

锦—苏特高压直流对江苏电网变压器直流偏磁的影响

吴鹏¹, 田猛², 陆云才¹, 陈铭明¹, 蔚超¹, 吴益明¹

(1.江苏省电力公司电力科学研究院,江苏南京 211103;2.镇江市供电公司,江苏镇江 212000)

摘要:±800 kV 锦—苏特高压直流工程大功率双极不平衡调试期间,江苏电网建设了直流偏磁在线监测系统,开展了直流偏磁带电检测工作。对距苏州换流站接地极 100 km 内主要 500 kV 和 220 kV 主变开展直流偏磁测试,包括中性点直流电流、振动、噪声等,并研究其对江苏电网的影响。研究发现,该工程直流偏磁会造成附近主变振动加剧、噪声增加,但未见造成局部过热现象,对主变的安全运行影响较小。提出了对新投运主变出厂试验增加直流偏磁试验和加强直流偏磁在线监测跟踪的建议。

关键词:特高压直流;直流偏磁;双极不平衡;在线监测;带电检测

中图分类号:TM72

文献标志码:A

文章编号:1009-0665(2014)01-0005-04

高压及特高压直流输电在系统调试、检修或发生单极故障的情况下,采用单极大地回线的运行方式^[1-3]。单极大地回线运行时,巨大的直流电流经接地极流入大地,造成较大范围的地电位变化^[4-5]。两站地电位存在电位差,会在两站主变中性点流过直流电流,从而造成主变铁心磁密工作点偏移,主变出现噪声增大、振动加剧等现象,还可能引起漏磁过大而发生局部过热,并造成交流电网的谐波畸变增大等不利影响^[6-10]。目前,国内部分厂家只在技术协议中保证,在变压器 500 kV 绕组中性点接地回路中存在 4~10 A 直流偏磁电流下,变压器不会因直流偏磁作用产生振动而导致结构件松动,变压器铁心不存在局部过热现象^[11]。曾对 500 kV 斗山变 3 号主变(三相分体)进行过 1 A, 2 A 直流偏磁试验,因变压器振动过大,未进行 4 A 直流偏磁试验,试验结果显示 2 A 未对变压器造成明显损伤^[12]。锦—苏±800 kV 特高压直流输电工程接地极位于苏州吴江地区,苏南地区负荷量重,枢纽变电站众多。为了评估特高压直流单极大地回线运行方式下直流偏磁对苏南交流电网枢纽变电站主变的影响,在特高压直流调试期间对苏南枢纽变电站主变进行了直流偏磁带电检测和在线监测,并对试验结果进行了分析。

1 锦—苏特高压直流系统基本情况

锦—苏±800 kV 特高压直流输电是国网公司继向上线后建设的又一特高压直流输电工程。该工程额定输送容量 7200 MW,最大连续输送容量 7600 MW,线路途经四川、云南、重庆、湖南、湖北、安徽、浙江、江苏八省市,全长约 2 100 km。±800 kV 苏州换流站是锦苏线在江苏的落脚点,总占地 16.6 hm²,换流变压器容量为(24+5)×339 MV·A,500 kV 出线 6 回。

苏州吴江地区附近 100 km 范围内共有 3 个换流站接地极:±800 kV 同里换流站接地极、±800 kV 奉贤换流站接地极、±500 kV 华新换流站接地极。±800 kV 苏州换流站位于江苏苏州 500 kV 吴江变电所西侧,属于松陵镇和平望镇管辖,同里接地极位于吴江市和浙江交界处桃源镇民益村,接地极线路约 37.5 km(与苏州换流站直线距离约 27 km);向家坝—上海±800 kV 特高压直流奉贤换流站接地极位于上海市金山区廊下镇西南部,六里塘以东,山塘河以北,朱平公路以西,距奉贤换流站 96 km;另外,在苏州接地极与奉贤接地极中间还有±500 kV 华新换流站接地极。

2 直流偏磁测试方法

为了更全面地了解锦屏—苏南±800 kV 特高压直流对江苏电网运行的影响,结合系统调试计划,在苏州换流站接地极 100 km 半径范围内安装直流偏磁在线监测设备以及安排带电检测,在大功率调试期间实时检测变压器噪声、振动、中性点直流电流。

2.1 直流偏磁测试布点

为获得较为准确的直流分布情况,综合考虑苏州地区变电站众多、主变负荷重,距离特高压线路及接地极地理位置、太湖水域等因素,测试主变主要涵盖苏州大部分 500 kV 及吴江 220 kV 变电站、环太湖周围无锡 500 kV 变电站,具体测点如表 1。

2.2 直流偏磁在线监测系统

直流偏磁在线监测系统由直流偏磁在线监测终端和后台组成。监测终端包括直流电流传感器、数据采集单元、无线发射模块及相应的电源箱体等;系统后台包括无线接收单元、数据处理服务器、直流偏磁在线监测系统软件及其他附件等。直流电流传感器采用霍尔效应测试直流电流,安装在变压器中性点引下线上,通过屏蔽信号电缆将数据提供给采集单元,采集单元初步

表 1 主要测试布点

地区	变电站主变	距离 /km
苏州	500 kV 吴江变	21
	500 kV 玉山变	38
	500 kV 木渎变	50
	500 kV 车坊变	31
	500 kV 石牌变	53
	220 kV 慈云变	15
	220 kV 苑坪变	23
无锡	500 kV 梅里变	71

加工后将数据转化成特定文件发送给无线发射模块,无线发射模块采用商用移动网络传输数据文件给远端,远端无线接收后转交至后台直流偏磁在线监测系统服务器上,进入高级应用层。直流偏磁在线监测系统结构如图 1 所示。

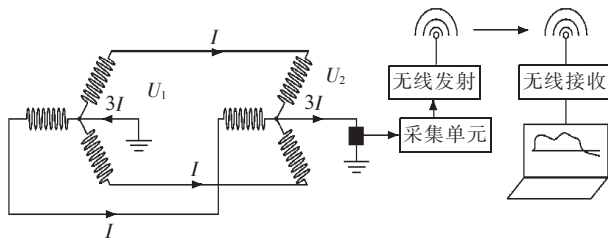


图 1 直流偏磁在线监测系统

为监测锦屏—苏南±800 kV 特高压直流输电工程对江苏电网主变的直流偏磁影响,在苏州地区和无锡地区 8 个 500 kV 变电站和 6 个 220 kV 变电站共装设 23 套直流偏磁在线监测终端。另外在 500 kV 吴江变 1 号主变、500 kV 木渎变 2 号主变和 500 kV 车坊变 3 号主变装设了 3 套振动和噪声在线监测装置,以辅助监测直流偏磁对主变的影响。

直流偏磁在线监测终端在变电站现场安装前后进行了测量精度和测量值校准。校准采用安捷伦标准电流源输出 1 A, 2 A, 4 A, 8 A, 16 A 直流电流,然后通过直流偏磁在线监测终端进行测量比对,测试精度小于 2%。

2.3 直流偏磁带电检测测试

在锦屏—苏南±800 kV 特高压直流输电工程调试期间,为防止直流偏磁在线监测系统个别终端通信问题中断或其他原因非正常状况造成测试失效,另外补充测试了未安装直流偏磁在线监测终端的主变中性点直流电流,在苏州和无锡地区布置 9 个变电站(吴江变、车坊变、木渎变、石牌变、玉山变、梅里变、惠泉变、苑坪变、苏州换流变)进行直流偏磁现场带电测试,采用仪器为特制直流钳 8 支,振动分析仪 2 台,NL 噪声测试仪 4 台。特制直流钳中直流传感器与 2.2 中所采用的直流传感器相同,测试精度小于 2%。振动分析仪

采用 IOtech 652U,采用加速度传感器和速度传感器两类传感器。

3 大功率双极不对称运行对江苏电网的影响

3.1 双极不平衡大功率调试

极 1 大功率调试时间为 2012 年 7 月 7 日 8:00 至 7 月 8 日 0:43,其中 12:58 达到满负荷运行,双极功率(1800+180) MW,入地电流 3930 A;16:58 达到 1.1 倍过负荷运行,双极功率(1980+180) MW,最大入地电流 4494 A。功率和电流曲线如图 2 所示。

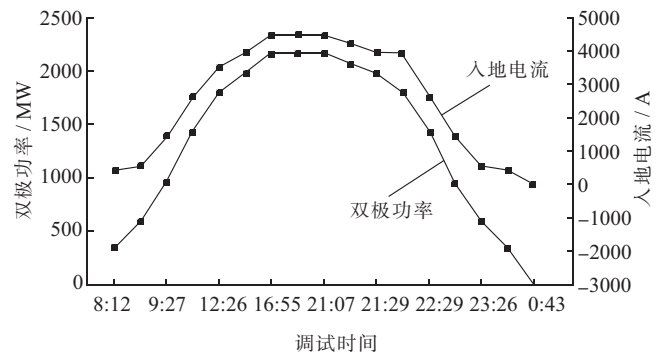


图 2 极 1 大功率调试曲线及接地极入地直流曲线

3.2 直流偏磁测试结果

在大地回线最大入地电流 4494 A 时,对苏州和无锡地区重要主变直流偏磁进行了测试,测试数据如表 2 所示。

表 2 苏州和无锡地区部分变电站主变直流偏磁测试结果

地区	变电站主变	中性点最大直流电流 /A	噪音增加值 /dB	
苏州	500 kV 吴江变 1 号	2.80	8.4	
	500 kV 吴江变 2 号	1.70	3.4	
	500 kV 吴江变 3 号	2.95	9.7	
	500 kV 吴江变 5 号	1.60	4.8	
	500 kV 吴江变 6 号	1.80	4.1	
	500 kV 玉山变 1 号	4.48	12.5	
	500 kV 玉山变 4 号	4.34	12.0	
	500 kV 车坊变 2 号	7.20	16.0	
	00 kV 车坊变 3 号	3.80	10.0	
	00 kV 石牌变 1 号	3.12	3.0	
	500 kV 石牌变 2 号	3.50	3.0	
	500 kV 石牌变 3 号	3.20	3.0	
	220 kV 慈云变 1 号	3.05	/	
	220 kV 慈云变 2 号	2.98	/	
	220 kV 苑坪变 1 号	3.70	/	
	220 kV 苑坪变 2 号	4.05	/	
	无锡	500 kV 梅里变 1 号	2.10	/
		500 kV 梅里变 2 号	1.95	/
500 kV 梅里变 3 号		1.40	/	

从表2可以看出,锦苏直流系统大地回线运行方式下,苏州换流站接地极入地电流最大为4500 A,苏州地区500 kV变电站主变均受直流偏磁影响,中性点直流电流、振动和噪声均有明显增长,另外变压器顶层油温也有2~3℃的增长。

500 kV 吴江变5台主变中性点直流电流增长至1.60~2.95 A,3号东芝产主变直流最大2.95 A,噪音比正常最大增加3.4~9.7 dB,振动加速度幅值增大1倍;500 kV 玉山变主变中性点为直接接地方式,1号、4号主变直流电流分别为4.48 A,4.34 A,噪音比正常约增加12.0 dB;500 kV 车坊变2号主变为日本三菱产的壳式变压器,最大直流为7.2 A,噪音增加16.0 dB,3号主变最大直流3.8 A,噪音增加10.0 dB,振动增加1.3倍;500 kV 石牌变1号、2号、3号变压器直流增加3.12~3.50 A,噪音增加3.0 dB;无锡地区500 kV 主变受直流偏磁影响较轻,梅里变、惠泉变、岷珠变主变中性点直流均在2 A以下。

另外,苏州吴江地区220 kV 慈云变、菀坪变主变受直流偏磁影响较大,菀坪变、慈云变中性点直流增长至3~4 A,从地理位置看这2个站比较靠近苏州换流站接地极。其他吴江地区220 kV 主变受直流偏磁影响均较小,中性点直流均在1.6 A以下。

500 kV 吴江变1号主变外壳振动在苏州换流站双极不平衡大功率调试期间的变化情况如表3所示,随着入地电流的增大,主变中性点直流偏磁严重,主变振动加剧。从直流偏磁状态下的500 kV 吴江变1号主变振动频谱分析(如图3所示)可以看出,直流偏磁造成变压器铁心偏饱和,振动频率以高频为主。

表3 500 kV 吴江变1号主变振动随调试的变化

时间	功率/MW	入地电流/A	中性点直流/A	振动加速度/g
8:25-9:21	420+180	577	0.4	0.40
9:28-12:00	780+180	1464	0.9	0.52
12:03-12:20	1260+180	2655	1.7	0.65
12:27-12:50	1620+180	3525	2.2	0.65
12:58-19:08	1800+180	3965	2.5	0.66
19:08-19:40	1980+180	4494	2.8	0.70

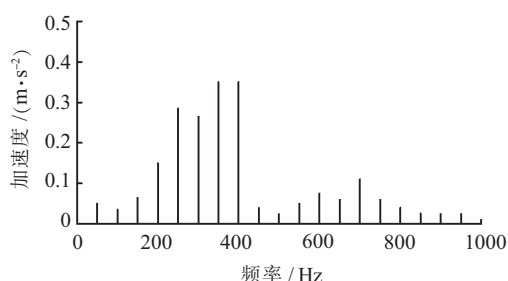


图3 直流偏磁状态下500 kV 吴江变1号主变振动频谱分析

苏州换流站双极不平衡大功率调试前后,对所评估主变进行油色谱分析,油色谱数据显示主变未因直流偏磁出现局部过热等异常现象。

4 结束语

华东地区是电力负荷集中的区域,苏沪浙交界区域布置了苏州、奉贤、华新三座特高压直流换流站,同样交流500 kV和220 kV电网也在该地区分布密集,测试和监测换流站不平衡运行对该地区主变的直流偏磁影响对电网安全稳定运行具有较大意义。在特高压锦—苏直流工程最大不平衡功率运行情况下进行测试,除车坊变2号主变外其他主变直流偏磁电流均小于4 A,换算到单相变压器小于1.3 A,远小于技术协议中规定主变单相耐受直流偏磁电流4 A的能力值,且未发现主变因直流偏磁产生局部过热现象。

江苏境内500 kV主变大多选用中性点小电抗接地方式,零序阻抗的增大虽对直流偏磁现象存在一定的抑制作用,但是考虑到多座换流站存在同时不平衡运行的可能,以及对未来运行环境恶劣的预估,建议对新入网的500 kV主变技术协议应严格规定变压器耐受直流偏磁能力水平,出厂试验应添加直流偏磁试验,并加强直流偏磁的在线监测跟踪。

参考文献:

- [1] 蒯狄正,万达,邹云.直流偏磁对变压器的影响[J].中国电力,2004,37(8):41-43.
- [2] 蒯狄正,万达,邹云.直流输电中电流对电网设备影响的分析与处理[J].电力系统自动化,2005,29(2):81-82.
- [3] 姚缨英.大型电力变压器直流偏磁现象的研究[D].沈阳:沈阳工业大学,2002.
- [4] 陈青恒,马宏彬,何金良.直流偏磁引起的500 kV电力变压器振动和噪声的现场测量与分析[J].高压电器,2009,45(3):93-96.
- [5] 蒯狄正,万达,邹云.变压器中性点注入反向抗偏磁直流的应用分析[J].华电电力,2005,33(6):21-23.
- [6] 苑舜,王天施.电力变压器直流偏磁研究综述[J].高压电器,2010,46(3):83-87.
- [7] 钟连宏,陆培均,仇志成,等.直流感地极电流对中性点直接接地变压器影响[J].高电压技术,2003,29(8):12-13.
- [8] 蒋跃强,李红雷,周行星,等.变压器直流偏磁的振动特性研究[J].华东电力,2009,37(1):132-135.
- [9] 文继锋,张晓宇,程骁,等.换流变压器直流偏磁与饱和保护[J].江苏电机工程,2013,32(2):28-30.
- [10] 吴鹏,陆云才,陈铭明,等.江苏电网非晶合金变压器综合评估[J].江苏电机工程,2013,32(3):1-5.
- [11] 国家电网公司.110(66) kV~500 kV油浸式变压器(电抗器)管理规范[M].北京:中国电力出版社,2004:25-28.
- [12] 全国变压器标准化技术委员会.GB/T 1094.101—2008电力变压器第10.1部分:声级测定应用导则[S].北京:中国标准出版社,2008.

作者简介:

吴 鹏(1983),男,河南西平人,博士,从事线圈类电力设备状态评估研究工;

田 猛(1982),男,河南开封人,工程师,从事高电压试验技术研究工作;

陆云才(1982),男,江苏南通人,工程师,从事线圈类电力设备状态

评估研究工作;

陈铭明(1986),男,江苏南通人,硕士,从事电能计量技术管理与电能质量研究工作;

蔚 超(1984),男,山东莱芜人,硕士,从事线圈类电力设备状态评估研究工作;

吴益明(1964),男,江苏镇江人,高级工程师,从事高电压技术和变压器类设备的研究工作。

Impacts of Jin – Su HVDC Project on Transformer DC Magnetic Bias in Jiangsu Power Grid

WU Peng¹, TIAN Meng², LU Yuncai¹, CHEN Mingming¹, WEI Chao¹, WU Yiming¹

(1. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China;

2. Zhenjiang Power Supply Company, Zhenjiang 212000, China)

Abstract: During the period of high-power bipolar power imbalance adjustment of the ± 800 kV Jinping-Suzhou HVDC project, an on-line monitoring system is constructed. The impacts, including neutral DC current, vibration, and audible noise, of DC magnetic bias on the 500 kV and 220 kV main transformers 100 km from Suzhou converter station grounding pole are studied. The filed test found that DC magnetic bias increases vibration and audible noise, but no overheating happens and having little impact on main transformers' safe operation. Finally, several suggestions are provided that DC magnetic bias test should be implemented to transformers before coming to operation and on-line monitoring tracking of DC magnetic bias should be strengthened.

Key words: HVDC project; DC magnetic bias; bipolar imbalance; on-line monitoring; field test

(上接第 4 页)

徐 楠(1978),男,浙江宁波人,高级工程师,从事电力系统运行、电网建设、电力市场方面的研究;

刘皓明(1977),男,江苏东台人,副教授,从事智能配电网、微电网方向的研究工作。

Fault Recovery Strategy for Distribution Systems with Distributed Wind-Solar Generating System

FAN Junhui¹, XU Nan¹, LIU Haoming²

(1. Inspection & Maintenance Company, Shanghai Electric Power Company, Shanghai 200063, China;

2. College of Energy and Electric Engineering, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Wind power and solar power with the stochastic characteristics have greater influences on fault recovery strategies of distribution system. This paper proposes fault recovery strategies for the distribution system considering the influences of wind and solar power. Firstly, a simplified steady-state equivalent model of an asynchronous generation is used to demonstrate the wind power generators, and the stochastic model of wind speed is adopted. The slip ratio is added into Jacobian matrix to calculate power flow of distribution system. The probabilistic output of solar power is considered as an injection power which is influenced by solar irradiance. Secondly, three-point estimate method is employed to solve probabilistic power flow of distribution systems. The recovery problem is presented as a multi-objective problem with the minimum mean of the system loss and the numbers of switch operation. Fast Elitist Non-Dominated Sorting Partheno-Genetic Algorithm is used to solve this multi-objective problem. A test system is used to show that the models and algorithms proposed are efficient.

Key words: distribution systems; fault recovery; wind power; solar power; probabilistic power flow

欢迎投稿 欢迎订阅