

# 同步电机失步浅析

朱小平, 李前, 邱庆利, 李曙光, 赵丽华  
(型钢炼铁厂)

**摘要:**通过对 $400\text{ m}^2$ 烧结机 $1^*$ 主抽风机同步电机励磁失步跳闸现象分析,总结出引起同步电机失步的三类原因,并进行相应处理,基本消除 $1^*$ 主抽风机电机励磁失步跳闸故障。

**关键词:**同步电机 励磁 失步 主抽风机

## 0 前言

随着工业的迅速发展,大功率拖动设备在各行各业广泛应用。相比异步电机,同步电机自身具有功率因数较高的特性,为此,同步电机现也被多数大功率设备制造厂家所青睐。

## 1 现状

型钢炼铁厂 $3^*400\text{ m}^2$ 烧结机配套两台主抽风机同步电机均为 $8700\text{ kW}$ ,自2009年12月底投产以来, $1^*$ 主抽风机多次出现失步跳闸事故,严重影响了烧结系统的正常生产。

## 2 同步电机稳定运行要求

同步电动机的定子三相对称绕组接到三相对称电源上时,就会产生三相合成旋转磁通势,简称电枢磁通势,用空间向量 $F_a$ 表示。设电枢磁通势 $F_a$ 的转向为逆时针方向,转速为同步转速。假定同步电动机的转子也是逆时针方向以同步转速旋转着,并在转子上的励磁绕组里通入直流励磁电流 $I_f$ 。由励磁电流 $I_f$ 产生的磁通势,称励磁磁通势,用空间向量 $F_0$ 表示。由于励磁电流 $I_f$ 是直流,励磁磁通势 $F_0$ 相对于定子也以同步转速逆时针方向旋转。可见,作用在同步电动机的主磁路上一共有两个磁通势:一为电枢磁通势 $F_a$ ;一为励磁磁通势 $F_0$ ,二者都以同步转速逆时针方向旋转,即所谓同步旋转。

当同步电动机拖动机械负载运行在 $Q=0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围内,电动机运行于 $Q_1$ 见图1所示,这时电磁转矩 $T$ 与负载转矩 $T_l$ 相平衡,即 $T=T_l$ 。由于

某种原因,负载转矩 $T_l$ 突然变大了,为 $T'_l$ 。这时转子要减速使 $Q$ 角增大,例如变为 $Q_2$ ,在 $Q_2$ 时对应的电磁转矩为 $T'$ ,如果 $T'=T'_l$ ,电机就能同步运行。不过这时运行在 $Q_2$ 角度上,如果负载转矩又恢复为 $T_l$ ,电动机的 $Q$ 角恢复为 $Q_1$ , $T=T_l$ ,所以电动机能够稳定运行。

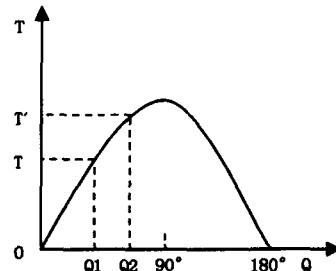


图1 电动机拖动机械负载运行 $0^\circ \sim 90^\circ$ 时运行曲线

当同步电动机拖动机械负载运行在 $Q=90^\circ \sim 180^\circ$ 的范围内,电动机运行于 $Q_3$ 如图2所示,这时电磁转矩 $T$ 与负载转矩 $T_l$ 相平衡,即 $T=T_l$ 。由于某种原因,负载转矩 $T_l$ 突然变大了,为 $T'_l$ 。这时 $Q$ 角要增大,例如为 $Q_4$ 。但 $Q_4$ 对应的电磁转矩 $T'$ 比增大了的负载转矩 $T'_l$ 小,即 $T' < T'_l$ 。于是电动机的 $Q$ 角还要继续增大,而电磁转矩反而变得更小,找不到新的平衡点。这样继续的结果,电机的转子转速会偏离同步速,即失去同步。

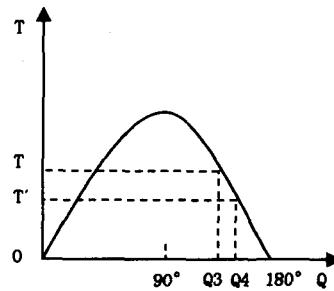


图2 电动机拖动机械负载运行 $90^\circ \sim 180^\circ$ 时运行曲线

**作者简介:**朱小平(1981-),男,2006年毕业于陕西理工学院电气自动化专业。助理工程师,主要从事电气设备技术管理工作。

### 3 引起同步电机失步原因

引起同步电机失步原因大概分为三类,分别为:过励失步、欠励失步、断电失步。

#### 3.1 欠励失步

欠励失步主要是由于转子励磁回路某处断路或接触不良、励磁绕组匝间短路、励磁机或晶闸管励磁系统发生故障等原因,使同步电动机的励磁绕组失去直流励磁或严重欠励磁,转子磁场滞后旋转磁场很大角度使同步电动机失去静态稳定,滑出同步。电动机发生欠励失步时,丢转不明显,负载基本不变,定子电流过流不大,电机无明显异常声音,继电器往往拒动或动作时间大大加长。而励磁机或晶闸管励磁系统发生故障最为常见,主要表现在起动可控硅误导通,插件接触不良,脉冲丢失,三相电流丢波缺相,不平衡,励磁电流、电压不稳定,造成转子失去直流励磁电流,使转子磁场消失。欠励失步一般不能被值班人员及时发现,待发现电机冒烟时,电机已失步了相当长时间,并已造成了电机或励磁装置的损伤损坏。电机的欠励失步,大多不当初损坏电机,而是造成电机设备的内部暗伤,经常出现电机冒烟后,查不出毛病,电机还能再投入运行。但线棒的绝缘已受了很大的损伤。欠励失步主要会引起电机转子绕组,尤其是起动绕组(阻尼条)的过热、变形、开焊,甚至波及到定子绕组端部。电机欠励失步时在转子回路还会产生高电压,造成励磁装置主回路元件损坏,引起灭磁电阻发热。严重时甚至造成整台励磁装置烧坏事故。

#### 3.2 过励失步

过励失步主要是由于相邻出线端头短路故障、附近大型机组或机组群起动或自起动引起母线电压较长时间较大幅度的降低、电动机所带负载的大幅度突增以及起动过程中励磁系统过早投励等原因所引起。电机在过励失步时,励磁系统虽仍有直流励磁,但励磁电流及定子电流都很大并且产生强烈脉振,转子磁场超前旋转磁场很大角度,有时甚至产生电磁共振和机械共振。过励失步大多引起电机产生疲惫效应,引起电机内部暗伤,并逐步积累和发展。过励失步所造成电机损伤主要表现在:定子绕组绑线崩断,导线变酥,线圈表面绝缘层被振伤,并逐步由过热而烤焦、烧坏,甚至发展成短路;转

子环连接部位开焊变形;转子磁极的燕尾楔松动,退出;电刷滑环松动;定子铁芯松动。运行中噪声增大;严重时甚至出现断轴事故。

因为烧结工艺要求的特殊性,烧结机工艺的料层厚度、密度、烟气温度、风机风门开度、风机本身振动、摩擦等因素变化引起风机负载突变,都可导致烧结主抽风机的同步电机励磁过励失步。

#### 3.3 断电失步

断电失步主要是由于外部供电系统跳闸及人工切换电源时,使交流电机供电电源输送渠道短暂中断而导致。在电源中断又重新恢复期间,同步电动机转子转速不断降低,电源重新恢复时,转子磁场的转速低于定子磁场的同步转速。它对电机的危害是非同期冲击。这种冲击的大小,与系统容量,线路组抗,电源中断时间、负载性质,非凡是在电源重新恢复瞬间的电气分离角有关。所以这种冲击有可能使电机当场损坏,也有可能根本感觉不到。这种运行状态是最为危险的。

### 4 解决方案

#### 4.1 励磁机增加 EPS 电源供电

利用停机检修机会,多次对励磁柜中的电气元件检查紧固。并给 1#主抽风机的励磁机电源回路串联 EPS 专门供电,防止外部大功率设备启动引起电网电压大幅波动。

#### 4.2 更换励磁控制器

经过多次现场观察、检测,发现励磁柜中的励磁控制器本身插件易松动,励磁控制器中的晶闸管偶尔会误导通。2010 年 9 月中旬,将 1#主抽风机励磁柜中原励磁控制器整套更换。

### 5 结语

更换 1#主抽风机励磁机励磁控制器以后,1#主抽风机再也没有失步跳闸,有效保证了 400 m<sup>2</sup> 烧结机安全、可靠、稳定生产。

### 参考文献

[1] 李发海,王岩. 电机与拖动基础. 北京:清华大学出版社, 2003.

特邀编辑:丁利生

(下转第 17 页)

渣碱度;②提高炉渣氧化性,即提高渣中(FeO)含量,FeO最佳值在12%~18%,如图4所示,这是由FeO在炉渣中的双重作用决定的;③脱磷由反应式看出是放热反应,低温对脱磷有利。

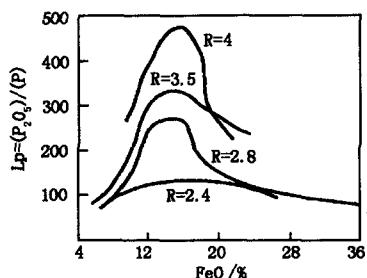


图4 渣中FeO对Lp的影响

由表1可知,加入的前期溢出渣的碱度在2.0左右,(FeO)含量也达到了17%以上,利于前期渣的形成,而且大批量替代废钢加入炉内降低了熔池前期温度,为脱磷创造了条件,因此,前期溢出渣循环利用有利于磷的去除。

#### 4.3 提高金属收得率

前期溢出渣中(FeO)含量也达到17%以上,渣中游离铁珠按每炉加溢出渣1500 kg,回收率按90%

计算,每炉可回收金属284 kg。

#### 4.4 利于炉体维护

前期溢出渣和废钢一起加入炉内,通过摇炉使溢出渣平铺渣面,在兑铁时,有效减轻铁水对渣面的机械冲刷,从而减轻炉衬侵蚀,降低耐材消耗。

### 5 结论

通过对其冶炼特点的分析,本着“前期早化渣过程化渣及终渣化透”的原则合理控制枪位、氧压及渣中FeO的含量,确立的操作模式经过大量跟踪实践,较好解决了转炉冶炼前期溢出渣循环利用的难点,充分发挥其优点,节约耐材及石灰消耗,提高金属收得率,实现含铁固体资源短流程直接利用。

### 参考文献

- [1] 黄希祐. 钢铁冶金. 北京:冶金工业出版社,2007.
- [2] 冯捷,贾艳. 转炉炼钢实训. 北京:冶金工业出版社,2001.
- [3] 王齐铭. 金属提取冶金学. 西安:西安地图出版社,2003.

特邀编辑:张永青

## Development of Cycling Application of Overflow Slag at Earlier Stage of Converter Steelmaking Process

Li Jun, Li Jianping, Ji Rundong, Gou Xinyong  
(The Steelworks)

**Abstract:** Through controlling lance position, slag materials and oxygen pressure, the splashing problem in cycling application of overflow slag at earlier stage of converter steelmaking process was effectively resolved, and a new way of cycling economy was explored for a economical and cleaner converter production.

**Key words:** converter; overflow slag; cycling application

(上接第14页)

## A Study on Out-of-step of Synchronous Motors

Zhu Xiaoping, Li Qian, Qiu Qingli, Li Shuguang, Zhao Lihua  
(The Ironworks)

**Abstract:** On analyzing the trip phenomenon for underexcited out-of-step of synchronous motors of 1# main exhauster in 400 m<sup>2</sup> sintering machine, three reasons causing out-of-step of synchronous motors were summarized, and by making corresponding treatments according to the reasons, the trip faults for underexcited out-of-step of synchronous motors in 1# main exhauster were basically eliminated.

**Key words:** synchronous motor; excitation; out-of-step; main exhauster