

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02P 6/00 (2006.01)

H02P 6/20 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810209581.4

[43] 公开日 2009 年 4 月 15 日

[11] 公开号 CN 101409523 A

[22] 申请日 2008.12.1

[21] 申请号 200810209581.4

[71] 申请人 哈尔滨理工大学

地址 150040 黑龙江省哈尔滨市香坊区三大动力路 23 号

[72] 发明人 康尔良 严伟灿 卫爱平

[74] 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所

代理人 牟永林

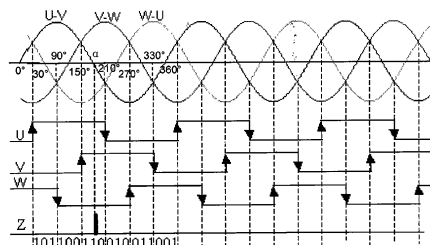
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称

采用增量式编码器的永磁电机磁极初始位置的确定方法

[57] 摘要

采用增量式编码器的永磁电机磁极初始位置的确定方法，涉及一种装有增量式编码器伺服系统启动时在 60 度电角度内精确确定电机转子初始位置的控制方法，目的是为解决目前永磁电机利用增量式编码器在启动时不能精确确定磁极初始位置的问题。本发明在转子运行不到 60 度电角度内采集霍尔信号 U、V、W 的一次跃变信息，利用系统增量式编码器的反馈信息和电机反电动势相位间的关系以及多极电机的结构和电气上的对称关系实现磁极的精确定位，将上述霍尔信号 U、V、W 发生跃变事件位置与 Z 信号位置之间的电角度换算成对应增量式编码器的线数关系，以通过增量式编码器输出的 A、B 脉冲数控制电机运行。在要求启动平稳的交流伺服产品中起到了很大的作用。



1、采用增量式编码器的永磁电机磁极初始位置的确定方法，安装带有霍尔信号 U、V、W 的增量式编码器，用增量式编码器输出的 A、B 脉冲的数量来表征转子位置的变化；增量式编码器送出的霍尔信号 U、V、W 状态信号，共有六个电子状态，101、100、110、010、011、001，表征电机转子电角度位置的为六个等距区间，每个区间 60 度电角度；增量式编码器的 Z 信号标识在 U 相的 α 度电角度处，其特征在于在初始上电电机运行后，转子运转了不大于 60 度电角度，跨过了由霍尔信号 U、V、W 表征的电角度区间时，霍尔信号 U、V、W 状态发生第一次跃变，所述霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变为第 1 对~第 P 对磁极下的 U 上升沿、U 下降沿、V 上升沿、V 下降沿、W 上升沿或 W 下降沿，控制器根据所述霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变信息确定发生霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变对应的转子磁极与 Z 信号位置的相对电角度，继而获得了霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变对应转子磁极与 Z 信号位置的相对 A 或 B 脉冲的数量，确定了磁极的初始位置。

采用增量式编码器的永磁电机磁极初始位置的确定方法

技术领域

本发明涉及一种装有增量式编码器伺服系统起动时在 60 度电角度内精确确定电机转子初始位置的控制方法，属于电机控制装置制造技术领域。

背景技术

对交流永磁同步电机进行伺服控制时，控制器控制定子三相电流合成磁场的矢量方向。为了有效控制定子磁场矢量，需要对转子位置进行精确测量。通常经济而有效的方法是：在电机转子上安装增量式编码器，用编码器输出脉冲的数量来表征转子位置的变化。但该方法中，控制器的控制计算机需要先得到转子的初始位置，再根据编码器送来的 A、B 脉冲才能确定转子旋转的方向和已转动的角度。在系统首次通电时，电机转子的绝对位置是不确定的。使用这类控制器在初始上电时，只能让电机先旋转起来，当控制器接受到编码器送来的 Z 脉冲时，控制器才能确认转子位置初始点，也就是说才能开始对定子磁场矢量开始进行控制。在电机制造时，编码器的 Z 脉冲，即编码器的零位脉冲，均准确定位于转子磁极的特征位置，每个厂家对 Z 脉冲的标识位置不同，一般为第一相的 90 电角度之后，如第一相的 150 度电角度或 180 度电角度。电机首次上电时，转子可能需要转过 360 度的机械角度才能寻找到零点，接受到编码器的 Z 脉冲，开始正常的控制。在此之前增量式编码器不能给出转子的位置信号，这就造成了电机难以起动问题。当永磁无刷直流电机采用增量式编码器作为位置反馈时，也存在同样的起动问题。如不能精确定位转子磁极位置则在控制电机起动时会引起转矩的波动也就是转速不稳，通常在低端交流伺服产品对起动的要求不高，而在高端伺服产品中要求起动平稳。

目前采用增量式编码器确定电机起动时磁极初始位置也有一些方法，如普遍采用的利用霍尔信号 U、V、W 控制电机起动，直到编码器的 Z 信号出现才能精确确定磁极位置的方法，这样在第一个 Z 信号出现前的控制算法是依据霍尔信号估计磁极位置，从而影响伺服系统的起动性能；还有根据霍尔

信号 U、V、W 的六个状态内结合编码器 A、B 信号来进行磁极位置定位，霍尔元件送出的 U、V、W 状态信号，共有六个电平状态，101、100、110、010、011、001，将电机转子位置的每 360 度电角度分为六个相等的区间，每个区间为 $360 \div 6 = 60$ 度电角度，尽管较前一种有了较大改善，但是还不能更加精确确定磁极位置，例如中国专利 ZL 200410022610.8 介绍了一种交流永磁同步电机控制系统首次上电时转子的定位方法，该专利通过增量式编码器发出的 U、V、W 信号状态，确定电机转子磁场矢量初始位于哪一个区间，此时，取该区间的中点作为转子磁场矢量位置，控制器以此作为转子初始位置向定子三相绕组输出相应矢量方向的电流，确保电机达到额定转矩。但是此专利只是将发出状态改变的 U、V、W 信号与定子三相绕组输出相应矢量方向的电流相对应，并没有计算出转子磁极的初始角度，这样，在以后的运行过程中要不停的重复上述过程，不停的采集 U、V、W 信号以获得控制定子三相绕组输出相应矢量方向的电流的相关的数据，工作量大，占用大量的内存去处理这一个事件。

发明内容

本发明的目的是解决目前永磁电机利用增量式编码器在起动时不能精确确定磁极初始位置的问题，提供一种采用增量式编码器的永磁电机磁极初始位置的确定方法。

本发明采用增量式编码器的永磁电机磁极初始位置的确定方法，安装带有霍尔信号 U、V、W 的增量式编码器，用增量式编码器输出的 A、B 脉冲的数量来表征转子位置的变化；增量式编码器送出的霍尔信号 U、V、W 状态信号，共有六个电子状态，101、100、110、010、011、001，表征电机转子电角度位置的为六个等距区间，每个区间 60 度电角度；增量式编码器的 Z 信号标识在 U 相的 α 度电角度处，在初始上电电机运行后，转子运转了不大于 60 度电角度，跨过了由霍尔信号 U、V、W 表征的电角度区间时，霍尔信号 U、V、W 状态发生第一次跃变，所述霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变为第 1 对~第 P 对磁极下的 U 上升沿、U 下降沿、V 上升沿、V 下降沿、W 上升沿或 W 下降沿，控制器根据所述霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变信息确定发生霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变对应的转子磁极与 Z 信号位置

的相对电角度，继而获得了霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变对应转子磁极与 Z 信号位置的相对 A 或 B 脉冲的数量，确定了磁极的初始位置。

本发明的优点是：在 60 度电角度内确定磁极的初始位置，误差在 ± 30 度电角度之内，而且确定初始位置之后，不用再采集 U、V、W 霍尔信号就可以轻松利用增量式编码器输出的 A、B 脉冲控制电机的运行。

附图说明

图 1 是三相多极电机的线电压 U-V、V-W 和 W-V 的电压波形、增量式编码器 U、V、W 信号跃变时与增量式编码器输出 Z 信号间的位置关系图。

具体实施方式

具体实施方式一：下面结合图 1 说明本实施方式，本实施方式所述的采用增量式编码器的永磁电机磁极初始位置的确定方法，安装带有霍尔信号 U、V、W 的增量式编码器，用增量式编码器输出的 A、B 脉冲的数量来表征转子位置的变化；增量式编码器送出的霍尔信号 U、V、W 状态信号，共有六个电子状态，101、100、110、010、011、001，表征电机转子电角度位置的为六个等距区间，每个区间 60 度电角度；增量式编码器的 Z 信号标识在 U 相的 α 度电角度处，在初始上电电机运行后，转子运转了不大于 60 度电角度，跨过了由霍尔信号 U、V、W 表征的电角度区间时，霍尔信号 U、V、W 状态发生第一次跃变，所述霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变为第 1 对~第 P 对磁极下的 U 上升沿、U 下降沿、V 上升沿、V 下降沿、W 上升沿或 W 下降沿，控制器根据所述霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变信息确定发生霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变对应的转子磁极与 Z 信号位置的相对电角度，继而获得了霍尔信号 U、V、W 状态的第一次跃变对应转子磁极与 Z 信号位置的相对 A 或 B 脉冲的数量，确定了磁极的初始位置。

在电机转子上安装普通增量式编码器，用其输出的 A、B 脉冲的数量来表征转子位置的变化。同时在电机制造时预先安装转子磁极位置的感应霍尔元件并配备普通增量式编码器，或者安装配套带有 U、V、W 信号的特种增量式编码器。如图 1 所示，霍尔元件或编码器送出的 U、V、W 状态信号，共有六个电平状态，101、100、110、010、011、001，表征电机转子电角度位置的为六个等距区间，每个区间为 $360 \div 6 = 60$ 度电角度。

Z 信号标识在 U 相的 α 度电角度处, U、V、W 的跃变信号与 Z 信号位置之间的相对关系是确定的, 因为在一对转子磁极下霍尔信号 U、V、W 信号发生的六次跃变位置是固定的: U 上升沿事件发生在 U-V 电压 30 度电角度处, U 下降沿事件滞后其 180 度电角度, 发生在 U-V 电压 210 度电角度处; V 上升沿事件发生在 U-V 电压 150 度电角度, V 下降沿事件滞后其 180 度电角度, 发生在 U-V 电压 330 度电角度处; W 下降沿事件发生在 U-V 电压 90 度电角度, U 上升沿事件滞后其 180 度电角度, 发生在 U-V 电压 270 度电角度处; 因此, 标识在 U 相的 α 度电角度处的 Z 信号位置与霍尔信号 U、V、W 信号发生的六次跃变位置是确定的。

如设定 $\alpha = 180$ 度电角度, 则在第一对磁极下的 U 上升沿超前 Z 信号 150 度电角度, U 下降沿滞后 Z 信号 30 度电角度, V 上升沿超前 Z 信号 30 度电角度, V 下降沿滞后 Z 信号 150 度电角度, W 上升沿滞后 Z 信号 90 度电角度, W 下降沿超前 Z 信号 90 度电角度。根据电机结构及电气的对称关系, 第二对磁极下的相应的 U、V、W 的六次跃变相对于第一对磁极下的滞后 360 电角度, 以此类推, 可得出 P 对磁极下的 U、V、W 的跃变与 Z 信号的位置关系, 用电角度表示。

本实施方式所用增量式编码器为 L 线, 因为我们 U、V、W 的上升沿和下降沿都应用了, 即此时增量式编码器为四倍频, 则本实施方式的增量式编码器输出的 A 或 B 脉冲数为 $4L$, 电机转子一周的机械角度 360 对应的电角度 $360P$, 则每个 A 或 B 的脉冲对应的电角度为 $360P/4L$ 。

电机起动, 转子跨越了不同电角度区间时, 即转过一个不大于 60 度的电角度时, 必然要越过 U、V、W 状态的一次跃变。而只要转子越过了 U、V、W 状态的一次变化沿, U、V、W 状态发生第一次变化, 控制器立即根据 U、V、W 状态的变化计算出发生跃变的位置相对于 Z 信号的电角度, 然后根据每度电角度与 A 或 B 脉冲数量的对应关系计算出 A 或 B 脉冲数, 即获得了电机起动时的初始位置, 根据编码器送出的 A、B 脉冲信号进行转子准确定位, 电机即由初始上电运行进入正常精确定位运行。控制电机平稳起动。

转子精确定位前转过的机械角度不大于 60 度的 P 分之一。

转子磁极的初始位置被确定后, 在没有转过一周检测到 Z 信号的情况下,

Z 信号的位置也已经被计算确定,在后续的转子运转过程中一直被使用,而不再用不停地检测 U、V、W 的信号就可以通过增量式编码器输出的 A、B 脉冲控制电机的正常运转。

本发明综合利用霍尔信号 U、V、W 的状态和信号跃变产生的事件、编码器信号 A、B、Z 中 Z 信号与 U、V、W 信号跃变点间的位置关系、Z 信号与反电动势的位置关系、多极电机 U、V、W 相位的对称关系,对于多极电机,在 U、V、W 任一信号跃变时即可精确获得与 Z 信号对称的转子磁极位置;对于两极电机,在 U、V、W 任一信号跃变时即可精确获得转子磁极位置。因为 U、V、W 信号在 360 度电角度内共产生六次跃变,所以,本发明可以实现在 60 度电角度内精确确定转子磁极位置。

本发明只需要三个霍尔信号的一次跃变事件,就可以对转子磁极进行精确定位,避免了在控制电动机起动时且在未获得 Z 信号之前,时刻检测霍尔信号 U、V、W 状态信息的 CPU 的大量工作。

现在给出一个具体的实施例,以 6 极(3 对极, $P=3$)永磁电机为例说明本发明方法(参见图 1),光电编码器线数 $L=2400$, $\alpha=180$ 度电角度:

将 A、B 信号 4 倍频后 360 度机械角度的线数为 $4L=4 \times 2400=9600$ 线。

则每个 A 或 B 信号的脉冲对应的电角度为 $360P/4L=(360 \times 3)/9600=0.1125$ 度电角度。

如电机运行后检测霍尔信号 U、V、W 发生在第一次跃变事件为第一对磁极下的 U 下降沿事件,因此事件位置与 Z 信号位置的相对电角度为 30 度电角度,因此对应的 A 或 B 脉冲数为 $30/0.1125=367$ 线。

获得了此脉冲数即可以通过增量式编码器输出的 A 或 B 脉冲控制电机运转,达到了没有获得 Z 信号的时候而有获得 Z 信号后一样的控制效果。

如检测霍尔信号 U、V、W 的第一次跃变事件为其它磁极下的事件,根据前面所述的各事件与 Z 信号位置的相对关系可轻松获得发生跃变事件位置,即转子磁极的初始位置。

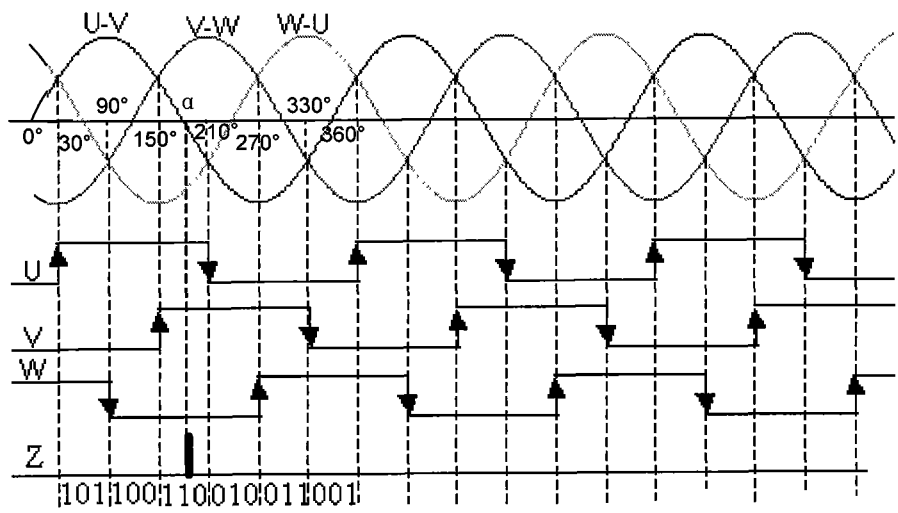


图1