

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102931894 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 13

(21) 申请号 201110252540. 5

(22) 申请日 2011. 08. 30

(30) 优先权数据

100128875 2011. 08. 12 TW

(71) 申请人 立锜科技股份有限公司

地址 中国台湾新竹县

(72) 发明人 张浩瑜 黄培城 张炜旭 李国忠

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 任默闻

(51) Int. Cl.

H02P 6/16(2006. 01)

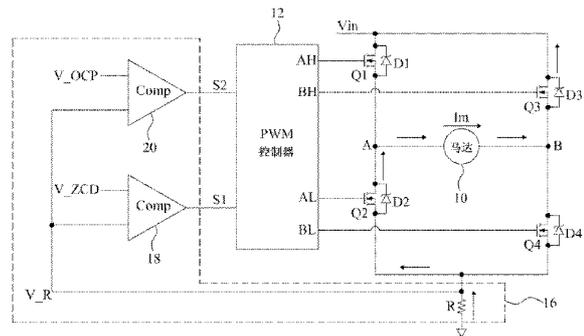
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 7 页

(54) 发明名称

动态调整无刷直流马达在换相期间空载时间的方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种动态调整无刷直流马达在换相期间的空载时间的方法及装置,其是在该空载时间期间检测该无刷直流马达的线圈电流,当该线圈电流为零或接近零时结束该空载时间。此方法及装置可以最佳化该空载时间,达成零电流切换无刷直流马达的相位,且不会降低无刷直流马达的最高转速。



1. 一种动态调整无刷直流马达在换相期间的空载时间的方法,其特征在于,所述无刷直流马达连接在H桥的二输出端之间,所述H桥由第一上、下侧开关及第二上、下侧开关组成,所述方法包含下列步骤:

A 在所述空载时间期间,导通所述第二下侧开关且切断其他开关,或是导通所述第一、第二下侧开关且切断其他开关,以消耗所述无刷直流马达的线圈电流;

B 在所述空载时间期间检测所述线圈电流;以及

C 在检测到所述线圈电流等于或小于零电流临界值时结束所述空载时间。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤B包含短暂切断所述第二下侧开关以检测所述线圈电流。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述步骤B更包含在短暂切断所述第二下侧开关期间导通所述第二上侧开关。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤B包含每隔一段时间短暂切断所述第二下侧开关以检测所述线圈电流。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述步骤B更包含在短暂切断所述第二下侧开关期间导通所述第二上侧开关。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤C包含下列步骤:

根据所述线圈电流产生检测电压;

比较所述检测电压与零电压临界值;以及

在所述检测电压等于或大于所述零电压临界值时产生控制信号以结束所述空载时间。

7. 一种动态调整无刷直流马达在换相期间的空载时间的装置,其特征在于,所述无刷直流马达连接在H桥的二输出端之间,所述H桥由第一上、下侧开关及第二上、下侧开关组成,所述装置包含:

PWM 控制器,连接所述H桥以控制所述开关,所述PWM控制器在所述空载时间期间导通所述第二下侧开关且切断其他开关,或是导通所述第一、第二下侧开关且切断其他开关,以消耗所述无刷直流马达的线圈电流;以及

电流检测器,连接所述H桥及所述PWM控制器,所述电流检测器在所述空载时间期间检测所述线圈电流,且在检测到所述线圈电流等于或小于零电流临界值时通知所述PWM控制器结束所述空载时间。

8. 如权利要求7所述的装置,其特征在于,所述PWM控制器在所述空载时间期间施加短脉冲到所述第二下侧开关的控制端,以短暂切断所述第二下侧开关让所述电流检测器检测所述线圈电流。

9. 如权利要求7所述的装置,其特征在于,所述PWM控制器在所述空载时间期间施加短脉冲到所述第二上侧开关的控制端及所述第二下侧开关的控制端,以短暂切断所述第二下侧开关且导通所述第二上侧开关,让所述电流检测器检测所述线圈电流。

10. 如权利要求7所述的装置,其特征在于,所述PWM控制器在所述空载时间期间每隔一段时间施加短脉冲到所述第二下侧开关的控制端,以短暂切断所述第二下侧开关让所述电流检测器检测所述线圈电流。

11. 如权利要求7所述的装置,其特征在于,所述PWM控制器在所述空载时间期间每隔一段时间施加短脉冲到所述第二上侧开关的控制端及所述第二下侧开关的控制端,以短暂

切断所述第二下侧开关且导通所述第二上侧开关,让所述电流检测器检测所述线圈电流。

12. 如权利要求 7 所述的装置,其特征在于,所述电流检测器包含:

电阻,连接在所述 H 桥及接地端之间,在所述电流检测器检测所述线圈电流时,根据所述线圈电流产生检测电压;以及

比较器,连接所述电阻及所述 PWM 控制器,比较所述检测电压与零电压临界值以产生控制信号给所述 PWM 控制器。

13. 如权利要求 7 所述的装置,其特征在于,所述零电流临界值为零或接近零的正值。

14. 如权利要求 8 所述的装置,其特征在于,所述零电压临界值为零或接近零的负值。

动态调整无刷直流马达在换相期间空载时间的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种无刷直流 (Brushless Direct Current, BLDC) 马达,特别是关于一种 BLDC 马达的驱动电路及方法。

背景技术

[0002] BLDC 马达采用半导体开关元件来实现电子式换相,相对于由碳刷及换向器等机械整流结构组成的马达, BLDC 马达具有降低机械磨损及噪音的优点。

[0003] 如图 1 所示, BLDC 马达 10 的驱动电路包含 4 个作为开关元件的 MOSFET Q1 ~ Q4 组成 H 桥,其具有二输出端 A 及 B 供连接 BLDC 马达 10, D1 ~ D4 分别表示 MOSFET Q1 ~ Q4 的基体二极管 (body diode), 脉宽调变 (Pulse Width Modulation, PWM) 控制器 12 具有四输出端 AH、AL、BH 及 BL 分别提供信号控制 MOSFET Q1 ~ Q4, 因而在输出端 A 及 B 之间产生所需的操作电压,以调整流经 BLDC 马达 10 的线圈电流 I_m , 进而调整 BLDC 马达 10 的转速,过电流保护 (Over Current Protection, OCP) 电路 14 连接在 H 桥和接地端之间检测线圈电流 I_m 的大小,以提供系统过载保护功能,当电流 I_m 过大时,代表系统过载, OCP 电路 14 会通知 PWM 控制器 12 停止提供 PWM 信号,或直接关闭下侧 MOSFET Q2 及 Q4,使 BLDC 马达 10 停止运转。

[0004] 为方便说明,将 MOSFET Q1 ~ Q4 分别称为第一上侧开关、第一下侧开关、第二上侧开关及第二下侧开关。BLDC 马达 10 的驱动过程如图 2 所示,当转子在某个相位时,如图 2(a) 所示, PWM 控制器 12 切断第二上侧开关 Q3, 导通第二下侧开关 Q4, 以 PWM 信号切换第一上、下侧开关 Q1、Q2, 电流 I_m 由输出端 A 经 BLDC 马达 10 流向输出端 B, 当转子在另一个相位时,如图 2(b) 所示, PWM 控制器 12 切断第一上侧开关 Q1, 导通第一下侧开关 Q2, 以 PWM 信号切换第二上、下侧开关 Q3、Q4, 电流 I_m 由输出端 B 经 BLDC 马达 10 流向输出端 A。为方便说明,将图 2(a) 所示的相位称为第一相位,将图 2(b) 所示的相位称为第二相位。在不同的相位之间切换时,若未能控制好切换时机,将会因为 BLDC 马达 10 的线圈有残余电流 I_m 而引起换相突波电流,导致反应电动势抬升电源输入端 V_{in} 的电压,如图 3 所示,可能因此损害元件。

[0005] 为了解决电压 V_{in} 在相位切换时瞬间升高的问题,在换相时插入一段空载时间 (dead time),以便等待线圈电流 I_m 降到零时再切换到下一个相位。例如要从第一相位切换到第二相位时,参照图 4,在空载时间期间, PWM 控制器 12 保持第二下侧开关 Q4 导通,切断其他开关 Q1 ~ Q3,因而建立起一个电流回圈,让线圈电流 I_m 通过第二下侧开关 Q4 及基体二极管 D2 消化掉,或者是同时保持第一下侧开关 Q2 及第二下侧开关 Q4 的导通,切断开关 Q1、Q3,同样会形成一电流回圈,让线圈电流 I_m 通过第一下侧开关 Q2 及第二下侧开关 Q4 消化掉。然而,在不同的转速下线圈电流 I_m 的大小不同,其降到零所需的时间因此不同,所以需要的空载时间也会不同。举例来说,如果设定空载时间使转速 50% 刚好可让残余电流 I_m 消耗殆尽,则在转速 70% 时,此空载时间结束时仍有残余电流 I_m 引起换相突波电流;反之,若设定较长的空载时间,则会降低 BLDC 马达 10 的最高转速。

[0006] 因此,一种动态调整 BLDC 马达在换相期间的空载时间的方法及装置,乃为所冀。

发明内容

[0007] 本发明的目的之一,在于提出一种动态调整 BLDC 马达在换相期间的空载时间的方法及装置。

[0008] 本发明的目的之一,在于提出一种最佳化 BLDC 马达在换相期间的空载时间的方法及装置。

[0009] 本发明的目的之一,在于提出一种零电流切换 BLDC 马达的相位的方法及装置。

[0010] 本发明在 BLDC 马达换相期间检测其线圈电流,当检测到该线圈电流等于或小于零电流临界值时结束空载时间,以避免产生较大的换相突波电流。由于是根据线圈电流动态调整空载时间,因此可以最佳化空载时间,并达到零电流切换相位的目的。此外,因为空载时间是动态调整的,所以不会造成 BLDC 马达的最高转速变低,而且适用于各种转速下的 BLDC 马达。

[0011] 在一实施例中,在空载时间期间维持导通的下侧开关被短暂切断,以检测线圈电流。

[0012] 在一实施例中,在空载时间期间维持导通的下侧开关被短暂切断,其同侧的上侧开关被短暂导通,以检测线圈电流。

[0013] 在一实施例中,在空载时间期间维持导通的下侧开关每隔一段时间被短暂切断,以检测线圈电流。

[0014] 在一实施例中,在空载时间期间维持导通的下侧开关每隔一段时间被短暂切断,其同侧的上侧开关被短暂导通,以检测线圈电流。

[0015] 在一实施例中,由 PWM 控制器在空载时间期间施加短脉冲以短暂切断该维持导通的下侧开关。

[0016] 在一实施例中,由 PWM 控制器在空载时间期间施加短脉冲以短暂切断该维持导通的下侧开关,及导通其同侧的上侧开关。

[0017] 在一实施例中,在检测线圈电流时根据该线圈电流产生检测电压,与零电压临界值比较,在该检测电压等于或大于该零电压临界值时产生控制信号以结束该空载时间。

[0018] 在一实施例中,使用电流检测器在空载时间期间检测线圈电流,在检测到该线圈电流等于或小于零电流临界值时通知 PWM 控制器结束该空载时间。

[0019] 在一实施例中,该电流检测器包含电阻根据该线圈电流产生检测电压,以及比较器比较该检测电压与零电压临界值以产生控制信号给 PWM 控制器。

[0020] 本发明实施例的动态调整无刷直流马达在换相期间的空载时间的方法及装置,可以最佳化空载时间,达成零电流切换无刷直流马达的相位,且不会降低无刷直流马达的最高转速。

附图说明

[0021] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明的限定。在附图中:

[0022] 图 1 为本发明实施例的 BLDC 马达的驱动电路;

- [0023] 图 2 为本发明实施例的 BLDC 马达在两个相位下操作时的电流路径示意图；
- [0024] 图 3 为本发明实施例的 BLDC 马达在换相时引起突波电流的波形图；
- [0025] 图 4 为本发明实施例的在 BLDC 马达换相时插入空载时间的示意图；
- [0026] 图 5 为根据本发明的一个实施例；
- [0027] 图 6 为图 5 的电路在换相期间的波形图；
- [0028] 图 7 为图 5 的电路在换相时的时序图；以及
- [0029] 图 8 为图 5 的电路在换相时的另一时序图。
- [0030] 附图标号：
- [0031] 10 BLDC 马达
- [0032] 12 PWM 控制器
- [0033] 14 OCP 电路
- [0034] 16 电流检测器
- [0035] 18 比较器
- [0036] 20 比较器

具体实施方式

[0037] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，下面结合附图对本发明实施例做进一步详细说明。在此，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，但并不作为对本发明的限定。

[0038] 为了动态调整 BLDC 马达 10 的空载时间，如图 5 所示，根据本发明的装置包含电流检测器 16 连接 H 桥及 PWM 控制器 12，在 BLDC 马达 10 换相期间的空载时间期间检测其线圈电流 I_m ，在检测到线圈电流 I_m 为零或接近零时通知 PWM 控制器 12 结束空载时间。为了判断相位切换的时机，订定代表线圈电流 I_m 为零或接近零的零电流临界值供电流检测器 16 参考。当电流检测器 16 检测到线圈电流 I_m 等于或小于零电流临界值时，便认定可开始下一个相位操作。零电流临界值的设定值可视能容忍的突波电流来决定。若零电流临界值大于零的值，则在开始下一个相位时会引起突波电流，但会有较短的空载时间，因此有较高的转速。较佳者，零电流临界值为略大于零的值。在最佳情况下，可达成零电流切换相位。

[0039] 在图 5 的实施例中，电流检测器 16 包含电阻 R 连接在 H 桥及接地端之间，以及比较器 18 及 20 将电阻 R 的跨压 V_R 分别与临界值 V_{ZCD} 及 V_{OCP} 比较，以产生信号 S1 及 S2 给 PWM 控制器 12。此实施例是将动态调整空载时间的装置整合到既有的 OCP 电路中，如同现有技术一样，临界值 V_{OCP} 代表过电流保护的设定值，当 $V_R \geq V_{OCP}$ 时，信号 S2 为高态，因而通知 PWM 控制器 12 停止提供 PWM 信号或直接关闭下侧 MOSFET Q2 及 Q4，使 BLDC 马达 10 停止运转。要从第一相位切换到第二相位时，如同现有技术一样，在空载时间期间，PWM 控制器 12 关闭 MOSFET Q1 ~ Q3，导通 MOSFET Q4，建立如图 4 所示的电流回圈以消耗线圈电流 I_m ，但是额外地，为了动态调整空载时间，PWM 控制器 12 短暂关闭 MOSFET Q4，这会导致电流 I_m 变成从输出端 B 经基体二极管 D3 流向电源输入端 V_{in} ，以及从接地端经电阻 R 流向基体二极管 D2，因而产生负的检测电压在检测节点 V_R 上，藉此可得知在空载时间期间的线圈电流 I_m 。要短暂关闭 MOSFET Q4，可由 PWM 控制器 12 施加短脉冲到 MOSFET Q4 的栅极，例如图 6 所示，较佳者，每隔一段时间送出一个短脉冲 T_s 。在不同的实施例中，在短脉

冲 T_s 期间,除了关闭 MOSFET Q4 以外,同时也打开 MOSFET Q3。由于图 5 的实施例是藉检测电压 V_R 来检测线圈电流 I_m ,因此订定一个对应零电流临界值的零电压临界值 V_{ZCD} ,较佳者,零电压临界值 V_{ZCD} 设定为略小于零的值。在短脉冲 T_s 期间,若电压 $V_R \geq V_{ZCD}$,则信号 S1 为高态,表示线圈电流 I_m 为零或接近零,PWM 控制器 12 开始操作 BLDC 马达 10 在第二相位。

[0040] 由于空载时间是动态调整的,与转速无关,因此上述方法及装置可适用于不同的转速下。

[0041] 一般而言,PWM 控制器 12 都有一个最短脉冲设定,用来决定 PWM 信号的最小开启时间 (minimum on time) 或最小关闭时间 (minimum off time)。此最短脉冲可以用来产生上述检测用的短脉冲 T_s 。例如,参照图 7,在第一相位时,PWM 控制器 12 关闭 MOSFET Q3,打开 MOSFET Q4,依照转速需求决定 PWM 信号的责任周期 (duty cycle),用来切换 MOSFET Q1 及 Q2;进入空载时间后,PWM 控制器 12 关闭 MOSFET Q1 ~ Q3,以最小关闭时间的 PWM 信号控制 MOSFET Q4,一旦检测到线圈电流 I_m 等于或小于零电流临界值便结束空载时间;开始第二相位后,PWM 控制器 12 关闭 MOSFET Q1,打开 MOSFET Q2,依照转速需求决定 PWM 信号的责任周期,用来切换 MOSFET Q3 及 Q4。由现有技术可知在空载时间内,也可以保持 MOSFET Q2 开启。在不同的实施例中,参照图 8,在空载时间期间,以最小开启时间的 PWM 信号控制 MOSFET Q3,以最小关闭时间的 PWM 信号控制 MOSFET Q4。

[0042] 如图 5 的实施例所示,本发明仅以简单的电路即可动态调整空载时间,而且可以结合到现有的电路中。在不同的实施例中,电流检测器 16 可以使用其他的电路来实现。

[0043] 以上对于本发明的较佳实施例所作的叙述是为阐明的目的,而无意限定本发明精确地为所揭露的形式,基于以上的教导或从本发明的实施例学习而作修改或变化是可能的,实施例是为解说本发明的原理以及让本领域技术人员以各种实施例利用本发明在实际应用上而选择及叙述,本发明的技术思想由权利要求范围及其均等来决定。

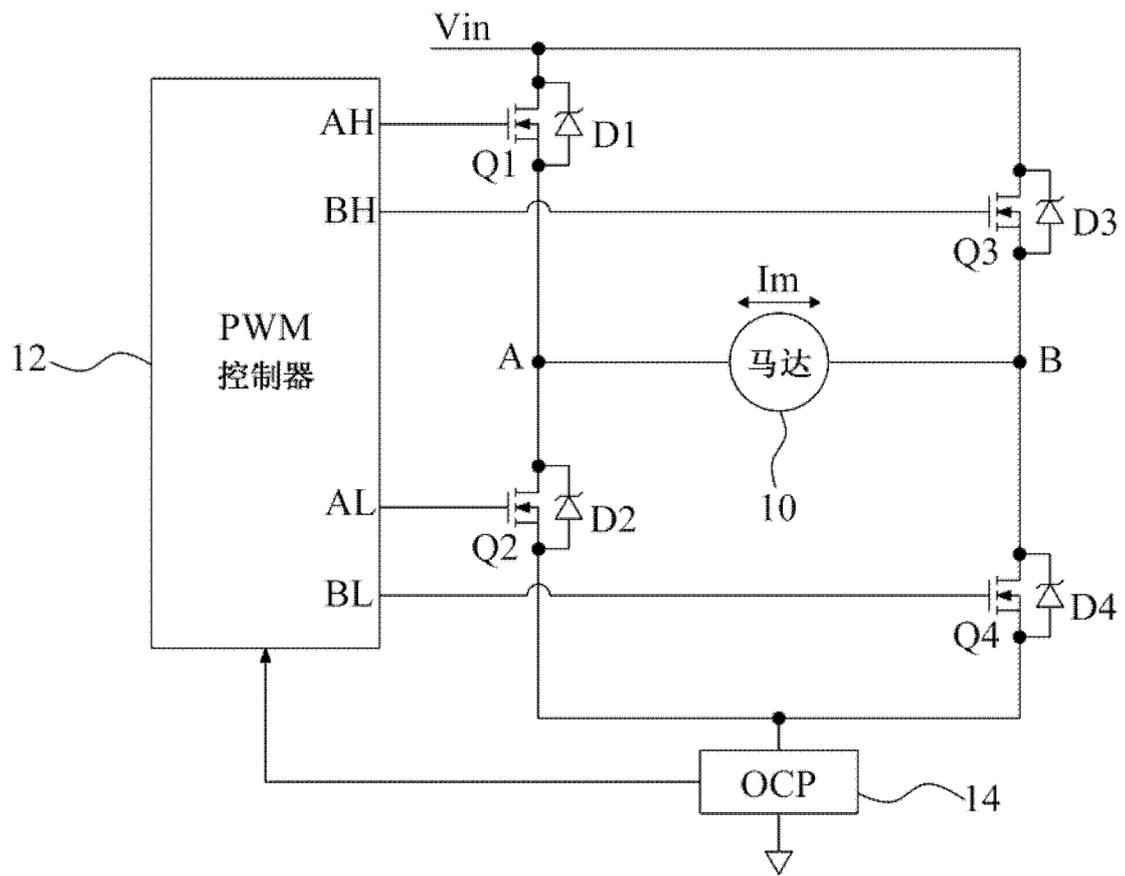


图 1

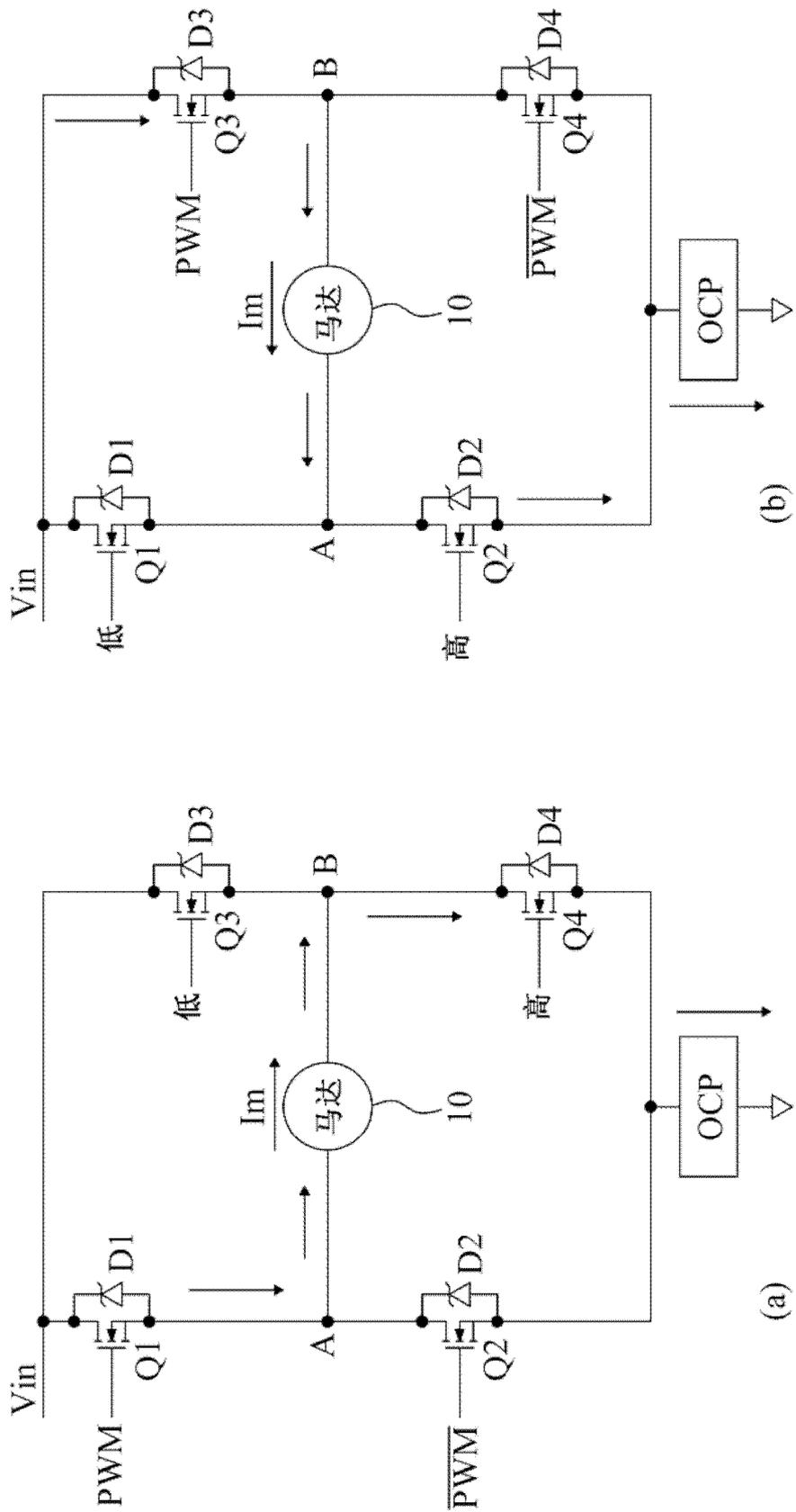


图 2

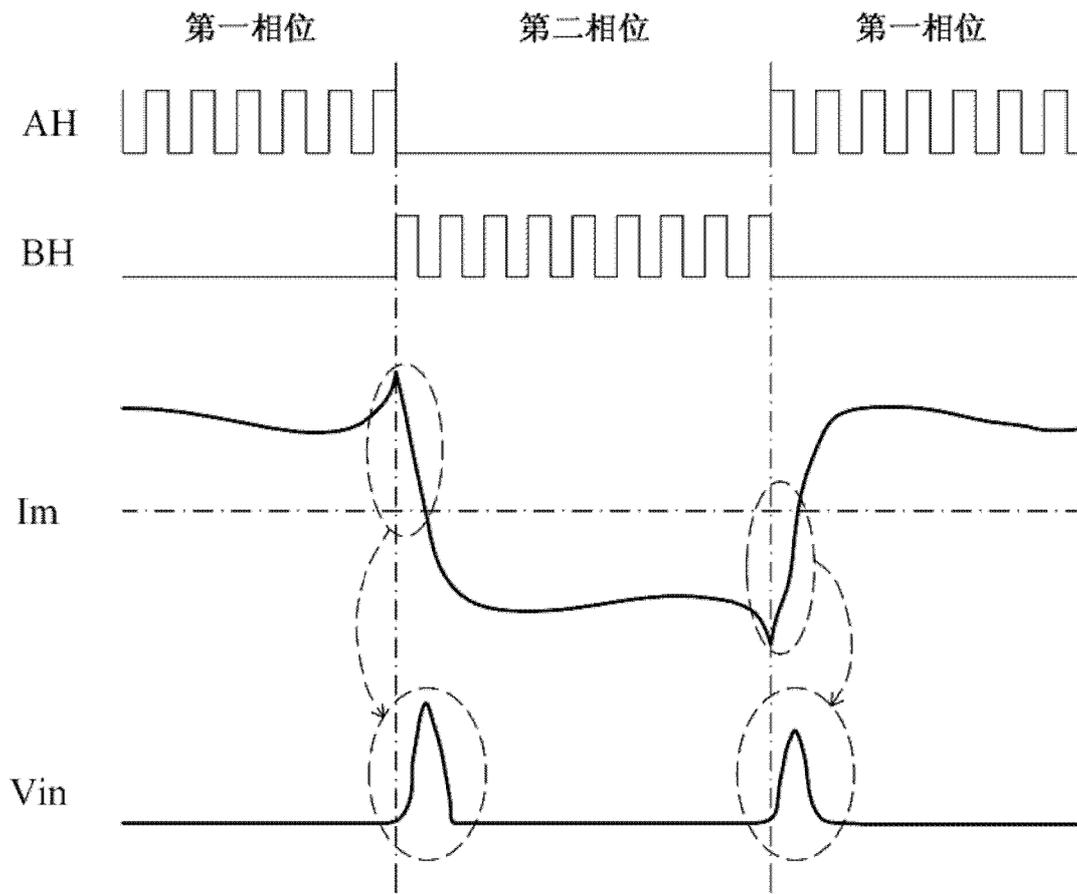
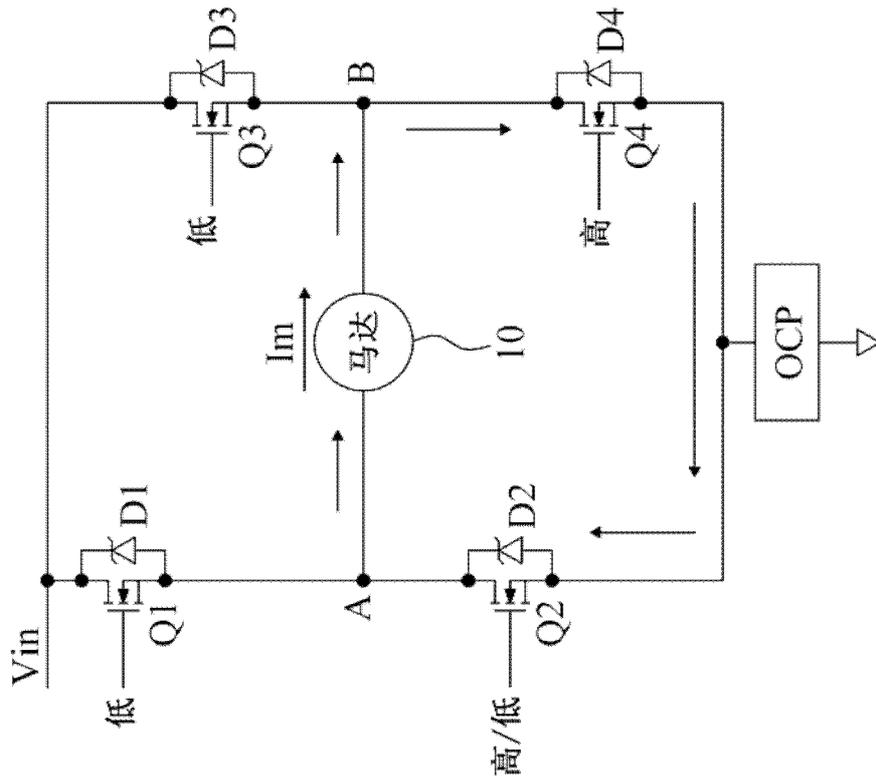


图 3



	第一相位	空载时间	第二相位	...
AH	PWM	低	低	...
AL	$\overline{\text{PWM}}$	高/低	高	...
BH	低	低	PWM	...
BL	高	高	$\overline{\text{PWM}}$...

图 4

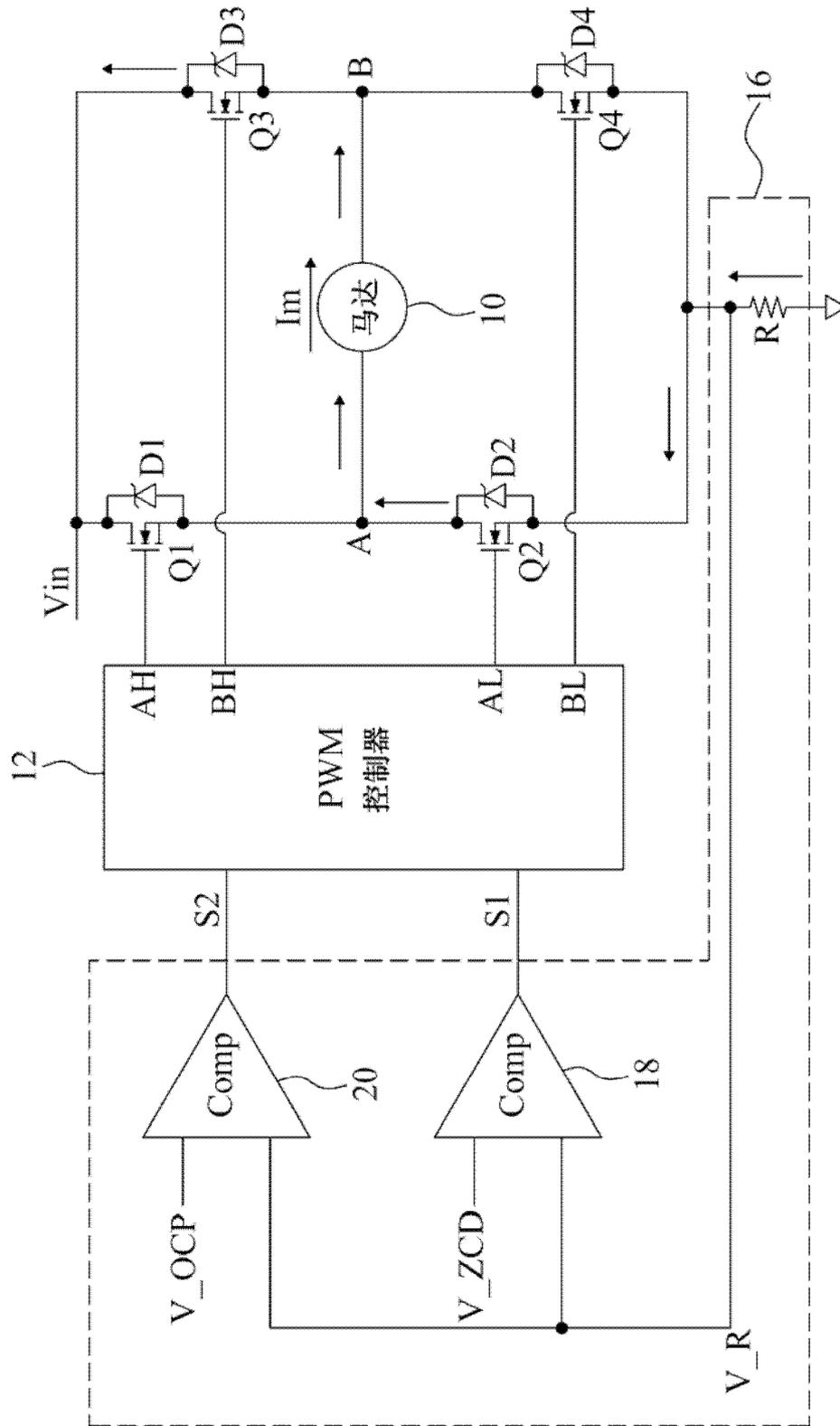


图 5

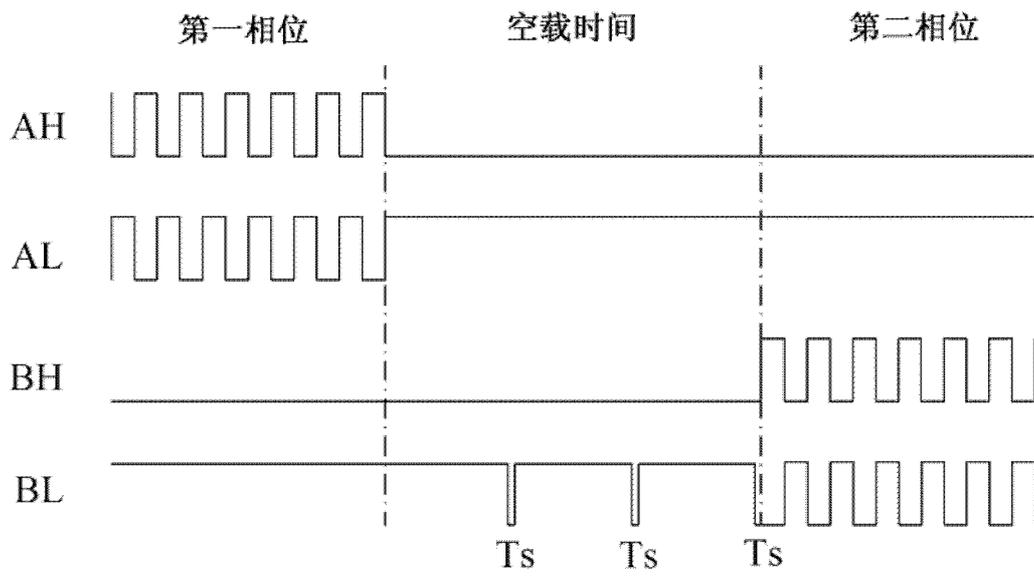


图 6

	第一相位	空载时间	第二相位
AH	PWM (以转速改变)	低	低
AL	$\overline{\text{PWM}}$ (以转速改变)	高/低	高
BH	低	低	PWM (以转速改变)
BL	高	最小关闭时间的PWM	$\overline{\text{PWM}}$ (以转速改变)
			...
			...

图 7

	第一相位	空载时间	第二相位
AH	PWM (以转速改变)	低	
AL	$\overline{\text{PWM}}$ (以转速改变)	高/低	高 低
BH	低	最小开启时间的PWM	PWM (以转速改变)
BL	高	最小关闭时间的PWM	$\overline{\text{PWM}}$ (以转速改变)
			...
			...

图 8