



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107592053 A

(43)申请公布日 2018. 01. 16

(21)申请号 201710914715.1

(22)申请日 2017.09.30

(71)申请人 广东威灵电机制造有限公司

地址 528000 广东省佛山市顺德北滘工业
园十五、十六、十七区

申请人 美的威灵电机技术(上海)有限公司

(72)发明人 双波 秦向南 龚黎明

(74)专利代理机构 北京润平知识产权代理有限
公司 11283

代理人 岳永先 李健

(51)Int. Cl.

H02P 23/14(2006.01)

H02P 27/08(2006.01)

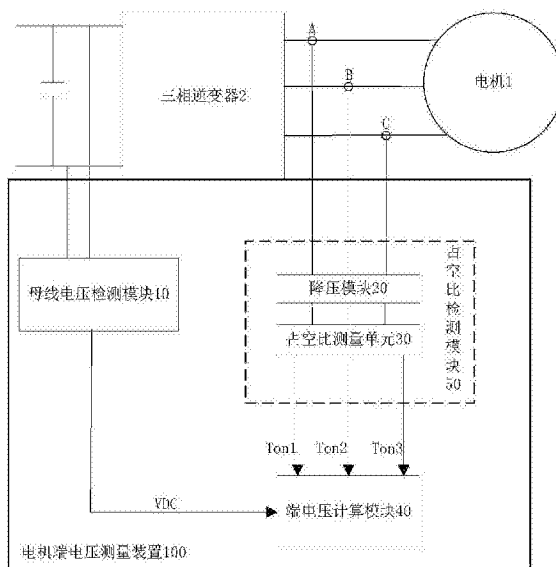
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

电机的端电压测量装置和测量方法

(57)摘要

本发明涉及电机控制领域,公开了一种电机的端电压测量装置和测量方法,其中,所述电机与电机驱动模块相连,所述电机驱动模块用于输出PWM(脉宽调制)电压驱动信号至所述电机以驱动所述电机运行,所述端电压测量装置包括:母线电压检测模块,用于检测所述电机驱动模块的输入侧的母线电压VDC;占空比检测模块,用于检测所述PWM电压驱动信号的占空比;端电压计算模块,用于根据所述母线电压VDC和所述占空比计算所述电机的端电压。本发明提供的技术方案能够更加有效准确地获得电机的端电压,有利于促进无位置传感器技术的大面积应用。



1. 一种电机的端电压测量装置,其特征在于,所述电机与电机驱动模块相连,所述电机驱动模块用于输出PWM电压驱动信号至所述电机以驱动所述电机运行,所述端电压测量装置包括:

母线电压检测模块,用于检测所述电机驱动模块的输入侧的母线电压VDC;

占空比检测模块,用于检测所述PWM电压驱动信号的占空比;

端电压计算模块,用于根据所述母线电压VDC和所述占空比计算所述电机的端电压。

2. 根据权利要求1所述的电机的端电压测量装置,其特征在于,所述电机为三相电机,所述电机驱动模块为三相逆变器,所述三相电机的三相端子分别对应连接所述的三相逆变器的三相输出端。

3. 根据权利要求2所述的电机的端电压测量装置,其特征在于,所述占空比检测模块包括:

降压模块,用于将所述PWM电压驱动信号降低至预定的幅值;

占空比测量单元,用于测量被降低至预定幅值的PWM电压驱动信号的占空比。

4. 根据权利要求3所述的电机的端电压测量装置,其特征在于,所述降压模块包括:

第一降压单元,用于将所述三相逆变器的第一输出端的PWM电压驱动信号降低至预定的幅值;

第二降压单元,用于将所述三相逆变器的第二输出端的PWM电压驱动信号降低至预定的幅值;

第三降压单元,用于将所述三相逆变器的第三输出端的PWM电压驱动信号降低至预定的幅值。

5. 根据权利要求4所述的电机的端电压测量装置,其特征在于,所述第一降压单元、所述第二降压单元和所述第三降压单元中的每一个单元均包括第一电阻单元和第二电阻单元;其中,所述第一电阻单元的一端与对应的电机端子相连,另一端分别连接所述第二电阻单元的一端以及所述占空比测量单元的一输入端,所述第二电阻单元的另一端接地。

6. 根据权利要求5所述的电机的端电压测量装置,其特征在于,所述第一降压单元、所述第二降压单元和所述第三降压单元中的每一个单元还包括二极管,所述二极管的阳极接所述第一电阻单元和所述第二电阻单元的公共端,阴极接所述占空比测量单元的控制电源输出端。

7. 根据权利要求5所述的电机的端电压测量装置,其特征在于,所述第一电阻单元和所述第二电阻单元满足以下关系:

$$\frac{R1}{R1 + R2} \times VDC_{\min} > V_{\text{threshold}};$$

其中,R1为第一电阻单元的阻值,R2为第二电阻单元的阻值,VDC_{min}为电机驱动模块驱动电机运行时允许的最小母线电压,V_{threshold}为占空比测量单元高电平的门限值。

8. 根据权利要求2-7中任意一项所述的电机的端电压测量装置,其特征在于,所述端电压计算模块根据以下公式计算所述电机的端电压:

$$V_{\text{an}} = \frac{T_{\text{oni}}}{T_{\text{pwm}}} \times VDC;$$

$$V_{bn} = \frac{T_{on2}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

$$V_{cn} = \frac{T_{on3}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

其中, V_{an} 为电机的A相端子的端电压; V_{bn} 为电机的B相端子的端电压; V_{cn} 为电机的C相端子的端电压; T_{on1} 为输入至电机的A相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on2} 为输入至电机的B相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on3} 为输入至电机的C相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{pwm} 为PWM电压驱动信号的周期。

9. 一种电机的端电压测量方法, 其特征在于, 所述电机与电机驱动模块相连, 所述电机驱动模块用于输出PWM电压驱动信号至所述电机以驱动所述电机运行, 所述端电压测量方法包括:

检测所述电机驱动模块的输入侧的母线电压VDC和所述PWM电压驱动信号的占空比;

根据所述母线电压VDC和所述占空比计算所述电机的端电压。

10. 根据权利要求9所述的电机的端电压测量方法, 其特征在于, 所述电机为三相电机, 所述电机驱动模块为三相逆变器, 所述三相电机的三相端子分别对应连接所述的三相逆变器的三相输出端。

11. 根据权利要求10所述的电机的端电压测量方法, 其特征在于, 通过如下公式计算所述电机的端电压:

$$V_{an} = \frac{T_{on1}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

$$V_{bn} = \frac{T_{on2}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

$$V_{cn} = \frac{T_{on3}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

其中, V_{an} 为电机的A相端子的端电压; V_{bn} 为电机的B相端子的端电压; V_{cn} 为电机的C相端子的端电压; T_{on1} 为输入至电机的A相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on2} 为输入至电机的B相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on3} 为输入至电机的C相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{pwm} 为PWM电压驱动信号的周期。

电机的端电压测量装置和测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电机技术领域,具体地涉及一种电机的端电压测量装置和一种电机的端电压测量方法。

背景技术

[0002] 随着电力电子技术的飞速发展,交流变频电机在工业界得到了广泛应用。在交流变频电机的控制系统中,控制算法是决定控制系统性能的核心。控制系统中传感器的准确度将直接影响控制算法的效果。对于采用PWM(脉宽调制)信号控制的变频电机,其定子上的电压为高频的PWM形式,传感器无法实时测量。目前工业界常用逆变器的母线电压结合控制芯片的内部指令来计算电机的端电压。这种方法无法精确考虑逆变器非线性带来的电压损失,产生了较大误差。

[0003] 交流变频电机的端电压测量不仅影响电机控制性能,而且对无位置传感器控制技术的发展具有重要的意义。无位置传感器控制技术是指利用电机绕组中的有关电信号包括电机端电压信号等,通过适当方法估计出转子的电气和机械位置以及转速等,从而取代传感器,实现电机的闭环控制。在可靠性要求不高的应用场合,利用无位置传感器技术可以节约成本,省去购买、安装转子位置传感器的工作;在可靠性要求高的场合,无位置传感器技术可以作为位置传感器的备份,在位置传感器失效的情况下使得系统正常工作。电机的端电压测量是影响无位置传感器技术目前无法大面积应用的一个重要因素。

发明内容

[0004] 本发明的目的是为了克服现有技术存在的上述问题,提供一种能够更加有效准确地获得电机的端电压,以促进无位置传感器技术的大面积应用的技术方案。

[0005] 为了实现上述目的,本发明第一方面提供一种电机的端电压测量装置,所述电机与电机驱动模块相连,所述电机驱动模块用于输出PWM电压驱动信号至所述电机以驱动所述电机运行,所述端电压测量装置包括:

[0006] 母线电压检测模块,用于检测所述电机驱动模块的输入侧的母线电压VDC;

[0007] 占空比检测模块,用于检测所述PWM电压驱动信号的占空比;

[0008] 端电压计算模块,用于根据所述母线电压VDC和所述占空比计算所述电机的端电压。

[0009] 优选地,所述电机为三相电机,所述电机驱动模块为三相逆变器,所述三相电机的三相端子分别对应连接所述的三相逆变器的三相输出端。

[0010] 优选地,所述占空比检测模块包括:

[0011] 降压模块,用于将所述PWM电压驱动信号降低至预定的幅值;

[0012] 占空比测量单元,用于测量被降低至预定幅值的PWM电压驱动信号的占空比。

[0013] 优选地,所述降压模块包括:

[0014] 第一降压单元,用于将所述三相逆变器的第一输出端的PWM电压驱动信号降低至

预定的幅值；

[0015] 第二降压单元,用于将所述三相逆变器的第二输出端的PWM电压驱动信号降低至预定的幅值；

[0016] 第三降压单元,用于将所述三相逆变器的第三输出端的PWM电压驱动信号降低至预定的幅值。

[0017] 优选地,所述第一降压单元、所述第二降压单元和所述第三降压单元中的每一个单元均包括第一电阻单元和第二电阻单元;其中,所述第一电阻单元的一端与对应的电机端子相连,另一端分别连接所述第二电阻单元的一端以及所述占空比测量单元的一输入端,所述第二电阻单元的另一端接地。

[0018] 优选地,所述第一降压单元、所述第二降压单元和所述第三降压单元中的每一个单元还包括二极管,所述二极管的阳极接所述第一电阻单元和所述第二电阻单元的公共端,阴极接所述占空比测量单元的控制电源输出端。

[0019] 优选地,所述第一电阻单元和所述第二电阻单元满足以下关系:

$$[0020] \quad \frac{R1}{R1 + R2} \times VDC_{\min} > V_{\text{threshold}};$$

[0021] 其中,R1为第一电阻单元的阻值,R2为第二电阻单元的阻值,VDC_{min}为电机驱动模块驱动电机运行时允许的最小母线电压,V_{threshold}为占空比测量单元高电平的门限值。

[0022] 优选地,所述端电压计算模块根据以下公式计算所述电机的端电压:

$$[0023] \quad V_{\text{an}} = \frac{T_{\text{on1}}}{T_{\text{pwm}}} \times VDC;$$

$$[0024] \quad V_{\text{bn}} = \frac{T_{\text{on2}}}{T_{\text{pwm}}} \times VDC;$$

$$[0025] \quad V_{\text{cn}} = \frac{T_{\text{on3}}}{T_{\text{pwm}}} \times VDC;$$

[0026] 其中,V_{an}为电机的A相端子的端电压;V_{bn}为电机的B相端子的端电压;V_{cn}为电机的C相端子的端电压;T_{on1}为输入至电机的A相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间;T_{on2}为输入至电机的B相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间;T_{on3}为输入至电机的C相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间;T_{pwm}为PWM电压驱动信号的周期。

[0027] 本发明第二方面提供一种电机的端电压测量方法,所述电机与电机驱动模块相连,所述电机驱动模块用于输出PWM电压驱动信号至所述电机以驱动所述电机运行,所述端电压测量方法包括:

[0028] 检测所述电机驱动模块的输入侧的母线电压VDC和所述PWM电压驱动信号的占空比;

[0029] 根据所述母线电压VDC和所述占空比计算所述电机的端电压。

[0030] 优选地,所述电机为三相电机,所述电机驱动模块为三相逆变器,所述三相电机的三相端子分别对应连接所述的三相逆变器的三相输出端。

[0031] 优选地,通过如下公式计算所述电机的端电压:

$$[0032] \quad V_{an} = \frac{T_{on1}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

$$[0033] \quad V_{bn} = \frac{T_{on2}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

$$[0034] \quad V_{cn} = \frac{T_{on3}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

[0035] 其中, V_{an} 为电机的A相端子的端电压; V_{bn} 为电机的B相端子的端电压; V_{cn} 为电机的C相端子的端电压; T_{on1} 为输入至电机的A相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on2} 为输入至电机的B相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on3} 为输入至电机的C相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{pwm} 为PWM电压驱动信号的周期。

[0036] 本发明提供的技术方案具有如下有益效果:

[0037] 本发明提供的技术方案通过母线电压检测模块检测电机驱动模块的输入侧的母线电压,通过占空比检测模块检测电机驱动模块的输出侧的PWM电压驱动信号的占空比,由于PWM电压驱动信号是从电机驱动模块的输出侧获得,充分考虑了电机驱动模块的非线性因素带来的电压损失,从而可以更加有效准确地获得电机的端电压,有利于促进无位置传感器技术的大面积应用。

附图说明

[0038] 图1是本发明一实施例提供的电机的端电压测量装置的结构框图;

[0039] 图2是本发明另一实施例提供的电机的端电压测量装置的电路原理图;

[0040] 图3是本发明实施例中一个周期内的PWM电压驱动信号的波形图;

[0041] 图4是本发明实施例提供的电机控制系统的结构框图。

[0042] 附图标记说明

[0043]	1-电机	2-三相逆变器
[0044]	10-母线电压检测模块	20-降压模块
[0045]	30-占空比测量单元	40-端电压计算模块
[0046]	50-占空比检测模块	100-电机的端电压测量装置
[0047]	200-电机控制系统	201-第一降压单元
[0048]	202-第二降压单元	203-第三降压单元
[0049]	204-二极管	

具体实施方式

[0050] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明,并不用于限制本发明。

[0051] 参阅图1,本发明实施例第一方面提供一种电机1的端电压测量装置100,所述电机1与电机驱动模块相连,所述电机驱动模块用于输出PWM电压驱动信号至所述电机1从而驱动所述电机1运行,所述端电压测量装置100包括母线电压检测模块10、占空比检测模块50和端电压计算模块40。

[0052] 从图1中可以看出,所述电机驱动模块的输入端与正负极母线相连,其输出端与电机1相连,用于将正负极母线输入的电压信号VDC转换成PWM电压信号后输出至电机1;所述母线电压检测模块10的输入端与电机驱动模块的输入端的正负极母线相连,其输出端与端电压计算模块40的一输入端相连,用于检测正负极母线上的母线电压VDC,并将该母线电压VDC传输给端电压计算模块40;所述占空比检测模块50的输入端与电机驱动模块的输出端相连,其输出端与所述端电压计算模块40的另一输入端相连,用于检测电机驱动模块输出的PWM电压驱动信号的占空比,并将检测到的占空比输出给所述端电压计算模块40;所述端电压计算模块40根据接收到的所述占空比和所述母线电压VDC计算所述电机1的端电压。其中,所述电机1的端电压指的是电机1的各输入端子的对地电压或对负极母线的电压。

[0053] 所述电机1例如可以为单相电机1或三相电机1,本实施例将以三相电机1为例进行说明。

[0054] 如图1所示,所述电机1为三相电机1,所述电机驱动模块为三相逆变器2。三相逆变器2具有三相输出端,其第一输出端与电机1的A相端子相连,第二输出端与电机1的B相端子相连,第三输出端与电机1的C相端子相连;这三相输出端分别输出三路PWM电压驱动信号至对应的电机端子;三路PWM电压驱动信号的周期相同,均为逆变器的开关周期,三路PWM电压驱动信号的占空比不一定相同。

[0055] 继续参阅图1,在一具体实施例中,所述占空比检测模块50包括降压模块20和占空比测量单元30,所述降压模块20的输入端与电机驱动模块的输出端相连,其输出端与占空比测量单元30相连,用于将电机驱动模块输出的PWM电压驱动信号降低至预定的幅值后输出至占空比测量单元30,以供占空比测量单元30测量被降低至预定幅值的PWM电压驱动信号的占空比。

[0056] 具体地,占空比测量单元30通常能够承受的输入电压大小有限,过大的输入电压可能导致占空比测量单元30烧损而不能正常工作,为此,在将PWM电压驱动信号输入至占空比测量单元30之前,一般需要将PWM电压驱动信号的大小降低至合适的能够被占空比测量单元30接收的幅值范围之内,例如将PWM电压驱动信号降低至0V~+3.3V之间。

[0057] 占空比测量单元30包括一定时器单元和三个跳变沿捕获单元,用于记录信号的由高到底和由低到高的跳变时刻,并计算出高电平持续的时间 T_{on} ,获得PWM电压驱动信号的占空比,占空比 $=\frac{T_{on}}{T_{pwm}}$,其中, T_{pwm} 为PWM电压驱动信号的周期。或者占空比测量单元30直接将

测量出来的高电平持续时间 T_{on} 发送至端电压计算模块40,由端电压计算模块40通过上述公式进一步计算PWM电压驱动信号的占空比。

[0058] 对于三相电机1,三相逆变器2输出有三路的PWM电压驱动信号,因此,需要分别对这三路的PWM电压驱动信号进行降压处理,为此,所述降压模块20包括第一降压单元201、第二降压单元202和第三降压单元203;其中,第一降压单元201的输入端与电机1的A相端子(即三相逆变器2的第一输出端)相连,其输出端与占空比测量单元30的一输入端相连,用于将三相逆变器2的第一输出端的PWM电压驱动信号降低预定的幅值后发送至占空比测量单元30;第二降压单元202的输入端与电机1的B相端子(即三相逆变器2的第二输出端)相连,其输出端与占空比测量单元30的另一输入端相连,用于将三相逆变器2的第二输出端的PWM电压驱动信号降低至预定的幅值;第三降压单元203的输入端与电机1的C相端子(即三相逆

变器2的第三输出端)相连,其输出端与占空比测量单元30的又一输入端相连,用于将三相逆变器2的第三输出端的PWM电压驱动信号降低至预定的幅值。需要说明的是,上述第一降压单元201、第二降压单元202和第三降压单元203仅对对应的PWM电压驱动信号的幅值进行限制,并不改变PWM电压驱动信号的相位。

[0059] 参阅图2,在一具体实施例中,第一降压单元201、第二降压单元202和第三降压单元203中的每一个单元均包括第一电阻单元R1和第二电阻单元R2;其中,第一电阻单元R1的一端与对应的电机端子相连,另一端分别连接第二电阻单元R2的一端以及占空比测量单元30的一输入端,第二电阻单元R2的另一端接地。具体地,第一降压单元201的第一电阻单元R1的一端与电机1的A相端子相连,另一端分别接第一降压单元201的第二电阻单元R2和占空比测量单元30的第一输入端,第一降压单元201的第二电阻单元R2接地;第二降压单元202的第一电阻单元R1的一端与电机1的B相端子相连,另一端分别连接第二降压单元202的第二电阻单元R2的一端和占空比测量单元30的第二输入端,第二降压单元202的第二电阻单元R2也接地;第三降压单元203的第一电阻单元R1的一端与电机1的C相端子相连,另一端分别连接第三降压单元203的第二电阻单元R2的一端和占空比测量单元30的第三输入端,第三降压单元203的第二电阻单元R2同样接地。

[0060] 通过上述降压单元的降压作用,可将原始的PWM电压驱动信号的幅值 $V1$ 降低至 $\frac{R2}{R2 + R1} \times V1$;其中,R1为第一电阻单元R1的阻值,R2为第二电阻单元R2的阻值,调节第一电阻单元R1和第二电阻单元R2的阻值,可以改变降压幅度。

[0061] 继续参阅图2,在一优选实施例中,为了防止被降低至预定幅值的PWM电压驱动信号的大小仍然大于占空比测量单元30的最大承受电压,所述第一降压单元201、所述第二降压单元202和所述第三降压单元203中的每一个还包括二极管204,所述二极管204的阳极接所述第一电阻单元R1和所述第二电阻单元R2的公共端,阴极接所述占空比测量单元30的控制电源输出端,控制电源输出端输出预定的电压,该电压的大小一般等于占空比测量单元30的最大承受电压,例如3.3V电压。以第一降压单元201为例,当第一降压单元201输出至占空比测量单元30的电压超过3.3V时,二极管204导通,电流从占空比测量单元30的第一输入端流至占空比测量单元30的控制电源输出端,输入至占空比测量单元30的第一输入端的电压减小,起到过压保护的作用。

[0062] 在一优选实施例中,为了保障占空比测量单元30对PWM电压驱动信号的可靠检测, $\frac{R1}{R1 + R2} \times VDC_{min} > V_{threshold}$,其中,R1为第一电阻单元R1的阻值,R2为第二电阻单元R2的阻值,VDC_{min}为电机驱动模块驱动电机1运行时允许的最小母线电压,V_{threshold}为占空比测量单元30高电平的门限值。在一具体实施例中,上述不等式的左侧值比右侧值高大概0.5V。

[0063] 根据本发明的一实施例,所述端电压计算模块40可根据以下公式计算所述电机1的端电压:

$$[0064] \quad V_{an} = \frac{T_{on1}}{T_{pwm}} \times VDC;$$

$$[0065] \quad V_{bn} = \frac{T_{on2}}{T_{pwm}} \times VDC;$$

$$[0066] \quad V_{cn} = \frac{T_{on3}}{T_{pwm}} \times VDC;$$

[0067] 其中, V_{an} 为电机1的A相端子的端电压; V_{bn} 为电机1的B相端子的端电压; V_{cn} 为电机1的C相端子的端电压; T_{on1} 为输入至电机1的A相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on2} 为输入至电机1的B相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on3} 为输入至电机1的C相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{pwm} 为PWM电压驱动信号的周期; $\frac{T_{on1}}{T_{pwm}}$ 为输入至电机1的A相端子的PWM电压驱动信号的占

空比; $\frac{T_{on2}}{T_{pwm}}$ 为输入至电机1的B相端子的PWM电压驱动信号的占空比; $\frac{T_{on3}}{T_{pwm}}$ 为输入至电机1的C相端子的PWM电压驱动信号的占空比。

[0068] 在通过上述公式计算完电机1的三相端子的端电压后,还可以进一步通过以下公式计算电机1的三相端子的相电压:

$$[0069] \quad V_{ap} = \frac{1}{3} (2V_{an} - V_{bn} - V_{cn});$$

$$[0070] \quad V_{bp} = \frac{1}{3} (2V_{bn} - V_{an} - V_{cn});$$

$$[0071] \quad V_{cp} = \frac{1}{3} (2V_{cn} - V_{an} - V_{bn});$$

[0072] 其中, V_{ap} 为电机1的A相端子的相电压; V_{bp} 为电机1的B相端子的相电压; V_{cp} 为电机1的C相端子的相电压。

[0073] 具体地,以电机1为三相电机1为例,电机1的三相端子的端电压分别为三相端子的对地电压,将三相电机1的中性点记为P,并将三相电机1的中性点对地电压记为 V_{pn} ,则有:

$$[0074] \quad V_{an} = V_{ap} + V_{pn};$$

$$[0075] \quad V_{bn} = V_{bp} + V_{pn}; \quad (1)$$

$$[0076] \quad V_{cn} = V_{cp} + V_{pn};$$

[0077] 在电机1正常工作时,电机1的三相平衡,即:

$$[0078] \quad V_{ap} + V_{bp} + V_{cp} = 0; \quad (2)$$

[0079] 根据上述公式(1)和(2)得到:

$$[0080] \quad V_{pn} = \frac{1}{3} (V_{an} + V_{bn} + V_{cn}); \quad (3)$$

[0081] 将公式(3)代入公式(1)得到相电压的计算公式:

$$[0082] \quad V_{ap} = \frac{1}{3} (2V_{an} - V_{bn} - V_{cn});$$

$$[0083] \quad V_{bp} = \frac{1}{3} (2V_{bn} - V_{an} - V_{cn}); \quad (4)$$

$$[0084] \quad V_{cp} = \frac{1}{3} (2V_{cn} - V_{an} - V_{bn});$$

[0085] 根据矢量控制的冲量等效原理,如图3所示, V_{an} , V_{bn} , V_{cn} 在一个PWM周期内的平均值

等于其对时间积分值除以PWM周期：

$$[0086] \quad V_{average} = \frac{(VDC - V_{upperIGBTn}) \times T_{on} + V_{lowerIGBTn} \times T_{off}}{T_{pwm}} \quad (5)$$

[0087] 其中， $V_{upperIGBTn}$ 为使逆变器的上桥臂导通的电压， $V_{lowerIGBTn}$ 为使逆变器的下桥臂导通的电压， T_{on} 为一个PWM周期内高电平的持续时间， T_{off} 为一个PWM周期内低电平的持续时间； T_{pwm} 为PWM电压驱动信号的周期（即逆变器的开关周期）。

[0088] 根据上述公式（5），忽略母线电压在一个PWM周期内的电压波动以及逆变器的管压降，就得到：

$$[0089] \quad V_{average} = \frac{VDC \times T_{on}}{T_{pwm}} ; \quad (6)$$

[0090] 将电机1的端电压带入上述公式（6），即可得到电机1的三相端子的端电压计算公式：

$$V_{an} = \frac{T_{on1}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

$$[0091] \quad V_{bn} = \frac{T_{on2}}{T_{pwm}} \times VDC ; \quad (7)$$

$$V_{cn} = \frac{T_{on3}}{T_{pwm}} \times VDC 。$$

[0092] 根据本发明实施例提供的上述电机1的端电压测量装置100，该装置通过闭环回路测量并计算电机1的端电压，虽然没有把逆变器的功率器件的压降考虑进去，但是有效避免了开环估计端电压时尤其是电流较小时，由于死区和延时产生的误差，结构简单，容易实现，可应用于工程实践。

[0093] 本发明实施例第二方面提供一种电机1的端电压测量方法，所述电机1与电机驱动模块相连，所述电机驱动模块用于输出PWM电压驱动信号至所述电机1以驱动所述电机1运行，所述端电压测量方法包括：

[0094] 步骤1，检测所述电机驱动模块的输入侧的母线电压VDC和所述PWM电压驱动信号的占空比；

[0095] 步骤2，根据所述母线电压VDC和所述占空比计算所述电机1的端电压。

[0096] 其中，所述电机1例如可以为单相电机1或三相电机1，本实施例将以三相电机1为例进行说明。

[0097] 如图1所示，所述电机1为三相电机1，所述电机驱动模块为三相逆变器2，所述三相电机1的三相端子分别对应连接所述的三相逆变器2的三相输出端。

[0098] 所述方法中，可通过如下公式计算所述电机1的端电压：

$$[0099] \quad V_{an} = \frac{T_{on1}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

$$[0100] \quad V_{bn} = \frac{T_{on2}}{T_{pwm}} \times VDC ;$$

$$[0101] \quad V_{cn} = \frac{T_{on3}}{T_{pwm}} \times VDC;$$

[0102] 其中, V_{an} 为电机1的A相端子的端电压; V_{bn} 为电机1的B相端子的端电压; V_{cn} 为电机1的C相端子的端电压; T_{on1} 为输入至电机1的A相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on2} 为输入至电机1的B相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{on3} 为输入至电机1的C相端子的PWM电压驱动信号在一个周期内高电平的持续时间; T_{pwm} 为PWM电压驱动信号的周期; $\frac{T_{on1}}{T_{pwm}}$ 为输入至电机1的A相端子的PWM电压驱动信号的占

空比; $\frac{T_{on2}}{T_{pwm}}$ 为输入至电机1的B相端子的PWM电压驱动信号的占空比; $\frac{T_{on3}}{T_{pwm}}$ 为输入至电机1的C相端子的PWM电压驱动信号的占空比。

[0103] 参阅图4, 本发明实施例还提供一种电机控制系统200, 该电机控制系统200包括根据本发明实施例第一方面所述的电机1的端电压测量装置100。由于本发明实施例提供的电机1的端电压测量装置100具有如上所述的有益效果, 因此, 本发明实施例提供的电机控制系统200具有更优的控制性能。

[0104] 以上结合附图详细描述了本发明的优选实施方式, 但是, 本发明并不限于此。在本发明的技术构思范围内, 可以对本发明的技术方案进行多种简单变型。包括各个具体技术特征以任何合适的方式进行组合。为了避免不必要的重复, 本发明对各种可能的组合方式不再另行说明。但这些简单变型和组合同样应当视为本发明所公开的内容, 均属于本发明的保护范围。

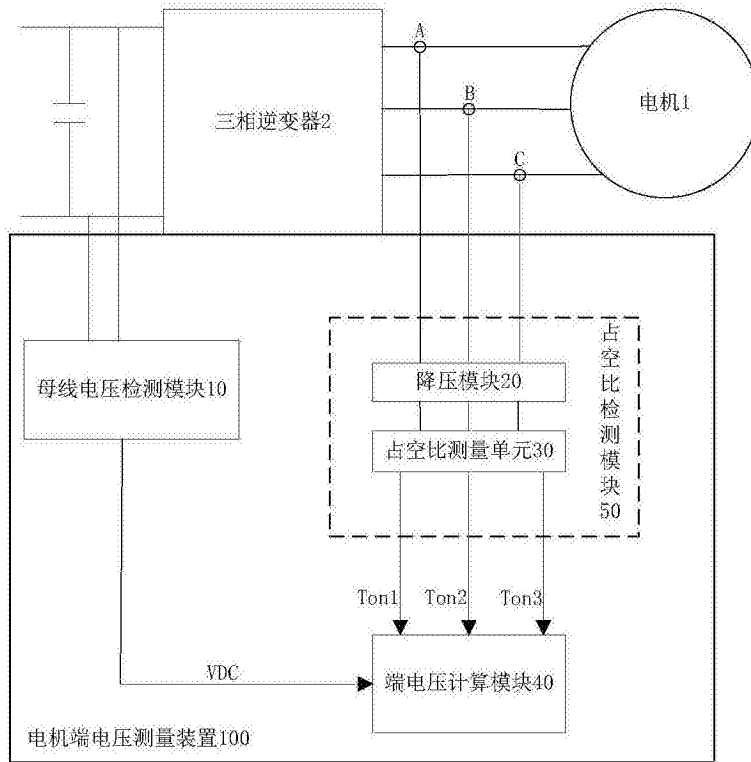


图1

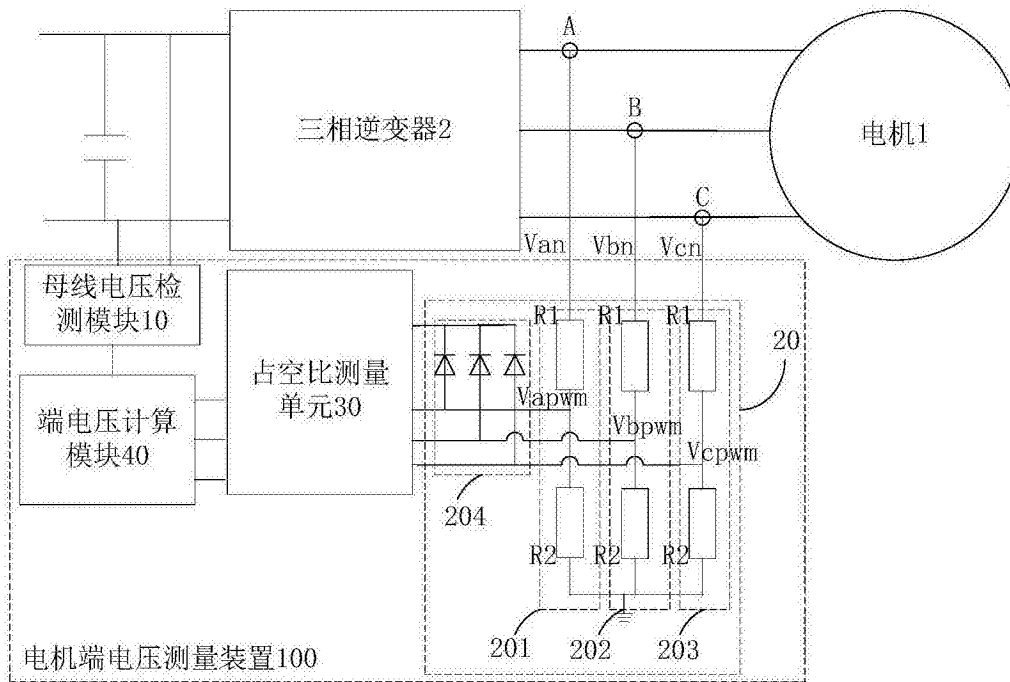


图2

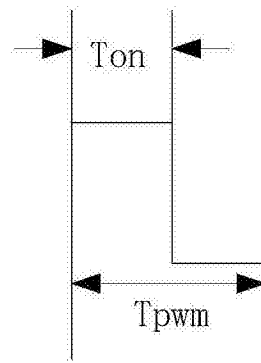


图3

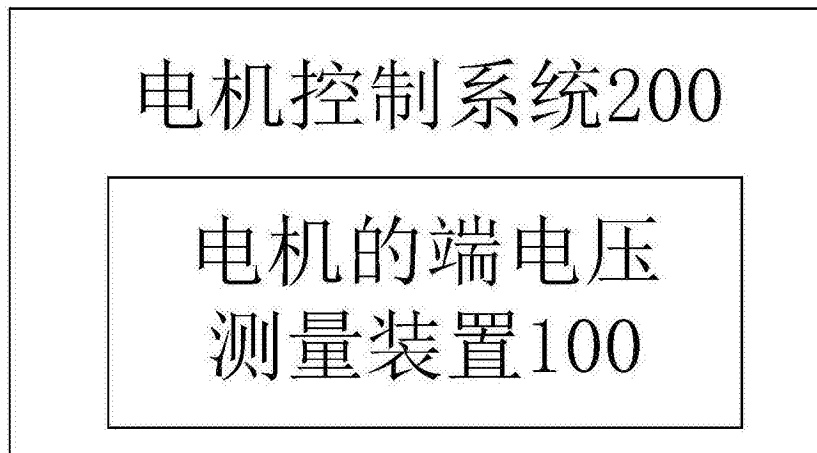


图4