



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510002178.0

[43] 公开日 2005年7月20日

[11] 公开号 CN 1641981A

[22] 申请日 2005.1.14

[21] 申请号 200510002178.0

[30] 优先权

[32] 2004.1.15 [33] JP [31] 2004-008091

[71] 申请人 发那科株式会社

地址 日本山梨

[72] 发明人 岩下平辅 秋山隆洋 手塚淳一

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

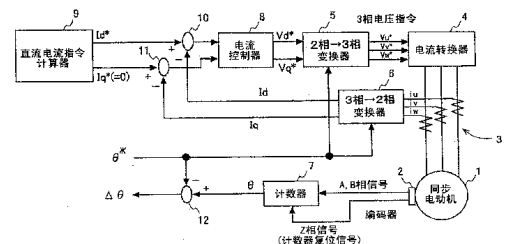
代理人 熊志诚

权利要求书2页 说明书7页 附图4页

[54] 发明名称 角度差检测方法和同步电动机的控制装置

[57] 摘要

本发明涉及检测具有增量编码器的永久磁铁式同步电动机的电动机磁极位置和编码器基准位置角度差的角度差检测方法以及采用该角度差检测方法的同步电动机的控制装置。在检测具有增量编码器的永久磁铁式同步电动机的电动机磁极位置和编码器基准位置的角度差的角度差检测方法中，其特征在于：将指令供给单纯减少的直流电流的直流电流指令传送给永久磁铁式电动机进行直流励磁，通过用增量编码器检测该直流励磁引起的转子的移动量来检测角度差。通过将直流励磁的电流指令设定为单纯减少的直流电流以代替过去的一定大小的直流电流，从而不需要推定初始磁极位置，可缩短为使电动机转子停转的时间，并且防止因转子未在磁极位置停转而发生的振动现象。



1. 一种角度差检测方法，用于检测具有增量编码器的永久磁铁式同步电动机的电动机磁极位置和编码器基准位置的角度差，其特征在于：将指令供给单纯减少的直流电流的直流电流指令传送给永久磁铁式电动机进行直流励磁，通过用增量编码器检测该直流励磁引起的转子的移动量来检测上述角度差。

2. 根据权利要求1所述的角度差检测方法，其特征在于，上述直流电流指令是指令供给从初始值阶梯状减少的单纯减少的直流电流。

3. 根据权利要求1所述的角度差检测方法，其特征在于，上述直流电流指令是指令供给从初始值按指数函数减少的单纯减少的直流电流。

4. 根据权利要求1所述的角度差检测方法，其特征在于，上述直流电流指令是指令供给从初始值按直线减少的单纯减少的直流电流。

5. 根据权利要求1所述的角度差检测方法，其特征在于，上述直流电流指令是指令供给从初始值阶梯状减少、按指数函数减少、按直线减少中的至少2种组合的单纯减少的直流电流。

6. 一种同步电动机的控制装置，在具有增量编码器的永久磁铁式同步电动机中，其特征在于，具有：

计算指令供给单纯减少的直流电流的直流电流指令的直流电流指令计算单元和检测永久磁铁式同步电动机的电动机磁极位置和编码器基准位置的角度差的角度差检测单元，

将用上述直流电流指令计算单元计算出的直流电流指令传送给永久磁铁式电动机进行直流励磁，

上述角度差检测单元通过用增量编码器检测上述直流励磁引起的转子移动量来检测上述角度差，

将该角度差作为转子的磁极位置进行控制。

7. 根据权利要求6所述的同步电动机的控制装置，其特征在于，上述直流电流指令是指令供给从初始值阶梯状减少的单纯减少的直流电流。

8. 根据权利要求6所述的同步电动机的控制装置，其特征在于，上述直

流电流指令是指令供给从初始值按指数函数减少的单纯减少的直流电流。

9. 根据权利要求 6 所述的同步电动机的控制装置，其特征在于，上述直流电流指令是指令供给从初始值按直线减少的单纯减少的直流电流。

10. 根据权利要求 6 所述的同步电动机的控制装置，其特征在于，上述直流电流指令是指令供给从初始值阶梯状减少、按指数函数减少、按直线减少中至少 2 种组合的单纯减少的直流电流。

角度差检测方法和同步电动机的控制装置

技术领域

本发明涉及检测具有增量编码器的永久磁铁式同步电动机的电动机磁极位置和编码器基准位置角度差的角度差检测方法及采用该角度差检测方法的同步电动机的控制装置。

背景技术

永久磁铁式同步电动机是用检测器检测装有永久磁铁的转子的磁极位置，并通过使与检测信号相应的电流流过电枢绕组而进行运转。

作为检测该转子的磁极位置的检测器，公知的有霍尔元件和绝对值编码器及增量编码器。霍尔元件存在的问题是，由于只检测相位位置而不能适用于利用矩形波驱动，绝对值编码器虽能适用于正弦波驱动，但存在价格高的问题。

还有，增量编码器因电源断开时位置不明而不能检测开始运转时转子的磁极位置。因此，为了使增量编码器的基准位置信号的位置和转子磁极位置相一致，需对转子和增量编码器进行位置进行定位。

由此，在开始运转时虽不能检测转子的磁极位置，可是通过在开始运转时供给适当的电力使电动机旋转，接着根据电动机的旋转通过使增量编码器旋转，从而在检测出增量编码器的基准位置信号的時刻，则可通过将对电动机的电流指令变换为与转子磁极位置相应的的电流指令进行运转。

作为使增量编码器的基准位置信号的位置和转子磁极位置相一致的方法，除组装增量编码器的、从而依靠手工操作使增量编码器的基准位置信号的位置和转子磁极位置相一致的方法以外，提出的方案还有，补偿增量编码器的基准位置和电动机转子的磁极位置的偏移，从而提高增量编码器安装位置的任意性（例如参照专利文献 1—日本实开本 3—48397 号公报）。

采用上述方法，因为需要反复进行角度差的调整操作，所以提出有不需要这种操作的发明（例如参照专利文献 2—日本特开昭 63—107485 号公报）

的方案。根据该发明，在转子磁极位置和增量编码器的原点位置之间存在角度差的状态下，通过直流励磁使转子磁极位置固定在稳定的位置，并以该位置为基准进行初始化，这样就将增量编码器的输出的变化量转换成转子磁极位置。

在上述专利文献 2 的使增量编码器的基准位置信号的位置和转子磁极位置相一致的方法中，虽然在转子磁极位置和增量编码器的原点位置之间存在角度差的状态下进行直流励磁，并通过该直流励磁使转子磁极位置固定在稳定的位置，但该直流励磁是利用供给一定大小的电流的电流指令进行。由此产生有 2 个问题，第 1 个问题是电动机的转子停转需要较长的时间。第 2 个问题是在转子的摩擦小的情况下因未在磁极位置停转而引起振动现象。

再有，同样的振动现象记载在例如专利文献 3—日本特许第 3465654 号（段落编号 0027）中。该文献提出的方案是，为防止直流励磁引起的转子振动，预先推定在控制装置内部的初始磁极位置，在初始设定中在直流励磁位置指令设置转子磁极位置。

还有，上述专利文献 3 中，通过采用相对于磁极固定位置从正方向固定活动部时的角度差，及从反方向固定活动部时的角度差这两者来求出角度差，或者通过采用从所规定的磁极位置在正方向移动并固定活动部时的角度差，及从所规定的磁极位置在反方向移动并固定活动部时的角度差这两者求出角度差。

因此，上述专利文献 3 记述的方法是为解决第 2 个问题，通过改变励磁相位而高精度地检测磁极位置的方法，上述专利文献 2 记述的方法是通过直流励磁使转子磁极位置固定在稳定位置，并以该位置为基准进行初始化，将增量编码器的输出的变化量转换成转子磁极位置的一种方法，这些方法是不同的。

还有，上述专利文献 3 记述的方法虽是为了解决转子在摩擦小的情况下未能在磁极位置停转而引起振动现象的第 2 个问题的方法，但不是解决为使电动机的转子停转而需要较长时间的第 1 个问题的方法。

发明内容

因此，本发明的目的既要解决现有技术存在的第 1 个问题，又要解决第

2 个问题；即，在根据专利文献 2 的方法，通过直流励磁使转子磁极位置固定在稳定的位置，并以该位置为基准进行初始化，将增量编码器的输出的变化量作为转子磁极位置的角度差检测方法及同步电动机的控制装置中，采用与专利文献 3 不同的方法，不预先推定在控制装置内部的初始磁极位置，在缩短为使电动机转子停转的时间（解决第 1 个问题）的同时，解决专利文献 2 的方法所存在的问题，即防止转子未在磁极位置停转而引起振动的现象（解决第 2 个问题）。

本发明通过将直流励磁的电流指令设定为单纯减少的直流电流以代替过去的一定大小的直流电流，从而可缩短为使电动机转子停转的时间，并且防止因转子未在磁极位置停转而发生的振动现象。

因此，本发明可采用角度差检测方法和同步电动机的控制装置的形式。

本发明的角度差检测方法，用于检测具有增量编码器的永久磁铁式同步电动机的电动机磁极位置和编码器基准位置的角度差，其特征在于：将指令供给单纯减少的直流电流的直流电流指令传送给永久磁铁式电动机进行直流励磁，通过用增量编码器检测该直流励磁引起的转子的移动量来检测上述角度差。

在本发明的角度差检测方法中，直流电流指令可采用种种形式。

直流电流指令的第 1 种形式是指令供给从初始值阶梯状减少的单纯减少的直流电流，将指令值设定为从初始值顺序地阶梯状减少成小的数值。阶梯数至少为 2 阶。

直流电流指令的第 2 种形式是指令供给从初始值按指数函数减少的单纯减少的直流电流，减少的时间常数可任意设定。

直流电流指令的第 3 种形式是指令供给从初始值按直线减少的单纯减少的直流电流，时间间隔可任意设定。

直流电流指令的第 4 种形式是指令供给从初始值阶梯状减少、按指数函数减少、按直线减少中的至少 2 种组合的单纯减少的直流电流，其组合可任意设定。

本发明同步电动机的控制装置是在具有增量编码器的永久磁铁式同步电动机中，其特征在于，具有：计算指令供给单纯减少的直流电流的直流电流

指令的直流电流指令计算单元和检测永久磁铁式同步电动机的电动机磁极位置和编码器基准位置的角度差的角度差检测单元，将用上述直流电流指令计算单元计算出的直流电流指令传送给永久磁铁式电动机进行直流励磁，上述角度差检测单元通过用增量编码器检测上述直流励磁引起的转子移动量来检测上述角度差，将该角度差作为转子的磁极位置进行控制。

在本发明的同步电动机的控制装置中，直流电流指令可以和上述的角度差检测方法一样采用种种形式。

直流电流指令的第 1 种形式是指令供给从初始值阶梯状减少的单纯减少的直流电流，第 2 种形式是指令供给从初始值按指数函数减少的单纯减少的直流电流，第 3 种形式是指令供给从初始值按直线减少的单纯减少的直流电流，第 4 种形式是指令供给从初始值阶梯状减少、按指数函数减少、按直线减少中的至少 2 种组合。

采用本发明的角度差检测方法和同步电动机的控制装置，在通过直流励磁使转子磁极位置固定在稳定的位置，并以该位置为基准进行初始化，将增量编码器的输出的变化量转换成转子磁极位置的角度差检测方法和同步电动机的控制装置中，不用预先推定在控制装置内部的初始磁极位置，可以缩短为使电动机转子停转的时间，并且能够防止因转子未在磁极位置停转而引起振动的现象。

附图说明

图 1 是用于简要说明本发明的同步电动机的控制装置的示意图。

图 2 (a) 是表示阶跃状直流电流指令的具体例子图，图 2 (b) 是表示从初始值按指数函数减少的单纯减少的直流电流指令的具体例子图。

图 3 (a) 是表示用一定电流值的直流电流指令直流励磁时的马达的速度图，图 3 (b) 是表示用按指数函数减少的单纯减少的直流电流指令直流励磁时的马达的速度图。

图 4 (a) 是表示指令供给从初始值按阶梯状减少的单纯减少的直流电流的直流电流指令的具体例子图，图 4 (b) 是表示指令供给从初始值按直线减少的单纯减少的直流电流的直流电流指令的具体例子图。

图 5 (a) ~ (d) 是表示使用从初始值的按阶梯状减少、按指数函数减少、

按直线减少的电流指令组合的单纯减少的直流电流指令的具体例子图。

具体实施方式

以下,是用附图说明本发明的角度差检测方法和同步电动机的控制装置。

图 1 是用于简要说明本发明的同步电动机的控制装置的示意图。图 1 中的符号 1 是永久磁铁式同步电动机,增量编码器 2 输出检测永久磁铁式同步电动机 1 的旋转、检测正转和反转方向及转一圈中的位置 A, B 相信号,以及作为转 1 圈输出 1 次的基准位置信号的 Z 相信号。

在此,永久磁铁式同步电动机 1 和增量编码器 2 处于同步电动机 1 的转子磁极位置和编码器的基准位置不一致的状态。

还有,图中,符号 3 是电流检测器,符号 4 是根据由 2 相—3 相变换器 5 (dq/3 ϕ 座标变换器)输出的 3 相电压指令 V_u^* , V_v^* , V_w^* 控制同步电动机 1 的变换器(电力变换器),符号 5 是将 q 轴电流(转矩电流)指令 I_q^* ($I_q^*=0$) 和 d 轴电流(励磁电流)指令 I_d^* 由电流控制器进行 PI 控制并将变换了的 V_q^* 、 V_d^* 再变换成 3 相电压指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 的 2 相—3 相变换器 (dq/3 ϕ 座标变换器),符号 6 是将用电流检测器 3 检测出的相电流 i_u 、 i_v 、 i_w 进行反馈并变换成 I_d 、 I_q 电流的 3 相—2 相变换器,符号 7 是利用来自增量编码器 2 的 Z 信号的计数器复位信号在每转一圈时进行清除的计数器,符号 8 是电流控制器,符号 9 是计算直流电流指令的直流电流指令计算器。

还有,符号 10 是计算 d 轴电流指令 I_d^* 和 I_d 电流的偏差的偏差器,符号 11 是计算 q 轴电流指令 I_q^* ($I_q^*=0$) 和 I_q 电流的偏差的偏差器,符号 12 是输出励磁相位(直流励磁位置指令) θ^* 和来自增量编码器 2 的反馈位置信号 θ 的偏差 $\Delta\theta$ 的偏差器。偏差 $\Delta\theta$ 是励磁相位和转子相位(以 Z 相信号为基准)的相位差。角度计算器(未图示)是利用作为偏差器 12 的输出的偏差 $\Delta\theta$ 校正增量编码器的基准位置和电动机的转子磁极位置之间的角度差。

此外,图 1 所示的结构是一般的电动机控制系统,用于电动机控制的经过增量编码器的反馈系统被省略。

上述结构的电动机的动作和一般电动机的动作是相同的,将 q 轴电流指令 I_q^* ($I_q^*=0$) 和 d 轴电流指令 I_d^* 及励磁相位(直流励磁位置指令) θ^* 作为控制输入。

励磁相位（直流励磁位置指令） θ^* 输入到2相—3相变换器5。在电流检测供给中所检测出的相电流 i_u 、 i_v 、 i_w 被反馈并由3相—2相变换器6变换成 I_d 、 I_q 电流，并在偏差器10,11中计算所输入的q轴电流指令 I_q^* ($I_q^*=0$)及d轴的电流指令 I_d^* 的偏差。

在用直流电流指令计算器9算出的d相电流指令 I_d^* 及q轴电流指令 I_q^* 中，通过令q轴电流指令 I_q^* 为0而只在另一相位侧进行授与电流指的直流励磁。q轴电流指令 I_q^* ($I_q^*=0$)和 I_q 电流的偏差及d轴电流指令 I_d^* 和 I_d 电流的偏差通过电流控制器8变换成2相电压指令 V_d^* 、 V_q^* ，再通过2相—3相变换器5转换成3相电压指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 。变换器4按照3相电压指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 驱动同步电动机1。

在此，就本发明的同步电动机而言，其特征在于直流电流指令计算器9输出的直流电流指令使直流电流单纯减少这一点。作为单纯减少的直流电流，能够使用从初始值阶梯状单纯减少的直流电流，从初始值按指数函数减少的单纯减少的直流电流，从初始值按直线减少的单纯减少的直流电流，以及使用从初始值阶梯状减少，按指数函数减少，按直线减少的至少2种的组合的单纯减少的直流电流。

图2(a)是表示阶跃状的直流电流指令，图2(b)是表示从初始值按指数函数减少的单纯减少的直流电流指令的具体例子图。直流电流指令计算器9对初始值设定为 $I_{d^*_{始}}$ ，最终值设定为 $I_{d^*_{终}}$ 的阶跃状变化的d相电流指令 I_d^* （参照图2(a)）实施瞬时过滤处理而计算出按指数函数减少的单纯减少的直流电流指令（参照图2(b)），令另一方的q相电流指令 I_q^* 为0，通过偏差器10、11求出和 I_d 、 I_q 电流的偏差并传送到电流控制器8。

图3是表示对(a)所表示的用一定电流值的直流电流指令进行直流励磁时的马达速度和(b)所表示的用按指数函数减少的单纯减少的直流电流指令进行直流励磁时的马达速度的对比图，。

图3(a)上段表示一定电流值的d相电流指令，下段表示用该直流励磁的马达速度，图3(b)上段表示按指数函数减少的单纯减少的直流电流指令，下段表示用该直流励磁的马达的速度。在用一定电流值设为一定的d相电流指令进行直流励磁的情况下（图3(a)），相对于马达速度达到稳定的时间为 T_1 ，

用按指数函数减少的单纯减少的直流电流指令进行直流励磁的情况下（图 3（b）），马达速度达到稳定的时间为 T_2 ($T_2 \ll T_1$)，由此可以判定达到转子停转所需的时间能够缩短。

图 4（a）是表示指令供给从初始值阶梯状减少的单纯减少的直流电流的直流电流指令的具体例子图，是表示 d 相电流指令 I_d^* 的初始值为 $I_d^*_{始}$ 、最终值为 $I_d^*_{终}$ 、其间成阶梯状减少的直流电流指令的波形图。

还有，图 4（b）表示指令供给从初始值按直线减少的单纯减少的直流电流的直流电流指令的具体例子图，是表示 d 相电流指令 I_d^* 的初始值为 $I_d^*_{始}$ 、最终值为 $I_d^*_{终}$ 、其间接直线减少的直流电流指令的波形图。

图 5（a）—图 5（d）是表示从初始值阶梯状减少、按指数函数减少、按直线减少的电流指令组合的单纯减少的直流电流指令的具体的例子图。

图 5（a）是表示从初始值阶梯状减少和按指数函数减少的电流指令组合的直流电流指令的具体的例子图，是表示 d 相电流指令 I_d^* 的初始值为 $I_d^*_{始}$ 阶梯状减少后在达到最终值 $I_d^*_{终}$ 之前按指数函数减少的直流电流指令的波形图。

图 5（b）是表示将数个按直线减少的电流指令组合的直流电流指令的具体的例子图，是表示 d 相电流指令 I_d^* 从初始值 $I_d^*_{始}$ 到最终值 $I_d^*_{终止}$ 之间以数个阶梯的按直线减少的直流电流指令的波形图。

图 5（c）是表示从初始值阶梯状减少和按直线减少的电流指令的组合的直流电流指令的具体例子图，是表示 d 相电流指令 I_d^* 的初始值为 $I_d^*_{初始}$ 阶梯状减少之后在达到最终值 $I_d^*_{终}$ 之前按直线减少的直线电流指令的波形图。

图 5（d）是表示从初始值按直线减少和按指数函数减少的电流指令的组合的直流电流指令的具体例子图，是表示 d 相电流指令 I_d^* 从初始值 $I_d^*_{始}$ 按直线减少之后在达到最终值 $I_d^*_{终}$ 之前按指数函数减少的直流电流指令的波形图。

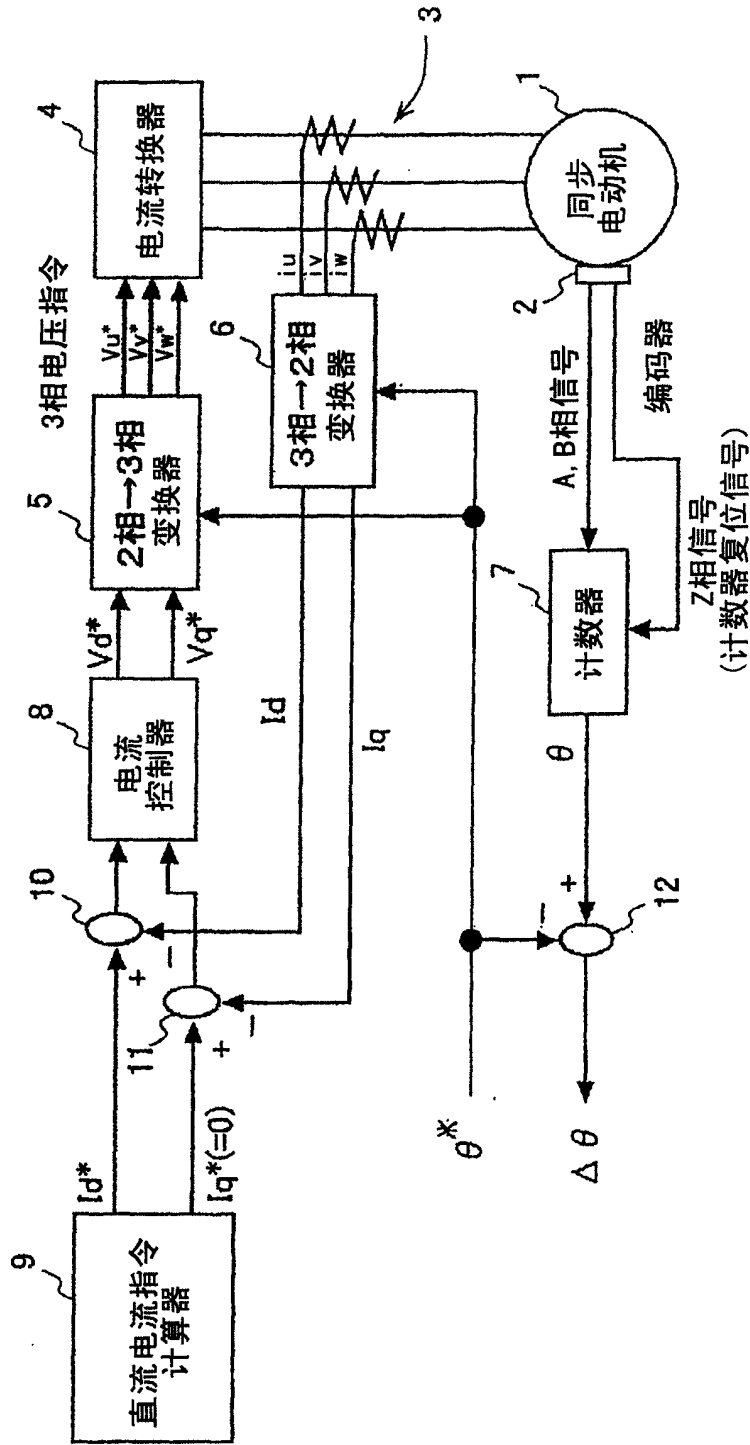


图 1

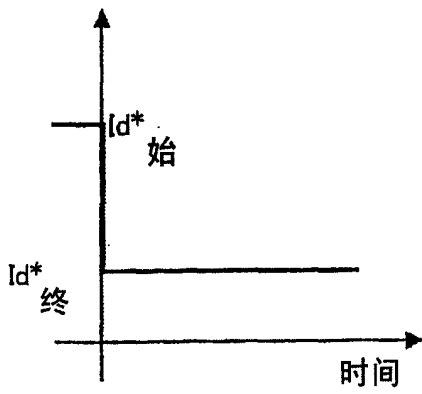
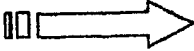


图 2a

一次过虑处理


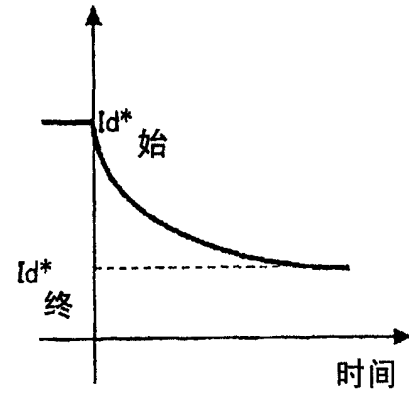
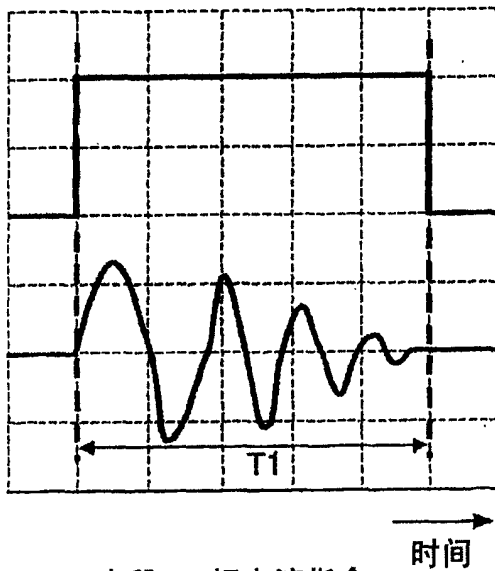


图 2b

d相电流指令一定



上段: d相电流指令
 下段: 马达速度

图 3a

d相电流指数函数形减少

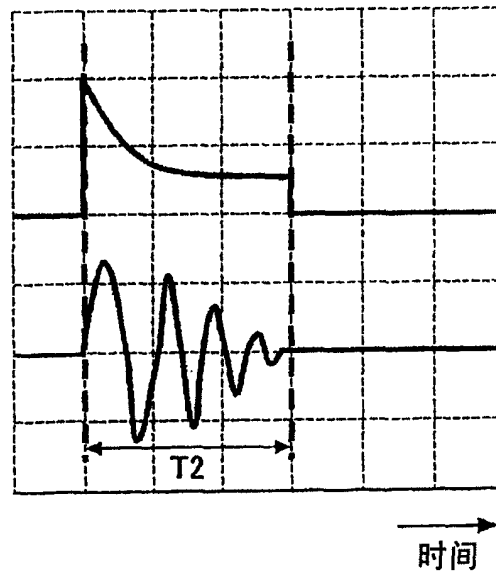


图 3b

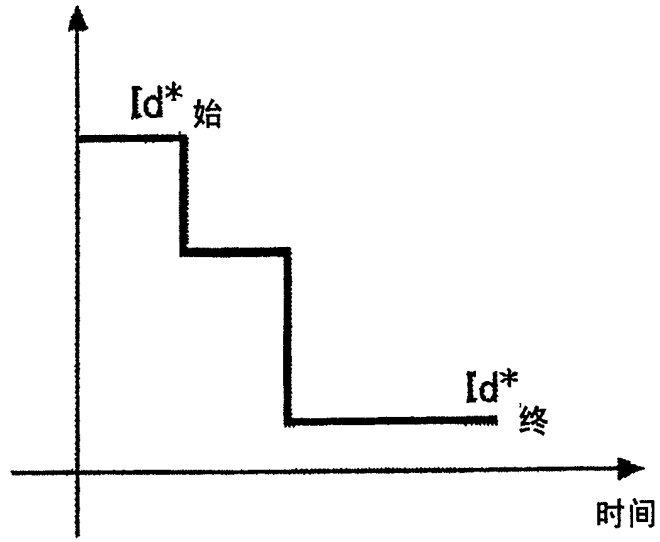


图 4a

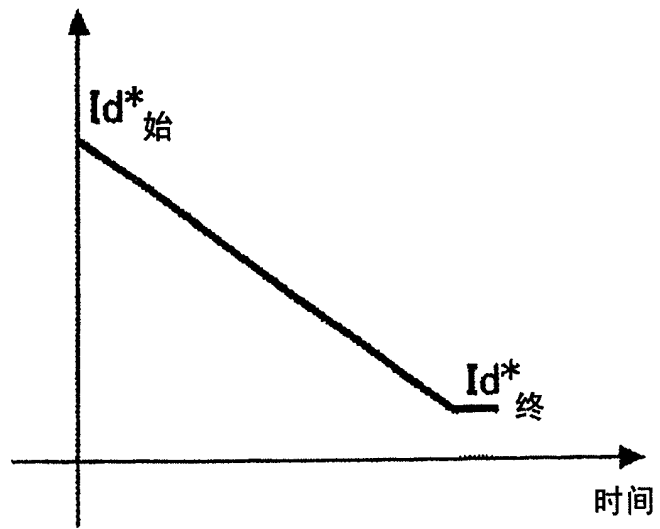


图 4b

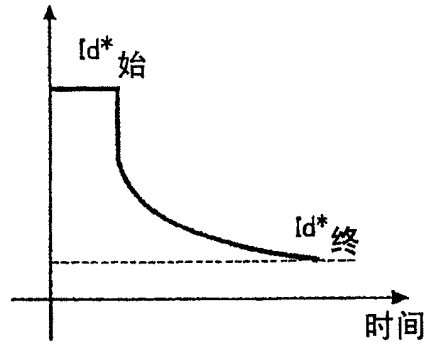


图 5a

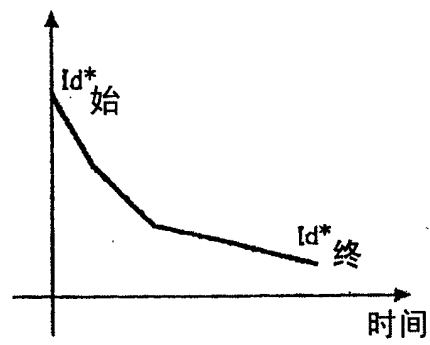


图 5b

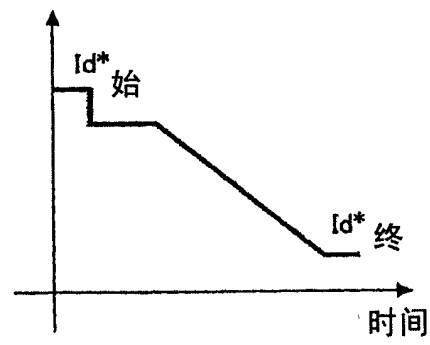


图 5c

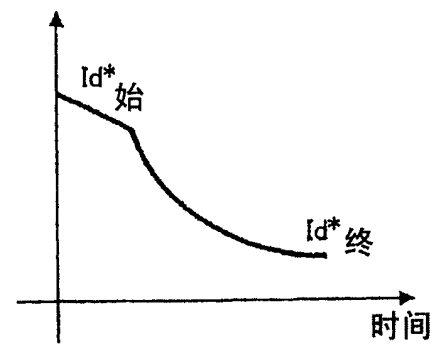


图 5d