



(45)授权公告日 2018.11.02

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

1. 一种用于将交流AC线频率提供至负载的无线电力传输系统,包括:
 - 线频率整流器,所述线频率整流器对源AC线频率进行整流;
 - 直流至交流逆变器,所述直流至交流逆变器将经整流的AC线频率转换为经包络调制的高频AC,所述经包络调制的高频AC具有按线频率速率以半正弦方式不断变化的幅度;
 - 谐振气隙无线传输变压器,所述谐振气隙无线传输变压器发送所述经包络调制的高频AC;
 - 高频整流器,所述高频整流器对发送的经包络调制的高频AC进行整流;
 - 高频脉动滤波器,所述高频脉动滤波器将经整流的所述发送的经包络调制的高频AC滤波为经整流的线频率AC;以及
 - 极性反转电路,所述极性反转电路将所述经整流的线频率AC的每隔一个的半周期的极性进行反转,以产生作为所述AC线频率应用于所述负载的线频率正弦电压波形。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述极性反转电路包括响应于所述经包络调制的高频AC来控制所述极性反转电路的极性反转定时的包络检波器和极性检测器。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述高频脉动滤波器的时间常数被选择为使得所述经整流的线频率AC是出现在所述变压器的发送侧的所述线频率整流器的输出处的经整流的AC线频率电压的准确复制。
4. 一种用于以交流AC线频率将无线电力传输提供至负载的方法,包括:
 - 对源AC线频率进行整流;
 - 将经整流的AC线频率转换为经包络调制的高频AC,所述经包络调制的高频AC具有按线频率速率以半正弦方式不断变化的幅度;
 - 通过谐振气隙无线传输变压器无线地发送所述经包络调制的高频AC;
 - 对发送的经包络调制的高频AC进行整流;
 - 将经整流的所述发送的经包络调制的高频AC脉动滤波为经整流的线频率AC;
 - 将所述经整流的线频率AC的每隔一个的半周期的极性进行反转,以产生线频率正弦电压波形;以及
 - 将所述线频率正弦电压波形作为所述AC线频率应用于所述负载。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,极性反转步骤包括检测所述经整流的线频率AC的包络,并且使用极性检测器对所述经整流的线频率AC的每个半周期的极性进行反转。
6. 根据权利要求4所述的方法,其中,滤波步骤的时间常数被选择为使得所述经整流的线频率AC是出现在所述变压器的发送侧的整流步骤中的经整流的AC线频率电压的准确复制。

线频率和线电压交流电的无线传输

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2013年11月27日提交的美国临时申请号61/909,721的优先权权益,该申请的全部公开内容通过引用合并到本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及通过谐振感应的电能传输。更具体地,本发明涉及以最小的电路复杂度将线频率正弦交流电提供至负载的无线传输方法。

背景技术

[0004] 感应式电力传输在许多行业和市场中具有许多重要应用。虽然本文包含的公开内容设想了将本发明用于需要相对高的电力(超过100瓦特)的应用,但是不限制电力应用的潜在列表,并且本发明能够应用于广泛的电力需求。

[0005] 图1示出了现有技术谐振感应式电力传输系统的概念表示。交流电能源被施加于松耦合的气隙变压器的初级。变压器初级与变压器次级之间的磁耦合将一定比例的初级侧能量传送至与初级移开一段距离的变压器次级。由初级产生的磁场的大小与在初级绕组中流动的电流成正比。由于这个原因,高度期望使用谐振来增大初级绕组电流的大小,并且以这种方式来使链接入或耦合入次级的初级绕组磁场的那一部分的大小最大化。

[0006] 来自初级的磁通量将电压感应到次级绕组中。当次级绕组也处于谐振时出现最大次级电流以及因此出现最大电力传输。结果是由两个磁耦合的谐振电路构成的两极谐振电路。谐振电路能够与并联连接的电感器和电容器并联谐振,或者能够与串联连接的电感器和电容器串联谐振。此外,初级侧谐振和次级侧谐振不必共享同一形式。

[0007] 谐振感应电力传送提供了一种用于电力的无线传送的装置。该技术的最常见应用是用于电池的无线充电。在它最常见的配置中,从电网汲取具有50-60Hz的线频率的交流电,该交流电被转换成直流电,并且被再次转换成交流电,但是该交流电处于比线频率高得多的频率。通常使用在20-100kHz的范围内的感应传输频率。从线频率到高得多的感应传输频率的转换是必要的,以减小无线传输感应部件的尺寸和重量。

[0008] 图1是现有技术谐振感应式无线电力传输系统的概念框图。交变线电流被线频率整流器10进行整流,并且被线频率脉动滤波器(ripple filter)12进行脉动滤波,以将交变线电流转换成直流电,该直流电被施加于以传输变压器工作频率产生高频交流电的DC至AC逆变器14。传输变压器16是具有初级绕组和次级绕组的空气芯变压器(air core transformer)。在该示意图中,传输变压器16也包括初级侧谐振电容器和次级侧谐振电容器。在传输变压器16的次级侧,感应电流被高频整流器18进行整流,并且被高频脉动滤波器20进行脉动滤波,从而将感应电流转换成施加于负载22的直流电,其中负载22通常为电池。

[0009] 图1也示出了出现在功能块之间的接口处的系统波形。波形转换进行如下:线频率AC→经整流的线频率AC→DC→高频AC→经整流的高频AC→DC。

[0010] 图1所示出的波形转换链的最终结果是在用于电池充电的许多无线电力应用中使

用的直流电。然而,在一些无线电力传输应用中,期望的最终产物是线频率AC,根据传统技术,可以通过合并另外的DC-AC逆变器24波形转换级,将直流电转换成如现有技术图2所示出的具有期望频率的交流电,来实现线频率AC,以应用于线频率AC负载26。存在许多为本领域技术专家所已知的直流电至线频率交流电的转换方法。最基本的途径将DC电流转换成线频率方波,该线频率方波随后被滤波成正弦曲线,或者更常见地,代替于正弦波(该正弦波具有方波谐波含量的时而有有害的影响),该线频率方波不经滤波地施加于AC负载26。

[0011] 已经发展了以多种准确度接近期望的正弦AC电压的多个交替的DC至AC转换方法。这包括具有正电压间隔、负电压间隔和零电压间隔的矩形波、具有多个输出电压电平的阶梯波形、以及脉冲宽度调制波形,该脉冲宽度调制波形在足够的时间和幅度分辨率的情况下能够产生正弦输出波形的任意好的近似。然而,在没有特殊规定的情况下,在本地得出由这些DC至AC转换方案提供的AC波形的频率,并且该频率与线频率不同步。因为产生低失真正弦输出的DC至AC逆变器不可避免地在电路级别上是复杂的,所以出现了另一限制。本文所描述的发明避免了这些限制。

发明内容

[0012] 本发明通过提供用于将线频率正弦AC电力无线地传输至负载的无线电力传输电路而解决了现有技术的上述限制,其中,消除了传统电路的线频率脉动滤波器,并且用简单的极性反转电路代替了次级侧DC至AC逆变器。在去除了线频率脉动滤波器的情况下,由初级侧DC-AC逆变器形成的高频AC的包络不再是恒定的,而是以半正弦方式不断变化的。无线传输如同现有技术中的一样进行,只是具有半正弦的不断变化的包络,而不是现有技术的恒定振幅包络。高频整流和高频脉动滤波如同现有技术中的一样进行,但是脉动滤波时间常数被选择为使得所得到的波形是出现在发送器侧的经整流线频率电压的准确复制。极性反转级代替传统技术的DC至AC逆变器来产生线频率AC。

[0013] 在示例性实施方式中,本发明提供了用于将AC线频率提供至负载的无线电力传输系统,该无线电力传输系统包括:在发送侧,对源AC线频率进行整流的线频率整流器;以及将经整流的AC线频率转换为经包络调制的高频AC的DC至AC逆变器,其中经包络调制的高频AC具有按线频率速率以半正弦方式不断变化的幅度;发送经包络调制的高频AC的谐振气隙无线传输变压器;以及在接收器侧,对所发送的经包络调制的高频AC进行整流的高频整流器;将经整流的所述发送的经包络调制的高频AC滤波为经整流的线频率AC的高频脉动滤波器;以及极性反转电路,该极性反转电路对经整流的线频率AC的每隔一个的半周期的极性进行反转,以产生作为AC线频率而应用于负载的线频率正弦电压波形。在示例性实施方式中,极性反转电路包括响应于经包络调制的高频AC来控制极性反转电路的极性反转定时的包络检波器和极性检测器。并且,高频脉动滤波器的时间常数被选择为使得经整流的线频率AC是出现在变压器的发送侧的线频率整流器的输出处的经整流的AC线频率电压的准确复制。

[0014] 本发明也包括一种用于以交流(AC)线频率将无线电力传输提供至负载的方法,该方法包括步骤:对源AC线频率进行整流;将经整流的AC线频率转换为经包络调制的高频AC,其中经包络调制的高频AC具有按线频率速率以半正弦方式不断变化的幅度;通过谐振气隙无线传输变压器无线地发送经包络调制的高频AC;对所发送的经包络调制的高频AC进行整

流;将经整流的所述发送的经包络调制的高频AC脉动滤波为经整流的线频率AC;对经整流的线频率AC的每隔一个的半周期的极性进行反转,以产生线频率正弦电压波形;以及将线频率正弦电压波形作为AC线频率而应用于负载。在示例性实施方式中,极性反转步骤包括:检测经整流的线频率AC的包络,以及使用极性检测器对经整流的线频率AC的每个半周期的极性进行反转。并且,滤波步骤的时间常数被选择为使得经整流的线频率AC是出现在变压器的发送侧的整流步骤中的经整流的AC线频率电压的准确复制。

附图说明

[0015] 结合附图,根据以下详细描述,本发明的上述和其它有益特征和优势将变得显而易见,在附图中:

[0016] 图1示出了汲取线频率电力并且将DC电力无线地提供至负载的现有技术谐振感应式电力传输系统的概念表示。

[0017] 图2示出了汲取线频率电力并且将AC电力无线地提供至负载的现有技术谐振感应式电力传输系统的概念表示。该系统与图1所示出的系统基本相同,该系统添加了最后的DC-AC、60Hz逆变器级。

[0018] 图3示出了根据本发明的用于AC线频率电力的无线传输的设备的概念表示。

[0019] 图4示出了根据本发明的用于AC线频率电力的无线传输的设备的示例性实施方式。

具体实施方式

[0020] 结合形成本公开内容的一部分的附图和示例,参考以下详细描述可以更加容易地理解本发明。将会理解的是,本发明不限于本文所描述和/或本文所示出的具体的产品、方法、条件或参数,并且本文所使用的术语仅用于通过示例描述特定实施方式的目的,而不意图限制任何要求保护的发明。类似地,关于可能的机制或动作模式或改进理由的任何描述仅意味着是说明性的,并且本文所述的发明将不受任何这样建议的机制或动作模式或改进理由的正确性或不正确性所限制。贯穿本文,可以认识到,该描述涉及方法和用于实现这样的方法的软件两者。

[0021] 现在将参考图3-4来描述本发明的示意实施方式的详细描述。虽然该描述提供了本发明的可能实现的详细示例,但是应当注意到,这些细节意在是示例性的,并且绝不划定本发明的范围。

[0022] 图3中示出了用于将线频率正弦AC电力无线地传输至负载的设备的概念表示。与现有技术的第一偏离发生在系统的发送器侧。具体地,缺少传统电路的线频率脉动滤波器12,并且DC至AC逆变器14由经整流的AC波形来驱动,而不是由经滤波的直流电来驱动。这意味着高频AC的包络不是恒定的,而是以半正弦方式不断变化的。无线传输如同以前一样进行,只是具有半正弦的、不断变化的包络,而不是现有技术的恒定振幅包络。高频整流器18的高频整流和高频脉动滤波器20的高频脉动滤波如同现有技术中一样进行,但是脉动滤波器时间常数被选择为使得所得到的波形是出现在发送器侧的经整流的线频率电压的准确复制。极性反转级28代替了现有技术图2中的DC至AC逆变器24。

[0023] 每隔一个半正弦半周期被进行极性反转,以产生传统的正弦电压。通过由图3所示

的包络检波器30和极性检测器32执行的包络检波功能来控制极性反转定时。因为包络检波器30和极性检测器32使用被无线传输的高频AC的经整流的半正弦振幅包络,所以施加于线频率负载的线频率正弦电压是施加于发送器的线频率波形的精确的、即时的复制。

[0024] 因为用简单的极性反转级代替了现有技术的DC至正弦AC转换功能,所以产生了另外的优势。因此,不需要复杂的正弦近似方法,这导致具有减小的电路复杂度的有利实施方式。

[0025] 图4示出了本发明的示例性实施方式。如所图示的,在由图示那样设置的二极管 D_{1f} 构成的桥式整流器10中对交变线频率电压进行整流。所得的经整流的半正弦电压波形被施加于电源以及由晶体管 Q_{hb} 构成的传统H桥34的返回节点。H桥34以相对于线频率的高频进行切换,产生具有正弦包络的电压波形以及高频载波,该高频载波基本是通过100%正弦调制的经幅度调制的高频载波。该调制波形被施加于谐振气隙变压器16的初级侧,以用于无线传输至变压器的次级侧。 L_p 和 L_s 是初级侧绕组自感和次级侧绕组自感。 C_p 是初级侧谐振电容器,该初级侧谐振电容器也充当DC阻塞电容器(blocking capacitor)。 C_s 是次级侧谐振电容器。变压器次级侧电压被施加于由二极管 D_{hf} 、电感器 L_f 和电容器 C_f 构成的高频电力整流器电路18。电感器 L_f 和电容器 C_f 包括具有短时间常数的脉动滤波器20,该脉动滤波器20去除了高频脉动部件,同时对线频率包络基本上没有影响。所得的经整流的半正弦电压被施加于电源以及第二H桥电路36的返回节点,该第二H桥电路36由提供极性反转功能的晶体管 Q_{pb} 构成。当来自电压比较器38的H桥控制电压为高时,极性反转H桥36通过正向的(positive going)半正弦波形,而没有极性改变。相反,当来自比较器38的H桥控制电压为零时,H桥36反转半正弦波形,以这种方式产生输出波形的负的半正弦部分以应用于AC负载26。

[0026] 极性反转控制信号与充当分压器的电容器 C_d 所得出的谐振气隙变压器次级绕组电压的采样一起出现。变压器次级电压的这个幅度缩放版本被施加于二极管 D_{ed} 构成的二极管桥,该二极管 D_{ed} 充当全波包络检波器30。通过部件 C_e 和 R_e 去除经包络检波的波形中的高频脉动,其中部件 C_e 和 R_e 组成具有以下时间常数的高频滤波器:该时间常数小到不能实质地影响包络。经包络检波、高频滤波的信号通过DC阻塞电容器 C_b ,并且跨过DC下拉电阻器 R_g ,进入电压比较器38的输入。电压比较器38在经检波、滤波和DC阻塞的波形具有正极性时产生正输出电压,并且在所施加的波形具有负极性时产生零输出电压。该极性控制信号当被应用于极性反转H桥36时将整流器和滤波器部件 D_{hf} 、 L_f 和 C_f 所提供的半正弦电压波形转换成AC负载26所需的连续正弦电压。

[0027] 虽然在上面已经描述了各种实现,但是应当理解的是,仅以示例而非限制的方式呈现了各种实现。与上面所描述的系统和方法相关联的任何元件可以采用在上文中阐述的任何期望功能。例如,虽然本发明的优选实施方式与向车辆提供电力有关,但是应当理解的是,这仅仅是许多可能应用中的一个应用,并且包括非车辆应用的其它实施方式是可能的。因此,优选实施方式的广度和范围不应当受上述示例性实现中的任何示例性实现限制。

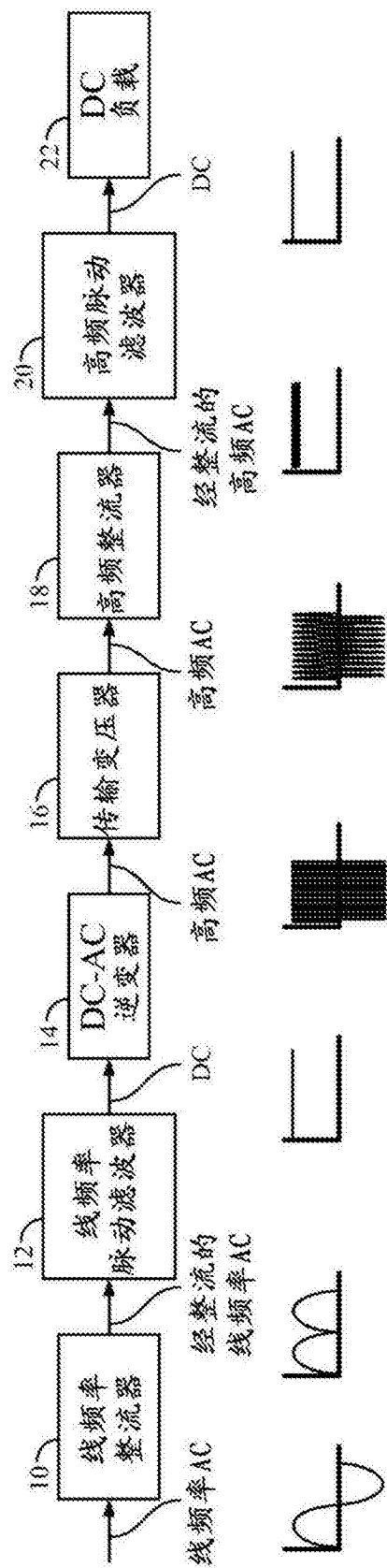


图1 (现有技术)

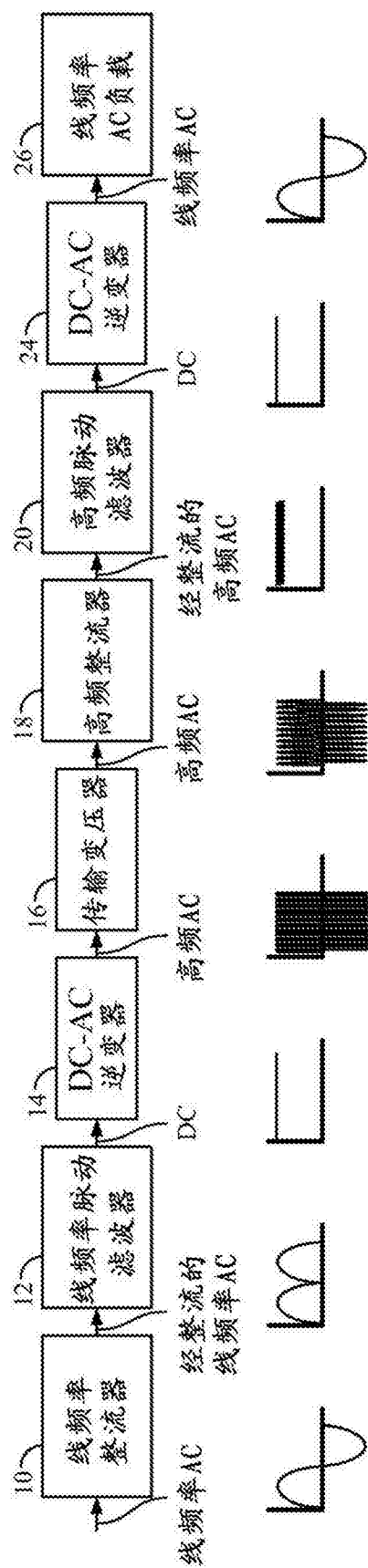


图2(现有技术)

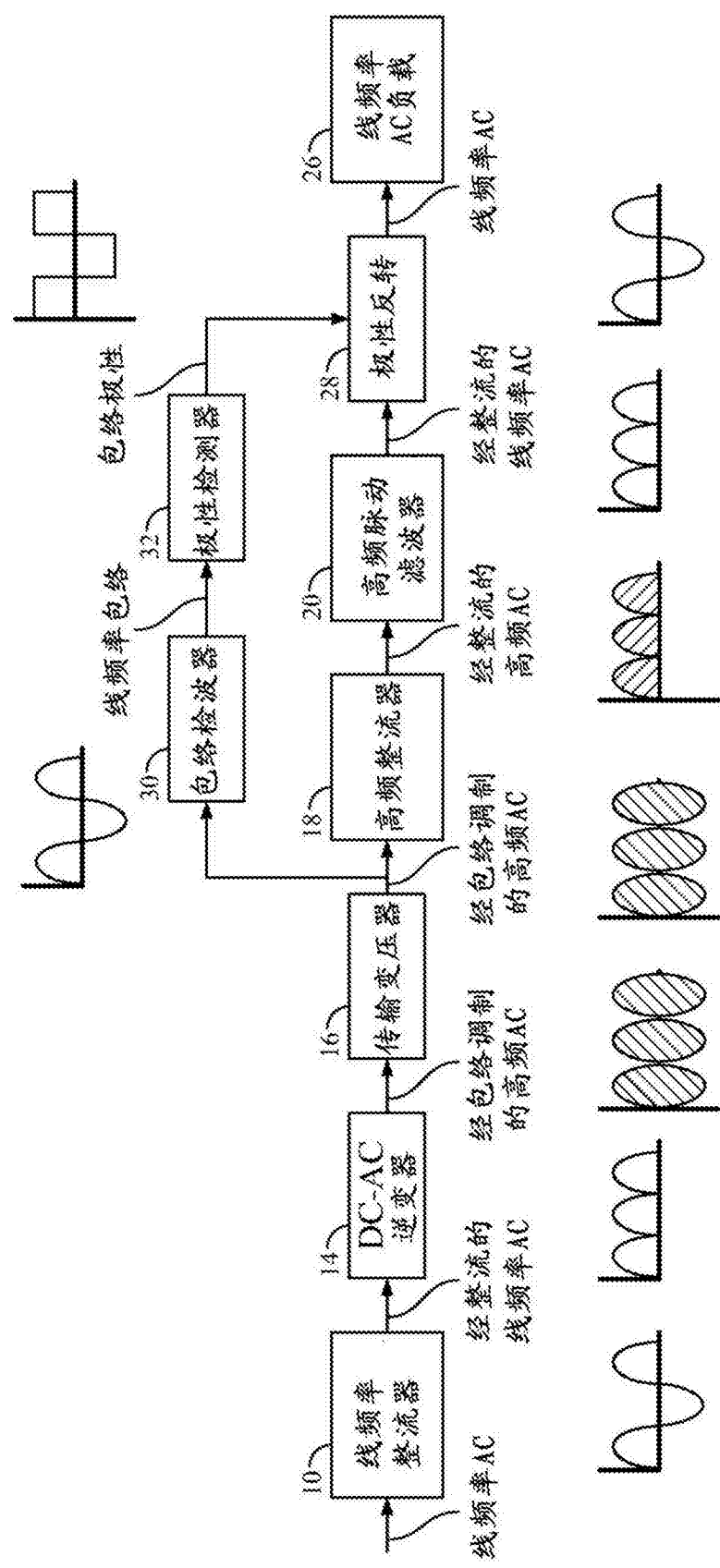


图3

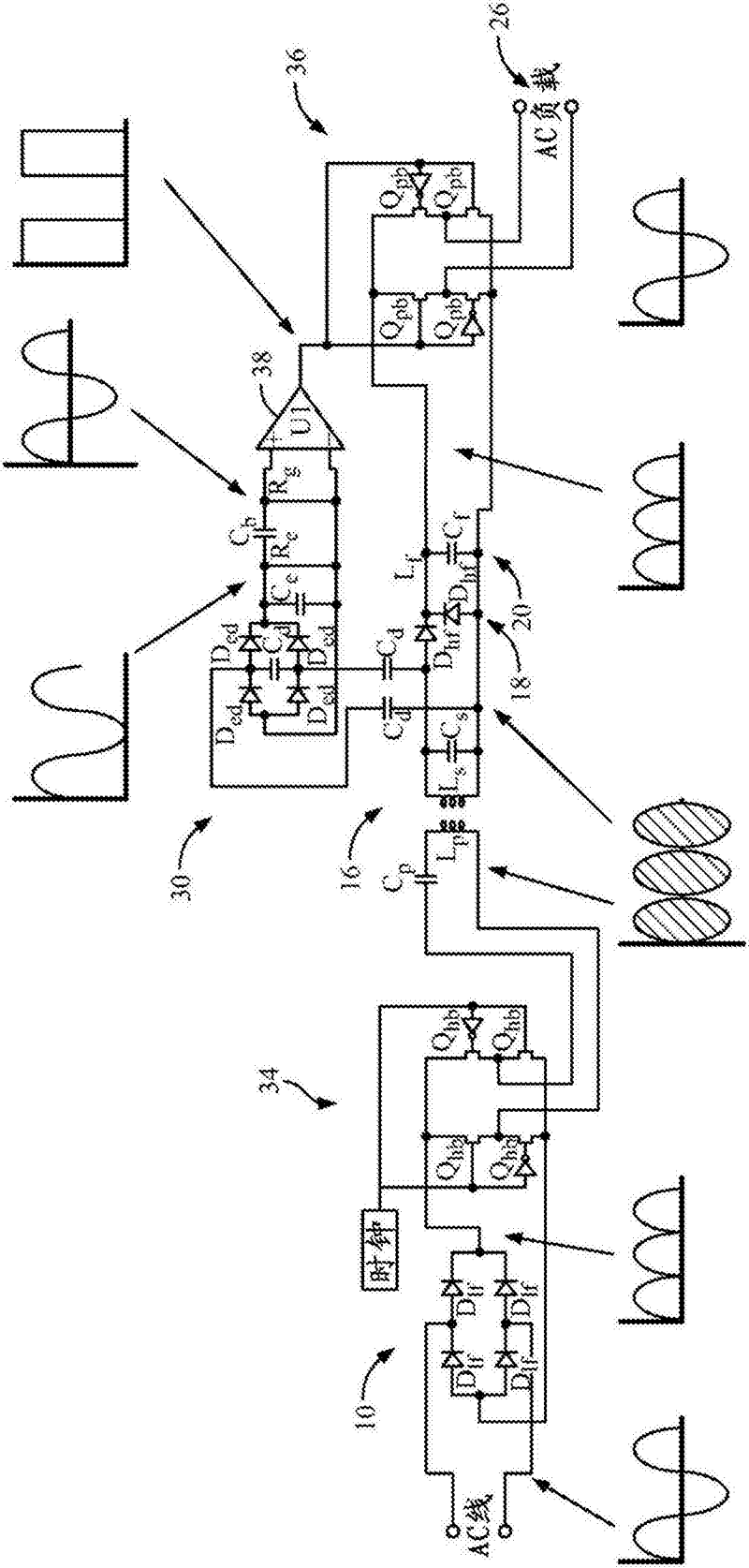


图4