

# Research and Analysis on Transformer Test Inspection

Peng Wang Haibo Zhu

zhong Water Northeast Survey and Design Research Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

## Abstract

With China's rapid economic development in recent years, the demand for electricity in production and daily life has surged, placing significant pressure on power supply systems and raising requirements for operational quality. Transformers play a pivotal role in power transmission and distribution. Electrical testing, as a standard inspection method for transformers, effectively evaluates transformer performance by analyzing electrical parameters, providing critical insights into insulation status, material aging conditions, and voltage transformation ratios. This paper first elucidates transformer operating principles, then examines the application of testing methods in high-voltage electrical systems, and finally presents operational data collected through field testing.

## Keywords

Transformer; Electrical testing; Insulation

# 变压器试验检测研究与分析

王鹏 朱海波

中水东北勘测设计研究有限责任公司, 中国·吉林 长春 130000

## 摘要

随着我国近些年经济快速的发展,在生产和生活中对电力的需求也越来越大,电力的供应也面临着重要的压力,因此对于电力的运行质量要求也就更高。变压器在电力传输和分配中起着关键性的作用。电气试验作为一种常用的变压器检测方法,通过对变压器的电气参数的检测,可以有效地反应变压器的运行状态,提供有关变压器绝缘状况、绝缘材料老化情况、变压比等重要信息。本文首先介绍了变压器的工作原理;然后分析变压器试验检测在高压电气试验中的应用;最后,通过现场试验检测,得到运行变压器的检测数据。

## 关键词

变压器; 电气试验; 绝缘

## 1 变压器工作原理

变压器是基于电磁感应原理而工作的。正是因为它的工作原理以及工作时内部的电磁过程与电机(发电机和电动机)完全相同,故将它划为电机一类,仅是旋转速度为零(即静止)而已。变压器本体主要由绕组和铁心组成。工作时,绕组是“电”的通路,而铁心则是“磁”的通路,且起绕组骨架的作用。一次侧输入电能后,因其交变故在铁心内产生了交变的磁场(即由电能变成磁场能);由于匝链(穿透),二次绕组的磁力线在不断地交替变化,所以感应出二次电动势,当外电路导通时,则产生了感生电流,向外输出电能(即由磁场能又转变成电能)。这种“电—磁—电”的转换过程是建立在电磁感应原理基础上而实现的,这种能量转换过程也就是变压器的工作过程。

## 2 变压器试验检测参数分析

### 2.1 变比试验

变压器变比是指在空载运行时,原边电压与副边电压之比。变比试验的目的是检验变压器能否达到设计的电压变换效果,检验各绕组的匝数比是否与设计一致,确定各分线的装配是否准确,以及在运行中是否存在匝间短路等问题。

目前常用变压器变比测试仪进行变比试验。测试仪法是一种自动化程度高、测量准确、功能齐全的目的采用的较为常见方法。测试仪是以微处理器为核心对整机进行控制,可实现自动加压、测试、计算和显示等功能;可自动对产品进行绕组电压矢量关系及联结组标号的识别检定,并能进行电压比测量。

接线方法:图1为变压器的连接方式,试验时将高压绕组与低压绕组与对应的连接线连接,此时高压侧中性点0需要断开。

【作者简介】王鹏(1994-),男,中国吉林长春人,硕士,工程师,从事试验检测研究。

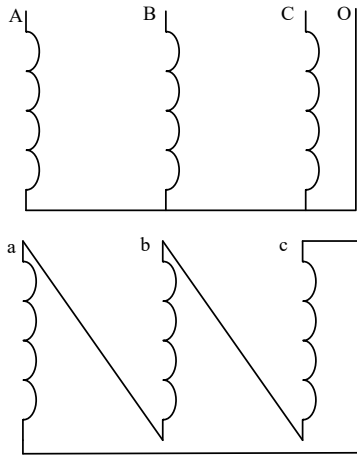


图1 变压器连接方式

### 2.2 直流电阻试验

变压器绕组的直流电阻试验检测一般在交接试验、预防性试验、及检修时改变分接开关后试验检测的项目。通过检测变压器直流电阻，能够有效检查绕组分接头焊接质量和绕组是否有匝间短路情况；变压器各个档位开关接触是否良好及引出线情况是否良好。

在交接试验、预防性试验中，常用变压器变比测试仪设备进行试验。变压器变比测试仪具有反电动势保护功能、现场检测时抗干扰能力较强，试验检测数据准确，适用直流电阻快速检测。试验时将高低绕组与连接线连接，将变压器调到试验档位，试验时设备通过回路电流  $I$  及电位端子间的电位差  $V$  的测试，可得到电阻  $R$  的值，即通过  $V/I$  可求的。

### 2.3 介质损耗因数 $\tan \delta$ 试验

介质损耗因数  $\tan \delta$  试验在高压试验中体现电容性的电气设备绝缘情况重要参数，将绝缘有功分量与无功分量的比值作为介质损耗因数的数值，即功率损耗的参考依据，电压相量图如图2所示。介质损耗因数  $\tan \delta$  主要用于评判变压器是否受潮、绝缘老化等缺陷。

$$\tan \delta = \frac{U_R}{U_C} = \frac{R}{I/\omega C} = R\omega C \quad (1)$$

其中  $R$  为电阻值， $C$  为电容值， $\omega$  为角频率。

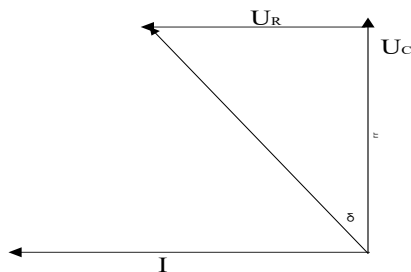


图2 电压相量图

工程上常用抗干扰异频介损测试仪检测变压器介质损耗因数  $\tan \delta$ 。使用抗干扰异频介损测试仪分为正接法或反

接法试验。当被试品没有接地，采用正接法试验；试品接地时，采用反接法试验。

### 2.4 绝缘电阻试验

变压器绝缘电阻、吸收比、极化指数试验用于检测变压器的主绝缘性能，能够有效的反应变压器主绝缘的整体绝缘状况，有效检测变压器整体受潮情况、脏污以及贯穿性的缺陷，当有缺陷发生时，检测出的绝缘电阻值与以往相比会明显降低。

常使用绝缘电阻测试仪对变压器绝缘电阻进行检测。在试验检测过程中，被测绕组用短接线短接，非被测绕组短路接地。变压器绕组检测部位接线方式如表1所示。

表1 变压器绝缘特性测量部位

顺序号	双绕组变压器		三绕组变压器	
	被测绕组	接地绕组	被测绕组	接地绕组
1	低压	高压及外壳	低压	高压、中压及外壳
2	高压	低压及外壳	中压	高压、低压及外壳
3	—	—	高压	中压、低压及外壳
4	高压及低压	外壳	高压及中压	低压及外壳
5	—	—	高压、中压及低压	外壳

注：顺序号4和5的项目，只对16000kVA及以上的变压器进行。

### 2.5 绝缘油击穿电压试验

油浸式变压器中绝缘油具有绝缘和散热作用，变压器绝缘油的质量在长期运行的过程中会有些变化。当绝缘油的质量下降时，会导致变压器绝缘性能下降，影响变压器的安全运行。绝缘油击穿电压试验是体现绝缘油电气强度的重要参数，定期检测绝缘油能够及时反映此时绝缘油的状态。常用绝缘油介电强度测试仪对变压器绝缘油击穿电压检测。

## 3 工程检测数据

本次检测某抽水蓄能电站变压器，变压器名牌参数如表2所示，检测数据如表3~表7所示，表3为变压器变比检测结果，表4为变压器直流电阻检测结果，表5为介质损耗因数检查结果，表6为变压器绝缘电阻检测结果，表7为绝缘油击穿电压检测结果。

根据表3~表7可知，所检变压器参数均满足DL/T 596-2021或GB 50150-2016规范要求。

## 4 结语

电气试验能够有效的反映出电气设备的潜在问题，通过检测变压器变比、直流电阻、介质损耗因数、绝缘电阻等参数可以及时发现变压器存在的问题。所以，定期的进行预防性试验可以降低电气设备运行风险。

表 2 变压器名牌参数

产品型号	SSP11-220000/220	额定容量 (kVA)	220000	额定电压 (kV)	242
额定电流 (A)	8064.58	额定频率 (Hz)	50	相数	3
出厂编号	1170035004	出厂日期	2019.7	连接组标号	YNd11

表 3 变压器变比检测结果

	分接位置	高压绕组电压 (kv)	低压绕组电压 (kv)	计算变比 K	电压比偏差 Δu (%)			连接组标号
					AB/ab	BC/bc	AC/ac	
变压器	1	254.10	15.75	16.133	0.04	0.08	0.11	YNd11
	2	248.05		15.749	0.04	0.09	0.10	
	3	242.00		15.365	0.01	0.06	0.08	
	4	235.95		14.981	0.02	0.08	0.07	
	5	229.90		14.597	0.01	0.01	0.03	

表 4 变压器直流电阻检测结果

	分接位置	I	II	III	IV	V	低压线圈 (mΩ)		
							ab	bc	
变压器	高压线圈 (mΩ)	AO	324.6	319.8	315.0	305.5	299.0	ab	2.085
		BO	330.5	325.3	320.5	310.4	301.8	bc	2.098
		CO	328.7	323.1	315.2	306.7	298.7	ca	2.038
	平均值	327.93	322.73	316.90	307.53	299.83	/	2.089	
	不平衡率	1.80%	1.70%	1.74%	1.59%	1.03%	/	0.72%	

表 5 变压器介质损耗因数结果

	检测位置	试验电压 (kV)	介质损失角正切 (%)	电容 (nF)
变压器	低压对高压及地	10	0.269	24.869

表 6 变压器绝缘电阻检测结果

	检测位置	检测结果 (GΩ)			吸收比	极化指数
		15S	60S	10min		
变压器	夹件对铁芯及地	/	15.37	/	/	/
	铁芯对夹件及地	/	13.5	/	/	/
	低压对高压及地	33	50.1	86	1.52	2.61

表 7 变压器绝缘油击穿电压检测结果

	试验次数	1	2	3	4	5	6	平均值
变压器底部绝缘油	实测电压 (kV)	45.05	44.06	44.78	45.12	46.03	45.27	45.05

参考文献

[1] 许强唯. 电气试验在变压器故障检测中的应用[J]. 测试工具与解决方案, 2018(18): 103-104. 技术, 2024(12A): 305-307.  
 [2] 王明海. 电气试验在变压器故障检测中的应用探讨[J]. 电工 2016(3): 196-198.  
 [3] 唐文发. 电力变压器的预防性试验[J]. 创新与应用技术, 2016(3): 196-198.