

Research on Diagnosis and Measures for Interturn Short Circuit Fault of 600MW Generator Rotors

Pengfei Ding

Shanxi Lujin Wangqu Power Generation Co., Ltd., Lucheng, Shanxi, 047500, China

Abstract

During the operation of a 600MW generator, a short circuit fault may occur between rotor turns. For such faults, two-stage voltage, AC impedance, DC resistance, and other measurement methods are generally used for diagnosis during the unit overhaul process. By measuring various indicators, identify the short circuit problem between the turns of the generator rotor winding. At the same time, with the help of interlayer voltage measurement, the fault point can be accurately located. After corresponding treatment of the fault problem, the rotor test data reached the ideal level and the operating state returned to normal. In subsequent operation and maintenance, preventive measures should be taken based on relevant handling experience

Keywords

600MW generator; rotor; interturn interruption; fault diagnosis; handling measures

600MW 发电机转子匝间短路故障诊断及措施研究

丁鹏飞

山西鲁晋王曲发电有限责任公司, 中国·山西 潞城 047500

摘要

在600MW发电机运行过程中, 转子匝间可能发生短路故障。对于此类故障, 一般在机组大修过程中, 采取两级电压、交流阻抗、直流电阻等测量方式进行诊断。通过测量各项指标, 找出发电机转子绕组匝间的短路问题。同时, 借助层间电压法测量, 能够准确定位到故障点。针对故障问题进行相应处理之后, 转子实验数据达到了理想的水平, 运行状态恢复正常。在后续运行维护中, 按照相关处理经验加以预防。

关键词

600MW发电机; 转子; 匝间断流; 故障诊断; 处理措施

1 引言

600MW 发电机转子具有相对复杂的结构, 多匝绕组可达到上百或上千匝。而匝间绝缘厚度较小, 一般只有 0.3~0.5mm, 受到维护、运行、制造等因素影响, 可能出现匝间短路故障问题。转子绕组匝间短路虽然不如接地故障严重, 对发电机运行安全影响较小, 但是可能导致发电机无功出力下降, 匝间短路不平衡, 还会造成剧烈的机组振动。有时还可能因为突发性匝间短路形成电弧, 将对地绝缘烧毁, 进而产生接地故障。因此, 要对转子匝间短路故障明确诊断, 及时采取措施处理。

2 600MW 发电机转子匝间短路故障的情况分析

2.1 直流电阻法

根据相关经验, 当转子绕组匝间发生匝间短路故障之后, 直流电阻会明显降低。按照相关标准, 将测量结果和基值进行对比, 每次测量值变化程度都要在 2% 以内, 否则就要检查原因^[1]。在本次大修过程中, 对转子绕组使用直流电阻测试仪进行检测, 结果显示, 本次测量值为 71.09mΩ, 上次测量值为 72.51mΩ, 变化量为 -1.997%。由此可见, 本次转子直流电阻测量值明显低于上次, 与 2% 的标准非常接近。在此基础上, 纵向比较设备出厂之后每次直流电阻值的测量结果。以出厂时的测量值为准, 第一次大修后测量值变化量为 +1.11%, 第二次大修后测量值变化量为 +0.33%, 第三次大修后测量值变化量为 -1.65%。从中能够看出, 本次直流电阻测量值和出厂值相比, 发生了较大的下降, 因此初步评估可能是转子绕组有匝间短路的故障。后续继续采用其他检测方法和测量技术, 做出综合性的分析。

【作者简介】丁鹏飞(1989-), 男, 中国山东滨州人, 本科, 工程师, 从事火力发电厂发电机和高低压电动机运行维护管理研究。

2.2 交流阻抗及功率损耗法

在匝间短路故障的分析检测过程中,可以采用转子绕组交流阻抗及功率损耗的测量方法,具有较高的灵敏度和有效性。在施加交流电压的情况下,转子绕组中短路匝当中流过的电流会明显高于正常匝,同时电流方向和正常匝是相反的^[2]。其会带来十分显著的去磁效果,导致绕组总阻抗水平大大降低,功率损耗也会大幅提升。在本次测量中,在20V、40V、60V、80V、100V电压下,电流分别为7.84A、14.77A、21.08A、26.72A、31.21A,交流阻抗分别为2.551Ω、2.708Ω、2.846Ω、2.994Ω、3.204Ω,功率损耗分别为105W、374W、796W、1363W、1948W。同时对以往每次转子绕组交流阻抗和功率损耗测量值进行分析,在第一次、第二次、第三次大修后,均采用100V电压测试,电流分别为29.22A、29.60A、31.21A,交流阻抗分别为3.43Ω、3.39Ω、3.20Ω,功率损耗分别为1837W、1840W、1948W。从中能够看出,和前几次测量值相比,转子交流阻抗明显下降,相比于第1次大修降低了6.71%,功率损耗增加了6.04%。由此分析,出现匝间短路的可能性较大。

2.3 单开口变压器法

在现场判断匝间短路故障位置的过程中,可采用单开口变压器法。检测过程中,选择匝数3000~5000匝、漆包线0.3~0.5mm直径、齿宽比被测转子齿宽稍小、铁芯开口度比转子齿距稍大的开口变压器,扣在转子槽两侧齿上。将交流电压施加给转子绕组,组成感应系统,其中转子绕组作为原绕组,开口变压器绕组作为副绕组^[3]。在被测转子线槽没有匝间短路的情况下,各槽测量的感应电势和相位应基本一致。而如果某个槽具有短路线匝,开口变压器绕组端电势和相位都会出现较大改变。在本次现场测量过程中,厂家技术人员提供指导,对试验电压、转子角度进行调整,从而将非稳态短路情况予以排除。根据测量结果能够看出,在转子8号、25号槽中,相比于同侧其他槽出现了更大的角度偏差,而这两个槽内放置同一个线圈,因此判断该线圈内有匝间短路故障^[4]。

2.4 中心线电压测量法

中心线电压测量法是一种比较简单的转子匝间短路检测方法。如果能够在转子励侧护环下将转子中心线找出,即可将交流电压施加在转子绕组上,进而对中心线正负极滑环电压进行测量^[5]。如果不平衡度达到了3%以上,则是说明转子绕组有匝间短路存在。在具体检测中,采用100V和200V的交流电压分别施加给转子。结果显示:在100V电压下,中心线到正、负极滑环的电压分别是52.4V、46.5V,不平衡度为11.8%;在200V电压下,中心线到正、负极滑环的电压分别是104V、93V,不平衡度为11.0%。由此可见,两次测量都达到了10%以上的不平衡度证实发电机转子中有匝间短路故障。

3 600MW发电机转子匝间短路故障的定位处理

3.1 扒护环前

在故障位置定位过程中,应用了匝间压降法进行处理。选择合适的直流电压,直接施加到转子滑环部位,分别将触针置于两侧护环内侧径向通风孔内,对短路槽中线匝间电压进行检测。根据理论分析,短路匝间电压只达到了正常匝间电压的十分之一甚至更低^[6]。使用直流电焊机,将48A直流电施加到转子上,对8号槽、25号槽的两侧径向通风孔内匝电压进行检测,结果如表1所示。从中能够发现,最低电压发生在汽侧8号槽第5、第6匝之间,远低于其他正常值。由此分析,匝间短路具体位置是在这里,需要将汽侧护环扒下后处理。

表1 匝间电压测试数据(mV)

线匝号	汽侧8号槽	汽侧25号槽	励侧8号槽	励侧25号槽
1-2	36.0	35.0	35.0	35.0
2-3	36.0	36.5	35.0	35.0
3-4	40.0	37.0	37.5	36.0
4-5	40.0	39.0	29.0	38.0
5-6	4.5	10.0	15.5	23.5

3.2 扒护环后

将护环扒下后,使汽侧端部线圈暴露,分别在8号槽、25号槽及二者间进行测试,以66A直流电施加,结果如表2所示。

表2 扒护环后匝间电压测试数据(mV)

线匝号	汽侧8号槽	汽侧25号槽	二者之间
1-2	45.0	45.0	45.0
2-3	45.0	45.0	45.0
3-4	45.0	45.0	46.0
4-5	49.0	49.0	49.0
5-6	8.0	10.0	9.0
6-7	45.0	41.0	43.0

从中能够确定,短路位置就在8号槽当中。退掉8号槽靠近汽侧三分之一的槽楔,使通风孔显露,从汽侧第1槽楔位置开始,对第5、第6匝间电压进行测量。结果显示,2号电压6.5mV、4号电压5.0mV、5号电压4.0mV、7号电压5.5mV、8号电压6.0mV、9号电压7.0mV、10号电压8.0mV。由此可见,在转子8号槽汽侧第5槽楔附近,发生了匝间短路。明确短路位置之后,进行后续故障处理,撬开8号槽上方5匝线圈,使第6匝线圈显露,发现短路点2处。

3.3 故障原因分析

根据检测结果及实际情况,对故障原因进行分析。发现转子匝间短路具体发生部位是在8号槽线圈的第5匝、第6匝之间,短路点共发现2个。其中,第1点的位置和汽端本体端面之间具有900mm的距离,第2点的位置和汽端本体端面之间具有1430mm的距离,两个短路点之间具有

530mm 的距离。通过原因分析得出,在第 5 匝、第 6 匝之间,转子绕组中有异物或高点存在,同时转子槽楔采取了松打结构。所以在每次启停设备的过程中,匝间绕组分别受到转子大轴扰动、离心力等影响,出现了一定的相对位移,因此对匝间绝缘带来磨损,进而发生了短路故障^[7]。

3.4 故障处理措施

针对故障问题及原因,在处理过程中,将两个短路点之间已经局部碳化并烧到穿孔的匝间垫条截去,长度在 600mm。对铜线进行砂光处理,然后使用新垫条重新垫入,长度在 700mm,两端分别搭接旧垫条 50mm。在第 6、第 7 两个相邻匝对应于短路位置的匝间垫条中,发现存在过热的痕迹。增加 1 层匝间垫条,长度在 250mm,达到补强的效果^[8]。

4 600MW 发电机转子匝间短路故障的修复效果

完成故障修复之后,对修复效果进行测试。首先进行转子绕组绝缘电阻检测,结果显示,以转子绕组为加电压侧,以转子大轴及外壳为接地侧,绝缘电阻值 /M 为 918/722。其次进行转子绕组直流电阻检测,在 35.5℃ 条件下,转子绕组测试值为 73.95mΩ,上次数值为 74.41mΩ,变化量为 0.63%。再进行转子绕组交流阻抗和功率损耗检测,结果显示,在 20V、40V、60V、80V、100V 电压下,电流分别为 6.39A、12.14A、17.51A、22.32A、26.58A,交流阻抗分别为 3.129Ω、3.294Ω、3.426Ω、3.584Ω、3.762Ω,功率损耗分别为 83W、307W、659W、1110W、1676W。最后进行转子匝间短路测试,利用单开口变压器法进行测试,得出相应结果然后在 200V 交流电压下进行中心线电压检测,结果显示,内滑环电压为 100.0V、外滑环电压为 100.0V,误差为 0。通过上述检测结果能够看出,通过处理已将转子匝间短路故障彻底修复,同时由于局部修复了转子绕组及槽楔,

因此交流阻抗出现了一定的变化^[9]。后续在转子冲转过程中,采取动态交流阻抗检测的方式,检测发电机性能是否受到影响。

5 结论

600MW 发电机转子匝间短路是一种常见的故障类型,出现短路之后,解体检查修复需要耗费较长的时间,对于发电厂运行的稳定性和安全性都有很大的影响。对此,应当采取有效的检测技术,对此类故障尽早查明,进而采取相应的措施进行处理。

参考文献

- [1] 徐青彪,熊荣,袁林.一起水轮发电机转子匝间短路故障分析与处理[J].四川水力发电,2020,12(1):184-188.
- [2] 刘帅,徐伟娜.PSO—RBFNN在发电机转子绕组匝间短路故障诊断中的应用[J].河南建材,2021,17(6):147-148.
- [3] 孙卫鹏,徐合力,高岚.基于GA-BP的船舶同步发电机定子绕组匝间短路故障诊断研究[J].中国修船,2020,52(30):163-166.
- [4] 王云峰,冀顺林.一起发电机转子绕组动态匝间短路故障的诊断与分析[J].电工技术,2021,32(21):152-156.
- [5] 杨玉磊.1000MW汽轮发电机转子绕组匝间短路故障诊断与分析[J].电力工程技术,2019,38(1):146-150.
- [6] 何天磊,徐俊元,陈聪,等.大型汽轮发电机转子绕组匝间短路故障诊断[J].湖南电力,2019,42(31):135-137.
- [7] 孙士涛,雷雨,张杰,等.基于频域输入阻抗的发电机转子匝间短路故障诊断方法研究[J].大电机技术,2020,12(1):126-131.
- [8] 杨世强,何信林,王团结,等.大型发电机转子绕组匝间短路故障诊断研究与应用[J].电气应用,2021,40(9):116-119.
- [9] 李天辉,唐明,贾伯岩,等.发电机转子匝间短路故障的建模仿真及诊断分析[J].高电压技术,2019,45(12):109-114.