

变 压 器 试 验

沈阳变压器厂编



机械工业出版社

变 压 器 试 验

沈阳变压器厂编



机械工业出版社

本书总结了沈阳变压器厂从事变压器试验的工人和技术人员多年来的实践经验，比较系统地介绍了变压器试验程序、方法、设备、线路以及在试验中对所发现的故障的分析判断。本书还简要地介绍了试验的基础知识和特种变压器的试验。

本书可供从事变压器试验工作的工人和技术人员参考。

变 压 器 试 验

沈阳变压器厂编

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街1号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张14·插页2·字数304千字

1973年10月北京第一版·1973年10月北京第一次印刷

印数：00,001—78,000·定价：1.15元

统一书号：15033·4194

毛主席语录

实践、认识、再实践、再认识，这种形式，循环往复以至无穷，而实践和认识之每一循环的内容，都比较地进到了高一级的程度。这就是辩证唯物论的全部认识论，这就是辩证唯物论的知行统一观。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

客观现实世界的变化运动永远没有完结，人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。

一切真知都是从直接经验发源的。

前 言

遵照毛主席关于“要认真总结经验”的伟大教导，我们总结了我厂多年来在变压器试验方面的实践经验，于1971年4月编写了《变压器试验》一书，曾在变压器行业内部发行。为了适应电气工业飞速发展的需要，更好地为社会主义建设服务，根据广大工农兵的要求，在原《变压器试验》的基础上，结合最近一年多来的实践，参考了兄弟单位的宝贵经验，对原《变压器试验》一书进行了重新编写。

《变压器试验》比较系统地介绍了变压器试验程序、试验方法，试验设备、试验线路以及对在试验中所发现的故障的分析判断，可供从事变压器试验工作的人员参考。

由于我们的政治水平和技术水平不高，在重新编写过程中一定存在很多缺点错误，诚恳希望读者提出宝贵意见。

沈阳变压器厂

一九七二年九月

3 5800

目 录

前 言

第一章 变压器试验基础知识	1
第一节 概述	1
第二节 试验程序和试验项目	3
(一) 主要部件的试验	4
(二) 变压器装配过程中的试验	7
第三节 试验标准	9
第四节 试验、测量的基础知识	18
(一) 电工测量仪表的分类和说明	18
(二) 电压的测量	19
(三) 电流的测量	25
(四) 损耗的测量	30
(五) 电阻的测量	37
第二章 变压比试验	42
第一节 概述	42
(一) 双电压表法	43
(二) 交流电桥法	44
第二节 线圈匝数试验和等匝试验	44
(一) 线圈匝数试验	44
(二) 线圈并联支路的等匝试验	46
第三节 双电压表法变压比试验	49
(一) 插板变压比试验	49
(二) 插板变压比故障的查找	52
(三) 器身和成品变压比试验	60
(四) 器身和成品变压比故障的查找	63

第四节 电桥法变压比试验	65
(一) 标准变压器式电桥的原理和制造	66
(二) 标准变压器式电桥的使用和故障查找	73
(三) 69-1 型电阻式变压比电桥的性能和原理	81
第三章 线圈连接组试验	86
第一节 概述	86
第二节 变压器连接组	86
(一) 变压器连接组	89
(二) 变压器连接组的画法	90
第三节 连接组试验方法	93
(一) 双电压表法	93
(二) 直流法	99
(三) 相位表法 (直接法)	100
(四) 变压比电桥法	101
第四章 直流电阻试验	102
第一节 概述	102
第二节 测量方法	102
(一) 电压降法	102
(二) 电桥法	104
第三节 试验测量的分析	104
第四节 缩短稳定时间的方法	108
(一) 缩短充电时间的必要性	108
(二) 缩短充电时间的方法	110
(三) 缩短充电时间方法的应用	112
第五章 绝缘特性及变压器油试验	119
第一节 概述	119
第二节 绝缘电阻和吸收比试验	121
(一) 基本原理	121

(二) 测量方法	123
(三) 分析和判断	125
第三节 介质损失 ($\text{tg}\delta\%$) 试验	136
(一) 基本原理	136
(二) $\text{tg}\delta\%$ 测量	139
第四节 变压器油试验	142
(一) 变压器油电气强度试验	143
(二) 变压器油的介质损失试验	145
第六章 外施高压试验	149
第一节 概述	149
第二节 试验变压器的选择和使用	150
(一) 被试变压器的等值电路	150
(二) 电感—电容串联电路	151
(三) 试验变压器的负载	152
(四) 试验变压器的变压比、容量及其使用	154
第三节 外施高压试验的基本线路及其元件的选择	158
(一) 可调的电源	158
(二) 球隙 Q	159
(三) 阻尼电阻 R_2	161
(四) 金属保护电阻 R_1	163
第四节 被试变压器连接方式	164
(一) 被试线圈和非被试线圈均不短路连接	164
(二) 被试线圈和非被试线圈均短路连接	165
(三) 正确连接	166
第五节 试验电压测量方法	167
第六节 试验操作注意事项	170
第七节 外施高压试验几种现象的判断	172
(一) 仪表指示	172
(二) 放电或击穿的声音	173

第七章 感应高压试验	176
第一节 概述	176
第二节 全绝缘变压器的感应高压试验	176
第三节 半绝缘变压器的感应高压试验	178
(一) 试验要求和方法	179
(二) 单相变压器的试验	180
(三) 三相变压器的试验	186
(四) 单相自耦变压器的试验	192
(五) 三相自耦变压器的试验	194
第四节 有关感应高压试验的补充说明	196
(一) 试验电源	196
(二) 电源的负载	197
(三) 中间变压器	198
(四) 支撑变压器	198
(五) 安全措施	199
(六) 试验中异常现象的防止	200
第五节 几种典型产品电压计算	202
第八章 变压器空载试验	213
第一节 概述	213
第二节 空载试验几种接线方法和注意事项	215
第三节 额定条件下空载试验	219
第四节 非额定条件下空载试验	224
(一) 降低电压下的空载试验	224
(二) 非额定频率下的空载试验	225
(三) 空载试验时电压波形的校正	226
(四) 三相变压器的单相空载试验	229
第五节 由铁心到成品空载试验实例	231
(一) 铁心空载试验	232
(二) 绝缘装配后的空载试验	235

(三) 成品空载试验	236
第六节 空载试验时发现的缺陷和事故分析	237
(一) 故障现象	239
(二) 以前的运行情况	239
(三) 对于故障的初步分析	240
(四) 探讨试验	241
(五) 小结	242
(六) 处理	242
第九章 短路试验	243
第一节 概述	243
第二节 额定条件下的短路试验	244
第三节 非额定条件下的短路试验	253
(一) 降低电流下的短路试验	253
(二) 三相变压器的单相短路试验	253
(三) 非额定频率下的短路试验	255
第四节 自耦变压器的短路试验	256
第五节 短路试验中的故障查找	263
(一) 试验情况	265
(二) 故障分析	268
(三) 进一步探讨试验	269
(四) 处理	269
第十章 温升试验	272
第一节 概述	272
第二节 温升试验方法	274
(一) 直接负荷法	274
(二) 相互负荷法	275
(三) 循环电流法	277
(四) 零序法	279

(五) 短路法	282
(六) 小结	283
第三节 温度测量	284
(一) 室温的测量	284
(二) 油顶层温度的测量	285
(三) 铁心表面温度的测量	285
(四) 油平均温度的测量	285
(五) 线圈温度的测量	285
第四节 带电测量线圈温度	287
第五节 温升计算	292
第六节 温升计算实例	296
(一) 确定试验方案	296
(二) 准备工作	297
(三) 试验过程	298
(四) 温升计算	299
第十一章 变压器冲击试验	302
第一节 概述	302
第二节 冲击电压发生器	302
(一) 冲击试验的电压波形	303
(二) 冲击电压发生器的一般原理及其简化计算	304
(三) 截波的产生	310
(四) 冲击电压发生器实例	312
第三节 冲击电压测量方法和测量仪器	317
(一) 球隙测量	318
(二) 高压示波器	318
(三) 电阻分压器和冲击电压测量	324
(四) 冲击电压发生器和示波器的同步	327
第四节 变压器冲击试验	330
(一) 冲击试验方法	330

(二) 冲击示伤的原理和故障判断	335
(三) 冲击试验时的典型示伤波形	340
(四) 超声波示伤	344
(五) 冲击试验中应注意的几个问题	345

第十二章 突发短路试验347

第一节 概述	347
第二节 动稳定试验	348
第三节 热稳定试验	353
第四节 试验结果判断	355

第十三章 特种变压器试验357

第一节 概述	357
第二节 有载调压变压器试验	357
(一) 有载分接开关的工作原理、动作顺序和结构	357
(二) 有载分接开关试验	363
(三) 有载调压变压器试验	380
第三节 电炉变压器试验	390
(一) 电炉变压器试验	393
(二) 电抗器试验	396
第四节 整流变压器试验	397
(一) 整流变压器试验	400
(二) 平衡电抗器试验	402
第五节 试验变压器试验	405
第六节 移圈调压器试验	410
(一) 线圈套装后的试验	413
(二) 引线装配后的试验	414
(三) 总装配后的试验	415
第七节 磁调压器试验	417

附 录	423
(一) 变压器产品型号	423
(二) 额定线电压、相电压、分接电压	424
(三) 球极间隙放电电压	428
(四) 三相变压器额定容量和额定电流	430

第一章 变压器试验基础知识

第一节 概 述

变压器是输变电能的电器。随着电力工业的发展，变压器的数量日益增多，单台容量日益加大，用途日益广泛。因此，保证变压器运行可靠，性能良好是十分重要的。

变压器试验的目的，是验证变压器性能是否符合有关标准和技术条件的规定；制造上是否存在影响运行的各种缺陷（如短路、断路、放电、局部过热等）；另外，通过对试验数据的分析，从中找出改进设计，提高工艺的途径。

变压器试验种类一般可分为：

半成品试验——根据工厂制订的试验指导性技术文件所规定的试验项目和试验允许偏差，对每台产品都要进行半成品试验，如铁心、插板和器身等几道工序的半成品试验。试验的目的在于及时发现问题，并在转入下工序前予以排除，同时获得必要的半成品试验数据。

出厂试验——根据标准和产品技术条件规定的试验项目，对每台产品都要进行的检查试验。试验目的在于检查设计、操作、工艺的质量。每台变压器出厂前，按表 1—1 规定的项目进行检查和试验。

型式试验——根据标准或产品技术条件规定的试验项目，对指定产品结构进行的鉴定试验。试验目的在于检查结构性能是否符合标准和产品技术条件。型式试验项目见表

表 1-1

序号	试 验 内 容	适 用 范 围
1	外观检查	所有变压器
2	变压比试验	所有变压器 (所有分接位置)
3	线圈连接组测定	所有变压器
4	线圈直流电阻测定	所有变压器
5	绝缘特性的测量	
	(1) 绝缘电阻	所有变压器
	(2) 吸收比 R_{60}/R_{15} 测定	35千伏级及以上的变压器
	(3) 介电损失角正切测定	35千伏级8000千伏安及以上的变压器, 60千伏级及以上的所有变压器
6	变压器油的电气强度试验	35千伏级及以上的变压器应逐台从油箱下部取油样, 其余变压器可在一批试品中取任意一台的油样
7	外施高压试验	所有变压器
8	感应高压试验	所有变压器
9	空载试验	所有变压器
10	短路试验	所有变压器
11	变压器的密封试验	所有油浸式和密封式变压器
12	有载分接开关及自动控制箱的检查试验	有载调压变压器
13	冷却装置控制箱的检查试验	风冷及强油循环风冷、水冷的变压器

注 1. 表中项 1~11 按 JB501-64 部标准《变压器》(电力变压器试验方法) 进行, 项 12~13 按相应技术条件的规定进行。

2. 本表见 GB1094-71 国家标准《电力变压器》。

特殊试验——根据产品使用或结构特点必须在标准规定项目之外另行增加的试验项目。

验收试验——根据标准或《变压器运行规程》规定的试

表 1—2

项目	试 验 内 容	应 用 范 围
1	冲击电压试验	所有户外式变压器（标准系列产品， 可选具有代表性产品试验）
2	温升试验	所有变压器
3	突发短路时，动热稳定试验	典型结构产品
4	油箱的真空机械强度试验	油浸式和充气式变压器

注 1. 项 1 按 GB311—64 国家标准《高压电气设备绝缘试验电压和试验方法》进行试验，项 2 按 JB501—64 部标准《变压器》（电力变压器试验方法）进行试验，项 3、4 按相应技术条件规定的方法进行。

2. 本表见 GB1094—71 国家标准《电力变压器》。

验项目，如用户对交货产品进行的试验。试验目的在于判定产品在交接运输过程中是否遭受损伤或发生变化。

修理后试验——根据标准或产品修理特点所指定的试验项目。试验目的在于检查修理部位的质量。除更换线圈和全部绝缘材料外，一般经修理后的产品，在做外施高压试验和感应高压试验时，试验电压值按出厂试验电压的 85%。

本书主要介绍电力变压器出厂试验和型式试验。

第二节 试验程序和试验项目

电力变压器按电压等级和容量等级一般可分为下列五类：

I 类——电压 10 千伏及以下，容量 100 千伏安及以下的电力变压器；

II 类——电压 10 千伏及以下，容量 125~630 千伏安的电

力变压器;

Ⅲ类——电压35千伏及以下, 容量 800~6300 千伏安的电力变压器;

Ⅳ类——电压35千伏及以下, 容量8000千伏安及以上的电力变压器和电压60千伏和110千伏, 但容量不大于63000千伏安的电力变压器;

V类——电压 110 千伏容量大于 63000 千伏安和电压为 154 千伏及以上的电力变压器。

变压器及主要部件的试验内容分述如下:

(一) 主要部件的试验

1. 铁心

(1) 外施高压试验

a、所有穿心螺杆对铁心、夹件应能承受住 2 千伏1分钟外施高压试验。

b、上下夹件、压板、方铁等对铁心均应承受 2 千伏1分钟外施高压试验。

注 此外施高压试验仅对V类变压器而言, 对于Ⅳ类及以下的变压器, 可用2500伏下绝缘电阻试验代替外施高压试验。

(2) 空载试验 (绕临时线圈)

对于试制产品或者老图纸采用新材料、新工艺的产品、半成品不能进行额定电压下的空载试验的产品以及Ⅳ、V类大型产品等, 均进行此项试验。

a、额定电压下的三相空载试验。校正波形的影响, 计算空载损耗和空载电流, 看其是否符合国家标准。此时, 要考虑到成品时空载损耗和空载电流的增长不至超过标准。

b、额定电压下的单相空载试验。通过验证单相空载损耗数据—— P_{OAB} 、 P_{OBC} 、 P_{OAC} 间的关系, 从中发现铁心有