



电力监测与故障诊断技术全书

(二) 变压器、电抗器、互感器卷

(下)

国家电网公司武汉高压研究所

二〇〇五年九月

目 录

2004 年目录

电气设备状态监测与故障诊断技术的现状与展望	朱德恒,谈克雄(1)
电气设备状态在线监测系统若干问题解析	刘有为,高克利(8)
论如何正确开展状态检测及状态维修	李 华,李明华,董 明等(11)
国内外局部放电在线监测诊断系统情况介绍	(17)
正确使用监测方法是开展状态检修的基础	苑 舜(20)
美国电力研究院开展状态检修及诊断技术简介	(22)
大型变压器导电回路故障的诊断	姚森敬,刘春权(24)
330kV 变电站主变过热缺陷的检测和处理	何立柱,申泰斌,樊成虎(27)
变压器的故障诊断与检修策略(五)	万 达,王建国,吴益明(29)
变压器油色谱数据异常的分析与处理	贺树棟,李福勤(34)
油—气套管变压器现场局部放电试验及故障诊断	马卫平,王 翔,程方晓(36)
一种用于电力变压器局部放电在线监测的光纤传感器	肖登明,杨荆林,徐 欣等(38)
通过内联网监测变电所变压器工况	G. M. 巴斯托斯(41)
引用神经网络的变压器故障诊断专家系统	朱 敏,王富荣(42)
聚合物溶液中运动气泡速度检测	丛健生,陈德华,马水龙等(44)
牵引变压器绕组变形在线检测方法研究	高仕斌,王 果(46)
基于高速蜂窝技术的配变监控系统应用	吴 强,张立志,宋国元(51)
智能测控保护与故障诊断在冶炼电炉变压器中的应用	祁 伟,张 维,吴 涓(53)
基于灰色位势理论的变压器故障诊断算法	柳 纲,郭基伟,唐国庆(55)
基于电容分压的电力变压器套管绝缘在线检测的研究	刘云鹏,律方成,李成榕等(58)
基于虚拟仪器的电力变压器局部放电在线监测系统	冯 义,左自强,方 琼等(61)
变压器故障模糊诊断系统	谢可夫,邓建国(65)
气相色谱分析在诊断变压器内部故障中的应用	王 剑(68)
无功补偿—配变综合监测系统的应用研究	肖安南(70)
35kV 干式空芯并联电抗器运行情况与故障电抗器的解剖分析	何东平,孙 白(74)
变压器过热故障的判定方法与实践	高 辉,郑建新(78)
共振声谱法测量液体声速实验	马水龙,徐钦范(80)
大型变压器近区故障时高频分量的检测与研究	孟恒信,杨 杰,胡晓岑(82)
绝缘在线监测系统在武威电力局的应用	翟天培(84)
基于模糊输入的 BP—ART2 混合神经网络在电力变压器故障综合诊断中的应用	高如新,王福忠,冉正云(88)
变压器故障的诊断	鲁剑峰(91)
平波电抗器高温过热故障的检测与诊断	王学良,李 哲,徐新升等(94)
基于改进 GA-BP 混合算法的电力变压器故障诊断	王少芳,蔡金铨,刘庆珍(96)
一台 330kV 变压器磁路故障的分析与处理	张忠元,段开红,梁志钰(99)
永安火电厂 2 号主变故障的诊断分析及处理	郑 平(102)
用色谱分析诊断变压器的故障	(103)
变压器绝缘老化的诊断与寿命评估	杨启平,薛伍德,蓝之达(105)
变压器的故障诊断与检修策略(三)	万 达,王建国,吴益明(109)

变压器的在线监测技术	余 强(115)
基于超高频和超声波相控接收原理的油中局部放电定位法仿真研究	罗勇芬,李彦明,刘丽春(116)
变压器潜伏性故障的色谱分析	周志敏(120)
基于油中溶解气体分析的变压器绝缘故障诊断方法的研究和发展	章 政,杨荆林,肖登明等(122)
基于粗糙集理论的电力变压器绝缘故障诊断	王少芳,蔡金锐,刘庆珍(127)
干式变压器燃烧特性试验装置的计算机测控系统	关庆昱,杨政杰(130)
基于无线数据传输的电力变压器监测系统	刘金权,黄 锐,陆 坤等(133)
变压器局部放电在线监测系统设计和干扰抑制	曾海燕,李卫国,谈顺涛(135)
介损在线监测数据趋势提取方法的研究	王 楠,律方成,刘云鹏等(137)
确切掌握变压器内部的异常部位	(141)
油浸变压器时效老化诊断的实用化	(145)
变压器诊断的新技术	(151)
柱上变压器老化间接诊断装置的开发	(156)
评定电力变压器绕组绝缘老化的标准指标	(157)
用真空断路器切除空载变压器引起的过电压	(160)
通过振动声对变压器夹紧压力的监测	(162)
在线监测电力变压器内部水分	(163)
TRUE GAS 变压器油色谱在线监测系统考察报告	(164)
220kV 及以上大型主变压器消防灭火对策研究(二)	丁奉生,邹旭昭(165)
变压器在线监测及其分析	何建宁,杨吉仁(170)
变压器状态检修技术的应用	苗桂喜(172)
基于 CAN 总线的 DSP 变压器绝缘在线监测系统	张 挺,王章启,魏天魁(174)
环型磁心涂层的耐压及检测方法	陈丽莉,杨福宏,徐鲜球(175)
故障分量比率差动对变压器轻微故障检测的研究	邓祥力,权宪军,杨泽平等(177)
发电机、变压器类电力设备的状态监测与故障诊断	刘湘平,孟玉祥(181)
电力变压器相位检测方法研究	刘 宇,芦文波,施文康(184)
电力变压器绝缘状态监测方法研究	曾敏辉,危初勇(186)
电力变压器局部放电在线监测系统的研制	罗日成,李卫国,熊 浩等(189)
电力变压器固体绝缘故障的诊断方法	朱 红(192)
带电状态检修监测技术	张文广,张田乾,王必平等(195)
基于 GPRS 通信的配电变压器监测系统	张 帆,姜 为(197)
变压器局部放电监测中的小波去噪方法	杨 霖,李 剑,王有元等(199)
变压器局部放电超高频检测中的混频技术研究	王国利,郝艳捧,袁 鹏等(202)
变压器局部放电在线检测的现状与发展	张言苍,张毅刚,徐大可(208)
变电设备绝缘在线监测的应用	瞿天培(212)
变压器绕组变形在线监测研究与仿真分析	李 强,何 斌,张晓龙等(214)
变压器的故障检测及分析	李沛业(217)
基于粗糙集理论的电力变压器故障诊断方法	莫 娟,王 雪,董 明等(221)
检测计量装置二次回路故障的一种有效方法	董兴海(225)
变压器油中气体在线监测系统试验平台的研制	刘先勇,胡劲松,周方洁等(226)
变压器绕组扭动变形的故障诊断	周 渠,蔡振华(230)
大型电力变压器状态分析综述	黄 华,傅展钊(232)
利用红外测温诊断技术发现电流互感器内部缺陷	张建军,王 辉(236)
虚拟仪器在高压开关厂 CT 质量检测中的应用	王晓辉,郭福田,李国珍等(237)

基于数学形态滤波器抑制局部放电窄带周期性干扰的研究·····	刘云鹏,律方成,李成榕等(239)
变压器油中溶解气体在线监测系统的应用·····	张雪梅,李邦云,丁晓群(243)
粗糙集用于建立基于多变量决策树的变压器故障诊断模型·····	王楠,律方成,李和明(247)
基于线性分类器的充油变压器潜伏性故障诊断方法·····	彭宁云,文习山,王一等(250)
以模糊聚类标准谱与灰色关联序诊断变压器内部故障的方法研究·····	李俭,孙才新,廖瑞金等(254)
充油电气设备油中含气量检测方法和控制标准的探讨·····	罗竹杰,张伟(256)
油气相色谱分析诊断技术在牵引供电系统中的具体运用·····	冯润亮(258)
变压器铁心多点接地故障分析及诊断实例·····	焦赞辉(259)
变压器铁心接地故障的诊断与处理·····	司增彦(261)
三相变压器电参数监测系统·····	易辉,李杏春(263)
变压器绝缘油在线监测技术·····	顾凤仙,郝新领,赵魏军(266)
变压器油中溶解气体在线监测诊断技术及其应用前景·····	陈伟根(268)
基于运行经验和耐久试验的330kV~750kV电流互感器故障诊断系统的开发·····	(278)
电力变压器故障诊断的可拓集法·····	李峥,马宏忠(283)
大型变压器油中溶解气体在线监测技术进展·····	程鹏,佟来生,吴广宁等(287)
以DGA为特征量诊断电力变压器故障部位的探讨·····	李本苍(291)
电力变压器的状态诊断与检测配置的探讨·····	郭伟民,江朝模,梁志钰等(294)
模糊B样条神经网络在变压器超高频局部放电模式识别中的应用·····	田质广,孟宪尧,张慧芬(299)
配电变压器综合监测与管理系统·····	(302)
面向对象的电力变压器故障专家诊断系统·····	周海湘(304)
滦河发电厂5号主变乙炔含量超标的诊断分析及处理·····	王凯杰(306)
基于最小二乘加权融合集成神经网络的电力变压器故障识别·····	吕干云,董立新,程浩忠(309)
利用预防性试验结合人工智能进行变压器绝缘故障综合诊断·····	吕岩,李长江(312)
基于智能技术的电力变压器状态综合分析方法·····	符杨,乔飞(314)
基于改进灰色关联分析的变压器故障识别·····	吕干云,程浩忠,翟海保等(318)
基于粗糙集理论的电力变压器故障诊断方法研究·····	倪远平,周建华,李彬华等(322)
基于波形分析法的变压器绕组匝绝缘在线检测及故障诊断·····	欧阳南尼(326)
声发射技术在变压器局部放电测量中的应用·····	胡平,林介东,马庆增(329)
自适应遗传算法在变压器超高频局放模式识别中的应用·····	王海跃,王国利,(333)
自构形神经网络在变压器故障诊断中的应用·····	周建华,胡敏强(337)
状态检修在大型变压器中的应用·····	洗永强,汤勇(341)
一种基于模糊神经网络的变压器故障诊断方法的研究·····	曾界洲,徐玉珍(344)
运行中干式电抗器绝缘状况的诊断方法和判断标准·····	孙强,吴经锋(347)
用频率响应法检测变压器绕组的变形·····	戴文进,刘保彬(350)
用超高频局部放电测量法实现电力变压器局部放电的在线监测·····	黄兴泉,赵善俊,宋志国等(351)
一种智能电力变压器故障诊断系统·····	李少纲,徐胜,徐玉珍(356)
基于Rough set理论的改进三比值故障诊断方法·····	蔡金锐,王少芳(359)
一种在线分析变压器故障特征气体的智能传感器·····	佟继春,陈伟根,陈荣柱(362)
虚拟仪器数据库技术在油中气体在线监测装置中的应用·····	李志成,杨万生,裴锋(366)
小论变压器油中溶解气体在线监测技术·····	宋海华,黎文安(369)
自适应遗传算法在变压器局部放电超高频模式识别中的应用·····	王国利,郑浩,郝艳捧等(371)
粗糙集CMAC神经网络故障诊断策略·····	冯远静,李良福,冯祖仁(375)
变压器局部放电超高频检测中校正技术的初步研究·····	王国利,吕建玉,郝艳捧等(378)
基于虚拟仪器的电力变压器局部放电在线监测系统·····	方琼(382)

TAM—VI 变压器油中溶解气体色谱在线监测系统探讨	袁聪波, 倪裕康, 陈 鸣(385)
变压器的故障诊断与检修策略(七)	万 达, 王建明, 吴益明(387)
变压器的故障诊断与检修策略(四)	万 达, 王建明, 吴益明(393)
Bootstrap 方法在局部放电特征提取中的应用	李锐华, 高乃奎, 谢恒望等(400)
模糊神经网络在变压器故障诊断中的应用	彭宁云, 文习山, 舒 翔(402)
利用数据挖掘的绝缘油色谱分析故障建模初探	黄海鹏, 周志成, 何俊佳等(406)
变压器局部放电数据采集与传输系统的研制	曾海燕, 李卫国, 谈顺涛等(409)
变压器顶层油温预测及其数学模型的参数辨识	赵 斌, 张霄元(412)
局部放电图像组合特征提取方法	李 剑, 孙才新, 杜 林等(414)
内嵌流程定义语言的局放在线监测诊断系统	涂 卓, 高文胜, 谈克雄等(416)
基于 UHF 和 HF 的局部放电降噪方法的研究	王晓宁, 朱德恒, 李福祺等(419)
红外技术诊断高压电气设备内部缺陷	朱建军, 王 赞中, 崔绍平等(422)
空载变压器油箱表面振动信号的初步研究	汲胜昌, 周冬生, 陈 锦等(425)
采用软件方法提高绝缘在线监测系统检测精度	包玉胜, 蓝 磊(427)
模糊多属性决策方法评价变压器状态维修策略	袁志坚, 孙才新, 李爱华等(429)
一例变压器油中乙炔气体含量异常的分析	路文梅, 刘淑芬(431)
超高频法在发电机局部放电检测中的应用	万伟江, 王 伟, 李成榕等(433)
一起变压器分接开关过热故障判断	董艳红, 杜广平(435)
加拿大大型电力变压器在线监测技术考察报告	(437)

2003 年目录

电力变压器励磁涌流和故障电流的仿真研究	王 雪, 王增平, 徐 岩(441)
变压器绝缘老化诊断技术	杨启平, 薛伍德(445)
关于牵引变压器高温过热故障判断的方法及应用	何宏群, 茹更生(448)
基于异常值分析的变压器在线监测方法	郭基伟, 谢敬东, 唐国庆(450)
变压器带油补焊引起油中溶解气体变化诊断实例	张天秋, 张新昌(453)
变压器局部放电的超声波和射频联合检测技术的现状和发展	罗勇芬, 李彦明, 刘丽春(454)
变压器的故障诊断与检修策略(二)	万 达, 王建明, 吴益明(457)
电力变压器局部放电检测与诊断方法评述	律方成, 刘云鹏, 李燕青(460)
GE 公司变压器保护 DTP 内部补偿算法的研究	李 磊, 马 杰, 张 玮(464)
基于瞬时功率的变压器励磁涌流和内部故障电流识别新方法	郑 涛, 刘万顺, 吴春华等(466)
变压器色谱在线智能监测及故障诊断系统	李丽君(470)
电力变压器动稳定状态的现场检测与诊断	邹伟民, 王登科, 赖晓周(472)
油浸电力变压器的状态检测及状态维修	李 华, 严 璋(476)
采用外部专家系统监测主变压器运行	[美]鲍勃·奥根斯坦(480)
变压器油中溶解气体在线监测装置的应用	魏 敏(482)
运用传感器检测变压器故障	孙永泰(484)
变压器绕组变形在线监测方法的研究	李邦云, 丁晓群, 李 娟(485)
大型变压器风冷却系统的自动控制	邓世杰(488)
变压器安装时的绝缘控制	张 玮(490)
220kV 升压变压器短路事故的诊断分析	汤东明(492)
变压器的故障诊断与检修策略(一)	万 达, 王建明, 吴益明(493)
电力变压器故障分析与检测方法	赵文颖, 吴瑞新, 谢宝义(499)
变压器油温智能测控系统的设计构想	丁赞成, 杨书英(502)

美国电力公司采用绝缘在线监测装置提高变电站可靠性	504
电容式电压互感器附加相位差对绝缘在线监测的影响	王红斌(505)
变压器溶解气体在线监测装置的应用及思考	李 进(507)
变压器油中溶解气体在线监测技术及其应用	张晨曦,王晓林(510)
变压器分接开关的电气控制	赵红顺(516)
SS4 型电力机车平波电抗器的检测分析及故障诊断	徐新升,何宏群(517)
在大型油浸式电力变压器故障诊断中信息融合技术的应用	夏向阳,罗 安,邓 宇(519)
油中溶解气体气相色谱法诊断变压器内部故障	郑朝晖(522)
基于 DSP 的变压器局部放电在线监测系统	张广春,魏晓惠,佟来生等(525)
变压器在线监测及诊断	魏铁军,欧阳南尼(528)
基于数据挖掘的负荷预测	李邦云,丁晓群,程 莉(531)
综合诊断在确定变压器内部故障时所起的作用	史春红,王振方,党向民(534)
便携式变压器油中溶解气体色谱分析装置的研制	吴 浩,高胜友,朱德恒等(535)
负载电流法在基于振动信号分析法监测变压器铁心状况中的应用	汲胜昌,李彦明,傅晨利(538)
牵引变压器绝缘在线监测技术	杨志军,张晓辉(542)
电力电子有载调压装置的控制系统设计	黄俊杰,李晓明(544)
一种动态实时跟踪解决系统时漂和温漂的方法及其在干式变压器温度 控制仪中的应用	王 敏,张望光,周水斌(547)
变压器在线监测技术的新突破	吕政扬,刘晓安(550)
基于模糊智能技术的变压器故障诊断系统	张 楠,徐建政,俞晓冬(553)
一台 110kV 变压器故障的诊断与分析	李丽君,龙春雷(555)
调压变压器有载分接开关机械性能的在线检测	吴 昊,刘 庆时,刘卫东等(556)
变压器冷却装置控制方式的改进	夏仲平,杨孟弟(558)
基于 GSM 网络的配变监控系统	赵 龙,李仁俊,李玉忠(560)
改进遗传算法在局部放电点定位上的应用	徐荆州,卢 毅(563)
35kV 并联电抗器故障情况分析	何东平,孙 白(566)
一种多功能配变监测与动态无功补偿综合控制器	路 灿,赵进全,刘孝贤等(569)
牵引变压器在线监测信息系统通用权限安全模块的设计	邹思轶,童晓阳,佟来生等(570)
大型变压器在线监测装置的应用	吴梦川(573)
电力变压器铁心绝缘故障的诊断及处理	邹 兵,李长山,黄金亮(575)
涡流探伤在电抗器绕组质量控制中的应用	郭香福,梁凤山,黄舒杨等(577)
变压器局部放电监测系统中方向传感器的研制	王 贤,李成榕,王 伟(579)
带电测试电容式电压互感器介损的应用研究	姬黎波,王红斌,王祖林(582)
应用超声波测量法判断变压器内部局部放电的研究	顾文业,王志敏,顾晓安(586)
基于多种人工智能技术集成的电力变压器故障诊断	臧宏志,徐建政,俞晓冬(588)
低电压电抗法诊断电力变压器动稳定状态的实测分析	郭伟民,孙 强,李建强(591)
电力变压器工作状态在线监测与故障诊断系统	潘宏侠,姚竹亭,王宪朝(596)
充油电气设备油中含气量检测方法和控制标准的探讨	罗竹杰,张 伟(600)
基于 CAN 总线的分布式绝缘在线监测系统的设计与实现	董晓阳,张广春,邹思轶等(601)
油品酸值升高的原因及预防措施	张恩奎(605)
高压电力设备综合诊断管理系统研究	徐 澄(606)
电力变压器故障模式的分析及危害评估	刘 娜,梁国栋,王刘芳等(608)
变压器故障人工智能诊断系统的研究	杨启平,薛五德,兰之达(612)
大型电力变压器智能监测系统的开发	李 辉,周海洋,赵文彬等(615)

电力变压器超高频局部放电的在线检测	黄兴泉,唐志国,李成榕等(618)
变压器局部放电超声信号特性及放电源定位	周力行,何 蕾,李卫国(620)
基于主成份分析的介损在线监测数据处理	王 楠,律方成,李和明(624)
电压互感器角差对介损在线监测的影响分析	谢 华,张会平(627)
变压器在线监测中油气分离高分子膜的研究	杨荆林,肖登明,徐 欣等(630)
模糊矩优距离用于气体分析诊断变压器故障	刘 一,倪远平(632)
GA-BP 混合算法在变压器色谱诊断法中的应用	王少芳,蔡金铨(635)
基于数据库的变压器可视化故障诊断系统	陈江波,文习山,彭宁云(638)
局部放电超声信号在变压器模型中的传播	金广厚,王 庆,李燕青等(641)
基于故障树的电力变压器维修周期的仿真分析	刘 娜,高文胜,谈克雄等(643)
电力变压器绕组热点状态的在线监测技术	钱 政,孙焦德,袁克道等(646)
用 UHF 法检测电力变压器局部放电的研究	王 伟,唐志国,李成榕等(648)
高压电容性设备的在线监测系统	徐大可,李彦明,严 璋(651)
基于粗糙集理论的变压器神经网络诊断方法	张 楠,徐建政,俞晓冬等(653)
新技术在电力变压器状态监测中的应用	王丰华,朱子述(655)
进化规划算法在变压器故障诊断中的应用	陈江波,文习山,彭宁云等(659)
一起 66 kV 变压器故障后试验及诊断	刘美杰,戚革庆(661)

2002 年目录

检测变压器动稳定状态参数的物理基础和实际意义	郭伟民,梁恒基(663)
基于多分辨分析的变压器 UHF 局放信号的识别	杨 莉,周跃峰,余松煜(667)
澳大利亚昆士兰 Powerlink 公司实施电气设备状态监测	(669)
变压器油中糠醛含量与绝缘纸老化关系的研究	俞源海,张 颢(670)
检测有载分接开关切换的直流示波器法	姚 力(673)
一起变压器有载分接开关故障的检测及分析	周 海,赵来红(674)
油浸电流互感器的受潮诊断分析及改进措施	赵京武,李红林(676)
变压器无载分接开关的故障、检测与调试	杨 体(678)
用于变压器局部放电检测的超高频传感器的初步研究	王国利,郑 毅,郝艳萍等(681)
变压器油热老化的光谱检测法	蔡 伟,陈士修,熊诗圣(686)
电力变压器绝缘故障综合诊断方法的研究	钱 政,严 璋,罗承沐(688)
500kV 并联电抗器色谱监测与故障诊断	赵京武,李红林(692)
红外光谱法测定油中 T501 含量技术的应用	张杏梅,陈秋玲(694)
局部放电现场监测信号中干扰的分析与抑制	王晓宁,王凤学,朱德恒等(696)
变压器局部放电测量系统的设计与实现	刘云鹏,律方成,李燕青等(698)
变压器绕组变形测试技术用于重庆电网	李亚军,王 勇,白云庆等(701)
变压器故障诊断与多传感器信息融合	胡文平,尹项根,张 哲等(703)
灰关联分析用于变压器热性故障诊断	宋 斌,于 萍,廖冬梅等(705)
多缺陷绝缘局部放电信号的识别与分类	朱周侠,邱毓昌(708)
绝缘在线监测系统中图形系统的设计	王 楠,律方成,王 欣等(710)
油气分析诊断变压器故障方法的改进	董 明,赵文彬,严 璋(712)
用振动信号分析法监测变压器绕组状况	汲胜昌,王世山,李清泉等(714)
集成人工智能技术诊断电力变压器故障	臧宏志,徐建政(716)
改进中性点测量法的变压器套管在线监测	周海洋,李 辉,严 璋(719)
远程变压器状态检修专家系统软件的开发	辜 超,刘 民(722)

电力变压器用数字化局部放电在线监测系统	方 琼, 冯 义, 王 凯等(724)
基于对象重构的变压器诊断专家系统	林 渡, 朱德恒, 李福祺(727)
统计参数用于局部放电模式识别的研究	唐 炬, 王 静, 李 剑等(730)
气相色谱分析诊断变压器潜伏性故障	彭宁云, 文习山, 陈超强(733)
一种新的绝缘测试方法——回复电压法	李明华, 董 明, 严 璋(736)
变压器绕组变形在线监测方法的改进	高仕斌, 王 果(738)
500 kV 变压器油色谱异常的判断及故障处理	龚文权, 钟连宏, 陈洪海等(741)
三比值关联度分析的变压器故障诊断法	刘 一, 倪远平(743)
变压器短路冲击后的综合诊断	徐达明(745)
小波分析典型绝缘缺陷超声波特性的研究	闫 波, 郝艳捧, 朱哲蕾等(747)
变压器在线监测数据采集系统设计	李卫国, 范 伟(749)
从放电能量分布特征量识别 PD 类型的方法	李 新, 孙才新, 李 剑等(751)
变压器典型局放模型超高频放电信号分析	王国利, 袁 鹏, 单 平等(753)
500 kV 并联电抗器的在线监测	赵京武(757)
变压器油中局部放电超高频检测的试验研究	陈庆国, 龚细秀, 李福祺等(758)
变压器局部放电超高频电磁波的传播特性	王国利, 单 平, 袁 鹏等(761)
变压器绝缘远程在线监测的 Web 实现	童晓阳, 张广春, 邹思轶(764)

2001 年目录

用电容式传感器进行变压器绝缘纸板微水分在线测量	戴恒震, 孙宝元(766)
振动法用于在线监测电力变压器绕组及铁心状况的可行性研究	汲胜昌, 刘味果, 李彦明等(769)
基于短路冲击累积效应的电力变压器状态检测系统	符 杨, 周中明, 潘 博等(772)
变压器绕组温度的在线监测及智能保护	陈 津, 高立桐, 张培铭等(776)
小波包分析在振动法监测变压器铁芯及绕组状况中的应用	汲胜昌, 刘味果, 单 平等(779)
油中典型局部放电模型放电波形特征参数的提取	王国利, 郝艳捧, 李彦明(782)
电力变压器局部放电定位方法的现状和前景	王国利, 郝艳捧, 李彦明(786)
高分子薄膜在变压器油中溶解气体在线监测中的应用	贾瑞君(791)
检测绕组及铁心变形、位移的低电压短路电抗法及所用仪器	王登第, 任天保(794)
充油设备故障类型及其油中气体的特征	陈晓峰, 王晓红(798)
有载调压变压器抽头位置在线估计的实用算法	黄大为, 韩学山(799)
油色谱在线检测装置在大型电力变压器的应用	胡永年(802)
高频振荡电压下干式空心电抗器的电流特性	李水旺, 赵海翔, 郭丽萍等(804)
电力变压器中的零序谐波研究	孙德超, 易 伟(806)
凤南线 500kV 电抗器内部放电故障的诊断	王瑞珍, 胡惠然, 邓万婷(811)
电力变压器在线监测的经济效益和实际使用经验	BOSS P. lorin P. Viscardia 等(813)
电力变压器绕组变形实测中的影响因素	吴国跃, 李世伟, 刘多禄(816)
结合神经网络技术的变压器故障诊断专家系统	王财胜, 胡文堂(819)
干式变压器燃烧特性试验	刘四维, 曾庆贇(822)
变压器铁心多点接地故障与处理	蒋 琨, 温宇舟(826)
用脉冲电压法进行干式空心电抗器匝间绝缘试验	魏新芳, 王永红, 陈 炯等(828)
变压器铁芯多点接地故障的检测与处理	闫永明(831)
基于虚拟仪器的变压器综合测试平台	侯 毅, 韩 韬, 施文康(832)
气敏传感器在变压器在线监测中的应用	杨启平, 薛五德, 蓝之达(835)
变压器局部放电检测中的小波包去噪算法	周力行(837)

故障诊断的面向对象知识库和专家系统	姚陈果, 廖瑞金, 陈明英等(840)
电容型设备 $\tan\delta$ 在线监测的核查模型	张会平, 董晓鹏, 谈克雄(843)
电力设备分布式监测系统软件结构研究	林 渡, 朱德恒, 李福祺等(845)
变压器故障诊断中溶解气体的模糊聚类分析	宋 斌, 于 洋, 廖冬梅等(847)
变压器绕组变形在线监测的应用研究	徐大可, 李彦明(850)
电力变压器超高频局部放电测量系统	王国利, 郝艳捧, 刘味果等(852)
基于小波奇异性分析变压器油中氢气监测	袁保奎, 郭基伟, 唐国庆(856)
有载分接开关温度的在线监测报警装置的研制	高良玉, 郭文元, 李秀涛(858)
色谱、绝缘在线监测系统在变压器中的应用	肖长春(860)
范例推理与模糊数学的变压器故障诊断方法	钱 政, 严 璋, 罗承沐(862)
两种超宽频带局部放电检测技术的对比研究	陈小林, 蒋 雁, 陈华宁等(865)

1998~ 2000 年目录

变压器的故障检测与诊断技术	王 茹, 林 辉(868)
HYDRAN 201R 在线式变压器早期故障监测仪应用	张晓佳(872)
运用传感器检测变压器故障	金秋生(874)
变压器早期故障在线监测的实际应用	赵来红, 张宏敏, 方志民(876)
配电变压器投运前的现场检测	杜学工(878)
浅析无载分接开关的故障、检测与调试	杨 体(879)
第五讲 变压器故障检测技术	马汉元(880)
利用频率响应分析法测量变压器绕组变形的试验研究	冯玉柱, 辜 超, 谢 峰等(881)
变压器潜伏性故障的检测与分析	杜正旺(883)
Y/Y ₀ 连接的三相变压器不对称运行的能耗分析	郭来成, 赵丽娟(886)
充氮密封式变压器的研制	孙新忠, 郑秀娟, 王孟红(887)
变压器局部放电在线监测中软件抗干扰技术	陈 艳, 周力行(890)
在地磁感应电流作用时分析和计算电力变压器特性的一种新方法——时域和频域法	薛向党, 郭 晖, 郑云祥等(894)
频响法检测变压器绕组变形的研究	解裕平 ¹ , 张成良 ² (898)
220kV 变压器故障分析	张军阳, 董恩伏, 周志强(900)
户外干式空心电抗器表面树枝状放电试验研究	敖 明(903)
地磁感应电流消除方法初探	薛向党, 文剑莹, 郑云祥等(906)
变压器局部放电在线监测中的信号处理技术	周力行, 张艳萍, 邓本再(908)
谈变压器同名端的检测和实际应用	才佳丽(911)
变压器无载分接开关的故障及其检测与调试	杨 体(913)
变压器短路试验方法及发展	陈 奎(915)
变压器油中溶解气体在线监测系统的应用	岳章华, 钟建灵, 江健武(919)
局部放电在线窄带检测系统的研究	张鹏辉, 于钦学, 任文斌(921)
识别局部放电的新特征量——分维数的研究	李 新, 孙才新, 廖瑞金等(923)
变压器局放在线监测中的现场干扰分析	高 宁, 高文胜, 李福琪等(925)
变压器绕组变形在线监测的理论研究	徐大可, 汲胜昌, 李彦明(928)
变压器固体绝缘状况的监测方法	毕鹏翔, 张文元, 秦少臻等(931)
电力变压器油纸绝缘总体状态现场检测的新方法	王财胜, 周志芳, 陈金法(934)
范例推理结合神经网络诊断变压器故障	钱 政, 罗承沐, 严 璋等(937)
新型变压器油色谱在线监测系统的研制	赵 杰, 潘勇斌, 李红雷等(939)

land 在线检测用电流传感器的性能分析	黄新红, 严 璋, 杨锡斌等(941)
应用特征空间矢量进行变压器故障诊断	张建文, 王晓华, 谭得健等(945)
面际谱及在变压器固体绝缘状况监测中的应用	毕鹏翔, 刘 健, 张文元等(948)
变压器油中溶解气体分析技术及在线监测装置	张宝全, 凌 魁(950)
大型电力变压器过热性故障诊断与处理	林礼清(954)
用频率响应法检测主变绕组变形	王景林, 郑易谷(957)
变压器早期故障在线监测技术的应用	林礼清(960)
牵引变压器早期绝缘故障在线监测研究	刘明光, 孔中秋, 高世勤(963)
整流变压器在线自动检测系统	郭 璞, 孙 宇, 李承凯等(966)
电力变压器器身振动带电监测	周青山(969)
变压器在线监测技术的应用	王彦桐(970)
油色谱监测发现变压器高能量放电性故障	林永平, 刘湘平(971)
应用红外热像仪检测变压器套管严重缺油	袁世禄(973)
智能型在线式变压器早期故障监测装置	林礼清(974)
变压器绝缘的在线检测	严 璋(977)
变压器局部放电在线监测中抗电磁干扰的定向耦合差动平衡法的研究	孙才新, 罗 兵, 杜林等(980)
变压器局部放电在线监测中的自适应滤波技术研究	罗 兵, 朱德恒, 谈克雄等(985)
一种预埋式电机超温保护器	黄亚军(987)
电力变压器冷却系统自控装置的应用	秦维芳(989)
变压器局放在线监测的新型降噪法	罗 兵, 朱德恒, 谈克雄等(990)
关于变压器油中溶解气体在线监测的综述	贾瑞君(993)
大型变压器色谱在线监测装置研制与运行	孙毓润(999)
变压器油中溶解氢气在线监测仪的研制	贾瑞君(1002)

相关文献题录文摘

相关标准	(1007)
相关专利	(1013)
成果简介	(1018)
学位论文	(1034)
会议论文	(1060)
变压器光盘外文目录	(1084)

一台 110kV 变压器故障的诊断与分析

李丽君,龙春雷

(大庆石油管理局供电公司,黑龙江 大庆 163453)

摘 要:介绍了一台 110kV 变压器高压侧电容套管引线焊接不良故障实例,通过色谱分析、电气试验、远红外测试等多种诊断技术的综合分析,发现了变压器存在的缺陷。

关键词:变压器 故障 分析

1 前 言

电力变压器是电力系统中最核心的设备,其运行状况的正常与否将直接决定变电所的安全性及可靠性,因此对其故障进行综合分析,将为更好地判定事故发生原因,并对其进行预防提供有利的参考依据^[1]。采用气相色谱分析方法,同时配合检查性试验、远红外测试等技术能更加准确地判断变压器的故障性质及故障点。

2 故障及分析

某 110kV 变电站,1# 主变压器本体型号为 SF-PSLb-50000/110,1986 年 6 月投运。2002 年 5 月 26 日 1# 主变发出轻瓦斯报警信号,当日对主变绝缘油进行气相色谱分析,结果并未显示异常。6 月 16 日,轻瓦斯又频繁发生报警,色谱分析数据显示异常,跟踪取样分析,结果见表 1。

表 1 数据显示,连续几天色谱分析数据显示油中各类特征气体增长速率较快,总烃含量大大超过注意值 150 μ L/L,但 C₂H₂ 含量未达到注意值 5 μ L/L,用特征气体法排除了电弧放电的可能性。CO 和 CO₂ 增长明显,构成了气体的主要组分,但该主变运行年限较长,不排除固体绝缘材料的变化。三比值法^[2]分析为高于 700℃ 的高温范围的热故障,三比值编码为 022,初步判定为裸金属接触性过热或铁心局部发热。

表 1 1# 主变绝缘油色谱分析数据 μ L/L

试验时间	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Σ C	CO	CO ₂
05-26	27	2.5	/	6.2	/	8.7	81	1517
06-17	82	413.6282	4	889.7	1.1	1586.9	149	5628
06-18	130	598.3350	6	1160.5	1.2	2110.6	198	6253
06-19	168	713.3397	2	1378.7	1.6	2490.9	236	7361

在运行状态下检测铁心接地电流正常。

远红外诊断分析结果显示,1# 主变 110kV 侧 B

相套管上部出现过热,其表面最高温度为 59.6℃,环境参照体温度为 30℃,其他相温度为 35℃。根据相对温差判别法(见表 2)计算相对温差 $\delta_t = [(t_1 - t_2)/t_1] \times 100\%$, δ_t 为 83%,电流致热型设备的导流部分热态异常,判断设备缺陷为重大缺陷。

表 2 不同设备缺陷的相对温差判别^[3] %

设备类型	一般缺陷	重大缺陷	视同紧急缺陷
SF ₆ 、(真空)开关,充油套管	≥ 20	≥ 80	≥ 95
隔离开关,其他导流设备	≥ 35	≥ 80	≥ 95

停电对 1# 主变压器进行绕组直流电阻试验,结果表明,三相直流电阻不平衡系数大于标准值 2%。综合分析判定为主变压器高压侧 B 相套管引线连接处异常。

对变压器高压侧 B 相套管解体检查发现,由于变压器高压线圈引出线与套管上部导电头连接的引线接头焊接不良,长期受到震动后有断股和脱焊,使接触电阻变大,产生高温过热使引线烧伤,致使总烃增加,检查结果验证了现场试验的分析和判断。处理后,变压器正常运行。

3 结 论

(1)气相色谱分析能够灵敏地发现变压器内部的潜伏性故障,可大致估计出故障类型、故障性质和热度范围。

(2)配合常规电气绝缘试验,红外诊断技术可有效判定出电力变压器的故障点,为变压器检修及故障处理提供有利依据。

参 考 文 献

- [1]倪健. 变压器内部潜伏性故障的诊断方法[J]. 高压电器,2001,37(3):54~55.
- [2]DL/T722-2000. 变压器油中溶解气体分析和判断导则[S].
- [3]叶建酒. 红外诊断技术及其在电力系统中的应用[J]. 高电压技术,2001,27(1):37~38.

调压变压器有载分接开关机械性能的在线检测

吴昊¹, 刘庆时², 刘卫东¹, 钱家骊¹

(1. 清华大学电机工程与应用电子技术系, 北京 100084; 2. 北京供电局修试处, 北京 100075)

摘要:介绍了调压变压器有载分接开关机械性能的在线检测系统。信号测量包括操动机构和分接开关之间传动杆的转角信号、触头碰撞的振动信号和驱动电机的电流信号。根据这些测量, 可以检查切换操作中各种机械事件的时序以及驱动电机的力矩, 发现机械性能的改变。初步的现场检测表明, 这种在线检测方案是可行的。

关键词:有载分接开关 在线检测 机械性能

1 引言

有载分接开关(OLTC)是变压器完成有载调压的核心部件。OLTC的性能状况直接关系到有载调压变压器的安全运行。据国外有关资料统计, OLTC的故障占到了有载调压变压器故障的41%^[1]。在有载调压变压器的运行维护中, 主要的工作量也集中在OLTC上。因此, 开展OLTC在线检测技术的研究和应用, 对于减少OLTC故障, 保证有载调压变压器的安全运行具有重要意义。同时, 根据在线检测的结果进行设备维护可以提高效率, 避免不必要的停电和资源浪费。

OLTC的性能包含电气性能和机械性能两个方面。电气性能主要指触头接触电阻, 当触头接触电阻增大时, 会引起触头过热, 甚至烧损。OLTC的机械性能指OLTC操作过程中选择开关和切换开关等部件的动作顺序和时间配合, 以及切换过程中是否存在卡塞和触头切换不到位等。OLTC的机械故障也能够导致触头、过渡电阻甚至变压器绕组烧损的严重故障。

在线检测OLTC运行时的异常温升可以发现OLTC电气的和机械的故障^[2]。然而, OLTC通常封闭在变压器的油箱内, 处在带电状态, 直接的温度传感受到限制。目前主要采用变压器体外温度传感, 检测灵敏度受到限制。OLTC机械操作性能检测也能够帮助发现相当一部分类型的故障。一种方法是检测切换过程中的振动事件及时间间隔^[3]。在OLTC处于正常状态时, 各次事件满足一定的时序, 时间分散性应处于一定的范围, 当超出这个范围时, 可以判断状态异常。

2 在线检测系统和传感信号

研制了便携式OLTC机械性能在线检测系统。

图1是该系统的结构框图, 它包括了信号传感、信号采集和便携式计算机。计算机完成信号特征提取、数据归档和结果显示打印等工作。传感信号的选择基于以下的考虑。

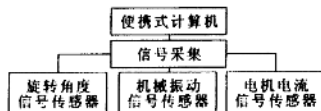


图1 OLTC在线检测系统结构框图

OLTC的一次切换操作包含一系列的动作事件, 如选择开关下台、选择开关上台、切换开关动作等^[4]。这些动作事件需要满足一定的时序才能保证OLTC的正常切换。在OLTC预防性维修时, 通常需要测量选择开关、切换开关动作与OLTC传动杆旋转角度的关系, 以确定动作时序是否正常。

OLTC切换过程中的典型事件是开关触头碰撞。开关触头碰撞产生的振动信号, 不仅标志着触头的分合, 还可能包含着三相触头是否同期、触头表面是否平整, 以及切换是否到位等信息。

OLTC操作的另外一个重要事件是弹簧储能。当储能弹簧性能改变或储能过程中存在机构卡塞时, 必然伴随有驱动力矩和驱动电机电流的变化。

鉴于上述情况, 该检测系统的传感信号包括了OLTC传动杆的旋转角度信号、OLTC操作过程中的振动信号和驱动电机的电流信号。

3 现场试验信号分析

3.1 传动杆转角信号与振动信号分析

图2所示是对某局的一台OLTC进行现场检测的一组信号波形。图2中3次显著的振动信号分别对应于选择开关下台、选择开关上台和切换开关动作3次事件, 图2中线性变化的直线表示传动杆

转角。由图 2 可以读取 3 次开关动作事件所对应的时间和传动杆转角。对该 OLTC 进行了 8 次切换操作。

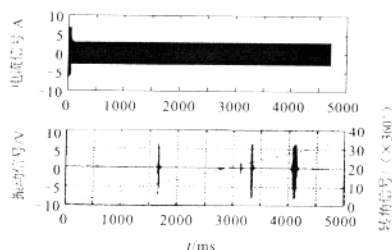


图 2 分接头切换传感信号波形

表 1 所示是 8 次切换所得的时间和转角数据。表 1 还给出了现场人员提供的经验数据。比较可见:基于振动信号测量 OLTC 各开关动作的时间是可行的。

表 1 分接头切换动作事件对应角度

分接头 切换顺序	选择器下台 转角/($\times 360^\circ$)	选择器上台 转角/($\times 360^\circ$)	切换开关动作 转角/($\times 360^\circ$)
2—3	11.3	21.5	28.0
3—4	11.5	22.2	29.2
4—5	11.0	21.5	27.9
5—6	11.6	22.2	28.9
6—5	11.6	22.2	27.5
5—4	11.6	21.6	27.7
4—3	11.6	21.9	27.4
3—2	11.7	21.7	27.8
经验数据	10.5~11.5	21.5~22.5	26.5~27.5

展开图 2 中切换开关动作时的振动信号波形,其详细过程如图 3 所示,它显示了更加丰富的内容。由于试验条件的限制,目前尚未研究切换开关性能改变对振动信号细节的影响,这方面有待于进一步的工作,期望得到三相不同期、触头不到位、触头烧损等异常现象的信号特征。

3.2 驱动电机电流信号分析与特征值提取

图 2 所示的驱动电流波形显示,在 OLTC 的整个操作过程中,电流的幅值没有显著的变化,只在电机启动时出现一定的涌流。可以设想,当 OLTC 操作过程中存在短时卡塞时,驱动电流也将表现出短时的波动,短时卡塞和电流波动的关系有待于进一步的试验研究。

当 OLTC 出现弹簧疲劳这类故障时,所表现的应该是整个切换过程的驱动力矩的变化。根据有关

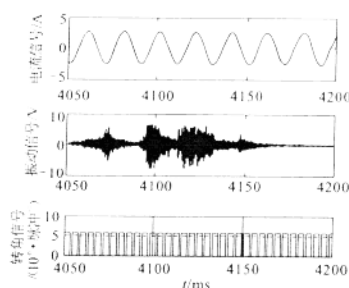


图 3 切换开关动作事件波形

资料^[4],常用的 OLTC 驱动电机有单相串激整流子电机和三相异步电机两种。下面将以单相串激整流子电动机为例,说明驱动电机转矩的改变将反映在驱动电流的变化上。

由单相串激整流子电机的转矩特性可知^[5],在交流供电时,电动机转矩为:

$$T = C_T \Phi_m I_m \sin \omega t \cdot \sin(\omega t + \theta) \quad (1)$$

式中: T 为转矩($\text{N} \cdot \text{m}$); Φ_m 为峰值磁通(Wb); I_m 为峰值电流(A); C_T 为转矩常数; θ 为磁通滞后电流的角度。取平均,得转矩平均值:

$$T_a = \frac{2}{T_1} \int_0^{T_1/2} T dt = C_T \Phi_m I_m \cos \theta \quad (2)$$

在电动机未过载时, θ 很小, $\cos \theta$ 接近于 1,且磁通大小与电流成正比,所以转矩与电流的平方成正比。在电动机过载时,则因磁通基本不变,转矩近似与电流的一次方成正比。

选用驱动电流绝对值和作为判断电机驱动力矩变化的特征值,在检测系统中,对驱动电机电流进行采样,得电流离散值 $i(n)$,电流绝对值和为:

$$I = \sum_{n=1}^N |i(n)| \quad (n = 1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

式中: N 为采样总点数。

表 2 所示是根据现场试验数据计算的驱动电机电流绝对值和。可以看出,切换触头升序动作时,即由触头 2 到触头 6,每一次动作的驱动电机电流绝对值和分布在一个很小的范围内,平均值为 194 250A,均方差占平均值的百分比为 0.5%。而切换触头降序动作时,即由触头 6 到触头 2,每一次动作的驱动电机电流绝对值和分布在另一个小的范围,平均值为 190 940A,均方差占平均值百分比为 0.38%。直接观测电流幅值的变化可能不易发现微小的差别,但通过计算驱动电机电流绝对值和,可以发现其中的变化。

表 2 OLTC 驱动电机电流绝对值和

分接头 切换顺序	驱动电流 绝对值和/A	分接头 切换顺序	驱动电流 绝对值和/A
2—3	193 469	6—5	190 967
3—4	193 402	5—4	190 049
4—5	194 823	4—3	190 904
5—6	195 311	3—2	191 822

4 结 语

便携式有载调压变压器分接开关机械性能在线检测系统实现了对 OLTC 操作过程中传动杆转角信号、机械振动信号和驱动电机电流信号的检测。现场测量表明,根据这些信号可以有效观测 OLTC 各部件动作的时序,对驱动电机的驱动电流进行绝对值和的计算,其结果可以作为判断驱动电机力矩

变化的特征值,进而判断操动机构机械性能的变化。

参 考 文 献

- [1] C Bengtsson. Status and Trends in Transformer Monitoring[J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1996, 11(3):1379~1384.
- [2] 毛爱华,石瑞生,刘卫东. 噪声传感检测有载调压分接开关内的局部过热[J]. 高电压技术, 2002(1):13~4.
- [3] P Kang, D Birtwhistle. Condition Monitoring of Power Transformer On-load Tap-changers. Part 1: Automatic Condition Diagnostics[J]. IEE Proc. - Gener. Trans. Distrib., 2001, 148(4):301~306.
- [4] 张德明. 变压器有载分接开关[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1998.
- [5] 徐文宪. 单相串激电动机原理及在家用电器上的应用[M]. 广州:华南理工大学出版社, 1990.

变压器冷却装置控制方式的改进

夏仲平, 杨孟弟

(秦岭发电有限责任公司, 陕西 渭南 714206)

摘 要:叙述了利用变频技术对变压器冷却装置控制方式进行改造,使变压器温升在不同负荷、不同环境温度下,保持在一个相对恒定的范围,有利于节能、延长变压器寿命及其安全运行。

关键词:变压器 冷却装置 变频控制

目前不管是安装在发电厂还是运行在变电站的大型电力风冷变压器,其运行中所带负荷随时都在发生变化,尤其是发电厂的升压变压器在调峰运行时,每日所带负荷在 50%~100%之间多次变化,这将使变压器的损耗也随之发生变化,从而造成变压器油温的变化;另外,不管是一年四季环境气温的变化,还是每天昼夜气温的变化,也都造成了变压器油温的变化。变压器油温的频繁和大幅度变化,将对变压器的安全、经济运行和使用寿命产生较大的影响。

1 变压器运行中温度变化原因分析

引起变压器运行中整体温度变化的原因主要有变压器的损耗和环境气温的影响。变压器损耗包括变压器的空载损耗和负载损耗,其空载损耗在变压器投运后就一直存在,负载损耗则随变压器所带负荷的大小而改变,变压器负载越大,则损耗越多,变压器的温升就越高;负载变化越大,变压器的温度变化就越大。

另外从全国电力负荷市场全年运行变化的实际

情况来看,天气越冷或越热,用电负荷增长就越快,变压器的温升就越高;即使在同一天,由于昼夜温度的变化和负荷峰谷差的变化叠加,更是造成变压器温度大幅度变化的一个主要因素。由于以上各种因素的影响,造成变压器温度在不断变化,从而影响到变压器的长期安全运行和使用寿命。

2 大型变压器现行的冷却装置配置和运行特点

目前我国大型电力变压器的冷却装置配置情况是:根据变压器容量的大小,配置数组风冷油循环冷却装置,每组风冷油循环冷却装置由 1 台油泵和 3~4 台风扇组成。运行中为满足变压器的各种运行工况,一般要求冷却器 1 台备用(运行冷却器故障时可自动投入运行)、1 台辅助(变压器负荷电流大于 70% I_e 或上层油温高于某一定值时自动投入运行)、其余所有冷却器全部投入运行。此配置有其不尽人意的地方。如我公司 SFP7-240000/330 型主变压器装设有 6 台冷却容量 250kW 的风扇冷却器,在夏季高温季节,机组满负荷运行,变压器冷却装置

全部投入,但其上层油温仍高达 70℃ 左右(有时变压器油枕油位因气温变化而高出指示范围)。但在夜间尤其是在暴雨过后的夜间,因负荷和气温骤降,虽然已将变压器辅助冷却器停运,但变压器油温仍降至 30℃ 以下,也就是油温的变化幅度超过了环境温度的变化。在冬季负荷较低或特别寒冷的季节,变压器因油温过低,不得不对其进行加油,这对变压器的安全运行和寿命将是十分不利的。即使日常负荷变化和气温变化没有如此之大,但变压器的温度变化是实际存在的。以上情况都反映出运行配置的变压器冷却装置存在着设计和使用上的缺陷。

另外,运行在“辅助”和“备用”位置的冷却装置投入和退出运行,将造成变压器内的油流量发生变化,同时也将造成变压器内温度的局部差异,这时对变压器的正常运行也有一定的影响。

3 利用变频技术,改善变压器的实际运行状况

随着变频技术的成熟和在实际生产中的成功应用,改变变压器冷却装置的运行控制方式为变频方式也是一件较为简单的事情。利用变频技术,控制和调整大型电力变压器冷却装置的输出功率尽可能与变压器的总损耗相等,同时结合变压器油温和环境气温的反馈调节,从而将变压器上层油温控制在一个较小的给定范围,这对变压器的安全、经济运行和延长其使用寿命具有重要的意义。

具体的改动设想如下:

(1) 各组冷却装置中油泵的原控制方式保持不变,即保持变压器内原设计油流特性不变,这样不论变压器的油温变化有多大,但其各部的油温仍是一样的,不会产生温度差。

(2) 变压器各组冷却装置中风扇的控制方式改为变频控制,即用变动的风量来调整冷却装置的输出功率,使其达到与变压器的总损耗相一致,实现变压器的发热与冷却装置散热相平衡,以维持变压器上层油温的恒定。

而要改风扇为变频控制,就要为其提供以下 3 个方面的数据作为控制信号:

① 按照变压器负荷变化控制风扇转速。变压器运行后随着负荷从小到大大不断变化,变压器总的损耗也在按一定比例增大,根据这一特点结合风扇转速变化时风量也同时变化的规律,用变压器的负荷电流作为风扇变频调速的主要信号源。

② 在变压器原上层油温测点附近增加一套电阻式温度测量系统,将其温度变化信号提供给变频控

制装置,设定的基准温度为原温度范围(45~55℃)的平均值,而变压器原有的远方温度监视系统不变。

③ 在变压器本体上方增装一套用于反映环境温度变化的电阻式温度测量系统,并将其温度变化信号提供给变频控制装置。

(3) 将变压器原用于启动“辅助”冷却器的电流继电器改为电流变送器,其输出信号作为调节变频器输出的信号源。

(4) 将变压器常规风冷控制回路的辅助、备用控制接线,改为由可编程控制器(PLC)加变频器(VVVF)对运行中的油泵进行控制和对风扇风量进行调节,以达到调节冷却功率的目的。

上述控制部分改动的具体实施如图 1 所示。

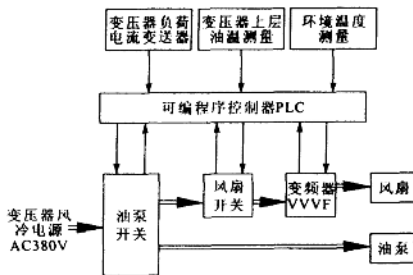


图1 变压器冷却装置变频控制示意

4 VVVF 输出特性的选择

(1) 与风机单台功率相匹配的风机用 VVVF 若干台,其输出频率可从 5~60Hz 平滑调节。

(2) 用 PLC 作为冷却装置的控制部分,输入端接各油泵、风扇的开关副接点、反映各风扇运行状态的变频器工况信号、变压器上层油温信号、变压器环境温度信号、变压器负荷电流信号、电源电压测量信号等。输出端接控制各油泵及风扇开关的输出设备、变频器输出调节信号等。PLC 应由两套组成,每套按控制全部冷却装置进行配置,正常时控制变压器风冷装置 50% 的风扇运行,各冷却装置经过开关可切换至任一 PLC 运行,两套 PLC 均能反映变压器风冷装置的运行状态,并通过信号反馈至值班控制室。

(3) 根据变压器和冷却装置的运行状况,由 PLC 及时对变频器的输出频率进行调整。

① 根据风机变频输出特点,按照变压器总损耗 $P_g = 240 + (I^2/I_c^2) \times 780$ 随变压器电流变化确定变频器输出基准频率,下限频率设定为冷却装置输出功率为变压器空载损耗 240kW 时的频率。

②根据变压器上层油温的变化与基准温度进行比较,当上层油温偏离基准温度时对变频器输出频率进行微调,每高 1°C 向上调节 1Hz ,每低 5°C 向下调节 1Hz 。

③根据本地区气温的变化情况,将年平均温度和环境温度进行比较,对变频器输出频率进行辅助调节,设定环境温度等于年平均温度时,不对变频器输出频率进行调节,当环境温度偏离年平均温度时,每高 5°C 向上调节 1Hz ,每低 5°C 向下调节 1Hz 。

④运行中某台油泵或风扇发生故障停运时,PLC调节其余变频器输出频率,以保持整个冷却器

功率不变,直到故障风扇恢复正常运行。

⑤装置投运后应经实际测试最终确定 PLC 和 VVVF 的控制特性曲线。

通过对变压器冷却装置实施变频改造后,变压器在运行中油泵能始终保持油流量和方式恒定不变,使之处于最佳的设计状态;而用改变冷却器通风量的方法使变压器在负荷变化、气温变化乃至季节变化时,上层油温保持在一个基本恒定的温度,从而改善变压器的运行工况,有利于延长变压器的使用寿命,同时可减少不必要的电能消耗。

基于 GSM 网络的配变监控系统

赵 龙¹, 李仁俊¹, 李玉忠²

(1. 山东大学 电气工程学院, 济南 250061; 2. 山东电力集团公司, 济南 250061)

摘 要:结合我国配电网自动化的发展现状,分析了对分布分散的配电变压器等电气设备进行监控的必要性和可行性,提出一种基于全球移动通信系统 GSM(Global System for Mobile Communication)的配变监控与报警系统,利用无线通信方式对配变进行监测,较好地解决了分散配变的管理问题。对监控终端硬件组成及原理、GSM 通信方式、监控主站数据库的构成及功能等进行了系统介绍。

关键词:全球移动通信系统 数据采集 配变 监控系统 配电网

近年来,全球移动通信系统 GSM(Global System for Mobile Communication)移动通信网络发展逐步成熟,其基站网络覆盖面广,具有传输数据快、运行费用相对低廉、适应性强等优点。其蜂窝式数据传输非常适合于分散配变。在此基础上,结合电力系统对配变监控的要求^[1],开发出一种基于 GSM 网络的配变监控与报警系统,实现了对上述配变的监控和管理,是对配电网自动化的完善和补充。

1 系统运行原理及其实现

低压配电网是以配电变压器为中心构成的供电网络,其特点是配变数量众多,分散性大。基于 GSM 网络的配变监控与报警系统是以配电变压器为单元,对每个配变的运行数据和工作状态进行采集和处理,然后将数据通过 GSM 无线网络发送到监控系统主站。主站也可通过下发控制命令实现对配变高低压开关远程控制。

本文以 GSM 配变监控与报警系统为例,对整个系统进行分析介绍。如图 1 所示,整个监控系统

分为三部分:监控终端、GSM 通信层和监控主站。

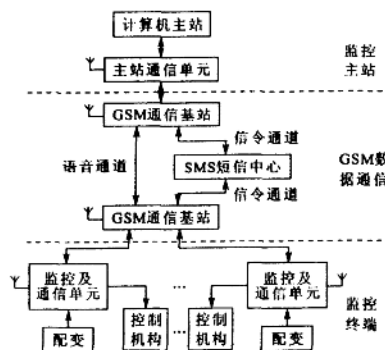


图1 监控系统组成图

1.1 监控终端

监控终端装于配变侧,由数据采集、CPU 监控和 GSM 通信单元组成,可随设备安装在户外或室内。

1.1.1 数据采集单元

数据采集单元通常为具有 RS-232 或 RS-485 通信口的三相电子式多功能仪表。通过电流和

电压互感器将配变高压侧或低压侧的三相电压和电流引入电子式仪表中,可实时采集配变的三相电流、电压、瞬时有功功率、无功功率和有功、无功电能等。此外,多功能仪表一般还提供如事件记录、数据记录等功能。用户可根据不同要求选用不同的多功能仪表^[2]。仪表采集到的运行数据与各类统计数据都可通过 RS-485 或 RS-232 通信口送至监控单元。

1.1.2 CPU 监控单元

CPU 监控单元由通信规约转换模块、CPU 监控模块及同外部的接口电路所组成,如图 2 所示。规约转换模块通过 RS-485 口同电子式仪表相连,实现电表与监控模块之间的规约转换与数据传输。

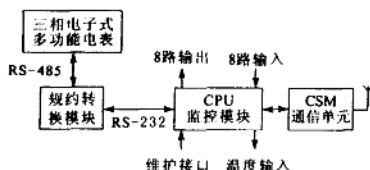


图2 监控终端构成图

CPU 监控模块为监控终端的核心部分,监控单元的外部接口包括以下几个部分:

- RS-485 通信口,用于同各种智能电表通信;
- 8 路输出控制端口,用于实现对开关设备的远方控制功能,如负荷开关的合/分、无功补偿装置的投、切等。
- 8 路开关量输入端口,经光电隔离接入相应的开关量信号,监测开关是否变位和触发报警;
- 1 路温度输入端口,可对环境温度或设备温度进行测量与报警。

CPU 监控单元与数据采集单元共同实现对配变的智能监控功能,包括根据主站命令的内容,执行数据采集任务或配电开关控制任务;对运行状态量进行循环采集并判断,从而对过流、停电、断相、开关变位、温度越限等异常信息上传报警信号;此外还具有数据冻结功能和自诊断功能等。

1.1.3 GSM 通信单元

GSM 通信单元采用工业级 GSM 模块,完成监控终端与主站通信模块之间数据传输任务。

1.2 监控终端与监控主站之间的通信

监控终端与监控主站之间具有三种通信模式,各有其特点,根据任务不同分别选用。

1.2.1 SMS 模式

短消息业务 SMS(Short Message Service)模式即短信方式,其通过信令信道进行少量数据的无线

传输,不占用语音信道,并且具有双向通信能力;一次短消息的传送就是一次通信的完成,具有分组数据的特点;适合小数据量信息的传送。此种模式在系统中应用最多,包括从监控主站下发命令、运行数据和报警信息的上传等都可采用这种模式。

1.2.2 VOICE 模式

通过语音信道进行传输,将 CPU 监控单元设为相应工作方式后,系统允许 GSM 手机在输入操作口令后根据语音提示对开关的合/分进行远方操作。该方式在监控终端与操作人员的 GSM 手机间建立了语音通道,通过按键下发操作命令,具有较强可靠性,可作为操作人员现场操作方式或短信控制的备用方式。

1.2.3 DATA 模式

利用语音信道进行大数据的传输,该方式在主站与监控终端间建立起一条数据通道,用于大容量的数据和成批数据的传送。如智能仪表中事件记录内容或数据全记录传送等。

1.3 监控主站软件

配变监控与报警系统主站软件分为主体与通信两部分。

- 主体部分为数据库管理软件,采用数据库开发工具 Power Builder 开发,可根据不同需要,采用关系型数据库 SQL ANYWHERE 或 SQL SERVER。由于低压配电网是以配电变压器为中心,且监控终端与配变一一对应,所以数据库结构也是以配变为中心,对每一监控终端(即相应配变)都用唯一的 SIM 卡号进行区分与标识。对于配变的各项参数、所属线路、变电站或供电小区等描述,作为监控终端的附属信息。图 3 为系统数据库结构的实体-联系模型图。

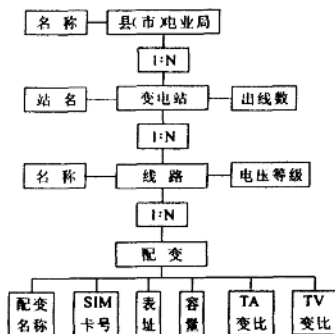


图3 数据库 E-R 模型图

- 通信部分为动态链接库 DLL(Dynamic