



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108957322 A

(43)申请公布日 2018.12.07

(21)申请号 201810979267.8

(22)申请日 2018.08.24

(71)申请人 佛山市顺德区金泰德胜电机有限公司

地址 528300 广东省佛山市顺德区伦教街道市良路鸡洲路段

(72)发明人 丁文静

(74)专利代理机构 佛山市名诚专利商标事务所  
(普通合伙) 44293

代理人 余旭辉 吕培新

(51)Int.Cl.

G01R 31/34(2006.01)

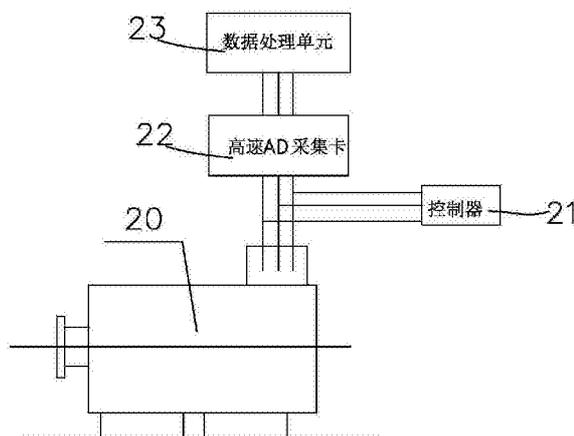
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

永磁电机反电动势的测量方法及所使用的测量装置

(57)摘要

本发明涉及永磁电机技术领域,尤其涉及一种永磁电机反电动势的测量方法及所使用的测量装置。它包括以下步骤:步骤一,对运行中的待测电机断电,利用高速AD采集卡采集待测电机断电后惯性运转 $\Delta t$ 时间段内的反电动势波形;步骤二,利用高速AD采集卡采集 $\Delta t$ 时间内的一个选定完整周期电动势波形对应的时间,计算选定完整周期内待测电机的有效转速 $r_t$ 和有效反电动势 $V_t$ ;步骤三,根据电动势与电机转速成正比关系,利用有效转速 $r_t$ 和有效反电动势 $V_t$ ,计算设定目标转速或标准转速 $r_s$ 下的反电动势 $V_s$ 。本发明永磁电机反电动势的测量方法,通过控制永磁电机运转到设定转速后进行断电,并测试永磁电机断电瞬间的反电动势波形,从而分析计算出永磁电机在目标转速下的目标反电动势,具有检测方便准确、检测效率高的优点。



1. 一种永磁电机反电动势的测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一,对运行中的待测电机断电,利用高速AD采集卡采集待测电机断电后惯性运转  $\Delta t$  时间段内的至少包括一个完整周期内的反电动势波形;

步骤二,利用高速AD采集卡采集  $\Delta t$  时间内的一个选定完整周期内的反电动势波形对应的的时间,计算选定一个完整周期内的反电动势波形待测电机的有效转速  $r_t$  和有效反电动势  $V_t$ ;

步骤三,根据电动势与电机转速成正比关系,利用有效转速  $r_t$  和有效反电动势  $V_t$ ,计算设定目标转速或标准转速  $r_s$  下的反电动势  $V_s$ ,即  $V_s = \frac{V_t}{r_t} * r_s$ 。

2. 根据权利要求1所述的永磁电机反电动势的测量方法,其特征在于,在步骤二中,计算选定一个完整周期内反电动势波形待测电机的有效转速  $r_t$  的方法如下:

$$r_t = \frac{1}{t_2 - t_1} * \frac{60}{n}$$

其中  $r_t$  为待测电机在所述选定  $\Delta t$  时间一个完整周期内反电动势波形的有效转速,  $t_2$  和  $t_1$  分别为所述选定一个完整周期内反电动势波形的起点时间和终端时间,  $n$  为待测电机的固有参数极对数。

3. 根据权利要求1所述的永磁电机反电动势的测量方法,其特征在于,在步骤二中,计算选定一个完整周期内反电动势波形的待测电机的有效反电动势  $V_t$  的方法如下:

$$V_t = \frac{\Delta s}{t_2 - t_1}$$

其中  $t_2$  和  $t_1$  分别为所述选定一个完整周期内的反电动势波形起点时间和终端时间,  $\Delta s$  为  $t_2$  和  $t_1$  时间段内所选定一个完整周期内反电动势波形与时间轴围成的波形面积,该面积通过数据处理单元识别计算  $\Delta s$ 。

4. 根据权利要求1所述的永磁电机反电动势的测量方法,其特征在于,  $\Delta t$  时间内为选定一个完整周期内反电动势波形电压为0时对应的周期时间点。

5. 根据权利要求1所述的永磁电机反电动势的测量方法,其特征在于,在步骤二中,  $\Delta t$  为待测电机断电后的一段时间,且  $\Delta t$  的时间长度大于3个完整周期内的反电动势波形对应的时间长度,以确保在  $\Delta t$  时间内测量至少3个完整周期的反电动势波形,待测永磁电机断电后的  $\Delta t$  时间由  $\Delta t = m * \frac{60}{r_s * n}$  确定,其中  $m \geq 3$ ,  $r_s$  为设定的目标转速或标准转速,  $n$  为永磁待测电机的极对数。

6. 根据权利要求5所述的永磁电机反电动势的测量方法,其特征在于,在步骤二中,高速AD采集卡采集的选定完整周期为  $\Delta t$  时间内的第一完整周期内反电动势波形。

7. 根据权利要求1所述的永磁电机反电动势的测量方法,其特征在于,在步骤一中,对待测电机断电之前,包括利用控制器控制待测电机空载运行,以确保待测电机断电后保持一段时间内的惯性空载运转。

8. 根据权利要求7所述的永磁电机反电动势的测量方法,其特征在于,控制器控制待测电机空载运行到目标转速或标准转速  $r_s$  的1.1-1.3倍时进行断电。

9. 根据权利要求1至8任一权利所述的永磁电机反电动势的测量方法所使用的测量装

置,其特征在于,包括待测电机;高速AD采集卡可采集待测电机电压、时间以及波形参数;数据处理单元,与高速AD采集卡相连,可对高速AD采集卡采集的待测电机电压、时间以及波形参数进行处理;其中,数据处理单元根据高速AD采集卡采集的待测电机参数,计算出选定一个完整周期反电动势波形对应时间段 $t_1$ 、 $t_2$ ,选定完整周期反电动势波形与时间轴围成的波形面积 $\Delta s$ ;并利用待测电机的极对数 $n$ 和反电动势与电机转速成正比关系,数据处理单元计算出待测电机的有效旋转转速 $r_t$ 和有效电压 $V_t$ ,并根据有效旋转转速 $r_t$ 和有效电压 $V_t$ 计算出设定目标转速或标准转速 $r_s$ 下的反电动势 $V_s$ 。

10. 根据权利要求9所述的永磁电机反电动势的测量方法所使用的测量装置,其特征在于,还包括控制器,控制器与待测电机相连以控制待测电机空载运行。

## 永磁电机反电动势的测量方法及所使用的测量装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及永磁电机技术领域,尤其涉及一种永磁电机反电动势的测量方法及所使用的测量装置。

### 背景技术

[0002] 永磁同步电机具有高效率、高转矩、高功率密度和调速性能好等一系列优点,在工业、交通、军工以及家电领域得到广泛应用。永磁同步电机设计和使用有许多参数,其中反电动势是十分重要的一个指标,它关系到电机的性能与控制器的正确设计。因此,电机制作好后必须要对该参数进行准确测量,通过一定的检测方法验证是否达到预定的设计目标。

[0003] 如图1所示,现有技术中的常规方法中采用的设备包括待测电机10、反拖装置(电机)11、联轴器12、电压测量仪器13、同轴度调整支撑架14、速度检测装置15、电源;通过联轴器使待测电机与一个反拖装置(电机)相连,反拖装置拖动待测电机旋转,在反拖装置(电机)速度稳定达到目标转速 $r_s$ 后,用电压测量仪器,如万用表或示波器测量待测电机任意两相线的电压 $V_s$ 。

[0004] 现有的这种方法需要配置反拖装置(电机)、反拖装置(电机)与待测电机之间的联轴工装、速度检测器以及调整待测电机与拖动装置同轴的支撑架等,并且待测电机需要反复调运、装夹,调整,从而导致检测效率低,人工劳动强度大,因此使用并不简便,适用性不强。

### 发明内容

[0005] 本发明第一目的旨在提供一种准确高效测量永磁电机反电动势的测量方法。

[0006] 为实现上述目的,根据本发明采用如下技术方案实现。

[0007] 一种永磁电机反电动势的测量方法,步骤一,对运行中的待测电机断电,利用高速AD采集卡采集待测电机断电后惯性运转 $\Delta t$ 时间段内的至少包括一个完整周期内的反电动势波形。

[0008] 步骤二,利用高速AD采集卡采集 $\Delta t$ 时间内的一个选定完整周期内的反电动势波形对应的时间,计算选定一个完整周期内的反电动势波形待测电机的有效转速 $r_t$ 和有效反电动势 $V_t$ 。

[0009] 步骤三,根据电动势与电机转速成正比关系,利用有效转速 $r_t$ 和有效反电动势 $V_t$ ,

计算设定目标转速或标准转速 $r_s$ 下的反电动势 $V_s$ ,即 $V_s = \frac{V_t}{r_t} * r_s$ 。

[0010] 上述技术方案还可作下述进一步完善。

[0011] 在步骤二中,计算选定一个完整周期内反电动势波形待测电机的有效转速 $r_t$ 的方法如下:

$$r_t = \frac{1}{t_2 - t_1} * \frac{60}{n}$$

其中 $r_t$ 为待测电机在所述选定 $\Delta t$ 时间内一个完整周期内反电动势波形的有效转速, $t_2$ 和 $t_1$ 分别为所述选定一个完整周期内反电动势波形的起点时间和终端时间, $n$ 为待测电机的固有参数极对数。

[0012] 在步骤二中,计算选定一个完整周期内反电动势波形的待测电机的有效反电动势 $V_t$ 的方法如下:

$$V_t = \frac{\Delta s}{t_2 - t_1}$$

其中 $t_2$ 和 $t_1$ 分别为所述选定一个完整周期内的反电动势波形起点时间和终端时间, $\Delta s$ 为 $t_2$ 和 $t_1$ 时间段内所选定一个完整周期内反电动势波形与时间轴围成的波形面积,该面积通过数据处理单元识别计算 $\Delta s$ 。

[0013]  $\Delta t$ 时间内为选定一个完整周期内反电动势波形电压为0时对应的周期时间点。

[0014] 在步骤二中, $\Delta t$ 为待测电机断电后的一段时间,且 $\Delta t$ 的时间长度大于3个完整周期内的反电动势波形对应的时间长度,以确保在 $\Delta t$ 时间内测量至少3个完整周期的反电动势波形,待测永磁电机断电后的 $\Delta t$ 时间由 $\Delta t = m \times \frac{60}{r_s * n}$ 确定,其中 $m \geq 3$ , $r_s$ 为设定的目标转速或标准转速, $n$ 为永磁待测电机的极对数。

[0015] 在步骤二中,高速AD采集卡采集的选定完整周期为 $\Delta t$ 时间内的第一完整周期内反电动势波形。

[0016] 在步骤一中,对待测电机断电之前,包括利用控制器控制待测电机空载运行,以确保待测电机断电后保持一段时间内的惯性空载运转。

[0017] 控制器控制待测电机空载运行到目标转速或标准转速 $r_s$ 的1.1-1.3倍时进行断电。

[0018] 本发明第二目的在于提供一种永磁电机反电动势的测量方法所使用的装置。

[0019] 本发明第二目的是这样实现的。

[0020] 所述装置包括待测电机;高速AD采集卡可采集待测电机电压、时间以及波形参数;数据处理单元,与高速AD采集卡相连,可对高速AD采集卡采集的待测电机电压、时间以及波形参数进行处理;其中,数据处理单元根据高速AD采集卡采集的待测电机参数,计算出选定一个完整周期反电动势波形对应时间段 $t_2-t_1$ ,选定完整周期反电动势波形与时间轴围成的波形面积 $\Delta s$ ;并利用待测电机的极对数 $n$ 和反电动势与电机转速成正比关系,数据处理单元计算出待测电机的有效旋转转速 $r_t$ 和有效电压 $V_t$ ,并根据有效旋转转速 $r_t$ 和有效电压 $V_t$ 计算出设定目标转速或标准转速 $r_s$ 下的反电动势 $V_s$ 。

[0021] 上述装置还包括控制器,控制器与待测电机相连以控制待测电机空载运行。

[0022] 本发明测量方法及所使用装置与传统方法相比,省去了反拖装置(电机)、反拖装置(电机)与待测永磁电机之间的联轴工装、待测永磁电机与拖动装置同轴的支撑架,以及省去了传统测试方法下待测永磁电机测试的频繁吊运和装夹,具有检测准确、检测效率高

的优点。

### 附图说明

- [0023] 图1是现有的永磁电机反电动势的测量装置示意图。  
 [0024] 图2本发明永磁电机反电动势测量方法中有效转速的测量示意图。  
 [0025] 图3是 $\Delta t$ 的时间长度内三个完整周期反电动势波形图。  
 [0026] 图4是一个完整周期内反电动势波形与时间围成的面积(阴影部分表示面积)。

### 具体实施方式

[0027] 下面结合附图和实施例对本发明进行详述。

[0028] 实施例,结合附图,一种永磁电机反电动势的测量方法:

步骤一,对运行中的待测电机20断电,利用高速AD采集卡22采集待测电机断电后惯性运转 $\Delta t$ 时间段内的三个完整周期反电动势波形。 $\Delta t$ 为待测电机在断电后某一段时间 $\Delta t$ , $\Delta t$ 的时间长度优选不少于反电动势波形3个完整周期反电动势波形对应的的时间长度。

[0029] 待测永磁电机断电后的 $\Delta t$ 时间可由 $\Delta t = m \times \frac{60}{r_s \times n}$ 确定,其中 $m \geq 3$ , $r_s$ 为设定的目标转速或标准转速, $n$ 为永磁待测电机的极对数,以确保 $\Delta t$ 为合适的测量时间,覆盖反电动势合理数量的完整周期波形。

[0030] 优选地,为提高测量准确度,在步骤一中对待测电机断电之前,包括控制器21控制待测电机空载运行的步骤,从而确保在给待测电机断电后,待测电机仍保持一段时间内的惯性空载运转。

[0031] 步骤二,如图3、4所示,利用高速AD采集卡采集的 $\Delta t$ 时间内的一个选定完整周期反电动势波形对应的的时间,以及待测电机的固有参数极对数 $n$ ,计算该选定一个完整周期内反电动势波形待测电机的有效转速,计算公示如下:

$$r_t = \frac{1}{t_2 - t_1} \times \frac{60}{n}$$

其中, $r_t$ 为待测电机在该选定一个完整周期内反电动势波形的有效转速, $t_2$ 和 $t_1$ 分别为该选定一个完整周期内反电动势波形的起点时间和终端时间, $t_2$ 和 $t_1$ 优选为电压为0时对应的周期时间点, $n$ 为待测电机的固有参数极对数。

[0032] 在步骤二中,见图3,高速AD采集卡在 $\Delta t$ 时间内采集的至少三个完整周期内反电动势波形,采集的选定 $\Delta t$ 时间内的第一完整周期内反电动势波形,以提高测量精度。

[0033] 优选地,可通过控制器控制待测电机空载运行到目标转速或标准转速 $r_s$ 的1.1-1.3倍时进行断电,例如设置为所述设定目标转速 $r_s$ 的1.2倍,从而方便区分测量。

[0034] 给待测电机断电时的转速是一个重要参数,一般要求控制待测电机转速为目标转速的1.2倍左右时进行断电,这样断电后电机在惯性下继续运转,但转速逐渐下降,从而使数据采集时的电机速度尽可能接近目标转速,因此待测电机旋转波形图实际是衰减的,在目标转速的1.2倍时进行断电并选取 $\Delta t$ 内第一个完整周期内反电动势波形,都是为了采集的数据更接近目标转速下的电机参数情况。

[0035] 步骤三,如图4所示,计算 $\Delta t$ 时间内的该选定第一个完整周期内反电动势波形对应的反电动势波形与时间轴围成的波形面积,利用波形面积和该完整周期的时间计算该选定完整周期内的有效反电动势 $V_t$ ,计算式如下:

$$V_t = \frac{\Delta s}{t_2 - t_1}$$

其中, $\Delta s$ 为该选定完整周期对应的反电动势波形与时间轴围成的波形面积,通过数据处理单元23识别计算图4中阴影部分面积, $t_2$ 和 $t_1$ 分别为该选定一个完整周期内反电动势波形的起点时间和终端时间, $t_2$ 和 $t_1$ 优选为电压为0时对应的周期时间点。

[0036] 步骤四,利用电动势与电机转速成正比关系原理,将有效反电动势换算成标准转速 $r_s$ 下的反电动势 $V_s$ ,计算式如下:

$$\frac{V_s}{r_s} = \frac{V_t}{r_t} \rightarrow V_s = \frac{V_t}{r_t} * r_s$$

其中, $V_t$ 为待测电机的有效反电动势, $r_t$ 为待测电机的有效转速, $r_s$ 为设定的目标转速或标准转速。

[0037] 由此,本发明的永磁电机反电动势的测量方法通过控制器21控制待测电机空载运行,在给待测电机断电的某一瞬间,待测电机由于惯性旋转,根据电机的固有参数极对数 $n$ ,通过控制高速AD采集卡抓取选定一个完整周期内的反电动势波形对应的时间参数(如时间段 $t_2-t_1$ ),通过软件分析采集到的一个完整周期波形图像(如波形面积),识别计算出选定完整周期内的待测电机的有效旋转转速 $r_t$ 和有效电压 $V_t$ ,根据反电动势与电机转速成正比这一原理,计算出设定目标转速或标准转速 $r_s$ 下的反电动势 $V_s$ 。

[0038] 本发明的永磁电机反电动势的测量装置包括待测电机20,可采集待测电机20电压和时间参数的高速AD采集卡22,以及对高速AD采集卡22采集的数据进行处理的数据处理单元23,数据处理单元23根据高速AD采集卡22采集的数据,例如选定完整周期对应时间段 $t_2-t_1$ ,选定完整周期对应的反电动势波形与时间轴围成的波形面积 $\Delta s$ ,以及待测电机20的固有参数极对数 $n$ ,计算出待测电机20的有效旋转转速 $r_t$ 和有效电压 $V_t$ ,并根据反电动势与电机转速成正比关系,利用待测电机20的有效旋转转速 $r_t$ 和有效电压 $V_t$ ,计算出设定目标转速或标准转速 $r_s$ 下的反电动势 $V_s$ 。

[0039] 具体地,高速AD采集卡22可采集待测电机20断电后惯性运转 $\Delta t$ 时间段内的反电动势波形,记录反电动势随时间的变化波形。 $\Delta t$ 为待测电机20在断电后某一段时间 $\Delta t$ , $\Delta t$ 的时间长度优选不少于反电动势波形3个完整周期对应的时间长度。

[0040] 数据处理单元23利用高速AD采集卡22采集的 $\Delta t$ 时间内的一个选定完整周期对应的时间,以及待测电机20的固有参数极对数 $n$ ,计算该选定完整周期内待测电机20的有效转速,计算公示如下:

$$r_t = \frac{1}{t_2 - t_1} * \frac{60}{n}$$

其中, $r_t$ 为待测电机20在该选定完整周期内的有效转速, $t_2$ 和 $t_1$ 分别为该选定完整周期的起点时间和终端时间, $t_2$ 和 $t_1$ 优选为电压为0时对应的周期时间点。优选的,采集的选定完

整周期为 $\Delta t$ 时间内的第一完整周期,以提高测量精度。

[0041] 数据处理单元23计算 $\Delta t$ 时间内的该选定完整周期对应的反电动势波形与时间轴围成的波形面积,利用波形面积和该完整周期的时间计算该选定完整周期内的有效反电动势 $V_t$ ,计算式如下:

$$V_t = \frac{\Delta S}{t_2 - t_1}$$

其中, $\Delta S$ 为该选定完整周期对应的反电动势波形与时间轴围成的波形面积, $t_2$ 和 $t_1$ 分别为该选定完整周期的起点时间和终端时间, $t_2$ 和 $t_1$ 优选为电压为0时对应的周期时间点。

[0042] 数据处理单元23利用电动势与电机转速成正比关系原理,将有效反电动势换算成标准转速 $r_s$ 下的反电动势 $V_s$ ,计算式如下:

$$\frac{V_s}{r_s} = \frac{V_t}{r_t} \rightarrow V_s = \frac{V_t}{r_t} * r_s$$

其中, $V_t$ 为待测电机20的有效反电动势, $r_t$ 为待测电机20的有效转速, $r_s$ 为设定的目标转速或标准转速。

[0043] 此外,待测电机20还与控制器21相连,控制器21控制待测电机20空载运行,以确保待测电机20断电后保持一段时间内的惯性空载运转,从而提高测量准确度。

[0044] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

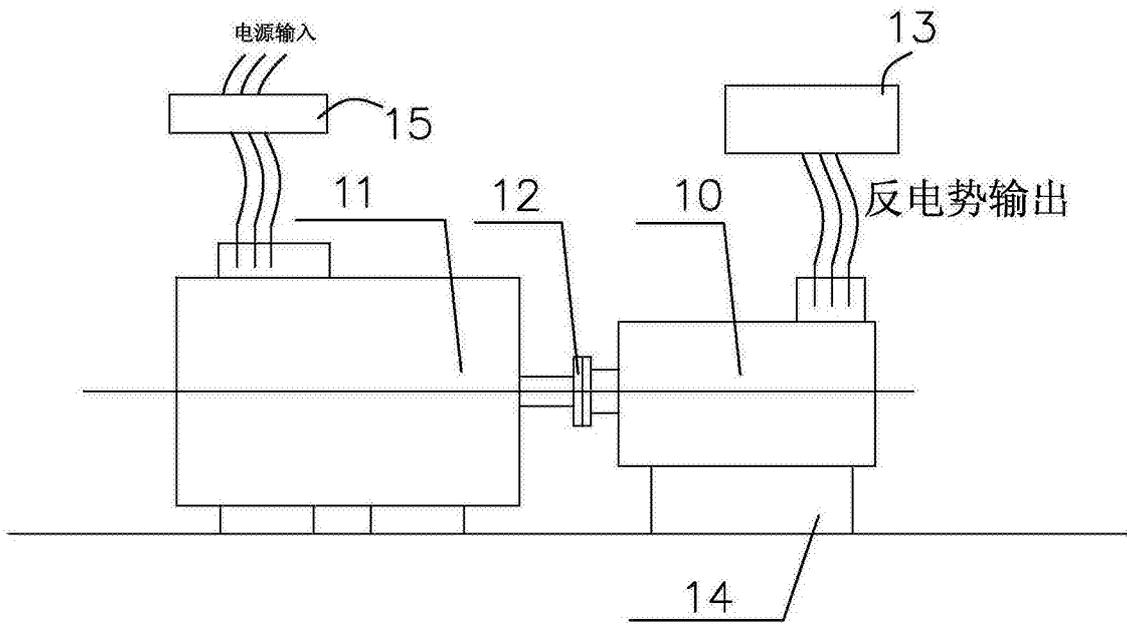


图1

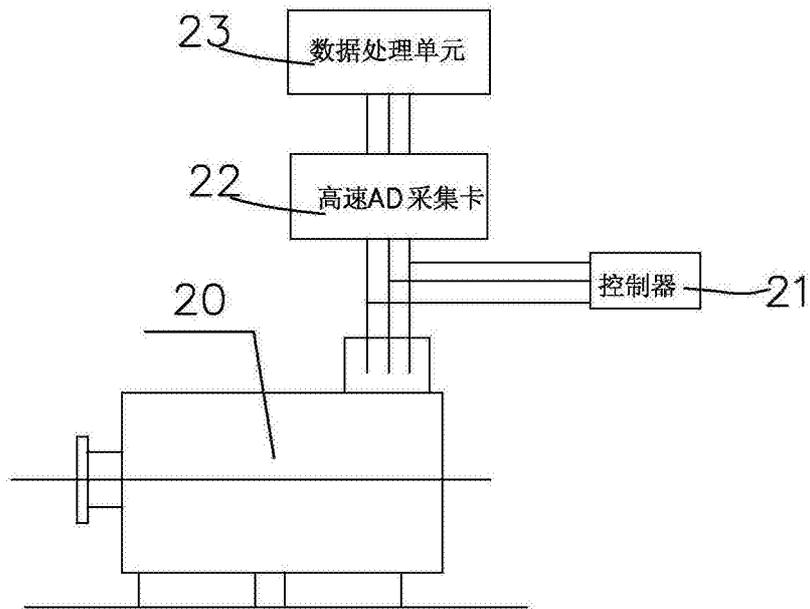


图2

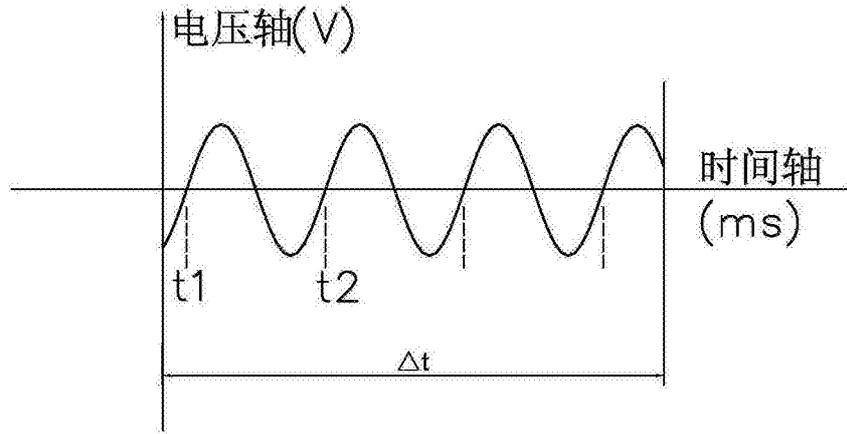


图3

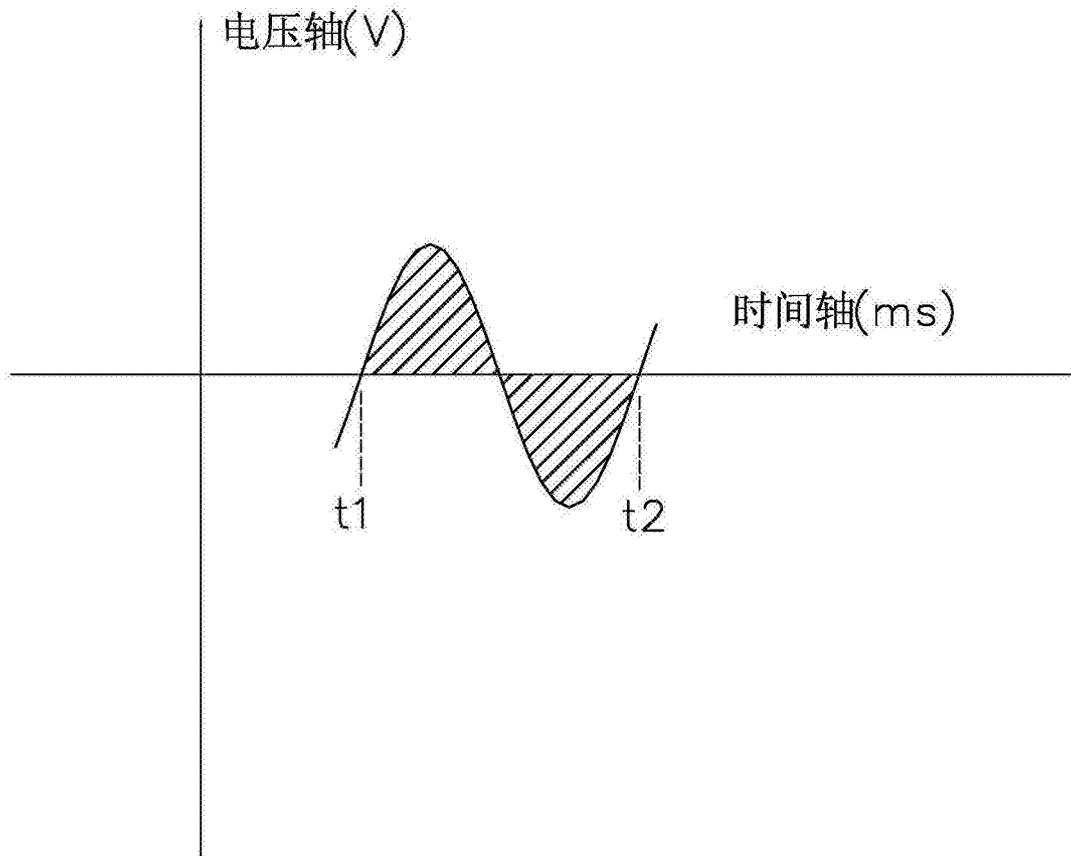


图4