0063] 根据本发明的可选特征,载波信号的频率与驱动信号的频率不同。

[0064] 本发明可以允许分别针对电力传送和通信操作的信号的单独优化。方法可以例如允许经促进的调制和/或解调,并且在许多情况中可以允许通信的增加的数据速率。

[0065] 载波信号的频率可以特别地比驱动信号更高。

[0066] 根据本发明的可选特征,通信单元包括调制器,其用于在重复的时间间隔期间对感应器的负载进行负载调制。

[0067] 在一些实施例中,电力接收器可以生成载波信号,其可以由电力发射器使用以通过载波的负载调制将数据传达给电力接收器。方法可以例如降低发射器的复杂性,并且可以特别地降低或移除在重复的时间间隔期间对电力发射器的电力供应要求。

[0068] 根据本发明的可选特征,通信单元包括解调器,其用于在重复的时间间隔期间解调通过电力接收器在感应器中所感应的调制载波信号。

[0069] 在一些实施例中,电力接收器可以生成调制载波信号,其可以由电力接收器使用以在重复的时间间隔期间将数据传达给电力发射器。方法可以例如降低发射器的复杂性,并且可以特别地降低或移除在重复的时间间隔期间对电力发射器的电力供应要求。

[0070] 根据本发明的可选特征,通信单元包括通信感应器,其用于在重复的时间间隔期间与电力接收器通信。

[0071] 在一些实施例中,电力发射器可以包括两个感应器,其中一个用于通信并且一个用于电力传送。两个感应器可以耦合。然而,由于通信与电力传送之间的时间分离,这样的耦合不导致操作之间不可接受的干扰。

[0072] 方法可以允许针对各个功能的感应器的分离的优化。

[0073] 根据本发明的可选特征,电力信号发生器被布置为响应于从电力接收器所接收的

数据而确定重复的时间间隔的持续时间。

[0074] 在许多场景中,这可以提供经改进的性能和/或操作。其可以允许电力接收器控制通信的至少一部分,并且可以例如允许电力接收器控制由重复的时间间隔所提供的通信带宽。这可以允许电力发射器和系统适于不同电力接收器的不同要求,并且从而可以允许例如电力传送能力与通信能力之间的经改进且定制的权衡。根据本发明的可选特征,限制器被布置为在重复的时间间隔的开始时将电力耗散元件耦合到感应器。

[0075] 这可以提供经改进的性能,以及特别地在通信期间降低的电力消耗和降低的干扰。

[0076] 根据本发明的可选特征,电力耗散元件与感应器的耦合是感应式耦合。

[0077] 这可以提供经促进的实现方式和/或经改进的性能。

[0078] 在一些实施例中,电力耗散元件可以耦合到通信线圈,其感应地耦合到电力发射器的感应器。

[0079] 根据本发明的可选特征,频率转换器包括用于生成驱动信号的开关桥,并且限制器可以被布置为通过逐渐改变开关桥的开关元件的相对相位来约束电力信号。在重复的时间间隔的开始时,相位可以逐渐偏移(例如以不低于200 μ s或不低于重复的时间间隔的持续时间的5%的转变持续时间)。这可以提供经促进的实现方式和/或经改进的性能。

[0080] 根据本发明的可选特征,频率转换器包括用于生成驱动信号的开关桥,并且限制器被布置为通过针对开关桥的所有开关元件立即改变驱动信号以断开所有开关元件来约束电力信号。这可以提供经促进的实现方式和/或经改进的性能。开关元件可以特别地是例如具有内部二极管的FET或IGBT,并且开关元件可以被布置为使得当所有开关元件断开时,至少一些内部二极管可以将电流从线圈传导到电源。这可以降低总体电力消耗,因为存储在谐振电路/磁场中的能量可以馈送回到电源。

[0081] 根据本发明的方面,提供了一种用于使用无线感应电力信号从电力发射器接收电力的电力接收器,该电力接收器包括:感应器,其用于接收电力信号;负载耦合器,其用于将电力信号耦合到负载,负载耦合器被布置为在重复的时间间隔期间将负载与感应器解耦合;同步器,其用于使重复的时间间隔与电力信号的幅度变化同步;以及通信单元,其用于在重复的时间间隔期间与电力发射器交换数据。

[0082] 本发明可以提供经改进的电力传送系统。在许多实施例中,其可以允许、支持或促进电力发射器与电力接收器之间的经改进的通信。方法可以特别地启用、促进或支持基于由电力接收器所生成的感应信号的通信。方法可以用于从电力发射器到电力接收器和/或从电力接收器到电力发射器的通信。

[0083] 方法可以允许针对电力传送的要求和偏好与针对通信操作的要求和偏好之间的增加的分离。其可以特别地降低电力传送的操作特性对通信操作的影响,并且反之亦然。特别地,可以降低或移除电力传送负载中的变化对通信性能的影响。方法可以允许电力接收器可生成无线信号,其可以提供到电力发射器的线圈,从而导致在电力发射器的感应器中感应信号。该电力接收器生成的信号可以用于在电力发射器与电力接收器之间感应地传送数据。方法可以导致通信对电源信号的电平变化的降低的灵敏度。

[0084] 同步器可以被布置为使重复的时间间隔与电力信号的重复且可能地周期性的最小值同步。特别地,可以选择重复的时间间隔,使得其包括对应于电力信号的电平/幅度的

局部最小值的时刻并且经常以其为中心。

[0085] 将理解到,关于电力发射器所提供的注解在做出必要修正后可适当地应用于电力接收器。

[0086] 根据本发明的可选特征,通信单元包括载波发生器,其用于在重复的时间间隔期间生成载波信号并且将其提供给感应器。

[0087] 根据本发明的可选特征,通信单元包括调制器,其用于在重复的时间间隔期间将数据调制到载波信号上。

[0088] 根据本发明的可选特征,通信单元包括解调器,其用于在重复的时间间隔期间解调载波信号的负载调制。

[0089] 根据本发明的可选特征,通信单元包括调制器,其用于在重复的时间间隔期间对感应器的负载进行负载调制。

[0090] 根据本发明的可选特征,通信单元包括解调器,其用于在重复的时间间隔期间解调通过电力发射器在感应器中所感应的调制载波信号。

[0091] 根据本发明的可选特征,通信单元包括通信感应器,其用于在重复的时间间隔期间与电力发射器通信。

[0092] 根据本发明的可选特征,电力接收器被布置为在重复的时间间隔的开始时将电力耗散元件耦合到感应器。

[0093] 这可以提供经改进的性能,以及特别地在通信期间降低的电力消耗和降低的干扰。

[0094] 根据本发明的可选特征,电力耗散元件与感应器的耦合是感应式耦合。

[0095] 这可以提供经促进的实现方式和/或经改进的性能。

[0096] 在一些实施例中,电力耗散元件可以耦合到通信线圈,其感应地耦合到电力接收器的感应器。

[0097] 根据本发明的方面,提供了一种用于使用无线感应电力信号将电力传送到电力接收器的电力发射器的操作方法,该电力发射器包括用于响应于馈送到感应器的驱动信号而提供无线感应电力信号的感应器;并且该方法包括:提供电源信号;从电源信号生成驱动信号,所述生成包括:生成比电源信号的频率更高的驱动信号的频率和在重复的时间间隔内将馈送到感应器的驱动信号的电力约束到阈值以下;使重复的时间间隔与电源信号同步;以及在重复的时间间隔期间与电力接收器交换数据。

[0098] 根据本发明的方面,提供了一种用于使用无线感应电力信号从电力发射器接收电力的电力接收器的操作方法,该电力接收器包括用于接收电力信号的感应器和用于将电力信号耦合到负载的负载耦合器;并且该方法包括:负载耦合器在重复的时间间隔期间将负载与感应器解耦合;使重复的时间间隔与电力信号的幅度变化同步;以及在重复的时间间隔期间与电力发射器交换数据。

[0099] 本发明的这些和其它方面、特征和优点将从下文所描述的(多个)实施例显而易见并且将参考下文所描述的(多个)实施例进行阐述。

附图说明

[0100] 将参考附图仅以示例的方式描述本发明的实施例,其中:

- [0101] 图1图示了根据现有技术的电力传送系统的示例；
- [0102] 图2图示了电力传送系统的一些信号的示例；
- [0103] 图3图示了根据现有技术的电力传送系统的示例；
- [0104] 图4图示了电力传送系统的一些信号的示例；
- [0105] 图5图示了根据本发明的一些实施例的包括电力发射器和电力接收器的电力传送系统的示例；
- [0106] 图6图示了根据本发明的一些实施例的电力发射器的元件的示例；
- [0107] 图7图示了根据本发明的一些实施例的适于电力发射器的逆变器的示例；
- [0108] 图8图示了根据本发明的一些实施例的适于电力发射器的逆变器的示例；
- [0109] 图9图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0110] 图10图示了根据本发明的一些实施例的电力接收器的元件的示例；
- [0111] 图11图示了根据本发明的一些实施例的适于电力传送系统的时隙帧的示例；
- [0112] 图12图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0113] 图13图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0114] 图14图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0115] 图15图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0116] 图16图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0117] 图17图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0118] 图18图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0119] 图19图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0120] 图20图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0121] 图21图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0122] 图22图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0123] 图23图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0124] 图24图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0125] 图25图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0126] 图26图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0127] 图27图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0128] 图28图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0129] 图29图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0130] 图30图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0131] 图31图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；
- [0132] 图32图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0133] 图33图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0134] 图34图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0135] 图35图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0136] 图36图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0137] 图37图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
- [0138] 图38图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例；

- [0139] 图39图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；
[0140] 图40图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的元件的示例；以及
[0141] 图41图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的一些信号的示例。

具体实施方式

[0142] 图5图示了根据本发明的一些实施例的电力传送系统的示例。电力传送系统包括电力发射器501,其包括(或耦合到)发射器线圈/感应器503。系统还包括电力接收器505,其包括(或耦合到)接收器线圈/感应器507。

[0143] 系统提供从电力发射器501到电力接收器505的无线感应电力传送。特别地,电力发射器501生成电力信号,其作为磁通量由发射器线圈503传播。电力信号可以典型地具有大约20 kHz到200 kHz之间的频率。发射器线圈503和接收器线圈507松散耦合并且因此接收器线圈拾取来自电力发射器501的电力信号(的至少一部分)。因此,经由从发射器线圈503到接收器线圈507的无线感应耦合,电力从电力发射器501传送到电力接收器505。术语电力信号主要用于指发射器线圈503与接收器线圈507之间的感应信号(磁通量信号),但是将理解到,通过等价其也可以被认为和用作对提供到发射器线圈503的电气信号或实际上接收器线圈507的电气信号的引用。

[0144] 在下文中,将具体参考根据Qi标准的实施例描述电力发射器501和电力接收器505的操作(除本文所描述(或结果)的修改和增强之外)。具体而言,电力发射器501和电力接收器505可以基本上与Qi规范版本1.0或1.1兼容(除本文所描述(或结果)的修改和增强之外)。

[0145] 为了控制电力传送,系统可以经由不同阶段进行,具体是选择阶段、查验(ping)阶段、识别和配置阶段、以及电力传送阶段。可以在Qi无线电力规范的第1部分的第5章中找到更多信息。

[0146] 最初,电力发射器501处于选择阶段,其中其仅仅监视电力接收器的潜在存在。电力发射器501可以出于该目的而使用各种方法,例如如Qi无线电力规范中所描述的。如果检测到这样的潜在存在,则电力发射器501进入查验阶段,其中临时地生成电力信号。电力接收器505可以应用所接收的信号以对其电子产品加电。在接收到电力信号之后,电力接收器505将初始分组传达给电力发射器501。特别地,发射指示电力发射器与电力接收器之间的耦合度的信号强度分组。可以在Qi无线电力规范的第1部分的第6.3.1章中找到更多信息。因此,在查验阶段中,确定电力接收器505是否存在于电力发射器501的接口处。

[0147] 一旦接收到信号强度消息,则电力发射器501移动到识别&配置阶段中。在该阶段中,电力接收器505保持其输出负载断开并且使用负载调制传达到电力发射器501。电力发射器出于该目的而提供恒定幅度、频率和相位的电力信号(除由负载调制所导致的改变之外)。消息由电力发射器501使用以如由电力接收器505所请求的那样配置其本身。不是连续地传达而是间隔地传达来自电力接收器505的消息。

[0148] 在识别和配置阶段之后,系统移动到其中发生实际电力传送的电力传送阶段。特别地,在已经传达其电力要求之后,电力接收器505连接输出负载并且为其供应所接收的电力。电力接收器505监视输出负载并且测量特定操作点的实际值与期望值之间的控制误差。其以例如每250 ms的最小速率将这样的控制误差传达给电力发射器501以向电力发射器

501指示这些误差,以及针对电力信号的改变或不改变的期望。因此,在电力传送阶段中,电力接收器505还在负载调制间隔内执行电力信号的负载调制以便将信息传达给电力发射器501。

[0149] 图5的电力传送系统利用电力发射器501与电力接收器505之间的通信。

[0150] 在Qi规范版本1.0和1.1中已经标准化用于从电力发射器到电力发射器的通信的方法。

[0151] 根据该标准,通过将电力信号用作载波实现从电力接收器到电力发射器的通信信道。电力接收器调制接收器线圈的负载。这导致电力发射器侧处的电力信号中的对应变化。通过发射器线圈电流的幅度和/或相位中的改变,或者可替换地或附加地通过发射器线圈的电压中的改变,可以检测负载调制。基于该原理,电力接收器可以对电力发射器所解调的数据进行调制。该数据在字节和分组中格式化。在还被称为Qi无线电力规范的经由<http://www.wirelesspowerconsortium.com/downloads/wireless-power-specification-part-1.html>可获得的“由无线电力协会公布的系统说明,无线电力传送,第I卷:低电力,第1部分:接口定义,2010年7月版本1.0”中,特别地第6章:通信接口中,可以找到更多信息。

[0152] 应指出,Qi无线电力规范版本1.0和1.1仅定义从电力接收器到电力发射器的通信,即其仅定义单向通信。

[0153] 图5的系统使用与Qi无线电力规范版本1.0和1.1中所公开的那个不同的通信方法。然而,将理解到,该不同的通信方法可以与包括Qi无线电力规范版本1.0和1.1的通信方法的其它通信方法一起使用。例如,对于Qi型系统而言,Qi无线电力规范版本1.0和1.1的通信方法可以用于指定要由Qi无线电力规范版本1.0和1.1执行的所有通信,但是其中附加通信由以下所描述的不同方法支持。例如,Qi无线电力规范版本1.0和1.1的方法可以用于将数据从电力接收器505传达到电力发射器501,其中使用新方法将数据从电力发射器501传达到电力接收器505。

[0154] 在图5的系统中,在专用的重复的时间间隔中特别地执行通信。自此以后,重复的时间间隔将被称为通信时间间隔。在通信时间间隔期间,电力传送终止或降低到较低水平,从而降低电力传送操作对通信操作的影响。而且,在通信间隔期间,电力接收器505将典型地将其电力负载与接收感应器507解耦合,使得电力传送信号不通过此加载,从而降低负载变化对通信性能的影响。

[0155] 在通信间隔期间,可以生成通信载波信号,并且该通信载波信号然后可以被调制以承载信息。可以通过电力发射器501和/或电力接收器505生成载波。可以通过生成载波的设备执行调制,例如可以对载波进行幅度调制、频率调制和/或相位调制。这样,可以将数据从生成载波的设备传达到另一设备。可替换地或附加地,可以通过不生成载波的设备执行调制,例如通过载波信号的负载调制。这样,可以将数据从不生成载波的设备传达到生成载波的设备。

[0156] 图6图示了图5的电力发射器501的一些元件的示例。

[0157] 电力发射器501包括电源601,其生成电源信号。在示例中,电源601特别地是AC-DC转换器,其接收AC信号并且生成具有变化的电平的DC信号。

[0158] 在特定示例中,电源601接收频率为50Hz或60Hz的市电导出的正弦波信号。电源601对正弦波信号执行全波整流。因此,生成对应于图2的Udc_abs信号的电源信号。

[0159] 在特定示例中,电源601不包括任何平滑化电容器,并且因此电源信号对应于全波整流正弦波信号。然而,在其它实施例中,电源601可以包括电容器,其使整流信号平滑化,从而生成具有较低电平变化的电源信号。然而,在大多数实施例中,电容器可以是相对小的,从而导致具有至少针对一些负载大幅变化的电平的电源信号。例如,在许多场景中,纹波可以是全负载的至少25%或50%。

[0160] 因此,生成具有变化的电压的DC电源信号。变化的电压是由于AC电平的变化,并且因此DC电源信号是周期信号,其周期为市电频率的两倍,即对于50Hz输入信号周期为10 ms。

[0161] 电源601耦合到电力信号发生器603,其接收电源信号并且由此生成用于感应器503的驱动信号,所述感应器503耦合到电力信号发生器603。

[0162] 电力信号发生器603特别地包括频率转换器605,其被布置为生成比电力信号的频率更高的驱动信号的频率。频率转换器可以相对于电力信号增加驱动信号的频率。感应器503由驱动信号驱动,所述驱动信号具有比电源信号的频率明显更高的频率。电源信号的周期典型地不低于2.5 ms或甚至5 ms(分别对应于400 Hz或200 Hz的频率)。然而,驱动信号典型地具有至少20 kHz至200 kHz的频率。在电力传送间隔,即通信间隔之间的间隔期间,驱动信号可以特别地给定为:

$$[0163] \quad d(t) = p(t) \cdot x(t)$$

[0164] 其中 $p(t)$ 是电源信号,并且 $x(t)$ 是具有比 $p(t)$ 更高的频率且典型地具有高得多的频率(例如典型地高100倍或更多)的信号。为了降低损耗, $x(t)$ 典型地是AC信号,即其平均值为0。

[0165] $x(t)$ 可以例如是正弦波。然而,在图6的示例中, $x(t)$ 对应于方波信号。在示例中,通过开关操作而不是通过乘积来执行频率转换。特别地,频率转换器605包括开关电路,将电源信号作为供应电压提供给该开关电路,并且该开关电路经由开关元件耦合到感应器503,所述开关元件提供对应于电源信号和频率转换信号 $x(t)$ 的乘积的效应。

[0166] 在图6的系统中,频率转换器605包括以逆变器形式的驱动电路,所述逆变器从用作供应电压的电源信号的变化DC电压生成交变信号。图7示出了半桥逆变器的示例。控制开关S1和S2使得其绝不同时闭合。可替换地,S1闭合,同时S2打开,并且S2闭合,同时S1打开。以期望的频率打开和闭合开关,从而在输出处生成交变信号。图8示出了全桥逆变器。控制开关S1和S2使得其绝不同时闭合。类似地,控制开关S3和S4使得其绝不同时闭合。可替换地,开关S1和S4闭合,同时S2和S3打开,并且然后S2和S3闭合,同时S1和S4打开,从而在输出处创建方波信号。以期望的频率打开和闭合开关。

[0167] 在图6的系统中,由频率转换器605生成的信号未直接馈送到发射器线圈503。而是,将信号馈送到限制器607,其被布置为在重复的时间间隔期间,即在通信间隔期间,约束馈送到感应器的驱动信号的电力,使得该电力低于给定阈值。限制器607的输出馈送到发射器线圈503。典型地,该耦合包括谐振电路(其可以被认为是限制器607的一部分)。

[0168] 作为特定示例,限制器607可以简单地通过从频率转换器605的输出断开发射器线圈503来约束馈送到发射器线圈503的信号电力。因此,在示例中,来自频率转换器605的信号在由通信间隔中断的电力传送间隔期间耦合到发射器线圈503,来自频率转换器605的信号在所述通信间隔内未耦合到发射器线圈503。

[0169] 限制器607也可以是逆变器的固有部分。作为特定示例,对于以意指开关S1和S4闭合同时S2和S3打开并且反之亦然的时间的至少一部分的相位差正常地开关的全桥逆变器中的开关,在没有意指开关S1和S3闭合同时S2和S4打开并且反之亦然的情况下,可以通过开关停止方波的生成。一般而言,可以通过全桥中的相位控制电力信号的强度。同相的开关越多,电力信号的幅度就越低,异相的开关越多,电力信号的幅度就越高。

[0170] 图9图示了可以在图6的电力发射器501中发生的信号的示例。附图首先示出信号Umains,其是馈送到电源的市电信号。该信号经全波整流以生成对应于如2中所示的Udc_abs的信号电平变化的电源信号。频率转换器605然后将此转换为对应于图2和4的Uac_HF的高频信号。然而,不是仅仅将该信号馈送到发射器线圈503/谐振电路,而是根据图9的门控信号On_Off_ZeroX信号对信号进行门控(即连接和断开)。当该门控信号具有高值时,由频率转换器605所生成的电力传送信号耦合到发射器线圈503/谐振电路,并且当该门控信号具有低值时,由频率转换器605所生成的电力传送信号未耦合到发射器线圈503/谐振电路。因此,门控之后的所得信号被示为图9的Uac_HF,其在通过谐振电路的平滑化之后变为图9的信号Uac_Tx。因此,在该特定示例中,馈送到发射器线圈503的电力传送信号对应于图9的信号Uac_Tx。

[0171] 作为示例,限制器607可以并入有半或全桥逆变器。当门控信号On_Off_ZeroX信号具有低值时,半或全桥逆变器的所有开关可以切换到非传导状态,从而使电力信号不耦合到发射器线圈。

[0172] 因此,门控信号限定电力传送驱动信号馈送到发射器线圈503的电力传送间隔。这些电力传送间隔由电力传送信号未馈送到发射器线圈503的重复的时间间隔中断。在图6的系统中,这些重复的时间间隔作为替代用于电力发射器501与电力接收器505之间的通信,即其用作通信间隔。

[0173] 特别地,电力发射器501包括发射器通信单元609,其被布置为在通信间隔期间与电力接收器505通信。

[0174] 可以特别地通过在通信间隔期间所生成的载波实现通信,例如,可以生成与图9中的信号表示的载波对应的载波,并且然后可以调制该载波以传达数据。可以通过电力发射器501或通过电力接收器505生成载波。类似地,载波的调制可以通过生成载波的设备(例如通过对载波幅度调制)或是通过互补式设备(典型地通过负载调制)。

[0175] 电力发射器501附加地包括同步器611,其被布置用于使重复的时间间隔与电源信号同步。特别地,同步器611被布置为取决于电源信号中的变化而控制重复的时间间隔的定时。例如,同步器611可以被布置为将AC分量与电源信号隔离并且使重复的时间间隔与AC分量中的周期性变化同步。

[0176] 重复的时间间隔与电源信号的同步可以允许最小化引入用于通信的专用时间间隔对电力传送的影响。例如,可以选择重复的时间间隔的定时以与其中电力信号的电力最低的间隔重合。在许多场景中,其还可以促进电力发射器与电力接收器之间的同步,因为电力信号典型地包括取决于电源信号并且因此反映电源信号中的变化的信号分量。因此,电力接收器可能能够与电力信号中的变化同步,并且该同步可以固有地还使电力接收器与电源信号中的变化同步。因此,可以在不要求交换专用同步信息的情况下实现共同同步,并且因此可以以降低的开销实现。

[0177] 图10更详细地图示了图5的电力接收器505。

[0178] 接收器线圈507耦合到电力接收器控制器1001,其包括用于操作电力传送功能的各种功能性,并且在特定示例中被布置为根据Qi标准操作电力接收器505。例如,电力接收器505可以被布置为执行Qi标准的识别和配置以及电力传送阶段。

[0179] 电力接收器控制器1001被布置为接收电力信号并且在电力传送间隔期间提取电力。电力接收器控制器1001耦合到电力负载1003,其是在电力传送阶段期间从电力发射器1001供电的负载。电力负载1003可以是外部电力负载,但是其至少一部分经常是通过电力接收器设备本身的负载,诸如例如通过电力接收器的电池、显示器或其它功能性(例如对于智能电话而言,电力负载可以对应于智能电话的组合式功能性)。

[0180] 电力接收器控制器1001还包括用于将从感应器507所接收的电力信号与负载耦合和解耦合的功能性。特别地,在电力传送间隔期间,电力接收器控制器1001将电力信号耦合到负载(可能地经由中间电路系统)。然而,在通信间隔期间,电力接收器控制器1001将感应器与负载1003解耦合。因此,在通信间隔期间,负载1003对接收器线圈507负载没有任何影响,并且因此对无线感应信号没有影响。

[0181] 在一些实施例中,电力信号可以用于直接馈送负载,例如对应于图9的Uac_Tx的信号可以馈送到负载1003。这可以例如适于其中负载是加热元件的应用。然而,在许多实施例中,负载1003可能期望稳定且基本上恒定的DC电压。在这样的情况中,电力接收器控制器1001可以包括整流器、平滑化/纹波电容器和电压调控器。电力信号可以作为输入馈送到该功能性,并且耦合和解耦合可以被布置为将感应器507与该电路系统连接/断开。在这样的实施例中,平滑化/纹波电容器可以在通信间隔期间将能量提供给负载。

[0182] 在许多实施例中,可以经由诸如FET或继电器的开关元件将负载与接收器线圈507耦合和解耦合。

[0183] 在其它实施例中,诸如例如对于马达器具而言,由于马达负载的特性表现,因而可以经由整流器耦合和解耦合负载。当电力信号由于电力发射器的电力限制器或由于电力发射器的市电信号的零交叉而降低时,马达的旋转电压可以比整流电压更大。这将导致负载在电力信号受约束的时间间隔期间断开的效应。

[0184] 如果电力接收器控制器1001包括整流器和平滑化/纹波电容器以及特定负载,则这也会发生。如果跨平滑化/纹波电容器的电压比整流电压更高,则其导致负载在电力信号受约束的时间间隔期间断开的效应。

[0185] 电力接收器505还包括同步器1005,其在图10的示例中直接耦合到接收器线圈507。同步器1005被布置为使重复的时间间隔与电力信号的幅度变化同步。同步器1005被布置为生成指示通信间隔何时发生的同步信号。因此,理想地,同步器1005可以生成对应于图9的门控信号On_Off_ZeroX的同步信号。

[0186] 同步器1005耦合到由同步信号所馈送的电力接收器控制器1001。电力接收器505然后可以使用同步信号控制负载1003与接收器线圈507的耦合和解耦合,即同步信号可以直接用作开关元件的门控信号。

[0187] 电力接收器505还包括接收器通信单元1007,其被布置为在通信间隔期间与电力发射器501通信。

[0188] 如先前所提到的,可以特别地通过在通信间隔期间所生成的载波实现通信,例如,

可以生成与图9中的信号表示的载波对应的载波,并且然后可以调制该载波以传达数据。可以通过电力发射器501或通过电力接收器505生成载波。类似地,载波的调制可以是通过生成载波的设备(例如通过对载波幅度调制)或是通过互补式设备(典型地通过负载调制)。

[0189] 因此,图5的系统将操作分为电力传送间隔和通信间隔。在电力传送间隔期间,电力传送信号从电力发射器501感应地耦合到电力接收器505,从而提供电力的无线传送。在一些实施例中,在电力传送间隔期间没有通信发生。在其它实施例中,在电力传送间隔期间可以发生一些通信,例如根据Qi标准版本1.0和1.1,可以通过电力接收器505对电力传送信号进行负载调制。

[0190] 在通信间隔期间,可以在电力接收器505与电力发射器501之间传达数据,但是不执行电力传送。特别地,电力传送信号未馈送到发射器线圈503,并且电力负载1003未耦合到接收器线圈507。因此,没有电磁场会由于电力传送操作而被感应或修改,并且因此创建清洁得多的电磁环境以用于通过无线感应传达数据。特别地,没有电力传送信号在发射器线圈503或接收器线圈507处发生,并且因此这些线圈可以特别地用于在没有使通信性能降级的电力传送操作的情况下传达数据。

[0191] 电力发射器501和电力接收器505可以因此应用周期地重复的时隙帧,其中一个时隙(通信间隔)预留用于数据通信并且第二时隙(电力传送间隔)预留用于电力传送。这特别地允许在数据通信时隙内优化数据传送的条件和参数(例如,频率、幅度、信号形状),同时可以在电力传送时隙内优化电力传送的条件和参数。而且,电力传送操作将不会使通信降级。

[0192] 与电力传送间隔的持续时间相比较,通信间隔将典型地具有相对短的持续时间以便为电力传送预留更多时间。典型地,通信间隔的持续时间将低于由电力传送间隔和通信间隔的持续时间所给定的总体帧的10%或甚至5%。在许多实施例中,重复的时间间隔(通信间隔)将具有不低于1 ms并且不超过5 ms的持续时间。在许多实施例中,这可以提供通信与电力传送要求之间的有利权衡,并且可以特别地在不过度降低系统的电力传送能力的情况下提供适合的通信带宽。

[0193] 在系统中,通信间隔的定时不是随机的而是与电源信号的电平变化同步。特别地,通信间隔与电平变化同步使得其在电平低于给定阈值时发生,并且特别地,使通信间隔同步使得其在电源信号的最小值周围发生。可以特别地选择通信间隔使得其以对应于电源信号的最小值的时刻为中心。

[0194] 在诸如图9的那个的示例中,这些最小值在馈送到电源601的AC信号的零交叉的时候发生。因此,在示例中,电力发射器501可以包括零交叉检测器,其检测输入市电(导出的)信号的零交叉。然后,这些零交叉可以用于调节通信间隔的定时使得这些以零交叉为中心。

[0195] 在其它实施例中,电力信号发生器603可以例如对通信间隔进行定时以发生在不与AC输入信号的零交叉重合的最小值处。例如,如果电源601包括导致平滑但仍然具有非常高的纹波的电源信号的平滑化电容器,则最小值将不再与零交叉重合。在这种情况下,这些最小值可以在电源信号中直接检测并且用于对通信间隔进行定时。

[0196] 在许多实施例中,同步器611可以被布置为通过检测电源信号中的改变并且因此调节重复的时间间隔的定时来直接与电源信号同步。

[0197] 例如,电容器可以用于移除电源信号的DC分量。所得AC信号可以经滤波以移除或

降低噪声,同时允许保持周期性低频变化(典型地在50-60 Hz(或对于全波整流为其双倍)处)。所得AC信号可以例如提供给施密特触发器以生成具有二元值的方波信号。该信号可以输入到锁相环路,其使输出信号与输入方波信号同步。输出信号可以生成为具有期望的占空比并且可能地具有相对于输入方波信号中的转变的期望时间偏移。然后,来自锁相环路的输出信号可以直接用于控制限制器607和通信单元609。

[0198] 同步器611可以特别地被布置为使重复的时间间隔与电源信号的纹波同步。例如,可以通过AC信号的(全波)整流再接着使用电容器作为临时能量库的平滑化来生成电源信号。取决于电容器的大小和电力汲取,所得电源信号可以是具有可能地近似恒定电压的DC信号。然而,甚至在这种情况下,典型地将存在归因于输入AC信号中的变化的一些变化。这样的变化被称为纹波电压(或更一般地周期性变化可以被认为是纹波电压),并且同步器611可以使重复的时间间隔与纹波变化同步。例如,可以结合施密特触发器之前的纹波AC信号的适当放大而使用先前段落中所描述的方法。

[0199] 在一些实施例中,同步器611可能不是通过评估电源信号本身而直接使重复的时间间隔与电源信号同步,但是可以作为替代使同步基于本身与电源信号同步的信号,并且特别地基于从电源信号导出的信号或电源信号从其导出的信号。

[0200] 特别地,同步器611可以使重复的时间间隔与由电源601转换为变化的DC信号(例如作为经整流并且可能地平滑化的信号)的AC电力信号同步。例如,AC输入信号可以直接馈送到同步器611,其可以包括零交叉检测器。然后,重复的时间间隔的定时可以与这些零交叉的定时同步。

[0201] 将领会到,电力接收器505的同步器1005可以使用任何适合的方法来与由电力发射器501所引入的通信间隔同步。例如,如果电力发射器501未引入载波,则由电力发射器501感应的信号可以具有对应于图9的信号 U_{ac_Tx} 的那个的特性。同步器1005然后可以继续检测其中所感应的电力信号为0的时间间隔,并且然后可以与这些检测同步。如果电力发射器501在通信间隔内生成载波信号,则同步器1005可以继续检测该载波信号的存在并且与这些检测同步。可以例如通过电平中的差异(或对于载波不发生电平中的改变)或通过频率中的差异,例如通过引入频率选择性处理(例如通过利用对应于载波的频率的带通滤波器对信号进行滤波)来将载波与电力传送信号分离。

[0202] 同步器1005可以特别地包括包络检测器,其可以检测所接收的电力信号的幅度的变化。例如,所接收的电力信号的包络可以被检测为对应于图9的信号 U_{ac_Tx} 的包络。包络(或幅度)检测器可以限于对应于频率转换器605的开关频率的适当频率范围。这可以例如通过包括滤波器的同步器611本身实现,或可以通过作为调谐到接近开关频率的频率的谐振电路的一部分的接收线圈507而实现。在这样的实施例中,可以降低载波在重复的时间间隔期间的的影响,从而导致仅更紧密地对应于电力传送信号的所检测的包络。

[0203] 然后,所得包络或幅度信号可以由同步器1005使用以确定重复的时间间隔的局部定时。例如,幅度下降到给定阈值以下的时间可以被认为是对应于新的重复的时间间隔的开始。在许多实施例中,由幅度检测所生成的幅度信号可以用作定时环路,诸如例如锁相环路的控制信号。在许多场景中,这样的方法可以提供增加的准确度和可靠性。

[0204] 因此,同步器1005可以通过检测电源信号中的幅度变化来使电力接收器的重复的时间间隔同步以基本上与电力发射器的重复的时间间隔重合。因此,不需要在实体之间交

换或传达附加或专用的同步信息或数据。

[0205] 在先前的示例中,来自频率转换器605的电力传送信号仅在电力传送间隔期间耦合到发射器线圈503。然而,将理解到,在其它实施例中,信号也可以在通信间隔期间馈送到发射器线圈503,但是其中馈送到发射器线圈503的信号的电力由限制器约束到给定阈值以下。阈值可以是固定和预定的值,或可以例如是可变阈值。例如,可以基于在通信间隔内发生的通信的误码率来调节在通信间隔期间馈送到发射器线圈503的电力传送信号的最大电力。例如,如果误码率增加到给定水平以上,则降低电力阈值,并且如果误码率减少到给定水平以下,则增加电力阈值。

[0206] 还将理解到,限制器607可以使用任何适合的方法来在通信间隔期间控制馈送到发射器线圈503的信号的电力。例如,限制器607可以提供增益信号,其设定由频率转换器605所生成的信号的幅度。

[0207] 还将理解到,尽管图6的示例中的限制器607跟随频率转换器605并且对由频率转换器605所生成的电力传送信号直接操作,但是在其它实施例中可以使用其它布置。例如,在一些实施例中,限制器607可以位于频率转换器605之前并且可以例如对电源信号直接操作。作为示例,电源信号可以仅在电力传送间隔期间提供给频率转换器605的逆变器并且可以在通信间隔期间与此断开。

[0208] 在一些实施例中,使用载波信号执行通信间隔期间的通信,所述载波信号由电力发射器501并且特别地由发射器通信单元609生成。因此,在这些示例中,发射器通信单元609在通信间隔期间生成载波信号并且将其馈送到发射器线圈503。

[0209] 在图6的示例中,发射器通信单元609将信号直接馈送到发射器线圈503,但是将理解到,在其它示例中,这可以经由还用于电力传送间隔期间的电力传送信号的电路系统。例如,输出驱动电路、逆变器和/或谐振电路可以再用于通信载波信号。

[0210] 在一些实施例中,发射器通信单元609还可以包括调制器,其被布置为在通信间隔期间调制载波信号。因此,要从电力发射器501传达到电力接收器505的数据可以被调制到馈送至发射器线圈503的载波信号上。

[0211] 将领会到,可以使用任何适合的调制,包括例如幅度调制、扩频调制、相位调制和/或频率调制。

[0212] 在这样的示例中,接收器通信单元1007包括能够解调载波信号的解调器。例如,可以包括AM、FM或PM解调器。

[0213] 方法可以提供从电力发射器501到电力接收器505的可靠通信。由于在不应用电力传送信号时(或在电力足够低时)应用经调制的载波,因而由电力传送所导致的干扰可以维持得足够低,或甚至在一些实施例/场景中完全移除。因此,可以实现非常可靠的通信。

[0214] 在一些实施例中,由发射器通信单元609所生成的载波可以用于将数据从电力接收器505传达到电力发射器501。

[0215] 具体而言,发射器通信单元609可以将未经调制的恒定电平载波信号应用到发射器线圈503。在该示例中,接收器通信单元1007可以包括用于对载波信号负载调制的功能性。

[0216] 特别地,接收器通信单元1007可以被布置为根据取决于所传达的数据的预定型式(pattern)而修改应用到接收器线圈507的负载。

[0217] 而且,在这样的示例中,发射器通信单元609可以包括解调器,其被布置为解调由接收器通信单元1007所引入的载波信号的负载调制。

[0218] 由于在电力传送信号可能不馈送到发射器线圈503的通信间隔内执行负载调制,因而将恒定载波信号应用到发射器线圈503。而且,由于电力负载1003断开,因而可以完全由负载调制器控制接收器通信单元1007的负载。因此,通过发射器通信单元609的负载解调电路,将相对容易且可靠地检测负载变化。因此,可以实现从电力接收器505到电力发射器501的数据的可靠通信。

[0219] 因此,基于由发射器通信单元609生成并应用到发射器线圈503的载波信号,可以从电力接收器505到电力发射器501并且实际上从电力发射器501到电力接收器505实现高效的通信。因此,可以从电力发射器501到电力接收器505实现通信,这根据现行Qi规范版本1.0和1.1是不可能的。

[0220] 还将理解到,在一些实施例中,方法可以用于提供双向通信,即从电力发射器501到电力接收器505和从电力接收器505到电力发射器501的通信二者。这可以例如通过在后续时间间隔内在电力发射器501载波调制与电力接收器505负载调制之间进行交替来实现。作为另一示例,每个通信间隔可以分为两个子间隔,其中一个用于从电力发射器501到电力接收器505的通信,并且另一个用于从电力接收器505到电力发射器501的通信。

[0221] 在一些实施例中,使用载波信号执行通信间隔期间的通信,所述载波信号由电力接收器505并且特别地由接收器通信单元1007生成。因此,在这些示例中,接收器通信单元1007在通信间隔期间生成载波信号并且将其馈送到接收器线圈507。由于不存在由电力发射器501馈送到发射器线圈503的电力传送信号,因而不存在该载波信号与电力传送之间的冲突。

[0222] 在一些实施例中,接收器通信单元1007还可以包括调制器,其被布置为在通信间隔期间调制载波信号。因此,要从电力接收器505传达到电力发射器501的数据可以被调制到馈送于接收器线圈507的载波信号上。

[0223] 将领会到,可以使用任何适合的调制,包括例如幅度调制、扩频调制、相位调制和/或频率调制。

[0224] 在这样的示例中,发射器通信单元609包括能够解调载波信号的解调器。例如,可以包括AM、FM或PM解调器。

[0225] 方法可以提供从电力接收器505到电力发射器501的可靠通信。由于在不应用电力传送信号时(或在电力足够低时)应用经调制的载波,因而由电力传送所导致的干扰足够低或甚至在许多场景中不存在。因此,可以实现非常可靠的通信。

[0226] 在一些实施例中,由接收器通信单元1007所生成的载波可以用于将数据从电力发射器501传达到电力接收器505。

[0227] 具体而言,接收器通信单元1007可以将未经调制的恒定电平载波信号应用到接收器线圈507。在该示例中,发射器通信单元609可以包括用于对载波信号负载调制的功能性。

[0228] 特别地,发射器通信单元609可以被布置为根据取决于所传达的数据的预定型式而修改应用到发射器线圈503的负载。

[0229] 而且,接收器通信单元1007包括解调器,其被布置为解调由发射器通信单元609所引入的载波信号的负载调制。

[0230] 在示例中,恒定载波信号馈送到发射器线圈503。而且,由于电力负载1003断开,因而接收器通信单元1007的负载不干扰发射器通信单元609的负载调制。因此,通过接收器通信单元1007的负载解调电路,将相对容易且可靠地检测负载变化。因此,可以实现从电力发射器501到电力接收器505的数据的可靠通信。

[0231] 因此,基于由接收器通信单元1007生成并应用到接收器线圈507的载波信号,可以从电力接收器505到电力发射器501并且实际上从电力发射器501到电力接收器505实现高效的通信。因此,可以从电力发射器501到电力接收器505实现通信,这根据现行Qi规范版本1.0和1.1是不可能的。

[0232] 还将理解到,在一些实施例中,方法可以用于提供双向通信,即从电力发射器501到电力接收器505和从电力接收器505到电力发射器501的通信二者。这可以例如通过在后续时间间隔内在电力接收器载波调制与电力发射器负载调制之间进行交替而实现。作为另一示例,每个通信间隔可以分为两个子间隔,其中一个用于从电力发射器501到电力接收器505的通信,并且另一个用于从电力接收器505到电力发射器501的通信。

[0233] 在所描述的设置中,可以针对其单独目的,即分别针对电力传送和通信,独立地优化电力传送信号和通信载波信号的特性。例如,电力传送信号的电力水平可以适于将期望的电力传送提供到电力接收器505,即其可以取决于电力负载1003进行适配。同时,通信载波的幅度可以保持恒定,例如在预定电平处。

[0234] 具体而言,可以针对电力传送信号和通信载波不同地选择频率。具体而言,载波信号可以设定为具有明显更高的频率以更好地支持调制,特别地是对于更高的数据速率而言。而且,在频率以及时间方面分离电力传送信号和通信载波可以提供对一个操作的降低的影响,并且可以促进实现方式。例如,使用具有以通信载波的频率为中心的带宽的滤波器,可以在电力传送间隔期间将接收器通信单元1007的通信电路系统与电力传送信号隔离。载波频率可以例如比电力传送信号的频率高不少于两倍或甚至五倍。

[0235] 因此,所描述的方法可以在帧期间在电力传送与通信之间交替。作为示例,图11图显示了时隙帧,其分为两个主要时隙:通信时隙和电力传送时隙。在示例中,数据通信时隙指示帧的开始。电力传送时隙以距帧的开始的偏移($T_{p-Offset}$)定位在通信时隙之后。

[0236] 在示例中,帧中的数据通信($T_{D-Width}$)在电力传送开始之前结束($T_{D-Width} < T_{p-Offset}$)。

[0237] 数据通信时隙相对小并且占据周期的小部分(例如5%),以便留下周期的大部分用于电力传送(T_{p-Max})。在帧内预留一些空闲时间以容忍偏差($T_{p-Max} + T_{p-Offset} < T_{Cycle}$)。

[0238] 对于所有操作模式,例如出于安全性和可靠性、鲁棒性、一致性等原因,周期时间(T_{Cycle})、电力传送时隙前面的偏移时间($T_{p-Offset}$)和最大电力传送时间(T_{p-Max})可能是固定的。

[0239] 发射器周期性地(T_{Cycle})将该帧提供给接收器以允许数据通信和电力传送。发射器可以根据其操作模式修改帧内的时隙。

[0240] 在一些实施例中,通信时隙可以分为三个子时隙:

[0241] 1. 电力(T_{xPower}),其包含专用于电力接收器的检测的较小子部分

[0242] 2. 数据传输(T_{xmt})

[0243] 3. 数据接收(T_{rcv})。

[0244] 作为特定示例,在每个周期的开始时,发射器提供在其上未调制数据的低电力信号。如果电力接收器定位为足够靠近电力发射器,则其将通过提供信号的可检测(且可识别)负载而对该信号做出反应。如果发射器在特定时间(T_{detect})内检测到接收器的反应,则其将在较长的时间段内(在 T_{xPower} 期间)提供该信号。如果需要的话,(所检测的)接收器可以使用该信号对其电子产品加电。取决于所使用的电力水平,检测可以花费几百微秒(例如0.2ms),并且加电动作可以花费几个毫秒(比如说10 ms)。

[0245] 紧接在此之后,发射器可以使用例如发射场(T_{xmt})的幅度调制将(信标)消息发送给接收器。作为对从发射器所接收的信号的反应,接收器可以在(T_{rcv} 期间)使用负载调制将消息发送回到发射器。因此,可以实现双向通信。

[0246] 实际的电力信号宽度($T_{\text{p-Width}}$)可以比最大值($T_{\text{p-Max}}$)更小。发射器可以使用脉冲宽度调制(PWM)控制其提供给接收器的电力量。

[0247] 在先前的示例中,使用发射器线圈503和接收器线圈507执行电力传送和通信二者,即电力传送线圈也用于通信。然而,在其它实施例中,分离的感应器/线圈可以用于通信间隔期间的通信。因此,在一些实施例中,除发射器线圈503之外,电力发射器501可以包括通信感应器,并且除接收器线圈507之外,电力接收器505可以类似地包括通信感应器。这样的方法可以允许针对其特定目的而对感应器的单独优化。例如,载波信号可以具有比电力传送信号更高的频率,并且通信感应器可以调谐到该更高的频率,同时仍然允许电力传送信号调谐到电力传送信号频率。

[0248] 而且,在一些实施例中,方法可以在电力传送线圈和通信线圈之间添加一些空间分离。然而,典型地这些将一起放置得如此近使得其将彼此磁耦合。然而,由于电力传送和通信典型地发生在不同间隔内,因而这不引入任何干扰(或至少干扰可以降低到可接受的水平)。

[0249] 图12中示出了电力传送系统的示例,其中不同的感应器/线圈分别用于电力传送和通信。

[0250] 在该系统中,由初级线圈 $T_{\text{x_coil}}$ (发射器侧)和次级线圈 $R_{\text{x_coil}}$ (接收器)形成的变压器被设计为使得系统的谐振频率与电力传送信号的频率相同。然而,数据载波信号和电力信号可以具有不同的频率。因此,数据载波信号可能在电力线圈之间并非最佳地传输。在图12中,这通过添加特别地调谐到数据载波信号频率的辅助通信线圈 $T_{\text{x_com}}$ 和 $R_{\text{x_com}}$ 来解决。因此,将用于电力传送和数据传送的线圈分离。该实现方式的优点包括:

[0251] - 在接收器侧,电力传送信号和通信载波信号不共享相同物理链路。因此,可以独立地设计和优化通信和电力传输电路二者。

[0252] - 由于通信和电力传输电路电流地隔离并且调谐到不同频率,因而大电力传送信号和器具负载变化的影响将在通信信道上衰减。

[0253] 此外,由于期望通信电路的电力水平比电力传输电路的电力水平小得多,因而辅助通信线圈可以在物理上比电力传送线圈小得多。因此,通信线圈可以在与电力传送线圈相同的平面内实现以便限制器具的体积。

[0254] 在一些情况中,通信线圈也可以用于对器具的一些内部电子产品供电。在这种情况下,该线圈也可以用于负载调制。因此,负载调制电路系统将利用用于对内部电子产品供电的电路系统来实现。

[0255] 在一些实施例中,系统可以被布置为动态地改变重复的时间间隔的特性,诸如重复的时间间隔的确切定时或持续时间。

[0256] 在一些这样的实施例中,可以通过电力接收器而不是电力发射器发起特性的设定或改变。

[0257] 特别地,电力接收器可以被布置为将请求数据发射到电力发射器,其中数据可以包括针对重复的时间间隔的特定特性的请求。例如,电力接收器可以发射重复的时间间隔的持续时间应当具有给定最小值的请求。一旦接收到消息,则电力发射器可以继续确定重复的时间间隔的持续时间。特别地,其可以在可能的情况下将重复的时间间隔的持续时间设定为所请求的持续时间,或在不能适应所请求的值的情况下(例如如果这将防止电力发射器提供期望的电力传送水平的话)设定为最近的可行值。

[0258] 方法可以例如允许系统的增加的灵活性和能力以适于不同的场景。实际上,一些电力接收器可以是复杂的设备,其要求或获益于与电力发射器的高水平通信交互,而其它电力接收器可以是相对简单的设备,其不支持或要求显著的通信。在这样的系统中,方法可以允许重复的时间间隔的持续时间以及因此分配给通信而不是电力传送的资源适于各个实施例的特定要求和偏好。

[0259] 在重复的时间间隔期间限制电力的问题在于,在许多场景中可能期望的是,相对快速地执行电力转变(例如电力的断开),但是这难以在不引入非期望的效应的情况下实现。实际上,在大多数系统中,太迅速地断开电力信号(或更一般地降低其电力水平)经常将导致继续超过断开时间的振荡。实际上,一些能量经常可以存储在例如电容器或感应元件中,并且特别地由发射和/或接收线圈及相关联的电容器形成的储能电路或谐振电路中。该能量可以提供在已经断开电力信号之后继续并且可以被称为振铃的信号。

[0260] 更详细地,图13可以图示用于无线电力传送,例如用于图5、6和10的电力传送系统的典型电力路径。

[0261] 在示例中,(对应于图6的频率转换器605的)DC/AC转换器(逆变器)基于全桥逆变器(诸如图8的那个)。IGBT用于四个开关S1、S2、S3和S4。取决于电力等级,也可以例如使用IGBT实现逆变器。在系统中,第一谐振电路或谐振槽由电容器Cres1和(对应于发射线圈503的)发射器线圈Tx形成。第二谐振电路或谐振槽2由(对应于接收线圈507的)接收器线圈Rx和电容器Cres2和Cres3形成。从存在二极管D1、D2、D3和D4的AC/DC转换器(HF整流器)导出整流电压Udc_Rx。

[0262] 图14中提供了存在于图13中的信号的示例。信号直接对应于图9中图示的那些。

[0263] 在系统中,逆变器被布置为禁止其在输入AC电压的零交叉周围的电力传送以便提供用于通信的重复的时间间隔。为了禁止逆变器,桥的左半侧(S1和S2)的开关驱动信号与桥的右半侧(S3和S4)的开关驱动信号之间的相位可以偏移为零,即可以在时间方面调节驱动信号使得其在桥的左半侧(S1和S2)与桥的右半侧(S3和S4)之间是同步/同样的。图15中示出了对应的门控驱动信号。因此,将逆变器开关从反相驱动(从而创建高频驱动信号)改变到同相驱动,从而导致没有输出信号(因为要么S1和S3二者同时接通,要么S2和S4二者同时接通)。

[0264] 特别地,当On_Off_ZeroX信号为高时,开关S1和S3的门控驱动信号彼此异相(对应于电力传送发生)。对于开关S2和S4的门控驱动信号,相同情况产生。当On_Off_ZeroX信号

为低时,开关S1和S3的门控驱动信号以及开关S2和S4的门控驱动信号彼此精确地同相(对应于没有电力传送发生)。

[0265] 图15图示了在这样禁止逆变器的情况下电力发射器侧处的所得信号。在On_Off_ZeroX信号变“低”之后,电压 U_{ac_HF} 立即下降到0。然而,对于以跟随断开的一些振荡继续的线圈电流 I_{ac_Tx} ,情况并非如此。因此,一些振铃发生,并且电流 I_{ac_Tx} 花费一些时间降低到0。该现象的原因在于,在谐振槽内的无功分量中仍然存在留下的一些能量。不管怎样,由于电力接收器和电力发射器之间的通信或反之亦然将遭受剩余信号的干扰,因而“振铃”时间影响时间窗口的有效宽度。

[0266] 在一些实施例中,电力发射器或电力接收器包括衰减器,其被布置为取消或降低无线电力传输系统的电力发射器和电力接收器的电力路径中的振荡。这些振荡通常在以下事件之后发生:在电力传送期间禁用逆变器,以实现用于电力发射器与电力接收器之间的通信的时间窗口。

[0267] 在下文中,将描述用于降低振铃时间的许多方法。由于发射器线圈Tx与接收器线圈Rx之间的电磁耦合,因而这些手段可以实现在电力发射器侧处、电力接收器侧处或这两侧处。

[0268] 电力发射器侧处的方法可以例如包括:

[0269] ·在通信时隙之前将逆变器开关的驱动信号之间的相位差逐渐地偏移到0

[0270] ·断开逆变器的所有开关

[0271] ·使发射器线圈Tx的端子电阻短接

[0272] ·使用单独耦合的线圈 L_{Taux} 使发射器线圈 L_{Tx} 电阻短接

[0273] ·使用通信线圈 L_{Tcom} 使发射器线圈 L_{Tx} 电阻短接。

[0274] 接收器侧处的振铃降低手段可以例如包括:

[0275] ·借助于开关使接收器线圈 L_{Rx} 的端子电阻短接

[0276] ·借助于开关使HF整流器的端子电阻短接

[0277] ·借助于开关使电容器 C_{res2} 的端子电阻短接

[0278] ·使用单独耦合的线圈 L_{Raux} 使接收器线圈 L_{Tx} 电阻短接

[0279] ·使用现有通信线圈 L_{Rcom} 使接收器线圈 L_{Rx} 电阻短接。

[0280] 在一些实施例中,频率控制器605被布置为逐渐地约束驱动信号的电力,例如通过逐渐地降低电源信号的电力或通过逐渐地修改与逆变器的相位关系。约束可以例如不低于 $200\mu s$,或不低于重复的时间间隔的持续时间的5%。

[0281] 作为特定示例,电力发射器可以被布置为使用于逆变器开关晶体管的驱动信号之间的相位逐渐地偏移。这可以在通信窗口开始之前有效地导致逐渐地从初始值到0的逆变器输出电压 U_{ac_HF} 。

[0282] 特别地,在一些实施例中,频率转换器605可以包括用于生成驱动信号的开关桥,并且限制器可以被布置为通过改变开关桥的开关元件的相对相位来约束电力信号。在重复的时间间隔的开始时,相位可以逐渐地偏移(例如以不低于 $200\mu s$ 或不低于重复的时间间隔的持续时间的5%的转变持续时间)。取决于开关元件的配置,相位可以例如是从同相到非同相的开关元件的两个集合的开关信号(或反之亦然)。

[0283] 图16中提供了示例,图16示出了使用逐渐减少的On_Off_zeroX信号的经修改的门

控驱动型式的示例。在示例中,On_Off_zeroX信号被修改为使得逐渐地进行从“高”到“低”的转变。使门控驱动信号的相位依赖于On_Off_zeroX信号的值,使得用于开关S1和S3的门控驱动信号在转变相位期间逐渐地从与用于开关S2和S4的门控驱动信号异相改变到与其同相。

[0284] 图17图示了经修改的On_Off_zeroX信号的转变期间的逆变器的所得输出电压 U_{ac_HF} 。如可以看出的,逆变器输出电压 U_{ac_HF} 的幅度逐渐降低到0,在该示例中在50 μ s内。图18图示了通过发射器线圈的所得电流 I_{ac_Tx} 。在上图中,利用标准On_Off_zeroX信号禁用逆变器。如可以看出的,电流 I_{ac_Tx} 花费一些时间降低到0,在该情况中0.4ms。在下图中,应用经修改的On_Off_zeroX信号。转变时间在示例中为0.5 ms。因此,当禁用信号降低到0时,电流 I_{ac_Tx} 降低到几乎0。

[0285] 方法的附加优点在于,由于电力信号未突然断开,因而EMC要求更容易满足,由此导致更高的市电谐波。

[0286] 在一些实施例中,频率控制器605包括用于耦合到发射线圈503(诸如例如在图13中)的全桥开关电路,并且限制器607被布置为在重复的时间间隔的开始时将驱动信号切换到断开的全桥的所有开关元件。特别地,每个开关元件可以是诸如绝缘栅双极型晶体管(IGBT)的晶体管,并且限制器可以被布置为在重复的时间间隔的开始时将基带/门控信号切换到0。

[0287] 在一些实施例中,频率控制器605可以包括开关桥,并且开关桥的至少一个开关被布置为在重复的时间间隔的开始时从包括发射线圈的谐振电路移除能量。开关可以特别地通过在重复的时间间隔的开始时允许电流从谐振电路流到电力信号发生器603来移除能量。

[0288] 特别地,在一些实施例中,频率转换器605可以包括用于生成驱动信号的开关桥,并且限制器607 可以被布置为通过立即改变开关桥的所有开关元件的驱动信号以断开所有开关元件来约束电力信号。因此,可以在重复的时间间隔的开始时基本上立即(比如说在5 μ s内)断开所有开关元件。开关元件可以特别地是例如具有内部二极管的FET或IGBT,并且开关元件可以布置成使得当所有开关元件断开时,至少一些内部二极管能够将电流从线圈传导到电源。

[0289] 例如,当快速改变的On_Off_zeroX信号从高切换到低时,开关S1和S3的门控驱动信号可以立即从与开关S1和S4的门控驱动信号异相改变到同相。附加地,所有门控驱动信号可以切换到对应于开关元件断开的信号电平(当启用信号变“低”以指示新的重复的时间间隔的开始时)。图19中示出了示例。

[0290] 图20图示了通过发射器线圈的所得电流 I_{ac_Tx} 的示例。通过发射器线圈的电流展示单个半波谐振行程并且然后变为0。在示例中,谐振槽的能量经由IGBT的并联二极管S1-S4在单个半波谐振行程期间朝向逆变器的输入滤波器(以及因此电力信号发生器)反馈回来。由于能量反馈回到输入滤波器,因而其将不会损耗,但是将对输入电容器 C_{in} 再充电,从而导致如图21中所示的电压 U_{dc_abs} 的小增加。

[0291] 在一些实施例中,限制器607可以被布置为在重复的时间间隔的开始时将电力耗散元件耦合到发射线圈。电力耗散元件可以特别地是电阻器,并且在许多实施例中,电力耗散元件可以跨发射线圈503直接耦合。电力耗散元件可以耦合到发射线圈103,使得其在耦

合到此时从包括发射线圈503的谐振电路耗散能量。

[0292] 图22图示了这样的实施例的示例。

[0293] 在示例中,开关SW1和以电阻器R1形式的电力耗散元件的串联连接被连接到发射器线圈的端子。该布置的目的是在重复的时间间隔的开始时吸收谐振槽中所存储的能量。通过在On_Off_zeroX信号转变成反映新的重复的时间间隔的开始时闭合开关SW1来实现此。这样,谐振槽中的残余能量由电阻器R1吸收,并且振铃是阻尼的。在示例中,通过电压信号“V_snubb”控制开关SW1。

[0294] 方法的附加优点在于,电阻性阻尼还将降低例如由寄生电容导致的系统中的较高频率振铃。

[0295] 图23图示了通过发射器线圈的电流Iac_Tx的示例。首先,与立即改变On_Off_zeroX信号相一致地禁止逆变器,即可以立即断开所有开关元件。转变时间是可忽略的。在相同事件处,使开关SW1处于传导状态,从而将电力耗散元件R1耦合到发射线圈。如可以看出的,在信号“V_snubb”转变的事件处,取决于R1和L_Tx,电流Iac_Tx以某个时间常量衰减到0。

[0296] 实际上,浮动开关SW1的驱动可以不是直接的。图24图示了其中电力耗散元件仅经由分离的开关元件耦合到发射线圈503的一侧的示例。在许多场景中,这可以提供更实际的实现方式,因为其可以避免使用浮动开关元件(未相对于固定电压,特别是地,切换的一个)。示例使用附加的接地MOSFET S5来耦合和解耦合电力耗散元件。因此,开关SW1的功能现在由接地开关S2和S5接管。通过在On_Off_zeroX信号变低时闭合开关S2和S5,谐振槽中的残余能量将由电阻器R1吸收。

[0297] 可以通过将电力耗散元件和S5连接到Cres1的端子获得类似结果,并且可以例如通过连同S5一起闭合开关S4而不是S2获得更实际的实现方式。

[0298] 在一些实施例中,电力耗散元件与发射线圈的耦合可以是感应式耦合。因此,能量可以在电力耗散元件中耗散,该电力耗散元件感应地耦合到发射线圈并且因此可以感应地,即经由电磁耦合,提取电力。

[0299] 图25中图示了这个的示例。在示例中,存储在磁场中的能量由紧密靠近且感应地耦合到发射器线圈L_Tx的可切换电阻磁性环路L_Taux吸收。通过电压信号“V_snubb”控制开关SW1。通过在On_Off_zeroX信号变“低”时闭合开关SW1,谐振槽中的残余能量将由电阻器R1吸收。图26图示了通过发射器线圈的所得电流Iac_Tx。在示例中,利用标准On_Off_zeroX信号禁止逆变器,并且借助于电压V_snubb将开关SW1切换到传导状态。

[0300] 在一些实施例中,电力耗散元件可以耦合到通信线圈,其感应地耦合到发射线圈。图27中示出了这样的布置的示例。

[0301] 图27图示了其中无线电力传送系统还包括通信线圈L_Tcom和L_Rcom的示例。线圈L_Tcom将典型地位于与发射线圈相同的磁平面内,并且因此也可能出于能量吸收目的而使用该已经存在的线圈。通过正好在On_Off_zeroX信号变低之后闭合低电压开关S5,谐振槽中的残余能量将由电阻器R1吸收。

[0302] 其中借助于通信线圈L_Tcom使发射器线圈L_Tx电阻短接的发射器波形对应于使用单独耦合的线圈L_Taux的情况。

[0303] 在先前的示例中,振荡/振铃在电力发射器侧处降低。然而,可替换地或附加地,振

荡/振铃可以在电力接收器侧处降低。

[0304] 特别地,图28和29图示了两个不同负载条件下的接收器线圈电流 I_{ac_Rx} 的示例。图28图示了在稳定状态条件下负载为马达的情况下的电力接收器电流 I_{ac_Rx} 的示例。

[0305] 在原始电力发射器AC信号的零交叉附近,接收器电流是0。这是由于以下事实:在零交叉附近,跨接收器线圈的电压比旋转电压更小,并且因此没有电流将流过HF整流器。由于马达电流在市电电压的零交叉附近已经是0,因而不需要采取特殊措施来降低振铃或增加zeroX窗口。

[0306] 图29图示了在马达从0 rpm启动时的接收器线圈电流 I_{ac_Rx} 。由于马达的旋转电压是零,因而在市电电压的零交叉附近的电流间隙小得多。当On_Off_ZeroX信号改变时,接收器电流 I_{ac_Rx} 不是0,并且因此这限制零交叉的有效时间窗口。换句话说,一些振铃在On_Off_ZeroX信号改变之后发生。

[0307] 在一些实施例中,限制器607可以被布置为在重复的时间间隔的开始时将电力耗散元件耦合到接收线圈。电力耗散元件可以特别地是电阻器,并且在许多实施例中,电力耗散元件可以跨接收线圈503直接耦合。电力耗散元件可以耦合到接收线圈507,使得其在耦合到此时从包括接收线圈507的谐振电路耗散能量。

[0308] 图30图示了这样的实施例的示例。

[0309] 在示例中,开关SW2和以电阻器R2形式的电力耗散元件的串联连接被连接到接收器线圈的端子。该布置的目的是在重复的时间间隔的开始时吸收谐振槽中所存储的能量。这可以通过在On_Off_zeroX信号转变成反映新的重复的时间间隔的开始时闭合开关SW2来实现。这样,谐振槽中的残余能量由电阻器R2吸收,并且振铃是阻尼的。在示例中,通过电压信号“V_snubb”控制开关SW2。

[0310] 图31图示了通过电力接收器线圈的电流 I_{ac_Rx} 的示例。首先,利用标准On_Off_zeroX信号禁止逆变器。转变时间是可忽略的。同时,将开关SW2切换到传导状态,从而将电力耗散元件R2耦合到接收器线圈。如可以看出的,在信号“V_snubb”转变的事件处,取决于R2和 L_{Rx} ,电流 I_{ac_Rx} 以某个时间常量衰减到0。

[0311] 实际上,浮动开关SW2的驱动可以不是直接的。图32图示了其中电力耗散元件使用附加的接地开关S5(特别地是MOSFET)耦合到接收线圈的示例。浮动开关SW2的功能现在由开关S5接管。通过在On_Off_zeroX信号变低时闭合开关S5,谐振槽中的残余能量将由电阻器R2吸收。

[0312] 图33中示出了耦合到接收线圈的电力耗散元件的另一示例。在该示例中,耦合不是通过将开关和电力耗散元件直接连接到接收线圈,而是这些经由电容器Cres2耦合到接收线圈。

[0313] 在该示例中,SW2和电阻器R2的串联连接特别地连接到HF整流器的输入端子。然而,该操作等价于图30的示例的操作。

[0314] 图34中图示了又一示例。示例对应于图33的那个,但是避免使用浮动开关元件。在图35中提供了另一示例,其中开关元件Sw2和电阻器R2跨电容器Cres2之一耦合,所述电容器Cres2是包括接收线圈的谐振电路的一部分。图36图示了避免使用浮动开关的对应示例。

[0315] 在一些实施例中,电力耗散元件与电力接收器线圈的耦合可以是感应式耦合。因此,能量可以在电力耗散元件中耗散,该电力耗散元件感应地/电磁地耦合到接收器线圈并

且因此可以感应地,即经由电磁耦合,提取电力。

[0316] 图37中图示了这个的示例。在示例中,存储在磁场中的能量由紧密靠近且感应地耦合到电力接收器线圈L_{Rx}的可切换电阻磁性环路L_{Raux}吸收。通过电压信号“V_{snubb}”控制开关SW2。通过在On_Off_zeroX信号变“低”时闭合开关SW2,谐振槽中的残余能量将由电阻器R2吸收。

[0317] 图38图示了通过电力接收器线圈的所得电流I_{ac_Rx}。在示例中,利用标准On_Off_zeroX信号禁止逆变器,并且借助于电压V_{snubb}将开关SW2切换到传导状态。

[0318] 在一些实施例中,电力耗散元件可以耦合到通信线圈,其感应地耦合到电力接收器线圈。图39中示出了这样的布置的示例。

[0319] 图39图示了其中无线电力传送系统还包括通信线圈L_{Tcom}和L_{Rcom}的示例。线圈L_{Rcom}将典型地位于与电力接收器线圈相同的磁平面内,并且因此还可能出于能量吸收目的而再使用该线圈。通过在On_Off_zeroX信号变低时闭合低电压开关S7,谐振槽中的残余能量将由电阻器R2吸收。

[0320] 其中借助于通信线圈L_{Rcom}使接收器线圈L_{Rx}电阻短接的发射器波形将直接对应于使用单独耦合的线圈L_{Raux}的情况。

[0321] 将理解到,尽管先前的描述提供用于降低振铃的许多不同方法,但是所述方法不是互相排斥的。因此,在许多实施例中,可以应用所描述的示例的组合。

[0322] 示例组合可以是引入以下功能:

[0323] ·将zero-on-off信号逐渐地改变到0以降低EMC问题;

[0324] ·完全断开逆变器以将剩余能量存储在逆变器的输入处的输入电容器C_{in}中;

[0325] ·通过使接收器线圈L_{Rx}、HF整流器的输入端子和C_{res2}的端子(D5、D6、D7、R5、R6、S6)电阻短接降低接收器处的剩余振铃;以及

[0326] ·通过使耦合的发射器通信线圈L_{Rcom}(R5,S5)电阻短接降低接收器处的剩余振铃。

[0327] 图40中提供了这样的实施例的示例。在示例中,利用经修改的On_Off_zeroX信号禁用逆变器,从而提供逐渐转变。当经修改的On_Off_zeroX信号为“低”时,通过将门控信号设定在0伏特处而完全断开四个开关S1-S4。通过电压信号“V_{snubb}”控制开关S5和S6。图41图示了该示例系统的仿真结果。如可以看出的,在启用信号变低之后不久,I_{ac_Tx}和I_{ac_Rx}二者未示出振铃。

[0328] 将理解到,出于清晰的以上描述已经参考不同功能电路、单元和处理器描述了本发明的实施例。然而,将明显的是,可以在不减损本发明的情况下使用不同功能电路、单元或处理器之间的功能性的任何适合分布。例如,可以通过相同处理器或控制器执行被图示为由分离的处理器或控制器执行的功能性。因此,对特定功能单元或电路的引用仅被视为是对用于提供所描述的功能性的适合装置的引用而不是指示严密的逻辑或物理结构或组织。

[0329] 本发明可以以包括硬件、软件、固件或这些的任何组合的任何适合形式实现。本发明可以可选地至少部分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。可以以任何适合的方式物理地、功能地和逻辑地实现本发明的实施例的元件和部件。实际上,功能性可以在单个单元中、多个单元中或作为其它功能单元的一部分而实

现。同样地,本发明可以实现在单个单元中,或者可以物理地和功能地分布在不同单元、电路和处理器之间。

[0330] 虽然已经结合一些实施例描述了本发明,但是其不旨在限于本文所阐述的特定形式。而是,本发明的范围仅由随附权利要求限制。附加地,虽然特征可能看起来是结合特定实施例而描述的,但是本领域技术人员将认识到,根据本发明可以组合所描述的实施例的各种特征。在权利要求中,术语包括不排除其它元件或步骤的存在。

[0331] 而且,虽然单独地列出,但是可以通过例如单个电路、单元或处理器实现多个装置、元件、电路或方法步骤。附加地,虽然各个特征可以包括在不同权利要求中,但是这些可以可能地有利组合,并且不同权利要求中的包括不隐含特征的组合不是可行和/或有利的。而且,一个类别的权利要求中的特征的包括不隐含限于该类别,而是指示特征适当地同样适用于其它权利要求类别。而且,权利要求中的特征的顺序不隐含特征必须按其工作的任何特定顺序,并且特别地,方法权利要求中的各个步骤的顺序不隐含必须以该顺序执行步骤。而是,可以以任何适合的顺序执行步骤。另外,单数引用不排除多个。因此,对“一”、“一个”、“第一”、“第二”等的引用不排除多个。权利要求中的参考标记仅提供为澄清示例而不应当解释为以任何方式限制权利要求的范围。

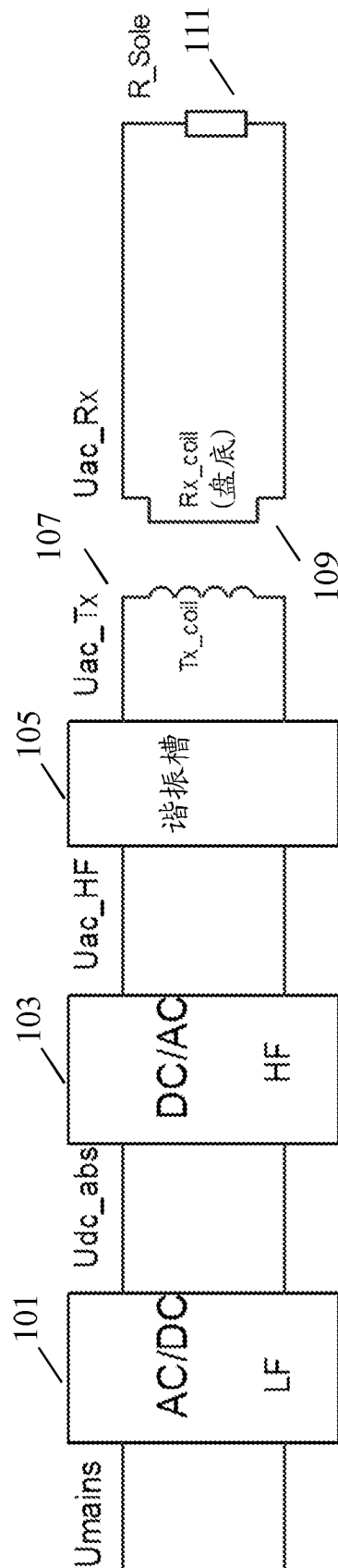


图 1

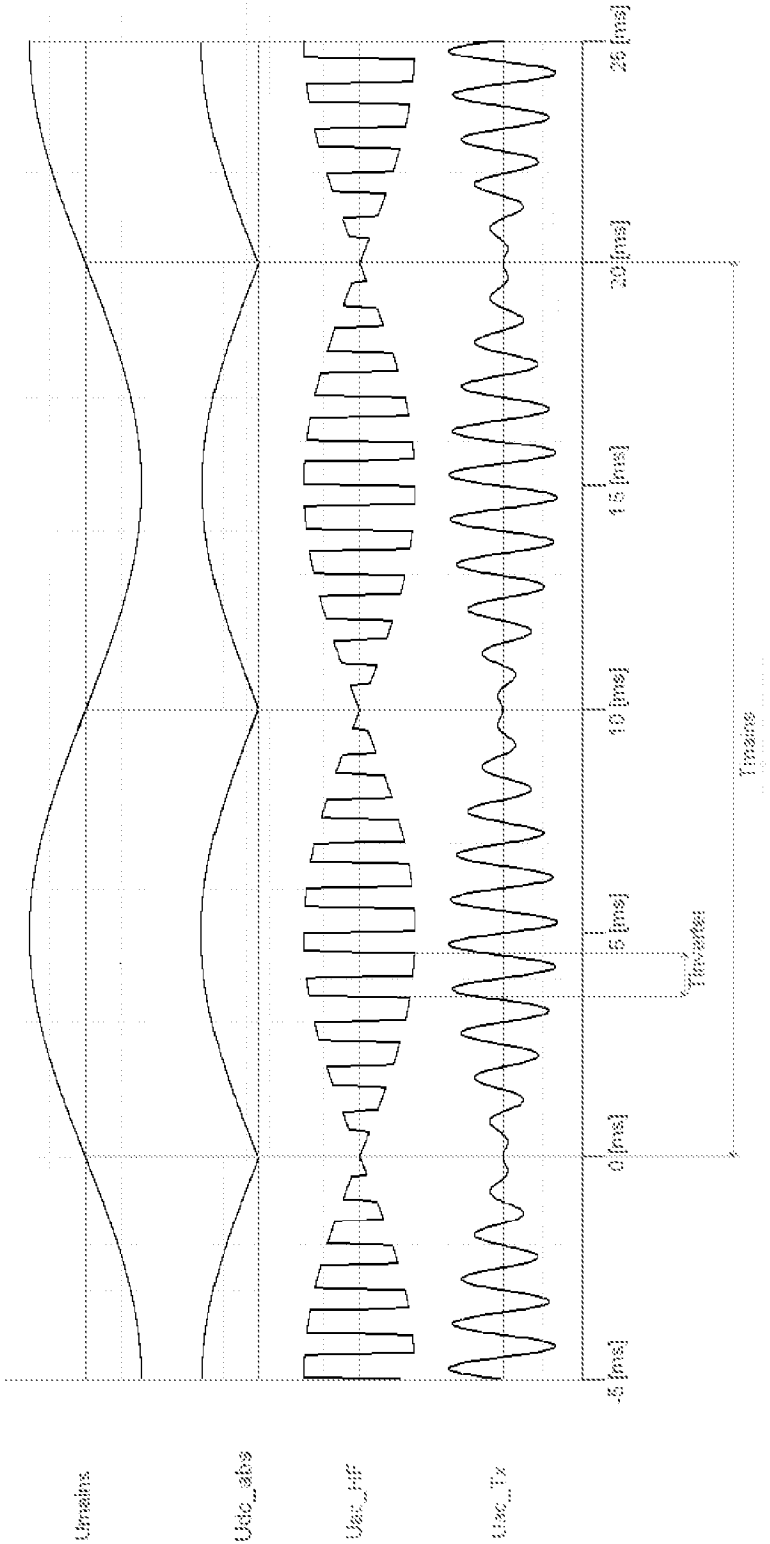


图 2

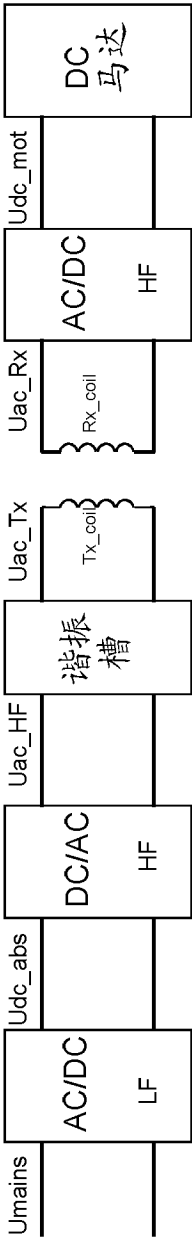


图 3

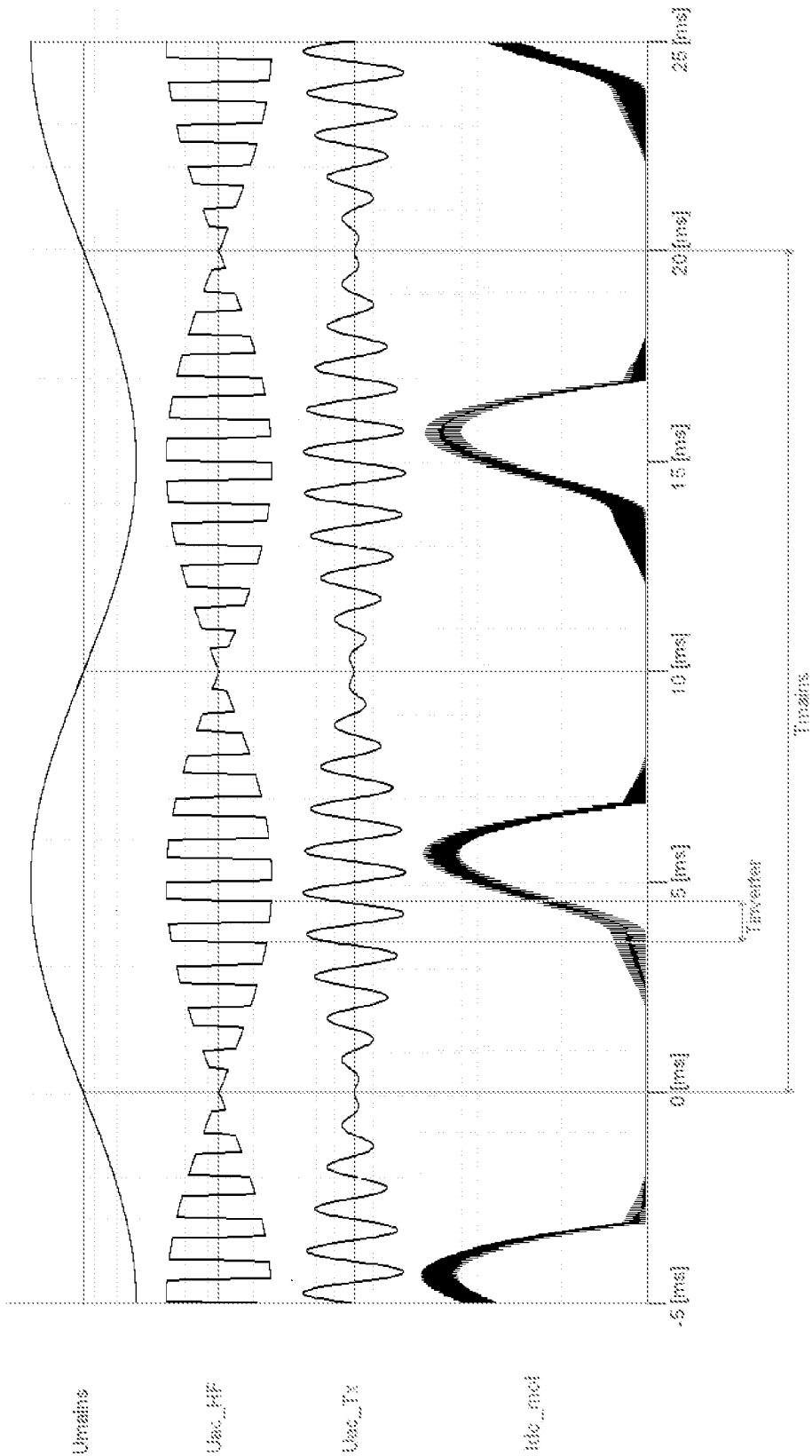


图 4

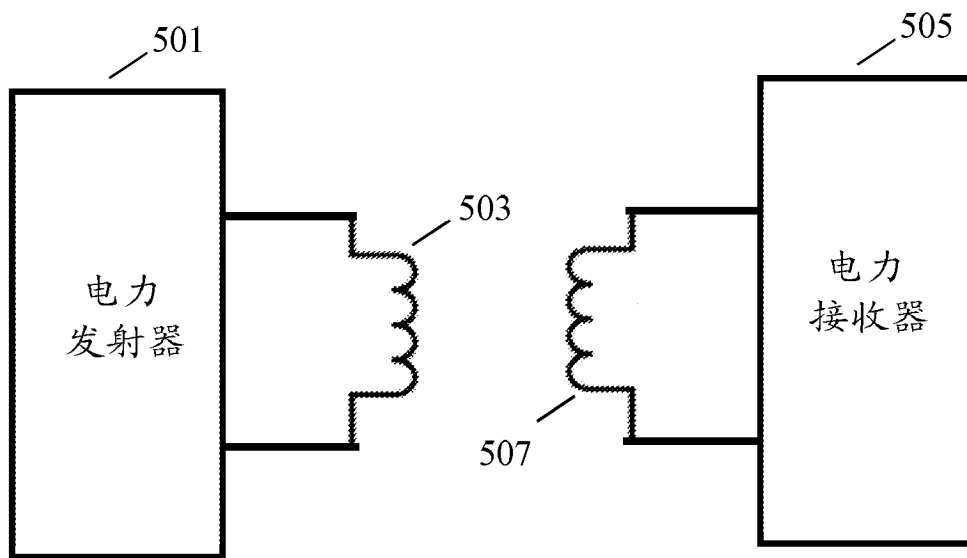


图 5

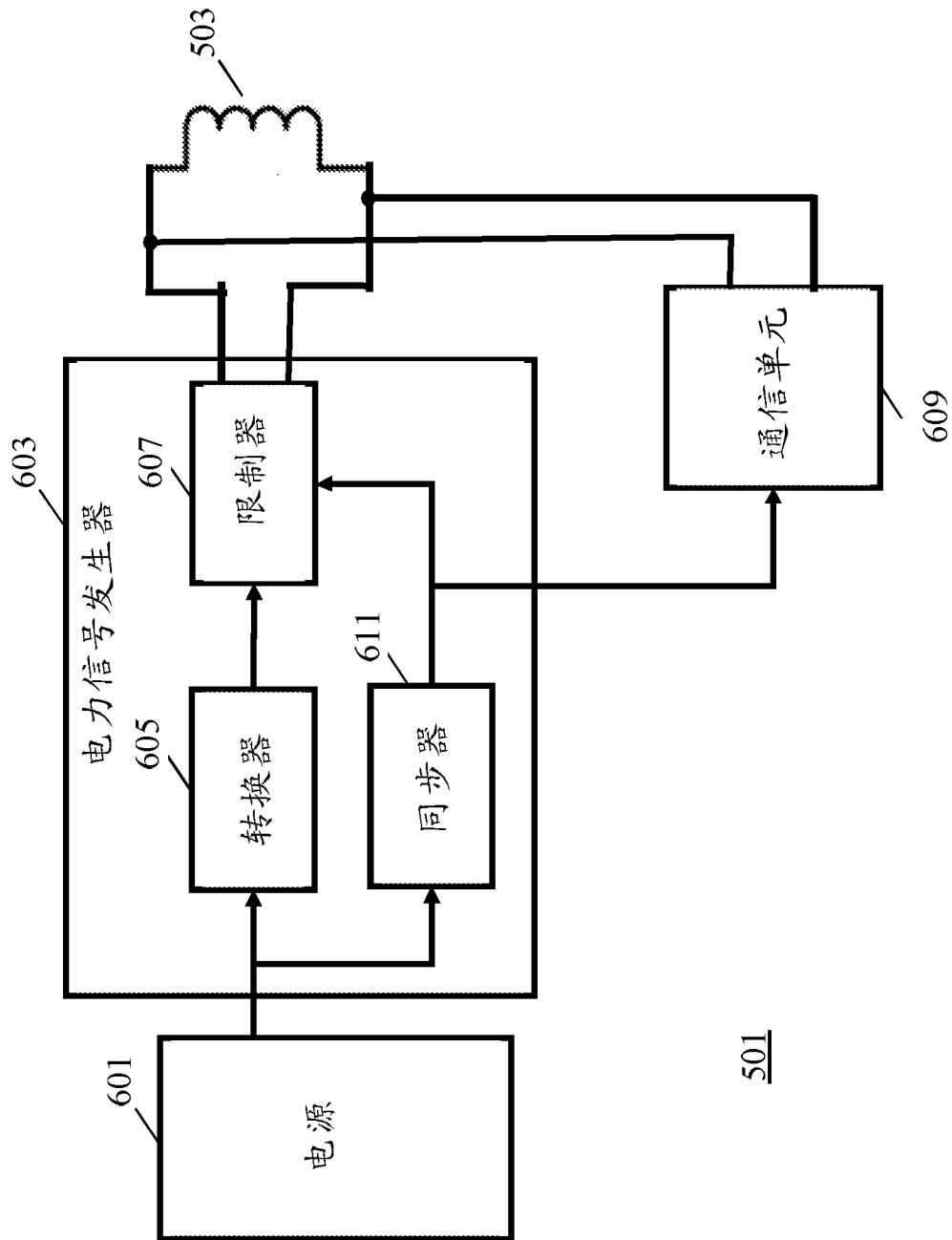


图 6

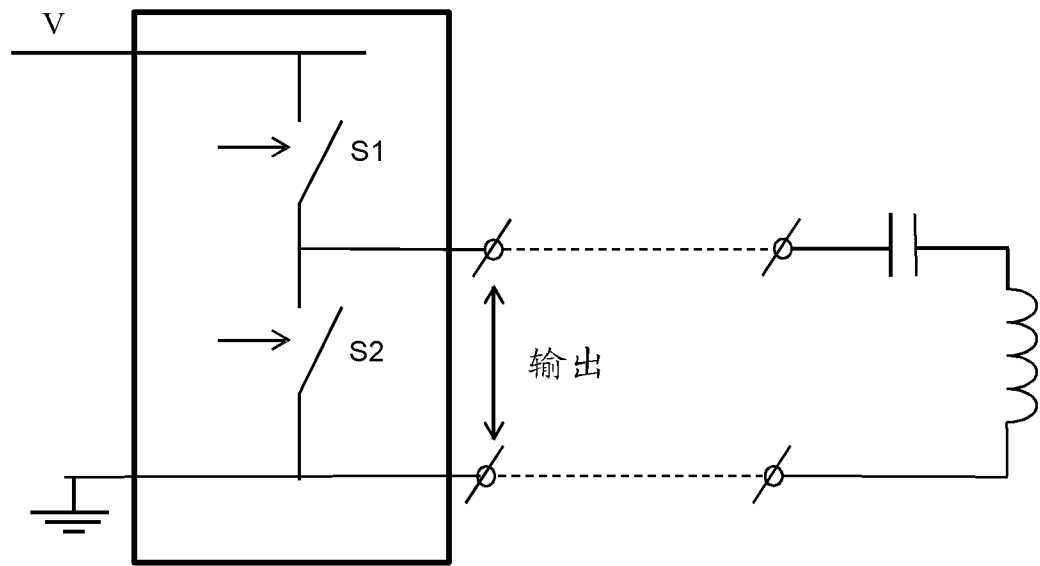


图 7

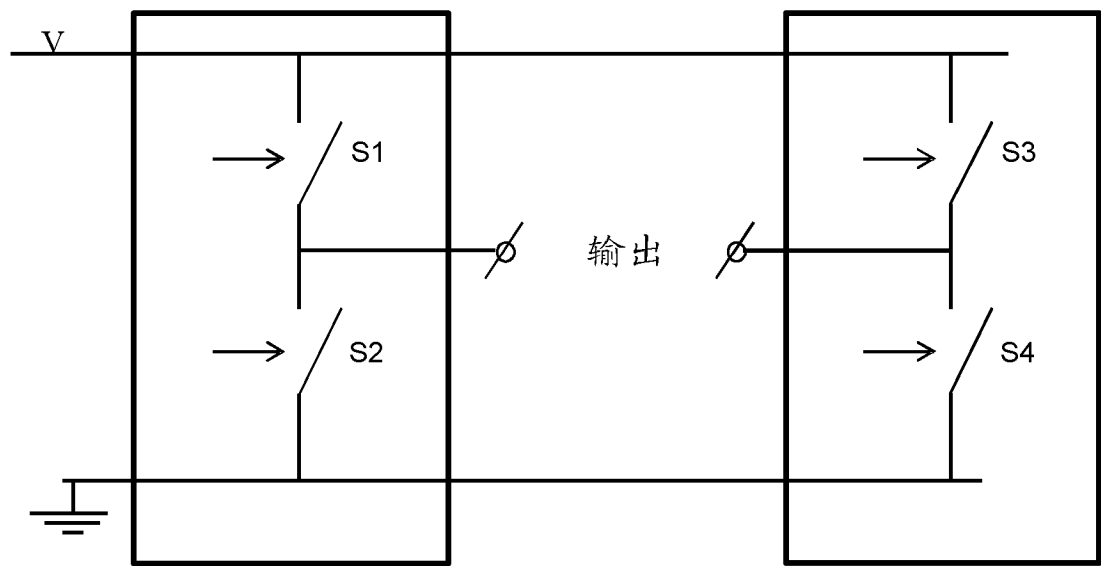


图 8

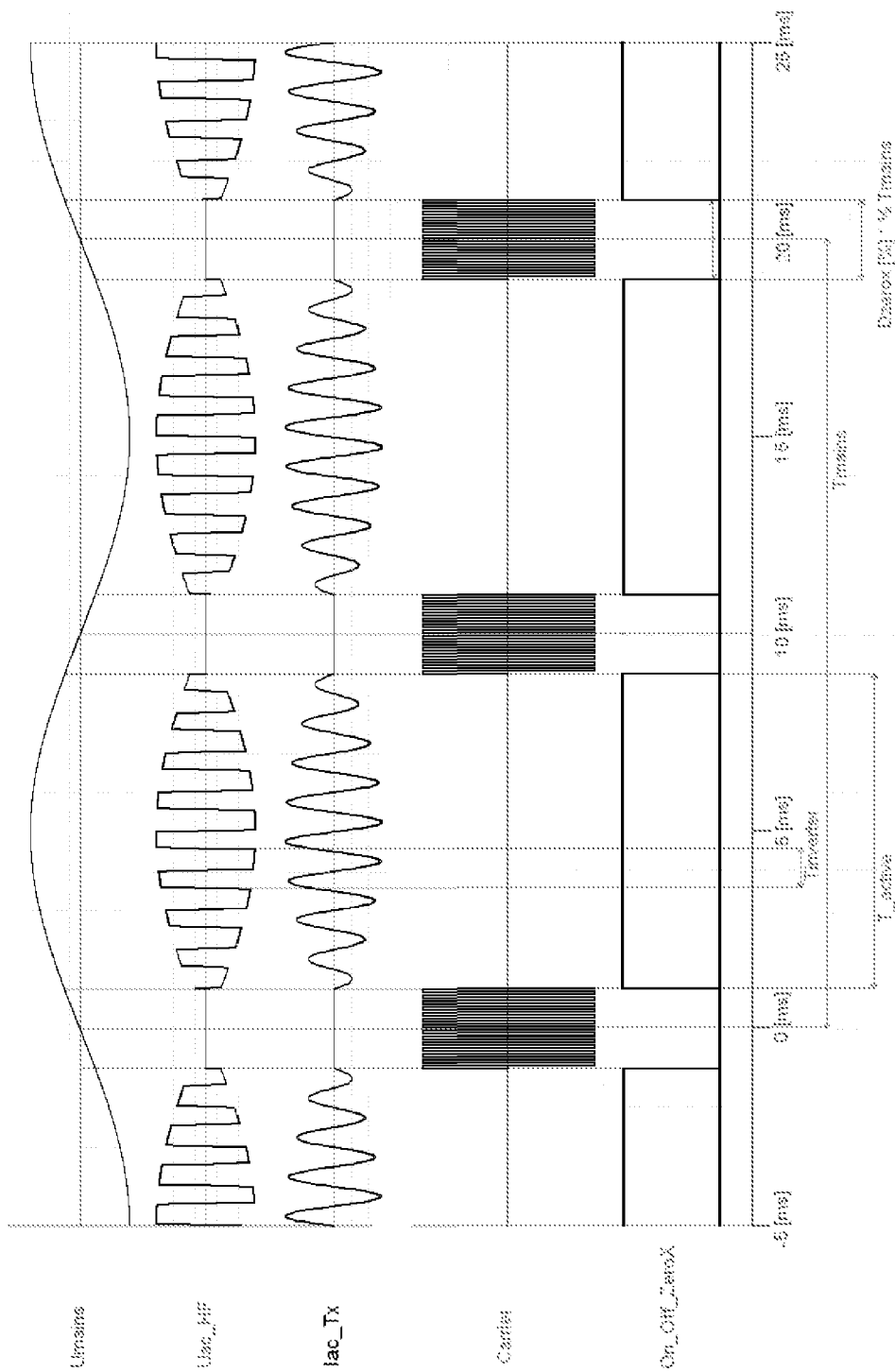


图 9

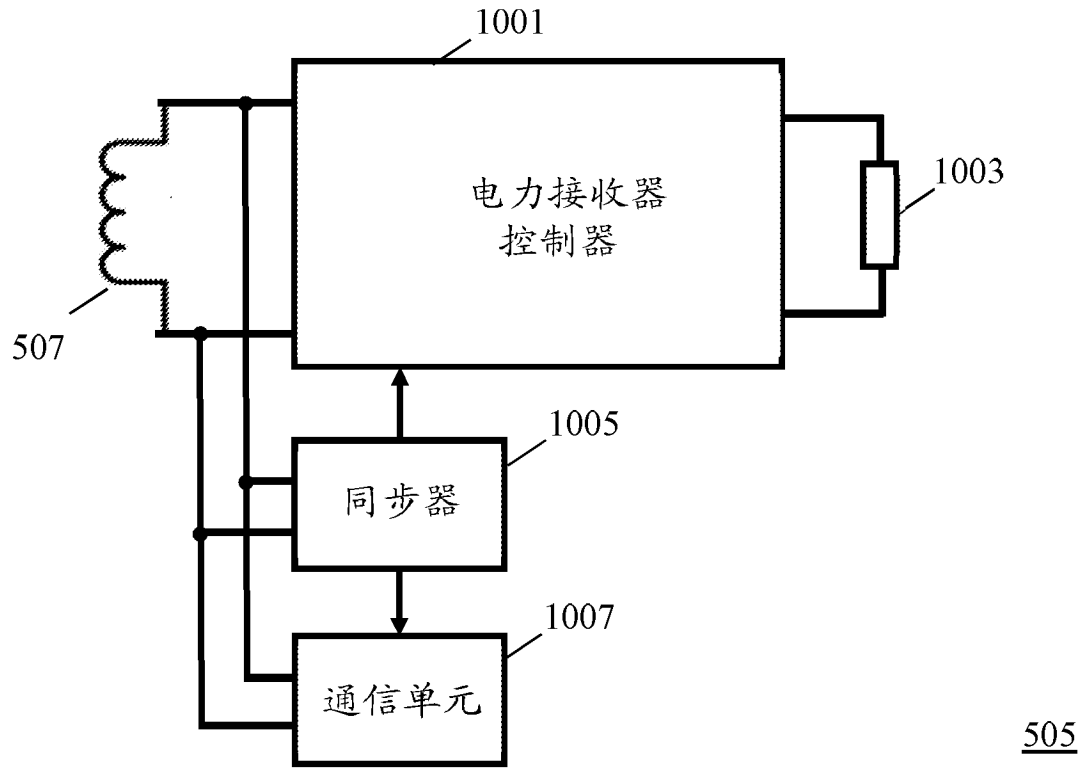


图 10

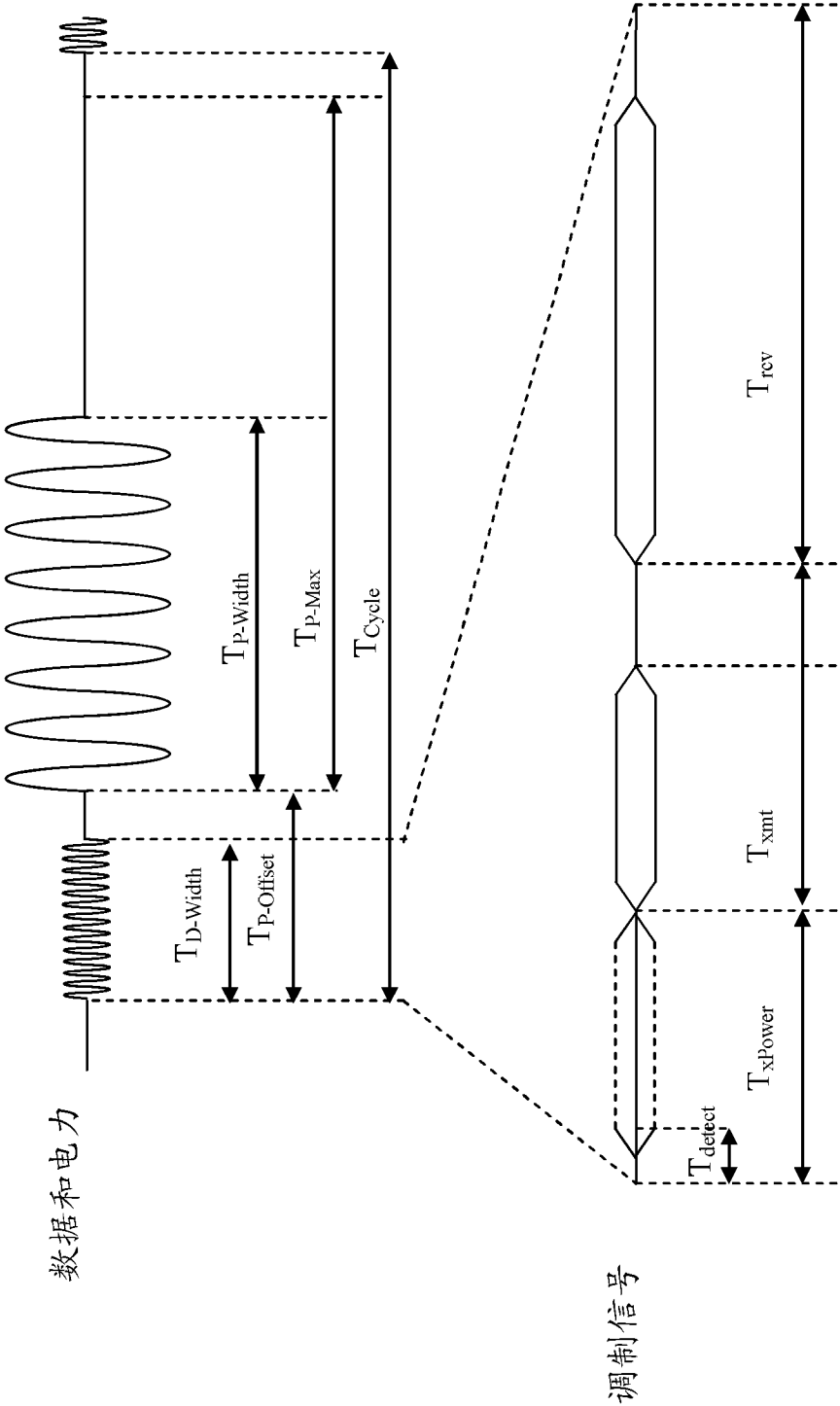


图 11

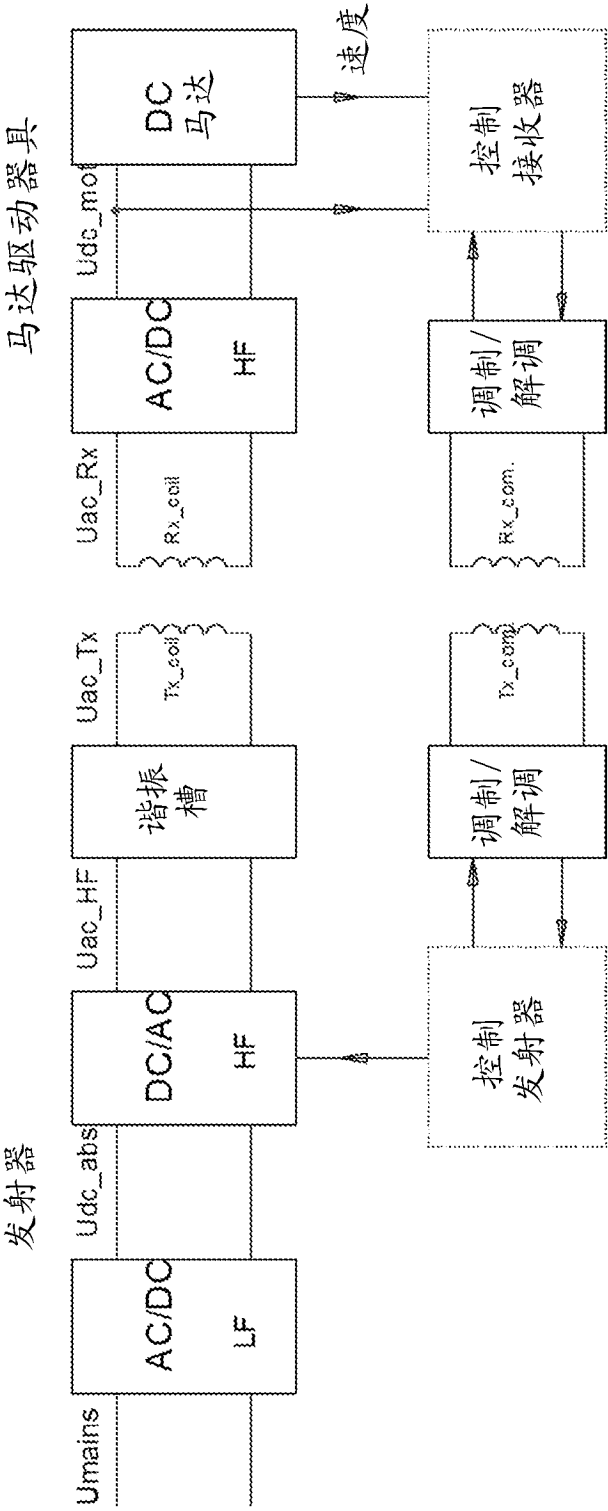


图 12

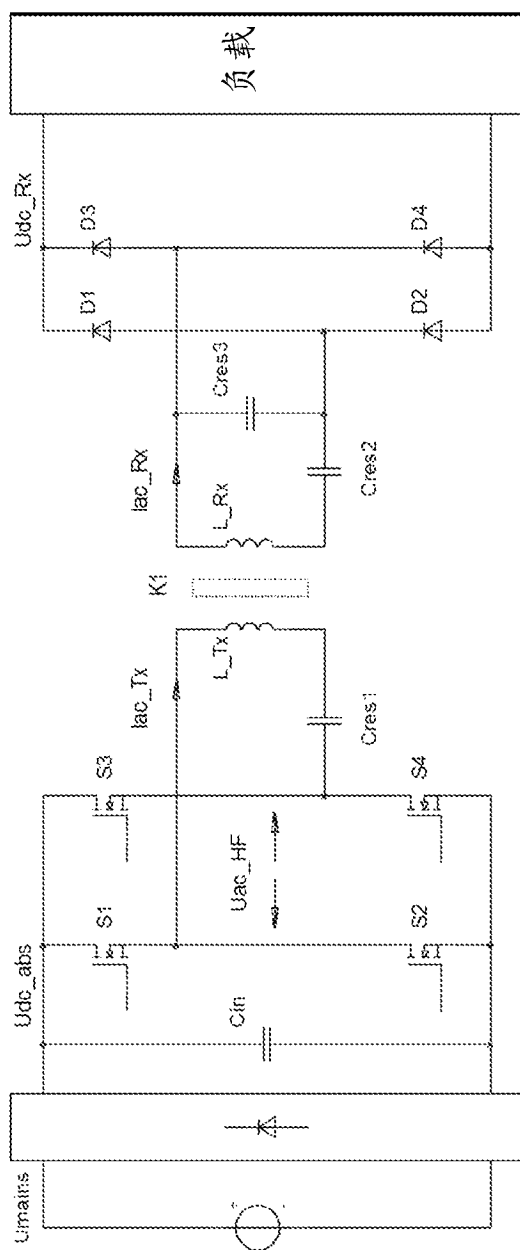


图 13

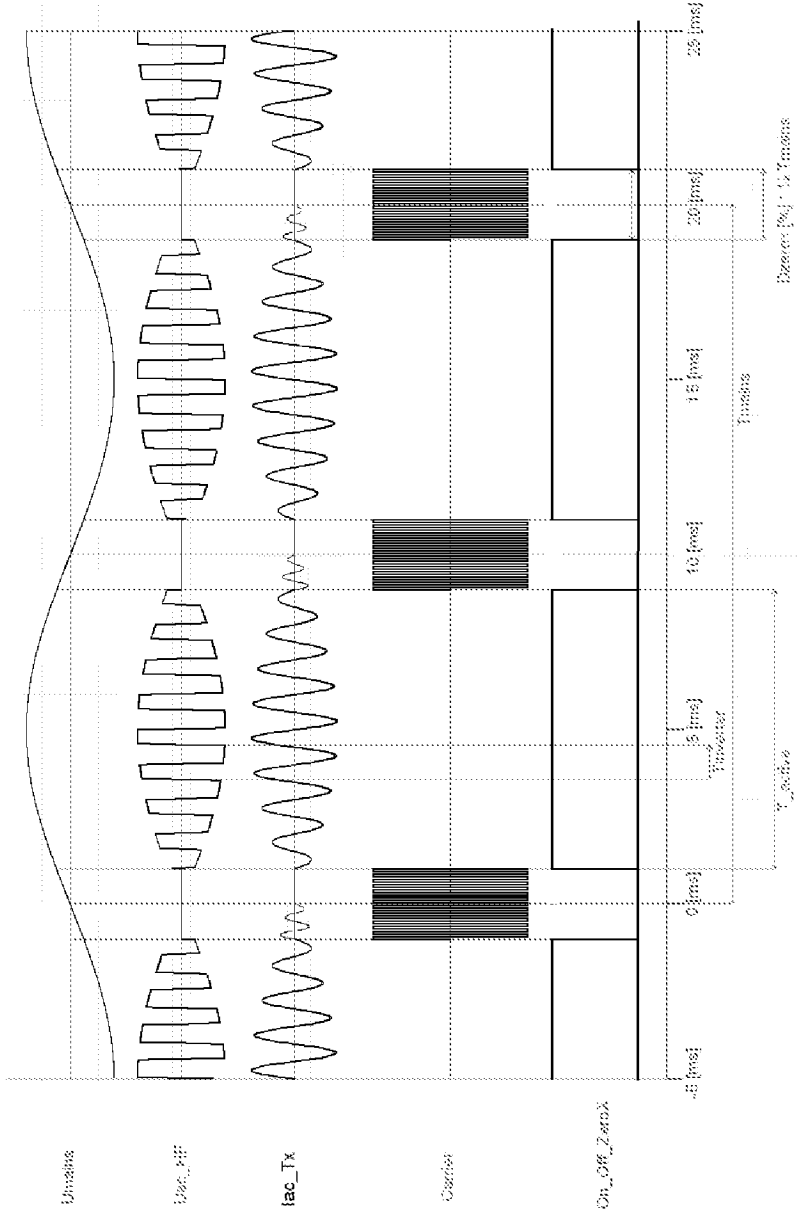


图 14

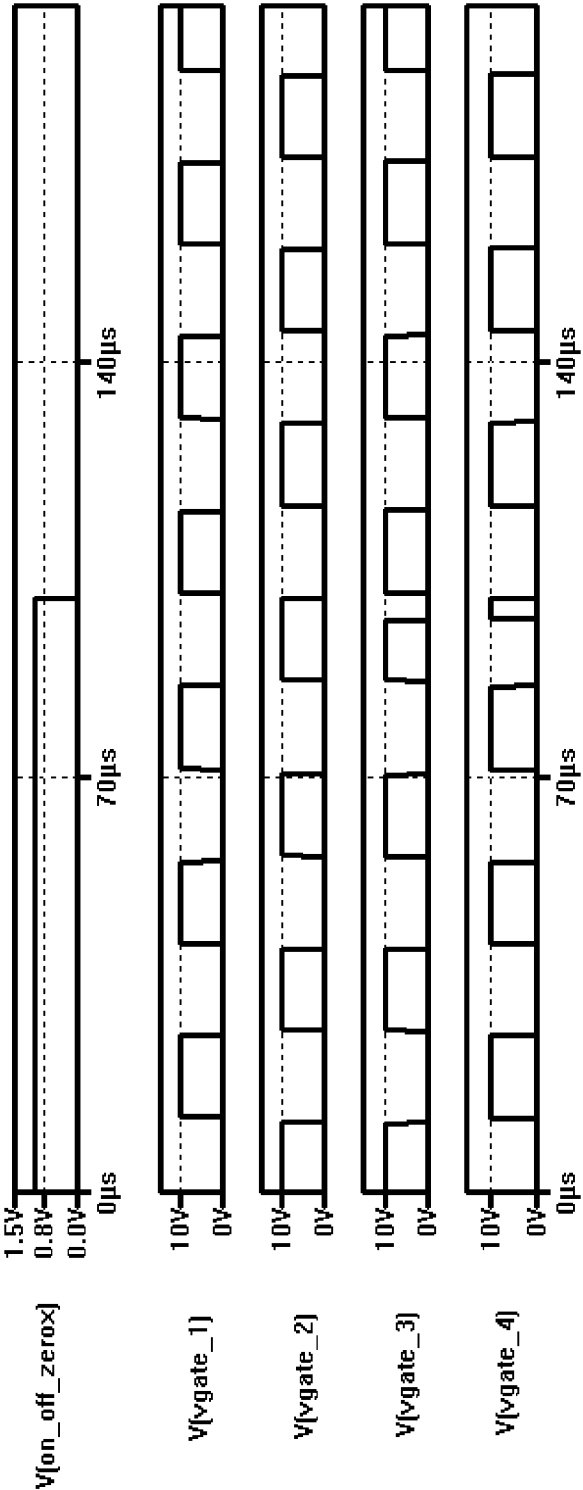


图 15

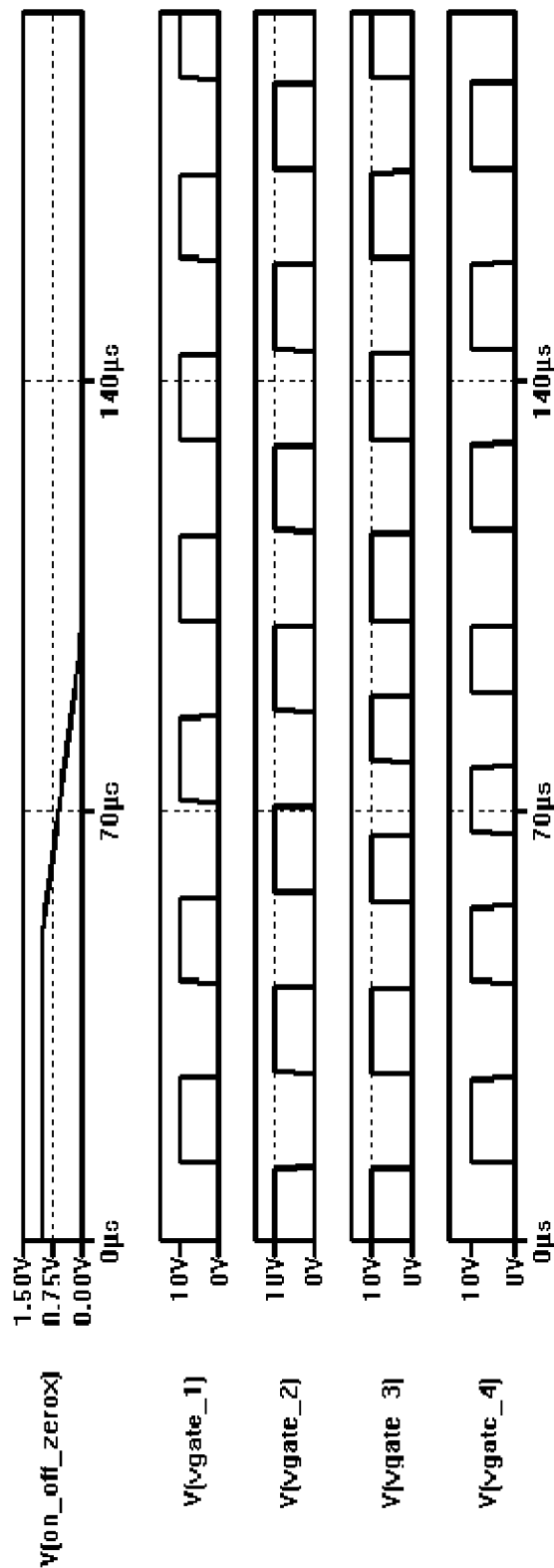


图 16

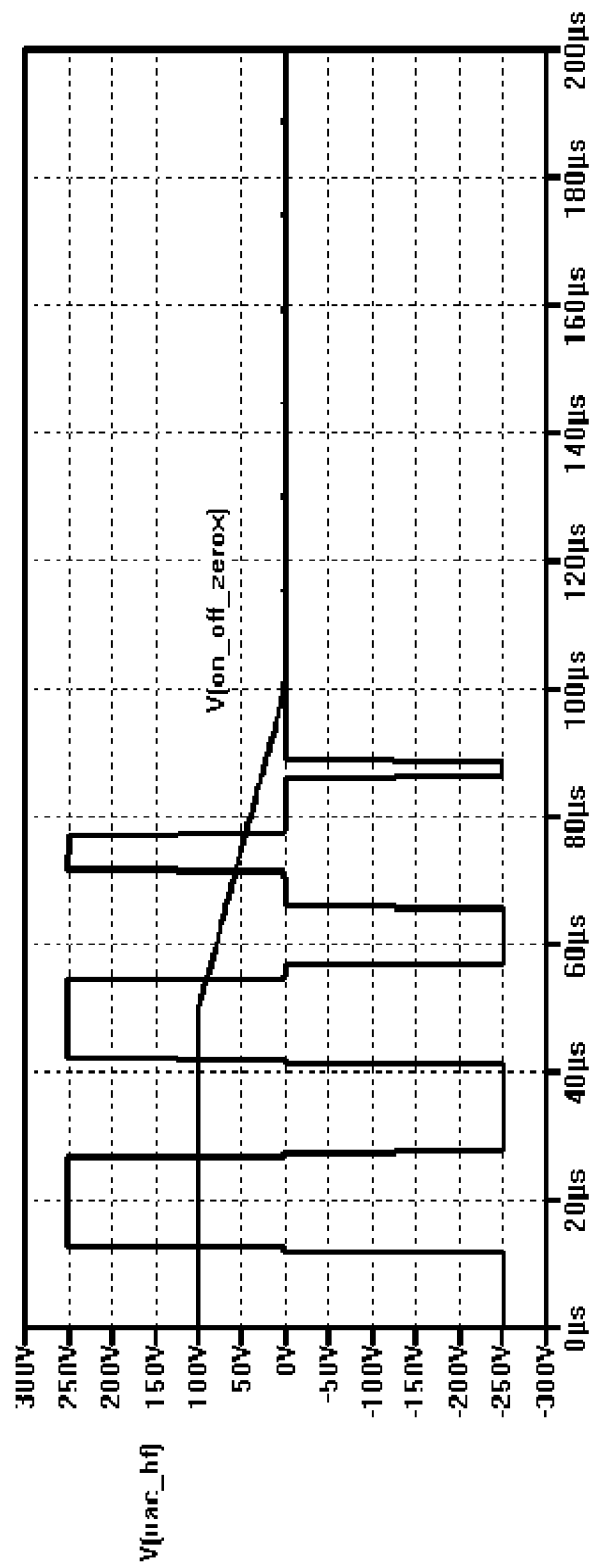


图 17

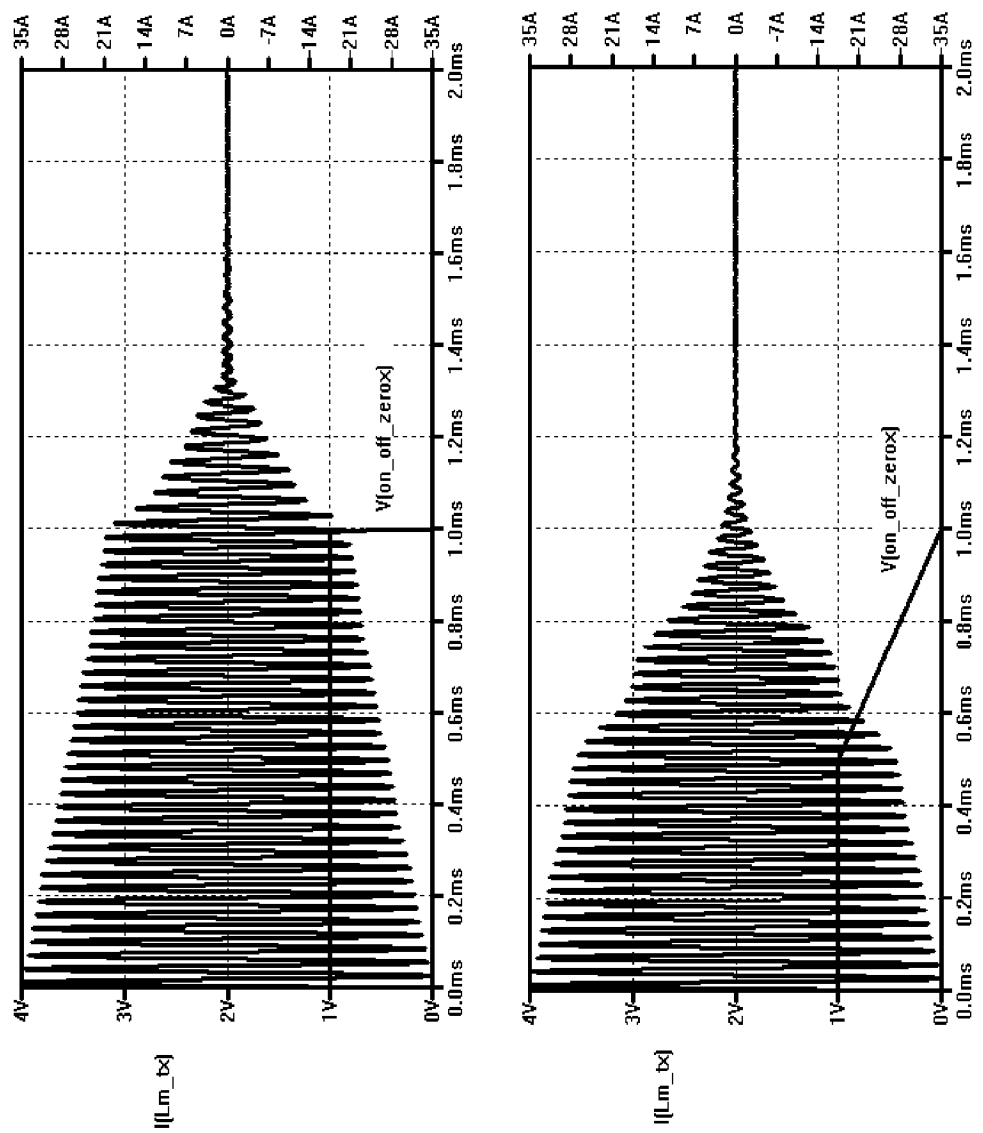


图 18

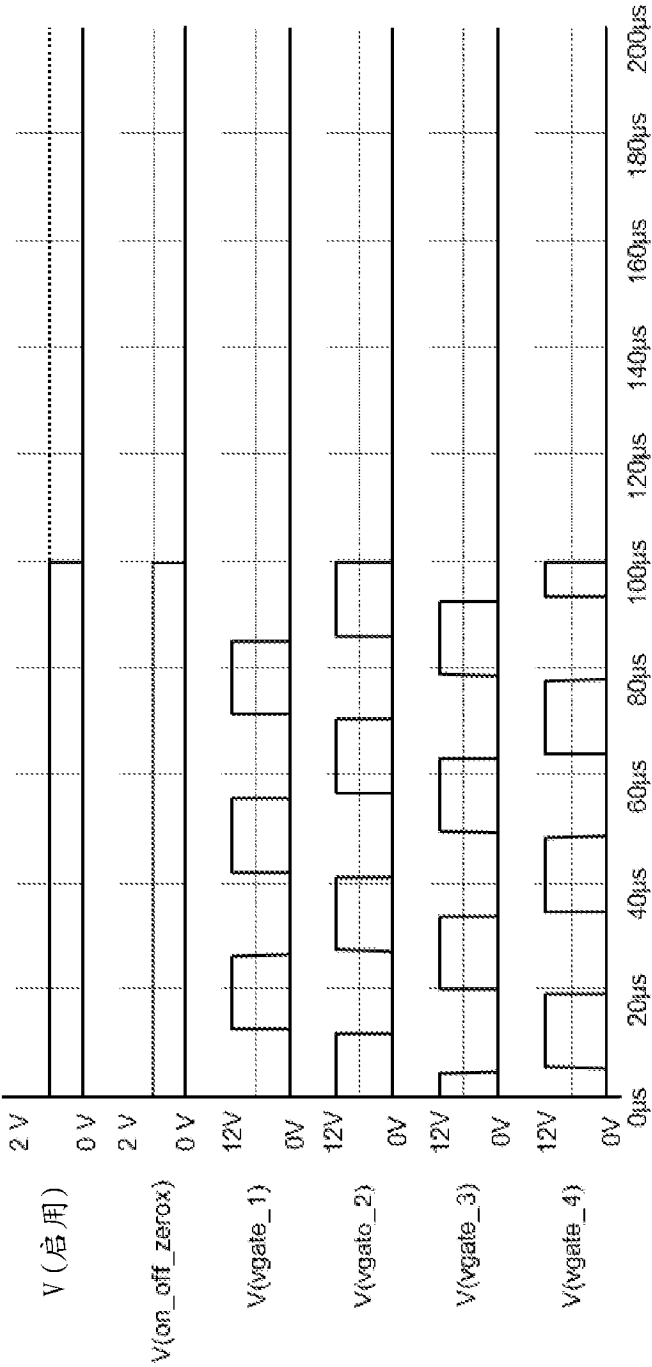


图 19

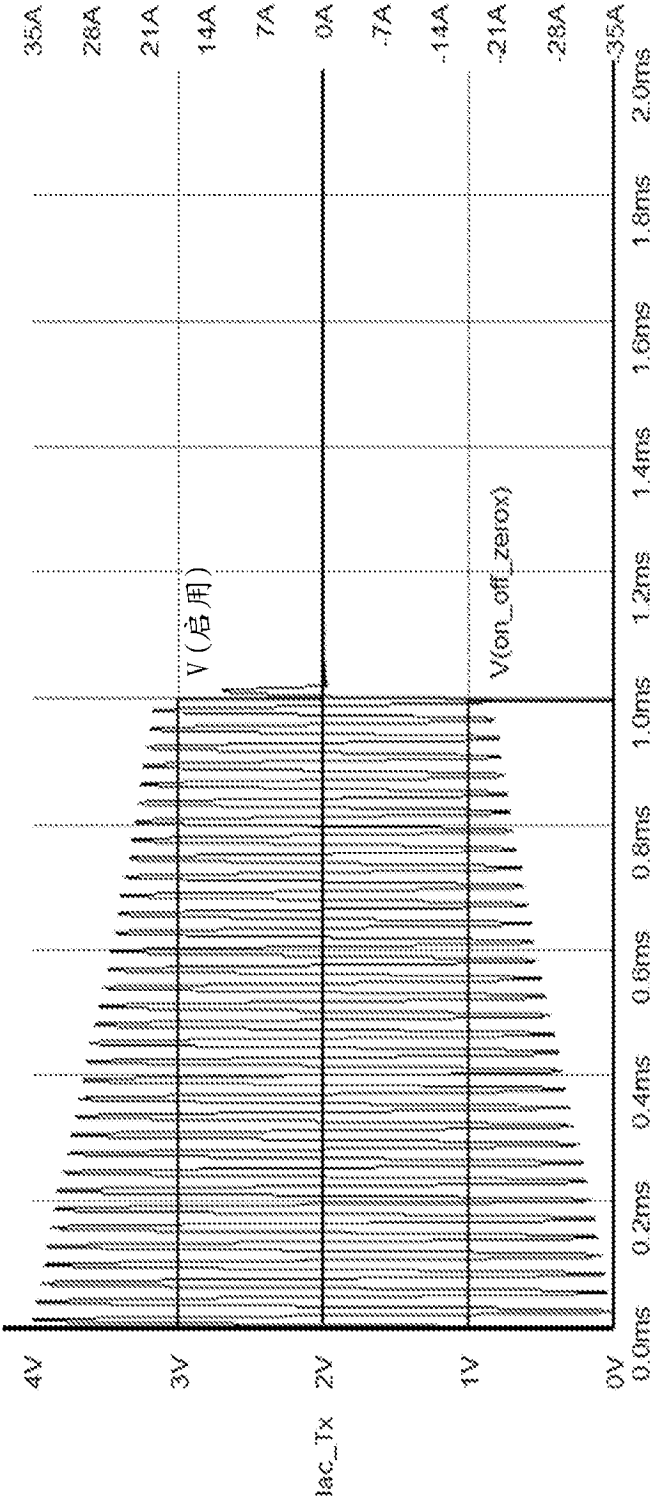


图 20

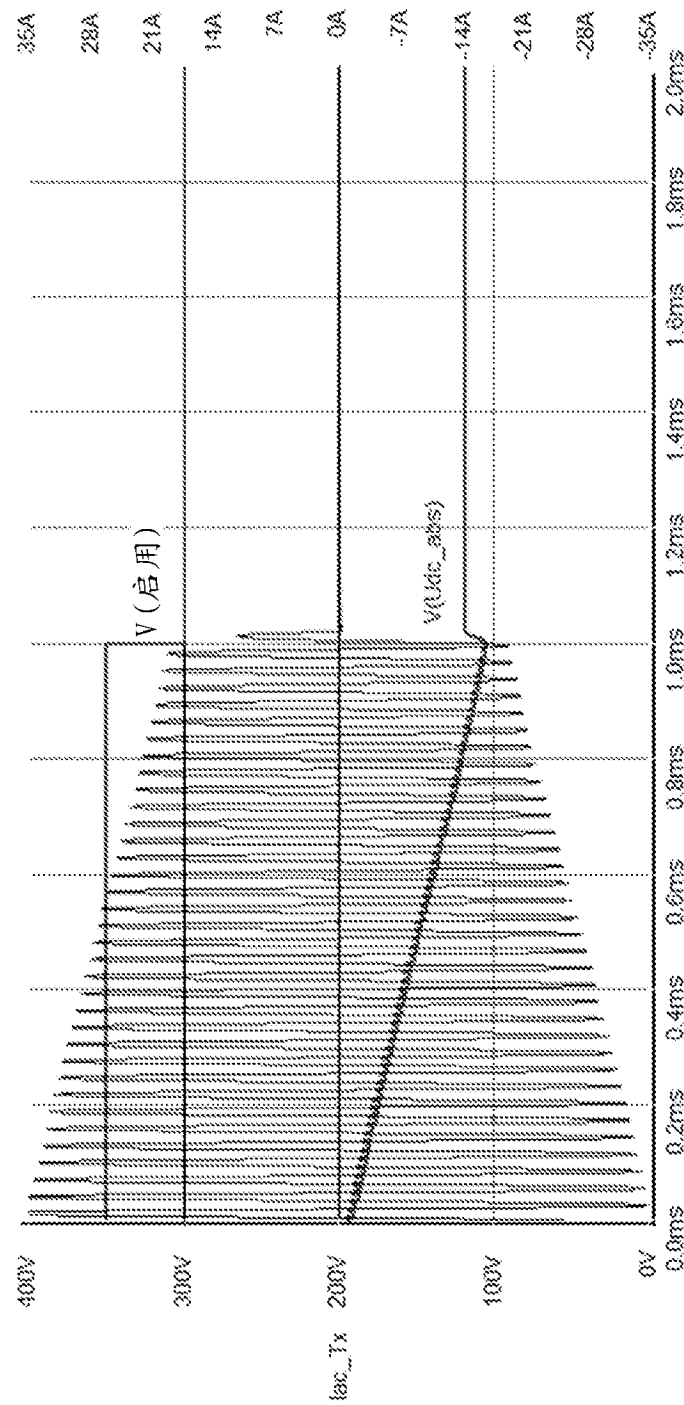


图 21

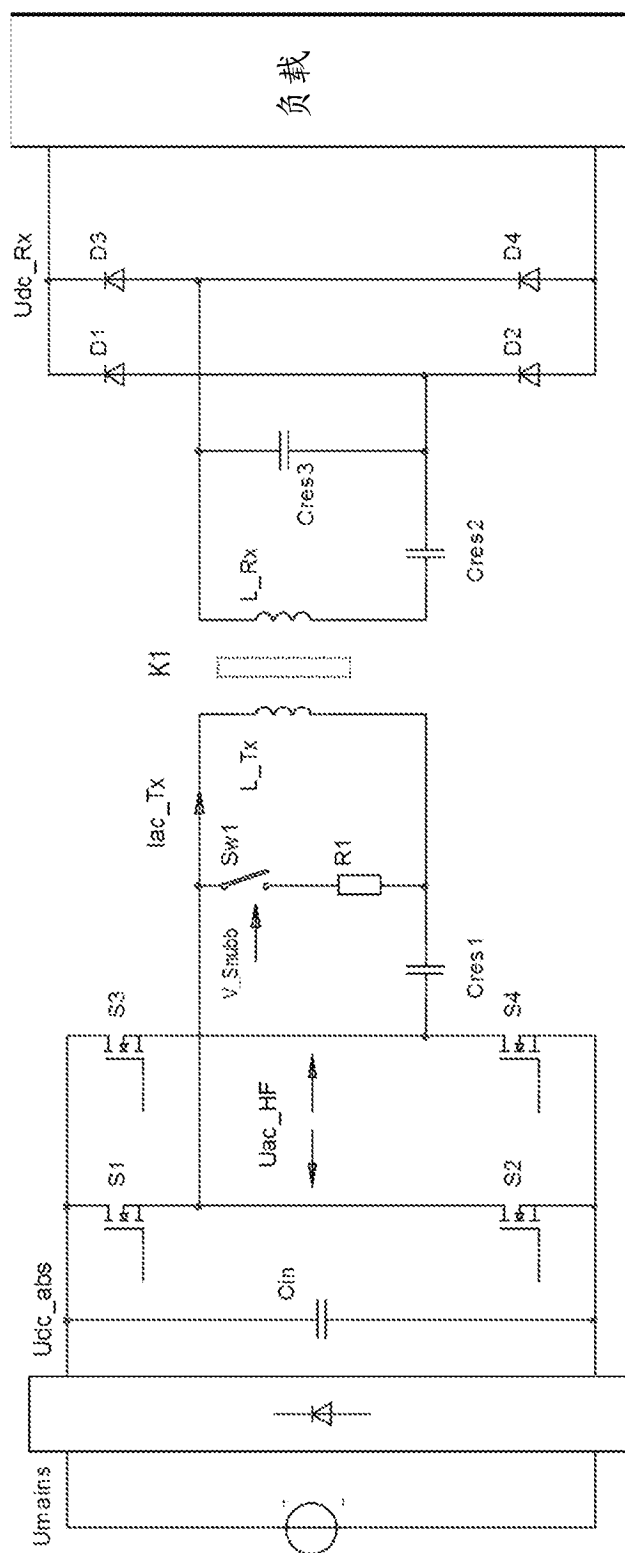


图 22

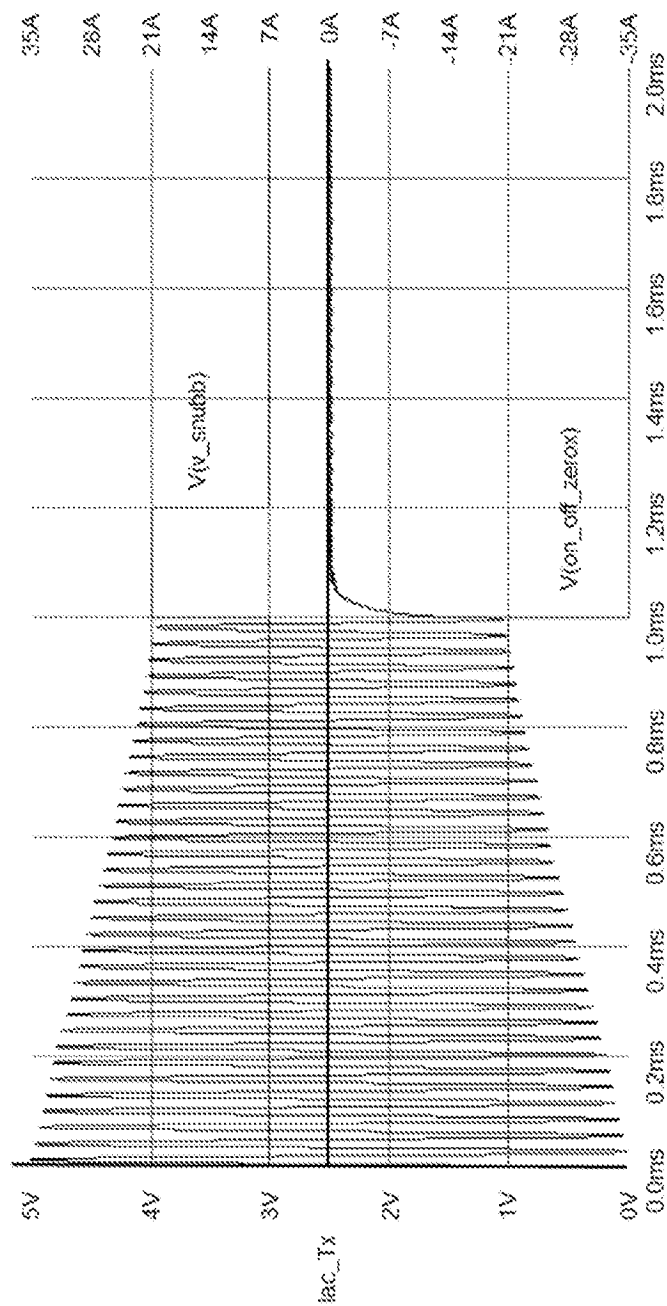


图 23

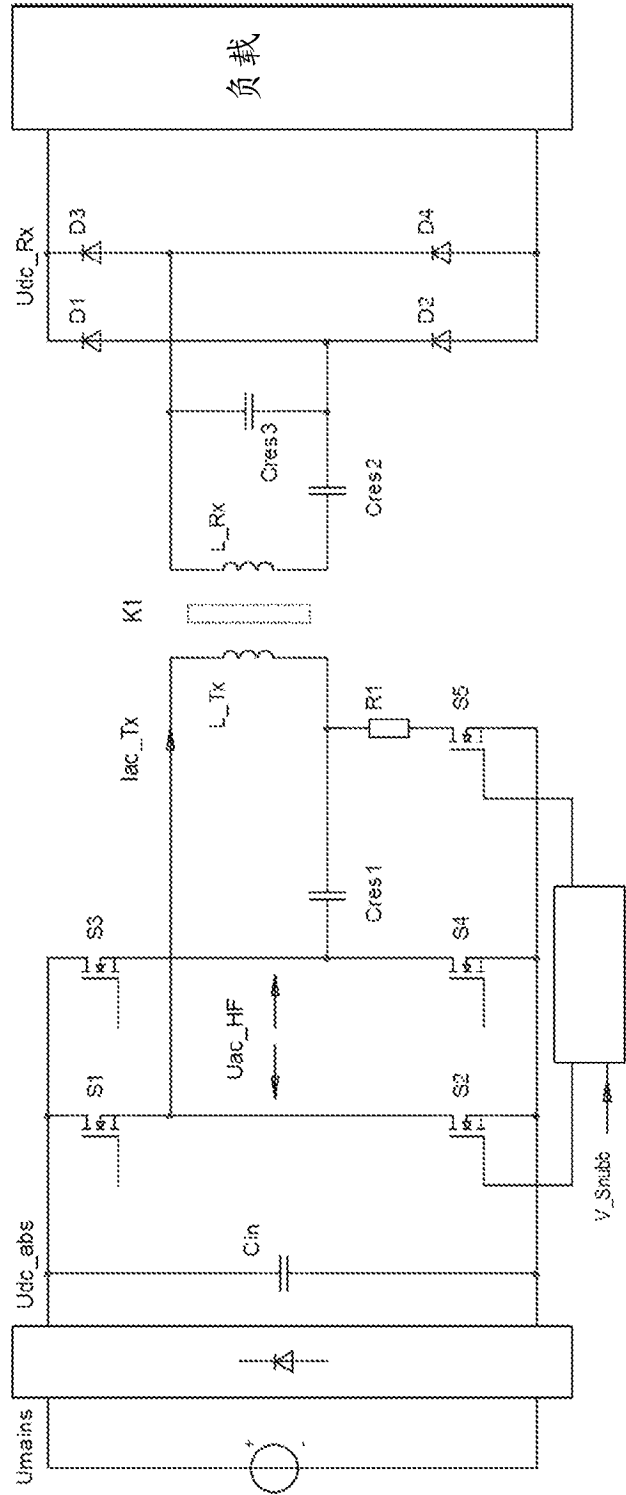


图 24

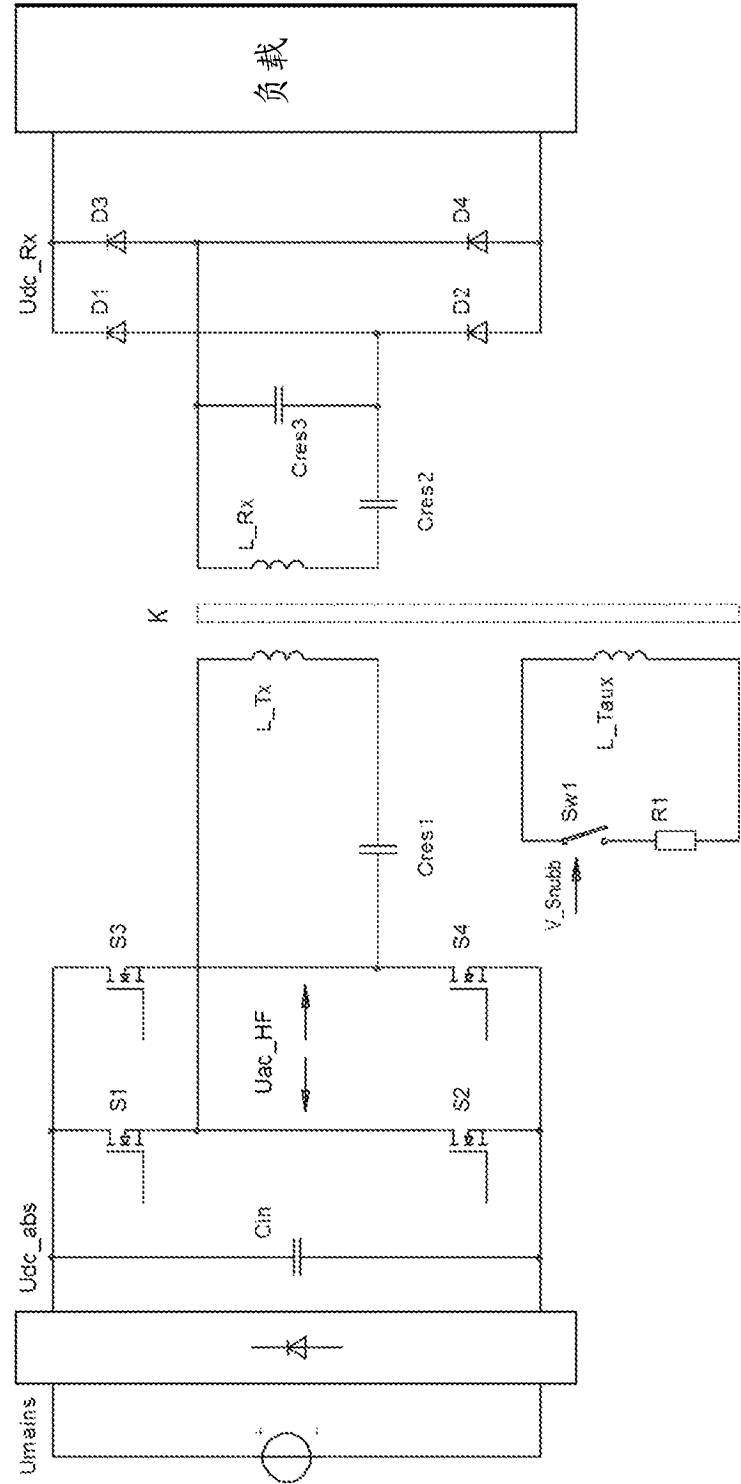


图 25

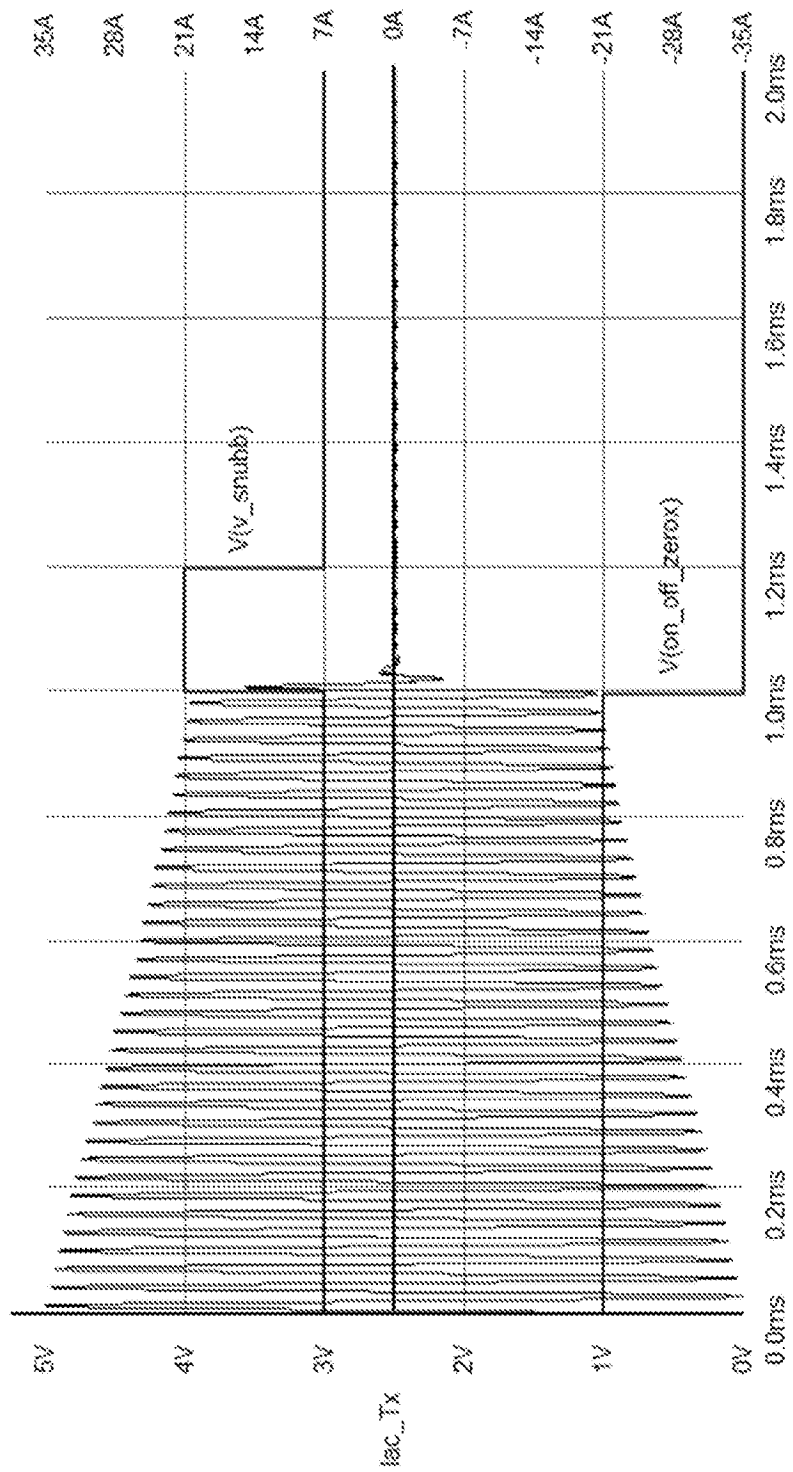


图 26

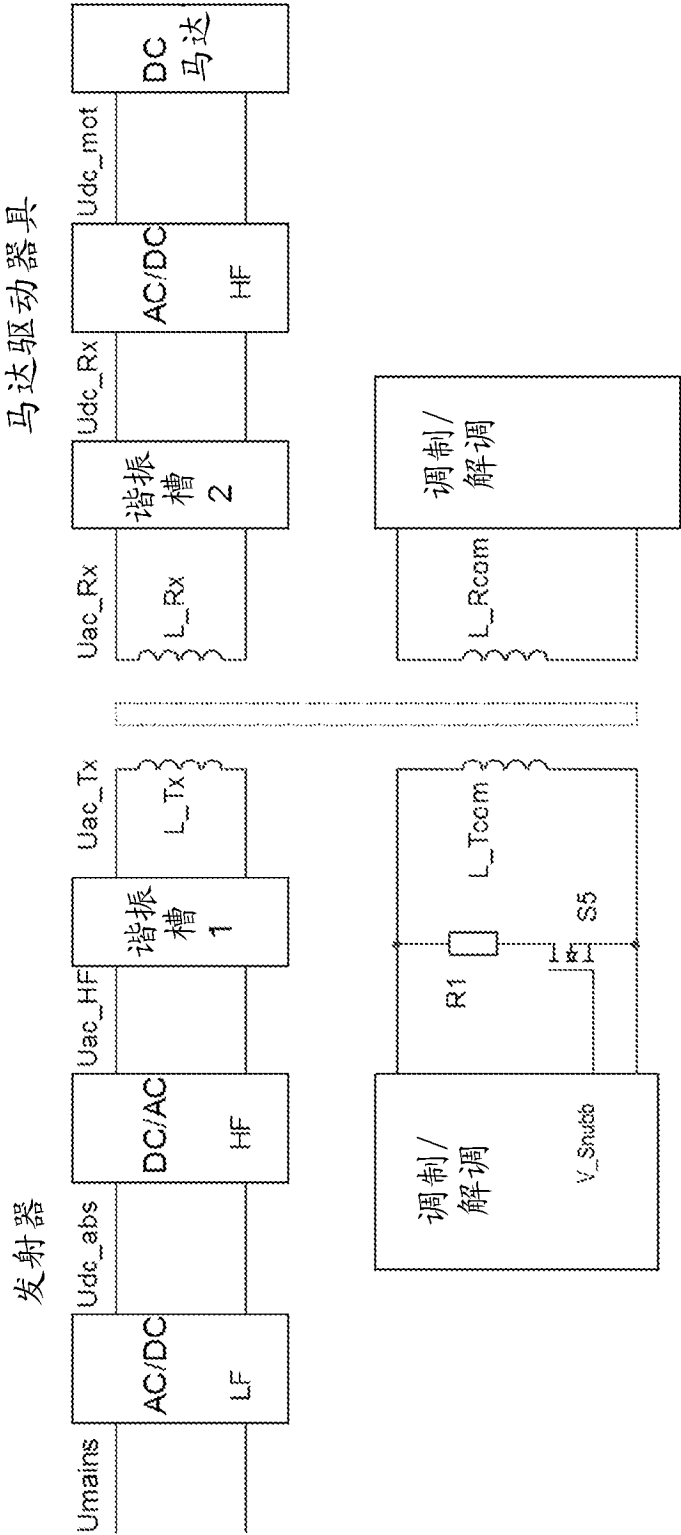


图 27

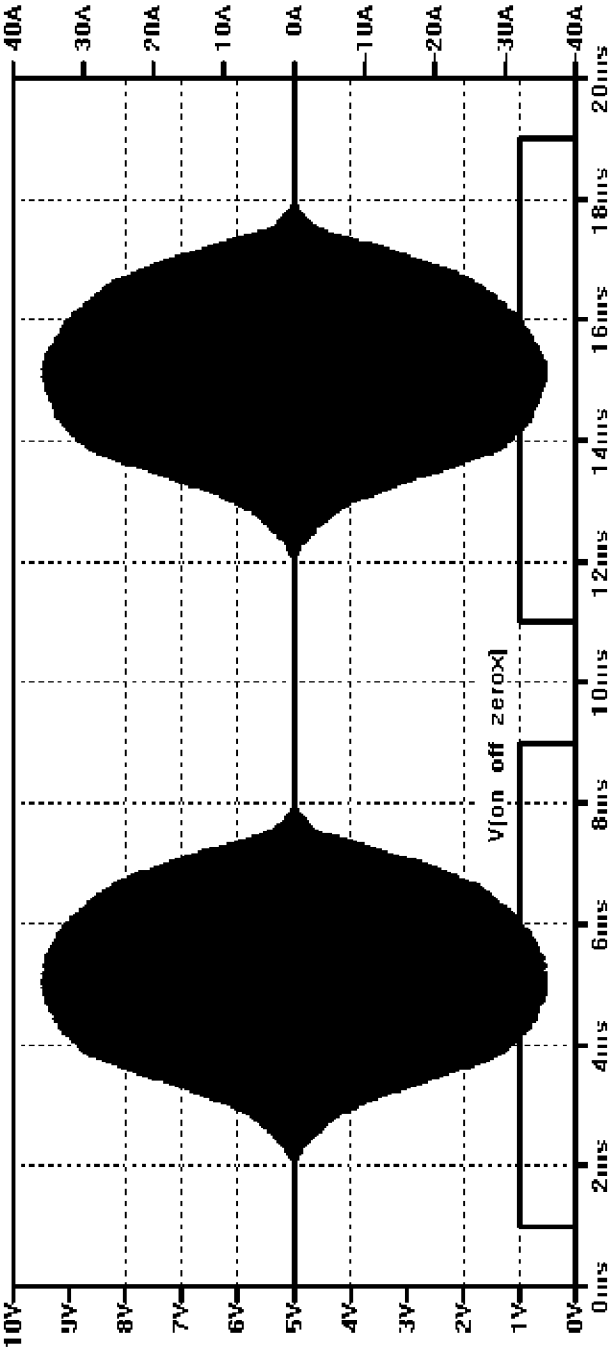


图 28

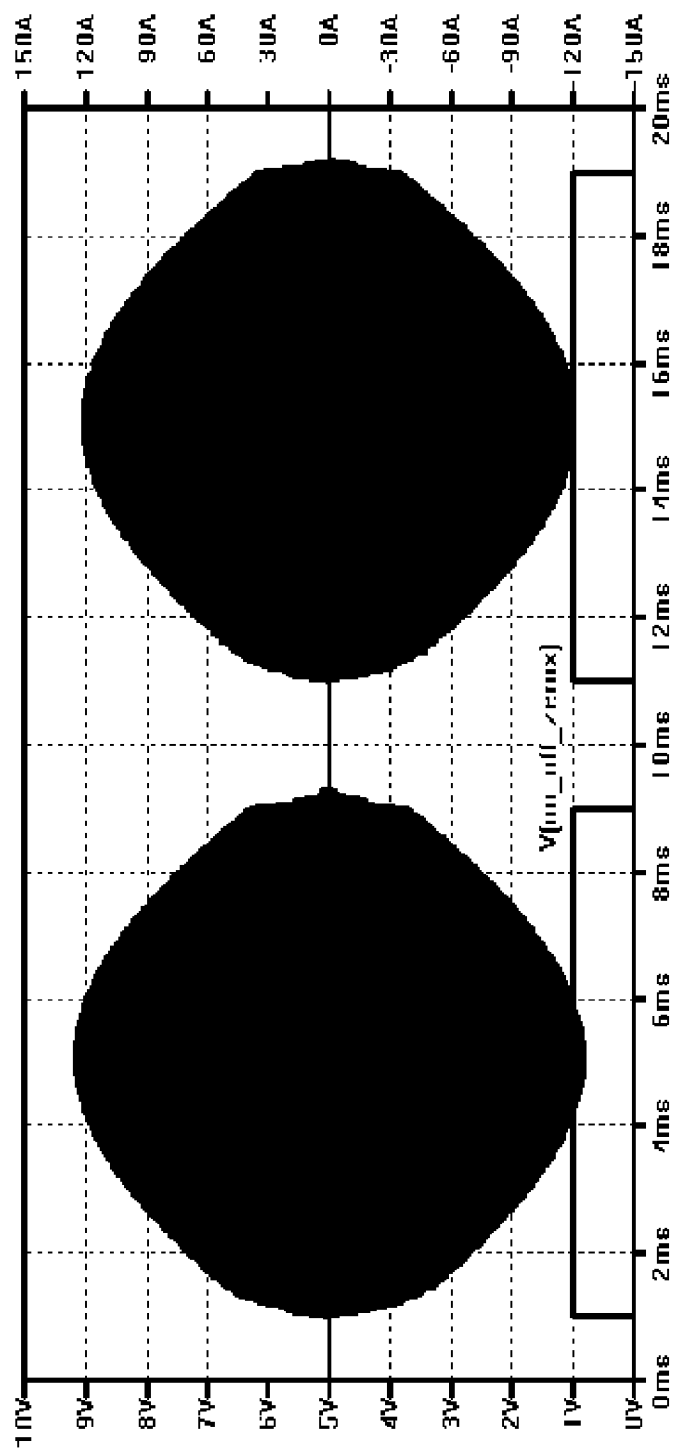


图 29

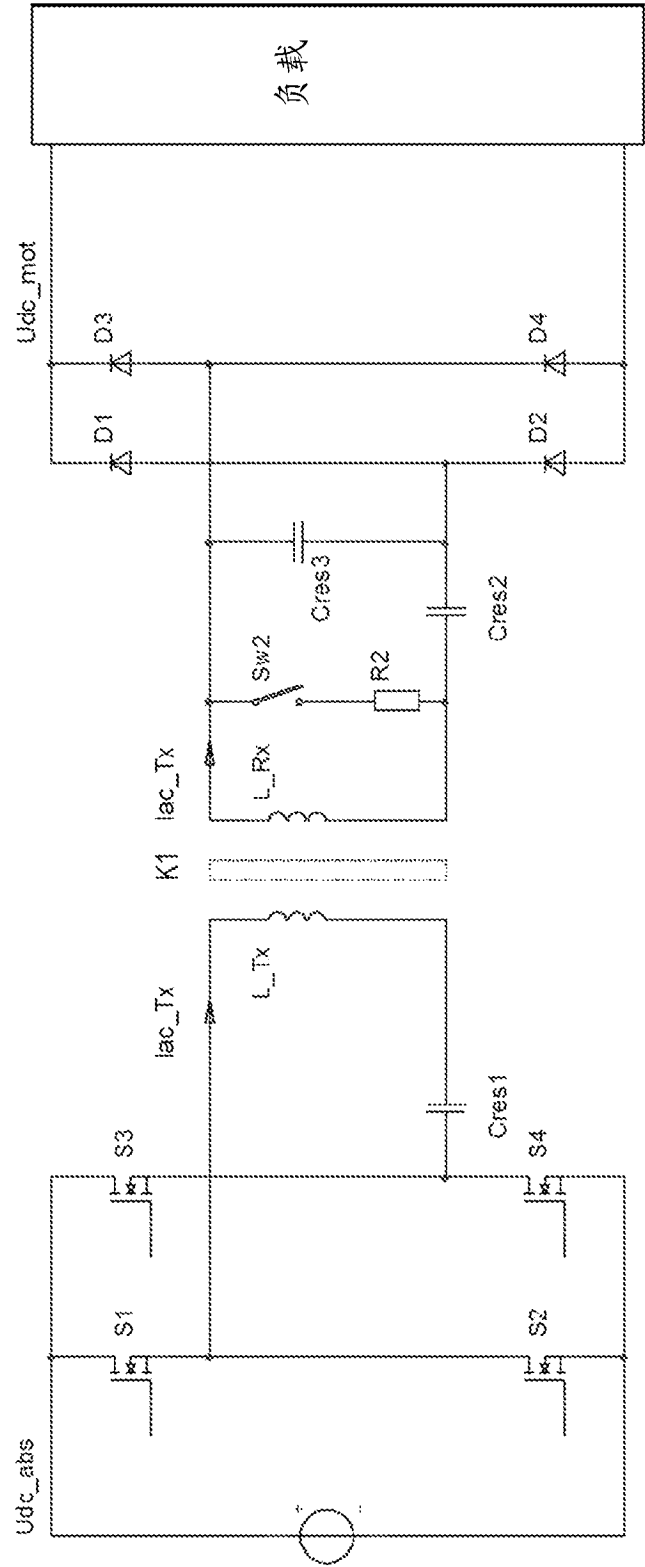


图 30

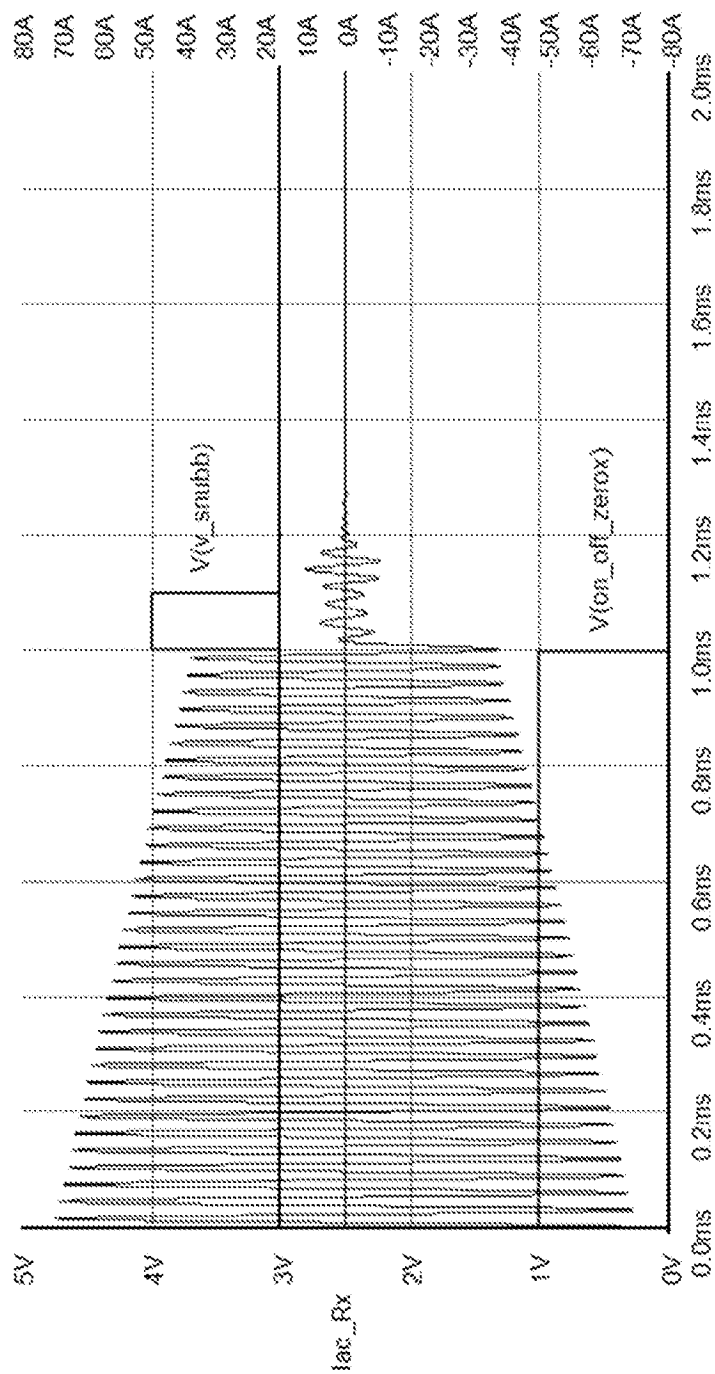


图 31

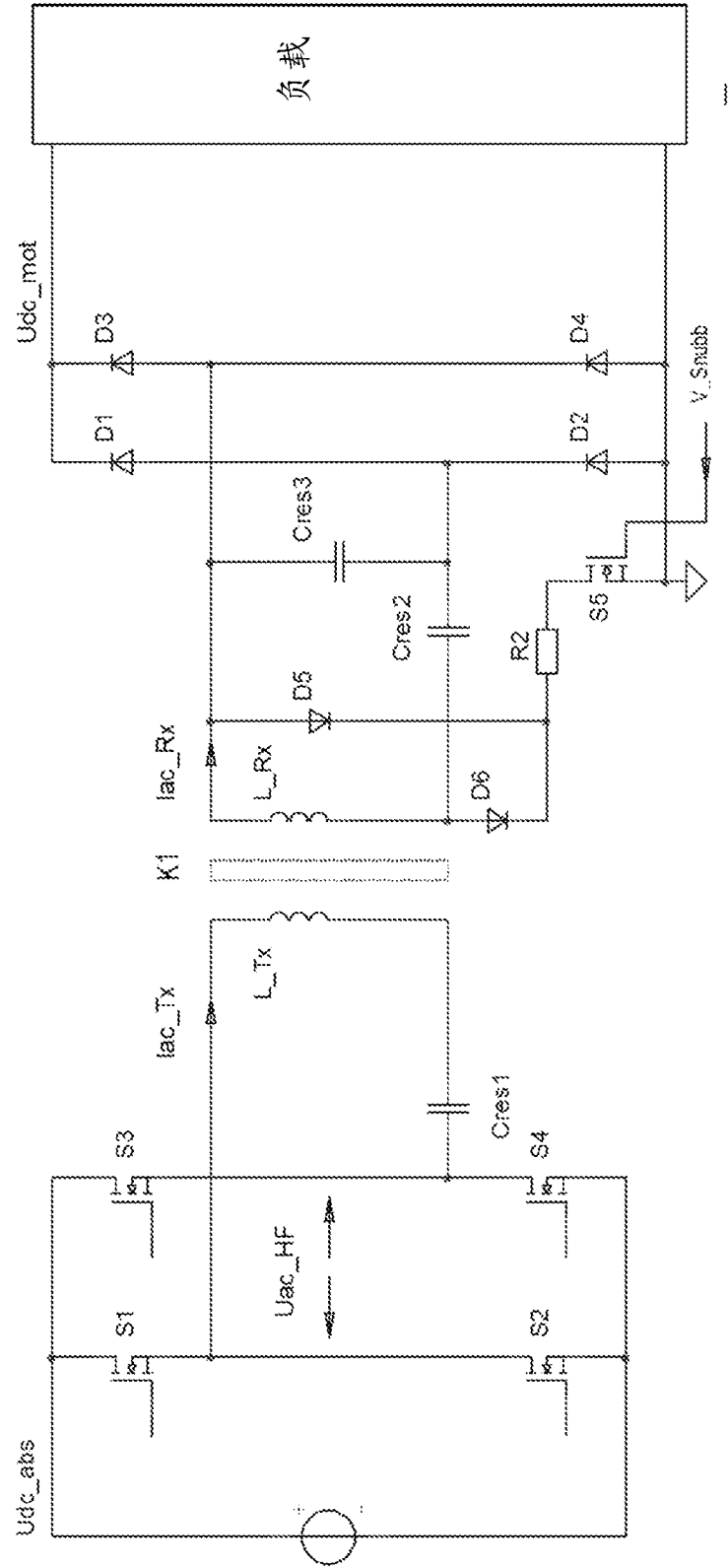


图 32

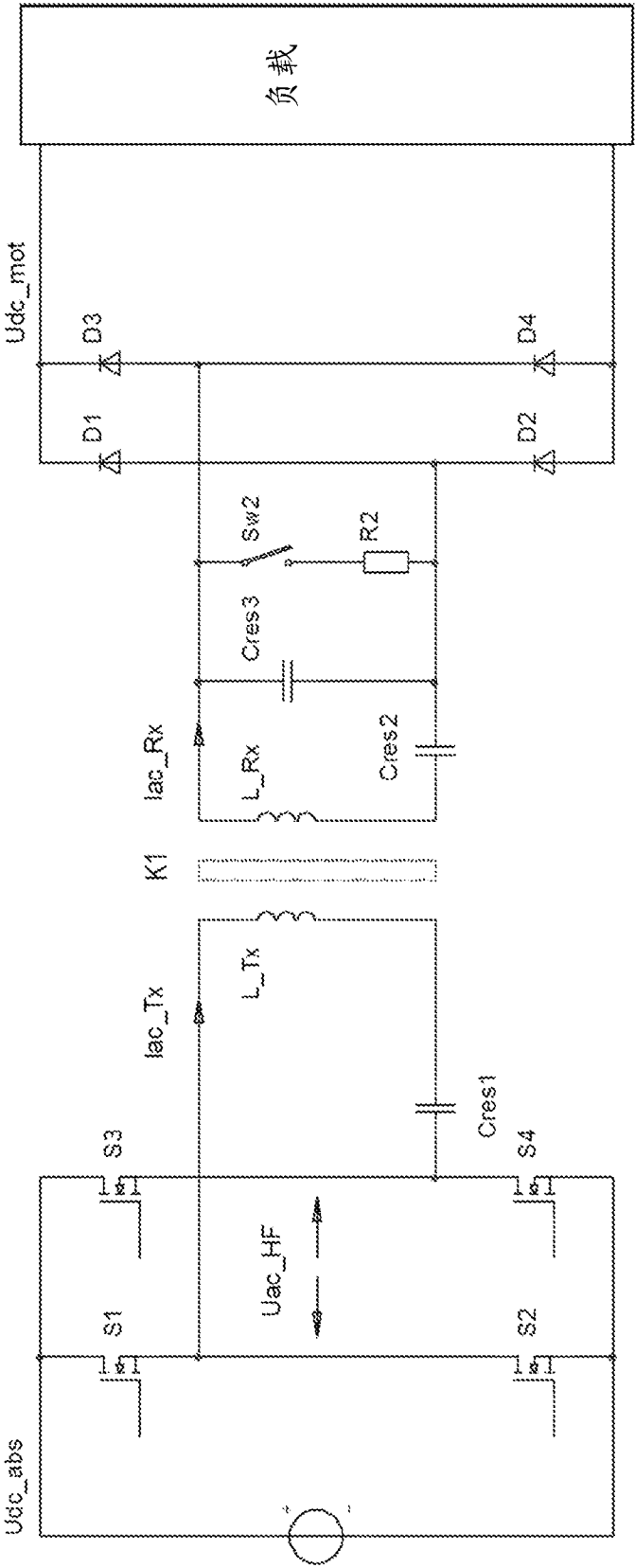


图 33

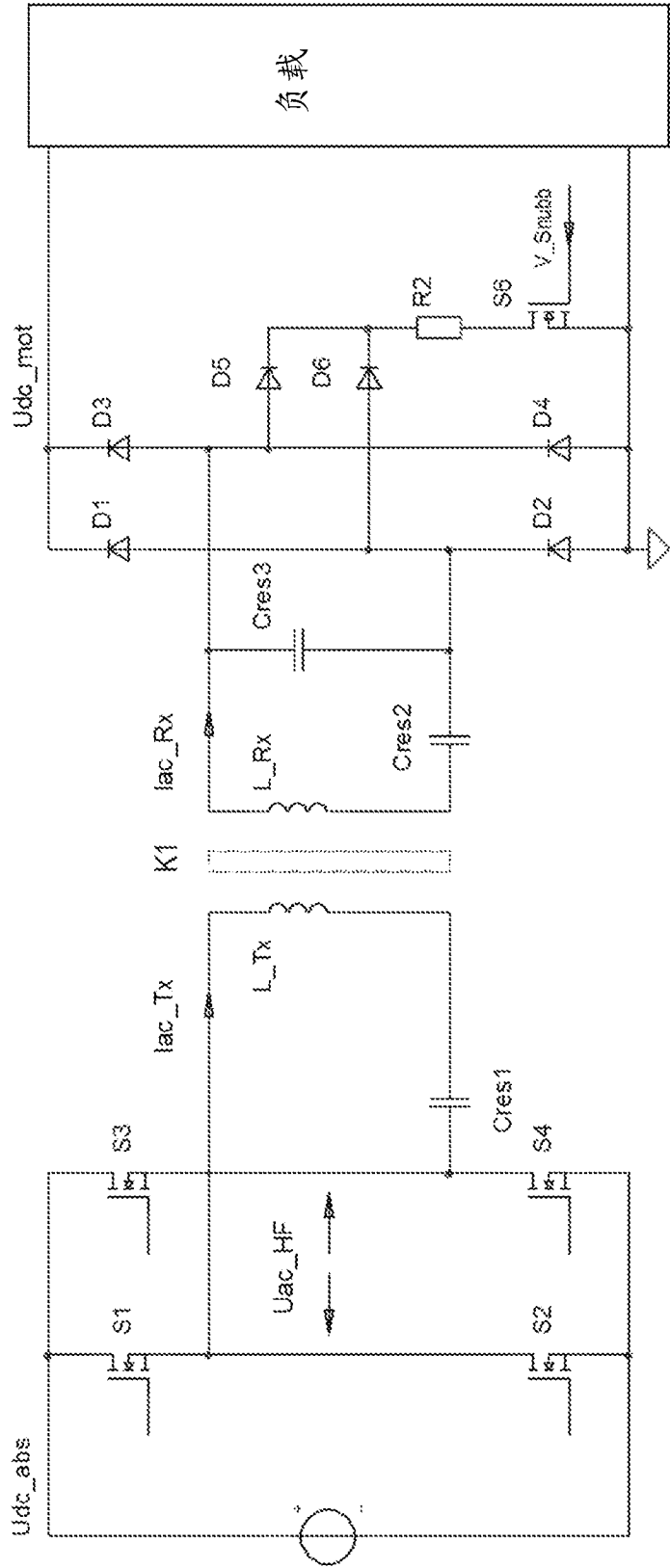


图 34

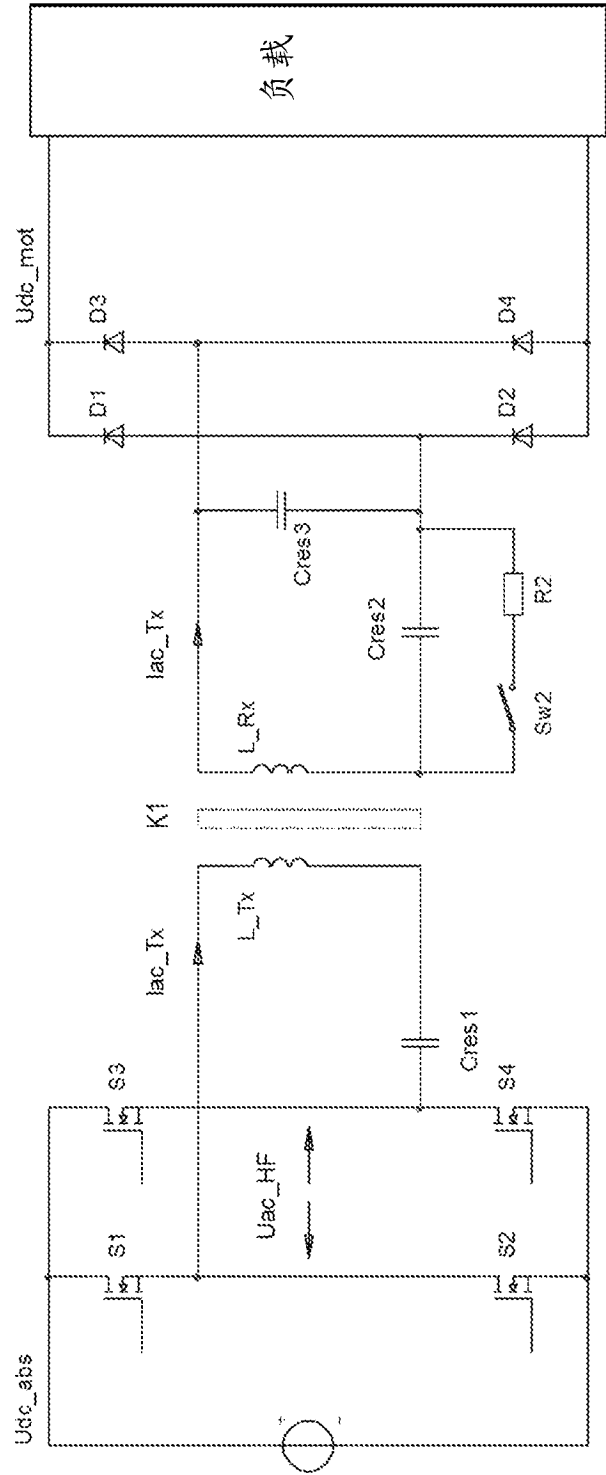


图 35

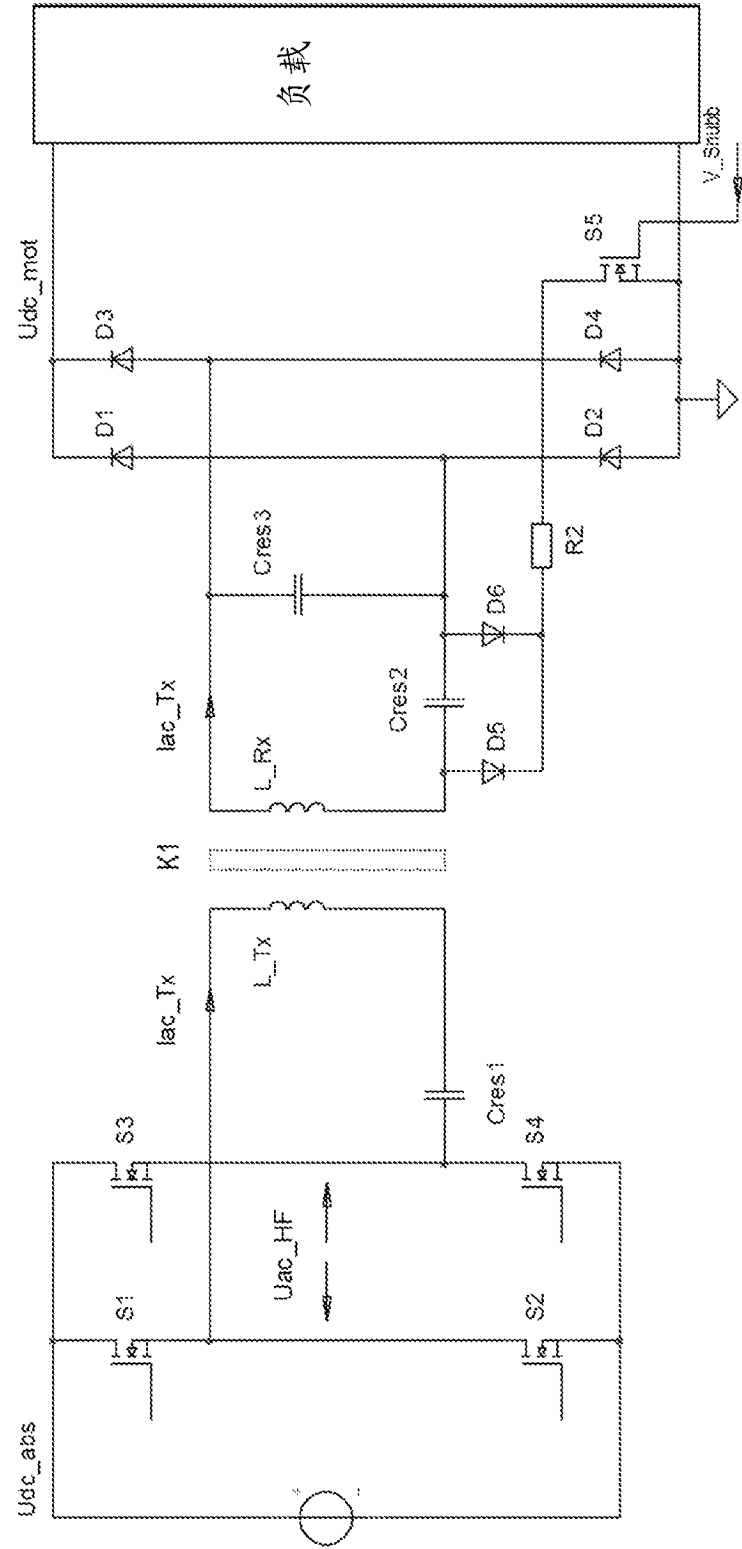


图 36

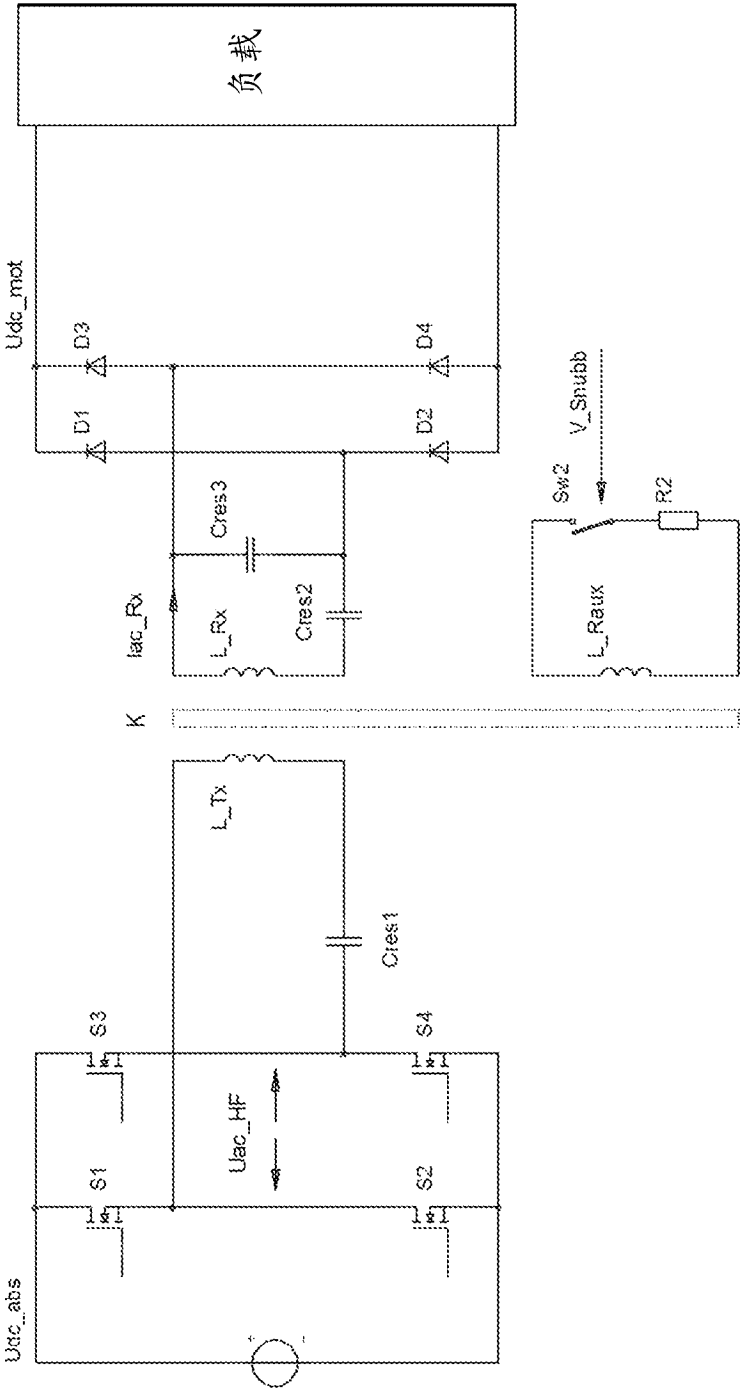


图 37

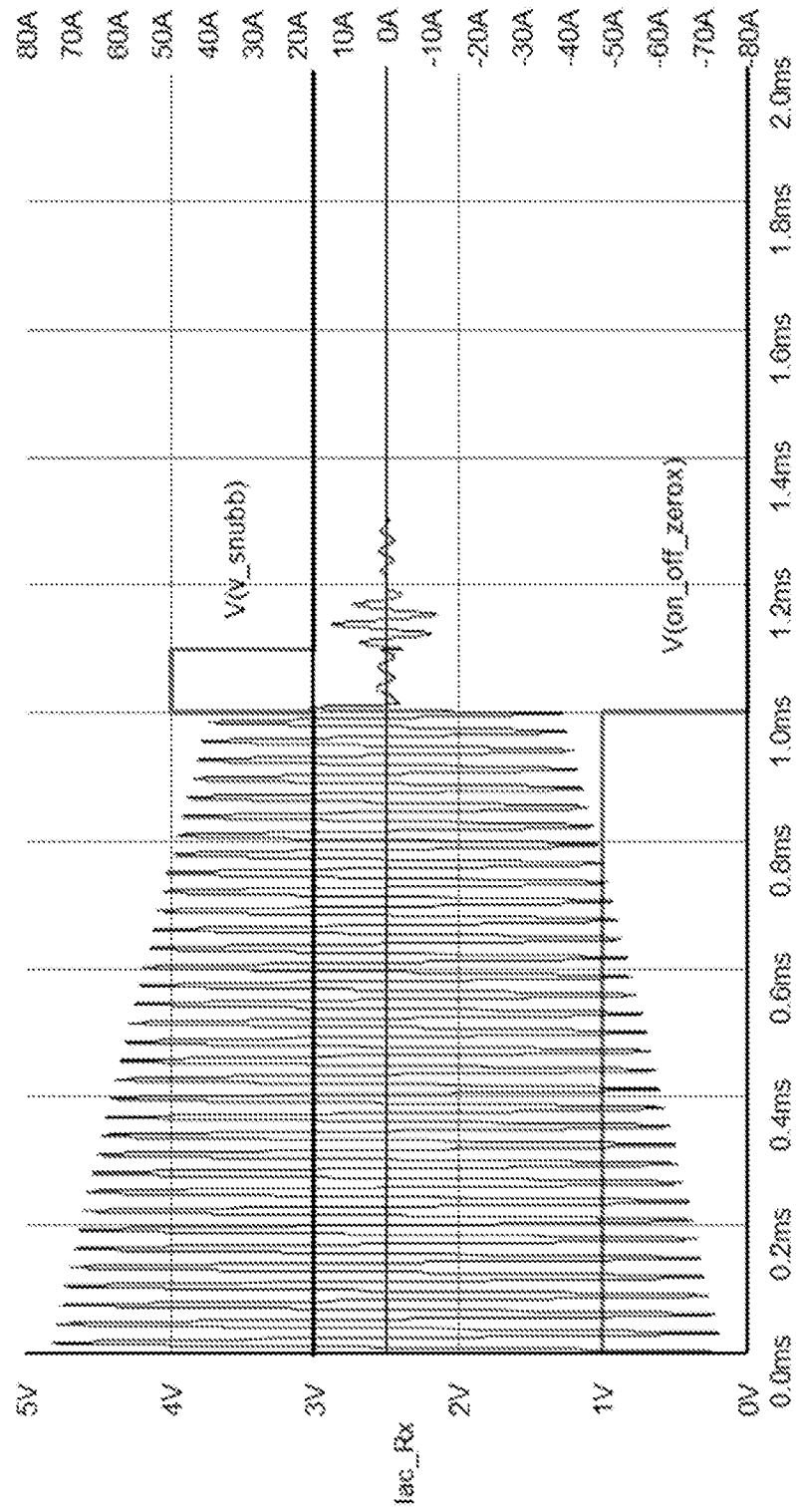


图 38

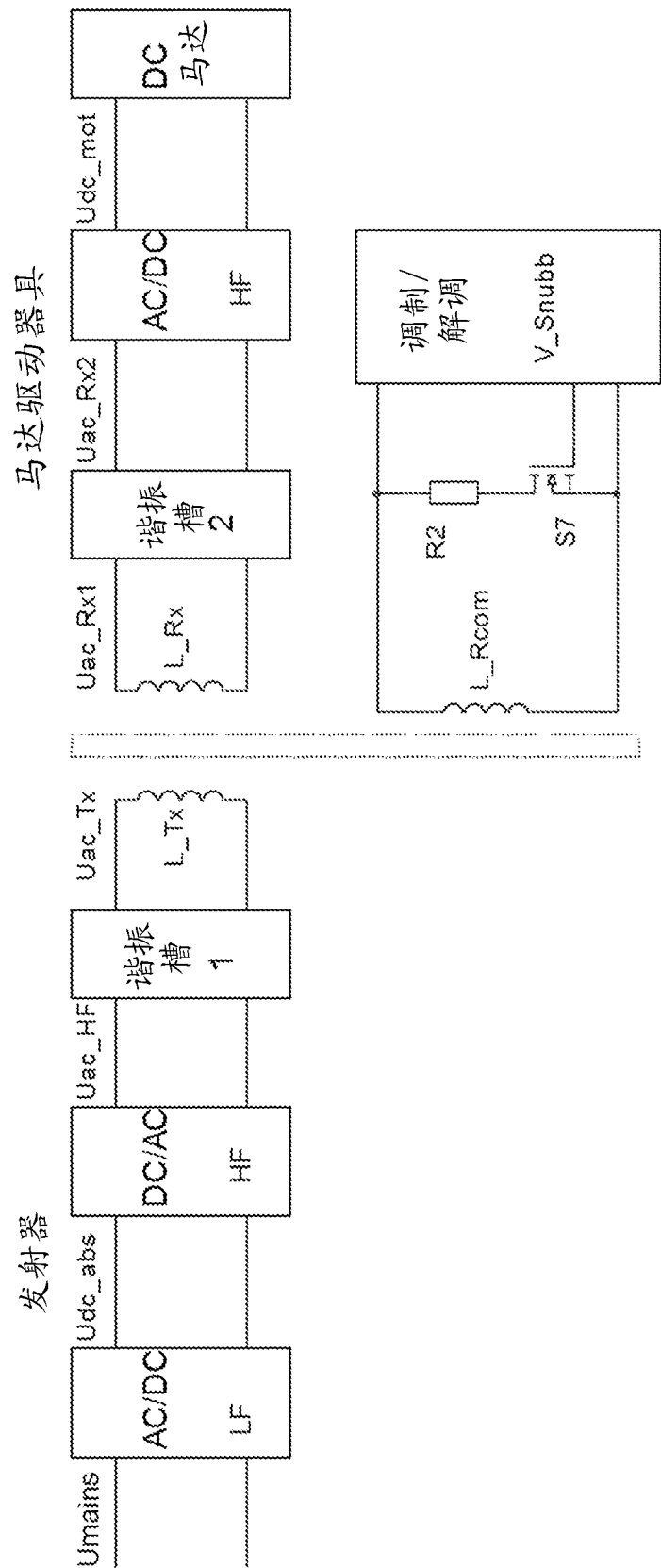


图 39

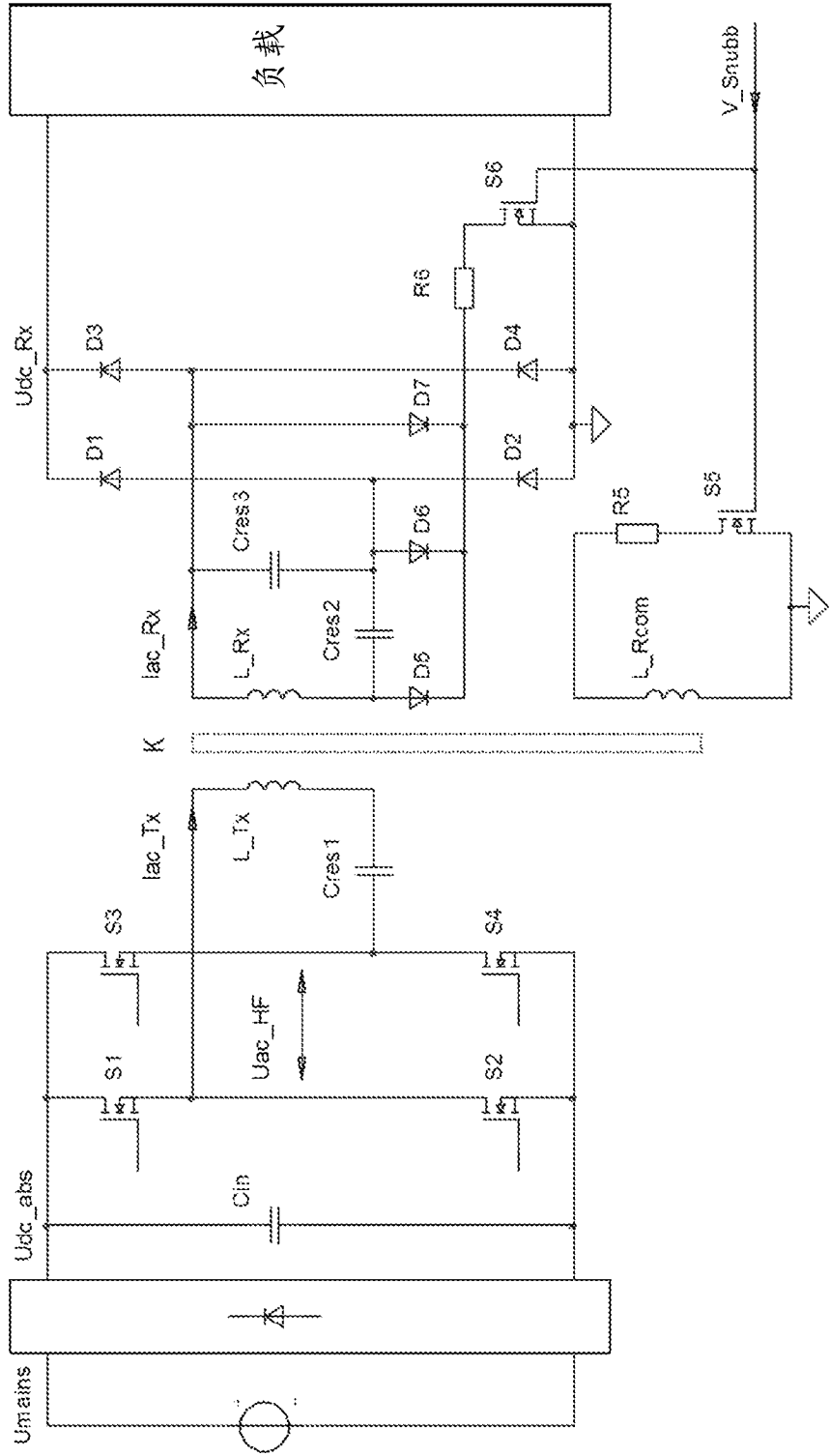


图 40

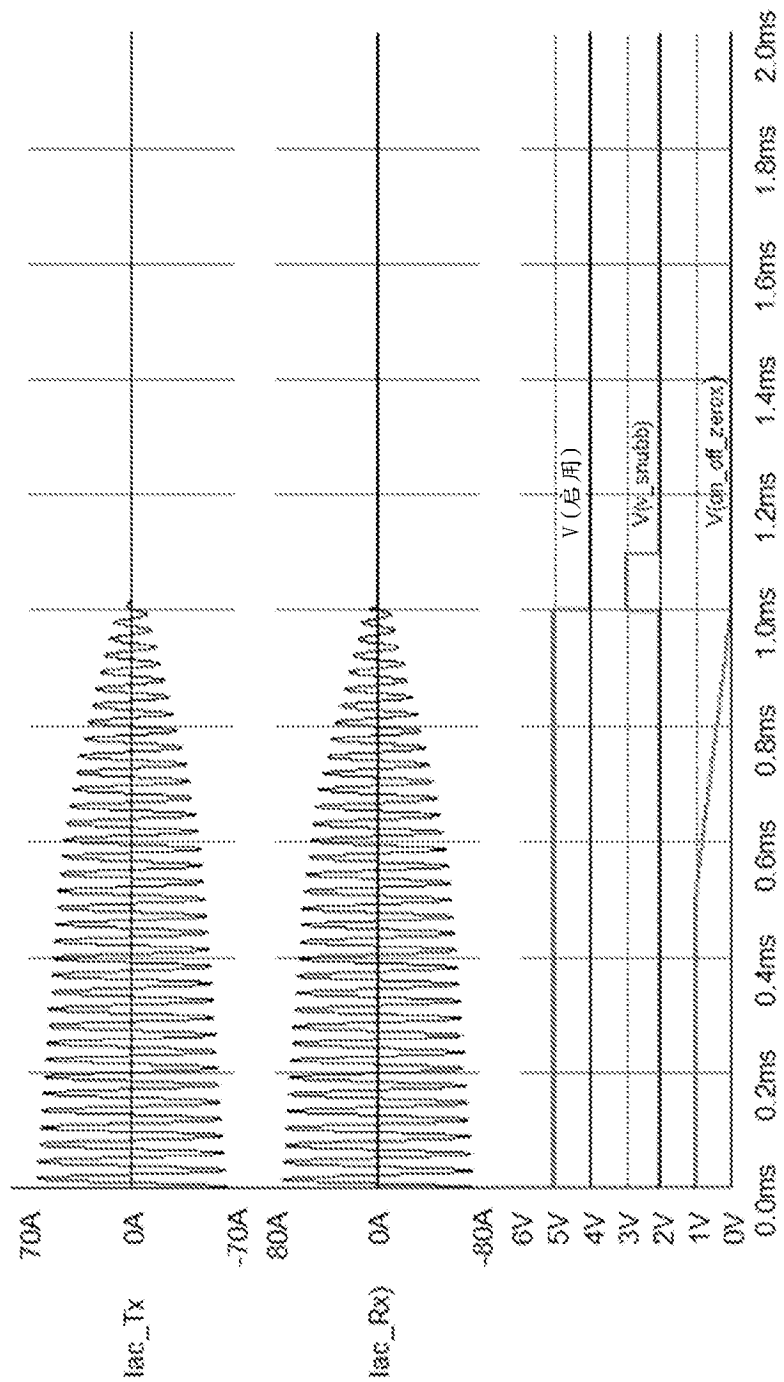


图 41