

运用检修

SS7E型电力机车辅助变流器故障分析

王本涛¹, 樊永智²

(1. 北京交通大学 电气工程学院, 北京 100044;
2. 济南机务段 技术科, 山东 济南 250021)

摘 要: 介绍了 SS7E 型电力机车 TGF11 型四象限辅助变流器的性能特点, 结合现场实际对辅助变流器故障原因进行系统分析, 并提出了相应的改进措施和建议。

关键词: SS7E 型电力机车; 四象限辅助变流器; 故障原因; 改进措施

中图分类号: U264.3⁺7; U269.6 文献标识码: B
文章编号: 1000-128X(2011)02-0061-02

SS7E 型电力机车辅助系统采用 TGF11 型四象限辅助变流器供电方式来取代传统直流电力机车所使用的劈相机。与劈相机供电方式相比, 采用辅助变流器供电方式, 具有三相交流输出电压平衡、稳定、节能、噪声低等优点, 但由于辅助变流器工作环境较为恶劣, 随着时间的增长, 辅助变流器故障发生较为频繁。本文对近年来辅助变流器故障进行归纳, 对故障原因进行系统分析, 并介绍应采取的措施。

1 辅助变流器主要性能特点

安装在 SS7E 型电力机车的辅助变流器共有 2 台, 分置 2 个柜体, 称为辅助变流器 和辅助变流器 , 每组辅助变流器含有 2 套结构相同的变流器装置, 分别由 1 台整流器、1 台逆变器和中间直流环节组成。辅助变流器 柜体内, 有辅助变流器 V11 和 V12; 辅助变流器 柜体内, 有辅助变流器 V21 和 V22。其中, 辅助变流器 V12、V22 输出为恒频恒压型 CVCF, 辅助变流器 V11 和 V21 输出为变频变压型 VVVF。

考虑到系统的冗余, 变流器装置最大功率为 100 kVA, 以满足在 1 台变流器故障时, 可将其负载手动转换到相邻的正常工作的变流器上, 以保证机车正常运行。当 2 套变流器同时故障时, 机车可切换转向架运行, 保证机车回段维修。

各辅助变流器负载分配情况见表 1, 单个辅助变流器柜内部系统电路框图见图 1。

表 1 各辅助变流器负载分配情况

辅助变流器 的变流器 V11		辅助变流器 的变流器 V12	
负载名称	功率/kW	负载名称	功率/kW
牵引风机电机 1	45	牵引变压器风机电机	30
制动风机电机 1	14	压缩机 1	22
制动风机电机 3	14	硅风机电机 1	4.5
		硅风机电机 3	4.5
负载功率合计	73	负载功率合计	61

辅助变流器 的变流器 V22		辅助变流器 的变流器 V21	
负载名称	功率/kW	负载名称	功率/kW
压缩机 2	22	牵引风机电机 2	45
空调 1	5	制动风机电机 2	14
空调 2	5	制动风机电机 4	14
主变压器油泵	11		
硅风机电机 2	4.5		
硅风机电机 4	4.5		
负载功率合计	52	负载功率合计	73

每个变流器的输入模块采用功率因数修正的脉冲整流器。通过接触器、预充电单元、快熔及电感连到牵引变压器单相 340 V 绕组。整流器和逆变器均采用 IGBT 作为开关元件。按脉宽调制原理(PWM)工作, 高的开关频率大大减小了输入和输出的谐波。输入电流可以达到与输入电压基本同相, 所以变流器的功率因数非常高。整流器具有预充电及软启动功能。预充电时间小于 1.5 s, 这样将大大减小整流器对电网的冲击。逆变器控制方式采用空间电压矢量调制(SVPWM), 依据 $U/F=$ 常数实现电机的变频启动, 因此可显著减小辅机的机械冲击力, 变频启动时间不大于 5s。逆变器能根据机车牵引电流大小, 运行在不同频率, 以实现机车节能、降噪。系统具有一定的冗余度, 在一个变流器发生故障情况下, 负载能自动切换, 保证所有辅机仍可以正常运行。在 2 个变流器发生故障的情况下, 切除部分负载, 机车仍可以降功运行。

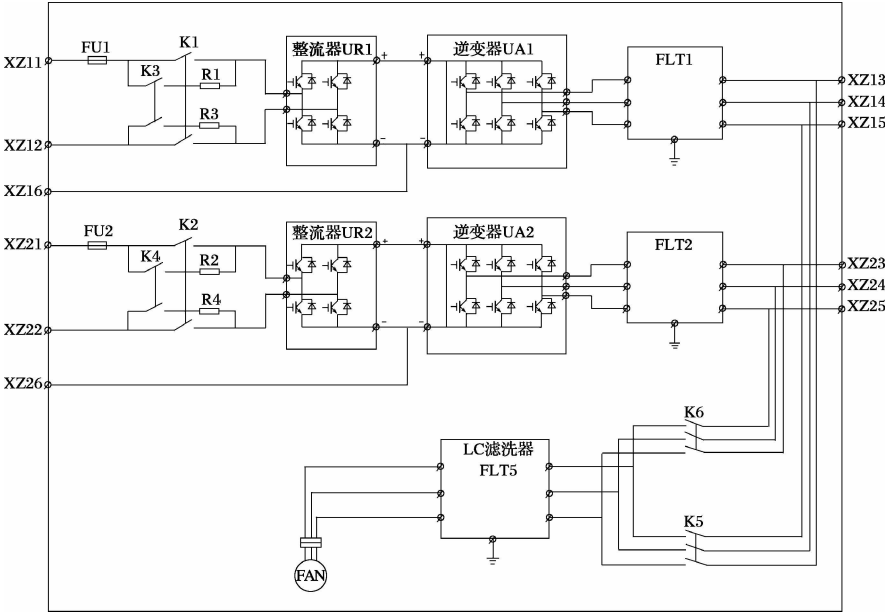


图 1 单个辅助变流器柜内部系统电路框图

收稿日期: 2010-08-13; 收修改稿日期: 2010-12-13

辅助变流器通过 CAN 总线与外部联系,由逻辑控制单元(LCU)通过 CAN 总线发出辅助变流器启动及其他控制信号,在辅助变流器发生故障时,通过 CAN 总线向逻辑控制单元(LCU)发出故障信号,为系统进行故障诊断提供依据。机车辅助变流器具有完善的保护功能,包括过流、过压,散热器过热,短路保护,以及 IGBT 元件故障及电子控制板故障保护。

控制系统采用模块化设计,整个系统由四象限整流器控制系统、IGBT 逆变器控制系统、数字量输入输出以及系统管理等 4 个部分组成。

当辅助变流器启动后充电接触器断开,系统经电抗器接入交流 338 V 电源和相应的同步信号,给变流器启动信号,四象限整流模块首先斩波升压到 600 V 左右,再经 IGBT 组成的整流电路整流为直流 600 V,由中间支撑电容稳定在高质量的 600 V 电压,供 IGBT 组成的逆变器逆变为交流 380 V,再经 EMC 滤波供给各辅机和自身冷却用的风扇。

2 常见故障情况统计

辅助变流器故障是 SS_{7E} 型电力机车发生率最高的故障,给济南机务段机车正常运用带来了较大的影响,自 2009 年 9 月至 2010 年 4 月间共发生辅助变流器故障 22 次(无法恢复的死故障),瞬间故障因无法查明原因不在统计之列。具体情况如下:

辅助变流器内部可分为四大类部件:整流模块、逆变模块、接触器、控制板及风扇。按故障处所统计:逆变器 13 件,接触器 7 件,整流器模块 1 件,风扇接地 1 件。

按所在组别分:发生在 V11 上共 3 件,V12 上 10 件,V21 上 3 件,V22 上 6 件。

3 原因分析

3.1 逆变器及整流器故障原因

自 2006 年使用 SS_{7E} 机车至今,发现机车到段后初期(30 万 km 以内)故障相对较少;30 万~60 万 km 期间整流模块故障损坏为主要故障;60 万 km 以后逆变模块及接触器频繁出现故障。

济南机务段配属的 SS_{7E} 机车整流模块在 2008 年已结合故障全部更换完毕,所以近期出现的整流模块故障率较低(1 件)。而逆变模块从未进行更换,运行至现在已近 100 万 km,模块内部的 IGBT 元件性能有所下降,在高温时工作不稳定,易出现自我保护情况,这是逆变器模块故障率较高的主要原因。

另外 SS_{7E} 机车牵引变压器、变流装置等采用独立通风系统,没有设置车内通风系统,夏季车体内热空气无法进行循环。辅助变流器冷却采用车体内部通风的方式,夏季车内表面温度可以达到 60℃,辅助变流器进风口温度达到 55℃(跟车添乘实测数据),超过了

辅助变流器的工作环境温度(辅助变流器工作温度为 55℃),也就是说进入辅助变流器的空气超过了辅助变流器的工作环境温度。这也进一步加快了模块老化的速度。

3.2 接触器故障

辅助变流器内部的交流输入接触器 K1(6C400/110 V)在长期使用后易出现以下故障:

接触器辅助联锁部分的紧固螺栓不带弹簧垫圈,机车长期振动致使辅助联锁机械松动,造成无接触器闭合信号反馈。

接触器吸合时吸力强,振动大,时间长后致使接触器本身一些塑料件开裂,弹簧松脱,内部螺钉松脱,造成接触器性能下降或异常,无法正常工作。

接触器线圈长期工作,性能老化,参数发生变化,经过多次吸合后线圈发热较大,造成吸合状态不稳定。这个故障周期一般比较长,初期表现是运行途中偶尔故障造成跳主断,回段试验检查一般是正常。随着时间的推移,故障表现会变得频繁与明显,直至最后成为死故障。故障表现为控制系统给出吸合信号,接触器一吸合之后就跳断,保持不住。

3.3 所带负载的问题

通过分析发现 4 组辅助变流器中 V12 的故障率较高,这种现象可以从所带负载大小的角度解释。其中 V11 及 V21 所带负载为 73 kW,但由于制动风机平时不启动,所以只有 45 kW,V12 负载为 61 kW,V22 为 52 kW。由于 V12 所带负载最大,所以 V12 故障发生率最高,而 V11、V21 故障发生率较低。

4 改进与防范措施

措施如下:

修程中严格按照要求对辅助变流器进行彻底吹扫,并认真检查散热风扇状态,确保冷却良好。

修程中对辅助变流器内部的各接触器、电阻及电容等进行检查,紧固接触器辅助联锁接线。对于接触器 K1 质量缺陷问题,正在试验用质量更加可靠的交流接触器进行替代。

修程中严格按照要求对辅助变流器进行负载突投、带载启动及故障隔离试验。确保辅助变流器能够在负载突投的情况下可靠运行,同时确保在一组辅助变流器故障时能够切除维持运行。

根据 V12、V22 负载较大故障率高的情况,对模块进行了对换。将 V11 与 V12、V21 与 V22 的逆变模块进行对换,也就是将所带负载较大的整流、逆变模块与所带负载较小的模块进行对换。

要求乘务员加强对电力机车应急故障处理的学习,尤其是对辅助变流器故障的应急处理,坚决杜绝辅助变流器故障导致的停车事故。同时要求乘务员优

(下转第 66 页)

监测机车的网压变化,根据故障代码出现频次检测高压电压互感器的短路故障。

高压电压互感器已发生匝间或层间短路但还未烧损仍具备检测功能时,其所输出的网压数据会连续超高。利用这一点,可以通过采样监测机车的网压变化,输出控制信号,以限制当高压电压互感器已短路时司机多次升弓合闸,造成高压电压互感器的炸裂和接触网接触线烧断,从而导致本是高压互感器的故障恶化成行车安全事故的情况。

运行过程中,对机车的网压数据采样,如果在 30 min 内连续出现故障代码“1199”10 次或故障代码“1200”5 次时,则实现主逆变器封锁,主断路器立刻断开,禁止升弓动作并在微机显示器上显示高压互感器故障。对网压检测流程如下:

机车升弓后,开始网压检测,正常网压应在 17~31 kV 的范围内。如果网压高于 31.5 kV 超过 40 s,主断路器将被分断,当网压低于 31 kV 超过 20 s 后,主断路器才允许重新合上。如果网压高于 32 kV,主断路器立刻断开,只有当网压低于 31 kV 后主断路器才允许重新合上。

在高压电压互感器的高压线圈的 C 段处理设温度传感器。

由于电位梯度分布的原因,高压电压互感器的高压线圈 C 段处容易造成绝缘的击穿,引发匝间和层间绝缘故障。当互感器发生匝间与层间短路时,由短路所造成的发热会使周边的温度升高。利用这一点,在

高压线圈 C 段处理设温度传感器,以监测高压电压互感器的运行温度,当超过预设的阈值时,则输出控制信号报警指示高压电压互感器故障。

4 结语

本文对机车高压电压互感器在运行过程中频繁烧损的情况从结构与理论两方面进行了分析,得出:高压互感器的高压线圈之所以 C 段烧损居多,其根本原因是暂态电压侵入线圈时,沿线圈形成极不均匀的初始电位分布。一般情况下绕组首端的电位梯度是平均电位梯度的 5~20 倍,首端电位梯度远大于绕组其他部位,造成绝缘的击穿,引发匝间和层间短路故障。且初始电位分布与稳态电压分布不同,易导致高压线圈内部产生电压振荡。针对故障现象从高压电压互感器的设计与运行两个方面提出了相应的预防措施,防止电压互感器在运行途中烧损,避免由此引发的行车事故。

参考文献:

- [1] 郑殿春, 襄玉雷, 等. 分段层式干式变压器绕组的暂态电压分布特性[J]. 变压器, 2010(6).
- [2] 翟启斌. HXD1B 型电力机车故障分析与对策[J]. 机车电传动, 2010(3): 68-71.
- [3] 宋小卫. 35 kV 电压互感器高压侧熔断器异常熔断原因研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.
- [4] 凌子恕. 高压互感器技术手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005: 25-35.
- [5] 刘铁英. 分段层式干式变压器线圈波过程及传输特性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2009.

(上接第 62 页)

化操纵,在过分相前将风打满,防止过分相后打风带载启动造成辅助变流器故障。

5 结语

经过采取以上措施,辅助变流器的工作稳定性有了很大的提高。2010 年 7 月至 10 月间虽为辅助变流器故障高发季节,但济南机务段辅助变流器故障仅仅发生 3 件,且均未造成停车,大大减少了对行车安全的影响。

辅助变流器作为劈相机的替代产品,克服了劈相机输出电压三相不平衡、噪声大、对电网污染严重的缺点,在使用过程中只要做到精检细修、正确使用,就可以大大减少故障率,提高运用可靠性。

参考文献:

- [1] 黄俊, 王兆安. 电力电子变流技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 杨永林. SS7E 型电力机车[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.

《机车电传动》

欢迎 垂询 订阅 赐稿 刊登广告

跟踪世界科技动态 致力中国轨道交通

- ◆ 轨道牵引动力的主导刊物
- ◆ 荟萃电力与内燃牵引技术成果
- ◆ 涵盖干线铁路与城轨交通两大领域