

6SE70逆变器IGBT故障分析与对策

张振亚¹, 姜红²

(1. 石家庄钢铁有限责任公司, 河北 石家庄 050031; 2. 河北科技大学 信息与工程学院, 河北 石家庄 050054)

摘要: 针对某公司小型棒材连轧6SE70系列传动柜频繁发生IGBT爆管问题, 具体分析了引发故障的设计容量不足、控制电路故障、操作原因、编码器和柜体安装缺陷五大主要原因, 并介绍了所采取的针对性的预防措施。经过近几年的攻关, 该故障已经得到有效控制。

关键词: 绝缘栅双极型场效应管故障; 容量不足; 电流突变; 编码器; 柜体拆装

中图分类号: TP2017 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19457/j.1001-2095.dqed19144

Analysis and Countermeasures for IGBT Failure of 6SE70 Inverter

ZHANG Zhenya¹, JIANG Hong²

(1. Shijiazhuang Iron & Steel Co., Ltd., Shijiazhuang 050031, Hebei, China; 2. College of Information Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050054, Hebei, China)

Abstract: Aiming at that the IGBT failure may be occurred frequently in the 6SE70 series cabinet of small size bar rolling line of one company, five main reasons such as the lack of design capacity, control circuit failure, misoperation, encoder and cabinet installation defects were analyzed in detail, and the preventive measures were introduced. After recent years of research, the fault has been effectively controlled.

Key words: insulated gate bipolar transistor (IGBT) failure; capacity shortage; mutation current; encoder; cabinet installation

某公司小型棒材连轧传动设备于1999年自德国西门子引进, 轧机主传动采用西门子6SE70系列装机柜型逆变器, 全线采用鼠笼交流电机^[1]。自投产之始, 每年都会发生多起IGBT爆管事故, 对生产造成很大影响, 该问题曾专门请德国专家到现场解决并采取了一些措施, 但故障次数并未明显减少, 多年来该问题一直困扰着公司的生产。通过公司近几年的技术攻关, 该故障已经得到有效控制, 本文就故障原因及采取的对应措施分别予以介绍。

1 设计容量不足

某公司小型棒材连轧线传动系统由德国西门子公司的设计人员设计, 其主传动设备选型从事纺织行业及爆管数据如表1所示, 除1[#], 2[#]传动柜功率选型大于电机功率外, 其余柜体功率选型均小于电机功率, 且这些柜体故障率畸高(不包

含外部原因导致的故障)。2005年该公司大型棒材连轧线亦引进了西门子6SE70系列传动柜, 其主传动设备选型及爆管次数统计数据见表2, 其传动柜功率均大于电机功率, 相比小型连轧线IGBT事故次数明显减少。从2条生产线IGBT爆管统计数据可见: IGBT爆管与传动柜/电机功率比存在直接关系, 小型棒材连轧线传动柜在设计时功率选型明显偏小, 传动/电机功率比为1/0.86的传动柜爆管次数为0, 按照这一标准进行电气传动配置比较可靠。

表1 小型生产线IGBT爆管次数统计表

Tab.1 Statistics of IGBT breakdown frequency in small size bar production line

主传动序号	1~2	7, 9, 11, 13	3~6, 8, 10, 12, 14~18
传动功率/kW	800	1 200	1 000
电机功率/kW	690	1 235	1 040
传动柜/电机比	1:0.86	1:1.03	1:1.04
爆管次数	0	12	18

表2 大型生产线IGBT爆管次数统计表
Tab.2 Statistics of IGBT breakdown frequency

in big size bar production line					
主传动序号	1~3	4~5/8~15	6~7	16~17	18~19
传动功率/kW	1 000	1 300	1 000	1 000	200
电机功率/kW	890	1 205	890	950	110
传动柜/电机比	1:0.89	1:0.93	1:0.89	1:0.95	1:0.55
爆管次数	0	1/1	1	1	0

传动柜重新改型所需资金巨大,生产上也不允许,故只能采取其他措施。

逆变器的功率元件IGBT散热能力好坏是传动柜可靠工作的主要条件^[2-6],依据《SIMOVERT MASTERDRIVES Vector Control设计指南》中西门子传动柜工作温度与允许长期运行电流之间的对应关系可知(如图1所示),传动柜工作温度 T 越低,传动柜的校正系数 K_T 就越高,允许长期运行的电流就越高。

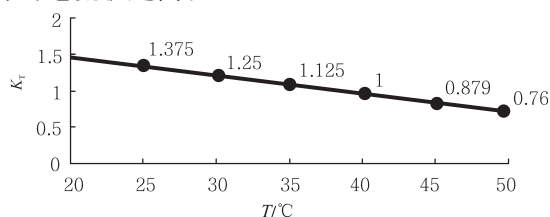


图1 传动柜工作温度与校正系数关系图

Fig.1 Relation diagram of working temperature and correction factor of cabinet

若使小型连轧传动/电机功率匹配最差的1 000 kW传动柜达到1/0.86,则需增容系数为

$$\begin{aligned} \text{增容系数} &= \left(\frac{\text{电机功率}}{\text{传动/电机比率}} - \text{传动功率} \right) / \text{传动功率} \\ &= (1\,040/0.86 - 1\,000) / 1\,000 = 0.21 \end{aligned}$$

由成线形比例关系的 K_T-T 曲线可知:工作温度降低 10°C ,校正系数提高0.25,则需降温幅度如下:

$$\text{降温幅度} = (0.21/0.25) \times 10^\circ\text{C} = 8.4^\circ\text{C}$$

传动柜内最高温度一般为 60°C 左右,则欲使传动柜满足要求需将柜内工作温度降至 51.6°C 。

对于小型连轧线,采取如下措施:

1) 增加传动柜室内空调数量以降低柜体的环境温度。购置大功率空调4台,安装于电气室另一侧(原空调只在单侧安装),保证全室制冷能力均衡,新增2台溴化锂中央空调,确保室内温度不超 25°C 。

2) 每台传动柜增加一台轴流风机,提高柜内冷却气流流速,以增强柜体的散热能力。采取上述措施后,通过柜内自带的Pt100热电阻检测柜内最高工作温度由原来的 60°C 左右下降为 49°C 左右,实现了预定目标。

2 控制电路故障

对于棒材连轧传动设备来说,正常轧制过程中,传动柜电流一般比较平稳,不会产生幅度较大的电流突变,由多年的设备维护经验可知,电流突变现象与传动设备异常紧密相关,比如逆变器的触发板、IVI电路板性能不良造成1相IGBT触发延迟或关断延迟,即会引起逆变器输出电流的无规律突变,如图2所示电流曲线中的 a, b, c 点。该突变电流峰值由于未达到电流报警阈值,逆变器并不报警,但该问题一般在持续 $2 \sim 4$ d后,即会引发IGBT爆管,造成重大设备事故。

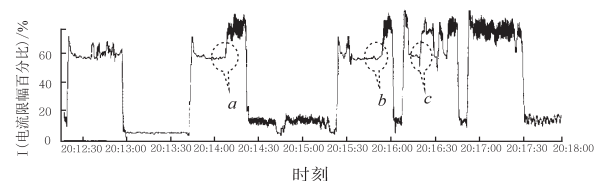


图2 轧制过程中逆变器电流突变曲线

Fig.2 Mutation waveform of inverter current in rolling process

如果能对传动电流进行实时监测,并对异常的突变电流及时发出报警,做到早发现、早处理,即可有效避免故障的发生。

在1根坯料的轧制周期内(由逆变器输出力矩参数判断轧制周期的开始和结束,比如力矩大于/小于20%额定力矩,判定为周期的开始/结束),对传动电流按一定的采样周期(例如50 ms)进行采样并存储,对设定采样区间内(例如10个采样周期)首次出现的最大电流值与前期最小电流值进行比较,当差值超过设定的报警阈值即发出报警。

该检测方法简单有效,近2年内已成功避免了2起由此引发的电气传动事故。

3 操作因素

对爆管事故发生后的EDAS装置的历史记录分析可以发现,IGBT故障与过流次数、过电流幅值存在直接关系。由于小型连轧线加热炉结构原因,其加热后的坯料头尾温度较低,致使头尾轧制电流频繁超限而爆管;轧线发生卡钢时,事故处理时间长导致轧辊间轧件温度变低,在手动点动轧机退出废钢时发生过流爆管;紧急情况下进行“急停”操作,交流进线开关断开,交流电机原有的反电动势与感生电动势叠加,高峰值电压施加于IGBT模块,极易造成爆管^[7-8]。

鉴于小型连轧传动柜设计容量偏小的不足,减小其工作负荷电流也是一种弥补措施。将传动柜过电流报警值由原来的110%降低为90%,生产过程中传动柜出现报警时,规定必须通过适当增大报警架次的轧机辊缝、降低轧机轧速或停产进行坯料升温等措施保证传动柜工作电流降低至报警值以下。

将手动点动轧机时的电流最大限幅设置为100%,若达到最大限幅值,则PLC控制传动柜直接停机。

非特殊情况下禁止采用“急停”操作,而采用“快停”操作,降低爆管几率。

4 编码器因素

该生产线电动机采用矢量双闭环控制方式^[9],内环为电流环,外环为速度环,当编码器由于线断、丢转、偏心量大、部件损坏等测速回路故障导致电流增大时,由于传动柜自身的检测功能会自动保护停机,一般不会引发IGBT故障。但在更换编码器时,如果接线时转向接反,原来的控制方式由转速负反馈变为转速正反馈,送电运行时通过逆变器IGBT的电流会急速跳升,柜体的自检保护功能来不及封锁触发脉冲而使IGBT爆管。

为了防止该故障发生,在编码器接线完毕送电试车前,必须要手动盘车,确保电机实际旋转方向与传动柜PMU显示转向一致。

5 柜体安装缺陷

为了防止因为传动柜内部灰尘积累导致IGBT爆管,该生产线一般2 a之内所有柜体均解体清扫一遍,在清扫完成之后投入运行的1~2周内,IGBT爆管率很高。其原因一般是在组装过程中造成的柜内元件连接松动、紧固件变形、线路断股虚接等因素导致。改进措施如下:

1)封闭电气室除门以外的所有孔道,最大程度减少外来粉尘进入;制定并严格执行室内保洁

制度,保证柜外环境清洁,以减少柜内灰尘积聚,延长清扫时间间隔。

2)传动柜在设计上已经考虑到工业应用环境,有较强的环境适应性,柜体解体清扫对传动柜稳定运行影响很大,不宜清扫过频,考虑清理周期延长至5年甚至更长。

3)故障柜体拆装时使用专用工具,作业过程要仔细认真并由专人严格把关,确保安装质量。

6 结论

某公司小型棒材连轧西门子传动柜在历史上曾频繁发生IGBT故障,对生产影响很大,经过多年来的摸索实践,对IGBT爆管的几大原因有了较深认识并采取了针对性的预防措施,自2017年年初至今的1 a多时间里,传动柜运行平稳,证明了所采取措施是非常有效的。

参考文献

- [1] 秦友刚. 倍尺飞剪过流现象分析[J]. 电气传动, 2014, 44(2): 73-74, 80.
- [2] 杜毅, 廖美英. 逆变器中IGBT模块的损耗计算及其散热系统设计[J]. 电气传动自动化, 2011, 33(1): 42-46.
- [3] 毛鹏, 谢少军, 许泽刚. IGBT模块的开关暂态模型及损耗分析[J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(15): 40-47.
- [4] 邹高域, 赵争鸣, 袁立强, 等. 双PWM变频器中的IGBT模块损耗[J]. 清华大学学报, 2013, 53(7): 1011-1018.
- [5] 景巍, 谭国俊, 叶宗彬. 大功率三电平变频器损耗计算及散热分析[J]. 电工技术学报, 2011, 26(2): 134-140.
- [6] 许铭伟, 周维维, 杜雄, 等. 三相逆变器中绝缘栅双极型晶体管模块结温仿真评估[J]. 重庆大学学报, 2014, 37(2): 37-45.
- [7] 谢可夫. 瞬时电压骤降时三相感应电动机瞬态分析[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2003, 26(4): 47-50.
- [8] 黄俊, 王兆安. 电力电子变流技术[M]. 第3版. 北京: 机械工业出版社(北京), 2011.
- [9] 李全. 通用变频器组成的转速、转子电流双闭环控制变频调速系统[J]. 电气传动, 1997, 37(5): 7-9.

收稿日期:2018-05-31

修改稿日期:2018-08-20