



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101847888 A

(43) 申请公布日 2010.09.29

(21) 申请号 201010145484.0

(22) 申请日 2010.03.29

(30) 优先权数据

12/413181 2009.03.27 US

(71) 申请人 通用汽车环球科技运作公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 L·A·卡尤克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 姜云霞 谭祐祥

(51) Int. Cl.

H02J 7/10(2006.01)

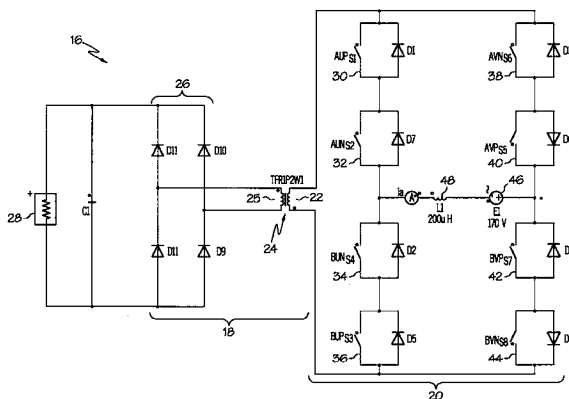
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 11 页

(54) 发明名称

单位功率因数的隔离的单相矩阵变换器电池充电器

(57) 摘要

提供了用于单位功率因数的隔离的单相矩阵变换器电池充电器。在一个实施方式中, AC 栅极电压电源耦接至感应器和开关矩阵。对感应器充电并且控制所述开关矩阵以建立多种电流通路, 以使电压穿过感应器以增加 AC 栅极电压。升压的 AC 栅极电压流过隔离变压器以被整流, 从而被用于对用于电动车辆的电池组充电。



1. 一种将 AC 栅极电压变换成 DC 充电电压的方法,包括以下步骤:
将感应器耦接到 AC 栅极电压和单级开关矩阵;
控制单级开关矩阵以用电压对所述感应器充电;
控制单级开关矩阵以提供第一和第二电流通路,以使所述电压和所述 AC 栅极电压流过隔离变压器,所述第一和第二电流通路响应于 AC 栅极电流极性;
重复控制所述单级开关矩阵以用电压对所述感应器充电;
控制所述单级开关矩阵以提供第三和第四电流通路,以使所述电压和所述 AC 栅极电压流过输入端至隔离变压器,所述第三和第四电流通路响应于 AC 栅极电流极性;
对来自所述隔离变压器的输出端的所述电压和所述 AC 栅极电压进行整流以提供充电电压。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述控制单级开关矩阵以用电压对所述感应器充电的步骤包括在第一时间期间闭合以 4 乘 4 并联开关配置设置的八个开关。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述控制单级开关矩阵以提供第一和第二电流通路的步骤包括在第二时间期间将位于 4 乘 4 并联开关配置的每一侧上的第一和第三开关断开。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述控制单级开关矩阵以提供第三和第四电流通路的步骤包括在第二时间期间将位于 4 乘 4 并联开关配置的每一侧上的第二和第四开关断开。
5. 一种单相隔离的开关变换器电池充电器,包括:
AC 栅极电压电源,其提供 AC 栅极电压;
感应器,其与 AC 栅极电源串联;
单相开关矩阵;
控制器,其用于控制所述单相开关矩阵,以断开或闭合开关从而建立电流通路;
隔离变压器,其在输入端侧耦接于所述单相开关矩阵;
整流器,其耦接在所述隔离变压器的输出端侧;
由此,所述控制器控制所述单相开关矩阵以用电压对所述感应器充电,然后控制所述开关以建立电流通路,使所述电压和所述 AC 栅极电压穿过所述隔离变压器至所述整流器,以对电池充电。
6. 如权利要求 5 所述的单相隔离的开关变换器电池充电器,其中所述单相开关矩阵包括以 4 乘 4 并联配置设置的八个开关。
7. 如权利要求 5 所述的单相隔离的开关变换器电池充电器,其中所述控制器断开和闭合所述开关以实现基本单位功率因数。
8. 如权利要求 5 所述的单相隔离的开关变换器电池充电器,其中所述控制器实现低输入 AC 总谐波失真。
9. 一种单相隔离的开关变换器电池充电器,包括:
AC 栅极电压电源,其提供 AC 栅极电压;
感应器,其与 AC 栅极电源串联;
单相开关矩阵,其包括以 4 乘 4 并联配置设置的八个开关;
控制器,其用于控制所述单相开关矩阵,以断开或闭合开关从而建立电流通路;

隔离变压器,其在输入端侧耦接于所述单相开关矩阵;和
整流器,其耦接于所述隔离变压器的输出端侧;

由此,所述控制器控制所述单相开关矩阵以用电压对所述感应器充电,然后控制所述开关以建立电流通路,使所述电压和所述 AC 栅极电压穿过所述隔离变压器至所述整流器,以对电池充电。

10. 如权利要求 9 所述的单相隔离的开关变换器电池充电器,其中所述控制器断开和闭合所述开关以实现基本单位功率因数。

单位功率因数的隔离的单相矩阵变换器电池充电器

技术领域

[0001] 本发明总体涉及电池充电,且更具体地涉及从单相电源对电池充电并实现充电过程的单位功率因数。

背景技术

[0002] 电动车辆或混合动力车辆充电系统的电路设计面临许多挑战。例如,选择功率拓扑结构、在操作输入/输出电压的宽范围上输送高功率、电隔离、高功率密度和低成本。电池基能量存储系统(ESS)电压特性和功率栅极电压相的数量驱动充电系统的输出/输入请求。

[0003] 理想地,充电系统应当实现单位功率因数和低总谐波失真、电隔离的功率状态和高功率密度。在满足这些目标的尝试中,现有的充电系统采用双级设计。第一级包括宽输入电压范围单位功率因数升压变换器,其提供的输出电压高于ESS最大额定电压。第二级提供电隔离和按照充电控制系统的指示处理提供到ESS的电压和电流。

[0004] 现有的充电系统的缺点是,因为还需要功率升压级以产生中高压直流母线,所以两级的效率不高。而且,在高功率或快速充电情况下,两级系统的前端需要多相功率栅极接线(如,两相或三相)。然而,在美国,大多数家庭和商业都利用标准的(在美国为110伏、60Hz)单相功率栅极电压。

[0005] 因此,需要提供单相充电系统,该系统能实现单位功率因数效率,同时为混合动力车辆、电动车辆或需要类似充电性能的充电应用所需求提供隔离、低谐波失真和高功率密度。而且,本发明的其它可期望的特征或特点将通过下面的详细描述和所附权利要求、以及附图和之前的技术领域和背景技术变得显而易见。

发明内容

[0006] 提供了关于单位功率因数、隔离的、单相开关矩阵变换器/电池充电器的本发明的实施例。在一个实施方式中,AC栅极电压电源耦接至感应器和开关矩阵。对感应器充电并且控制所述开关矩阵以建立多种电流通路,以使电压穿过感应器以增加AC栅极电压。升压的AC栅极电压流过隔离变压器以被整流,并被用于对用于电动车辆或混合动力车辆的电池存储系统充电。

[0007] 技术方案1:一种将AC栅极电压变换成DC充电电压的方法,包括以下步骤:

[0008] 将感应器耦接到AC栅极电压和单级开关矩阵;

[0009] 控制单级开关矩阵以用电压对所述感应器充电;

[0010] 控制单级开关矩阵以提供第一和第二电流通路,以使所述电压和所述AC栅极电压流过隔离变压器,所述第一和第二电流通路响应于AC栅极电流极性;

[0011] 重复控制所述单级开关矩阵以用电压对所述感应器充电;

[0012] 控制所述单级开关矩阵以提供第三和第四电流通路,以使所述电压和所述AC栅极电压流过输入端至隔离变压器,所述第三和第四电流通路响应于AC栅极电流极性;

[0013] 对来自所述隔离变压器的输出端的所述电压和所述 AC 栅极电压进行整流以提供充电电压。

[0014] 技术方案 2 :如技术方案 1 所述的方法,其中所述控制单级开关矩阵以用电压对所述感应器充电的步骤包括在第一时间期间闭合以 4 乘 4 并联开关配置设置的八个开关。

[0015] 技术方案 3 :如技术方案 1 所述的方法,其中所述控制单级开关矩阵以提供第一和第二电流通路的步骤包括在第二时间期间将位于 4 乘 4 并联开关配置的每一侧上的第一和第三开关断开。

[0016] 技术方案 4 :如技术方案 1 所述的方法,其中所述控制单级开关矩阵以提供第三和第四电流通路的步骤包括在第二时间期间将位于 4 乘 4 并联开关配置的每一侧上的第二和第四开关断开。

[0017] 技术方案 5 :一种单相隔离的开关变换器电池充电器,包括 :

[0018] AC 栅极电压电源,其提供 AC 栅极电压 ;

[0019] 感应器,其与 AC 栅极电源串联 ;

[0020] 单相开关矩阵 ;

[0021] 控制器,其用于控制所述单相开关矩阵,以断开或闭合开关从而建立电流通路 ;

[0022] 隔离变压器,其在输入端侧耦接于所述单相开关矩阵 ;

[0023] 整流器,其耦接在所述隔离变压器的输出端侧 ;

[0024] 由此,所述控制器控制所述单相开关矩阵以用电压对所述感应器充电,然后控制所述开关以建立电流通路,使所述电压和所述 AC 栅极电压穿过所述隔离变压器至所述整流器,以对电池充电。

[0025] 技术方案 6 :如技术方案 5 所述的单相隔离的开关变换器电池充电器,其中所述单相开关矩阵包括以 4 乘 4 并联配置设置的八个开关。

[0026] 技术方案 7 :如技术方案 5 所述的单相隔离的开关变换器电池充电器,其中所述控制器断开和闭合所述开关以实现基本单位功率因数。

[0027] 技术方案 8 :如技术方案 5 所述的单相隔离的开关变换器电池充电器,其中所述控制器实现低输入 AC 总谐波失真。

[0028] 技术方案 9 :一种单相隔离的开关变换器电池充电器,包括 :

[0029] AC 栅极电压电源,其提供 AC 栅极电压 ;

[0030] 感应器,其与 AC 栅极电源串联 ;

[0031] 单相开关矩阵,其包括以 4 乘 4 并联配置设置的八个开关 ;

[0032] 控制器,其用于控制所述单相开关矩阵,以断开或闭合开关从而建立电流通路 ;

[0033] 隔离变压器,其在输入端侧耦接于所述单相开关矩阵 ;和

[0034] 整流器,其耦接于所述隔离变压器的输出端侧 ;

[0035] 由此,所述控制器控制所述单相开关矩阵以用电压对所述感应器充电,然后控制所述开关以建立电流通路,使所述电压和所述 AC 栅极电压穿过所述隔离变压器至所述整流器,以对电池充电。

[0036] 技术方案 10 :如技术方案 9 所述的单相隔离的开关变换器电池充电器,其中所述控制器断开和闭合所述开关以实现基本单位功率因数。

[0037] 技术方案 11 :如技术方案 9 所述的单相隔离的开关变换器电池充电器,其中所述

控制器实现低输入 AC 总谐波失真。

附图说明

[0038] 下文将结合附图描述本发明,其中相同的附图标记表示相同的元件。

[0039] 图 1 是根据现有技术的充电系统的电路示意图;

[0040] 图 2 是根据本发明一个实施方式的充电系统的电路示意图;

[0041] 图 3 是根据本发明的控制图 2 的开关的正时图;

[0042] 图 4 是在操作的初始阶段本发明的切换设置的等效电路示意图;

[0043] 图 5 是本发明的正弦脉冲宽度调制 (PWM) 的可变工作循环控制信号 $D(t)$ 的正时图;

[0044] 图 6A 和 6B 是根据本发明的一个实施方式的在 AC 栅极电流的正相期间本发明的切换设置的等效电路示意图;

[0045] 图 7A 和 7B 是根据本发明的一个实施方式的在 AC 栅极电流的负相期间本发明的切换设置的等效电路示意图;

[0046] 图 8 是根据本发明一个实施方式的产生正弦脉冲宽度调制 (PWM) 的可变工作循环控制信号 $D(t)$ 的控制电路的框图;

[0047] 图 9 是示出本发明中为实现单位功率因数的变换器输出电压和同相位 (in-phase) 的 AC 栅极电压和栅极电流的波形图。

具体实施方式

[0048] 如本文中所示,词语“示例性”指的是“用作示例、例子或说明”。以下具体描述本质上仅仅是示例性的,并不意在限制本发明或本发明的应用和使用。本文中作为“示例性”描述的任何实施方式都不一定理解为比其它实施方式更优选或更具有优点。在具体实施方式部分描述的所有实施方式都是示例性的实施方式,提供这些实施方式以使本领域技术人员能够制造或使用本发明,但并不用于限制本发明的范围,本发明的范围由权利要求定义。而且,在先前的技术领域、背景技术、发明内容或下面的具体实施方式部分明示或暗示的任何理论都不意在限定本发明。

[0049] 这样,本文中公开的任何概念可被广泛地应用于电动或混合动力“车辆”,且如本文中所示,术语“车辆”宽泛地涉及无生命运输机械。上述车辆的示例包括诸如公交车、轿车、卡车、运动用途车辆、篷车等机动车,和诸如火车、有轨电车和矿车等机械轨道车辆等。而且,术语“车辆”并不由诸如汽油、柴油、氢或各种其它替代燃料的任何特定推进技术所限定。

[0050] 示例性实施方式

[0051] 现在参照图 1,示出了根据现有技术的充电系统 10。第一级 12 包括宽输入电压范围单位功率因数升压变换器,其提供的输出电压高于电池基能量存储系统 (ESS) 最大额定电压。第二级 14 提供电隔离并按照充电控制系统 (未示出) 的指示处理提供到 ESS 的电压和电流。

[0052] 充电系统 10 的缺点是两级的效率不高,因为还需要功率升压级以产生中高压直流母线。而且,在高功率或快速充电情况下,两级充电系统 10 的第一级 12 需要多相功率栅

极接线（如，两相或三相）。

[0053] 现在参照图 2，示出了根据本发明的一个实施方式的单级充电系统 16。充电系统 16 包括高频链 18 和矩阵变换器 20。高频链 18 由高频隔离变压器 24 和全桥斩波器 / 整流器 26 构成。高频隔离变压器 24 提供电池 28 与矩阵变换器 20 之间的电隔离。

[0054] 矩阵变换器 20 包括双向开关 30-44，双向开关 30-44 被分成两组：正向 (P) (双向开关 30, 36, 40 和 42) 和负向 (N) (双向开关 32, 34, 38 和 44)。组 P 或 N 的选择由来自功率栅极电压 46 的 AC 输入电流的方向决定。双向开关 30-44 的开关动作由状态机式样控制，下面将结合图 3-7 讨论状态机式样。

[0055] 现在参照图 3，示出了开关 S1-S8 30-44 的一个实施方式的正时图。操作的初始变换器循环由 t_0 开始并在 t_4 结束。初始变换器循环是有用的，因为在 t_0 时刻栅极 AC 电流极性 50 或 52 是未知的。因此，在 t_0 时刻开关 S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7 和 S8 都被接通（闭合）等于 $D(t) * (T_s/2)$ 微秒的时间期间，如图 3 的正时图和图 4 的电路图中所示，其中 $D(t)$ 是图 5 所示的正弦调制的可变工作循环，其由控制电路产生，将结合图 8 讨论该控制电路。如图 4 中所示，在所有开关都接通（闭合）时，输入相电流在由输入感应器和开关形成的网络中循环，结果没有输出电压通过变压器 24 上。然而，闭合开关动作迫使 AC 栅极电压通过升压感应器 L48 并且能量存储在升压感应器 48 中，而无论在 t_0 时刻栅极 AC 电流的极性如何。

[0056] 再次参照图 3，在 t_1 时刻，在等于 $\{1-D(t)\} * (T_s/2)$ 微秒的时间期间内，开关 S1、S7、S4 和 S6 都关掉（断开），而开关 S2、S3、S5 和 S8 保持接通，如图 6A 和 7A 中所示。该开关操作释放了存储在升压感应器 48 中的能量并产生回扫电压。回扫电压被加到栅极 AC 电压 50 的瞬时值。在开关 S2、S3、S5 和 S8 接通时，该开关配置提供导电通路 54（或 56，取决于 AC 栅极电压 46 的极性），无论栅极 AC 电流极性 50 或 52 如何，都使来自栅极的能量和存储在升压感应器中的能量通过隔离变压器 24 流到变换器的输出端，并产生通过隔离变压器 24 的升压电压 V_{tx} 56。

[0057] 其中， $V_{tx} = V_{AC} / \{(1-D(t))\}$ 并且持续时间为 $\{1-D(t)\} * (T_s/2)$ 微秒。

[0058] 在 t_2 时刻，开关 S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7 和 S8 再一次全部接通（图 4），使得在 $D(t) * (T_s/2)$ 微秒的时间期间上，再一次迫使 AC 栅极电压 24 通过升压感应器 48 且将能量存储在升压感应器中。

[0059] 再参照图 3，在 t_3 时刻，在 $\{1-D(t)\} * (T_s/2)$ 微秒时间期间上，开关 S2、S3、S5 和 S8 都关掉（断开），而开关 S1、S4、S6 和 S7 保持接通，如图 6B 和 7B 所示。该开关操作释放了存储在升压感应器 48 中的能量并产生了回扫电压。该回扫电压被加到栅极 AC 电压 50 的瞬时值。在 S1、S4、S6 和 S7 接通的情况下，该开关配置提供了导电通路 55（或 57，取决于 AC 栅极电压 46 的极性），使得无论栅极 AC 电流极性如何 50 或 52，来自栅极的能量和存储在升压感应器中的能量都通过隔离变压器 24 流到变换器的输出端，并产生通过隔离变压器 24 的升压电压 V_{tx} (56)。

[0060] 其中， $V_{tx} = V_{AC} / \{(1-D(t))\}$ 且持续时间为 $\{1-D(t)\} * (T_s/2)$ 微秒。

[0061] 在时刻 t_0 和 t_4 之间的初始变换器循环使得本发明具有能够在未知栅极 AC 电流极性的情况下起动的优点。因此，本发明以在开关 S2, S3, S5 和 S8 接通的状态（如图 6A 和 7A 所示）和开关 S1, S4, S6 和 S7 保持接通的状态（如图 6B 和 7B 所示）之间重复的循环

的形式继续进行,每个循环的开关时间是 T_s 且开关频率是 $F_s = 1/T_s$ 。

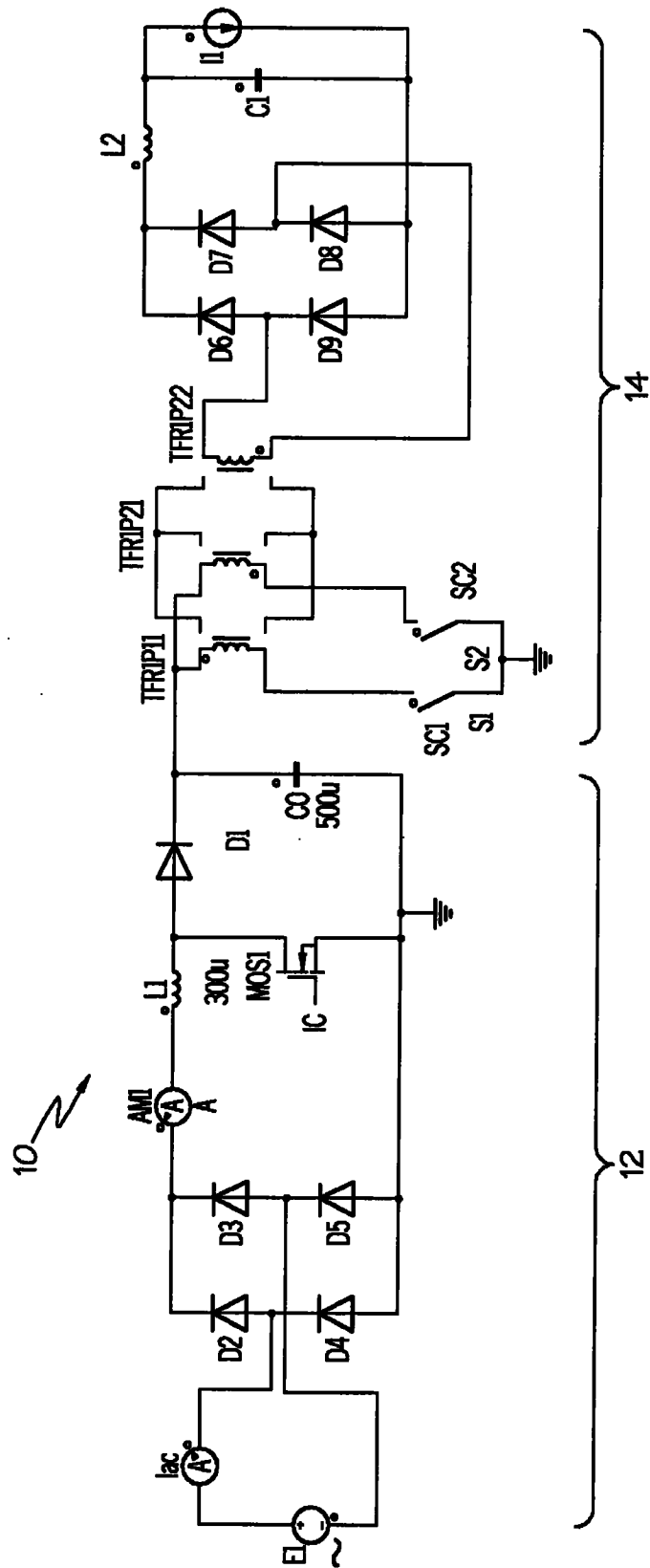
[0062] 现在参照图 8,以框图的形式示出了用于产生正弦脉宽调制 (PWM) 的可变工作循环控制信号 $D(t)$ 的控制电路。对输出电压采样并且将样本 60 放大 62 后用电压误差放大器 68 与参考电压 66 比较 64,误差放大器 70 的输出 71 被应用到乘法器 72,且 AC 栅极电压被处理并且在输出 74 将 AC 电压 24 的倒数应用到乘法器 72。乘法器 72 的输出被应用到电流误差放大器 76,并且对感应器电流采样并且被输入电流误差放大器。将电流误差放大器的输出 V_C 78 与高频载波 V_M 80 比较。在一个优选实施方式中, V_M 包括 50kHz 信号。比较器的输出是变换器正弦 PWM 调制的工作循环 $D(t)$ 82,其在图 5 中示出。如结合图 3-7 所述, $D(t)$ 信号控制开关 S_1 - S_8 的接通 / 断开时间期间。

[0063] 用正弦调制的工作循环 $D(t)$ 开关本发明的变换器产生单位功率因数充电操作并产生如图 9 所示的较低的总谐波失真 (THD)。AC 栅极输入电压 24 与栅极输入电流 (50 或 52,取决于极性) 同相。这在单级功率变换器中产生单位功率因数。加到来自感应器 48 的升压电压的 AC 栅极电压提供具有较低的 AC 输入电压 THD 的约 250 瓦特的充电电压 25。

[0064] 以上以功能和 / 或逻辑块部件和各种处理步骤的形式描述了一些实施例和实施方式。然而,应当理解,上述块部件可以通过构成为执行指定功能的任何数量的硬件、软件、和 / 或固件部件实现。例如,系统或部件的实施例可以采用各种集成电路部件,例如存储元件、数字信号处理元件、逻辑元件、查询表或类似物,这些部件在一个或多个微处理器或其它控制装置的控制下能够实现多种功能。而且,本领域技术人员应当理解,本文描述的实施例仅是示例性实施方式。

[0065] 在本文中,相关术语,如第一和第二等,可以单独使用,以在不要求或暗示实体之间或动作之间具有任何实际的上述关系时,将一个实体或动作与另一实体或动作区分开来。而且,根据上下文,用于描述不同元件之间的关系的诸如“连接”或“耦接到”的词语不暗示这些元件之间必须有直接物理连接。例如,两个元件可以通过一个或多个附加元件物理地、电子地、逻辑地、或以任何其它形式相互连接。

[0066] 虽然前述具体实施方式中描述了至少一个示例性实施方式,但应当理解的是,还存在大量变形。还应当理解,示例性的实施例或示例性的实施方式仅是举例,并不意在以任何方式限制本发明的范围、应用或构造。当然,前面的具体描述给本领域技术人员提供了实施示例性实施例或示例性实施方式的方便的路线图。应当理解,可以对元件的功能和配置进行各种改变,而不超出本发明的范围。本发明的范围由后附的权利要求及其合法的等效表达公开。



现有技术 图1

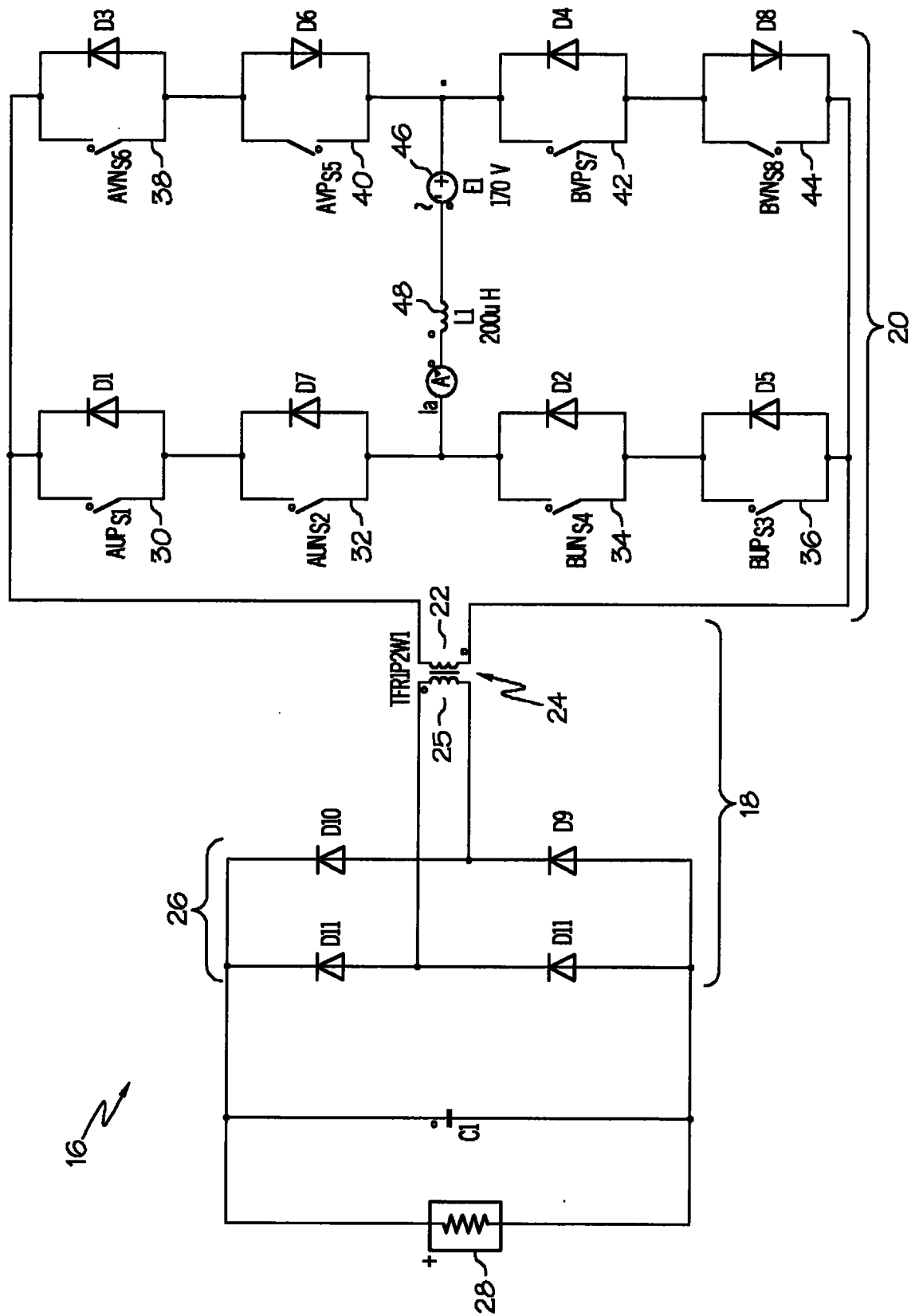


图 2

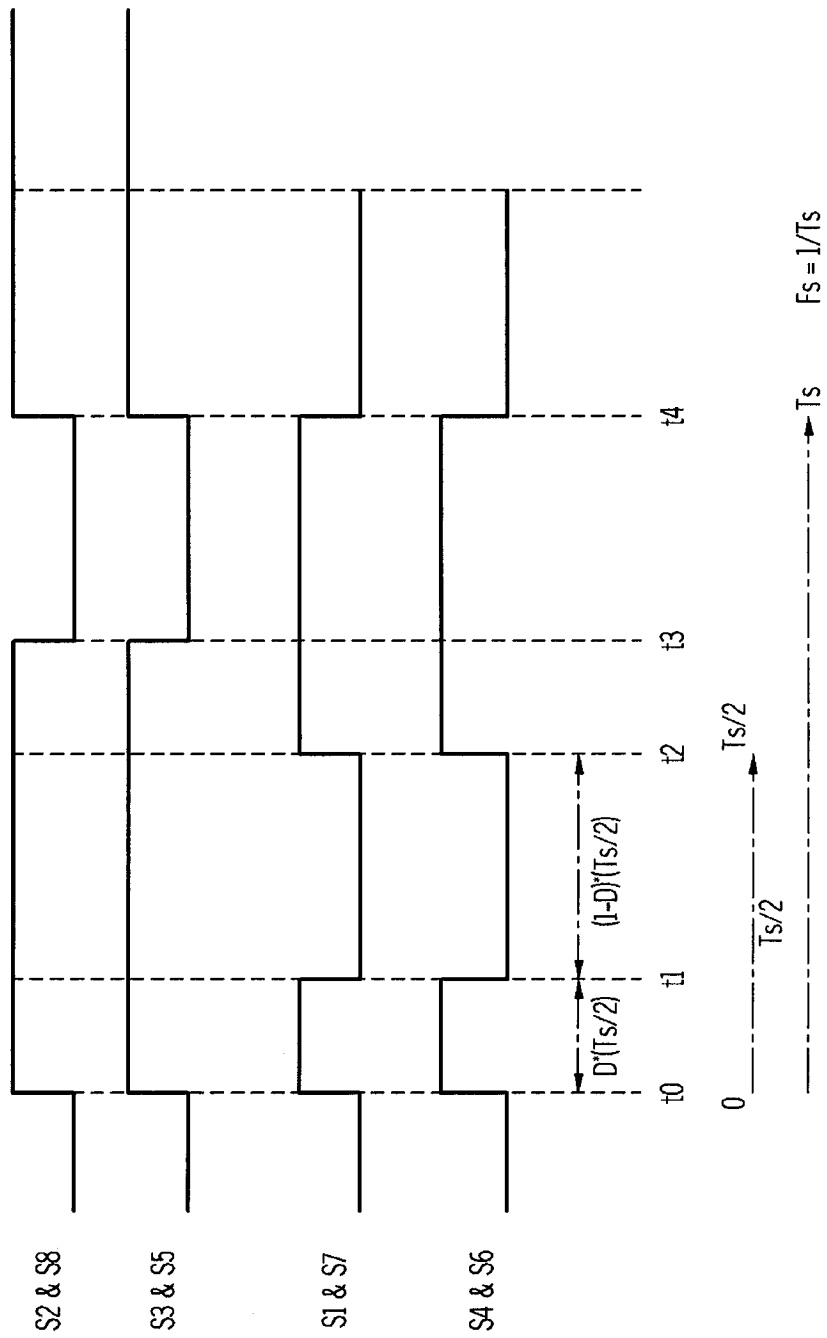


图 3

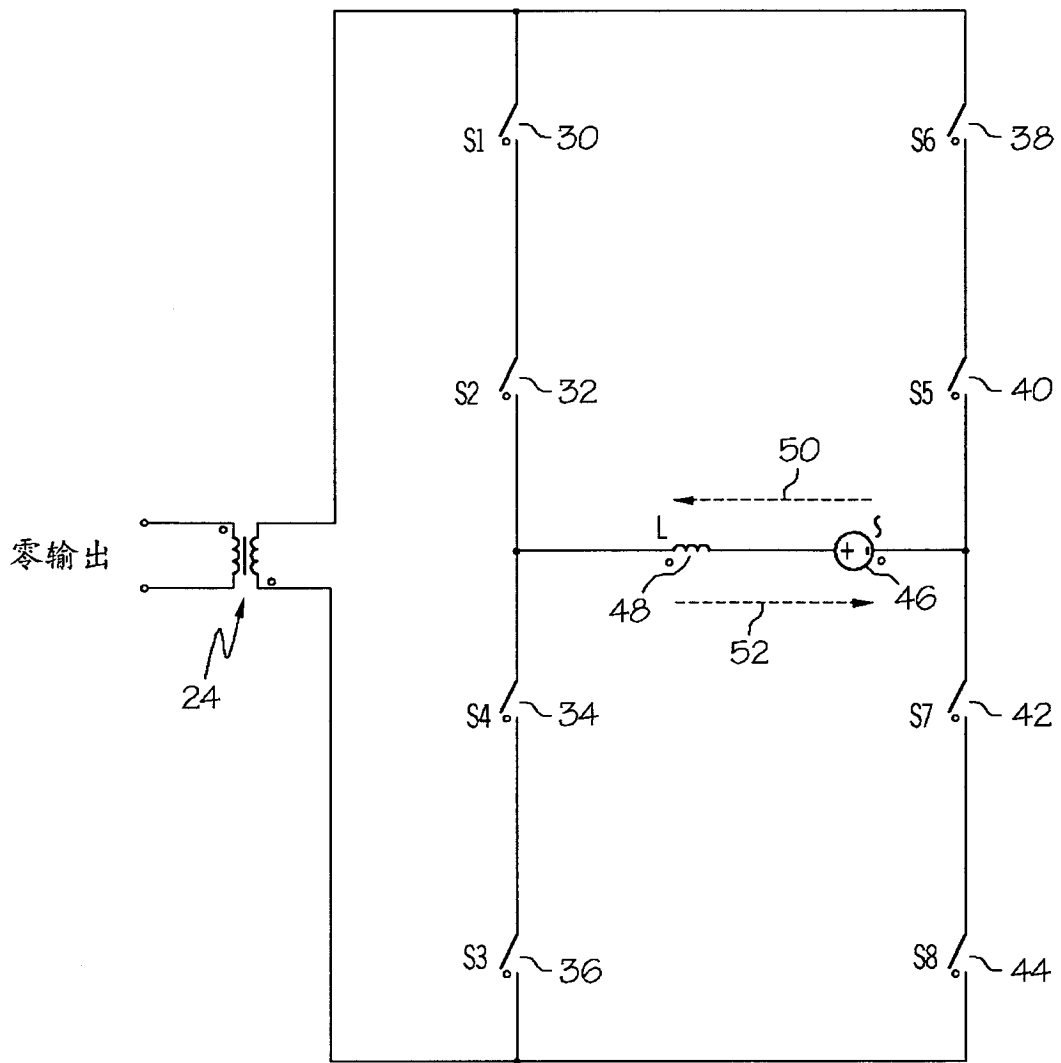


图 4

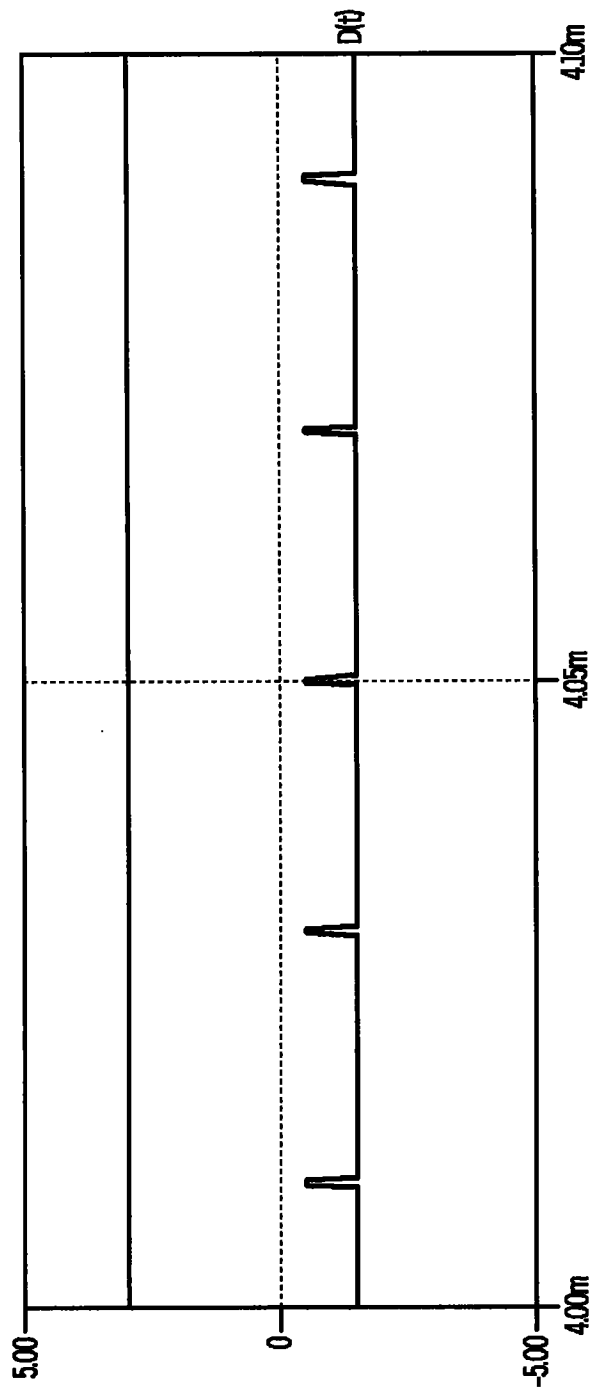


图 5

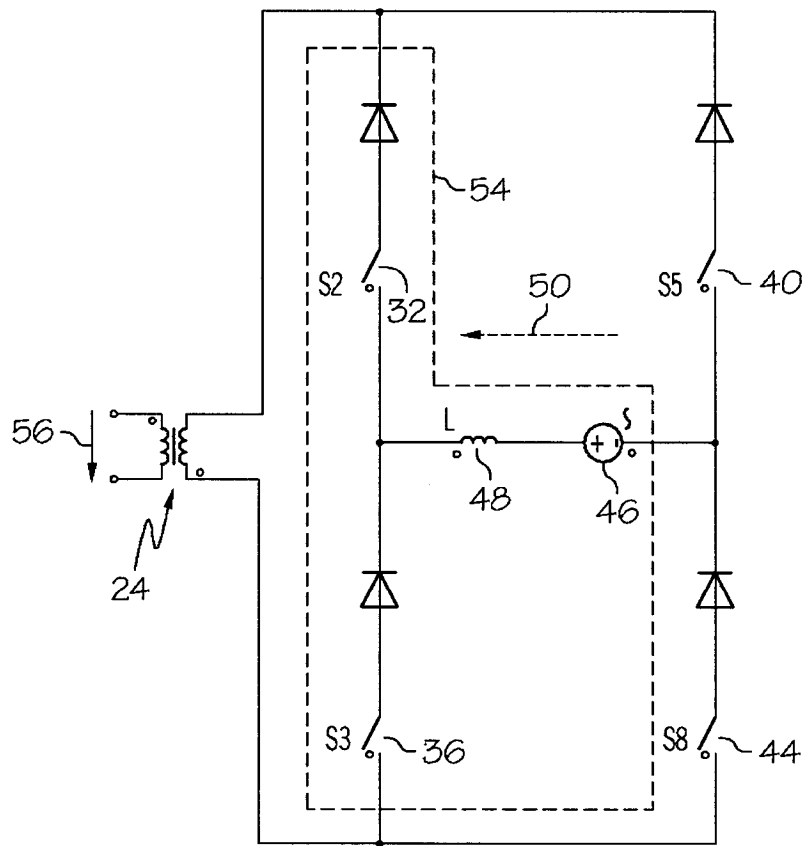


图 6A

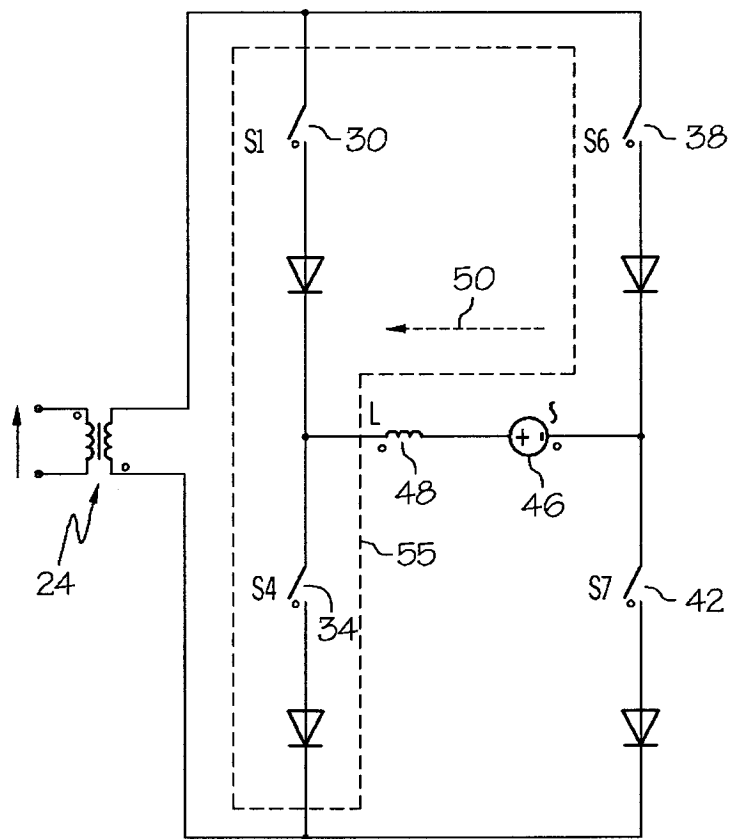


图 6B

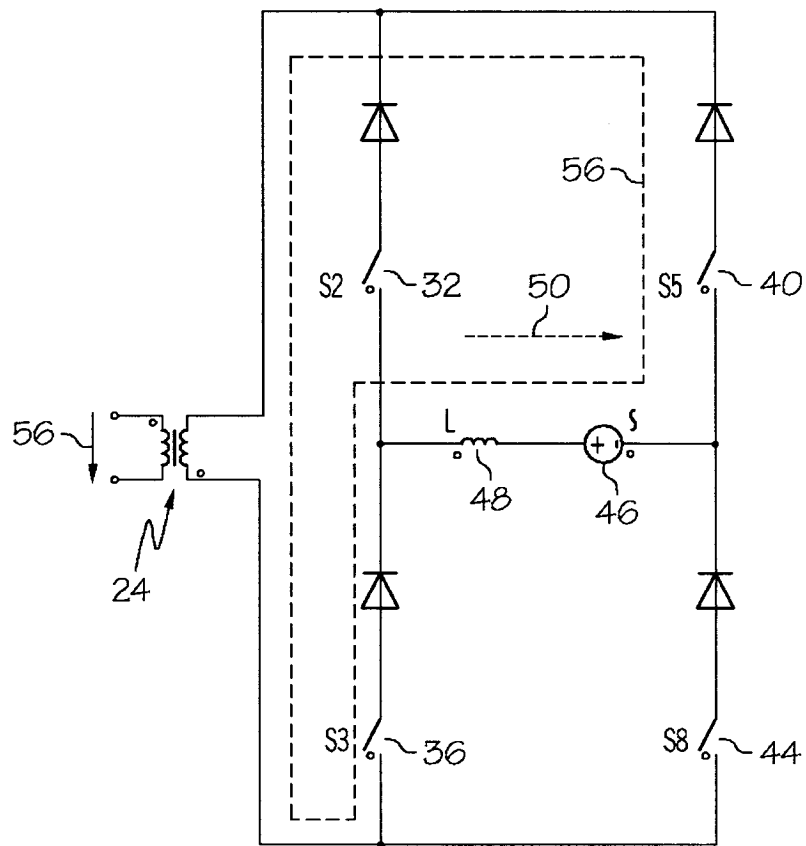


图 7A

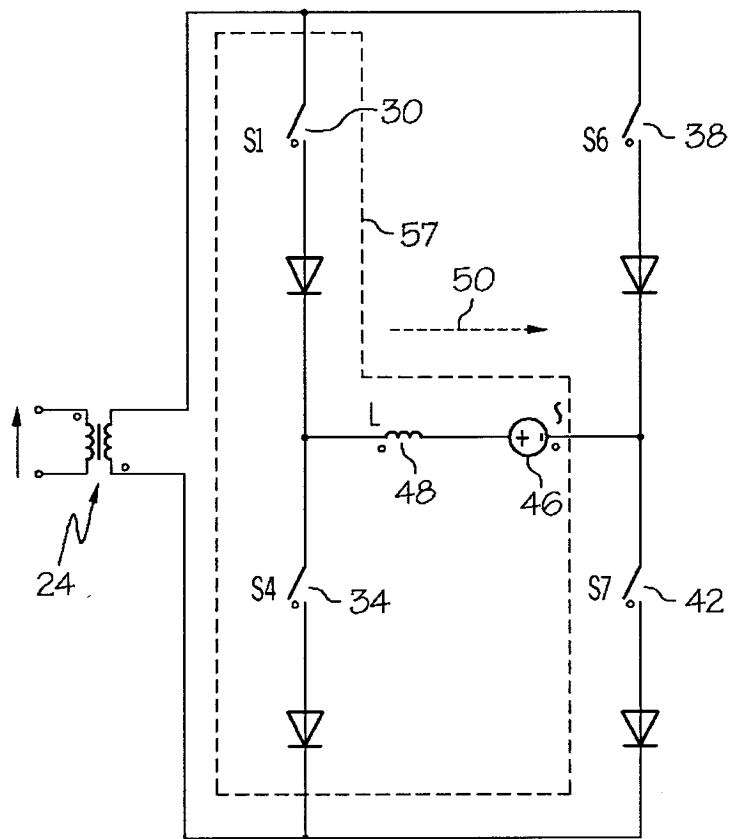


图 7B

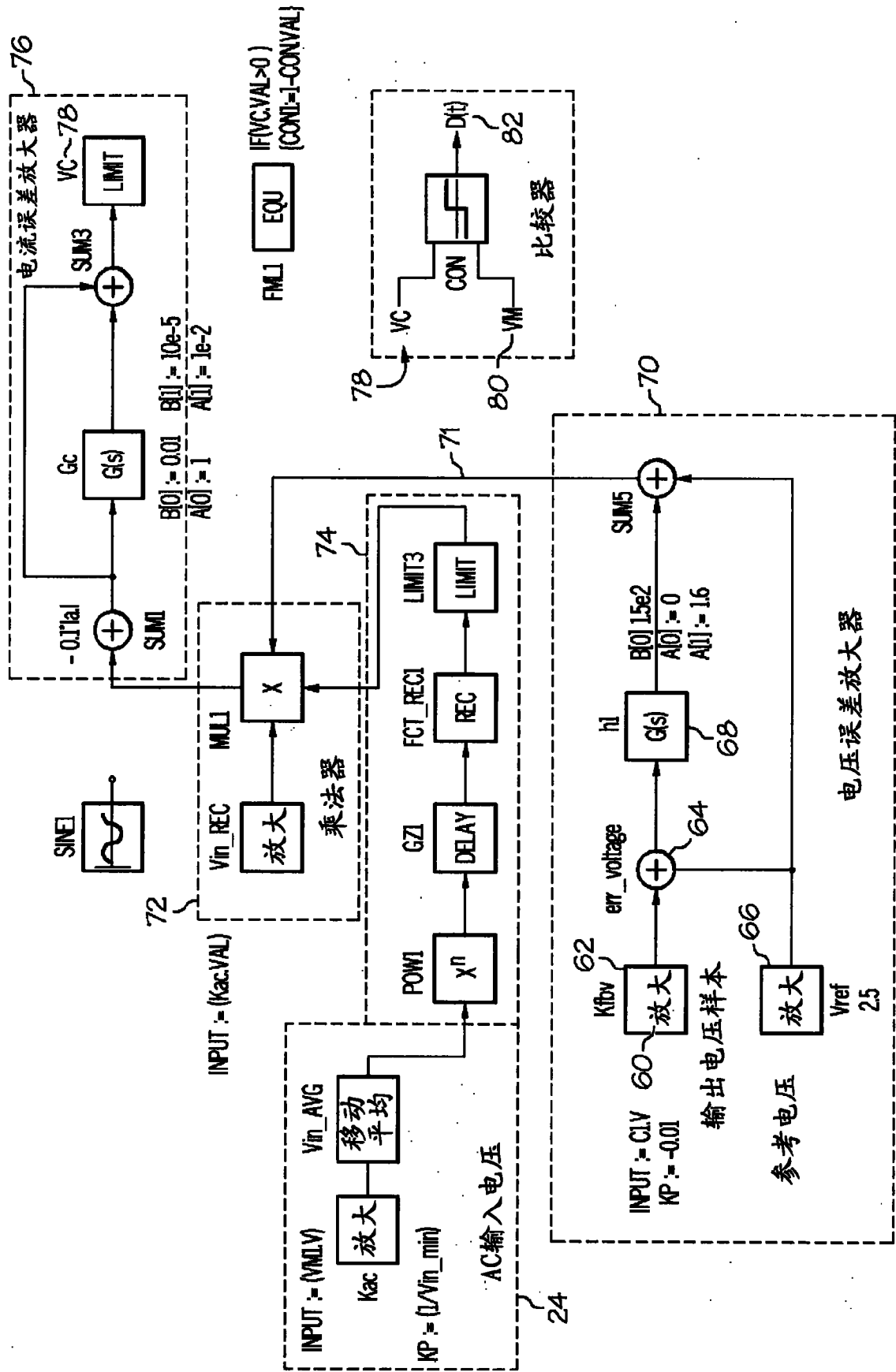


图 8

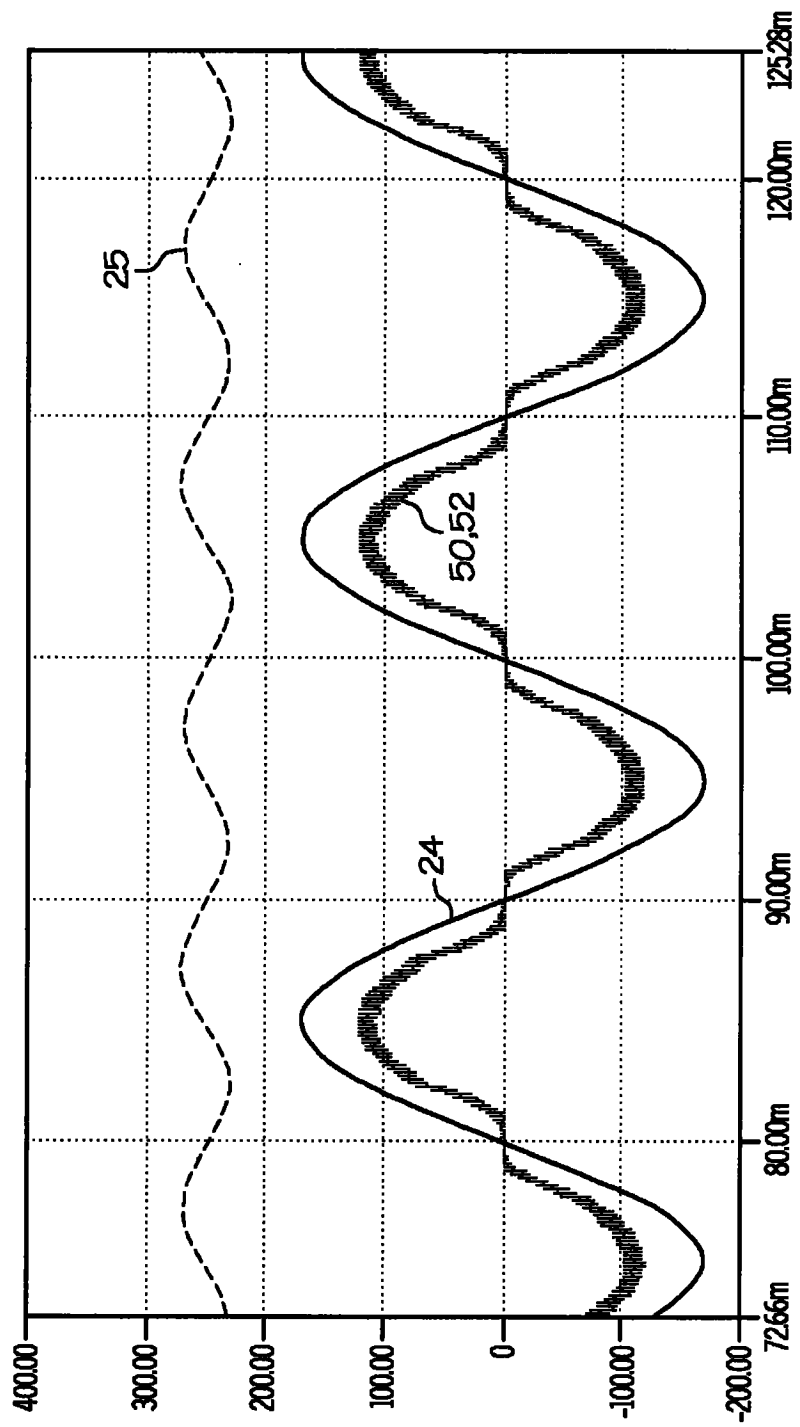


图 9