

供电企业生产技能人员实训指导书



电气试验

河南省电力公司 组编

陈邓伟 主编

刘方 主审

 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



供电企业生产技能人员实训指导书

电 气 试 验

河南省电力公司 组编

主编 陈邓伟

主审 刘 方

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是《供电企业生产技能人员实训指导书》电气试验分册。全书共十五个项目,分别对绝缘电阻和吸收比试验、直流电阻试验、断路器机械特性试验、变比试验、直流泄漏试验、介质损耗因数 $\tan\delta$ 试验、交流耐压试验、变压器分接开关特性试验、变压器空载试验、变压器负载试验、谐振耐压试验、感应耐压试验、局部放电试验、变压器绕组变形试验、红外成像检测等项目进行实训指导。

本书作为电气试验专业人员的岗位实训指导书,也可作为职工培训及职业技能鉴定的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气试验 / 河南省电力公司组编; 陈邓伟主编. —北京: 中国电力出版社, 2012.3

(供电企业生产技能人员实训指导书)

ISBN 978-7-5123-2787-0

I. ①电… II. ①河… ②陈… III. ①电工试验—技术培训—教材 IV. ①TM64-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 036863 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 5 月第一版 2012 年 5 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 10 印张 172 千字

印数 0001—3000 册 定价 25.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《供电企业生产技能人员实训指导书》

编 委 会

主 任 凌少雄

副主任 焦银凯 苏国政 仝全利 孙永阁

委 员 陈水增 王 静 张 静 张少杰

徐文忠 李忠强 辛 亮 邓启民

惠自洪 孙卫红 王永和 郭海云

曹国慧 赵玉谦



前 言

2008~2010年,河南省电力公司结合本省实际,规划建设了25个实训基地和67个实训室,并组织有关教师和现场专家编写了特色鲜明、实用性强的实训配套教材《供电企业生产技能人员实训指导书》。逐步建立了各相应工种的岗位培训标准,实现了每个基地一套实训指导书、每个工种一套考核题库,形成了面向供电企业生产技能人员的实训教材体系,进一步提高了培训工作的针对性和有效性。

本套指导书在编写原则上,突出了以岗位能力为核心;在编写内容上,通过实际训练提高生产技能为主线,从基本工艺训练到实际生产演练,由浅入深,涵盖了生产现场的新标准、新规程、新设备、新技术和新工艺;在编排模式上,采用项目任务结构,便于灵活安排训练教学。

本册为电气试验分册。由河南电力工业学校陈邓伟主编,驻马店供电公司鲁永,洛阳供电公司张予洛,郑州供电公司姚力夫,河南电力工业学校曲在辉、张磊,南阳电力技工学校张正参与编写。由洛阳供电公司刘方担任主审,南阳电力技工学校刘珂参加审定。

限于编者水平,疏漏之处难免,恳请各位专家读者提出宝贵意见,以便不断改进。

编 者

二〇一二年四月

目 录

前言

项目一	绝缘电阻和吸收比试验实训指导书	1
项目二	直流电阻试验实训指导书	11
项目三	断路器机械特性试验实训指导书	20
项目四	变比试验实训指导书	29
项目五	直流泄漏试验实训指导书	38
项目六	介质损耗因数 $\tan\delta$ 试验实训指导书	48
项目七	交流耐压试验实训指导书	57
项目八	变压器分接开关特性试验实训指导书	69
项目九	变压器空载试验实训指导书	78
项目十	变压器负载试验实训指导书	89
项目十一	谐振耐压试验实训指导书	99
项目十二	感应耐压试验实训指导书	110
项目十三	局部放电试验实训指导书	123
项目十四	绕组变形试验实训指导书	133
项目十五	红外成像检测实训指导书	144

绝缘电阻和吸收比试验实训指导书

一、适用范围

本标准化实训指导书适用于变电检修专业电气试验职业技能实训。

二、参考资料

1. GB 1094.1—1996《电力变压器 第1部分 总则》
2. GB 1094.3—2003《电力变压器 第3部分 绝缘水平和绝缘试验》
3. GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
4. GB/T 16927.1—1997《高电压试验技术 第一部分 一般试验要求》
5. GB/T 16927.2—1997《高电压试验技术 第二部分 测量系统》
6. DL/T 474.1—2006《现场绝缘试验实施导则 第1部分 绝缘电阻、吸收比和极化指数试验》
7. JB/T 501—2006《电力变压器试验导则》
8. Q/GDW 168—2008《输变电设备状态检修试验规程》及编制说明
9. Q/GDW 232.18—2008《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范 第18部分 电气试验》
- 10.《国家电网公司现场标准化作业指导书编制导则（试行）》，中国电力出版社，2004年
- 11.《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》，中国电力出版社，2009年
- 12.《电气试验工》（初级、中级、高级），中国电力出版社，2010年

三、实训前准备

1. 准备工作安排

√	序号	内 容	责任人	备 注
	1	了解培训班办班单位、地点、班级人数、人员的学历及工作经验等情况		
	2	开办前准备好教学所需的设备、耗材、教室设施、仪器仪表及相关教学资料		
	3	根据本实训指导书内容和班级情况确定上课人员、班主任，制订课程表、授课计划		
	4	组织相关人员学习本实训指导书		

2. 相关人员要求

√	序号	责任人	工作要求及分工	备 注
	1	专业负责人	1) 根据班级性质制定授课进度计划。 2) 根据座谈会学员反馈情况调整授课内容。 3) 编写、批改结业考试卷，填写学员成绩单	
	2	班主任	1) 制定班级课程表并组织教师上课。 2) 协助学管处、教务处做好班级管理工作及学员考勤工作。 3) 组织结业考试工作。 4) 为学员发放结业证。 5) 培训班结业后一周内收集整理好培训资料，交到部门资料室	
	3	实训教师	1) 按照授课计划的内容进行授课。 2) 及时将复习题送至专业负责人处。 3) 根据专业负责人要求和座谈会学员反馈情况调整授课内容	

3. 实训场地配备

实训场地应具有变压器、互感器等停电一次设备及相关试验仪器等。

4. 实训材料

√	序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
	一	实训设备				
	1	电子式绝缘电阻表	额定电压为2500V, 测量范围为 200kΩ~ 100 000MΩ	台	1	
	2	变压器	110kV	台	1	
	3	互感器	220kV	台	1	
	二	备品、备件				
	1	绝缘电阻表测试线	额定电压为 2500V, 测量范围为 200kΩ~ 100 000MΩ	套	1	
	三	工器具				
	1	绝缘垫		块	2	
	2	绝缘测试专用线		套	1	
	3	短路线		套	1	
	4	试验用接地线		套	1	
	5	干湿温度计		块	1	
	6	扳手		套	1	
	7	螺丝刀		把	1	
	8	安全带		副	1	
	9	传递绳		根	1	
	10	试验现场记录本		本	1	
	11	“止步、高压危险!” 标示牌		块	1	
	12	“在此工作!”标示牌		块	1	

续表

√	序号	名称	规格/编号	单位	数量	备注
	13	“从此进出!”标示牌		块	1	
	14	“由此上下!”标示牌		块	1	
	15	计算器		个	1	
	16	医药箱		个	1	
	17	安全帽		顶		
	18	放电棒		根	1	
	19	计时表		块	1	
四	实训耗材					
	1	测试铜导线	绝缘导线	盘	1	
	2	短路线	4mm ²	盘	1	

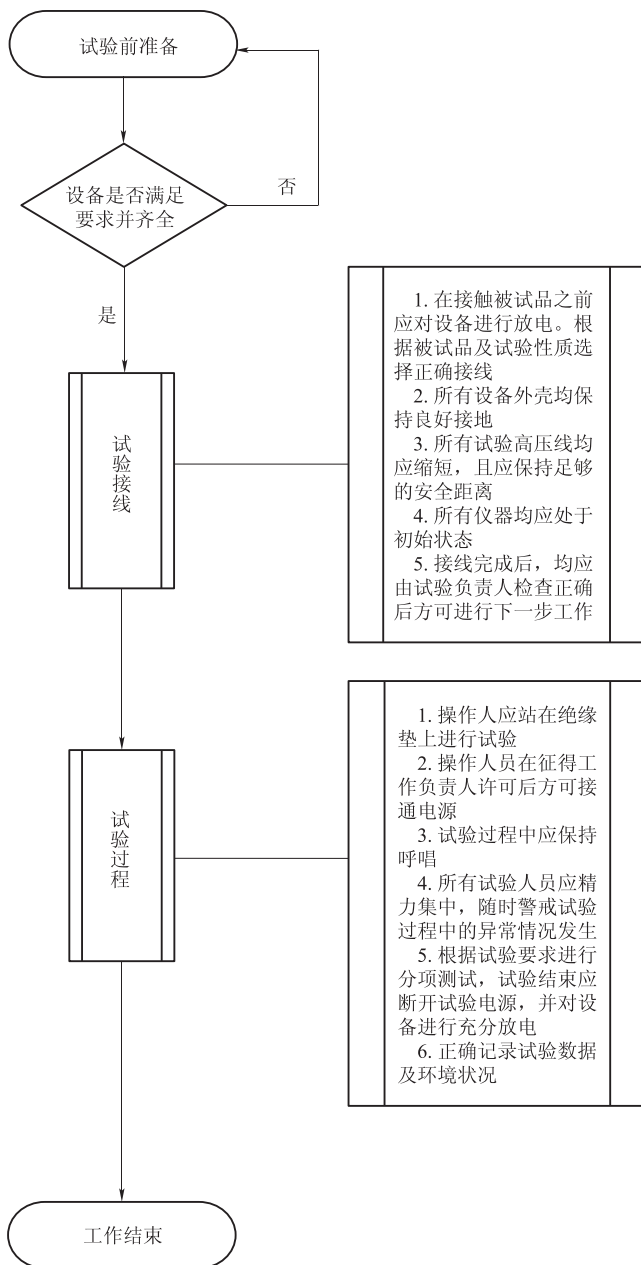
5. 实训危险点分析与安全控制措施

√	序号	危险点分析	安全控制措施
	1	作业人员的身体状况不适、思想波动、不安全行为等,易发生人身伤害	工作前工作负责人对工作班成员身体状况、精神面貌、遵章守纪情况进行观察、了解,不符合作业条件的人员不宜安排现场工作。所有作业人员必须具备必要的电气知识,基本掌握本专业作业技能及《国家电网公司电力安全工作规程》等相关知识,并经考试合格
	2	工作期间,试验人员违章跨越围栏或误入带电间隔,易发生人身触电事故	严禁工作人员违章钻、跨围栏,擅离工作现场,误入带电间隔
	3	登高作业易发生高处坠落,高处移动时易发生人员跌倒	高处作业正确使用安全带,上下变压器抓稳踏牢,高处移动时不得失去安全防护

续表

√	序号	危险点分析	安全控制措施
	4	试验仪器、设备未完全放电会造成人身伤害	每项试验结束后,正确使用放电棒对被试设备进行充分放电
	5	试验人员与带电部位未保持足够的安全距离,易造成人身触电	试验人员与带电部位保持足够的安全距离,监护人员加强试验的全过程监护
	6	与其他专业交叉作业时易造成人身伤害和设备损坏	与其他专业交叉作业时,加强协调联系,合理调配,确保安全
	7	劳动保护用品使用不当,会造成人员伤亡	正确使用劳动防护用品
	8	接线错误、操作方法失误、操作程序错误等给作业人员带来人身危害和设备损坏	严格按照正确的试验顺序和试验接线、方法进行设备的试验工作,接线完毕后进行复检
	9	工作现场上下抛掷工具等物品,造成人身伤害和设备损坏	传递物品时正确使用传递绳,严禁上下抛掷
	10	试验过程中不呼唱,易造成人身伤害	设备加压前通知有关人员离开被试设备,征得工作负责人许可后,方可加压,设备试验全过程中进行呼唱
	11	试验接地线接地不良易造成人身伤害和设备损坏	接地点应用挫刀进行打磨,保证接地点良好
	12	试验过程中作业人员精力不集中、闲谈等易造成人身伤害和设备损坏	作业过程中要求作业人员精力集中,严禁与工作无关的行为
	13	仪器操作人员、放电人员未站在绝缘垫上进行工作,易发生人身伤害	试验时仪器操作人员、放电人员必须站在绝缘垫上进行相关操作

四、实训项目流程图



五、主要作业程序、操作内容及工艺标准

作业程序	项 目	操作内容及工艺标准	备 注
准备工作	1. 选择绝缘电阻表	1) 额定电压为 1000V 以下的设备, 选用 1000V 的绝缘电阻表。 2) 额定电压为 1000V 及以上的设备, 则用 2500V 绝缘电阻表。(220kV 及以上变压器要求采用 5000V 绝缘电阻表)	
	2. 检查绝缘电阻表	1) 将绝缘电阻表的接线端子间开路, 观察表计指针, 应该指向“∞”。 2) 将线路和地端子短路, 指针应该指向“0”	
	3. 对被试设备断电和放电	1) 对电容量较大的被试设备(如发电机、电缆、大中型变压器、电容器等), 放电时间不少于 2min。 2) 用专用放电棒对被试设备进行放电并挂上临时接地线。等充分放电后, 取下放电棒, 放电结束; 放电时先通过电阻放电, 再通过导线直接放电	
测试过程	4. 正确接线	1) 由绝缘电阻表到被试物的连线应尽量短。 2) 线路与地端子的连线间应相互绝缘良好	
	5. 摇测绝缘电阻和吸收比	1) 分别读取摇转 15s 和 60s 时的绝缘电阻。 2) 若测量极化指数则应记录 60s 和 600s 时的绝缘电阻	
	6. 对被试设备放电	1) 对电容量较大的被试设备(如发电机、电缆、大中型变压器、电容器等), 放电时间不少于 2min。 2) 用专用放电棒对被试设备进行放电并挂上临时接地线。等充分放电后, 取下放电棒, 放电结束; 放电时先通过电阻放电, 再通过导线直接放电	
结束工作	7. 记录环境温度、湿度及设备油温	1) 测量设备油温应记录上层油温。 2) 记录方法正确	
	8. 将被试设备整理恢复原状	1) 拆除自装的电源线。 2) 拆除自装的短路线、接地线及试验线。 3) 清理现场遗留物	

六、试验注意事项

(1) 测量绝缘电阻时，对额定电压为 1000V 以上的绕组用 2500V 绝缘电阻表，其量程一般不低于 100 000MΩ，1000V 以下者用 1000V 绝缘电阻表。

(2) 对于新投入或大修后的变压器，应充满合格油并静止一定时间，待气泡消除后方可进行试验。一般 110kV 及以上变压器应静止 20h 以上；3~10kV 的变压器需静止 5h 以上。

(3) 尽量在油温低于 50℃ 时测量，不同温度下绝缘电阻值按下式计算

$$R_2 = R_1 \times 1.5^{(t_1 - t_2) / 10}$$

式中 R_1, R_2 ——温度 t_1, t_2 时的绝缘电阻值。

(4) 220kV 及以上变压器，当吸收比不合适时，还需测量其极化指数

$$PI = R'_{10} / R'_1$$

式中 PI ——极化指数；

R'_{10}, R'_1 ——10min 和 1min 的绝缘电阻数值。

七、检查验收记录

自验记录	需要改进的内容	
	存在问题和处理意见	
验收单位意见	教研组验收意见及签字	
	专业部门验收意见及签字	
部门负责人签字：		
年 月 日		

八、实训指导书执行情况评估

评估内容	符合性	优		可操作项	
		良		不可操作项	
	可操作性	优		修改项	
		良		遗漏项	
存在问题					
改进意见					

附件 1

绝缘电阻和吸收比试验（或极化指数）试验报告

被测设备：双绕组变压器

设备名称：_____

试验日期：____年__月__日 环境温度：____℃ 相对湿度：____% 上层油温：____℃

测试部位	绝缘电阻 (MΩ)			吸收比	极化指数	试验仪器及仪表名称、规格、编号
	15''	60''	10'	$R_{60'}/R_{15'}$	$R_{10'}/R_{60'}$	
高压/低压及地						
低压/高压及地						

结 论：_____

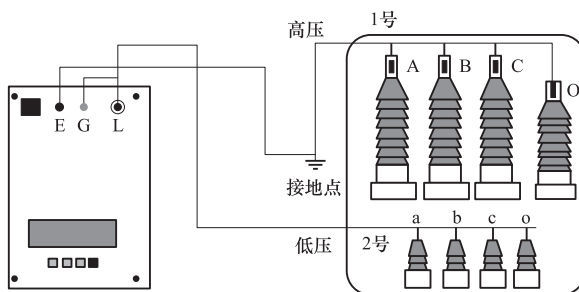
判断标准：_____

试验人员：_____

审核人员：_____

附件 2

变压器绕组绝缘电阻接线图



直流电阻试验实训指导书

一、适用范围

本标准化实训指导书适用于变电检修专业电气试验职业技能实训。

二、参考资料

1. GB 1094.1—1996《电力变压器 第1部分 总则》
2. GB 1094.3—2003《电力变压器 第3部分 绝缘水平和绝缘试验》
3. GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
4. GB/T 16927.1—1997《高电压试验技术 第一部分 一般试验要求》
5. GB/T 16927.2—1997《高电压试验技术 第二部分 测量系统》
6. DL/T 474.1—2006《现场绝缘试验实施导则 第1部分 绝缘电阻、吸收比和极化指数试验》
7. JB/T 501—2006《电力变压器试验导则》
8. Q/GDW 168—2008《输变电设备状态检修试验规程》及编制说明
9. Q/GDW 232.18—2008《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范 第18部分 电气试验》
- 10.《国家电网公司现场标准化作业指导书编制导则（试行）》，中国电力出版社，2004年
- 11.《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》，中国电力出版社，2009年
- 12.《电气试验工》（初级、中级、高级），中国电力出版社，2010年