

锦屏二级水电站2#、8#机组定子绕组耐压放电问题 原因分析与处理

孙彬, 邱小耕, 李娃娃

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司, 四川 成都 611130)

摘要:锦屏二级水电站2#、8#机组定子绕组在进行整体交流耐压试验时发生了不同部位的放电现象,但放电原因存在相似性。根据现场实际发生的情况做了具体的分析,提出了有效的解决措施,其分析方法及解决措施对其他工程类似故障具有一定的借鉴意义。

关键词:定子;绕组;耐压试验;锦屏二级水电站

中图分类号:tv7;tv734;tv738

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)增2-0047-02

1 概述

锦屏二级水电站发电机定子绕组由单匝线棒组成,6支路并联,“Y”形连接,主引出线从-Y轴方向引出。中性点引出线从第二象限引出,与+Y轴成50°角,中性点引出线分为2组中性点,一组为U、V、W相的1、2、3支路,另一组为U、V、W相的4、5、6支路,2组中性点引出线接在一起,并采用电力电缆引出至接地变压器接地。线棒周边绝缘厚度均匀、具有良好的电气、机械性能、抗老化、耐潮湿性能并具有不燃或难燃特性。定子线棒对地绝缘的外侧用半导体复合物进行防晕处理,定子线棒的端部绝缘采用防晕层与主绝缘一次成型结构。绕组端部接头经银铜焊接(采用中频焊)、加工平整之后,套以玻璃纤维绝缘盒并填充树脂化合物。不允许线棒之间用软焊接头。所有绕组的连接,包括极间连接线和引线铜排均采用银铜焊,以确保其有足够的机械强度和导电性能。

2 耐压试验放电问题

2.1 2#机组绕组耐压试验时发生放电现象

试验前,先对整个定子绕组进行加热去潮,并将绕组温度降至常温,在绝缘电阻试验、吸收比、极化指数试验合格后进行直流耐压、直流泄漏、交流耐压试验。由于发电机线电压 $U_N = 20$ kV,根据相关规范要求,直流耐压标准值为 $3U_N = 60$ kV,最终整体交流耐压标准值为 $2U_N + 3 = 43$ (kV)。当2#机组直流耐压升至58 kV时,W相中性点引出线金属支架与相中性点引出线端子绝

缘板附近发生放电现象,最初判断为局部毛刺放电,经过灰尘擦拭处理后进行三次升压,仍在接近60 kV时发生放电现象。为保证试验顺利进行,现场采取对放电区域进行除尘清扫和高分子绝缘板对地进行电气隔离措施,再次进行直流耐压后顺利通过。此后进行的交流耐压试验同在中性点V、W相发生放电现象,采用高分子绝缘板对地隔离的同样方法后交流耐压试验顺利通过。

2.2 8#机组耐压试验时发生放电现象

8#机组在完成绝缘电阻、吸收比、极化指数后,并在完成直流耐压试验进行交流耐压试验时电压升至38 kV,汇流环与汇流环支撑架上部发生放电现象。对放电部位进行清扫后重新升压至38 kV仍然发生放电现象,随后现场采取临时拆除放电部位汇流环支撑架进行试验,重新零起升压至38 kV,未再次发生放电现象,但电压继续升至41 kV后在另外两处汇流环支撑架上部发生放电现象,在采取相同方法、临时对汇流环支撑架进行拆除、零起升压至43 kV后未发生放电现象。

3 故障原因分析

因为试验过程中对2#机组、8#机组放电部位进行过清扫,甚至多次升压,通过对2#、8#机组故障现场进行观察、分析,排除了金属或绝缘层表面毛刺、尖角等原因。因此,现场将原因锁定在强电压下沿面放电所引起的爬电现象,并通过观察现场放电部位是否存在爬电路径、爬电距离是否满足规范要求以及相关爬电产生的环境因素和条件进行原因排查和分析。

收稿日期:2015-07-20

(1)造成爬电的一般环境因素是由于绝缘部分附着污秽,使部分绝缘强度下降,在空气潮湿环境下发生爬电。由于 2#、8#机组均为安装试验阶段,已对定子整体及绕组完成系统清扫工作,不存在大量污秽物,并且试验前均进行了加热去湿,因此以上两例放电可以排除外界环境直接导致的爬电现象。

(2)由于定子绕组试验前经过严格清扫,因此,发电站设备爬电距离按 0 级污秽等级计算为 $1.48 \text{ cm/kV} \times 20 \text{ kV} (\text{线电压}) = 296 (\text{mm})$ 。2#发电机中性点至导体至定子支撑(接地)中间存在的环氧板电气隔离爬电距离应满足该爬电距离要求。实际上,发电机中性点引出线是由四块尺寸相同的环氧玻璃布板组合、拼接,与钢支撑架共同支撑的中性点引出线、环氧玻璃布板间存在间隙,耐压时由于绝缘板与空气介质交界面上的电压分布不均匀,从而使沿面闪络电压比空气间隙的击穿电压低,易造成沿面放电。通过计算,其最短爬电距离为 $265 - 32 - 70 + 100 = 263 (\text{mm})$,小于发电站 0 级污秽等级爬电距离 296 mm,无法满足耐压试验爬电距离要求,最终引起爬电。

由于绝缘板是厂家整体到货,无法满足现场安装要求,需对绝缘板进行现场切割、分解和二次加工,拼接处表面粗糙度相对较差,进而造成场强分布不均,绝缘板、中性点铜环引线外层绝缘形成放电通道。

正常发电机在发电态中性点不平衡电压很低,中性点周围按原有设计在发电态很难发生爬电现象,但现场线棒绕组安装完成后,须经过 60 kV 直流耐压试验、43 kV 交流耐压试验检验绕组安装是否存在缺陷,此试验过程将无可避免地会产生放电现象。

(3)8#机组汇流环支撑存在多处放电,通过对支撑架放电部位进行观察,发现同样存在爬电路径。但与 2#机组不同的是,此次出现的爬电路径与安装有直接关系。分析得知:支架是由不锈钢螺杆、环氧支撑块组合而成,而厂家设计的不锈钢外侧是套有一根长度为 1 085 mm 的环氧玻璃布管,整个环氧块(图 1)支撑高度为 1 101.1 mm(一套汇流环支撑包含环氧支撑块的数量为 22 块),个别环氧支撑块之间将产生间隙。间隙产生的原因是由于汇流环焊接后需用云母带涂刷

EP139(绝缘树脂)进行裹包,若安装汇流环支撑架在焊接裹包区域,会导致汇流环相邻环氧支撑块存在间隙,相当于将长度为 1 085 mm 的环氧玻璃布管截短了一截。在施工中将长度为 1 085 mm 的环氧玻璃布管套至最底部时,会使最上层汇流环旁的不锈钢螺杆裸露,而未得到环氧玻璃布管的电气保护进行耐压试验时,汇流环表面绝缘材料将被电极化,进而导致沿面放电——爬电——裸露不锈钢螺杆部位放电,其等效电路见图 2。

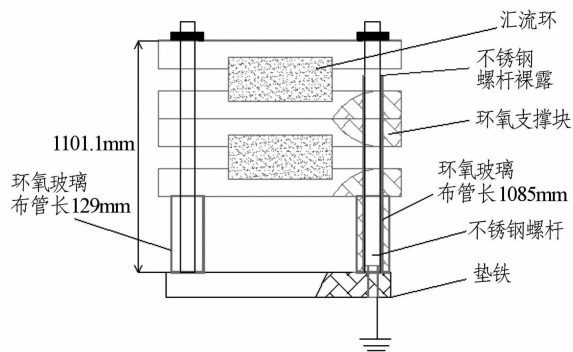


图 1 环氧块示意图

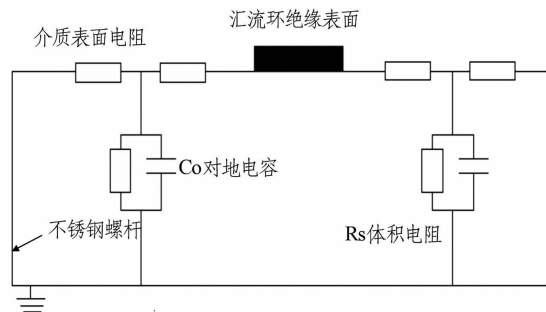


图 2 汇流环放电等效电路图

4 故障处理

4.1 2#机组发生故障的处理

根据相关发电厂检修规程要求,小修更换部分绕组及大修前后需进行交直流耐压及相关配套试验,如按原设计要求试验存在爬电问题,因此,发电机设备厂家主设计师经现场实际检查后决定重新设计中性点引出线部位结构并予以更换,后续机组全部按新修改的图纸安装。具体处理措施为:取消原有中性点不锈钢支撑架,改用高强度环氧支撑板,将环氧支撑板与引出线端子之间的理论爬电距离提高为 418 mm。支撑板底部用 M20 螺栓固定三角支架与机座装配固定,绝缘层用

(下转第 80 页)

底孔不过流,200 a一遇水位高程为610.3 m。

根据施工进度情况,2013年汛前大坝最低坝段浇筑至596 m高程,坝体接缝灌浆至高程575 m。综合分析研究并经原审批单位复核以及流域防洪部门认可,确定采用方案二的过流设施,即在招标方案的基础上考虑大坝表孔过流。如此实施,汛前坝体上升高度可满足拦洪要求,坝体接缝灌浆高程575 m可满足高程540 m蓄水位的要求。同时,加强水情预报,表孔过水前,及时撤离表孔相关部位施工人员和设备。

(3) 超标洪水预案。

根据水情预报,在可能发生超出200 a一遇洪水时,及时上报上级相关部门,同时做好以下工作:金沙江石鼓水文站、雅砻江雅江水文站的洪水抵达溪洛渡约需3 d时间,必须及时将汛情报告上级相关部门;做好入库洪水监测;根据上游水文预报,迅速撤离相关人员及设备,同时尽可能做好大坝工程的保护工作,确保大坝安全;

(上接第48页)

φ16 玻璃纤维绳预浸渍 EP139(绝缘树脂),对引出线和支撑板进行绑扎固定,室温固化24 h以上;绑扎绳表面喷 GK128(环氧底漆)和 DK222(聚亚安脂树脂面漆)。这两种漆均达到 H 级绝缘水平,耐热温度达180 ℃。

4.2 8#机组故障的处理

通过降低介质表面电阻和对地电容,将有效降低相同电压等级下沿面放电的机会。而降低对地电容的发电机绕组固有特性非常困难。现场采取调整环氧支撑布管高度来提高体积电阻,同时对环氧支撑块凹槽进行局部修整、补刷 LL16(低阻防晕漆),使汇流环焊接裹包部位与之更好地贴合,使绝缘支撑块、汇流环绝缘层与空气介质交界面上的电压分布更加均匀,进而有效降低了汇流环和环氧支撑块的介质表面电阻,确保了耐压试验顺利通过。具体处理措施为:将爬电部位的环氧支撑板临时拆除,调整裸露不锈钢螺杆外层的环氧玻璃布管高度50~60 mm,直至汇流环两侧环氧支撑块间隙处不锈钢螺杆已完全被环氧玻璃布管包裹、覆盖。

组织相关部位人员,在保证安全的前提下,巡查工程各部位变化。

3 结 语

鉴于溪洛渡水电站大坝施工导流流量大,施工周期长,加之坝体上升高度不能满足度汛要求是水电工程施工过程中常出现的问题。因此,在积极加快施工进度,结合工程实际情况和洪水特点进行动态分析调整,在确保工程永久结构安全的前提下确定度汛措施并经相关部门确认后实施,取得了良好的效果,保证了大坝按期完工。所取得的经验可为位于窄深河床、大流量河流的高混凝土坝施工建设提供参考。

作者简介:

阎士勤(1966-),男,河南郸城人,教授级高级工程师,工程硕士,从事水利水电工程施工组织设计工作;

曹喜华(1968-),女,河南新野人,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工组织设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

5 结 语

经过现场及时有效的处理,2#、8#绕组整体耐压试验顺利完成,并对同类问题进行了相应的技术改进。通过对锦屏二级水电站2#、8#机组定子绕组耐压放电问题进行分析后认为,在机组安装中对以下环节应特别注意控制:(1)在水电站非标准件设计制造及安装过程中,设备厂家在设计时容易忽视现场实际安装、试验要求,在中性点安装试验阶段,对于电气及爬电距离是否能够满足试验要求要做充分考虑或提出相应措施;(2)现场实际安装过程中,现场技术人员应仔细推敲设计意图,避免一些不确定因素影响试验结果;(3)监理或监造人员应及时对关键图纸进行技术审核,提前采取相关措施,避免出现不必要的返工。

作者简介:

孙 彬(1988-),男,四川成都人,助理工程师,学士,从事水利水电工程机电安装监理工作;

邱小耕(1990-),男,重庆垫江人,助理工程师,学士,从事水利水电工程机电安装监理工作;

李佳佳(1987-),男,贵州遵义人,助理工程师,从事水利水电工程机电安装监理工作。

(责任编辑:李燕辉)