(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 203119838 U
(45)授权公告日 2013.08.07

(21)申请号 201320051401.0

(22)申请日 2013.01.30

(73)专利权人 秦皇岛国能石油装备有限公司
地址 066004 河北省秦皇岛市经济技术开发区西湖路一号

(72)发明人 杨超

(74)专利代理机构 秦皇岛市维信专利事务所 13102
代理人 戴辉

(51)Int.Cl.
H02P 25/06(2006.01)
H02M 5/458(2006.01)
H02M 7/219(2006.01)
H02M 7/5387(2007.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

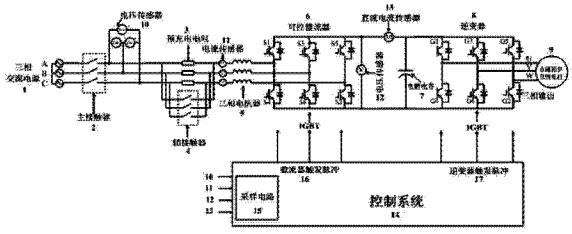
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)实用新型名称

一种高性能四象限变频器

(57)摘要

本实用新型公开了一种高性能四象限变频器，以实现输出直流电压可控，网侧电流谐波含量小，能量可以双向流动，变频器具备间歇性运行规律，更加节能。不论重载、轻载、甚至能量回馈时，直流侧电压都能通过控制将其保持在一个设定值。其控制过程是将整流器和逆变器结合起来进行统一协调控制，整流器利用逆变器侧的信息进行前馈控制以获得更好的直流母线电压控制性能和快速动态响应速度，且整流器的运行规律与逆变器侧的电机运行规律相配合达到间歇性运行的目的，能够实现能量的双向流动，从而节约电能。本新型具有网侧电流谐波含量低、正弦度高、对电网无谐波污染，整流器的单位功率因数运行，且具有自动升压功能并且能控制直流母线电压稳定的特点。



CN 203119838 U

1. 一种高性能四象限变频器，其特征在于，包括：

依次连接的主接触器（2）、预充电电阻（3）、三相电抗器（5）、可控整流器（6）、逆变器（8），该逆变器（8）和永磁同步直线电机（9）连接，在所述预充电电阻的两端并联有辅接触器（4），及可控整流器 (6) 与逆变器（8）之间设有电解电容 (7)，通过主接触器（2）与三相交流电源（1）连接组成功率电路；

具有电网电压检测（10）、输入电流检测（11）、直流母线电压检测（12）、直流电流检测（13）的输出端均与控制系统 (14) 中的采样模块 (15) 相连，控制系统 (14) 的整流触发脉冲（16）和逆变触发脉冲（17）均通过光纤或双绞线分别与所对应的全控型功率器件的控制端连接。

2. 根据权利要求 1 所述的一种高性能四象限变频器，其特征在于，用于驱动永磁同步直线电机的功率电路中的可控整流器（6）和逆变器（8）在拓扑结构上完全相同，形成“背靠背”的拓扑结构；可控整流器（6）和逆变器（8）中均采用全控型可关断功率器件，功率器件为绝缘栅极晶体管 IGBT，每个绝缘栅极晶体管 IGBT 自带续流二极管，在可控整流器中，第一个功率器件 S1 与第二个功率器件 S4 之间为电源 A 相输入端，第三个功率器件 S3 与第四个功率器件 S6 之间为电源 B 相输入端，第五个功率器件 S5 与第六个功率器件 S2 之间为电源 C 相输入端，在逆变器中，第一个功率器件 G1 与第二个功率器件 G4 之间为逆变器 U 相输出端，第三个功率器件 G3 与第四个功率器件 G6 之间为逆变器 V 相输出端，第五个功率器件 G5 与第六个功率器件 G2 之间为逆变器 W 相输出端。

3. 根据权利要求 1 所述的一种高性能四象限变频器，其特征在于，用于驱动永磁同步直线电机的电压电流检测装置包括：电网电压检测 (10) 放在主接触器（2）的二次侧或一次侧，输入电流检测 (11) 串联在电抗器 (5) 的输入线路中，直流母线电压检测 (12) 并联在电解电容 (7) 两端，直流电流检测（13）串联在可控整流器（3）的正极输出线路中。

4. 根据权利要求 1 所述的一种高性能四象限变频器，其特征在于，整流器和逆变器组成统一协调的控制系统，根据电机的运行特性具有间歇性运行规律，该控制系统中包括整流器的直流母线电压控制环节（18），有功电流和无功电流控制环节（19），功率前馈环节（20），整流器和逆变器的联合控制环节 (21)，给定间歇运行规律环节 (22)；其中直流母线电压控制环节将母线电压给定值与反馈值做差送入 PI 调节器 G1(s)，调节器输出有功电流给定值，加上功率前馈环节的计算值得到整流器的最终有功电流给定值，然后将整流器实际输入电流的有功分量和无功分量分别与有功电流给定值和无功电流给定值进行比较，其差值分别送入 PI 调节器 G2(s) 得到整流器的参考电压给定值，再利用网侧电压前馈得到最终的调制波电压给定值，最后将其送入 PWM 脉冲发生器控制整流器按指令可靠运行。

5. 根据权利要求 4 所述的一种高性能四象限变频器，其特征在于，整流器和逆变器的联合运行控制包括，整流器利用逆变侧的功率前馈提高直流母线电压的控制性能，整流器的 PWM 脉冲发生环节受逆变器的间歇运行规律控制，同时整流器的有功电流给定值其中一部分是由逆变器的功率前馈得到。

一种高性能四象限变频器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及电力电子领域，尤其涉及一种驱动永磁同步直线电机的高性能四象限变频器。

背景技术

[0002] 传统的电机驱动用变频器前端多使用二极管整流桥将交流电变换成直流电，这种变频器结构存在的主要问题是：

[0003] 1）输入电流含有较大的谐波。由于二极管整流桥的特点，输入电流无法直接控制，电流 THD（总谐波畸变率）一般在 40% 以上，造成输入线路损耗增大和电磁干扰问题，是造成目前电网污染的重要原因，该污染问题将随着电网设备中变流器应用的不断增加变得越来越严重。

[0004] 2）从电网吸收无功功率、输入功率因数较低，且不可控。

[0005] 3）无法实现能量的双向流动。由于二极管整流桥只允许电流单向流动，能量只能由输入向输出传递，无法反向流动。

[0006] 4）输出直流电压不可控。重载时直流母线电压会有所跌落，而能量回馈时又会抬升直流电压，存在直流过压的危险，从而危及功率开关器件，因此需要加装大功率的直流过压吸收电阻和开关器件，这样又会造成能量的浪费。

[0007] 另外，目前国际上许多大公司已纷纷推出了能量回馈四象限变频器。如 ABB 公司的 ACS800，ACS1000，ACS2000，ACS5000 等系列四象限变频器， 西门子公司的 GM150，SM150，GL150 等产品，但其性能参数与国内行业标准有一定差异，而且不适合应用于驱动特殊的永磁同步直线电机负载。

[0008] 如：中国专利 ZL02104139.3 ，提供了一种无谐波污染高压变频器能量回馈装置，它包括多个反馈桥和反馈桥控制电路。但是，它仅仅是一个能量回馈装置，无法改善二极管整流之谐波污染问题，同时也无法实现对直流侧电压、输入功率因数的控制。

[0009] 再如：中国专利 ZL200810120160.4 ，提出了一种直流侧电压可控型四象限变频器及其方法。它实现直流电压控制，改善网侧电流品质并将再生电能回馈至电网，但是其仅侧重于前端整流器的控制，尤其侧重直流电压的控制方法。但是，并没有涉及对整个变频系统进行总体设计的技术方案。

[0010] 还如：中国专利 ZL200910107449.7 ，提出了一种三相同步整流电路并提供了一种同步整流电路的控制方法。但其仅仅针对同步整流器本身，并无涉及电机驱动相关内容。

发明内容

[0011] 鉴于上述现状，本实用新型的目的旨在提供一种高性能的四象限变频器，克服了传统电机驱动用变频器输入谐波大、能量不能双向流动、功率因数不可调、直流电压不受控、整流侧和逆变侧不协调的问题。

[0012] 本实用新型的另一目的还提供了整流器和逆变器协调起来进行控制的方法，使整

个控制系统根据电机的运行特性实现间歇性运行规律。

[0013] 本实用新型的技术解决方案是通过以下措施来实现的。一种高性能四象限变频器，包括：

[0014] 依次连接的主接触器、预充电电阻、三相电抗器、整流器、逆变器，该逆变器和永磁同步直线电机连接，在所述预充电电阻的两端并联有辅接触器，及整流器与逆变器之间设有电解电容，通过主接触器与三相交流电源连接；

[0015] 具有电网电压检测、输入电流检测、直流母线电压检测、直流电流检测的输出端均与控制系统中的采样模块相连，控制系统的整流触发脉冲和逆变触发脉冲均通过光纤或双绞线分别与所对应的全控型开关器件的控制端连接。

[0016] 本新型的整流器和逆变器组成统一协调的控制系统，整个控制系统根据永磁同步直线电机负载的运行特性具有间歇性运行规律，整流器利用逆变器侧的功率前馈提高直流母线电压的控制性能，同时整流器利用逆变器侧电机的运行规律，实现整流器和逆变器停止运行期间不消耗电能的间歇性运行。

[0017] 本新型中，用于驱动永磁同步直线电机的功率电路中的整流器和逆变器在拓扑结构上完全相同，形成“背靠背”的拓扑结构；整流器和逆变器中均采用全控型可关断功率器件，功率器件为绝缘栅极晶体管 IGBT，每个绝缘栅极晶体管 IGBT 自带续流二极管，在可控整流器中，第一个功率器件 S1 与第二个功率器件 S4 之间为电源 A 相输入端，第三个功率器件 S3 与第四个功率器件 S6 之间为电源 B 相输入端，第五个功率器件 S5 与第六个功率器件 S2 之间为电源 C 相输入端，在逆变器中，第一个功率器件 G1 与第二个功率器件 G4 之间为逆变器 U 相输出端，第三个功率器件 G3 与第四个功率器件 G6 之间为逆变器 V 相输出端，第五个功率器件 G5 与第六个功率器件 G2 之间为逆变器 W 相输出端。

[0018] 本新型中，用于驱动永磁同步直线电机的电压电流检测装置包括：电网电压检测放在主接触器的二次侧或一次侧，输入电流检测串联在电抗器的输入线路中，直流母线电压检测并联在电解电容两端，直流电流检测串联在可控整流器的正极输出线路中。

[0019] 本新型的控制方法，将整流器和逆变器组成统一协调的控制系统，根据电机的运行特性具有间歇性运行规律，该控制系统中包括整流器的直流母线电压控制环节，有功电流和无功电流控制环节，功率前馈环节，整流器和逆变器的联合控制环节，给定间歇运行规律环节；其中直流母线电压控制环节将母线电压给定值与反馈值做差送入 PI 调节器 G1(s)，调节器输出有功电流给定值，加上功率前馈环节的计算值得到整流器的最终有功电流给定值，然后将整流器实际输入电流的有功分量和无功分量分别与有功电流给定值和无功电流给定值进行比较，其差值分别送入 PI 调节器 G2(s) 得到整流器的参考电压给定值，再利用网侧电压前馈得到最终的调制波电压给定值，最后将其送入 PWM 脉冲发生器控制整流器按指令可靠运行。

[0020] 本新型根据永磁同步直线电机负载的特殊工作特性，提前预设定好电机的不同间歇运行规律和给定运行频率，逆变器控制算法根据这些设定值生成控制指令，然后 PWM 脉冲发生器根据控制指令产生需要的触发脉冲，驱动逆变器侧的功率开关器件动作，控制永磁同步直线电机的周期往复动作。

[0021] [0018] 本新型中，整流器和逆变器的联合运行控制包括，整流器利用逆变侧的功率前馈提高直流母线电压的控制性能，整流器的 PWM 脉冲发生环节受逆变器的间歇运行

规律控制，同时整流器的有功电流给定值其中一部分是由逆变器的功率前馈得到。

[0022] 本新型的四象限变频器具有的积极效果是：

[0023] 1）能够实现网侧电流正弦化，总谐波畸变率（THD）可以控制在 5% 以下，对电网无谐波污染。

[0024] 2）能量可以双向流动，不再需要耗能电阻，降低损耗、节约能源。

[0025] 3）能实现整流器的单位功率因数运行。

[0026] 4）输出直流电压可控。不论重载、轻载、甚至能量回馈时，直流侧电压都能通过控制将其保持在一个设定值。

[0027] 5）整流器和逆变器具有协调工作的能力，整个系统根据电机的特殊运行特性具备间歇性工作的特性。

附图说明

[0028] 图 1 是本新型的功率电路原理图；

[0029] 图 2 是图 1 的系统控制原理图；

[0030] 图 3 是图 2 的运行规律图。

具体实施方式

[0031] 以下结合附图实施例对本新型作详细说明。

[0032] 如图 1 所示，一种高性能四象限变频器，包括功率电路的三相交流电源 1，及与三相交流电源 1 连接的主接触器 2，通过主接触器 2 与预充电电阻 3 输入端相连接，辅接触器 4 并联在预充电电阻 3 两端，预充电电阻 3 输出端与三相电抗器 5 输入端相连接，三相电抗器 5 输出端与整流器 6 相连接，可控整流器 6 的输出端并联电解电容 7，给变频装置提供需要的直流电源。电解电容 7 的输出端和逆变器 8 的输入端相连接，逆变器 8 输出端与永磁同步直线电机 9 相连接构成的功率电路。本实施例中，还包括电网电压检测 10、输入电流检测 11、直流母线电压检测 12、直流电流检测 13，所述的电网电压检测 10、输入电流检测 11、直流母线电压检测 12、直流电流检测 13 的输出端均与控制系统 14 的采样模块 15 相连。控制系统 14 的整流触发脉冲 16 和逆变触发脉冲 17 均通过光纤或双绞线连接到全控型器件的控制端上。

[0033] 本实施例中，用于驱动永磁同步直线电机的功率电路中的整流器 6 和逆变器 8 在拓扑结构上完全相同，形成“背靠背”的拓扑结构；整流器 6 和逆变器 8 中均采用全控型可关断功率器件，功率器件为绝缘栅极晶体管 IGBT，每个绝缘栅极晶体管 IGBT 自带续流二极管，在整流器中，第一个功率器件 S1 与第二个功率器件 S4 之间为电源 A 相输入端，第三个功率器件 S3 与第四个功率器件 S6 之间为电源 B 相输入端，第五个功率器件 S5 与第六个功率器件 S2 之间为电源 C 相输入端，在逆变器中，第一个功率器件 G1 与第二个功率器件 G4 之间为逆变器 U 相输出端，第三个功率器件 G3 与第四个功率器件 G6 之间为逆变器 V 相输出端，第五个功率器件 G5 与第六个功率器件 G2 之间为逆变器 W 相输出端。

[0034] 本实施例中，用于驱动永磁同步直线电机的电压电流检测装置包括：电网电压检测 10 放在主接触器 2 的二次侧或一次侧，输入电流检测 11 串联在电抗器 5 的输入线路中，直流母线电压检测 12 并联在电解电容 7 两端，直流电流检测 13 串联在可控整流器 3 的正

极输出线路中。

[0035] 本实施例中的电解电容 7 还可以是多个电解电容的串并联组合，每个电解电容 7 上均并联有静态均压电阻。在本实施例中可控整流器 6 和逆变器 8 都由全控型器件（如 IGBT）加反并联二极管组成的桥式电路结构。

[0036] 如图 2 给出了系统控制原理图，本实施例的控制系统 14，是将整流器 6 和逆变器 8 统一起来协调控制，整个控制系统根据永磁同步直线电机的运行特性具有间歇性运行规律。

[0037] 所述的控制系统包括整流器 6 的直流母线电压控制环节 18，有功电流和无功电流控制环节 19，功率前馈控制环节 20，以及整流器 6 和逆变器 8 的联合运行控制环节 21。

[0038] 本实施例中，直流母线电压控制环节 18 将母线电压给定值 Udcr 与反馈值 Udc 做差送入 PI 调节器 G1(s)，调节器输出有功电流给定值 ird，加上功率前馈环节给定值 ifd 得到整流器 6 的最终有功电流给定值 (ird+ifd)，然后将可控整流器 6 实际输入电流的有功分量 isd 和无功分量 isq 分别与有功电流给定值 (ird+ifd) 和无功电流给定值 irq 进行比较，其差值送入 PI 调节器 G2(s) 得到整流器 6 的参考电压给定值 Urd 和 Urq，再利用网侧电压前馈值 Usd 和 Usq 得到最终的调制波电压给定值 Urefd 和 Urefq，最后将其送入 PWM 脉冲发生器得到整流器触发脉冲 16，控制整流器 6 按指令可靠运行，达到稳定直流母线电压和保证输入电流单位功率因数的目的。整流器 6 利用功率前馈环节提高直流母线电压的可控性能，利用逆变器 8 的给定运行规律控制整流器 6 的启停时刻达到间歇运行目的。

[0039] 本实施例的逆变器 8 的控制指令主要包括，永磁同步直线电机的给定运行规律和运行频率。根据运行规律和运行频率逆变器的 PWM 脉冲发生器就能产生需要的逆变器触发脉冲 17，控制永磁同步直线电机按指令运行。同时将逆变器的间歇运行规律传递给整流器 6 达到系统协调运行目的。

[0040] 本新型的整流器和逆变器的联合运行控制方法，整流器利用逆变侧的功率前馈提高直流母线电压的控制性能，整流器的 PWM 脉冲发生环节受逆变器的间歇运行规律控制，同时整流器的有功电流给定值其中一部分是由逆变器的功率前馈得到。

[0041] 本新型的逆变器的控制方法，根据永磁同步直线电机负载的特殊工作特性，提前预预设定好永磁同步直线电机的不同间歇运行规律和运行频率，然后逆变器侧的 PWM 脉冲发生器利用这些设定值产生需要的触发脉冲 17，驱动逆变器侧的功率开关器件动作，从而控制直线电机的间歇运行。

[0042] 如图 3 给出了运行规律环节 22 的逆变器和整流器的运行规律图。根据给定间歇运行规律确定逆变器的运行时间 (t3-t2) 和停止时间 (t6-t3)，整流器利用这一时间信息，它将在 t1 时刻就启动，先于逆变器的启动时刻 t2；同时整流器将在 t4 时刻停止运行，滞后于逆变器的停止运行时刻 t3，从而确保逆变器运行前及整个运行过程中整流器已经建立起直流母线电压，也达到了根据电机运行特性整个系统具备间歇运行的目的。其中 t1- t2- t3- t4- t5 为一个运行周期，t5- t6- t7- t8- t9- t10 为下一个运行周期，运行特性相同。在整流器和逆变器停止运行期间，整个变频器装置不消耗电能，因此相对于传统变频器，本新型变频器具有更加节能的特点。

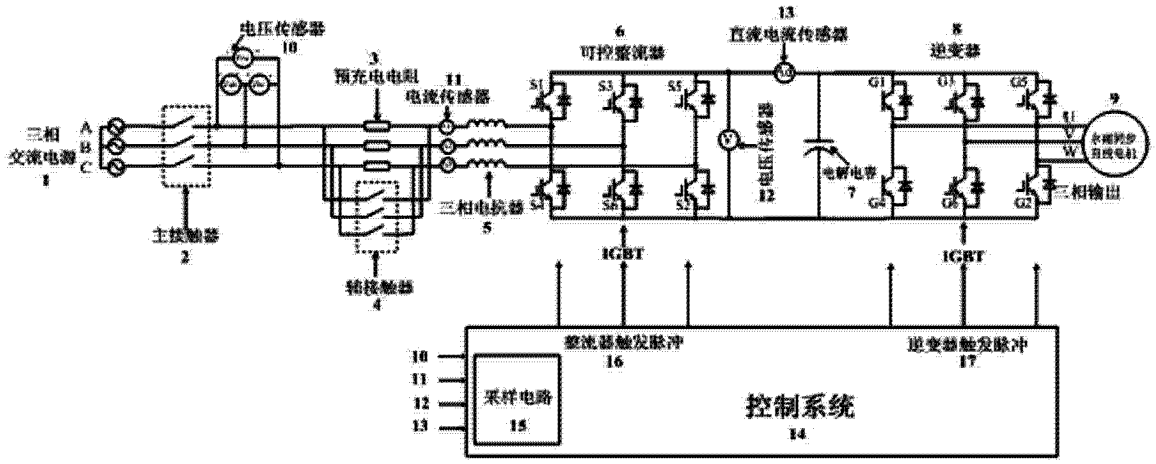

电压传感器
10
预充电电阻
3
电流传感器
11
可控整流器
6
直流电流传感器
13
逆变器
8
三相
交流电源
1
主接触器
2
辅接触器
4
三相电抗器
5
电压传感器
12
电解电容
7
三相输出
9
IGBT
IGBT
整流器触发脉冲
16
逆变器触发脉冲
17
采样电路
15
控制系统
14

图 1

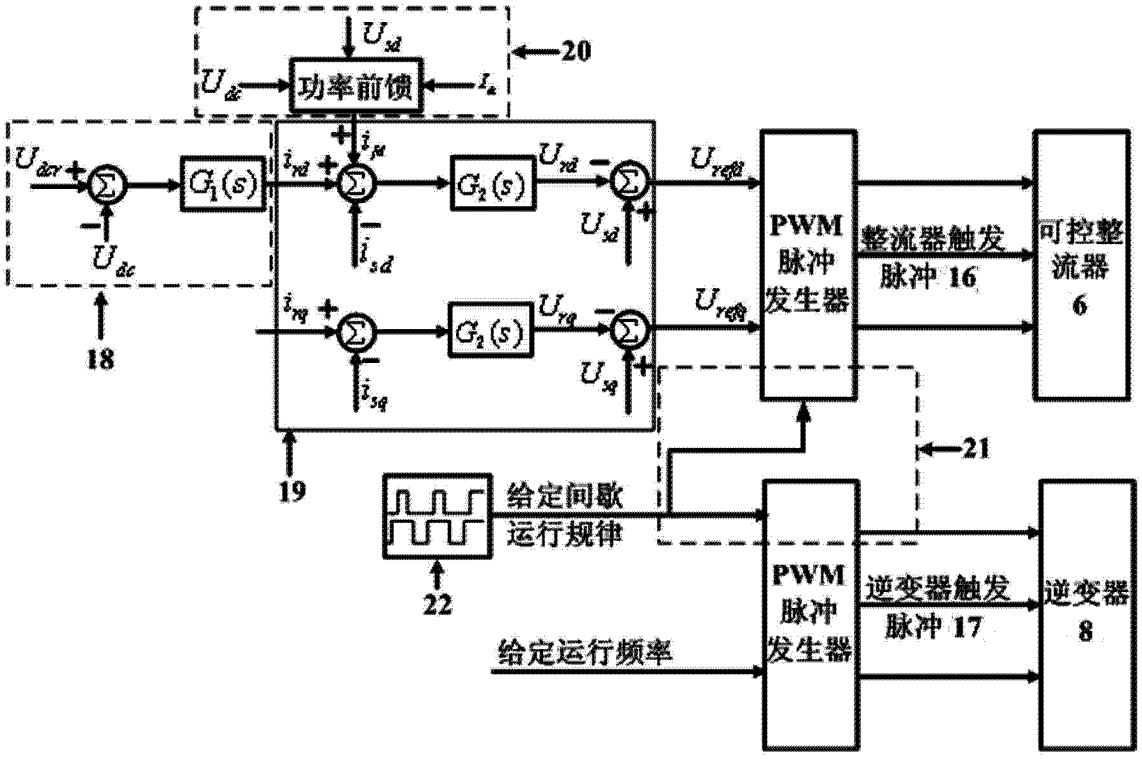

20
功率前馈
U_{sd}
U_{dc}
I_d
U_{dcr}
$G_1(s)$
$G_2(s)$
i_{rd}
i_{fd}
i_{sd}
U_{rd}
U_{rqd}
U_{sd}
i_{rq}
i_{sq}
U_{rq}
U_{rqq}
U_{sq}
U_{dc}
18
19
PWM
脉冲
发生器
整流器触发
脉冲 16
可控整
流器
6
21
给定间歇
运行规律
22
PWM
脉冲
发生器
逆变器触发
脉冲 17
逆变器
8
给定运行频率

图 2

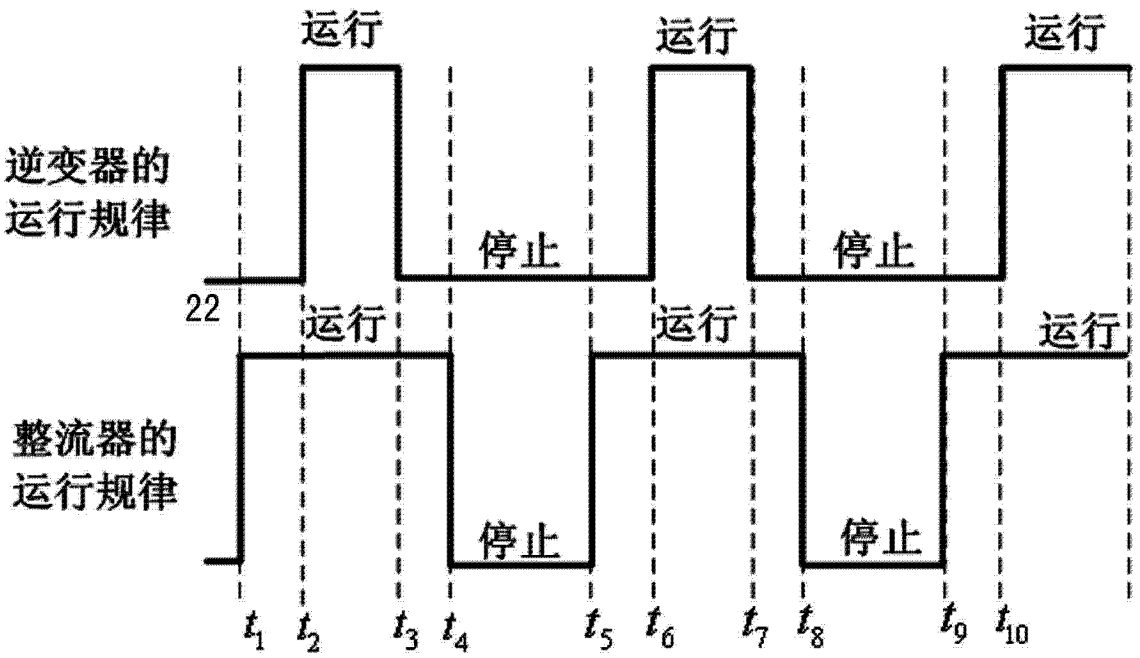

运行
运行
运行
逆变器的
运行规律
停止
停止
22
运行
运行
运行
整流器的
运行规律
停止
停止
t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6 t_7 t_8 t_9 t_{10}

图 3