

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02P 21/00 (2006.01)

H02P 21/14 (2006.01)

H02P 6/18 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710140198.3

[43] 公开日 2009年2月18日

[11] 公开号 CN 101369797A

[22] 申请日 2007.8.13

[21] 申请号 200710140198.3

[71] 申请人 海信(北京)电器有限公司

地址 266071 山东省青岛市市南区江西路11号
家电研究中心

[72] 发明人 刘兆祥

[74] 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理有限公司

代理人 殷雷

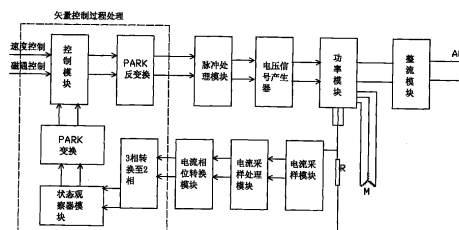
权利要求书3页 说明书6页 附图3页

[54] 发明名称

电机的矢量控制电路及控制方法

[57] 摘要

本发明涉及一种电机的矢量控制电路及控制方法，具体地说，涉及一种电机的矢量变频控制的电流检测方法，提供了一种功率模块和CPU之间设置一个电阻，通过检测该电阻的电流确定各相电流，并且能很好地处理采样和转换过程中电流值的电流检测方法，其包括CPU、功率模块，功率模块和CPU连接，功率模块和电机连接，其特征在于：在功率模块的共地端连接有一个电阻，功率模块的共地端和CPU连接，本发明的电机的矢量控制电路和方法，不但电路结构简单，并且可以比较准确地测算出电机任何时刻的电流值，实现了对电机的准确控制，有效避免了电机的异常停机和无法驱动和性能变差的情况。



1. 一种电机矢量控制的电流检测电路，其包括 CPU、功率模块，功率模块和 CPU 连接，功率模块和电机连接，其特征在于：在功率模块的共地端连接有一个电阻，功率模块的共地端和 CPU 连接。
2. 根据权利要求 1 所述的电机矢量控制的电流检测电路，其特征在于：功率模块的共地端和 CPU 之间设置电流放大器。
3. 根据权利要求 1 所述的电机矢量控制的电流检测电路，其特征在于：CPU 包括 PARK 变换、PARK 反变换模块、电压信号产生器、电流采样模块、电流采样处理模块、电流相位转换模块，它们顺次连接形成回路，功率模块连接在电压信号产生器和电流采样模块之间。
4. 根据权利要求 3 所述的电机矢量控制的电流检测电路，其特征在于：在 PARK 反变换模块、电压信号产生器之间设置脉冲处理模块。
5. 一种采用权利要求 1 所述的电流检测电路的检测方法，其特征在于：采样分为两个时间段，当只有一相通电时，设定为时刻为 t_2 ；当有两相同时通电时，设定此时刻为 t_1 ；由于采样和转换需要一个最小处理时间，设定最小处理时间为 t_{min} ，整个处理采样过程包括下列步骤：
 - 1) CPU 接收 t_1 、 t_2 时间段内的电流值，CPU 根据 t_1 、 t_2 时间段内的电流检测值，经过相位转换，确定相电流值 I_a 、 I_b 。
 - 2) 矢量变换和控制模块根据相电流值 I_a 、 I_b ，经过矢量控制处理过程得到下一时刻应当输出的电压脉冲 t_1 、 t_2 。
 - 3) 脉冲处理模块对步骤 2) 中得到的 t_1 、 t_2 脉冲进行处理。
 - 4) 以 t_1 时间段的处理过程为例：矢量变换和控制模块判断 t_1 值的大小，若 t_1 大于 t_{min} ，则不做处理；否则将该值存储到指定存储器进行累加；
 - 5) 当步骤 4) 累加的变量中值大于 t_{min} 时，将该值作为插值脉冲输出；反之，将 t_1 下一时刻的脉冲值输出为 0。
 - 6) 输出的 t_1 值输出到电压信号生成器，电压信号生成器根据矢量当前位置和 t_1 、 t_2 值输出三相电压值，经功率驱动模块，输出电压，驱动电机运行。
 - 7) 电压信号生成器将电压输出到电流采样处理模块，若检测后发现 t_1 时间段内的脉冲值为 0，则关闭电流采样模块，则该时刻的电流值需要依据前面

时刻的电流值进行预测，反之则启动电流采样模块，直接获取该时间段内的电流值。

8) 电流采样处理模块根据当前时刻采样后的 t_1 、 t_2 时间段内的电流值，或者经过预测过程后得到的电流预测值，确定 t_1 、 t_2 的电流值；

9) 电流转换模块根据 t_1 、 t_2 时刻的电流值，确定相电流 I_a 、 I_b ，重新回到步骤 1) 进行下一循环的处理。

6. 根据权利要求 5 所述的电流检测电路的检测方法，其特征在于：步骤 6) 的依据前面时刻的电流值进行预测分为(1): t 由 $t > t_{min}$ 逐渐减小到 $t=0$ 和(2): t 由 $t=0$ 逐渐增加到 $t > t_{min}$ 两个过程。

7. 根据权利要求 6 所述的电流检测电路的检测方法，其中过程 (1) 时间段内包括下列步骤：

1) 检测电阻上的电流，取 $t > t_{min}$ 时间段内相邻时间间隔的两个时刻的电流值 $I(n)$ 和 $I(n-1)$ ；

2) 计算步骤 1) 测得的两个时刻电流值的差 $f(n)$ ， $f(n)=(I(n)-I(n-1))$ ；

3) 假设后续时刻的变化情况仍延续第 $n-1$ 时刻、第 n 时刻的变化进行线性变化，则有预测值 $I_e(n+1)=I(n)+f(n)$ ；

4) 同步骤 3)， $I_e(n+2)=I_e(n+1)+f(n)$ 。

8. 根据权利要求 6 所述的电流检测电路的检测方法，其特征在于：其中过程 (2) : t 由 $t=0$ 逐渐增加到 $t > t_{min}$ 时间段内采用了依据前一个电流变化周期的数据来进行预测的方法，包括下列步骤：

1) 依据权利要求 7 和 8 和 9 的方法，进行后向预测，利用后续时刻的电流采样值对前面时刻的值进行预测，设前一周期的值有 6 个值分别为 $1n_1$ 、 $1n_2$ 、 $1n_3$ 、 $1n_4$ 、 $1n_5$ 、 $1n_6$ ，可预测如下：

$$f(1n_6)=I(1n_6)-I(1n_7)$$

$$I_e(1n_5)=I(1n_6)+f(1n_6)$$

$$f(1n_4)= (I(1n_4)-I(1n_6)) / 2$$

$$I_e(1n_3)=I(1n_4)+f(1n_4)$$

$$I_e(1n_2)=I(1n_4)+2*f(1n_4)$$

$$I_e(1n_1)=I(1n_4)+3*f(1n_4)$$

2) 根据对前一个周期的电流值预测值,使本周期的电流值近似等于上个周期的电流值;

$$Ie(2n5)=Ie(1n5)$$

$$Ie(2n3)=Ie(1n3)$$

$$Ie(2n2)=Ie(1n2)$$

$$Ie(2n1)=Ie(1n1)。$$

9. 根据权利要求 5 所述的电流检测电路的检测方法,其特征在于:步骤 5) 所述的插入的脉冲值的大小,由实际相邻的脉冲值来确定,设定采样时刻为 $n1, n2 \dots$, 若 $t(n1)+t(n2)>tmin$, 可插入脉冲值 $tr(n2)=t(n1)+t(n2), tr(n1)=0$, 以此类推而 $tr(n5)=t(n3)+t(n4)+t(n5)>tmin, tr(n3)=0, tr(n4)=0$ 。

10. 根据权利要求 9 所述的电流检测电路的检测方法,其特征在于:在出现插值脉冲后,后续脉冲的电流预测值则依赖于插值脉冲的电流值和最后一个有效脉冲的电流值, $f(n2)=(I(n2)-I(n0))/2$; $Ie(n3)=I(n2)+f(n2)$; $Ie(n4)=I(n2)+2*f(n2)$; $f(n5)=(I(n5)-I(n2))/3$; $Ie(n6)=I(n5)+f(n5)$ 。

电机的矢量控制电路及控制方法

技术领域

本发明涉及一种电机的控制电路和控制方法，具体地说，涉及一种无传感器永磁无刷电机的矢量变频控制的电流检测方法。

背景技术

现有技术中由于永磁无刷电机转子位置的确定，需要准确检测到电动机三相输入的电流，除采用电流传感器外，另外一种常用的方法是在功率模块的共地端增加三个或两个电阻，通过检测电阻上的电压，来计算出电阻上流过的电流，进而确定电机的三相输入电流，这种电路的结构比较复杂，并且成本也比较高；在检测过程中都有一个采样和转换过程，如果这个过程当中的电流检测不到，就会出现异常停机或者无法驱动或者性能变差的情况。

发明内容

本发明的目的在于克服以上缺陷，提供了一种功率模块和 CPU 之间设置一个电阻，通过检测该电阻的电流确定各相电流，并且能很好地处理采样和转换过程中电流值的电流检测方法。

本发明的电机的矢量控制电路的技术方案是这样的：其包括 CPU、功率模块，功率模块和 CPU 连接，功率模块和电机连接，其特征在于：在功率模块的共地端连接有一个电阻，功率模块的共地端和 CPU 连接。

功率模块的共地端和 CPU 之间设置电流放大器。

CPU 包括 PARK 变换、PARK 反变换模块、电压信号产生器、电流采样模块、电流采样处理模块、电流相位转换模块，它们顺次连接形成回路，功率模块连接在电压信号产生器和电流采样模块之间。

在 PARK 反变换模块、电压信号产生器之间设置脉冲处理模块。

本发明的无传感器永磁无刷电机的矢量控制方法的技术方案是这样的：

采样分为两个时间段，当只有一相通电时，设定为时刻为 t_2 ；当有两相同时通电时，设定此时刻为 t_1 ；由于采样和转换需要一个最小处理时间，设定最小处理时间为 t_{min} ，

整个处理采样过程包括下列步骤:

1)CPU 接收 t_1 、 t_2 时间段内的电流值, CPU 根据 t_1 、 t_2 时间段内的电流检测值, 经过相位转换, 确定相电流值 I_a 、 I_b 。

2)矢量变换和控制模块根据相电流值 I_a 、 I_b , 经过矢量控制处理过程得到下一时刻应当输出的电压脉冲 t_1 、 t_2 。

3)脉冲处理模块对步骤 2) 中得到的 t_1 、 t_2 脉冲进行处理。

4)以 t_1 时间段的处理过程为例: 矢量变换和控制模块判断 t_1 值的大小, 若 t_1 大于 t_{min} , 则不做处理; 否则将该值存储到指定存储器进行累加;

5)当步骤 3) 累加的变量中值大于 t_{min} 时, 将该值作为插值脉冲输出; 反之, 将 t_1 下一时刻的脉冲值输出为 0。

6)输出的 t_1 值输出到电压信号生成器, 电压信号生成器根据矢量当前位置和 t_1 、 t_2 值输出三相电压值, 经功率驱动模块, 输出电压, 驱动电机运行。

7)电压信号生成器将电压输出到电流采样处理模块, 若检测后发现 t_1 时间段内的脉冲值为 0, 则关闭电流采样模块, 则该时刻的电流值需要依据前面时刻的电流值进行预测, 反之则启动电流采样模块, 直接获取该时间段内的电流值。

8)电流采样处理模块根据当前时刻采样后的 t_1 、 t_2 时间段内的电流值, 或者经过预测过程后得到的电流预测值, 确定 t_1 、 t_2 的电流值;

9)电流转换模块根据 t_1 、 t_2 时刻的电流值, 确定相电流 I_a 、 I_b , 重新回到步骤 1) 进行下一循环的处理。

步骤 6)的依据前面时刻的电流值进行预测分为(1): t 由 $t > t_{min}$ 逐渐减小到 $t=0$ 和(2): t 由 $t=0$ 逐渐增加到 $t > t_{min}$ 两个过程。

其中 t 由 $t > t_{min}$ 逐渐减小到 $t=0$ 时间段内包括下列步骤:

1、检测电阻上的电流, 取 $t > t_{min}$ 时间段内相邻时间间隔的两个时刻的电流值 $I(n)$ 和 $I(n-1)$;

2、计算步骤 1)测得的两个时刻电流值的差 $f(n)$, $f(n)=(I(n)-I(n-1))$;

3、假设后续时刻的变化情况仍延续第 $n-1$ 时刻、第 n 时刻的变化进行线性变化, 则有预测值 $I_e(n+1)=I(n)+f(n)$;

4、同步骤 3), $I_e(n+2)=I_e(n+1)+f(n)$;

其中过程 t 由 $t=0$ 逐渐增加到 $t > t_{min}$ 时间段内采用了依据前一个电流变化周期的数

据来进行预测的方法，采用依据前一个周期的数据来进行预测的方法，包括下列步骤：

- 1、 依据权利要求 7 和 8 和 9 的方法，进行后向预测，利用后续时刻的电流采样值对前面时刻的值进行预测，设前一周期的值有 6 个值分别为 $1n1$ 、 $1n2$ 、 $1n3$ 、 $1n4$ 、 $1n5$ 、 $1n6$ ，可预测如下：

$$f(1n6)=I(1n6)-I(1n7)$$

$$Ie(1n5)=I(1n6)+f(1n6)$$

$$f(1n4)=I(1n4)-I(1n6)$$

$$Ie(1n3)=I(1n4)+f(1n4)$$

$$Ie(1n2)=I(1n4)+2*f(1n4)$$

$$Ie(1n1)=I(1n4)+3*f(1n4)$$

- 2、 根据对前一个周期的电流值预测值，使本周期的电流值近似等于上个周期的电流值：

$$Ie(2n5)=Ie(1n5)$$

$$Ie(2n3)=Ie(1n3)$$

$$Ie(2n2)=Ie(1n2)$$

$$Ie(2n1)=Ie(1n1)$$

步骤 4) 所述的插入的脉冲值的大小，由实际相邻的脉冲值来确定，设定采样时刻为 $n1, n2, \dots$ ，若 $t(n1)+t(n2)>tmin$ ，可插入脉冲值 $tr(n2)=t(n1)+t(n2), tr(n1)=0$ ，以此类推而 $tr(n5)=t(n3)+t(n4)+t(n5)>tmin, tr(n3)=0, tr(n4)=0$ 。

在出现插值脉冲后，后续脉冲的电流预测值则依赖于插值脉冲的电流值和最后一个有效脉冲的电流值， $f(n2)=(I(n2)-I(n0))/2$ ； $Ie(n3)=I(n2)+f(n2)$ ； $Ie(n4)=I(n2)+2*f(n2)$ ； $f(n5)=(I(n5)-I(n2))/3$ ； $Ie(n6)=I(n5)+f(n5)$ 。

本发明的电机的矢量控制电流和方法，不但电路结构简单，并且可以比较准确地测算出电机任何时刻的电流值，有效地简化了硬件电路，并实现了对电机的准确控制。

附图说明

- 图 1 是电机矢量控制电路的结构方框图；
- 图 2 是本发明的采样电路示意图；
- 图 3 是本发明的电流采样时刻示意图；
- 图 4 是本发明的 $t1$ 、 $t2$ 的波形变化情况示意图；

图 5 是本发明的接近 $t=0$ 时间段内的脉冲宽度示意图；

图 6 是本发明的和图 5 对应的 t 值时间波形图；

图 7 是本发明 t 由 $t=0$ 逐渐增加到 $t>t_{\min}$ 时间段内的脉冲处理和电路检测示意图；

图 8 是本发明插入插值脉冲的示意图。

具体实施方式

如图 1、2 所示本发明的电机的矢量控制电路其包括 CPU、功率模块，功率模块和 CPU 连接，功率模块和电机 M 连接，在功率模块的共地端连接有一个电阻 R，功率模块的共地端和 CPU 连接，功率模块的共地端和 CPU 之间设置电流放大器，CPU 包括 PARK 变换、PARK 反变换模块、电压信号产生器、电流采样模块、电流采样处理模块、电流相位转换模块，它们顺次连接形成回路，功率模块连接在电压信号产生器和电流采样模块之间，在 PARK 反变换模块、电压信号产生器之间设置脉冲处理模块。

本发明的电流检测电路通过对电阻 R 上的电流进行采样，然后分析对电机 M 进行控制，其采样过程是这样的，如图 23 所示，采样分为两个时间段，当只有一相通电时，设定为时刻为 t_2 ；当有两相同时通电时，设定此时刻为 t_1 ；如图 4 所示，由于采样和转换需要一个最小处理时间，设定最小处理时间为 t_{\min} ，整个处理采样过程包括下列步骤：

- 1、CPU 接收 t_1 、 t_2 时间段内的电流值，CPU 根据 t_1 、 t_2 时间段内的电流检测值，经过相位转换，确定相电流值 I_a 、 I_b 。
- 2、矢量变换和控制模块根据相电流值 I_a 、 I_b ，经过矢量控制处理过程得到下一时刻应当输出的电压脉冲 t_1 、 t_2 。
- 3、脉冲处理模块对步骤 2) 中得到的 t_1 、 t_2 脉冲进行处理。
- 4、以 t_1 时间段的处理过程为例：矢量变换和控制模块判断 t_1 值的大小，若 t_1 大于 t_{\min} ，则不做处理；否则将该值存储到指定存储器进行累加；
- 5、当步骤 4) 累加的变量中值大于 t_{\min} 时，将该值作为插值脉冲输出；反之，将 t_1 下一时刻的脉冲值输出为 0。
- 6、输出的 t_1 值输出到电压信号生成器，电压信号生成器根据矢量当前位置和 t_1 、 t_2 值输出三相电压值，经功率驱动模块，输出电压，驱动电机运行。
- 7、电压信号生成器将电压输出到电流采样处理模块，若检测后发现 t_1 时间段内的脉冲值为 0，则关闭电流采样模块，则该时刻的电流值需要依据前面时刻的电流值进行预测，反之则启动电流采样模块，直接获取该时间段内的电流值。

8、电流采样处理模块根据当前时刻采样后的 t_1 、 t_2 时间段内的电流值，或者经过预测过程后得到的电流预测值，确定 t_1 、 t_2 的电流值。

9、电流转换模块根据 t_1 、 t_2 时刻的电流值，确定相电流 I_a 、 I_b ，重新回到步骤 1) 进行下一循环的处理。

步骤 6) 的依据前面时刻的电流值进行预测分为(1): t 由 $t > t_{\min}$ 逐渐减小到 $t=0$ 和(2): t 由 $t=0$ 逐渐增加到 $t > t_{\min}$ 两个过程，如图 5、6 所示，其中 t 由 $t > t_{\min}$ 逐渐减小到 $t=0$ 时间段内包括下列步骤：

- 1、检测电阻上的电流，取 $t > t_{\min}$ 时间段内相邻时间间隔的两个时刻的电流值 $I(n)$ 和 $I(n-1)$ ；
- 2、计算步骤 1) 测得的两个时刻电流值的差 $f(n)$ ， $f(n)=(I(n)-I(n-1))$ ；
- 3、假设后续时刻的变化情况仍延续第 $n-1$ 时刻、第 n 时刻的变化进行线性变化，则有预测值 $I_e(n+1)=I(n)+f(n)$ ；
- 4、同步骤 3)， $I_e(n+2)=I_e(n+1) + f(n)$

其中 t 由 $t=0$ 逐渐增加到 $t > t_{\min}$ 时间段内，采用依据前一个周期的数据来进行预测的方法，如图 7 所示，包括下列步骤：

- 1、依据权利要求 7 和 8 和 9 的方法，进行后向预测，利用后续时刻的电流采样值对前面时刻的值进行预测，设前一周期的值有 6 个值分别为 $1n_1$ 、 $1n_2$ 、 $1n_3$ 、 $1n_4$ 、 $1n_5$ 、 $1n_6$ ，可预测如下：

$$f(1n_6)=I(1n_6)-I(1n_7)$$

$$I_e(1n_5)=I(1n_6)+f(1n_6)$$

$$f(1n_4)=I(1n_4)-I(1n_6)$$

$$I_e(1n_3)=I(1n_4)+f(1n_4)$$

$$I_e(1n_2)=I(1n_4)+2*f(1n_4)$$

$$I_e(1n_1)=I(1n_4)+3*f(1n_4)$$

- 2、根据对前一个周期的电流值预测值，使本周期的电流值近似等于上个周期的电流值；

$$I_e(2n_5)=I_e(1n_5)$$

$$I_e(2n_3)=I_e(1n_3)$$

$$I_e(2n_2)=I_e(1n_2)$$

$$Ie(2n1)=Ie(1n1)$$

步骤 4) 所述的插入的脉冲值的大小, 由实际相邻的脉冲值来确定, 如图 8 所示, 设定采样时刻为 $n1, n2, \dots$, 若 $t(n1)+t(n2)>tmin$, 可插入脉冲值 $tr(n2)=t(n1)+t(n2), tr(n1)=0$, 以此类推而 $tr(n5)=t(n3)+t(n4)+t(n5)>tmin, tr(n3)=0, tr(n4)=0$ 。

在出现插值脉冲后, 后续脉冲的电流预测值则依赖于插值脉冲的和最后一个有效脉冲的电流值, $f(n2)=(I(n2)-I(n0))/2$; $Ie(n3)=I(n2)+f(n2)$; $Ie(n4)=I(n2)+2*f(n2)$; $f(n5)=(I(n5)-I(n2))/3$; $Ie(n6)=I(n5)+f(n5)$ 。

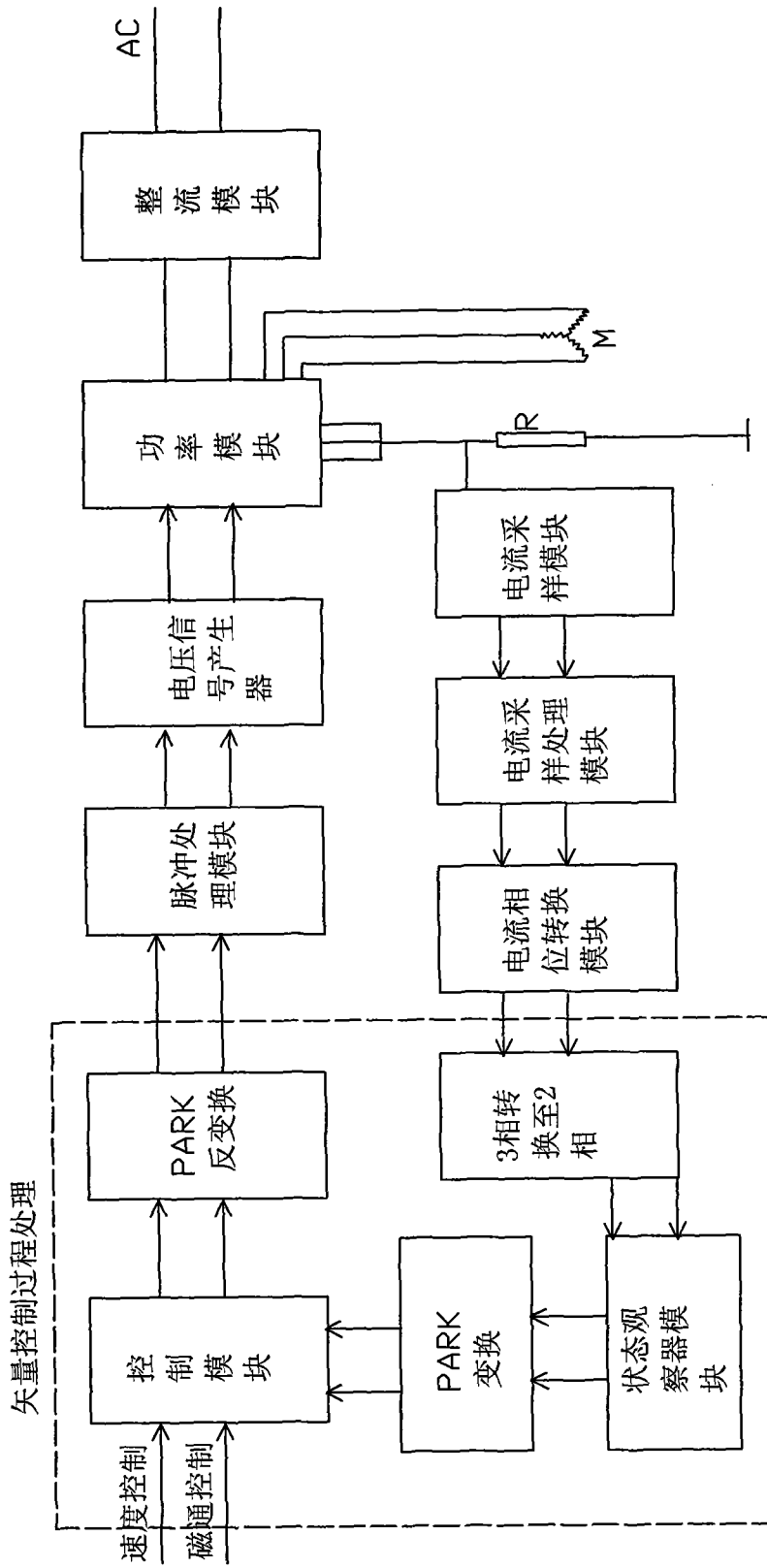


图 1

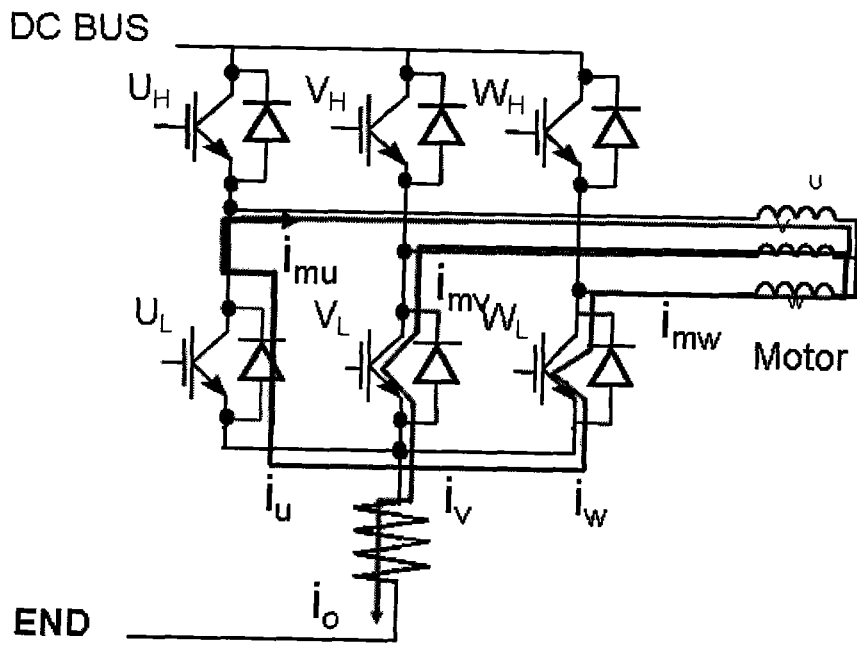


图 2

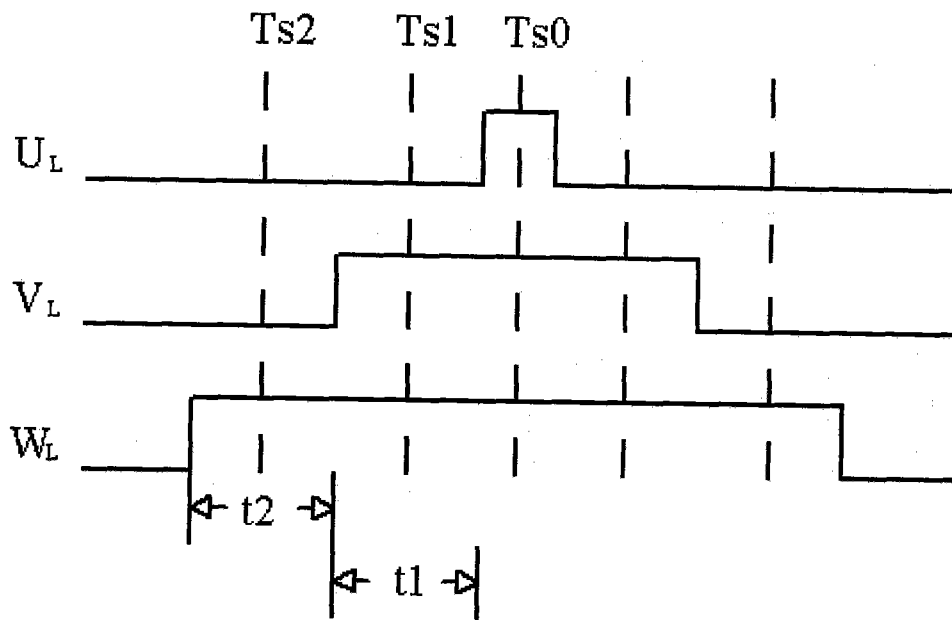


图 3

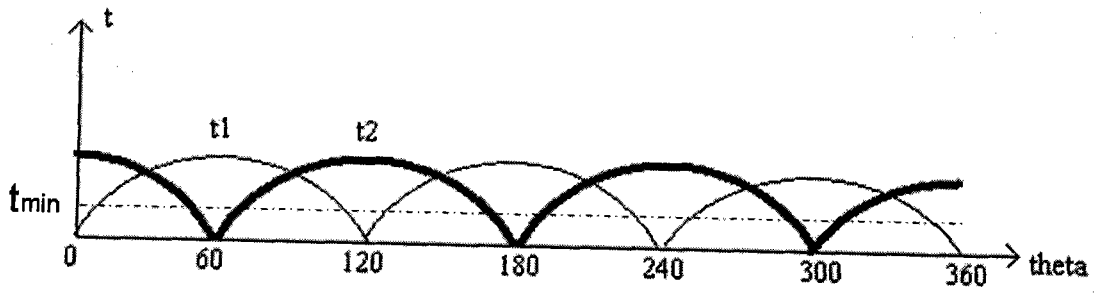


图 4

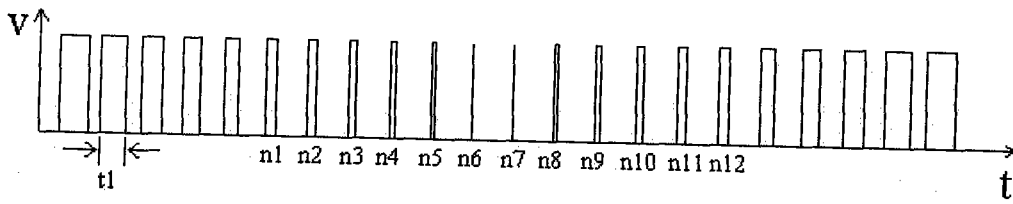


图 5

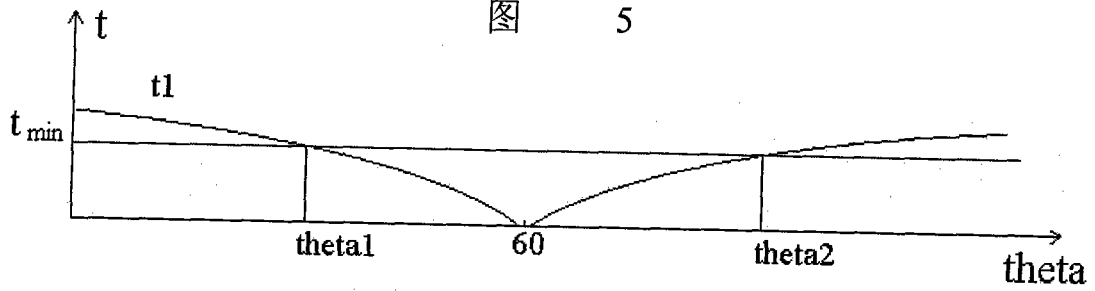


图 6

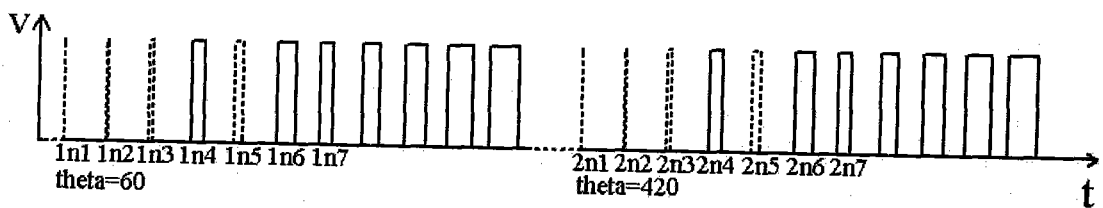


图 7

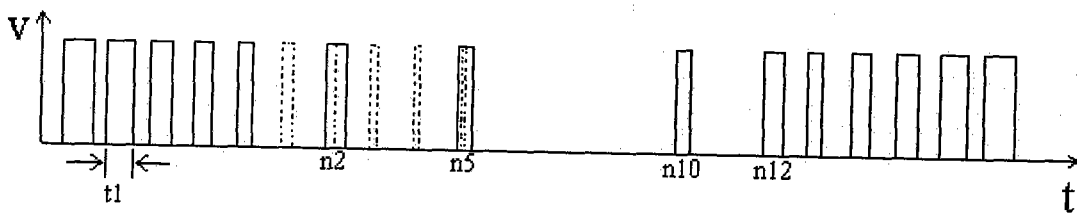


图 8