



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104854771 B

(45)授权公告日 2019.07.19

(21)申请号 201380056165.4

(22)申请日 2013.10.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104854771 A

(43)申请公布日 2015.08.19

(30)优先权数据  
603287 2012.10.29 NZ  
61/720,108 2012.10.30 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.04.27

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/NZ2013/000193 2013.10.29

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/070025 EN 2014.05.08

(73)专利权人 苹果公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 任赛宁 丹尼尔·罗伯森  
劳伦斯·伯纳多·德拉·克鲁兹

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

代理人 王茂华

(51)Int.Cl.  
H02J 5/00(2006.01)  
H02J 7/02(2006.01)  
H04B 5/00(2006.01)

(56)对比文件  
CN 101138144 A,2008.03.05,说明书第18-19页,图2(A),7(A).

审查员 陈新红

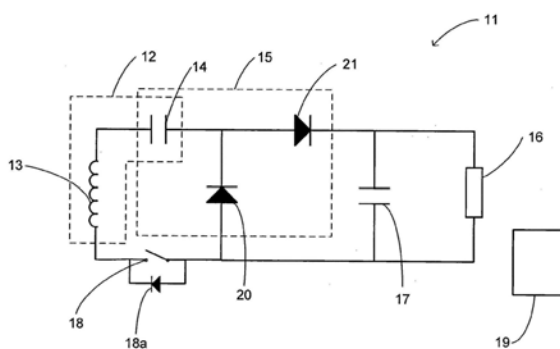
权利要求书1页 说明书8页 附图12页

### (54)发明名称

感应电力传输系统的接收器和用于控制该接收器的方法

### (57)摘要

提供了一种感应电力传输接收器,其包括:与电容器(14)串联的接收线圈(13)、用于提供DC输出的电压倍增器(15)、以及用于调节供给负载的电力的由控制器(19)控制的电力控制开关(18)。提供了一种感应电力传输接收器,其包括与电容器串联的接收线圈、用于提供DC输出的电荷泵、以及用于调节供给负载的电力的由控制器控制的电力控制开关。还提供了一种具有电力控制开关的感应电力传输电路中的电力流动控制的方法。该方法包括检测电路中的两个操作转变以及基于在检测窗口中最早检测到哪个操作转变来确定参考定时。使用参考定时产生用于控制电力控制开关的信号。



1. 一种感应电力传输接收器,包括:
  - a. 谐振电路,具有与电容器串联连接的接收线圈;
  - b. 电压倍增器或电荷泵,用于向负载提供DC输出;
  - c. 电力控制开关,用于调节供给所述负载的电力;以及
  - d. 控制器,基于对所述电力控制开关的两端电压的电压尖峰或对电压倍增器或电荷泵的二极管的两端电压的检测来控制所述电力控制开关以调节供给所述负载的电力,其中,所述电力控制开关与所述谐振电路串联连接。
2. 根据权利要求1所述的感应电力传输接收器,其中所述电力控制开关与所述负载串联连接。
3. 根据权利要求1所述的感应电力传输接收器,其中所述电压倍增器包括以半桥配置的多个非对称电流流动装置。
4. 根据权利要求3所述的感应电力传输接收器,其中所述电力控制开关与所述非对称电流流动装置串联连接。
5. 根据权利要求3所述的感应电力传输接收器,其中所述非对称电流流动装置是二极管。
6. 根据权利要求3所述的感应电力传输接收器,其中所述非对称电流流动装置是开关。
7. 根据权利要求3所述的感应电力传输接收器,其中所述非对称电流流动装置是二极管和开关的组合。
8. 根据权利要求1所述的感应电力传输接收器,其中所述控制器在开关模式下控制所述电力控制开关。
9. 根据权利要求1所述的感应电力传输接收器,包括用于调节供给所述负载的电力的另外的电力控制开关。
10. 根据权利要求9所述的感应电力传输接收器,其中所述另外的电力控制开关与所述谐振电路串联连接。
11. 根据权利要求9所述的感应电力传输接收器,其中所述另外的电力控制开关与所述负载串联连接。
12. 根据权利要求9所述的感应电力传输接收器,其中所述电压倍增器包括多个非对称电流流动装置,并且所述另外的电力控制开关与非对称电流流动装置串联连接。

## 感应电力传输系统的接收器和用于控制该接收器的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于感应电力传输(IPT)的领域。更具体地,本发明涉及用在IPT系统中的接收器,以及用于控制接收器和用于检测接收器中的感应电流相位的方法。

### 背景技术

[0002] IPT系统是既有技术(例如,电动牙刷的无线充电)和开发技术(例如,“充电垫”上的手持装置的无线充电)的已知领域。典型地,初级侧(发送器)利用发送线圈来生成时变磁场。该磁场在次级侧(接收器)的适当的接收线圈中感生交流电流。接收器中的该感生电流随后可用于对电池充电,或者向装置或其他负载供电。在一些实例中,发送线圈或接收线圈可以与电容器连接以创建谐振电路,其可以提高相应谐振频率处的电力产量和效率。

[0003] 典型地,IPT系统中使用的接收器包括:拾取电路(例如,具有电感器和电容器的形式的谐振电路);整流器,用于将感生电力从AC转换成DC;以及开关模式调节器,用于调节最终提供给负载的电力的电压。

[0004] 关于IPT系统中使用的接收器的常见问题在于,开关模式调节器可以包括DC电感器。DC电感器用作能量存储,使得可以适当地调节电力。这样的DC电感器可能是大体积的电路元件,显著影响了接收器占用的总尺寸。在接收器优选尽可能小的应用(例如,手持装置)中,这可能尤其是问题。

[0005] 在不使用DC电感器的一些接收器中,需要复杂的相位定时以确保电路元件未被损坏。这使得感测和控制更加复杂,并且更易于遭受噪声和故障。

[0006] 关于IPT系统中使用的接收器的另一常见问题是,发送器的操作频率或者接收器的谐振频率的变化(由于例如负载或其他电路参数的改变)可能影响电力传输量和效率。

[0007] 对于接收器,已知在电力转换器级中包括开关(例如,开关模式调节器或同步整流器)。通常,这些开关被控制成使得它们在开关两端的电压是零时进行切换(零电压切换(ZVS))或在通过开关的电流是零时进行切换(零电流切换(ZCS))。ZVS和ZCS的益处是公知的,包括使开关中的损耗最小。为了适当地控制开关以实现ZVS和ZCS,有必要检测电路中的电压或电流的相位。用于检测相位的一种已知方法是使用电流感测电阻器。然而,在IPT接收器中流动的电流可能具有大的动态范围,这可能转而导致电流感测电阻器在高负载下的过热以及在低负载下的不可靠的信号。用于检测相位的另一已知方法是使用电流变换器。然而,这样的电流变换器是大体积的并且可能对于高频应用而言是不够快的。

[0008] 本发明的目的在于提供使DC电感器的尺寸最小化的用于IPT系统的接收器。

[0009] 本发明的另一目的在于提供不包括DC电感器的用于IPT系统的接收器。

[0010] 本发明的另一目的在于提供用于在从低负载到高负载的范围的性能良好的接收器中检测相位的方法,以及不依赖于大体积的电路元件的方法。

[0011] 应以至少向公众提供有用选择的目的而分离地阅读每个目的。

## 发明内容

[0012] 根据一个示例性实施例,提供了一种感应电力传输接收器,其包括:谐振电路,具有与电容器串联连接的接收线圈;电压倍增器,用于向负载提供DC输出;电力控制开关,用于调节供给负载的电力;以及控制器,其控制电力控制开关以调节供给负载的电力。

[0013] 根据另一示例性实施例,提供了一种具有用于控制电力流动的电力控制开关的感应电力传输电路中的电力流动控制的方法,包括如下步骤:检测电路的第一操作转变;检测电路的第二操作转变;基于在检测窗口内最早检测到第一操作转变或第二操作转变中的哪个来确定参考定时;以及基于参考定时来产生用于控制电力控制开关的信号。

[0014] 根据又一示例性实施例,提供了一种感应电力传输电路,包括用于控制电力流动的电力控制开关,并且包括:用于检测第一操作转变的装置;用于检测第二操作转变的装置;用于基于在检测窗口内最早检测到第一操作转变或第二操作转变中的哪个来确定参考定时的装置;以及用于基于参考定时来产生用于控制电力控制开关的信号的装置。

[0015] 应认识到,术语“包括”在不同的司法管辖下可以具有排他的或包含性的含义。出于该说明书的目的,并且除非另外提及,这些术语旨在具有包含性的含义,即它们将被视为意味着包含所列出的直接使用标记的部件,并且还可能包含其他没有指明的部件或元件。

[0016] 在本申请中提及任何现有技术并非构成该现有技术形成公知常识的一部分的认可。

## 附图说明

[0017] 并入说明书并且构成其一部分的附图图示了本发明的实施例,并且连同上文给出的本发明的一般描述和下文给出的实施例的详细描述一起用于说明本发明的原理。

[0018] 图1示出了IPT系统的框图;

[0019] 图2至图6示出了根据本发明的不同实施例的接收器拓扑的电路图;

[0020] 图7示出了根据一个实施例的与图2的接收器的操作相对应的波形;

[0021] 图8A至8D示出了根据一个实施例的与图2的接收器的操作的不同阶段相对应的有效电路图;

[0022] 图9示出了用于图2的接收器的控制器的一个实施例的电路图;

[0023] 图10示出了根据一个实施例的与图4的接收器的操作相对应的波形;以及

[0024] 图11A至11D示出了根据一个实施例的与图4的接收器的操作的不同阶段相对应的有效电路图。

## 具体实施方式

[0025] 图1是示出感应电力传输系统1的一般表示的框图。IPT系统包括发送器2和接收器3。发送器包括连接到适当的电源的转换器4。在图1中这被示出为连接到DC电源5a的DC-DC转换器5。转换器可以是非谐振半桥转换器或者适用于这一特定IPT系统的任何其他转换器,诸如推挽转换器。转换器被配置成输出具有期望频率和幅度的交流电流。转换器、DC-DC转换器或二者的组合也可以调节转换器的输出电压。

[0026] 转换器4连接到发送线圈6。转换器向发送线圈供给交流电流,使得发送线圈生成具有适当频率和幅度的时变磁场。在一些配置中,发送线圈也可以被视为转换器的组成部

分,但是为了清楚起见,该描述将以它们是独立的来提及。

[0027] 根据在特定应用中需要的磁场的特性以及发送器的特定几何特征,发送线圈6可以是任何适当配置的线圈。在一些IPT系统中,发送线圈可以连接到电容器(未示出)以创建谐振电路。在存在多个发送线圈的情况下,这些发送线圈可以被有选择地加电,使得仅在适当的接收线圈附近的发送线圈被加电。在一些IPT系统中,可以是不止一个接收器被同时供电。在接收器适于控制提供给负载的电力的IPT系统中(如例如在下文更详细地描述的本发明的实施例中),多个发送线圈可以连接到同一转换器。这具有简化发送器的优点,因为不需要分离地控制每个发送线圈。此外,可以调节发送器,使得其将提供给发送线圈的电力调节到基于所耦接的具有最高电力需求的接收器的水平。

[0028] 图1还示出了发送器2内的控制器7。该控制器可以连接到发送器的每个部分。控制器适于从发送器的每个部分接收输入并且产生控制发送器的每个部分的操作方式的输出。控制器可以包括存储器。控制器优选地是可编程逻辑控制器,其被编程以根据IPT系统的需要来执行不同的计算任务。

[0029] 图1还示出了接收器3。接收器包括接收线圈8,其适当地连接到接收器电路9,接收器电路9转而向负载10供给电力。负载可以是电池。接收器电路适于将感生电流转换成适合于负载的形式。在一些IPT系统中,接收线圈可以连接到电容器(未示出)以创建谐振电路。

[0030] 本发明的实施例涉及用在IPT系统中的接收器,以及用于检测接收器中的相位的方法,这将在下文中更详细地描述。尽管这将参照某些实施例进行描述,但是本领域技术人员将认识到,在不偏离本发明的总体构思的情况下可以进行电路设计或者操作方法的改变。

[0031] 参照图2,示出了根据本发明的一个实施例的用在IPT系统中的感应电力传输接收器11。该接收器包括谐振电路12,其具有接收线圈13(被示出为电感器)和谐振电容器14。接收器还包括电压倍增器电路15。下文将更详细描述电压倍增器电路向负载16提供DC输出。负载可以是任何适当的DC负载,诸如便携式装置的电池充电电路。负载连接到DC平流电容器17。该接收器包括电力控制开关18,其将在下文中被更详细地描述,电力控制开关18调节DC输出的电力。接收器还包括控制器19。

[0032] 参照图2中的接收器11的谐振电路12,接收线圈13和谐振电容器14串联连接(即,谐振电路是“串联谐振”)。谐振电路适于从适当的发送器生成的时变磁场接收电力。谐振电路可以适于在IPT系统的操作频率下谐振。在一些IPT系统中,接收器可以适于“失调”至发送器频率,使得接收器中的活跃调谐可以使系统协调。本领域技术人员将认识到,接收线圈和谐振电容器的值将影响接收器的谐振频率,并且接收线圈和谐振电容器可以被选择成在发送器的操作频率或者任何其他适当频率下谐振。其他考虑也可能影响在接收器中使用的接收线圈和谐振电容器的类型和尺寸,例如接收器的尺寸或者接收器所用于的装置的尺寸,或者所需的电力。谐振电路将产生AC输出。

[0033] 图2的接收器11的电压倍增器电路15包括来自谐振电路12的谐振电容器14和连接成半桥配置的两个非对称电流流动装置20、21。所述半桥配置使得电压倍增器电路具有共享的AC和DC地。为了清楚起见,本说明书的剩余部分将大体与谐振电路并联的非对称流动装置称为“第一”20,并且将大体与负载串联的非对称流动装置称为“第二”21。在图2中,所述非对称电流流动装置是二极管。本领域技术人员将认识到,二极管的位置和取向使得电

压倍增器电路的AC输入被整流以产生DC输出。本领域技术人员将认识到,可以使用其他非对称电流流动装置替代二极管,并且本发明在这一点上不受限制。在一个实施例中,可以使用受控开关。在另一实施例中,可以在电压倍增器电路中使用任何适当的非对称电流流动装置(诸如二极管或受控开关)的组合。受控开关可以提供在二极管上的性能提高,但是它们必须被控制成使得它们在需要防止电流流动时断开。可以使用的可能的受控开关包括任何适当的晶体管,诸如MOSFET、IGBT或BJT。

[0034] 图2的接收器11的电力控制开关18调节提供给负载16的电力。在本发明的该实施例中,电力控制开关被示出为与谐振电路12串联;然而如下文更详细地讨论的,电力控制开关也可以位于接收器中的其他位置。电力控制开关可以是晶体管,诸如MOSFET、IGBT或BJT。电力控制开关可以包括体二极管18a。

[0035] 电力控制开关18由控制器19控制。控制器适于从接收器的各部分接收输入,所述输入可以包括正在供给负载16的电流和电压。还可以由输入或任何其他适当的手段向控制器提供负载的电力需要。控制器将控制电力控制开关以便调节提供给负载的电力。电力控制开关可以在开关模式中被控制。控制器可以包括存储器。控制器优选地是可编程逻辑控制器,其被编程以执行不同的计算任务,包括控制电力控制开关。

[0036] 本领域技术人员将认识到存在控制电力控制开关18的许多方法,它们将带来对提供给负载16的电力的调节,并且后面将更详细地描述示例实施例。

[0037] 参照图3,示出了根据本发明的接收器22的另一实施例。接收器包括谐振电路23,其具有接收线圈24(被示出为电感器)和谐振电容器25。接收器还包括电压倍增器电路26,其向负载30提供DC输出。负载连接到DC平流电容器29。接收器包括电力控制开关32,其可以具有体二极管32a。接收器还包括控制器31。该接收器与图2的接收器11相似,然而电压倍增器电路中使用的非对称电流流动装置是受控开关27、28。受控开关可以具有体二极管27a、28a。本发明的该实施例提供了如下附加优点,即所有的三个开关(即电力控制开关32和两个受控开关27、28)均可以在不需要浮置驱动的情况下被驱动。具体地,可以参照公共地33驱动电力控制开关32和第一受控开关27。可以参照固定电压高边电压34驱动第二受控开关28。

[0038] 参照图4,示出了根据本发明的另一实施例的用在IPT系统中的感应电力传输接收器35。该接收器包括谐振电路36,其具有接收线圈37(被示出为电感器)和谐振电容器38。接收器还包括电压倍增器电路39,其具有向负载43提供DC输出的两个非对称电流流动装置40、41。负载连接到DC平流电容器42。接收器包括电力控制开关45,其可以具有体二极管45a。接收器还包括控制器44。该接收器与图2的接收器11相似,然而在本发明的该实施例中,电力控制开关45与电压倍增器电路中的第二非对称流动控制装置41串联。

[0039] 参照图5,示出了根据本发明的另一实施例的用在IPT系统中的感应电力传输接收器46。该接收器包括谐振电路47,其具有接收线圈48(被示出为电感器)和谐振电容器49。接收器还包括电压倍增器电路50,其具有向负载54提供DC输出的两个非对称电流流动装置51、52。负载连接到DC平流电容器53。接收器包括电力控制开关56,其可以具有体二极管56a。接收器还包括控制器55。该接收器与图2的接收器11相似,然而在本发明的该实施例中,电力控制开关56与电压倍增器电路50中的第一非对称电力流动装置51串联。

[0040] 在本发明的另一方面,接收器可以包括不止一个电力控制开关。参照图6,示出了

根据本发明的另一实施例的用在IPT系统中的感应电力传输接收器57。该接收器包括谐振电路58,其具有接收线圈59(被示出为电感器)和谐振电容器60。接收器还包括电压倍增器电路61,其具有向负载65提供DC输出的两个非对称电流流动装置62、63。负载连接到DC平流电容器64。接收器包括电力控制开关67,其可以具有体二极管67a。接收器还包括控制器66。该接收器与图2的接收器11相似之处在于,其还包括与电力接收器线圈59串联的电力控制开关67;然而在本发明的该实施例中,存在与电力接收器线圈串联的另外的电力控制开关68。该另外的电力控制开关可以包括体二极管68a。另外的电力控制开关可以通过允许控制电流的正半周期和负半周期二者来提高接收器的Q值,以产生通过电力接收器线圈的对称电流。

[0041] 本领域技术人员将认识到参照图2至图6讨论的拓扑是如何示出不同位置的电力控制开关,但是在不偏离本发明的情况下可以将电力控制开关定位在其他位置。在接收器的谐振电路或电压倍增器电路部分中包括电力控制开关可以消除对接收器中的额外的电力转换器级的需要。具体地,不存在另外的电压调节级,并且不存在大体积的DC电感器。还将认识到如何根据接收器中的电力控制开关的位置来调节对电力控制开关的控制。本领域技术人员将认识到,存在许多用于控制电力控制开关的适当方法,将带来提供给负载的电力的调节。

[0042] 此外,本领域技术人员将认识到如上文所述的图2至图6中所示的电压倍增器电路适用于许多情形,其中提供给负载的输出DC电压需要具有与输入相同或者比输入更高的电压。然而,本领域技术人员将认识到,可以修改图2至图6中所示的接收器,使得DC输出被提供给具有较低电压的负载。在这样的实施例中,上文描述的“电压倍增器”电路变为“电荷泵”电路,其包括相对于输入电压增加(即电压倍增器)或减少输出电压的整流器,其中谐振电路和电力控制开关是电荷泵电路的一部分。

[0043] 参照图7(和相关联的图8A至8D),示出了如图2中所示的接收器11的波形。这示出了可以如何控制电力控制开关18以便调节提供给负载16的电力。将认识到,这并非是用于调节提供给负载的电力的唯一可能方法。此外,本领域技术人员将认识到针对本发明的其他接收器实施例可以如何适用该方法。所述步骤是:

[0044] i. 电力控制开关18接通69。这允许电流通过电力控制开关在正向方向上流动,使得电流被提供给谐振电容器14。DC平流电容器17向负载16提供电力。这在图8A中的有效电路中示出。

[0045] ii. 当通过电力控制开关18的电流从正去往负时70,电力控制开关保持接通并且来自谐振电路12的电力被提供给DC平流电容器17和负载16。这在图8B中的有效电路中示出。

[0046] iii. 在电流达到零之前,电力控制开关18断开71。电力控制开关可以在通过电力控制开关的电流为负的任何点处断开。由于电力控制开关中的体二极管18a,电力继续流向DC平流电容器17和负载16。优选地,电力控制开关保持接通,直至刚好在通过电力控制开关的电流达到零为止72,因为这使得通过体二极管的损耗最小。由于谐振电路的谐振周期是已知的,因此可以在电流将达到零时进行估计。如下文将更详细地讨论的,这需要检测电流的相位。这在图8C中的有效电路中示出。

[0047] iv. 当通过电力控制开关18的电流达到零时72,电力控制开关仍然断开,并且现在

体二极管18a从正向偏置转变为反向偏置,并且将阻挡电流流动,使谐振电路12开路。DC平滑电容器17向负载16提供电力。电力控制开关保持断开,直至电力控制时间间隔73结束。该电力控制时间间隔根据负载的电力需要而变化。基本上,电力控制时间间隔建立接收器线圈中感生的电压和流过接收器线圈的电流之间的相位延迟,这允许控制提供给负载的电力。如下文将更详细的讨论的,可以从通过电力控制开关的电流从负去往零72之前的参考点74测量该电力控制时间间隔。这在图8D中的有效电路中示出。

[0048] v. 在电力控制时间间隔73之后,电力控制开关返回接通75,并且电流开始流动,使得电力被提供给谐振电容器14。这在图8A中的有效电路中示出。

[0049] 该方法依赖于检测电流的相位,使得当通过开关的电流达到零70、72时的点可以被确定。根据本发明的一个实施例,该方法通过感测可被用作相位的指示符的两个操作转变的发生并且使用这些转变中的一个指示参考相位来检测相位。具体地,该方法感测在不同的负载条件下具有不同可靠性的两个转变,并且使用一个转变作为电流相位的指示符。

[0050] 在一个实施例中,第一操作转变是电压倍增器电路15中的第一二极管20两端的电压的极性改变76。当电流从谐振电路12流到负载16时,第一二极管两端的电压将被箝位在输出电压。在优选实施例中,这可以是+5V。相反,当电流在相反方向上流过谐振电路时,第一二极管将被正向偏置并且因此第一二极管两端的电压将接近零伏。因而电压倍增器电路中的第一二极管两端的电压的幅度改变可用于指示电力控制开关18中的电流的相位。在图7的波形中示出的实施例中,第一二极管电压的上升沿76产生比下降沿77更可靠的信号。通过诸如可编程芯片上系统或者任何其他适当装置的微控制器可以检测该上升沿。在该实施例中,上升沿对应于从正去往负的通过电力流动控制开关的电流70。当接收器在高负载下时,这种二极管电压极性的改变通常将产生更可靠的信号。在低负载下,电压极性的改变可能具有过多的噪声。第一二极管两端的电压是流过谐振电路并且处于轻负载的电流的函数;该电流可能是极低的、非正弦的并且由非理想器件性质支配,没有清晰的正和负周期。

[0051] 在同一实施例中,第二操作转变是在电力控制开关18两端的电流达到零时出现的电力控制开关中的电压尖峰78。该尖峰78在图7中的波形中示出。本领域技术人员将认识到,这种电压尖峰是因开关的固有电容与串联电感在通过该串联电感的电流从负跨越到正时相互作用导致的已知现象。典型地,这是需要最小化的问题。然而,在该情况下,有利地使用电压尖峰指示通过电力控制开关的电流的过零点72。根据一个实现方案,一旦感测到电压尖峰78,则可以使信号延迟周期的一半79,使得其将大致上与从正去往负74、70的电流一致。当接收器在低负载或中负载下时,这种电压尖峰将典型地产生更可靠的信号。在高负载下,电压尖峰可能是不能区分的,因为在满负荷时,电力控制开关可能不再断开以增加电力输出,在该情况下不存在开关两端的电压尖峰。替选地,电力控制开关可能短时间断开(即电力控制时间间隔短),使得控制器不能处理电压尖峰。

[0052] 本领域技术人员将认识到,延迟79是有必要的,使得与波形的不同部分相关的第一操作转变和第二操作转变可以进行比较。还将认识到,尽管上述实施例中的延迟以周期的一半被施加到第二操作转变,但是以任何适当的时长将延迟应用到任一操作转变同样也符合本发明。

[0053] 在一个实施例中,随后基于在检测窗口中首先检测到哪个操作转变,即第一操作转变76或第二操作转变(在其被延迟周期的一半之后)74,来确定相位参考。因而,在高负载



下,可以不感测第二操作转变,并且因此唯一基于第一操作转变的发生来确定相位。等同地,在低负载下,可以不感测第一操作转变,并且因此唯一基于第二操作转变的发生来确定相位。在中负载下,可以使用任一操作转变(根据在检测窗口中首先检测到的操作转变)。将认识到,该方法是如何在没有过多复杂性的情况下有利地提供用于高负载或低负载的相位检测方法的优点,并且在负载从高变为低(反之亦然)时自然地进行调整。参照图7中的波形,该相位参考74用作以下参考点,电力控制时间间隔73从该参考点测量。再一次地,本领域技术人员将认识到,该参考点可以适当地建立在周期中的任何点,据此调整电力控制时间间隔,并且本发明在这一点上不受限制。该相位参考74还可以用作以下参考点,从该参考点电力控制开关断开77。在该实施例中,电力控制开关在该参考点之后在小于周期80的一半时断开。

[0054] 参照图9,示出了可用于实现上文描述的控制方法的控制电路的框图81。本领域技术人员将认识到,存在用于实现上述控制方法的许多可能的方法,并且本发明在这一点上不受限制。电路接收来自第一二极管82两端的电压(根据上文描述的第一操作转变的感测)以及电力控制开关83两端的电压尖峰(根据上文描述的第二操作转变的感测)的输入。电力控制开关两端的电压尖峰被延迟84周期的一半。这些是开窗触发器85的输入。检测到的第一输入用于指示电流相位。在接通电力控制开关18之前,这产生了在电力控制延迟87中被延迟了电力控制时间间隔的信号86。电力控制时间间隔的长度可以由比例-积分控制器(PI)电路88控制。PI电路可以接收包括负载89的电力需要的输入以及被提供给负载90的电力。

[0055] 参照图10,示出了如图4中所示的接收器35的波形。这示出了可以如何修改参照图7和8A-8D中描述的电力控制开关方法而用于不同的接收器拓扑。这些步骤是:

[0056] i. 电力控制开关45接通91。这允许电流在正向方向上流过电力控制开关,使得电流被提供给DC平流电容器42和负载43。这在图11A中的有效电路中示出。

[0057] ii. 当通过电力控制开关45的电流达到零时92,电力控制开关保持接通并且电流被提供给谐振电路36。DC平流电容器42向负载43提供电力。这在图11B中的有效电路中示出。

[0058] iii. 在电压倍增器电路39中的第一二极管40两端的电压改变极性93之前,电力控制开关断开94。开关可以在通过电力控制开关的电流不为正时的任何点断开。这在图11C中的有效电路中示出。

[0059] iv. 当第一二极管40两端的电压改变极性93时,电力控制开关45仍然断开,并且现在体二极管45a从正向偏置转变为负向偏置,并且将阻挡电流流动。DC平流电容器42向负载43提供电力。电力控制开关保持断开直到电力控制时间间隔95结束为止。该电力控制时间间隔根据负载的电力需要而变化。基本上,电力控制时间间隔建立允许控制提供给负载的电力的电路的阻抗。这在图11D的有效电路中示出。

[0060] v. 在电力控制时间间隔95之后,电力控制开关45返回接通91,并且电流开始流动,使得电力被提供给DC平流电容器42和负载43。这在图11A中的有效电路中示出。

[0061] 在本发明的另一可能的实施例中,根据以下记载控制图4中所示的接收器35的电力控制开关以调节提供给负载的电力:

[0062] i. 如果供给负载43的电压小于负载所需的电压,则电力控制开关45被接通,使得

来自谐振电路36和电压倍增器电路39的电力被提供给负载(参见图11A和11B中的当通过电力控制开关的电流分别大于零以及小于零时的有效电路);

[0063] ii. 如果供给负载的电压大于负载所需的电压,则电力控制开关断开。这防止电力被提供给负载。再者,一旦谐振电路中的谐振电容器充满电,则电流将不再在谐振电路中流动。

[0064] 该方法可以被视为按照与具有零滞后的开关式控制器(bang bang controller)相似的方式进行操作。还可以修改该方法以按照与具有一定程度的滞后的开关式控制器相似的方式进行操作。

[0065] 当电流是零时可以控制电力控制开关接通或断开(即零电流切换)。这可以通过使用电流感测电阻器、电流变换器或一些其他装置而检测谐振电路中的电流相位来实现。该信息可以被提供给控制电力控制开关的控制器。

[0066] 再一次地,将认识到这并非是用于调节提供给负载的电力的唯一可能方法。此外,本领域技术人员将认识到可以如何针对本发明的其他接收器实施例来适用该方法。

[0067] 在本发明的另一方面,在出现指定状况的情况下可以调节控制器以超越电力控制开关的正常控制。在一个实施例中,所述指定状况可以是提供给负载的电压超过预定阈值或者下降到所述预定阈值以下。控制器可以适于检测超过预定阈值或者下降到预定阈值以下的电压,并且通过将电力控制开关断开或接通(将使电压按照需要改变)来超越电力控制开关的正常控制,直至电压返回适当的操作范围为止。

[0068] 尽管通过本发明的实施例的描述已说明了本发明,并且尽管已详细描述了实施例,但是申请人并非意在按此细节限定或以任何方式限制所附权利要求的范围。另外的优点和修改是本领域技术人员易于想到的。因此,本发明在其较宽的方面不限于所示出并描述的特定细节、代表性装置和方法以及说明性示例。因此,在不偏离申请人的总体发明构思的精神或范围的情况下,可以脱离这些细节。

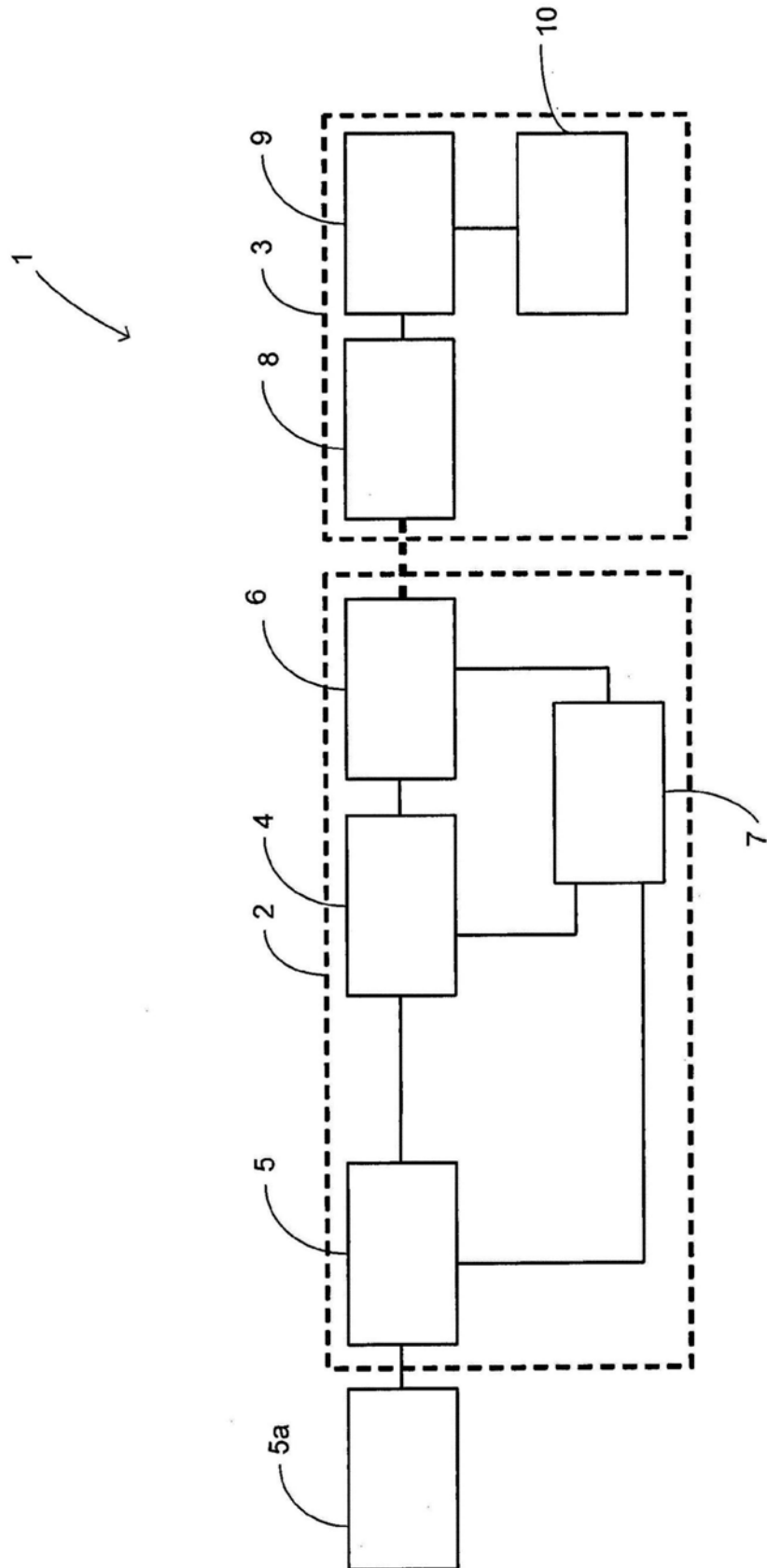


图1

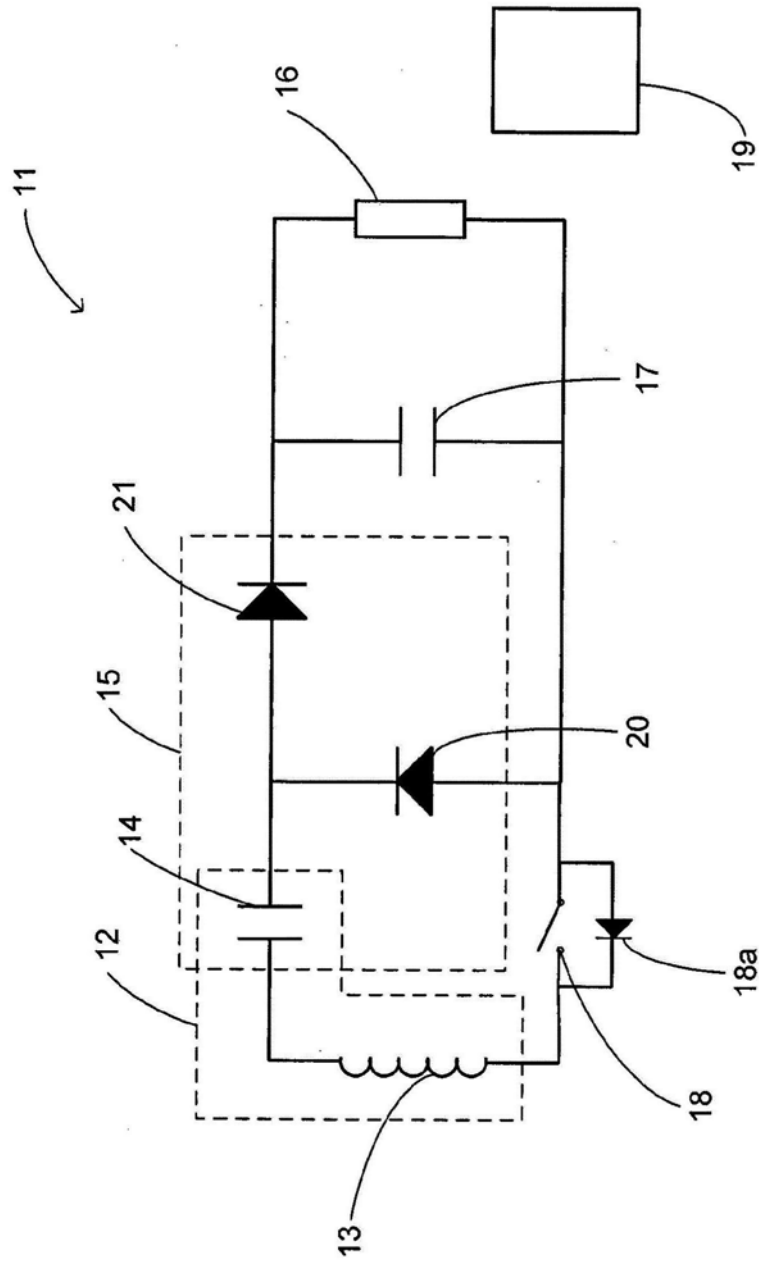


图2

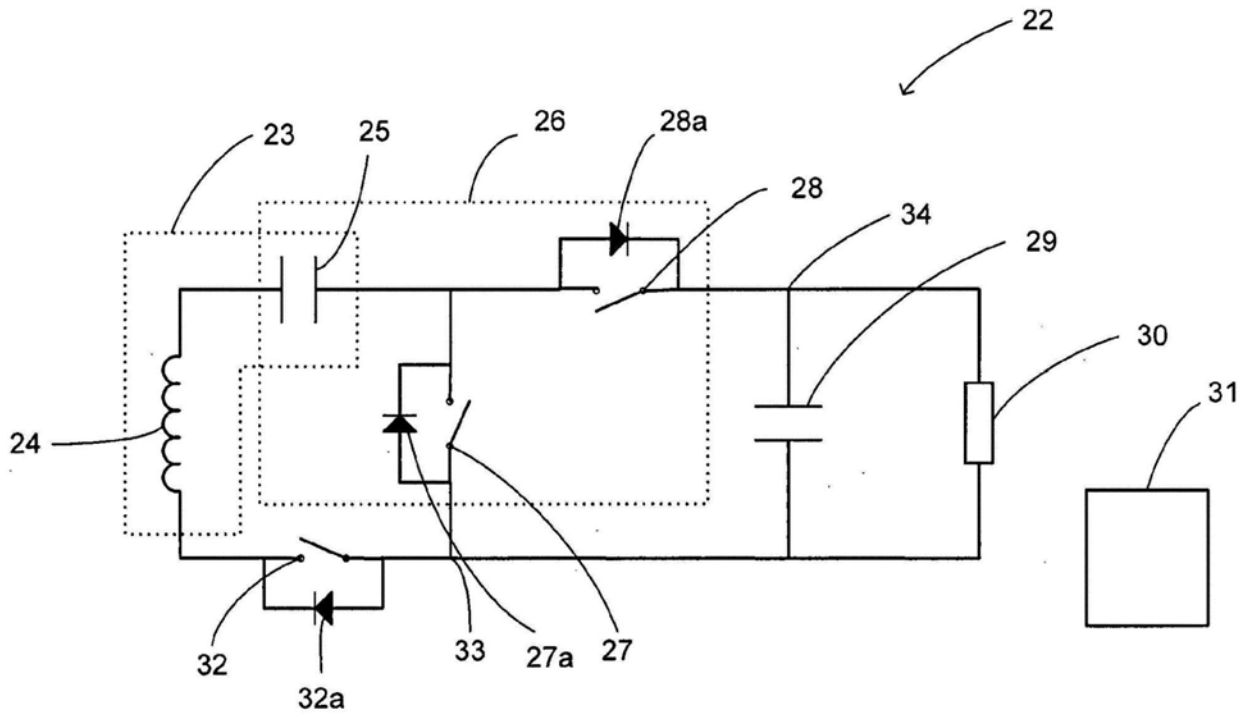


图3

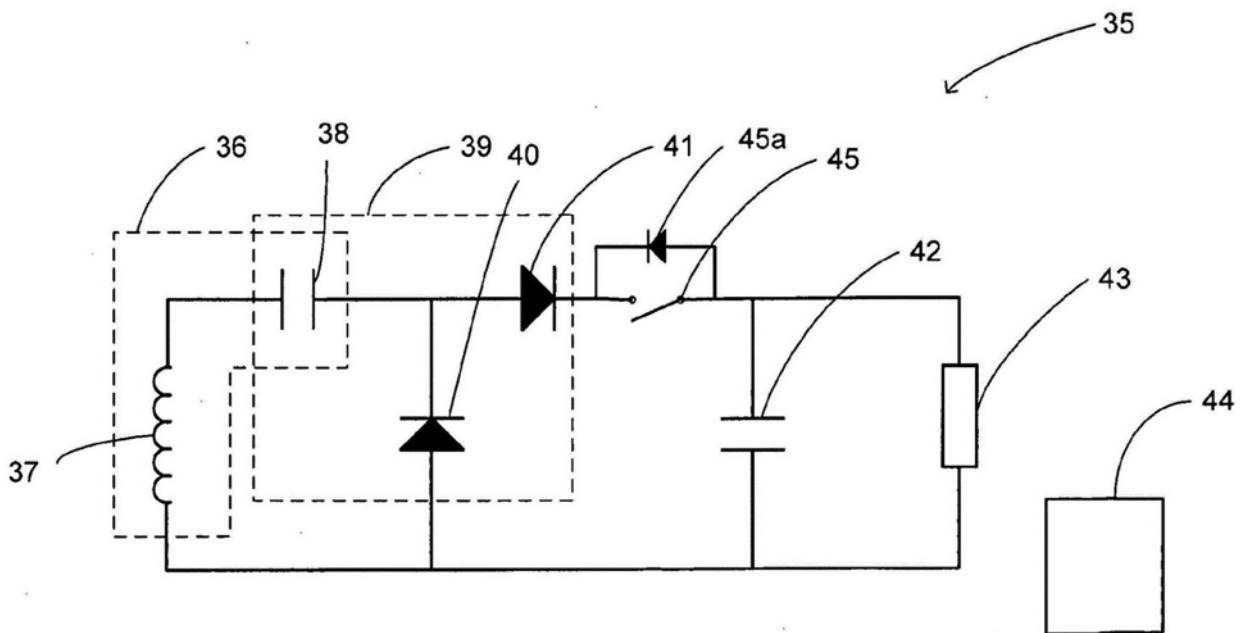


图4

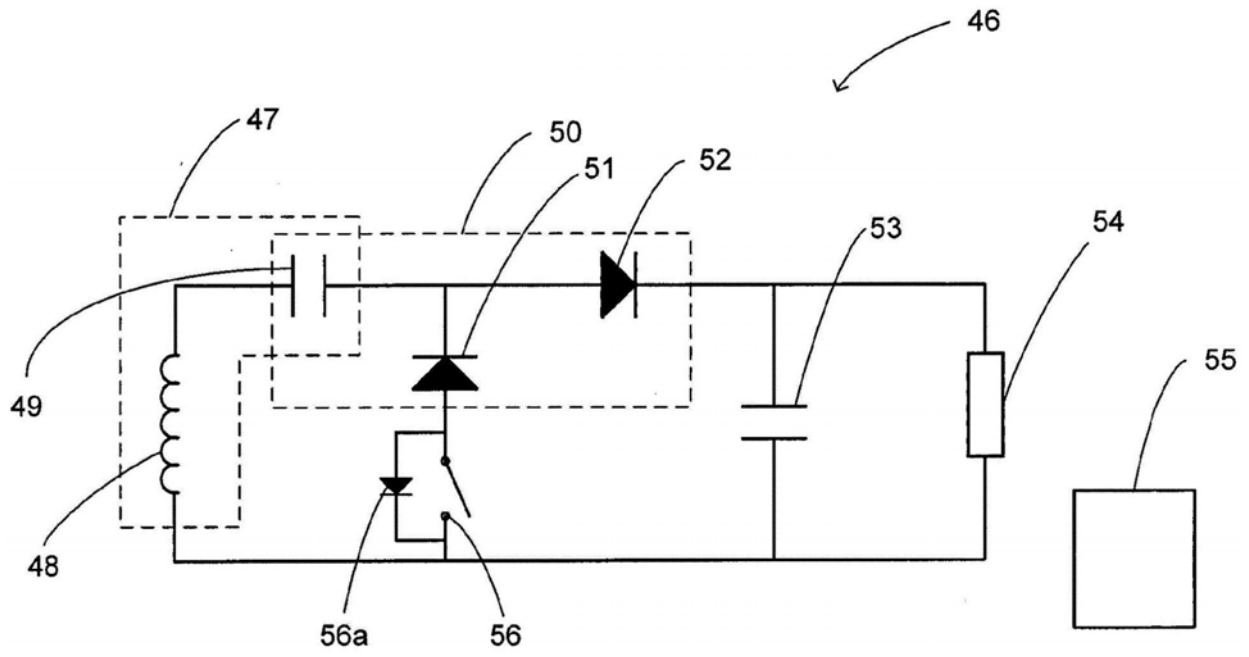


图5

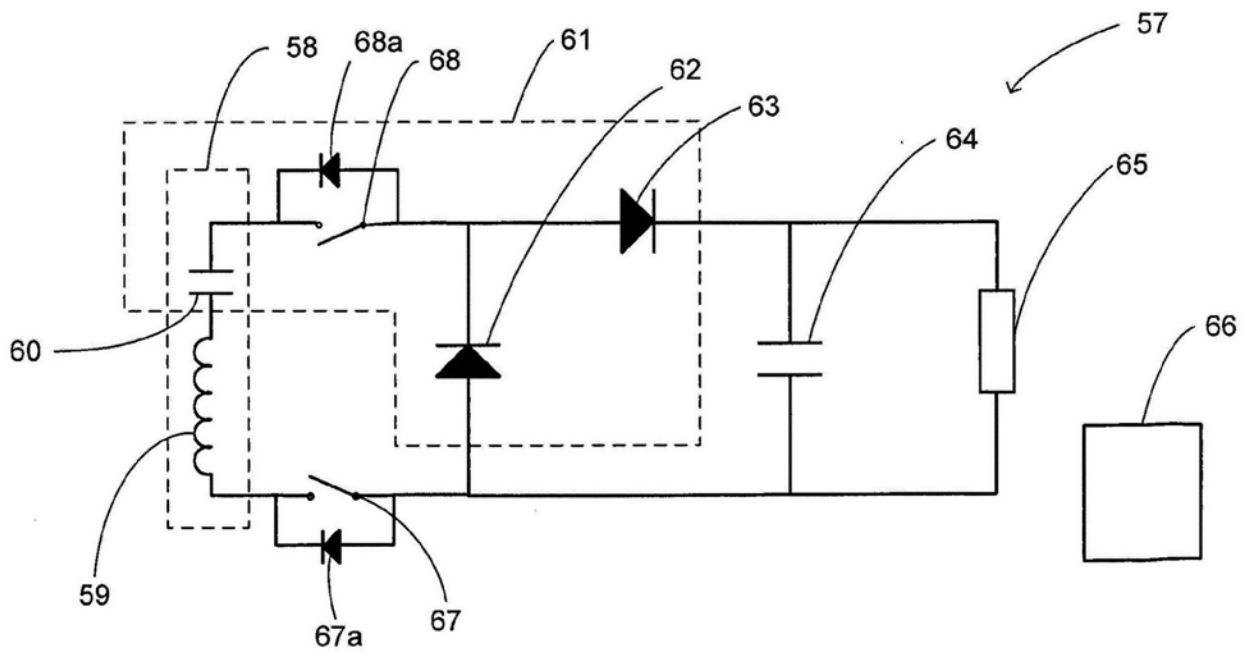


图6

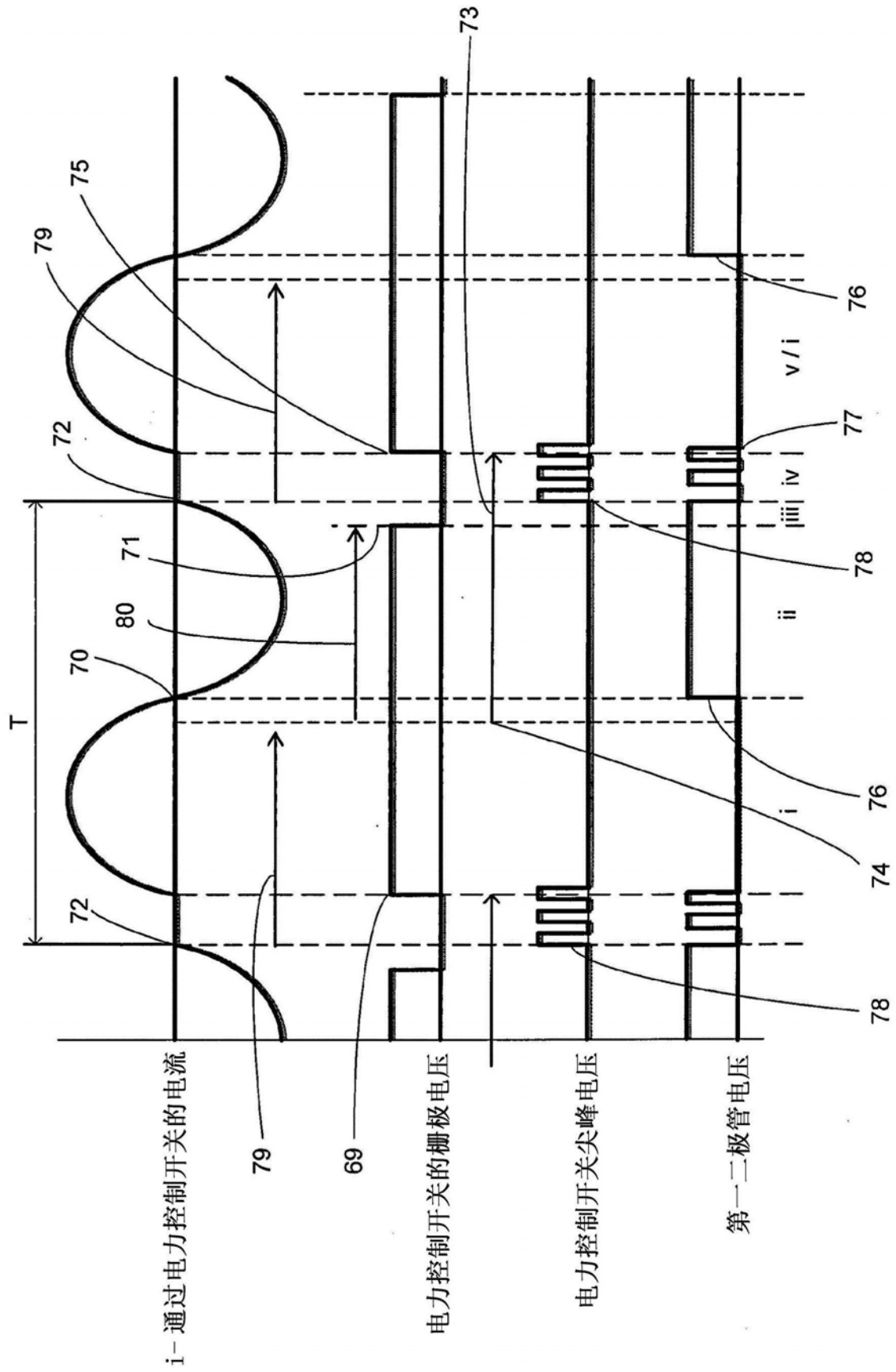


图7

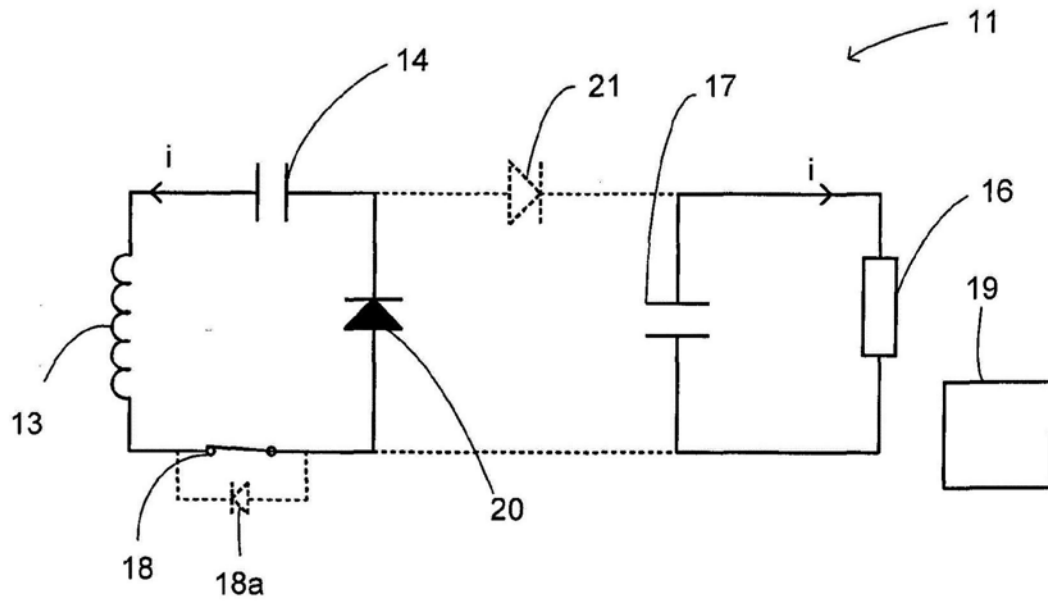


图8A

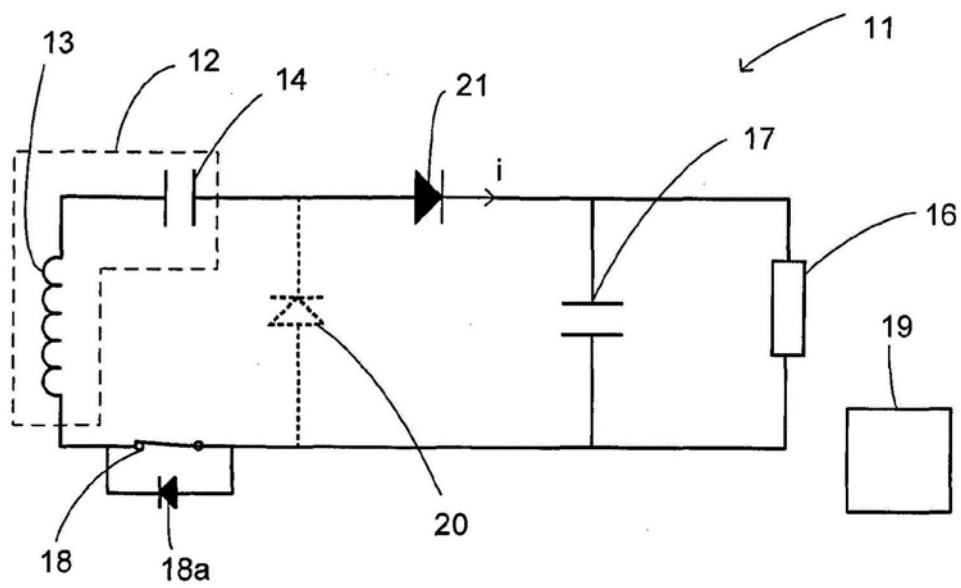


图8B



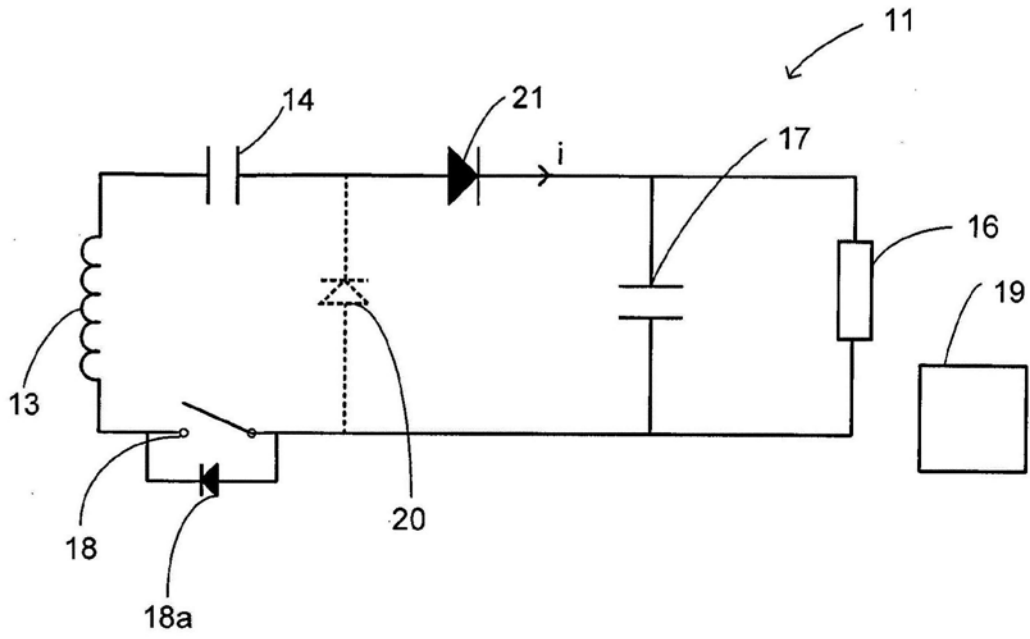


图8C

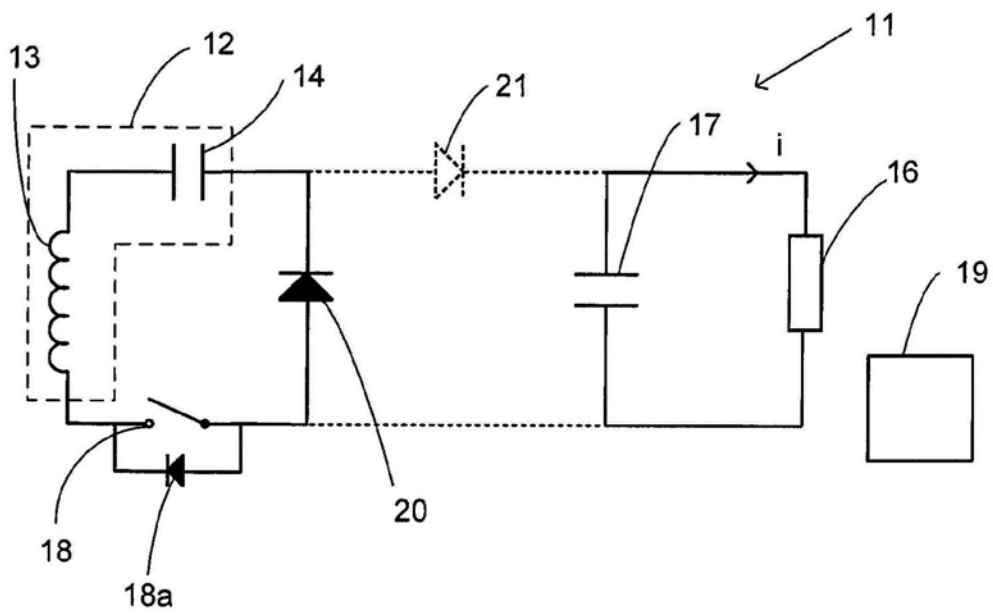


图8D

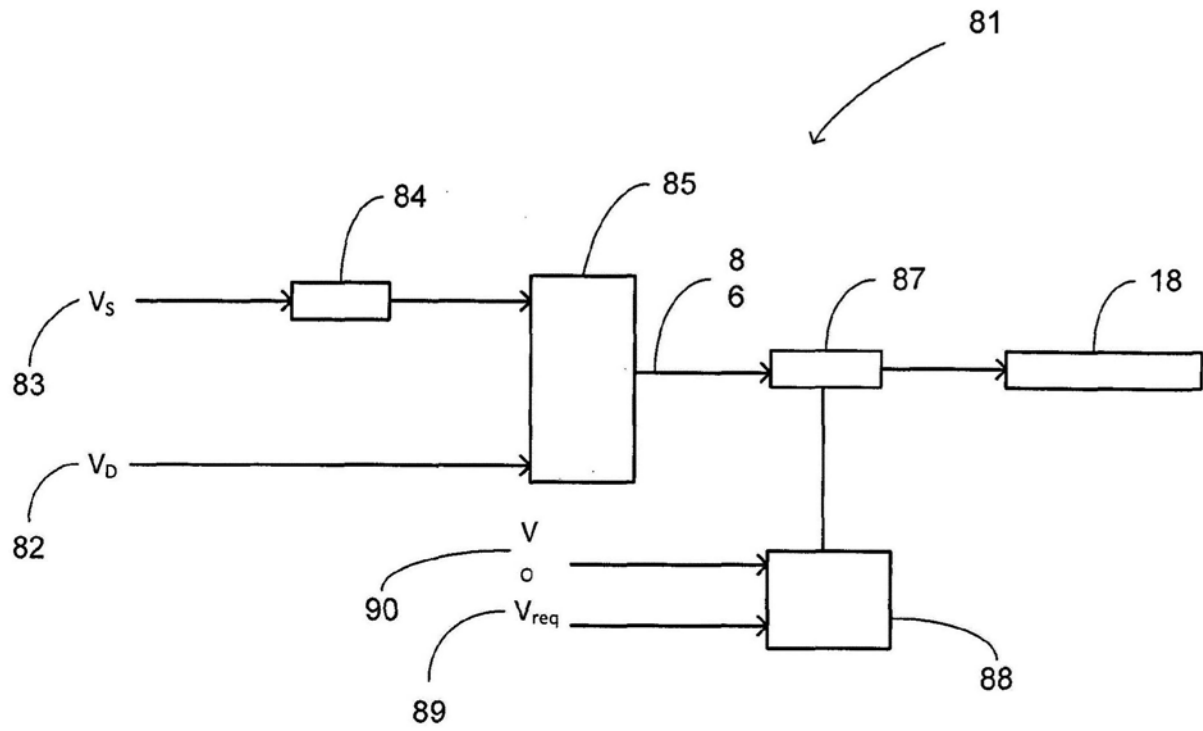


图9

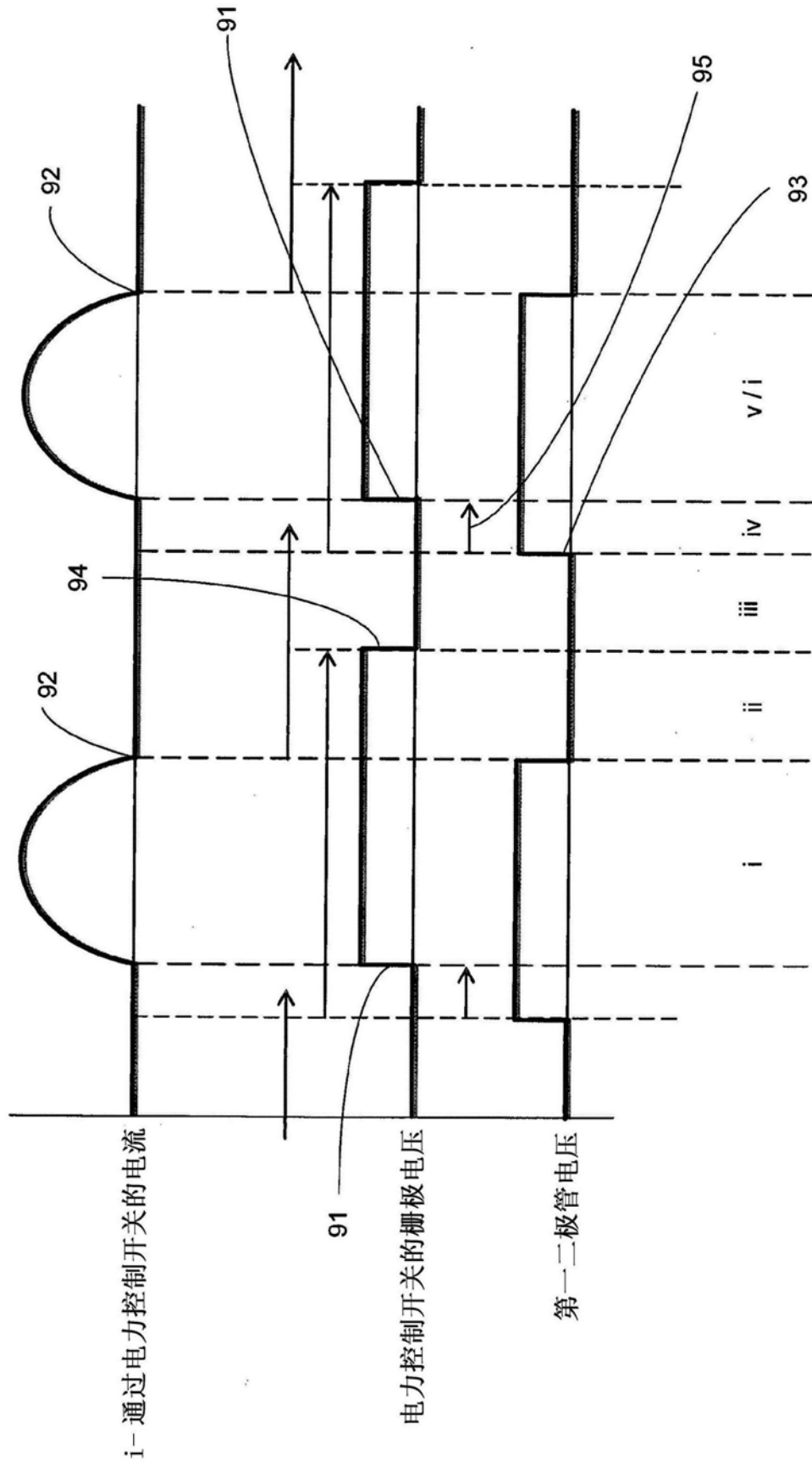


图10

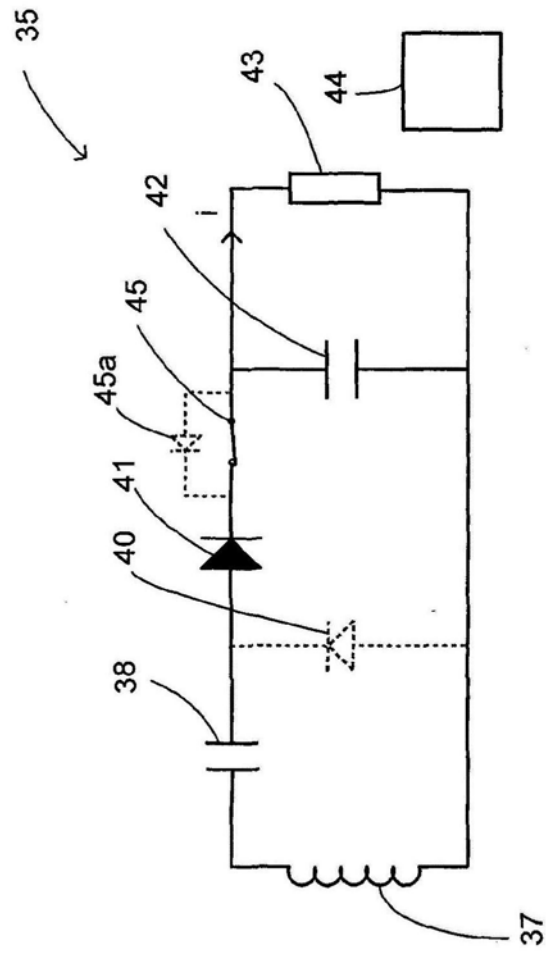


图11A

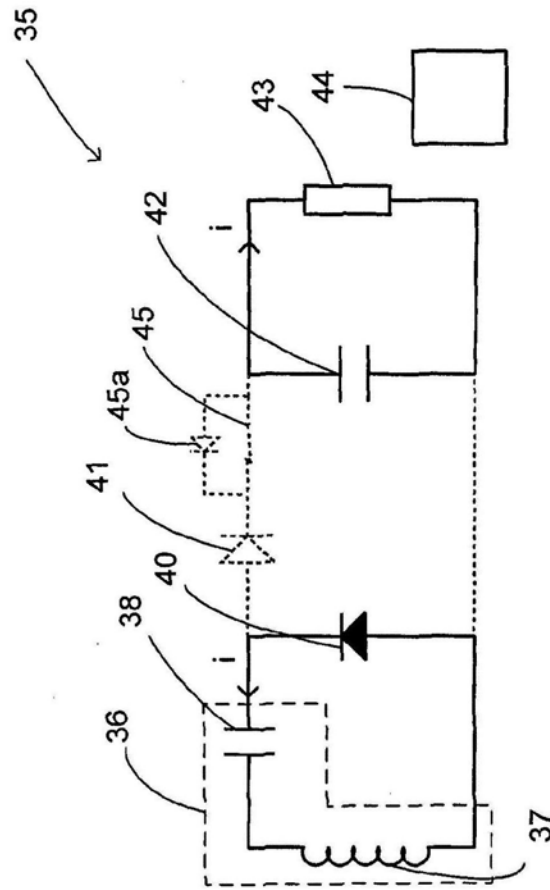


图11B

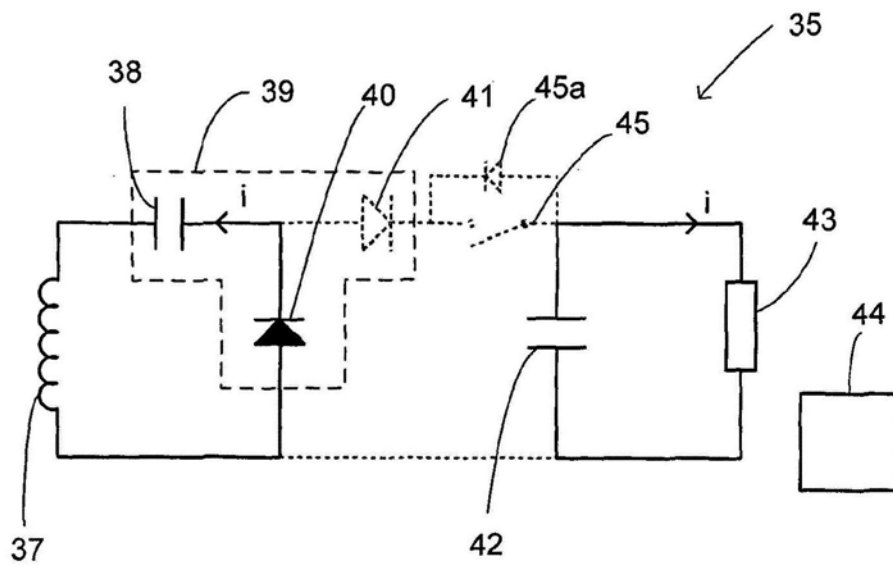


图11C

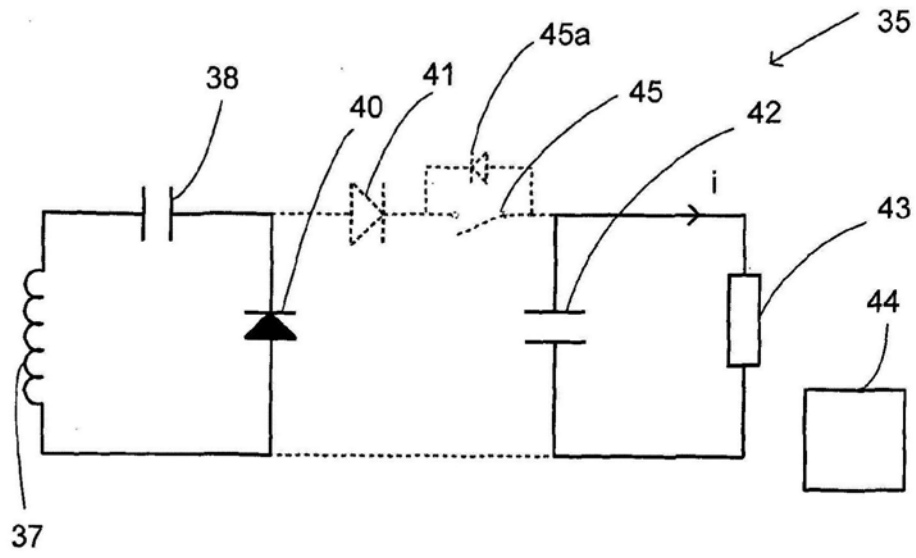


图11D