

矫直机变频器电机的选型和使用中注意的问题

吴峰，申喆，朱海军

(马鞍山钢铁股份有限公司设备检修公司,安徽马鞍山 243021)

【摘要】针对马钢第二钢轧总厂型一分厂矫直机变频器电机在选型和使用过程中出现的问题进行了分析、计算,提出了整改方案并予以实施,取得了良好的效果。

【关键词】电机;选型;问题

【中图分类号】TM3

【文献标识码】B

【文章编号】1006-6764(2010)06-0039-03

Selection of Frequency Converter Motor of Straightening Machine and Points for Attention in Use

WU Feng, SHEN Zhe, ZHU Haijun

(Equipment Overhaul Co., Maanshan Iron & Steel Co., Ltd., Maanshan, Anhui 243021, China)

【Abstract】 Selection of frequency converter motor of straighterning machine of No.1 branch plant of No.2 Steel Making and Rolling Plant of Maanshan Iron & Steel Co., Ltd. and points for attention in use were analyzed and calculated. Some improving plans were raised and implemented. Satisfactory effects were achieved.

【Key words】 motor; selection; problem

1 概述

马钢股份公司第二钢轧总厂型一分厂随着快节奏、高速度的生产,特别是在完成蓄热式加热炉的技术改造以后,产能得到大幅度的提升。精整区域所使用的定尺矫直机的矫直速度已经严重制约着生产,并且存在调整质量的问题。为此,我们对该矫直机的控制部分进行技术改造,采用变频器替代原有的电控设备,电机采用变频电机,取得了良好的经济效果。

2 电动机的负载特性

变频器作为一种高效的电动机驱动设备在工业生产中得到广泛应用。我们在改造初期本着节省成本和减少备件品种数量的原则,想尽量使用原有的矫直机电机。其原有电机参数为:型号:JR127-8;额定功率:130 kW;额定转速:730 r/min;额定电流:248 A;额定电压:380 V;功率因数:0.86;额定转矩:2;转子飞轮矩:57 kgm²;效率:92%。

但是采用原有的标准电机在使用过程中发现存在种种问题。比如,电机因发热严重而烧毁,电机的维修使用寿命大大降低,在低速运行时变频器经常跳闸造成停产,设备的成本费用反而大幅增加等等。为此,我们查阅大量资料,对普通标准电机的负载特

性进行了分析。

2.1 电流

标准电机采用变频器拖动同采用工频电源由原来电控设备拖动相比,由于变频器输出电压、电流中所含高次谐波的影响,电机的效率、功率因数降低,电流增加。

2.1.1 对于同一负载,用变频器拖动与工频电源拖动相比,电流约增加 10%。

2.1.2 标准电机的额定电压、额定频率通常用 200 V 或 400 V 的定额来表示,如 200/200/220 V、50/60/60 Hz,设各定额下的额定电流分别为 $I_{200/50}$ 、 $I_{200/60}$ 、 $I_{220/60}$ 或 $I_{400/50}$ 、 $I_{400/60}$ 、 $I_{440/60}$,则各电流有下列关系(50 Hz 时为最大): $I_{200/50} > I_{200/60} > I_{220/60}$ 或 $I_{400/50} > I_{400/60} > I_{440/60}$ 。

因此电机的温升也是 50 Hz 运转时为最大,在 60 Hz 运转时温度有余量。

2.1.3 标准电机用变频器拖动时,作为电机,根据上面(2.1.1)、(2.1.2)在 60 Hz 时可以在额定电流(额定转矩)下使用。

但是,在 50 Hz 时温度余量小,所以必须降低负载转矩使用。另一方面,作为变频器,变频器的额

定电流在电机 60 Hz 时应为额定电流的 110% 以上, 50 Hz 时为额定电流的 100% 以上。

2.1.4 一般的通用变频器, 制造时是考虑对 4 极标准电机的电流值和各参数能满足运转。因此, 当使用额定电流比标准电机大的电机(比如 8 极、10 极等多极电机)时, 就不能仅以电机的容量来选择变频器的容量, 必须检查电流能否通过。

2.1.5 电机负载非常轻时, 即使电机电流在变频器额定电流以内, 也不能使用比与电机容量相对应的变频器小很多的变频器。这是因为电机的电抗随电机的容量而不同, 即使电机电流相同, 电机容量越大的脉动电流也越大, 因此超过变频器的过电流容量。

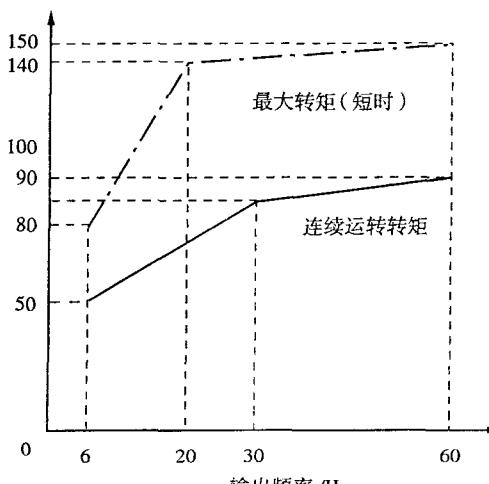
2.2 额定电压、额定频率时的转矩特性

标准电机制造时通常考虑在 50 Hz 和 60 Hz 两种频率下能以额定输出功率运转。

如果把这种 50 Hz、60 Hz 可以通用的电机以两种频率运转, 则:

2.2.1 60 Hz 运转与 50 Hz 运转相比, 额定转速高,

输出转距 /%



(a) 220 V 60 Hz 运转

因而电机本身冷却用风扇的转速也高, 冷却效果变好。

2.2.2 60 Hz 运转与 50 Hz 运转相比, 多在高 10% 的电压下运转(例: 220 V/50 Hz → 220 V/60 Hz), 此时运转电流与 50 Hz 运转相比约小 10% 左右。

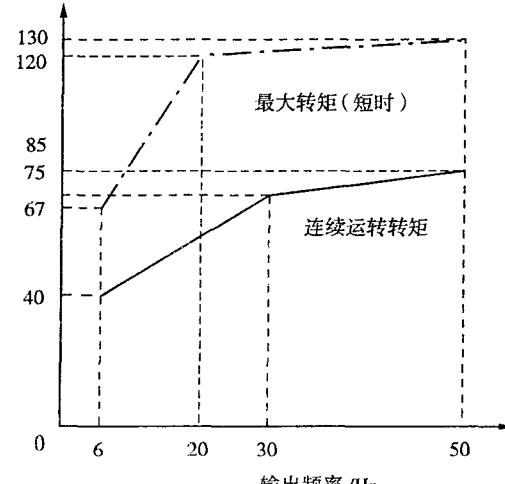
2.2.3 即使 50 Hz 与 60 Hz 运转电压相同, 60 Hz 运转与 50 Hz 运转相比, 空载电流小, 所以运转电流也变小。

因此, 标准电机的 60 Hz 运转比 50 Hz 运转冷却效果好、电流小。因而热(温升)余量大些。

这种标准电机如果采用变频器在与工频电源相同的电压、频率、转矩下运转, 仅由于高次谐波电流变频器运转时温度要增高, 增高的部分如在电机热余量之内则电机可在额定功率下使用, 如超过电机的热余量, 那么就必须减小使用转矩(使用电流)。

如上所述, 标准电机通常 60 Hz 运转时热余量大, 可以在与工频电源传动相同的转矩下使用。50 Hz 时热余量小, 使用转矩必须小于额定转矩。如图 1 所示。

输出转距 /%



(b) 220 V 50 Hz 运转

图 1 标准电机用逆变器传动时的转矩特性

2.3 低速运转时的转矩特性

标准电机采用变频器低速运转时, 对于 V/F 一定的恒转矩控制, 各频率下的运转电流大体同电机的额定频率下的运转电流一样。因此, 主要支配电机温升的铜损也可大体看作相同。

在这种低速运转情况下, 即使电机的铜损大体与额定时相同, 也是速度越低电机冷却效果越差。作为一例, 保持电机产生的损耗不变, 测定冷却风扇速度改变定子绕组温升的结果如图 2 所示。

由图 2 可知, 即使电机产生的损耗不变, 转速降低则定子绕组温升猛增到 2~3 倍, 电机所具有的热

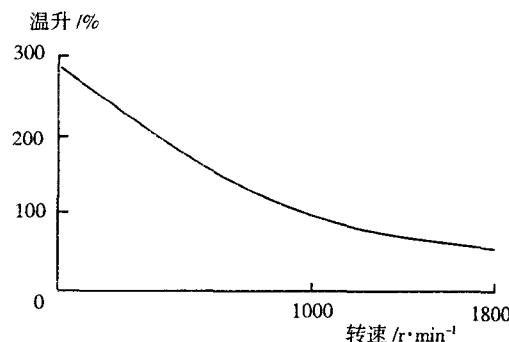


图 2 电机转速与温升的关系

余量到底补偿不了, 温度上升了。因此, 通常标准电机在低速下使用时, 必须与此温升相应地减小运转

转矩(电流),降低铜损使用。

在图1示出标准电机与变频器组合时各频率下的容许连续运转转矩。

但是此范围,根据电机与变频器制造厂家和型式有若干变动,所以要根据所用电机厂家的说明书、技术资料等进行确认。

通常,根据此运转转矩,对于风机、水泵等平方减转矩可以使用,但对于恒转矩负载就必须加大电机与变频器双方的容量,或者选用恒转矩式变频器传动专用电机。

2.4 短时最大转矩

标准电机在额定电压、额定频率下通常具有输出200%左右最大转矩的能力。

这种标准电机如果用变频器运转,其转矩特性有下列限制:

2.4.1 为了保护主回路半导体元件等,变频器设有限流功能和过电流保护功能,以防止超过过电流耐量的电流流过。此过电流耐量通常为变频器额定电流的150%左右,所以电机流过的电流不会超过此值,最大转矩也被限制在150%左右。

2.4.2 在低频区运转时,电机电阻在阻抗中占的比例增大,转矩特性大幅度降低。

由以上两个限制最大转矩的因素所得到的标准电机与变频器组合时最大转矩值的一例示于图1。

从图1可以看出,特别是在低频区最大转矩值变小。在负载变动大或需要起动转矩大等情况下,要注意容量的选择,如使用上一级的电机于变频器等。

2.5 容许最高频率范围

通用变频器中有的可以输出工频以上的频率(例如120 Hz或240 Hz),但标准电机是以在工频下运转为前提而制造的,因此在工频以上频率使用时,必须确认电机容许最高频率范围。通常电机容许最高频率范围受下列因素限制:

- (1)轴承的极限转速。
- (2)风扇、端环等等的强度。
- (3)转子的危险速度。
- (4)其他特殊零件的强度。

2.6 噪声

标准电机用变频器运转时,与工频电源运转相比噪声有些增大。特别是在电机额定转速(频率)以上运转,通风噪声非常大,采用时必须充分研讨。

另外,在低速运转同工频电源相比也有刺耳的金属音(磁噪音)发生,这种磁噪音成问题时,必须选用改善噪音用的电抗器。

2.7 振动

标准电机用变频器运转时,就电机本身来说,同工频电源相比振动并没有大幅增加。但是,把电机安装在机械上,在下列情况下:

- (1)由于含机械系统的固有频率发生谐振时;
- (2)含所传动机械的旋转体不平衡量大时;

往往发生异常振动。此时,需要考虑修正平衡、采用轮辐式联轴器或防振橡胶等措施。

3 变频器专用电机

在上一节我们认真分析了标准电机与通用变频器组合时的情况,但标准电机是按在工频电源下能获得最佳特性而设计的,所以用通用变频器运转时根据用途在特性、强度等方面受到很大的限制。即使频率与工频电源相同电流也增加10%,温升则要提高约20%;在低速区,冷却效果和电机产生的最大转矩降低,必须减轻负载。而我们的矫直机要求在调整时需要带负载低速运转,即要求低速区有100%的转矩或者为了缩短加速时间要求低速转矩增大,而在正常生产时要求高速运转,以提高产量。对于这样用途如果使用标准电机,则电机的容量需要增大,变频器的容量也要增大,技术改造的费用将大大增加。因此,使用为变频器传动用而设计的专用提高转矩特性的变频电机比较合理。费用也大大降低。这种变频电机的转矩特性如图3所示。

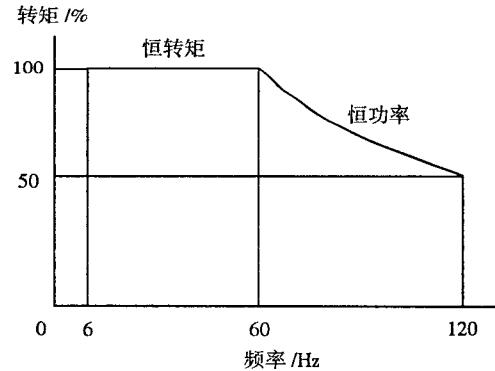


图3 100%转矩专用电机的连续定额范围的示例

最终我们选择了YVP系列变频调速三相异步电动机,其技术参数如下:型号:YVP355M1-6;额定功率:160 kW;额定电压:380 V;额定电流:291 A;额定转速:983 r/min;额定转矩:1554 N·m;堵转转矩倍数:1.25~1.6;最大转矩倍数:2。

该系列电机与通用变频器组成开环系统,采用V/f控制方式,恒转矩调速范围为1:10,低速运转平稳,无转矩脉动,在较小的起动电流下能获得较高的起动转矩;电压不变而升高频率,能实现1:2调速范围的恒功率调速。

(下转第47页)

(从 2.5 万 kW 降至 0.5 万 kW), 由于发电机在“恒无功”方式下运行, 此时无功并不随有功的降低而降低, 而是一直以原先恒定的无功继续运行, 致使发电机电压瞬间升高, 从而导致过电压保护动作跳车。

正常带负荷情况下,由于定子线圈中的负荷电流产生的磁场(电枢反应磁场)和转子磁场共同形成了合成磁场,这时机端电压则取决于合成磁场的大小,如果无功功率平衡,那么机端电压维持不变;如果负荷突然变动,电枢反应磁场变化引起合成磁场的变化,机端电压就会波动,则需即时调节励磁电流来调整转子磁场的大小使合成磁场保持不变,以维持机端电压不变。

3.3 控制思路不完整

设备厂家将保护定值及励磁系统控制参数均按照单纯火力发电厂运行要求进行设置，而没有考虑到热电厂不仅仅是发电厂还是自备电厂（保安电厂）的功能，因此参数的设定不能完全满足自备电厂发电机运行要求。

3.4 孤网判据

由于热电 I 线进线开关运行状态没有引至 505E 作为孤网判据，热电 I 线在跳闸后发电机大幅甩负荷至 0.5 万 kW 时，汽轮机调速汽门依然按照原先约 2.5 万 kW 的负荷控制进气量进汽，致使发电机超速，造成发电机高频保护跳车。

4 形成整改意见

- 4.1 将发电机运行方式调整至“恒机端电压运行”。
 - 4.2 将发电机高频保护由原来的 52 Hz、0.5 s 调整至 53 Hz、3 s。
 - 4.3 将发电机过电压保护定值由原来的 125 V、0.5 s 调整至 130 V、1.5 s。

(上接第 41 页)该系列电机降温风扇自成系统,不受电机低速运转影响。该系列电机带有光电编码器和测速发电机,为今后闭环系统自动化生产留下了伏笔。

4 结束语

随着变频器和变频电机在矫直机上的成功应用,解决了第二钢轧总厂中型一分厂生产的瓶颈问题。该系统改造以前,(以5#角钢为例)原来的电机转速为730 r/min,减速比为7.167,矫直辊的线速度约为2.878 m/s。班产要达到440 t(班产记录)大约需要11.2 h,而现在采用变频电机其转速为983 r/min,若采用恒功率调速,转速可达1000 r/min以上,现在班产440 t只需7~8 h即可完成。矫直速度大为提高,产量也大幅度提高。同时,在调整时,我

4.4 解除发电机出口的低周低电压保护。

4.5 发电机孤网判据只考虑 35 kV 两条进线（热电 I、II 线）、35 kV 母联及 1# 主变失电情况。

4.6 确认 505E 控制系统

505E 的控制原理是采用 PID 算法控制，运行人员应了解它控制转速的基本原理。505E 转速控制只要一个转速信号输入，一个控制信号输出就可以了，其基本流程：设定一个给定值→将接收到的一路或两路转速信号取较高值→根据上述两个值进行 PID 计算，算出电流增量→再在原输出电流上叠加上电流增量就是新的输出电流→输出电流转换成油压信号→油压转换成油动机的位移量→油动机控制调节阀改变进汽量→转速改变。

调整汽轮机的进气量就调整了频率，如此循环来消除转速实际值与给定值之间的差值。

最终要确定 505E 控制系统是否满足发电机并网前调节转速，并网后调节有功负荷，孤立网后调节频率的控制方式。

5 结论及实施效果

整改后型钢 25 MW 发电机组进入随时可能孤立网运行的考验。2009 年 7 月 28 日强雷雨天气下，35 kV 热电 I 线保护跳闸，该发电机成功实现孤网运行 35 min，在恢复外部电源后重新并网运行，确保了高炉送、引风机等重要设备电源的连续供应，未造成高炉休风事故的发生。实践证明经改造后，型钢 25 MW 发电机组运行可靠，可在外部电源故障情况下实现孤网运行，为生产保驾护航，为莱钢其他区域发电机组提供了借鉴经验。

收稿日期:2010-06-23

作者简介:鲁南(1976-),男,大学本科学历,工程师,现从事电气专业技术和供电运行管理工作。

我们可以把电机速度降为 20 ~ 50 r/min (对应频率为 8 ~ 15 Hz), 产品的调整质量也大大提高。而且调整时的安全性能也大大增加。

随着各种调速控制技术在轧钢生产中的应用，必将为钢铁企业的辉煌增添风采。

[参考文献]

- [1] 刘美俊. 变频器的应用与维修[M]. 广州:广州华南理工大学出版社, 2003.
 - [2] 电工手册编写组. 电工手册(修订本)[M]. 北京:北京石油工业出版社, 1992.
 - [3] 顾绳谷. 电机及拖动基础[M]. 北京:机械工业出版社, 1979.

收稿日期:2010-05-24

作者简介:吴峰(1955-),男,副高级工程师,现从事电气设备管理工作。