

永磁同步变频电动机在煤矿主运设备上的直驱应用及节能体会

张顺

神东煤炭集团补连塔煤矿运转一队, 内蒙古 鄂尔多斯 017209

摘要: 不断提高永磁材料的性能, 降低自身价格和电机技术发展, 永磁变频电机直接带动皮带输送机的生产。其在煤矿应用中的优势包括: 安全, 可靠, 节能, 低噪音, 低维护率, 智能控制。讨论了直驱永磁变频电机和永磁电机直驱系统的优点。分析了永磁变频电机直接驱动系统的优点。

关键字: 永磁电动机; 同步变频电动机; 煤矿设备; 直驱应用

1、前言

永磁同步变频的电动机实际应用的过程中有着良好的效益, 不仅能够安全可靠的运行, 同时运行的过程中噪声等污染都显著降低, 而且可以进行更加自动化的智能控制过程, 有着重要的应用意义, 文章就此进行分析, 希望可以给有关从业人员以启发。

2、永磁变频系统的主要特点

2.1 直驱电机的特性

典型的变速器由几个机械传动部件组成。由于传动链长, 结构复杂, 成本高, 传输效率低。由于中间传动环的存在, 容易产生机械机构问题, 例如传动刚度降低, 摩擦, 缩回等, 导致非线性误差增加, 容易产生不同程度的弹性变形, 并且降低鲁棒性。直驱电机省去了传统的驱动系统, 采用直驱方式, 具有传动刚度高, 动态响应快, 传动效率高, 定位精度高, 运动噪声控制明显, 零维护等优点。

2.2 永磁电机的特点

永磁电动机的定子结构与异步电动机的定子结构相同。定子线圈产生作用在磁化极上的旋转磁场, 并驱动转子与旋转磁场同步旋转。

3、永磁变频系统的特点

3.1 功率因数高, 效率高

其转子由铜线制成的异步电动机在产生旋转磁场的过程中消耗热能。永磁电动机材料是永磁材料并且不需要能量消耗。这种材料的优点使得两个电机在相同的额定功率和输出功率下具有更高的功率因数, 更高的效率, 更小的启动电流和更小的电网冲击。由于异步电动机的功率因数相对较低, 因此在电动机运行期间需要将大量的无功电流转换成热能, 这导致电力资源的浪费。然而, 永磁电动机具有高功率因数并充分利用电能资源。

3.2 结构简单

由于智能永磁直驱系统不需要减速器, 也不需要考虑驱动齿轮的磨损和噪音, 因此无需检查变速箱和更换机油。智能永磁直驱系统结构简单, 具有减少维护工作量, 简化传动系统结构, 安

装方便, 节省维护费用的明显功能。

3.3 更高的安全性

无传感器矢量控制 (SVC) 在智能永磁直驱系统中的应用, 使系统启动更加均匀, 缓慢。然而, 异步电动机在启动过程中产生大的瞬时电流, 给电网带来很大的影响, 容易导致机械故障和电网故障。智能永磁直驱系统由两台电机驱动, 由主从控制, 确保运行电流和输出功率的一致性, 有效保证电源平衡。因此, 异步电动机在运行过程中会造成电动机损坏和动力不平衡。

3.4 使用寿命更长

在异步电动机的运行过程中, 电流通过转子绕组, 将电能转换为热能, 产生大量热量, 提高电动机的温度, 严重影响电动机的使用寿命。在智能永磁直驱系统中, 定子绕组的无功电流很低, 转子绕组没有电子损耗, 运行效率高。与异步电动机相比, 永磁电动机具有更低的温升和更长的使用寿命。

3.5 安全性和可靠性更强

异步电动机的机械传动包括液压永磁耦合器, 减速器和异步电动机的异步永磁直接驱动系统。传统系统结构简单, 故障率低于异步电动机。智能永磁直驱系统可在过热, 欠压, 过流, 过压等情况下保护系统, 确保系统稳定安全运行。

4、电动机的节能控制

煤矿主运输系统原采用滚筒+联轴器+减速器+异步电机, 采用永磁变频电动直驱系统进行改造。经分析论证得出, 永磁直驱系统效率远高于传统驱动系统, 可使用2台同功率永磁电机代替原来的3台异步电机。拆除原本布置于机头的3套软启动开关、减速器以及异步电机, 改换为2套变频器 (BPJ - 630/1140 伺服控制器) + 永磁电机 (型号为 TBVF - 250/40YC)。经过改造后, 永磁变频电动机经过胀套与带式输送机的滚筒连接, 在变频器拖动下带动带式输送机运行, 经变频器实现对输送机的保护以及正常运行, 煤少时慢转, 煤多时快转, 达到节能、高效的效果。

4.1 模型建立

损耗模型是电机可控损耗的数学模型 (通常是电损耗)。作

为机电换能器，电动机在能量转换过程中产生一定的能量损失。这些损耗包括电动机定子和转子绕组中的电阻（热能）损失，机械摩擦和风阻引起的机械损失，以及电流饱和引起的杂散损耗。损耗模型是机电损失的数学模型。建立电动机损耗模型以便于分析电动机损耗分量并获得减少电动机损耗的控制参数。损耗模型需要分析电机的各种损耗。这是一个复杂的过程。这是一个复杂的模型。输入功率搜索方法直接检测电动机控制系统的直流侧的输入功率，并连续调节电动机控制参数（通常为 I_d ），使输入功率达到最小工作点。

4.2 矢量控制

永磁同步电动机的转矩可分为两部分。第一部分是永磁体通量 Φ ，第二部分，将永磁同步电动机转子凸极结构乘以定子电流转矩分量 q_i 和定子电流励磁分量 d_i ，得到 $2eT$ 。这两部分与永磁同步电动机定子电流力矩分量 q_i 呈线性关系。因此，为了控制电机转速，必须控制电流转矩分量。电流励磁分量 d_i 影响电机的电磁尺寸，通过控制励磁分量可以产生弱磁控制效果。永磁同步电机的坐标变换矢量控制策略与直流电动机非常相似。控制交流电机的转矩时，必须保证良好的磁场控制。永磁同步电动机高性能转矩闭环控制技术主要包括磁场定向矢量控制技术（矢量控制技术，VCT）和直接转矩控制技术（Direct Torque Control, DTC）。矢量控制技术基于转子磁场，直接转矩控制技术基于定子磁场。永磁同步电动机的磁场矢量控制技术分别控制同步旋转坐标系中的定子电流力矩分量 q_i 和定子电流励磁分量 d_i 。

4.3 铁损考虑

首先，建立电动机损耗的数学模型，然后在数学上计算定子绕组磁场磁通或具有最小损耗的励磁电流的参考值，以使电动机

在最佳工作点运行。永磁同步电动机的损耗通常分为铁损（铁芯上的定子绕组损耗），铜损（定子绕组电阻损失），机械损耗（机械摩擦和风阻的机械摩擦）和杂散损耗。机械损失和杂散损耗占电机总损耗的一小部分，使其难以测量和控制。一般损耗模型仅考虑可控铁损和铜损（电损耗）。当电动机运行时，由于电动机的连续运转，电动机的内部温度升高，定子电阻 sR 随温度变化。随着定子电阻 sR 的增加，参考电流 sdi 减小。电机参数的标称值通常用于损耗模型的节能控制方法。定子电阻和电动机电感是恒定的，电流参考值 sdi 仅受转子速度的影响。结果表明，该方法得到的电流参考值很小。它变得越来越大。在线参数识别算法可以实时获得电机参数大小。假设电动机的输出功率恒定并且总输入功率减小，则可以确定电动机损耗功率降低。节能控制可实时识别电机参数，及时更新损耗模型，更准确地计算参考电流，进一步提高节能效率。永磁同步电动机的节能控制算法是基于传统的损耗模型方法，在电阻变化后具有相同的参考电流，导致电动机的输入功率增加。基于参数识别算法的损耗模型节能控制算法可以根据电阻的变化校正参考电流。电机输入功率随电机参数的变化而变化，提高了电机的运行效率。因此，电动机参数的改变导致电动机系统以低效率操作在次优状态。参数识别算法可有效提高损耗模型算法的稳定性，减少参数变化对节能控制的影响，获得更高的节能效率，实现电机的节能控制。系统更接近系统的最佳操作点。

结束语

同步变频的永磁电机现在的应用范围已经越来越广，不仅是采矿行业，船舶制造等行业当中也普遍开始应用了这样的电机，在应用的过程中有着良好的节能效果，可以预见未来会有更加深入的发展。

参考文献：

- [1] 王小丽, 张春花, 李炳才. 永磁同步变频电动滚筒在选煤厂带式输送机上的应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2018, No.225(5):40-41.
- [2] 刘旺.刮板输送机永磁直驱系统机电耦合模型研究[D]. 中国矿业大学, 2018.
- [3] 蓝红日. 直驱永磁电动机在煤矿的应用[J]. 低碳世界, 2018(4):346-347.
- [4] 张春华. 安山煤矿应用直驱永磁电机的必要性[J]. 内蒙古煤炭经济, 2018, 262(17):42-43.
- [5] 李炳才. 基于混合控制式的永磁同步电动机变频调速控制系统[J]. 电气技术, 2019, 20(01):46-51+58.
- [6] 程荣杰. 内嵌式变频永磁同步电动机设计及性能分析[J]. 太原理工大学学报, 2019, 50(02):67-75.