

[变压器]

10 kV自耦变压器故障分析及对策

文/卢建斌

中国石油化工股份有限公司北京燕山分公司有机化工厂

通过一起10 kV同步电动机起动过程中自耦变压器的故障分析,介绍变压器套管发生污闪的原因和形成过程,并通过此次故障,结合自耦变压器的运行环境特点,提出避免污闪的有效措施,提高电气设备的可靠运行能力,保证石化企业的安全稳定生产。

无刷励磁同步电动机在石化企业中的应用日趋广泛,通常作为大型核心压缩机组的驱动电动机,重要性日益突出。石化企业中,为降低大功率电动机起动造成的电压暂降对系统内其他设备的影响,同步电动机一般采用自耦变压器降压异步起动法,以此减轻电压暂降的影响,自耦变压器作为其中的重要一次设备,在起动过程中起到了调节、传输电能的重要作用。

故障简介

某化工生产装置乙烯二次压缩机机组是装置的关键设备,其作用是将原料乙烯升压到反应所需的压力。该机组由无刷励磁同步电动机驱动,额定电压10 kV,额定功率6 300 kW,额定转速200 r/min,采用自耦变压器降压异步起动法,自耦变压器额定容量13 270 kV·A,原二次电压比为10 000/8 500 (± 500 V),变压器内部使用纯瓷套管连接高低压引线和外部电缆,并固定引线。电动机主回路一次单线图如图1所示,电动机起动时,152/1、152/3断路器先合闸,自耦变压器降压后为同步电动机提供电源,电动机异步起动8 s达到亚同步转速,随后152/3断路器分闸,经1 s后152/2断路器合闸,自耦变压器被短接,10 kV电源电压全部加到同步电动机定子绕组上,同时励磁控制单元投入励磁,同步电动机即完成起动。

2020年9月10日,在电动机起动过程中,操作

人员现场起动时,电动机差动保护动作,10 kV高压开关柜跳闸,电动机起动失败。

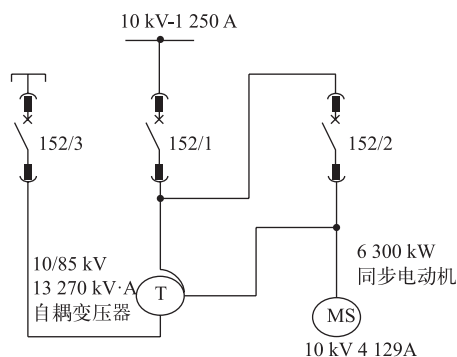


图1 主回路一次单线图

经现场勘察,故障点位于自耦变压器处,其电缆舱顶盖受损变形,同时内部9只瓷套管均受到破坏,尤其是高压侧3只瓷套管表面损伤严重,套管表面过热受损,并发生炭化,且对应外壳部位存在放电痕迹,如图2所示。



图2 瓷套管损伤情况

故障原因分析

故障发生后,第一时间对变压器油取样进行气体色谱分析,结果显示油样中存在轻微含量的 C_2H_4 、 C_2H_2 等烃类物质。为进一步确认变压器绕组情况,首先拆卸9只瓷套管,检查瓷套管除外部表面有放电损伤外,其余部分全部保持完好,引线连接部分完好;其次对变压器绕组进行直流耐压试验,泄漏电流均为合格值。由此判定变压器绕组没有问题,跳闸故障仅由瓷套管外表面故障引发。

根据瓷套管表面损伤情况来看,在同步电动机起动瞬间,变压器高压侧瓷套管接通10.6 kV电压(正常运行电压为10.3 kV,因电动机起动临时调高电压至10.6 kV),在瓷套管表面发生污闪,电压沿瓷套管表面发生沿面放电,引发弧光短路,导致相邻瓷套管故障,弧光对金属外壳放电,从而触发差动保护动作。

污闪形成原因分析

污闪是沿着固体介质污染表面发展的闪络,是一种特殊气体放电现象,亦属于沿面放电,相比于固体介质表面干净时,其闪络电压会低很多,有可能是在工作电压下发生,严重影响电气设备的安全运行。

根据机组运行时间的统计,该机组于2020年5月5日进行停机检修,并对变压器进行定期清扫工作,对瓷套管做了重点清洁和检查工作,表面清洁、光滑且无外观损伤。于2020年5月10日投入运行,至同年9月10日出现故障。结合运行时间内的气象情况,从以下两个方面进行综合分析。

1) 积污是污闪的根本原因,城中区域以化工厂、火电厂及冶炼厂等重污染地方最为严重。该自耦变压器处于集中化工生产厂区内,工业环境中存在较多的脏污,同时其又位于室外地势相对较低处,整体器身都处于空气当中,而电缆舱的密封性能没有达到十分严密的程度,对于灰尘、自然盐碱及工业粉尘的防护不能完全避免,尤其是在大风天气下,仍然不断地进入电缆舱内部,经过3个多月的长时间积累,瓷套管表面的清洁度有所下降。

2) 受潮因素。污层受潮或湿润主要取决于气象条件。2020年汛期(6月1日—8月31日),北京地区平均降水量为366.7 mm,接近常年同期(373.1 mm)

和近十年同期(384.5 mm),比2019年同期(264.2 mm)偏多39%,尤其是8月份降水量为183.6 mm,比常年同期(134.6 mm)偏多36%。

鉴于6—8月的降水情况较为严重,空气中湿度大大增加,而湿气不断进入变压器电缆舱内,瓷套管因其本身为亲水性材料,更加容易吸收潮气,使表面形成薄水膜,影响沿介质表面的电压分布,降低了闪络电压。

综上所述,因积污和受潮的共同叠加影响,变压器瓷套管表面的外绝缘被严重污染,致使沿面闪络电压大幅度降低,在同步电动机再次起动过程中,高压侧瓷套管接通工作电压的瞬间发生污闪,导致瓷套管表面发生闪络,引发故障。

结束语

通过本次故障分析,能够明确自耦变压器瓷套管发生污闪的根本原因主要是积污,在化工生产厂区,具备很强的现场条件,再加上近年来特殊天气的增多,都为污闪的形成创造了有利条件。在今后的变压器的运行中,要结合石化企业环境特点,着重做好切断积污途径的工作,主要对策如下。

1) 对电缆舱的密封性能进行加强,修整变形的顶盖,使其恢复正常形状,并在顶盖内部四周加装密封条,对电缆舱四周的缝隙和孔洞进行密封,以此切断灰尘、湿气进入电缆舱内部的途径。

2) 对瓷套管做定期清扫,特别是在雨季期间,更应结合运行时间及时清除瓷套管表面上的污秽,保持表面清洁,切断污闪形成的首要途径,杜绝污闪事故的发生。EA

(收稿日期:2022-11-13)

参考文献

- [1] 滕支武.大型同步电机在石化装置的应用[J].应用广场版,2007(1):59-62.
- [2] 操敦奎,许维宗,阮国方.变压器运行维护与故障分析处理[M].北京:中国电力出版社,2008.
- [3] 王宝晟,肖永明.一起6 kV无刷励磁同步电动机故障跳闸分析[J].科技风,2010(20):208.
- [4] 赵大智.高电压技术[M].3版.北京:中国电力出版社,2013.