

高压变频器移相变压器绝缘故障现象分析

Phenomenon Analysis of Insulation Failure of Phase-Shifting Transformer of High Voltage Frequency Converter

洪伟
Wei Hong

宝武集团八钢公司股份炼铁厂二炼铁分厂 中国·新疆 乌鲁木齐 830022

No. 2 Ironmaking Branch of Baowu Group Eight Iron and Steel Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830022, China

摘要: 论文通过对 10kV 高压变频器故障进行分析,旨在说明移相变压器内部绝缘故障可能引发的故障现象,以便为同行进行运行维护提供参考。

Abstract: Based on the fault analysis of 10kV high voltage frequency converter, this paper aims to explain that the internal insulation fault of phase-shifting transformer may cause fault, so as to provide reference for the operation and maintenance of the same industry.

关键词: 高压变频器;移相变压器;绝缘

Keywords: high voltage frequency converter; phase-shifting transformer; insulation

DOI: 10.36012/etr.v2i6.2051

1 引言

高压变频技术的发展使用已有很多年的历史了,各厂家变频器自诊断技术也较为完善,但是现场仍然存在一些使用说明书中无法给出的故障处理,论文通过对现象的分析及逐步排查,从迷乱的故障现象中逐步拨云见日,真正发现问题本质。为了能清晰地分析问题,首先来需要了解当下主流变频器的工作原理,在此以 10kV 高-高电压源型变频器为例,其工作原理如图 1 和图 2 所示。

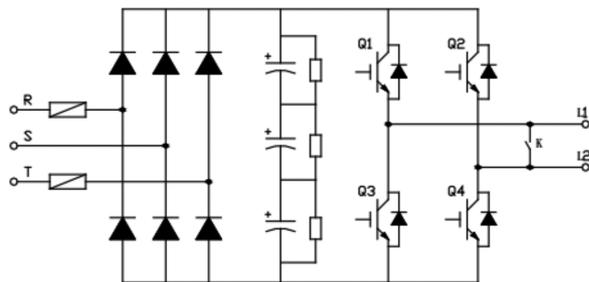


图 1 功率单元工作原理

以中国某系列通用高压变频器为例,该调速系统采用功率单元串联多电平技术,属于高-高电压源型变频器。变频器主要由移相变压器、功率模块和控制单元三部分组成,与现

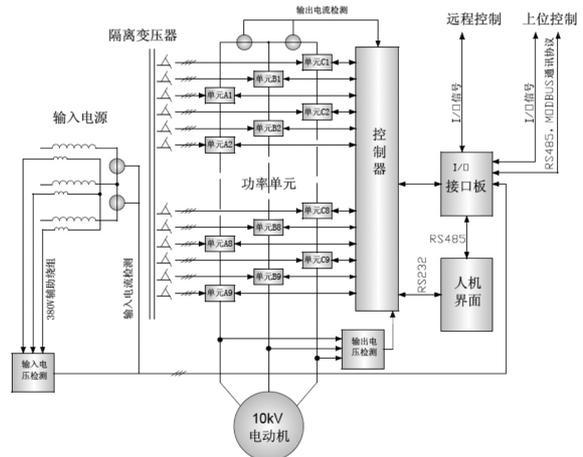


图 2 变频器工作原理

场高压控制柜、旁路柜、I/O 接口、工业控制计算机共同完成对异步电动机的数据采集及控制。变频器系统图如图 1 所示,变频器输入侧采用多重化移相变压器实现隔离和谐波抵消,无须功率因数补偿、谐波抑制装置,多脉冲整流技术的应用使变频器电网侧谐波可满足 IEEE 519—1992 标准和 GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》。变频器输出采用多个功率单元移相式 PWM 波形输出串联叠加,得到多电平高

【作者简介】洪伟(1973~),男,广东梅州人,电气工程师,从事工业电气自动化研究。

压,实现较低的输出电压谐波、共模电压和 dv/dt ,无须附加输出滤波装置,不会对电机的绝缘、轴承造成损害,可直接驱动普通鼠笼式、绕线式异步电动机和同步电机。

变频器的额定输入/输出电压为 10kV。输入端隔离变压器采用干式变压器,采用强制风冷冷却,原边绕组采用 Y 接法,与进线高压直接连接,副边绕组采用延边三角形接法,副边绕组间有一定的相位差,副边绕组为功率单元提供电源,绕组间相位差由功率单元数量而定。

10kV 变频器每相 9 个功率单元串联,功率单元经串联叠波升压后,三相的第一个单元短接成 Y 接中心点,中性点悬浮,三相的第九个单元即为变频器的三相高压输出。单个功率单元额定电压 640V,副边个绕组彼此独立,绕组组数与原边电压等级相关,延边三角形移相变压器联结。

2 事故描述

9 月 22 日,12 点 22 分 A 高炉除尘风机无故障停机,上电二次开机一次,起机失败,报 C3 功率单元光纤故障,后确认为功率单元故障,更换 C3 功率单元,更换完毕上电试车,再次报 C7 将功率单元过电压故障,启动三次未启动起来,更换 C7 功率单元;再次起机,又报 B3 故障,更换 B3 功率单元,再次启动报 C7 功率单元过电压故障,又上电试车任然报 C7 过压故障,将 C8 功率单元换在 C7 上,试车依然报 C7 故障。此时考虑到负载可能对变频器产生影响,于是决定负载侧断开,分头进行故障排查。将拆除除尘风机电机接线,测量电机直流电阻测试 0.0753Ω ,三项阻值误差合规,绝缘 $10G\Omega$ 以上,排除电机故障。

根据变频工作原理将所有单元 L-与 L+,断开单独测量触发后功率单元的输出电压都正常。先后更换了 C 组光纤触发板、通信板,但是变频始终报 C7 过压故障,故障原因依旧没有发现。恢复直流母线连接,不带电机,并将 C7、C8 功率单元拆除,再次上电故障解除。恢复 C7、C8 再起,故障再现。更换光纤触发模块底板,上电试车故障依旧,初步排除由于功率单元故障造成的过电压。

检查移相变压器 C6、C7、C8 线圈之间绝缘,在功率单元输入侧移相变压器延边三角侧拆除电缆,短接三项电缆、用 1000V 兆欧表测量发现 C6、C7 移相变压器线圈短路,它们与 C8 功率单元对应线圈绝缘正常。检查 C6、C7 线圈与功率单

元接线及内部可见连线,未见异常放电痕迹,继续拆解发现在 C6、C7 绕组间可见一螺栓卡于线圈之间,且一时半会无法取出。

鉴于现场情况拆除一组功率单元(A7/B7/C7)降频率运行,依据 A 铁口风机开起运行实际负载情况,并要求风机频率控制在 40HZ,密切观察电机温度及电机电流,电流控制在 130A。

3 事故原因分析

首先直观判断为 C3、C7、B3 功率单元故障,但经过进一步分析,C3、C7、B3 功率单元故障的原因不在功率单元,而在前端移相变压器 C6、C7 线圈短路。整流变压器二次侧 C6、C7 线圈相间短路,造成系统电源电压存在叠加。正常状态下输入电源端 R、S、T 接变压器二次线圈的三相低压输出,以 A6、B6、C6 为例,三相二极管全波整流为直流环节电容充电,电容上的电压提供给由 IGBT 组成的单相 H 形桥式逆变电路(见图 2)。

功率单元通过光纤接收信号,采用空间矢量正弦波脉宽调制(PWM)方式,控制 Q1~Q4 IGBT 的导通和关断,输出单相脉宽调制波形。每个单元仅有三种可能的输出电压状态,当 Q1 和 Q4 导通时,L1、L1 和 L2 的输出电压状态为 1;当 Q2 和 Q3 导通时,L1 和 L2 的输出电压状态为-1;当 Q1 和 Q3 或者 Q2 和 Q4 导通时,L1 和 L2 的输出电压状态为 0。

功率单元具有单元旁路功能,当某个单元发生熔断器故障、过热和 IGBT 故障而不能继续工作时,该单元及其另外两相相应位置上的单元将自动旁路,此时 Q1~Q4 封锁输出,可控硅 k 导通,以保证变频器连续工作,并发出旁路告警^[1]。

当功率单元输入端发生短路,如 C6 与 C7 短路,那么致使原来施加在 C6、C7 两个线圈绕组上的电压发生叠加致使全波整流输入端发生电压升高,同样在整流输出端直流电压也会发生升高,最初 C6 线圈与 C7 线圈之间存在非金属性短接,输出端故障不明显,故障执行不明确,当 C6 线圈与 C7 线圈之间异物在电磁应力作用下发生绝缘损坏、进而产生金属短路时,处在直流母线侧的电压检测回路检测到异常电压发出过电压报警。按照 10kV 电压单项 9 组功率单元,单个功率单元电压 640V,全波整流后典雅 904V,整定过电压检测规则为,当直流母线电压大于 1150V 时发出过电压报警。有上述可知发生过电压时极易造成直流电容充电环节发生击穿故障。

4 处理措施与方法

①用绝缘电阻测试仪检查 C6、C7、C8、这三组绝缘电阻,先整体测试,(低压对地、低压对高压,大小组间)判断其绝缘电阻值,然后再单相进行测试,找出故障点;测试同时把其他单元同样进行检测一遍。②用直流电阻仪测量 C6、C7、C8、这三组直流电阻,判断是否有异常。③根据检测的数据判断出有问题的单元,检测与有问题小组的引线是否存在击穿或者绝缘破损现象,清理故障点及相邻线饼上的灰尘,必要时用酒精或稀释剂辅助,清理干净后检查线饼绝缘是否存在破损、漏铜、击穿现象。④根据图纸要求及前面剪去的匝数,进行人工盘线,两人配合慢慢进行,过程注意导线损伤绝缘,中间需要焊接用气焊设备进行焊接,焊接前先用石棉布把周围做好防护,以免烧坏其他部位,绕制线饼严格按照工艺要求操作,导线焊接完检查焊接的质量,无虚焊现象,处理焊接产生的毛刺、碳化物、氧化皮等异物,完成后按照工艺要求进行绝缘包扎。⑤测试。第一,线饼绕制完成后用直流电阻测试仪检测与其相关的三相直流电阻平衡;第二,确定合格后装配引线,把线圈的线与接线板引线焊接好,处理毛刺及碳化物,再

进行绝缘包扎,紧固维修好的单元螺栓,用绝缘电阻仪测量这几组绝缘电阻,完成后把维修的线饼用自干绝缘漆(TW32-4)进行两遍刷漆处理,第一遍干以后再刷一遍。第三,测试数据包括线圈直流电阻和 A 高炉变频器变压器绝缘电阻。

5 结语

通过以上处理试车运行正常,判断为异物进入移相变压器内部,卡在 C6、C7 线圈之间造成 C6、C7 线圈绝缘破坏,线圈间短路造成随新生成电压分步不均,叠加的电压大于正常电压,变频器报过压故障。高压大功率变频器在工业生产中发挥着越来越关键的作用,而变频器的日常维护也显得更加重要,所以只有懂得高压变频器的各种保护功能和故障处理方法,才能妥善处理日常运行时发生的各种问题。同时,希望通过专业人员在日常维护运行中不断反馈运行维护现象,用户与厂家加强相互沟通,生产厂家通过技术手段不断完善高压变频器的故障指向性。

参考文献

- [1] 冯晓媛.高压异步电动机变频调速改造中出现的问题及处理[J].冶金动力 2009(4):10-11+15.

(上接第 159 页)

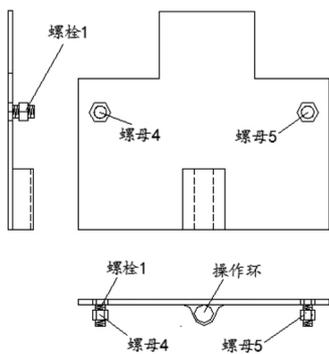


图 1 绝缘挡板 1 三视图

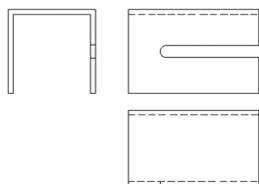


图 2 左绝缘挂钩 2 三视图

2.4 使用效果

10kV 架空线针(柱)柱式绝缘子绝缘遮蔽罩研制成功

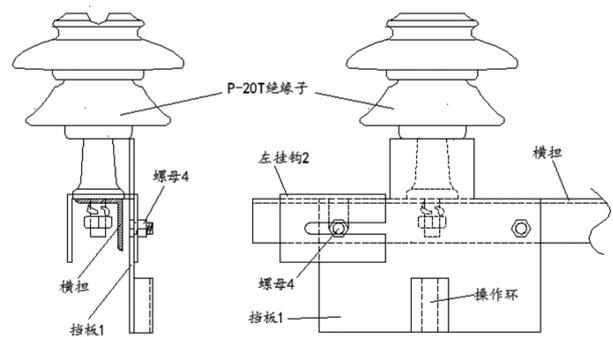


图 3 中(左边)相绝缘子绝缘遮蔽侧视图及主视图

后,用于 10kV 架空线 FDL-50/240B 型防雷验电接地环、CFH-50/240B 防弧线夹自扭转后的调整移位消缺,提高了防雷验电环、防弧金具的防雷效果,保证了线路安全运行,具有很好的推广价值。

参考文献

- [1] 白庆永,白晶晶.研制 10kV 架空线路验电环线夹绝缘护罩拆卸工具[J].电力设备,2019(6):244.