

1 000 MW 汽轮发电机转子绕组匝间短路故障诊断与分析

杨玉磊

(中国大唐集团科学技术研究院有限公司华东电力试验研究院,安徽 合肥 230088)

摘要:发电机转子绕组匝间短路故障由于发生次数多、故障诊断难度大、故障后果严重等原因,严重威胁电厂电气主设备的安全稳定运行。因此,如何准确诊断大型汽轮发电机转子绕组匝间短路故障就成了电力行业亟待解决的难题之一。文中首先介绍了转子匝间发生短路故障的原因、故障的分类和故障的分析诊断方法等内容,接着以一起刚投产的1 000 MW 汽轮发电机转子绕组匝间发生短路故障的案例为基础,说明了转子匝间短路故障的诊断方法和过程。根据电气试验的结果和现场检查情况,确定转子线圈拐角处铜线打磨不充分是造成转子匝间发生短路故障的主要原因。

关键词:转子;匝间短路;重复脉冲法;探测线圈波形法

中图分类号: TM311

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2019)01-0157-06

0 引言

在当今供电市场增长放缓、火力发电机组频繁参与深度调峰的背景下,大型汽轮发电机由于励磁电压高、励磁电流大、转子匝间绝缘裕度小和频繁遭受大负荷变化冲击等原因,转子匝间出现短路故障的现象越来越频繁^[1-2]。

轻微的转子绕组匝间短路故障对发电机组的正常运行影响不大且故障特征不明显,运行中常被忽略。但发电机若长期运行在匝间短路故障状态,则会使转子的励磁电流明显升高、无功功率相对下降、由内部热应力分布不均导致的轴承不平衡振动显著增加。一旦转子绕组匝间短路故障的严重程度增加,还将会导致转子发生一点甚至两点接地故障,导致转子大轴磁化,严重者还将烧伤轴颈和轴瓦,对机组本身的安全稳定运行构成巨大威胁^[3-5]。

因此,研究如何准确诊断大型汽轮发电机转子绕组匝间短路故障对于消除影响电力系统稳定运行的安全隐患和保证发电厂电气主设备的运行寿命具有重要意义。文中以一起1 000 MW 汽轮发电机转子绕组匝间发生短路故障的案例为背景,在归纳总结转子匝间短路故障的原因和分类方法的基础上,详细论述了转子匝间短路故障的怀疑、诊断和故障点查找的全过程,可为其他机组分析和处理转子匝间短路故障提供参考。

1 转子绕组匝间短路故障的原因及其分类

大型汽轮发电机转子匝间发生短路故障的主要原因是匝间的绝缘纸或绝缘垫条被破坏,而可能

破坏转子匝间绝缘结构的主要因素可按制造和运行两个阶段进行分类^[6-8]。

(1) 制造阶段。汽轮发电机转子的生产过程极其复杂,技术工艺要求较高^[9]。从发生转子绕组匝间短路故障的历史情况来看,在转子制造过程中,造成转子匝间短路故障的主要原因如下:(a) 转子端部绕组固定不牢、垫块松动,发电机在运行中由于铜铁温差或膨胀不均而引起绕组的相对位移;(b) 绕组铜导线加工工艺不良,如成形后不严格的倒角与去毛刺,端部拐角整形不好,端部弧线转弯处局部遗留褶皱或凹凸不平;匝间绝缘垫片垫偏,绕组导线的焊接头和相邻两套线圈间的连接线焊口整形不良;制造工艺粗糙留下工艺性损伤;转子护环内残存加工后的金属切削异物、护环绝缘衬垫老化等。

(2) 运行阶段。发电机在运行过程中,转子受热应力、电磁力、绝缘老化等诸多因素影响,发生短路的可能性也有所增加。根据实际的运行经验,在运行中转子发生匝间短路故障的主要原因包括:(a) 大型汽轮发电机转子所承受的机械方面和电气方面的负荷高,特别是转子绕组和固定系统在高速旋转过程中要承受很大的离心力和多种使其移位变形的动态应力;(b) 发电机起、停时的离心力或负荷变化所引起的热胀冷缩使转子线圈发生位移、变形或局部绝缘损坏,造成转子绕组匝间短路,尤其对调峰运行的发电机,更应引起注意;(c) 运行中,转子绕组的通风孔内落入异物,造成转子通风孔堵塞,转子线圈过热引起匝间绝缘损坏^[10]。

由于上述设计制造阶段的缺陷和运行检修工艺不当等原因的存在,转子绕组匝间易发生短路故

障并且随着机组运行年限的增加,匝间短路故障的程度也日趋严重。

为了更好地描述和理解不同类型、不同原因造成的转子绕组匝间短路故障,根据转子绕组匝间短路故障发生时,转子自身的运动状态可将匝间短路故障分为以下2种:(1)稳定性匝间短路故障。转子静态时就存在的,不随转子的转动状态和运行工况而变化的匝间短路;(2)不稳定性匝间短路故障。转子在转动时受转速、电流和温度等单种或多种因素影响下出现的匝间短路,也称动态匝间短路。其中,动态匝间短路故障出现的频率相对较高,也更难准确检测^[11]。

根据转子绕组匝间短路故障的严重程度或其发展过程,可将转子绕组匝间短路故障分为3个阶段:(1)萌芽期:发电机组振动、励磁电流、机组无功及轴电压等均符合正常运行工况。故障表现为局部过热,匝间以稳定的高阻短路或匝间绝缘间存在油污、漆片等污染物;(2)发展期:发电机运行状况下出现振动增大、励磁和无功受到影响,但运行工况限制尚未突破;(3)故障期:发电机组出现振动超标、无功严重降低、转子温度高等异常^[12-13]。

综上,对发电机转子绕组匝间短路故障诊断方法的研究,其主要目的是尽可能的在故障萌芽期和发展期实现准确诊断并定位稳定性匝间短路或动态性匝间短路,结合维修情况,分析故障发生的原因,确定故障发生的部位和严重程度,为后期转子匝间短路故障的维修做好准备。

2 转子绕组匝间短路故障的常用诊断方法

针对大型汽轮发电机转子绕组匝间短路故障,试验人员可根据发电机本体状态、发电机带负荷运行状况、现场试验条件和试验目的等,选择一种或多种试验方法进行联合诊断。

现场实际应用时,对于运行机组,为了减少机组停机时间、节省诊断试验费用,一般按照先膛内后膛外、不确诊不抽转子的原则来开展转子匝间短路故障的诊断试验。因此,一般采取的诊断方法主要包括以下3种。

(1) 转子交流阻抗与功率损耗试验。在静态和动态条件下,分析发电机转子绕组交流阻抗和功率损耗与历史数据相比的变化情况是判断转子绕组匝间是否存在短路故障最常用的方法之一。现行标准中规定,在发电机出厂、交接和大修时都应测量转子绕组的交流阻抗和功率损耗,并且要求相互之间应无明显差别。但是,由于转子绕组的交流阻

抗和功率损耗易受定子附加损耗、转子本体剩磁、试验时施加电压的高低、试验电源频率、波形的谐波分量等多种因素的影响^[14],因此转子绕组交流阻抗和功率损耗的变化情况只能作为匝间短路的辅助判据。

(2) 重复脉冲法试验。重复脉冲法是基于英国专家J.W.Wood提出的波过程理论即行波技术。重复脉冲法试验是基于转子绕组波阻抗的变化来进行故障诊断,而匝间短路故障的严重程度则通过故障点处波阻抗的变化大小来反映,即转子两极特征响应波形的重合程度。两极特征响应波形的相减波有突起或凹陷时说明转子匝间存在异常,而突起或凹陷的幅值大小就表示匝间短路故障的严重程度^[15-16]。除此之外,检测人员还可以根据本发电机或同类型发电机模拟匝间短路故障的特征响应曲线,通过比对故障点的幅值和相对位置,对被测发电机转子匝间短路故障的严重程度和位置进行准确判断^[17]。

(3) 探测线圈波形法试验。探测线圈波形法试验主要是测量放置于发电机定转子之间的探测线圈两端的电压变化,即监测气隙磁通变化量随时间变化的微分信号。该电压信号的变化主要取决于被放大了超过 10^4 倍的、由转子本身的槽漏磁所形成的转子齿谐波,其幅值大小与转子的安匝数成正比。当转子不存在匝间短路时,电压波形关于大齿对称且变化平稳;当发生匝间短路时,故障槽的安匝数变小,采集到的故障槽电压波形幅值将减小,电压波形不再关于中心对称分布,且以大齿对称的对应两槽由于线圈相互短接,将出现同等效应,所以在一个周期内电压波形上会出现2个峰值降低点^[18-20]。

3 转子绕组匝间短路故障的案例分析

3.1 故障背景

某电厂1号发电机在168 h满负荷试运行期间转子振动随负荷增加变化明显,发电机有功功率为1 000 MW时9Y方向振动值高达 $165 \mu\text{m}$,超过了电厂运行规程的要求(振动值大于 $125 \mu\text{m}$ 时报警;振动值大于 $255 \mu\text{m}$ 时跳闸)。为消除1号发电机满负荷运行时9Y方向振动值超标的缺陷,汽轮机厂家根据转子大轴出厂时动平衡后的原始振动数据(幅值和相位)和此次振动异常增大时的振动数据,经过专业分析软件计算并经审核后,给出了在低发对轮加重 $630 \text{ g}/330^\circ$,集电环小轴处加重 $412 \text{ g}/345^\circ$ 的配重方案。然后1号机组重新启动,有成功

率达到 1 000 MW 时,9X 方向振动增加到 216 μm ,较之前振动值增加 61 μm ,配重方案无效。1 号发电机的铭牌参数如表 1 所示。

表 1 1 号发电机的铭牌参数
Table 1 No. 1 generator nameplate parameters

参数	数值	参数	数值
型号	QFSN-1000-2-27	额定功率/MW	1 008
额定容量/(MV·A)	1 120	定子电压/kV	27
额定电流/A	23 949	励磁电流/A	5 041
额定励磁电压/V	459	额定频率/Hz	50
额定功率因数	0.9	绝缘等级	F 级

为尽快查明 1 号发电机 9 瓦振动大的故障原因,防止机组非停或恶性故障的发生,通过查看分析机组运行过程中振动值、负荷、励磁电流等参数的变化情况,发现 9 瓦振动值随负荷变化而变化,振动变化略微滞后于负荷变化,且相近工况下转子励磁电流与刚投运时相比有一定的增大,符合转子匝间短路故障的主要特征,因此建议电厂立即停机并对 1 号发电机转子绕组匝间绝缘状况进行诊断。

3.2 转子交流阻抗与功率损耗试验

1 号发电机试验时和交接时转子绕组交流阻抗随转速变化的对比曲线如图 1 所示。

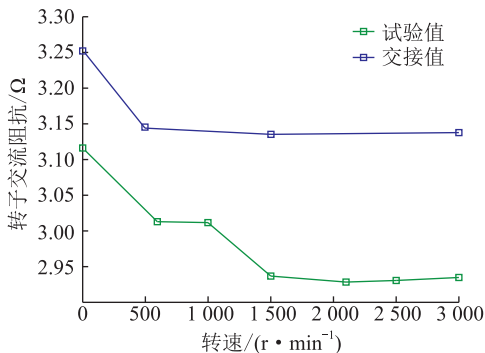


图 1 试验时和交接时转子交流阻抗随转速的变化曲线

Fig.1 Compared to the handover, the test change curve of the rotor AC impedance with the speed

由图 1 可知,1 号发电机转子在 0 r/min 时,交流阻抗与交接时相比,差值为 4.15%;在 3 000 r/min 时,交流阻抗与交接时相比,差值为 6.44%。对于功率损耗,转子在 0 r/min 时差值为 3.91%,在 3 000 r/min 时差值为 5.40%。即在两种状态下,差值均不到标准规定的注意值 10%,但从本次试验和交接时转子交流阻抗随转速变化的对比曲线可以看出,本次试验中转子交流阻抗与交接时相比,有一定下降,而功率损耗与交接时相比有一定增加,且随着发电机转子转速的增加,交流阻抗值下降有增大趋势。

3.3 重复脉冲法试验

按照重复脉冲法试验的方法,分别对 1 号发电机转子开展了静态和动态条件下的重复脉冲法试验,试验结果如图 2 和图 3 所示,重复发射的尖峰脉冲波形的幅值约为 6.5 V。图中下方为转子绕组两极的特征响应波形,上方为两极特征波形相减计算得到的相减波,通过对两极特征响应波形的重合度以及相减波是否存在峰值点进行观察,即可确定转子绕组匝间是否存在短路故障。

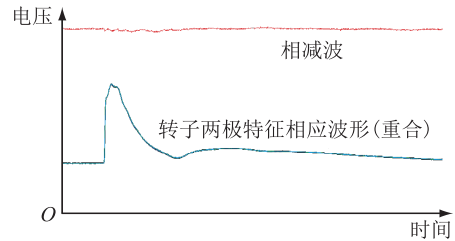


图 2 静态重复脉冲法试验波形和相减波波形

Fig.2 Static repetitive surge oscilloscope waveform and subtraction waveform

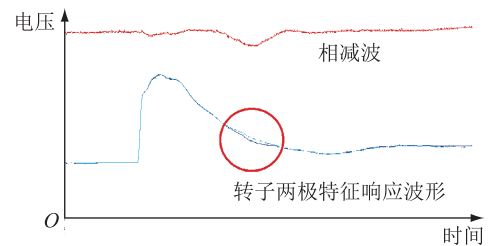


图 3 动态重复脉冲法试验波形和相减波波形

Fig.3 Dynamic repetitive surge oscilloscope waveform and subtraction waveform

由 1 号发电机转子绕组静态和动态重复脉冲法试验的波形图可以看出,在转子转速为 0 r/min 时,转子绕组两极的脉冲响应波形重合度高,相减波为一条直线;在转子转速为 3000 r/min 时,转子绕组两极的脉冲响应波形曲线有明显的重合,相减波存在明显的峰值点,峰值最大值约为 200 mV,说明 1 号发电机转子绕组两极之间存在阻抗突变点,即 1 号发电机转子绕组匝间存在不稳定性短路故障。

3.4 探测线圈波形法试验

为了进一步确定故障点的位置和故障严重程度,避免单一诊断方法带来的误判,决定开展短路条件下的探测线圈波形法试验。

按照探测线圈波形法试验的要求,使用铜排将发电机出线进行短接后,开展了短路电流为 50%和 100%额定电子电流条件下的探测线圈波形法试验,100%额定电子电流条件下的试验波形如图 4 所示。

按照相关电力行业标准规定的计算方法^[21],对匝间短路特征值和匝间短路判据进行了计算,结果

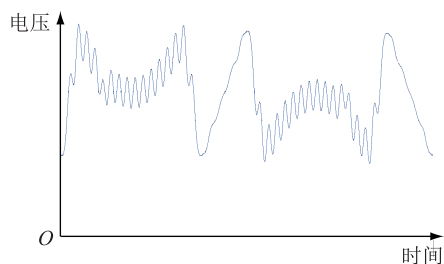


图4 探测线圈波形法试验波形

Fig.4 Probe coil waveform test waveform

如表2所示。

表2 5号线圈波形法试验的计算结果

Table 2 Calculation results of No.5 probe coil waveform test

短路电流/额定定子电流	匝间短路特征值/%	匝间短路判据/%	结论
50%	65.0	6.43	转子匝间存在短路
100%	71.2	6.43	转子匝间存在短路

由1号发电机转子绕组探测线圈波形法试验的波形图可以看出,5号线圈的电压幅值与邻近线圈相比有明显下降。根据标准规定的计算方法,5号线圈匝间短路特征值远大于匝间短路判据,再次通过试验证明了1号发电机转子匝间存在短路故障。

3.5 故障点的查找和故障原因分析

根据上述3种诊断方法的试验结果,确定1号发电机转子绕组匝间存在短路故障,且故障点位于5号线圈。为了验证试验结果并对故障点进行修复,发电机生产厂家在现场抽出了转子的5号线圈。通过现场检查发现,在5号线圈1匝和2匝之间“L”型拐角处粘贴的绝缘复合纸有明显的移位现象,部分绝缘复合纸出现磨损。撕下“L”型拐角处的绝缘复合纸,用手检查,发现拐角处转子线圈表面存在凸起,线圈表面不平整。

综上所述,根据转子匝间短路诊断试验的结果和维修期间转子现场检查情况,1号发电机转子绕组匝间出现短路故障的原因是转子5号线圈1匝和2匝之间“L”型拐角处铜线打磨不充分,铜线表面存在凸起,导致1号发电机带负荷运行过程中,由于转子快速旋转,在离心力的作用下,线圈铜线之间相互压紧,端部铜线表面的匝间绝缘复合纸被铜线凸出部位反复摩擦,导致绝缘复合纸出现移位和破损,从而引起转子5号线圈1匝和2匝在“L”型拐角处发生短路故障,从而导致运行中转子振动不断增大。

4 结语

发电机转子绕组匝间短路故障由于发生次数多、故障诊断难度大、故障后果严重等原因,严重威胁电厂电气主设备的安全稳定运行。但是在实际诊断过程中,单纯依靠一种监测手段或者单一的诊断方法很难进行准确判断,文中在总结发电机转子绕组匝间短路故障发生原因、故障分类和3种不同试验方法原理的基础上,详细论述了一台刚投产的1000 MW汽轮发电机转子绕组匝间短路故障的诊断过程,对故障原因进行了分析,指出转子线圈拐角处打磨不充分是造成故障的主要原因。

参考文献:

- [1] 李永刚,马明哈,武玉才,等. 汽轮发电机转子绕组匝间短路故障程度诊断方法[J]. 电机与控制学报,2018(6):62-69.
LI Yonggang, MA Minghan, WU Yucai, et al. Diagnostic method of turbo generator rotor winding inter-turn short circuit fault degree[J]. Electric Machines and Control, 2018(6):62-69.
- [2] 张超,夏立,吴正国,等. 同步发电机转子绕组匝间短路故障特征规律分析[J]. 高电压技术,2010,36(6):1506-1512.
ZHANG Chao, XIA Li, WU Zhengguo, et al. Analysis on fault characteristics law of interturn short circuit in synchronous generator rotor winding[J]. High Voltage Technology, 2010, 36(6):1506-1512.
- [3] 班国邦,李永刚,赵立进,等. 基于电磁特性的转子绕组动态匝间短路故障联合诊断方法研究[J]. 华北电力大学学报(自然科学版),2014,41(3):32-35.
BAN Guobang, LI Yonggang, ZHAO Lijin, et al. Research on joint diagnostic methods of dynamic rotor winding inter-turn short circuit fault based on the electromagnetic properties[J]. Journal of North China Electric Power University, 2014, 41(3):32-35.
- [4] 李永刚,李和明,赵华. 汽轮发电机转子绕组匝间短路故障诊断新判据[J]. 中国电机工程学报,2003,23(6):112-116,169.
LI Yonggang, LI Heming, ZHAO Hua. The new criterion of interturn short-circuit fault diagnose of steam turbine generator rotor winding[J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2003, 23(6):112-116, 169.
- [5] 万书亭,李和明,李永刚. 转子匝间短路对发电机定转子振动特性的影响[J]. 中国电机工程学报,2005,25(10):122-126.
WAN Shuting, LI Heming, LI Yonggang. Analysis of generator vibration characteristic on rotor winding inter-turn short circuit fault[J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2005, 25(10):122-126.
- [6] 褚岩. 汽轮发电机转子绕组匝间短路的故障原因与磁场分析[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版),2005,1(4):41-43.
CHU Yan. Analysis on magnetic field and fault of interturn short

- circuit in rotor winding of turbo generator [J]. Journal of Shenyang Institute of Engineering (natural sciences), 2005, 1(4):41-43.
- [7] 张亮杰. 大型汽轮发电机转子绕组匝间短路的故障处理与分析[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2010, 23(2):33-35. ZHANG Liangjie. Treatment and analysis of large turbo-generator rotor winding inter-turn short circuit fault [J]. Journal of Jiangxi Vocational and Technical College of Electricity, 2010, 23(2):33-35.
- [8] 赵艳军, 李永刚, 武玉才, 等. 汽轮发电机转子匝间短路时转子振动特性分析[J]. 华北电力大学学报, 2008, 35(5):16-21. ZHAO Yanjun, LI Yonggang, WU Yucui, et al. Analysis of rotor vibration characteristic for turbine generator rotor winding inter-turn short circuit fault [J]. Journal of North China Electric Power University, 2008, 35(5):16-21.
- [9] 秦福元, 黄学冈, 张军, 等. 1 000 MW 超超临界汽轮发电机转子线圈装配工艺[J]. 东方电气评论, 2008, 23(2):64-68. QING Fuyuan, HUANG Xuejun, ZHANG Jun, et al. Rotor assembly technology of 1 000 MW ultra-super critical steam turbine generator [J]. Dongfang Electric Review, 2008, 23(2):64-68.
- [10] 关建军. 大型汽轮发电机转子绕组匝间短路故障的诊断研究[J]. 大电机技术, 2003(2):18-22, 27. GUAN Jianjun. Study on the diagnosis of inter-turn short-circuit fault in rotor of large turbo generator [J]. Large Electric Machine and Hydraulic Turbine, 2003(2):18-22, 27.
- [11] 党晓强, 刘俊勇, 杨可, 等. 大型发电机绕组电气故障分析[J]. 四川电力技术, 2005(5):5-7. DANG Xiaoliang, LIU Junyong, YANG Ke. Electrical fault analysis for large synchronous generator winding [J]. Sichuan Electric Power Technology, 2005(5):5-7.
- [12] 李滨波. 大型汽轮发电机组主要故障分类及分析[J]. 西北电力技术, 2003, 31(5):29-30, 39. LI Binbo. Main fault classification & analysis of large-scale generator [J]. Northwest China Electric Power, 2003, 31(5):29-30, 39.
- [13] 林琳, 黄保志. 某汽轮机轴振监测系统故障分析处理[J]. 广东电力, 2017, 30(9):33-36. LIN Lin, HUANG Baozhi. Analysis and treatment for fault of shaft vibration monitoring system of steam turbine [J]. Guangdong Electric Power, 2017, 30(9):33-36.
- [14] 杨洪涛, 赵海蓉. 浅析发电机转子绕组交流阻抗的测量[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(11):58-59, 61. YANG Hongtao, ZHAO Hairong. Method for measuring AC impedance of generator rotor and effects on decision of turn-to-turn short circuit fault [J]. Automation Of Electric Power Systems, 2001, 25(11):58-59, 61.
- [15] 纪璇, 李永刚, 董延昌. 重复脉冲法检测发电机转子绕组匝间短路故障的研究[J]. 实验室科学, 2010, 13(3):87-89. JI Xuan, LI Yonggang, DONG Yanchang. Research on inter-turn short-circuit fault in the rotor winding of generator tested by repetitive surge oscilloscope [J]. Laboratory Science, 2010, 13(3):87-89.
- [16] WOOD J W, HINDMARCH R T. Rotor winding short detection [J]. IEE Proceedings. Part B: Electric Power Applications, 1986, 133(3):181-189.
- [17] 吴宇辉, 席斌, 余学文, 等. 一起汽轮发电机转子匝间短路缺陷的查找与分析[J]. 大电机技术, 2012(1):1-4, 9. WU Yuhui, XI Bin, YU Xuewen, et al. Analysis and location on inter-turn short circuit fault of turbo generator rotor winding [J]. Large Electric Machine and Hydraulic Turbine, 2012(1):1-4, 9.
- [18] 刘俊英. 大型汽轮发电机转子匝间短路原因分析及磁的影响[J]. 大电机技术, 2014(2):36-39. LIU Junying. The causes of inter-turn short circuit of large turbo-generator rotor and influence of magnetism [J]. Large Electric Machine and Hydraulic Turbine, 2014(2):36-39.
- [19] 孙宇光, 余锡文, 魏锬, 等. 发电机绕组匝间故障检测的新型探测线圈[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(6):917-924. SUN Yuguang, YU Xiwen, WEI Kun, et al. A new type of search coil for detecting inter-turn faults in synchronous machines [J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2014, 34(6):917-924.
- [20] 朱玲, 王建锋, 时维俊. 基于变流器网侧电流的双馈风力发电机转子绕组故障诊断[J]. 江苏电机工程, 2016, 35(3):76-79, 83. ZHU Ling, WANG Jianfeng, SHI Weijun. Double-fed induction generator rotor fault diagnosis based on grid-side current of back-to-back converter [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2016, 35(3):76-79, 83.
- [21] 隐极同步发电机转子匝间短路故障诊断导则: DL/T 1525—2016 [S]. 北京:中国电力出版社, 2016. Guide for detection of interturn short-circuit fault in cylindrical rotor of synchronous machines; DL/T 1525—2016 [S]. Beijing:China Electric Power Press, 2016.

作者简介:



杨玉磊

杨玉磊(1990),男,硕士,工程师,从事发电机、变压器等电气设备绝缘技术监督、故障诊断、试验检测和科学研究等工作(E-mail: yylgongzuo@126.com)。

Diagnosis and analysis of 1 000 MW turbine generator rotor winding inter turn short-circuit fault

YANG Yulei

(China Datang Corporation Science and Technology Research Institute Co.,Ltd.
East China Electric Power Test & Research Institute, Hefei 230088, China)

Abstract: The inter-turn short-circuit fault of the generator rotor winding is seriously threatening the safe and stable operation of the electrical main equipment of the power plant due to the frequent occurrence, the difficulty of fault diagnosis and the serious consequences of the fault. Therefore, how to diagnose the fault of large turbo generator rotor winding inter-turn short circuit becomes one of the most difficult problems to be solved in power industry. In this paper, the causes of short-circuit faults in the rotor turn, the classification of faults and the analysis and diagnosis methods of faults are first introduced. Then, based on the case of short-circuit faults occurring in the rotor windings of the 1 000 MW turbine generators that have just been put into production. The diagnosis method and process of the inter-turn short circuit fault of the rotor are explained. According to the results of the electrical test and the on-site inspection, it is determined that the insufficient copper wire grinding at the corner of the rotor coil is the main cause of short-circuit faults between the rotor turns.

Keywords: rotor; inter-turn short circuit; repetitive surge oscilloscope; probe coil waveform test

(编辑 方晶)

(上接第 156 页)

A comprehensive backup protection device for busbar

CHEN Xiaobin¹, SUN Xu¹, DAI Guangwu², TAN Hao², DAI Jiaqiang², ZHAO Qingchun²

(1. Jieyang Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Corporation, Jieyang 522000, China;

2. NR Electric Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: Aiming at the operation mode of 110 kV ring network, this paper analyzes the problems existing in the traditional protection configuration scheme, and advances a comprehensive backup protection device for busbar. The comprehensive backup protection of 110 kV line is proposed by using the bus connection breaker's trip signal of the transformer's far backup protection, and integrated with the failure protection of the circuit breaker to form a complete solution. When 110 kV line occurs faults, the device can effectively prevent the transformer backup protection's no selective overstep tripping by current breaker because of the rejection of the single line protection device or the failure of the circuit breaker, reducing the power outage range and improving the reliability of the power supply. Results of simulation and prototype experiment verify the effectiveness of the proposed theory and control strategy.

Keywords: ring network; line protection failure; breaker failure; comprehensive backup protection

(编辑 方晶)