



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101459407 B

(45) 授权公告日 2011.04.06

(21) 申请号 200910095333.6

审查员 李晓艳

(22) 申请日 2009.01.08

(73) 专利权人 东元总合科技(杭州)有限公司  
地址 310013 浙江省杭州市西湖区西溪路  
525 号浙大科技园 A 楼东区 619、620  
室

(72) 发明人 邹积浩 周晖

(74) 专利代理机构 杭州浙科专利事务所 33213  
代理人 吴秉中

(51) Int. Cl.

H02P 21/00 (2006.01)

H02P 21/14 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2001-54295 A, 2001.02.23, 说明书全文.

CN 1462112 A, 2003.12.17, 说明书全文.

CN 101299584 A, 2008.11.05, 说明书全文.

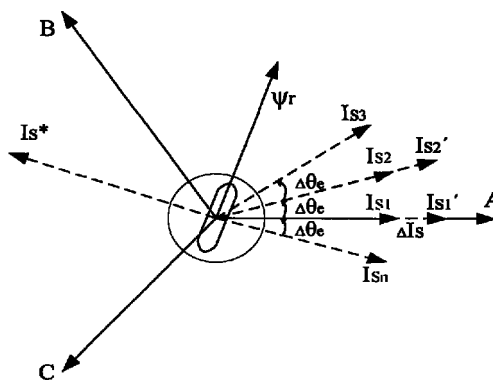
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

永磁同步电机转子初始位置检测方法

(57) 摘要

本发明提供一种采用简配的增量式编码器的永磁同步电机转子初始位置检测的无传感器法。该方法通过控制驱动器输出不同方向、不同幅值的电流、电压矢量,以改变相应的磁势,即与转子磁势间的相互作用,然后分析转子的微移动来判断转子磁势的位置,得到转子初始位置。本发明不像高频信号注入法等为了提高角度分辨率需要比较大的定子电流值,体现出电流噪声小、振动非常微弱的优点,与此同时,辨识精度却不受影响。



1. 永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:根据预定的角度步长和幅值步长施加不同矢量方向和幅值且初始幅值足够小以致在任何方向都不会让转子有微位移产生的定子电流矢量作用在永磁同步电机定子上,永磁同步电机产生不同方向和大小的定子磁势直到永磁同步电机转子产生微位移,再根据此时施加的定子电流的矢量方向与转子位置角成 90 度,检测出转子初始位置,施加的定子电流矢量首先保持幅值不变进行 360 度角度步长变化,完成 360 度角度步长变化后永磁同步电机转子仍未产生微位移后再根据幅值步长增大定子电流矢量幅值,保持定子电流矢量幅值不变重复进行 360 度角度步长变化直到永磁同步电机转子产生微位移。

2. 如权利要求 1 所述的永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:永磁同步电机转子产生的微位移采用增量式光电编码器反馈脉冲检测。

3. 如权利要求 1 所述的永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:定子电流矢量初始幅值小于可使转子转动的最小电流矢量幅值。

4. 如权利要求 1 所述的永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:若永磁同步电机转子产生的微位移不能忽略,在已确定转子位置的基础上,反向施加定子电流矢量,以使转子反向微位移。

5. 永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:根据预定的角度步长和幅值步长施加不同矢量方向和幅值且初始幅值足够小以致在任何方向都不会让转子有微位移产生的定子电压矢量作用在永磁同步电机定子上,永磁同步电机产生不同方向和大小的定子磁势直到永磁同步电机转子产生微位移,再根据此时施加的定子电压的矢量方向与转子位置角成 90 度,检测出转子初始位置,施加的定子电压矢量首先保持幅值不变进行 360 度角度步长变化,完成 360 度角度步长变化后永磁同步电机转子仍未产生微位移后再根据幅值步长增大定子电压矢量幅值,保持定子电压矢量幅值不变重复进行 360 度角度步长变化直到永磁同步电机转子产生微位移。

6. 如权利要求 5 所述的永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:永磁同步电机转子产生的微位移采用增量式光电编码器反馈脉冲检测。

7. 如权利要求 5 所述的永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:定子电压矢量初始幅值小于可使转子转动的最小电压矢量幅值。

8. 如权利要求 5 所述的永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:若永磁同步电机转子产生的微位移不能忽略,在已确定转子位置的基础上,反向施加定子电压矢量,以使转子反向微位移。

## 永磁同步电机转子初始位置检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种永磁同步电机转子初始位置的检测方法,更具体地说,涉及利用微位移来判断电机转子初始位置的方法。

### 背景技术

[0002] 永磁伺服驱动系统通常采用矢量控制,矢量控制是利用从静止坐标系到旋转坐标系之间的变化,实现定子电流中励磁分量和转矩分量的解耦,从而使永磁同步电机能像直流电机那样分别对磁通和转矩进行独立控制。永磁同步电机转子位置的检测是矢量控制解耦的必要条件,只有准确知道转子位置,才可以按照矢量坐标变化的要求,将永磁同步电机等效成dq坐标系上的等效模型。转子初始位置的检测,是第一次施加定子电流矢量的基础。根据矢量控制的原则,若转子位置检测准确无偏差,那定子电流矢量所产生的磁势将与转子磁势刚好成90度直角关系,此时,两者的作用力最大,即定子电流矢量被充分利用。若转子位置检测不准确或偏差很大时,则可能会造成两种磁势间作用力偏小甚至作用力方向与预先设定相反等情况,导致起动失败。总之,永磁同步电机要正常起动并运行,必须在电机定子三相绕组上施加正确的电流,产生相应的空间矢量磁势,与转子磁场相互作用,以驱动转子转动。转子初始位置检测准确与否将关系到定子三相绕组上施加的电流是否正确,以及是否最佳。

[0003] 现有的永磁同步电机转子初始位置检测方法分传感器法和无传感器法两大类。传感器法主要有:旋转变压器法、绝对式光电编码器法、电机内置位置传感器法。无传感器法主要有:高次谐波注入法、基于电感饱和性凸极的检测法、基于观测器的位置检测法。传感器法使用简单,但是安装复杂、成本高;无传感器法中的高次谐波注入法和基于观测器的位置检测法算法较复杂、实现困难,基于电感饱和性凸极性则受转子结构影响大。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是要解决现有技术的缺陷,提供一种采用简配的增量式编码器的永磁同步电机转子初始位置检测的无传感器法。

[0005] 本发明所解决的技术问题可以采用以下技术方案来实现:

[0006] 一种永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:根据预定的角度步长和幅值步长施加不同矢量方向和幅值且初始幅值足够小的定子电流矢量作用在永磁同步电机定子上,永磁同步电机产生不同方向和大小的定子磁势直到永磁同步电机转子产生微位移,再根据此时施加的定子电流的矢量方向与转子位置角成90度,检测出转子初始位置。

[0007] 本发明中,施加的定子电流矢量首先保持幅值不变进行360度角度步长变化,完成360度角度步长变化后永磁同步电机转子仍未产生微位移后再根据幅值步长增大定子电流矢量幅值,保持定子电流矢量幅值不变重复进行360度角度步长变化直到永磁同步电机转子产生微位移。

[0008] 永磁同步电机转子产生的微位移采用增量式光电编码器反馈脉冲检测,其精度为 $\pm 360/(P \times 4)$ ,P为增量式光电编码器的总线数。

[0009] 为了避免由于初始电流矢量过大,定子电流矢量方向与转子位置角还未成 90 度即造成转子转动,定子电流矢量初始幅值小于可使转子转动的最小电流矢量幅值,即在任方向不会让转子有微位移。

[0010] 若永磁同步电机转子产生的微位移不能忽略,可以在已确定转子位置的基础上,反向施加定子电流矢量,以使转子反向微位移,以抵消先前初始位置检测时产生的微位移。

[0011] 一种永磁同步电机转子初始位置检测方法,其特征在于:根据预定的角度步长和幅值步长施加不同矢量方向和幅值且初始幅值足够小的定子电压矢量作用在永磁同步电机定子上,永磁同步电机产生不同方向和大小的定子磁势直到永磁同步电机转子产生微位移,再根据此时施加的定子电压的矢量方向与转子位置角成 90 度,检测出转子初始位置。

[0012] 本发明中,施加的定子电压矢量首先保持幅值不变进行 360 度角度步长变化,完成 360 度角度步长变化后永磁同步电机转子仍未产生微位移后再根据幅值步长增大定子电压矢量幅值,保持定子电压矢量幅值不变重复进行 360 度角度步长变化直到永磁同步电机转子产生微位移。

[0013] 永磁同步电机转子产生的微位移采用增量式光电编码器反馈脉冲检测,其精度为  $\pm 360/(P \times 4)$ , P 为增量式光电编码器的总线数。

[0014] 为了避免由于初始电压矢量过大,定子电压矢量方向与转子位置角还未成 90 度即造成转子转动,定子电压矢量初始幅值小于可使转子转动的最小电压矢量幅值,即在任方向不会让转子有微位移。

[0015] 若永磁同步电机转子产生的微位移不能忽略,可以在已确定转子位置的基础上,反向施加定子电压矢量,以使转子反向微位移,以抵消先前初始位置检测时产生的微位移。

[0016] 本发明施加的定子电流、电压矢量幅值初始值通常都比较小,在任何方向不会让转子有微位移,其变化由小到大,方向在周向循环,通过合理设置幅值变化步长和角度变化步长,检测来的转子位置可达到  $\pm 360/(P \times 4)$  机械角度的精度。

[0017] 本发明施加的定子电流由于最大也不超过刚好能抵消负载进行转动那一刻的电流值,所以通常比较小,不像高频信号注入法等为了提高角度分辨率需要比较大的定子电流值。

[0018] 定子电流、电压矢量方向的切换频率可以设置的较低,虽然加长转子初始位置辨识的时间,但这对整个系统而言是微不足到的。因此,通过合理的设置后,本发明将体现出电流噪声小、振动非常微弱的优点,与此同时,辨识精度却不受影响。

## 附图说明

[0019] 图 1 是永磁同步电机矢量控制系统电流环结构原理图。

[0020] 图 2 是永磁同步电机矢量图。

[0021] 图 3 是本发明实施例一转子初始位置推断的流程图。

[0022] 图 4 是本发明实施例一定子电流矢量变化过程示意图。

[0023] 图 5 是本发明实施例二定子电压矢量变化过程示意图。

## 具体实施方式

[0024] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解,下面结

合具体图示,进一步阐述本发明。

[0025] 实施例 1

[0026] 如图 1 所示,永磁同步电机矢量控制的电流环中,通常是对电机三相电流中的两相电流采样(三相电流和为零,所以另外一相可计算得知),然后通过 CLARKE 变化和 PARK 变化得到反馈电流值  $i_d$ 、 $i_q$ ,参考电流  $i_{dref}$ 、 $i_{qref}$  各自与其反馈值  $i_d$ 、 $i_q$  的差值经 PI 调节后得到  $u_{dref}$ 、 $u_{qref}$ ,再经 PARK 逆变化得到  $u_{\alpha ref}$ 、 $u_{\beta ref}$ ,最后经 SVPWM,将电压脉冲施加到永磁同步电机上。

[0027] 参见图 2,定子电流矢量  $I_s$  则是由  $i_d$ 、 $i_q$  两个量来进行调节, $i_d$ 、 $i_q$  反馈值获取等所需的坐标变化是以转子位置角  $\theta$  为基础的,所以如果转子位置角  $\theta$  不准确,势必会造成定子磁势  $F_s$  施加的不正确。因此,电机在启动时,如果转子初始位置角  $\theta$  检测不正确,将直接影响电机正常启动,转子初始位置角  $\theta$  的检测有异常重要的作用。

[0028] 定子电流矢量  $I_s$  方向与转子位置角  $\theta$  成 90 度时,定子磁势  $F_s$  与转子磁势  $F_r$  也成 90 度,此时为定子磁势  $F_s$  施加的最佳角度,最小的定子磁势  $F_s$ (即最小定子电流矢量)与转子磁势  $F_r$  相互作用,即可带动转子转动,如果定子电流矢量作用的时间较短则会产生一个微位移。因此,在最小的定子磁势  $F_s$  作用下使得转子转动(或者产生微位移),即可得知此时施加的定子磁势  $F_s$  与转子磁势  $F_r$  成 90 度,定子电流矢量  $I_s$  方向与转子位置角  $\theta$  也成 90 度,由于定子电流矢量  $I_s$  已知,便可检测出转子的初始位置角  $\theta$ 。

[0029] 参见图 3、图 4,本实施例中,首先对系统上电,然后对永磁同步电机定子施加初始定子电流矢量  $I_{s1}$ ,初始定子电流矢量  $I_{s1}$  应该足够小,甚至是在任何方向不会让转子有微位移,以避免由于初始电流矢量  $I_{s1}$  过大,定子电流矢量  $I_s$  方向与转子位置角还未成 90 度即造成转子转动,使得转子初始位置角  $\theta$  检测不准确。

[0030] 然后采用增量式光电编码器反馈脉冲检测转子是否有微位移,增量式光电编码器精度为  $\pm 360/(P \times 4)$  机械角度, $P$  为增量式光电编码器的总线数,通常增量式光电编码器的总线数可达到 2000,保证了转子初始位置检测的精度。

[0031] 若转子有微位,立即撤销初始电流矢量  $I_{s1}$  的作用,通过初始电流矢量  $I_{s1}$  的方向得到转子初始位置,否则顺时针(当然逆时针同样是可以的)按角度步长  $\Delta \theta_e$  改变定子电流矢量的角度。如图 4 所示,定子电流矢量变为  $I_{s2}$ ,角度步长  $\Delta \theta_e$  可根据实际情况选定,但应大于增量式光电编码器的精度。同样采用增量式光电编码器反馈脉冲检测转子是否有微位移,若转子有微位移,立即撤销初始电流矢量  $I_{s2}$  的作用,通过电流矢量  $I_{s2}$  的方向得到转子初始位置,否则顺时针(当然逆时针同样是可以的)按角度步长  $\Delta \theta_e$  改变定子电流矢量的角度,直到某一定子电流矢量  $I_{sn}$  使转子产生微位移。

[0032] 若定子电流矢量角度改变 360 度回到了初始角度,即定子电流矢量变化回  $I_{s1}$  也未使转子产生微位移,此时再按幅值步长  $\Delta I_s$  增加定子电流矢量的幅值,使定子电流矢量从  $I_{s1}$  变化到  $I_{s1}'$ ,幅值步长  $\Delta I_s$  可根据情况选定,为了提高检测精度,幅值步长  $\Delta I_s$  可取的足够小。重复上述的步骤改变定子电流矢量的角度,检测转子是否产生微位移,若定子电流矢量角度再次改变 360 度回到了初始角度,则继续增加定子电流矢量的幅值,重复以上的步骤直到转子产生微位移,根据此时定子电流矢量的角度,即可得到转子的初始位置。

[0033] 在位置检测后会使得转子有  $360/(P \times 4)$  的微位移,通常情况下,此微位移对整个系统影响可以忽略,若不能忽略,还可以反向施加定子电压矢量,以使转子反向微位移,以抵

消先前初始位置检测时产生的微位移。

[0034] 实施例 2

[0035] 参见图 5, 本实施例中, 首先对系统上电, 然后对永磁同步电机定子施加初始定子电压矢量  $U_{s1}$ , 初始定子电压矢量  $U_{s1}$  应该足够小, 甚至是在任何方向不会让转子有微位移, 以避免由于初始电压矢量  $U_{s1}$  过大, 定子电压矢量  $U_s$  方向与转子位置角还未成 90 度即造成转子转动, 使得转子初始位置角  $\theta$  检测不准确。

[0036] 然后采用增量式光电编码器反馈脉冲检测转子是否有微位移, 增量式光电编码器精度为  $\pm 360/(P \times 4)$  机械角度,  $P$  为增量式光电编码器的总线数, 通常增量式光电编码器的总线数可达到 2000, 保证了转子初始位置检测的精度。

[0037] 若转子有微位, 立即撤销初始电压矢量  $U_{s1}$  的作用, 通过初始电压矢量  $U_{s1}$  的方向得到转子初始位置, 否则顺时针 (当然逆时针同样是可以的) 按角度步长  $\Delta \theta_e$  改变定子电压矢量的角度。如图 4 所示, 定子电压矢量变为  $U_{s2}$ , 角度步长  $\Delta \theta_e$  可根据实际情况选定, 但应大于增量式光电编码器的精度。同样采用增量式光电编码器反馈脉冲检测转子是否有微位移, 若转子有微位移, 立即撤销初始电压矢量  $U_{s2}$  的作用, 通过电压矢量  $U_{s2}$  的方向得到转子初始位置, 否则顺时针 (当然逆时针同样是可以的) 按角度步长  $\Delta \theta_e$  改变定子电压矢量的角度, 直到某一定子电压矢量  $U_{sn}$  使转子产生微位移。

[0038] 若定子电压矢量角度改变 360 度回到了初始角度, 即定子电压矢量变化回  $U_{s1}$  也未使转子产生微位移, 此时再按幅值步长  $\Delta U_s$  增加定子电压矢量的幅值, 使定子电压矢量从  $U_{s1}$  变化到  $U_{s1}'$ , 幅值步长  $\Delta U_s$  可根据情况选定, 为了提高检测精度, 幅值步长  $\Delta U_s$  可取的足够小。重复上述的步骤改变定子电压矢量的角度, 检测转子是否产生微位移, 若定子电压矢量角度再次改变 360 度回到了初始角度, 则继续增加定子电压矢量的幅值, 重复以上的步骤直到转子产生微位移, 根据此时定子电压矢量的角度, 即可得到转子的初始位置。

[0039] 在位置检测后会使得转子有  $360/(P \times 4)$  的微位移, 通常情况下, 此微位移对整个系统影响可以忽略, 若不能忽略, 还可以反向施加定子电压矢量, 以使转子反向微位移, 以抵消先前初始位置检测时产生的微位移。

[0040] 本发明中需要涉及的参数有定子电压矢量、定子电压矢量、定子电压矢量与 A 相绕组电压所产生磁势方向的夹角、编码器反馈脉冲数, 因此本发明不受永磁同步电机凸极性的制约, 适用于任何类型的永磁同步电机。

[0041] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解, 本发明不受上述实施例的限制, 上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理, 在不脱离本发明精神和范围的前提下, 本发明还会有各种变化和改进, 这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

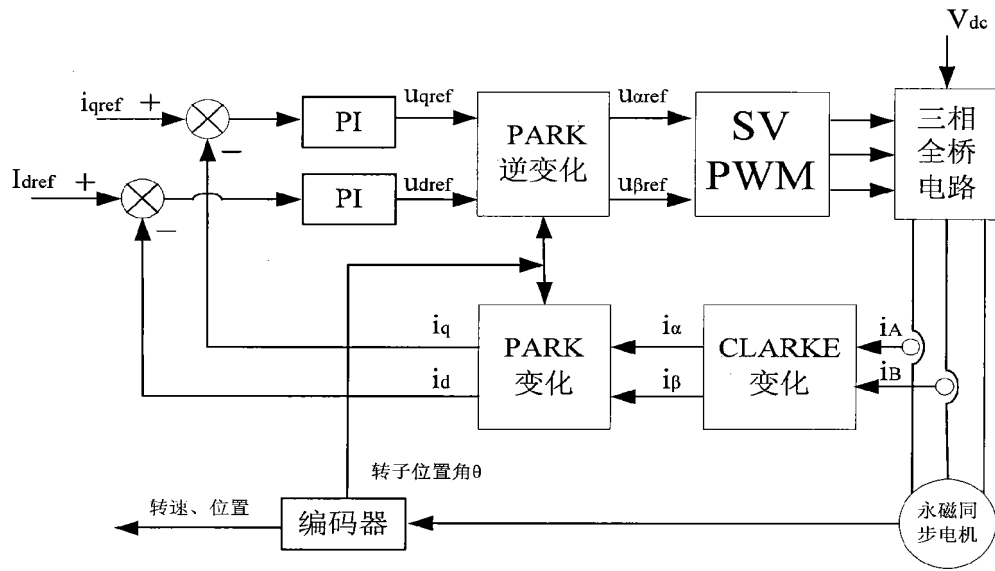


图 1

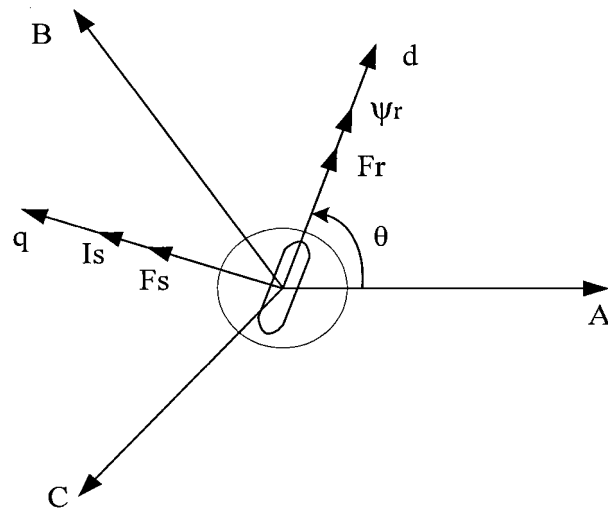


图 2

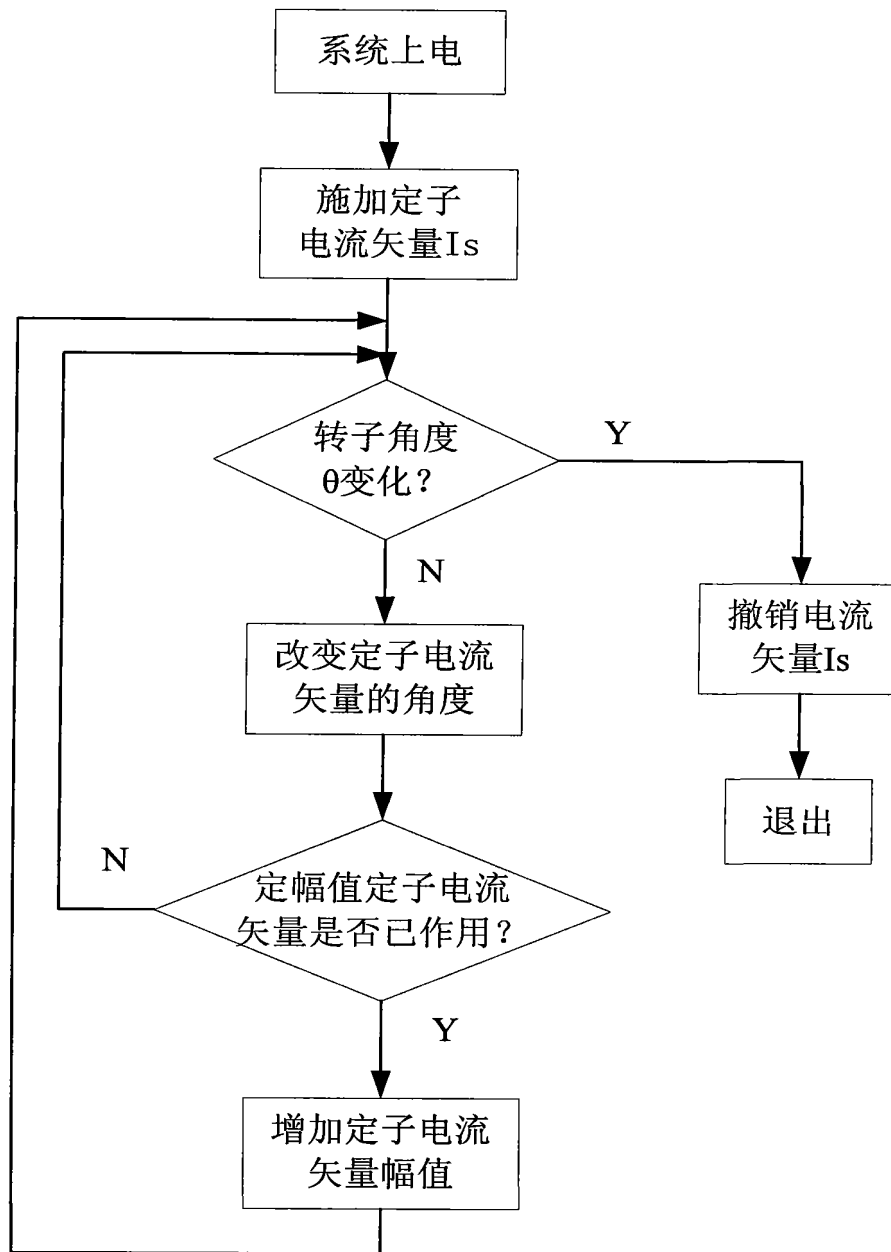


图 3



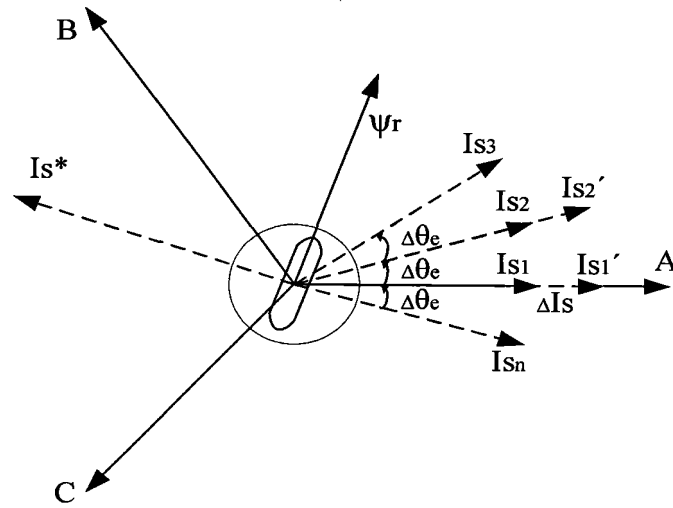


图 4

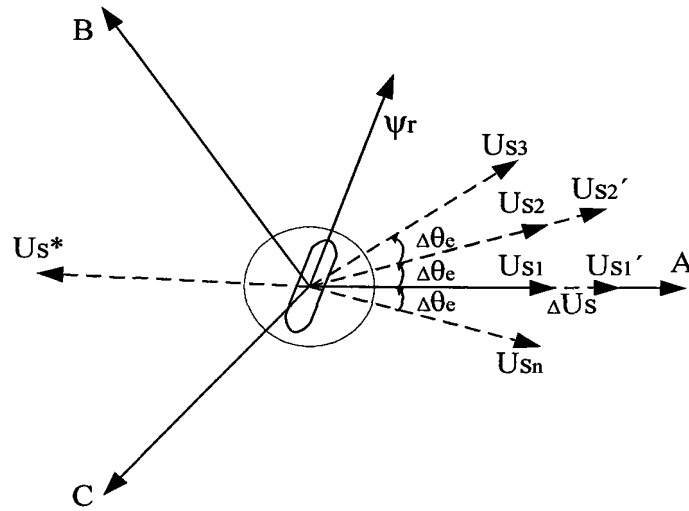


图 5