

变压器制造技术丛书

变压器试验

变压器制造技术丛书编审委员会 编

机械工业出版社

变压器制造技术丛书

变 压 器 试 验

变压器制造技术丛书编审委员会 编



机械工业出版社

本书叙述了变压器全部出厂试验、型式试验,从原理到试验方法、试验要求都作了详细介绍。全书共分九章,主要内容有:变压器试验的基础知识;电压比测量、联结组标号检定和绕组电阻测量;绕组绝缘的特性试验;外施耐压试验;空载试验与负载试验;温升试验;雷电冲击和操作冲击试验;特殊试验;变压器用有载分接开关的试验。

本书对从事变压器制造的科技人员、试验人员及变压器运行的监护人员等都是很好的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

变压器试验/变压器制造技术丛书编审委员会编. —北京:
机械工业出版社,1998.5 . . .

(变压器制造技术丛书)

ISBN 7-111-06135-7

Ⅰ. 变… Ⅱ. 变… Ⅲ. 变压器 试验 N. TM406

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 06331 号

出版人:马九荣(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李铭杰 版式设计:张世琴 责任校对:张莉娟

封面设计:姚毅 责任印制:王国光

机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·11 印张·264 千字

0 001—4000 册

定价:16.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

《变压器制造技术丛书》编审委员会名单

主 任	熊观银				
副 主 任	杨师和	邢瑞祥			
委 员	邢瑞祥	朱哲滨	钱敬明	魏春华	
	杨师和	张金琢	王 勉	王显文	
	熊观银	王承志	李宪霞	杭小民	
主 编	魏春华	王显文	王承志		
本书编者	王正官	王述伦	陈昌顺		
本书审者	魏春华				

前 言

《变压器制造技术丛书》是为适应变压器行业技术发展的迫切需要,满足变压器行业操作工人的专业培训和工程技术人员的业务学习参考要求,同时满足社会不同文化层次读者的需要,根据原国家机械委电器局制定的变压器行业《工人技术等级标准》和工程技术人员继续教育的要求,受全国变压器行业职工教育研究会的委托,由沈阳变压器有限责任公司、保定天威集团、西安变压器厂等单位组织有实践经验的工程技术人员,参照《变压器专业工种技术工人培训教材》(内部发行),结合目前国内外变压器发展的最新技术,对原书作了大量的删减、补充和修改后编写而成的。新编的《变压器制造技术丛书》共分八册:

1. 绝缘材料与绝缘件制造工艺
2. 变压器绕组制造工艺
3. 变压器铁心制造工艺
4. 变压器装配工艺
5. 变压器处理工艺
6. 变压器试验
7. 变压器油箱制造工艺
8. 干式变压器制造工艺

本套书以操作工人为主要读者对象,同时照顾工程技术人员继续教育的需要和全国变压器行业各厂家的通用性,内容从原 35~220kV 电力变压器,扩大为 35~500kV 的各类变压器,包括从小型配电变压器到大型五柱铁心变压器;从传统的常规心式变压器到性能较优越的壳式变压器。在技术水平方面,除介绍国际 80 年代水平的内容外,还考虑到今后的发展,介绍了一些具有 90 年代甚至跨世纪水平的最新技术,以满足不同读者的需要。

由于编著者来自不同工厂、不同岗位,因此在掌握内容的深度和广度上不尽相同,各册书之间的水平和尺度免不了有所差别,也免不了存在一些局限性和片面性,甚至有错误之处,恳请有关专家、学者和广大读者提出宝贵意见,以便今后再版时进一步完善。

由于各企业工艺条件不同,在制造方法上也不完全相同,本套书中所述的工艺方法、工艺参数及具体操作规定和要领仅供参考,望不要生搬硬套本套书内容并代替各厂现行技术文件。

在编写本套书过程中,承蒙机械部教育司及机械工业出版社和编写厂家所在省市的上级领导给予的大力支持和指导,在此表示感谢。对原《变压器专业工种技术工人培训教材》的组织者和全体作者,以及承担本套书编写任务的厂家和编印过程中做了大量工作的同志表示谢意。

变压器制造技术丛书编审委员会

1997 年 12 月

目 录

前言

第一章 变压器试验的基础知识	1
第一节 变压器试验的目的与任务	1
第二节 变压器试验工作的范围	1
第三节 变压器试验工作的标准	3
第四节 油浸式电力变压器的试验项目和要求	4
第五节 油浸式电力变压器的试验程序	7
第六节 产品送交试验时应具备的条件	10
第七节 产品性能标准值的允许偏差	10
第八节 变压器产品型号	12
第九节 试验站的安全要求	20
复习思考题	21
第二章 电压比测量、联结组标号检定和绕组电阻测量	22
第一节 电压比测量	22
第二节 联结组标号检定	29
第三节 绕组电阻测量	38
复习思考题	41
第三章 绕组绝缘的特性试验	43
第一节 变压器油的性能和试验方法	43
第二节 绝缘电阻、吸收比和极化指数测量	44
第三节 绕组绝缘系统电容的介质损耗因数和绕组间的电容测量	49
复习思考题	53
第四章 外施耐压试验,感应耐压试验和局部放电测量	54
第一节 外施耐压试验	54
第二节 感应耐压试验	62
第三节 局部放电测量	70
复习思考题	79
第五章 空载试验与负载试验	81
第一节 空载试验	81
第二节 负载试验	90
复习思考题	98
第六章 温升试验	99
第一节 概述	99
第二节 变压器冷却方式的标志	99

第三节	温升限值	100
第四节	温升的试验方法	101
第五节	温升试验中带电测量绕组热电阻的方法(带电测温)	108
第六节	温升试验中局部过热的分析判断方法	109
	复习思考题	111
第七章	雷电冲击和操作冲击试验	112
第一节	试验标准和有关规定	112
第二节	试验设备	115
第三节	冲击电压的测定	120
第四节	雷电冲击试验	122
第五节	操作冲击试验	131
	复习思考题	135
第八章	特殊试验	136
第一节	三相变压器的零序阻抗测量	136
第二节	短路承受能力试验(短路试验)	142
第三节	声级测量(噪声试验)	146
第四节	空载电流的谐波测量	150
	复习思考题	151
第九章	变压器用有载分接开关的试验	152
第一节	有载分接开关的工作原理	152
第二节	有载分接开关的调压电路	155
第三节	额定值和性能要求	157
第四节	试验项目和方法	160
	复习思考题	169

第一章 变压器试验的基础知识

第一节 变压器试验的目的与任务

一、进行质量管理提高产品质量

试验工作穿插在变压器制造的整个过程中,不但要对装配完工的成品进行全面试验,鉴定其质量是否符合相应的标准和与用户商定的技术协议书的要求,而且要在各个组装工序完工之后进行必要的试验(如铁心装配,绝缘装配和引线装配工序),以便能提前发现问题并予以处理,保证成品质量,减少由于质量问题造成的经济损失。

除了对变压器本体要进行试验之外,还必须对变压器用的组件进行质量监督检验。对主机厂自制的组件,要按标准进行全面试验,如果是外购的,则在入厂时必须按标准进行验收(抽检或逐件检验)。

二、考核产品采用的新结构、新工艺和新材料是否合理

产品为改进结构或制造工艺而采用新结构、新工艺时,由于对某些因素尚未认识或认识不足,会造成某处结构不合理或工艺措施不当,使产品产生缺陷。而这些缺陷必需通过不同的试验手段才能发现,例如在负载电流下变压器内部产生局部过热、绕组的绝缘强度不良等。

为了改进设计,提高变压器性能,常常会采用新材料(绝缘材料,导磁材料等),材料的使用是否得当及材料本身的质量是否符合使用要求,只有通过产品的实际考验才能验证其可靠性。

三、为开发新产品和改进产品提供数据

对变压器在试验中发现的问题进行综合统计分析及对不同结构产品的大量试验数据的统计分析比较,可以从中发现各种结构的优缺点,从而找出某种规律,作为开发新产品和改进老产品结构、提高产品性能及质量的依据。

第二节 变压器试验工作的范围

在变压器制造过程中,试验工作可分为三部分,以便监督和控制质量。

一、工序试验

工序试验也称为半成品试验。这些试验是安排在某工序加工或装配完工之后,其目的是为了提前发现问题,避免把问题带到下道工序,以便把处理问题的工作量及经济损失减至最小。

1. 铁心叠装完工后的试验

通常称铁心试验。在新设计的第一台产品的铁心制造完工之后及老产品所用硅钢片的材质和来源不清楚时,必须进行这一试验,另外在改变加工工艺时也需要进行上述试验。对于成批生产的产品,则可以进行抽试,不必逐台进行试验。

试验内容包括:

- 1) 各部分夹紧件对铁心硅钢片之间的绝缘试验(逐台进行)

2) 图样有规定的夹紧件之间的绝缘试验(逐台进行)

3) 额定匝电压下的空载电流和空载损耗的测量

2. 绝缘装配完工后的试验

通常称插板试验。按照图样和工艺,将绝缘件和线圈装上铁心柱,重新插上上铁轭硅钢片和装好上夹件等夹紧件之后进行试验。其目的是检验绕组是否存在缺陷。同时复验铁心的空载性能是否合格,这对于每台产品都是必须进行的试验。只有在生产批量比较大,而且质量稳定,并通过质量统计表明在返修率很低的情况下,当权衡逐台试验的工时和对生产周期的经济影响高于返修损失时,可以考虑不进行以上试验,以提高经济效益。

试验内容应包括:

1) 上铁轭夹紧件对铁心及图样规定的夹紧件之间的绝缘试验

2) 一相线圈的并联线段之间的等匝试验(差电压试验)

3) 各相线圈间匝数试验(电压比试验)

4) 额定电压或在降低电压情况下的空载损耗和空载电流的测量

3. 引线装配完工后的试验

也称器身试验。应按照引线装配图配制,并在焊接好所有线圈之间的引线之后进行试验。其目的是检验引线的配制、联接是否正确及导线之间的焊接质量。对于大容量变压器、有载调压变压器和引线联结复杂的特种变压器必须进行逐台试验。但对成批生产的中小型铜绕组变压器,在生产质量稳定时可以抽试。

试验内容包括:

1) 每个绕组各分接上的电压比试验

2) 绕组之间电压相量关系的校定(联结组试验)

3) 每个绕组各分接上的电阻的测定

如有特殊要求时,要进行阻抗电压、短路阻抗和负载损耗试验及局部过热测量。

二、成品试验

变压器器身在经过干燥处理之后进行装配时,除了油箱外部不影响试验结果的附件可以不装之外,其余附件必须按图样要求装配在规定的部位。然后按工艺规定,在进行工艺处理之后送交试验(如抽真空、注油、静放等工艺过程)。

成品试验除了按国家标准、部颁标准和工厂标准规定的项目进行试验来检查其是否符合要求之外,还必须按照技术协议书中供需双方商定的其他要求进行试验。

1. 出厂试验

在一些标准中也称例行试验,是所有产品必须逐台进行的试验项目。虽然根据图样和工艺规定已在第一次生产的第一台产品上,按标准进行了严格的考核,证明性能质量符合要求。但在再次生产时,由于材质和操作的影响,会使产品的性能产生偏差,或在某一部分存在有缺陷,因此必须通过必要手段再进行鉴定,以确保产品质量。

2. 型式试验

全新设计的第一台新结构产品;经过改进设计,使某方面性能受到影响的改进产品;结构没有变化,但当产品采用了新材料、新工艺时,除了进行上述规定的出厂试验项目之外,标准还规定了另一些试验项目。这些项目的技术性能,在正常生产过程中其分散性比较小,比较稳定。而从试验工作的角度考虑,其试验周期比较长。这些项目称为型式试验项目。

为了保证变压器运行安全,提高运行可靠性,国家标准对于出厂试验和型式试验项目的划分也进行了调整。例如我国新国标已把电压等级为 220kV 容量为 120MVA 及以上的电力变压器的雷电全波冲击试验列为出厂试验项目。

另外,国家还规定了型式试验的周期为五年,即每隔五年要进行一次型式试验。

3. 特殊试验

除了出厂试验和型式试验之外,标准中规定的一些试验项目,要求测定某些特定的数据。对这些项目的技术特性要求和有的项目的试验方法,由供需双方在签约时共同商定。有的只求提供测试结果,并不规定限值(如三相变压器的零序阻抗),有的则规定了限值(如声级测量)。

4. 其他试验项目

标准中没有作任何要求,但为了验证设计的某一性能或应使用部门的要求而进行的试验,带有一定的研究性质。如变压器在额定电流下油箱各部是否有局部过热的试验、变压器励磁特性曲线的测定等。

三、变压器组件的试验

变压器的主要组件有出线套管、有载分接开关、无载分接开关、散热器和冷却器等。有的变压器制造厂自制这些组件,而大多数变压器厂是外购。组件是每台变压器不可缺少的。组件的质量不但影响变压器的性能,而且是变压器产生故障的重要因素。因此不论是自制的还是外购的,都必须按照相应标准规定的试验项目单独进行试验,以确保变压器的可靠使用。

第三节 变压器试验工作的标准

现行国家标准是指导试验工作的最高法规,另外还有国家各部委制订的部颁标准和各企业自行制订的企业标准。标准不仅对变压器的试验项目和技术性能数据作了统一的规定,同时还对变压器各试验项目的试验技术要求、条件、方法、测试技术和数据的处理等,也都作了详细规定。

专业标准是在尚未形成国家标准之前,由各专业部委制订的标准,在时机成熟、加以修订之后上升为国家标准。而省市制订的标准是由各省市专业口制订的地方标准。

企业标准则是企业为了提高竞争能力,赢得良好信誉,而制订的企业内部控制标准。其水平应高于国家标准和部颁标准,同时还包括部分国家标准和部颁标准中未加规定的供需双方商定的技术性能要求。

一、变压器产品标准

- 1) GB1094.1—96 电力变压器第一部分总则。
- 2) GB1094.2—96 电力变压器第二部分温升。
- 3) GB1094.3—85 电力变压器第三部分绝缘水平和绝缘试验。
- 4) GB1094.5—85 电力变压器第五部分承受短路能力。
- 5) GB/T6451—95 三相油浸电力变压器技术参数和要求。
- 6) GB/T16274—96 油浸式电力变压器技术参数和要求 500kV。
- 7) GB1207—86 电压互感器。
- 8) GB1208—86 电流互感器。

- 9) GB6450—86 干式电力变压器。
- 10) GB10228—88 三相空气自冷干式电力变压器技术条件。
- 11) GB10229—88 电抗器。
- 12) GB10230—88 有载分接开关。
- 13) ZBK41005—89 6~220kV 级变压器声级。
- 14) GB4109—88 高压套管技术条件。

二、试验标准

- 1) GB311.1—×× 高压输变电设备的绝缘配合。
- 2) GB311.2—×× 高电压试验技术第一部分,一般试验要求。
- 3) GB311.×—×× 高电压试验技术第二部分,测量系统。
- 4) GB311.6—87 高电压试验技术第五部分,测量球隙。
- 5) GB311.7—88 高压输变电设备的绝缘配合使用导则。
- 6) GB10237—88 电力变压器绝缘水平和绝缘试验,外绝缘的空间间隙。
- 7) GB7354—87 局部放电测量。
- 8) GB5583—85 互感器局部放电测量。
- 9) GB7449—87 电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则。
- 10) GB4853—84 电气设备的抗干扰特性基本测量方法。
- 11) GB11604—89 高压电气设备无线电干扰测量方法。
- 12) GB7328—87 变压器和电抗器的声级测量。
- 13) JB/T501—91 电力变压器试验导则。
- 14) JB/T5356—91 电流互感器试验导则。
- 15) JB/T5357—91 电压互感器试验导则。
- 16) JB/T8314—96 有载分接开关试验导则。

三、变压器油及其试验标准

- 1) GB2536—90 变压器油。
- 2) GB7595—87 运行中变压器油质量标准。
- 3) GB7597—87 电力用油(变压器油)取样方法。
- 4) GB507—86 绝缘油介电强度测定法。
- 5) GB5654—85 液体绝缘材料工频相对介电常数、介质损耗因数和体积电阻率的测量。
- 6) GB7252—87 变压器油中溶解气体分析和判断导则。

四、安装和交接试验标准

- 1) GB50150—91 电气装置安装工程电气设备交接试验标准。
- 2) 关于 GB50150—91 标准的编制说明。
- 3) SD301—88(电力部标准) 交流 500kV 电气设备交接和预防性试验规程。
- 4) GBJ148—90 电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范。

第四节 油浸式电力变压器的试验项目和要求

油浸式电力变压器的试验项目和要求见表 1-1。

试 验 项 目 和 要 求	出 厂 试 验	型 式 试 验	特 殊 试 验
<p>系统最高工作电压 $U_m > 252\text{kV}$ 的所有变压器及系统最高工作电压 $U_m = 252\text{kV}$, 容量 $\geq 120\text{MVA}$ 的所有变压器</p>	✓		
<p>系统最高工作电压 $U_m = 252\text{kV}$, 容量 $< 120\text{MVA}$ 及系统最高工作电压 $U_m < 252\text{kV}$ 的所有变压器</p>		✓	
<p>(2) 波尾截断的雷电冲击试验 只在绕组的线端进行试验</p>		✓	
<p>(3) 中性点端子上的冲击试验 按国家标准 GB1094.3—85 第 12.3.2 条规定,可采用将耐受电压直接加在中性点端子上或施加于线端的方法进行</p>			✓
<p>10. 操作冲击试验 按国家标准 GB1094.3—85 第 14 条规定,系统最高工作电压 $U_m \geq 363\text{kV}$ 的所有变压器</p>	✓		
<p>试验电压直接加到被试变压器的线端上,也可以加到较低电压的绕组上,再通过感应传递到被试绕组上,在线端和中性点端子之间出现规定的试验电压(中性点接地)。在三相变压器中,试验期间线端间产生的电压应近似为线端与中心点端子之间相电压的 1.5 倍</p>			
<p>为了减小试验电路中可能出现的外部闪络的危险,通常试验电压采用负极性</p>			
<p>11. 温升试验 在新设计的第一台产品上和周期性型式试验的产品上进行试验,要测定顶层油温升和绕组平均温升</p>		✓	
<p>(1) 分接范围在 $\pm 5\%$ 以内,或额定容量 $\leq 2500\text{kVA}$ 的变压器,温升试验在主分接上进行</p>			
<p>(2) 分接范围大于 $\pm 5\%$ 的变压器,温升试验应在“最大电流分接”上进行。在试验第一阶段施加的总损耗,应等于具有最大总损耗分接的总损耗。此分接往往是“最大电流分接”(但不总是)。第二阶段试验施加的电流应是“最大电流分接”的分接电流</p>			
<p>(3) 多绕组变压器,详见 GB1094.2—96 第 5.2.3 条(b)</p>			
<p>(4) 若不能施加规定的总损耗或电流时,可施加与规定总损耗之差在 $\pm 20\%$ 以内,与规定电流之差在 $\pm 10\%$ 以内的损耗与电流。然后按 GB1094.2—96 第 5.6 条进行校正</p>			
<p>12. 变压器用有载调压分接开关的试验 有载分接开关在生产车间装配完工之后,要按照国标 GB10230—88 进行各项试验。装到变压器之上后,为了确保其可靠工作,在变压器进行出厂试验时,还须按 GB1094.1—96 第 10.8 条进行有关项目的试验</p>	✓		
<p>13. 三相变压器的零序阻抗测量 以额定频率的近似正弦波形的单相电压施加在星形联接的或曲折星形联接的连在一起的端子与中性点端子之间进行测量</p>			✓
<p>14. 噪声级测量 按照变压器和电抗器的声级测量的规定,变压器应在额定频率的额定电压下进行励磁(当励磁绕组有分接时,开关应在主分接位置),在带冷却设备和不带冷却设备的情况下分别进行测量</p>			✓
<p>15. 空载电流的谐波测量 在额定电压接线时,以额定频率的近似正弦波形的额定电压进行励磁,用谐波分析仪测量空载电流中的各次谐波电流的含量</p>			✓

(续)

试 验 项 目 和 要 求	出厂试验	型式试验	特殊试验
16. 短路承受能力试验 在额定频率下,为了获得短路电流和维持试验期间施加于被试变压器端子上的电压,稳定在规定的范围内,可采用略高于额定电压的线路电压。优先采用将被试变压器预励磁,而后短路的试验方法。也可采用预先短路而后励磁的方法。详见 GB1094.5—85 规定			✓
17. 绕组对地和绕组间的电容测量 用测量绝缘系统电容的介质损耗因数($\tan\delta$)时,电桥 R_3 的指示值进行计算求得			✓
18. 暂态电压传输特性测定 国标 GB1094.1—96 中只规定此项目,对测量内容、方法和要求未作说明			✓

除表 1-1 中规定的项目外,变压器油箱还要进行机械强度试验。变压器装配完工之后要进行密封性试验。

变压器油箱的机械强度试验,是按照变压器不同的电压等级和容量,应能分别承受规定的真空度(即油箱内的负压)和正压强度试验,油箱不得有损伤和不允许的永久变形。

密封试验是在变压器最后总装配完工之后,按照规定油箱及贮油柜应能承受 50kPa(0.5 个大气压)气压的密封试验,其试验时间随变压器的额定电压而异,电压等级自 10~220kV 时,试验时间为 12~72h。而 500kV 电压等级的变压器,试验时间为 120h。在试验期间不得有渗漏和损伤。

这两项试验分别在制造油箱的车间和总装车间进行,由该车间的质量检查人员负责监督执行。

第五节 油浸式电力变压器的试验程序

一、遵守试验程序的意义

变压器在进行试验时,必须遵守一定的程序。其原因如下:

1) 为了尽量减少返修损失,变压器在进行试验时,应尽可能先使用非破坏性的手段来发现缺陷或故障。在每项试验时,应从较低电压和较小的电流开始,以使缺陷或故障点的受损程度减至最小。

2) 在进行某项试验之后,可用另一项试验来检验通过该项试验之后是否产生了缺陷或故障。如果把这两个试验程序颠倒进行,就达不到这个效果,使缺陷或故障不能被发现。

3) 影响试验结果,例如在进行阻抗电压、短路阻抗和负载损耗试验之后,由于绕组中通过电流产生损耗,使温度有所升高。因此,在这项试验之后,不能立即进行绕组的电阻测量,而应间隔一定时间之后,再测量绕组电阻。

二、油浸式电力变压器试验程序

1. 总则

1) 本程序适用于标准型油浸式电力变压器的检查、出厂和型式试验。对于非标准型或有特殊要求的新(出口)产品,除引用程序的部分或全部项目之外,应在产品的技术条件或试制鉴定大纲中,规定所需的试验项目。

2) 引用标准 JB/T501 电力变压器试验导则。

2. 半成品试验

(1) 铁心试验

1) 铁心油道间电阻:用 2500V 兆欧表测量不得小于 0.5M Ω 。

2) 铁心一上夹件:工频 2000V,1min。

3) 铁心一下夹件:工频 2000V,1min。

铁心对夹件的工频耐压,对于 $U_m \geq 126\text{kV}$ 、40000kV 及以下的产品,允许用 2500V 兆欧表代替交流耐压。

4) 铁心空载试验:

①测量额定匝电压下空载损耗和空载电流(新产品和 220kV 以上的产品)。

②双相空载试验,主要包括 $U_m \geq 252\text{kV}$ 和 63000kVA 以上的产品。

③绝缘装配后,在降低电压下的三相空载试验,主要包括新产品和 220kV 以上的产品。

(2) 绝缘装配后的试验

1) 重复(1)中 1)、2)、3)项试验。

2) 电位差试验(有并联支路的绕组)。

3) 电压比测量和线圈极性校定。

4) 空载损耗和空载电流测量。

施加电压按技术条件要求,如无明确规定,空气中线圈段间及相间电压不得超过 15kV。

(3) 引线装配后的试验

1) 电压比测量及其相量关系的校定

2) 绕组电阻测定

3. 成品试验

1) 油箱的机械强度试验(型式试验)

2) 油箱的密封试验

3) 变压器油试验

①变压器油击穿电压

②变压器油介质损耗因数(%)

③变压器油含水量($U_m \geq 252\text{kV}$ 及以上的产品)

④变压器油含气量($U_m \geq 252\text{kV}$ 以上的产品)

⑤变压器油气相色谱分析($U_m \geq 252\text{kV}$ 以上的产品)

4) 绕组绝缘电阻及吸收比测定

①绝缘电阻测定

②35kV 容量 4000kVA 及以上和 63kV 及以上电压等级的所有产品应测定吸收比

③220kV 容量以上电压等级的产品应测量极化指数

5) 绕组绝缘介质损耗因数(%)、绕组对地和绕组间电容的测定

35kV 容量 8000kVA 及以上和 63kV 及以上电压等级所有的产品

6) 电压比测量及其相量关系的校定。

7) 绕组电阻测定

8) 空载损耗及空载电流测量

35kV 容量 8000kVA 及以上和 63kV 及以上电压等级的产品以及进行型式试验的产品

9) 阻抗电压(短路阻抗)及负载损耗测量

10) 三相变压器零序阻抗测量(特殊试验)

11) 线端雷电全波冲击试验(型式试验)

$U_m = 252\text{kV}$ 容量 $\geq 120\text{MVA}$ 的产品及 $U_m \geq 363\text{kV}$ 的产品为出厂试验。

12) 线端雷电截波冲击试验

$U_m \geq 363\text{kV}$ 的产品为出厂试验, $U_m < 363\text{kV}$ 的产品为型式试验。

13) 线端操作冲击试验($U_m \geq 363\text{kV}$ 以上的产品)

14) 中性点的雷电全波冲击试验(型式试验)

15) 中性点不引出的雷电全波冲击试验(特殊试验)

16) 外施耐压试验

17) 感应耐压试验

18) 局部放电试验($U_m \geq 252\text{kV}$ 的产品)

330kV 以上的产品应在线端雷电全波冲击试验前增加一次局部放电测量。

19) 空载损耗及空载电流测量

20) 空载电流谐波的测量(特殊试验)

21) 冲击试验后变压器油气相色谱分析($U_m \geq 252\text{kV}$ 以上的产品)

22) 有载开关的操作试验

有载分接开关的操作试验,可在冲击试验前,在 8) 或 9) 中进行,也可在 19) 中进行。

23) 长期空载试验($U_m \geq 252\text{kV}$ 以上的产品)

① $U_m \geq 252\text{kV}$ 产品为 1.1 倍额定电压下空载 4h, 试验前、后应进行变压器油气相色谱分析。

② 363kV 的产品为 1.1 倍额定电压下空载 12h, 试验前后及试验中进行变压器油气相色谱分析。

24) 温升试验(型式试验)

① 50~100MVA 产品,应在温升试验前、后测定变压器油气相色谱。

② 容量 $\geq 120\text{MVA}$ 和 252kV 的产品,在温升试验过程中,每 4h 进行一次油气相色谱分析。

25) 声级测量(特殊试验)

26) 风扇电动机和油泵吸取的功率测量(特殊试验)

27) 油流带电试验($U_m \geq 363\text{kV}$ 的产品)

产品不励磁,启动全部运行的油泵,连续测量中心点、铁心对地泄漏电流,直至电流稳定。并监视有无放电信号。然后不停油泵在 $1.5U_m/\sqrt{3}$ 电压下做局部放电试验,维持 30min 连续测量放电量,与不开油泵试验相比放电量应无明显变化,油中应无乙炔。

4. 附注

1) 在本程序的条文中,凡未特定适用范围的项目,则适用所有产品。未特指试验类别的项目,则为出厂试验。

2) 在成品试验中 3)~7) 项属低电压测量,试验顺序可以调换,合格后应继续进行其他试验。如不合格,是否进行其他项目的试验,需经总工程师批准。

3) 在成品试验中 9)、10) 两项试验,可以在冲击试验后进行。

4) 在成品试验中 11)~21) 项的试验除 20) 项外顺序不得调换。

5) 在成品试验中 23)~26) 项试验因特殊情况,允许在冲击试验前即在成品试验中 9) 项试验后进行,但试验内容必须符合规定要求。

6) 暂态电压传输特性测量(特殊试验)

国标 GB1094.1—96 只规定此项目,对测量方法和要求未作说明。

第六节 产品送交试验时应具备的条件

为了保证试验结果的正确、可靠、设备和产品的完好无损及人身安全,不论是工序中的半成品还是装配好的成品,在进行试验之前必须做好准备工作,使之满足必要的条件。

一、必须做好试验前的技术准备工作

这一准备工作应由负责试验的试验站的工程技术人员负责,按合同、产品图样及技术条件等有关资料,对要进行的各项试验的试验方法、要求、标准等进行技术准备,需填写在试验记录内,并附以简图(如各相绕组的出头位置示意图等)。对个别重要的试验项目,应编写专门的试验方案(如感应耐压试验和温升试验),以便指导试验人员进行正确操作。

对于技术复杂和全新结构的新产品,应组织试验人员进行学习,特别是对于在试验工作中的主要骨干力量应由主管工程师或技术员对产品结构和试验要求、方法等进行介绍。

二、工序试验时应具备的条件

凡送交试验的半成品,首先必须经过该工序质量检查人员认真按图样工艺和有关技术要求进行完工检查,确认合格。如有上工序经研究同意转入本工序的遗留问题,对试验结果有影响时,必须先经处理后,才能进行试验。

三、成品试验时应具备的条件

1. 对变压器本体内部的要求

凡送交试验的所有成品变压器,其油箱内部的所有零部件,必须按照图样装配在规定的位上,引线对各部之间的距离必须按技术要求调整好,各引线与套管之间的联结必须可靠。铁心对夹件、油箱绝缘良好等等。

装配完工的变压器,必须按工艺进行抽真空(无规定时不抽)、注油、热油循环(无规定时不循环),在油的性能合格之后,进行静放,按规定进行密封试漏。最后经质量检查员检查合格才能进行试验。

2. 对变压器本体外部的要求

如果需要验证外绝缘(空气中的绝缘)或对外绝缘有疑问时,应装上对外绝缘有影响的所有部件或部分部件,对不影响试验结果的部件可以不装(如散热器、冷却器等)。

需要进行温升试验的变压器,冷却管路的配置和冷却器的安装必须符合图样规定。如因某种原因需要改变时,要以不改变冷却效果为原则。

四、试验现场的环境条件

- 1) 无特殊规定时,试验应在生产车间内进行。
- 2) 试验区的环境温度应为 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$,供水冷却器的冷却水温度不应超过 $+25^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 试品停放的位置离周围物体应有足够的距离,不得有影响试验结果的物体停放在试验区内。同时要保证对操作和监视人员有足够的距离。
- 4) 测试设备的布置应避开高电场,强磁场或影响仪表读数准确度的振动源等,以保证测量准确。

第七节 产品性能标准值的允许偏差

我国国标 GB1094.1 国际电工委员会的 IEC76 规定的允许偏差见表 1-2。