

ICS 29.240
F20
备案号：68939-2019

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1952 —2018

变压器绕组变形测试仪校准规范

Calibration specification of power transformers winding deformation tester

2018-12-25发布

2019-05-01实施

国家能源局 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 结构及工作原理.....	1
5 计量性能要求.....	2
6 校准条件.....	2
7 校准项目和校准方法.....	3
8 校准结果处理.....	6
9 复校时间间隔.....	7
附录A（规范性附录）频率响应特性曲线的数据导出格式.....	8
附录B（资料性附录）选频滤波性能判定方法.....	9
附录C（规范性附录）校准原始数据记录格式.....	11
附录D（规范性附录）校准证书内页格式.....	15
附录E（资料性附录）测量不确定度评定示例.....	16

前 言

本标准按照GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规定编制。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国高电压试验标准化分技术委员会 (SAC/TC163/SC1) 归口。

本标准主要起草单位：国网四川省电力公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、四川大学、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国网天津市电力公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、国网西藏电力有限公司电力科学研究院、江苏方天电力技术有限公司、成都恒锐智科数字技术有限公司、北京圣泰实时电气技术有限公司、国网山西省电力公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：彭倩、王斯琪、陈纓、辜超、王鹏、冯运、秦家远、王楠、蔚超、丁国成、王炳强、包玉树、李晏、王圣、俞华、张围围。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条一号, 100761)。

变压器绕组变形测试仪校准规范

1 范围

本标准规定了电力变压器绕组变形测试仪的计量性能要求、校准条件、校准项目、校准方法、校准结果处理及复校时间间隔等。

本标准仅适用于采用频率响应分析法的电力变压器绕组变形测试仪(以下简称测试仪)校准。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

DL/T911—2016 电力变压器绕组变形的频率响应分析法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

绕组变形 winding deformation

电力变压器绕组在遭受短路电流冲击或在运输过程中遭受冲撞时,在电动力或机械力作用下发生的轴向或径向尺寸变化,通常表现为绕组局部扭曲、鼓包或移位等特征。

[DL/T911—2016, 定义3.1]

3.2

变压器绕组变形测试仪 power transformers winding deformation tester

用于测试、判断电力变压器绕组变形的仪器,通过工作在扫频模式下的仪器测量变压器各个绕组的频率响应特性,根据幅频响应特性的差异,判断变压器可能发生的绕组变形。

3.3

幅值比 amplitude ratio

以对数形式表示的不同频率下响应端电压 U_2 和激励端电压 U_1 的信号幅值之比,用于表征幅频响应曲线 $H(f)$ 。

$$H(f) = 20 \lg \frac{U_2(f)}{U_1(f)} \quad (1)$$

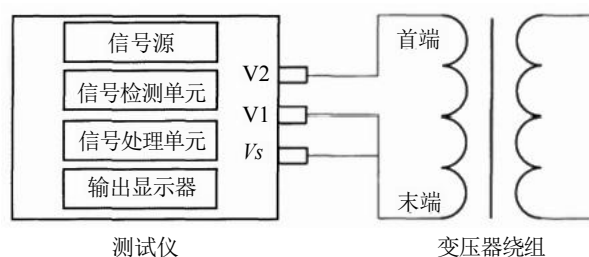
式中:

$H(f)$ ——传递频率为 f 时传递函数的模 $|H(j\omega)|$, 单位为分贝 (dB);

$U_2(f)$ 、 $U_1(f)$ ——传递频率为 f 时响应端和激励端电压的峰值或有效值 $|U_2(j\omega)|$ 和 $|U_1(j\omega)|$ 。

4 结构及工作原理

测试仪一般由信号源、信号检测单元、信号处理单元、输出显示器等部分组成。测试仪工作原理如图1所示(以单相双绕组变压器为例),通过扫频方式检测电力变压器各个绕组的幅频响应特性,并对检测结果进行纵向、横向或综合比较,根据幅频响应特性的差异,判断变压器可能发生的绕组变形。



说明:

V_s——信号激励端口;

V₁——信号参考端口;

V₂——信号响应端口。

图 1 测试仪工作原理图

5 计量性能要求

5.1 频率测量范围及最大允许误差

测试仪输出正弦激励电压信号频率范围一般为1kHz~1MHz, 最大允许误差应不超过±0.1%。

5.2 幅值比测量范围及最大允许误差

测试仪幅值比动态测量范围一般为-80dB~20dB。

-80dB~20dB 范围内的最大允许误差应不超过1dB, 测量示值重复性相对标准偏差 (RSD) 应不超过1%。

6 校准条件

6.1 环境条件

校准时环境条件应满足以下要求:

- 环境温度: (20±5)℃。
- 环境相对湿度: 20%~80%。
- 电源电压: 交流220V(1±10%)。
- 电源频率: 50Hz(1±1%)。

6.2 校准用设备与装置

6.2.1 绝缘电阻表

额定输出电压为500V, 准确度等级不低于5级。

6.2.2 耐电压测试仪

额定输出电压不低于2kV, 准确度等级不低于3级。

6.2.3 信号发生器

输出频率为1kHz~1MHz、幅度为峰峰值100mV~10V 的正弦电压信号, 频率示值相对误差不超过±0.01%, 幅度示值相对误差不超过±2%。

6.2.4 数字示波器

具有2个测量通道，每个通道的模拟带宽不低于20MHz，在10mV/div~5V/div范围内的DC垂直误差不超过±3%。

6.2.5 信号加法器

模拟带宽不低于1MHz，幅值运算线性度不大于1%。

6.2.6 阻抗分析仪

阻抗测试最大允许误差不超过±0.2%。

6.2.7 数字频率计

测量范围应满足1kHz~1MHz，频率示值相对误差不超过±0.02%。

6.2.8 幅值比标准装置

输入输出阻抗为 $(50 \pm 1) \Omega$ ，应包括-80dB、-60dB、-40dB、-20dB、-10dB、0dB等幅值比校准点，各工作频率处最大允许误差应不超过±0.3dB。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表1。

表1 校准项目

序号	校准项目	校准方法条款
1	频率校准	7.2.2
2	幅值比校准	7.2.3

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

7.2.1.1 外观及标识

用目测法检查测试仪外观及标识，应满足以下要求：

- 测试仪无影响其计量性能及安全性能的缺陷，外观完整，接线端子标志清晰；
- 测试仪的金属外壳有专用的接地端子；
- 测试仪具备信号激励端口和两个独立的信号检测端口(信号参考端口和信号响应端口)。

7.2.1.2 绝缘电阻

使用绝缘电阻表测量测试仪的电源输入部分与机壳及地之间的绝缘电阻，绝缘电阻值应不小于20M Ω 。

7.2.1.3 介电强度

使用耐电压测试仪在测试仪的电源输入部分与机壳及地之间施加2kV工频电压，历时1min，测试

仪应无击穿、飞弧现象。

7.2.1.4 数据格式检查

检查测试仪存储的测试数据，数据存储格式或经转换后的数据存储格式应符合附录A的要求。

7.2.1.5 端口阻抗

7.2.1.5.1 信号激励端口输出阻抗

测试仪设为单频点扫描模式。信号激励端口连续输出频率为1kHz的正弦电压信号，用示波器分别测量信号激励端口在空载和50Ω负载时的电压。根据式(2)计算出信号激励端口的输出阻抗，输出阻抗测量结果应为 $(50 \pm 1) \Omega$ 。

$$R=(U-U_2)/U_2 \times 50 \quad (2)$$

式中：

U_1 ——空载时电压，V；

U_2 ——50Ω负载时电压，V；

R_{out} ——输出阻抗，Ω。

7.2.1.5.2 信号参考端口及信号响应端口输入阻抗

测试仪的信号参考端口和信号响应端口分别连接阻抗分析仪的测试端口，用阻抗分析仪分别测量测试仪信号参考端口和信号响应端口在1kHz频率下的阻抗值，输入阻抗测量值应不低于1MΩ。

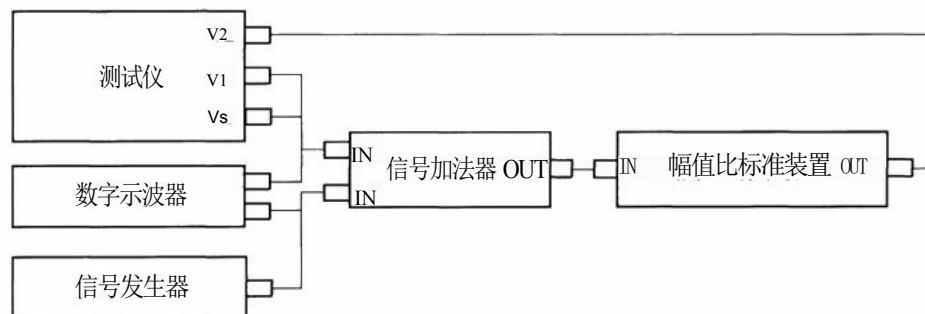
7.2.1.6 扫频特性

测试仪设置为1kHz和1MHz单频点扫描模式。用数字示波器观察测试仪输出对应频率的电压信号，测试仪应具备单频点检测功能并可对单个频点进行重复检测。

测试仪设置为扫频模式，范围设置为1kHz~1MHz，间隔设置为1kHz或设置为线性分布1000个扫描点，用数字示波器观察测试仪输出的扫频信号，测试仪应具备线性分布的频率扫描模式，扫频范围一般包括1kHz~1MHz频段，扫描频率的间隔一般为1kHz。

7.2.1.7 选频滤波特性

选频滤波特性试验接线如图2所示。



说明：

V_s ——信号激励端口；

V_1 ——信号参考端口；

V_2 ——信号响应端口。

图2 选频滤波特性试验接线图

按照以下步骤试验：

- a) 被校测试仪设置为单频点扫描模式，扫描频率 f 分别设置为1kHz、10kHz、100kHz、500kHz、1MHz；
- b) 数字示波器同时测量信号加法器两个输入端的信号幅度及频率；
- c) 信号发生器输出正弦信号频率分别设置为0.986和1.026，设置输出幅度与测试仪输出激励信号幅度相同；
- d) 加法器将测试仪和信号发生器输出的信号进行同相比例相加，比例设置为1；
- e) 设置幅值比标准装置的幅值比为 δ 。

被校测试仪以频率 f 单频点输出，分别记录测试仪的检测数据，若与幅值比标准装置设定的幅值比绝对误差符合式(3)，则测试仪的选频滤波特性满足6dB 带宽小于扫描频率2%的要求。

$$\Delta\delta=|\delta_x-\delta|<0.96\text{dB} \quad (3)$$

式中：

$\Delta\delta$ ——绝对误差，dB；

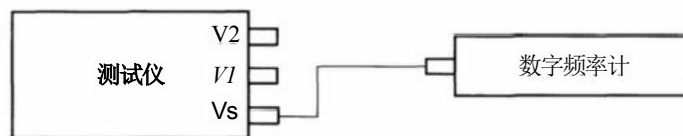
δ_x ——幅值比测试值，dB；

δ_v ——幅值比设定值，dB。

注：0.96dB 的推导参见附录B。

7.2.2 频率校准

频率校准接线如图3所示。



说明：

V_s ——信号激励端口；

V_1 ——信号参考端口；

V_2 ——信号响应端口。

图3 频率校准接线图

测试仪设为单频点扫描模式，用数字频率计测量测试仪输出信号的频率。校准频率点的范围应能覆盖测试仪的扫描频率范围，频率校准点设定为1kHz、2kHz、5kHz、10kHz、20kHz、50kHz、100kHz、200kHz、500kHz、1MHz，其他校准点可根据实际需要进行增补。按式(4)计算相对误差，试验结果应符合5.1的要求。

$$\gamma = (f_x - f) / f \times 100\% \quad (4)$$

式中：

γ ；——测试仪输出频率相对误差；

f_x ——频率计示值，Hz 或 kHz；

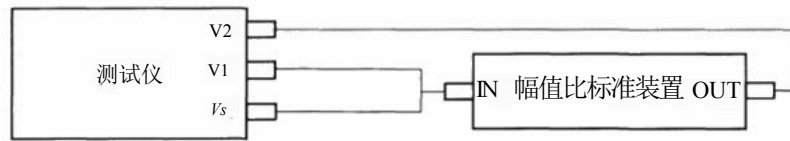
f ——测试仪频率设定示值，Hz 或 kHz。

7.2.3 幅值比校准

7.2.3.1 幅值比示值误差

幅值比校准接线如图4所示。采用长度不超过2m、特征阻抗为50 Ω 的同轴屏蔽电缆连接。为保证

阻抗匹配，在信号响应端就近加装50Ω的匹配电阻或将测试仪信号响应端口输入阻抗设定为50Ω。



说明:

Vs ——信号激励端口;

V1 ——信号参考端口;

V2 ——信号响应端口。

图4 幅值比校准接线图

测试仪设为扫频模式对幅值比校准装置进行测量。扫频范围设定为1kHz~1MHz，幅值比校准点分别设定为-80dB、-60dB、-40dB、-20dB、0dB，其他校准点可根据实际需要进行增补。根据测试仪各次存储的数据文件，按式(5)计算绝对误差最大值，试验结果应符合5.2要求。

$$\Delta\delta = \max(|\delta_{xmx} - \delta|, |\delta_{xmn} - \delta|) \quad (5)$$

式中:

$\Delta\delta$ ——幅值比绝对误差最大值，dB;

δ_{xmx} ——幅值比最大值，dB;

δ_{xmn} ——幅值比最小值，dB;

——幅值比校准装置设定值，dB。

7.2.3.2 幅值比测量示值重复性

测试仪设为扫频模式。测试仪对幅值比标准装置进行6次测量，采用测试仪配套同轴屏蔽电缆连接。扫频范围设定为1kHz~1MHz，幅值比校准点设定为-80dB、-60dB、-40dB、-20dB、0dB，其他校准点可根据实际需要进行增补。分别读取1kHz、2kHz、5kHz、10kHz、20kHz、50kHz、100kHz、200kHz、500kHz、1MHz频率点处测量值，按式(6)计算实验室标准差(相对值)，试验结果应符合5.2要求。

$$RSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times \frac{1}{\bar{C}} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

RSD ——相对标准偏差;

n ——测量次数;

C_i ——第i次测量结果;

\bar{C} ——n次测量结果的算术平均值;

i ——测量序号。

注: 试验中使用实验室标准差(相对值)代替相对标准偏差。

8 校准结果处理

校准数据记录在校准原始数据记录表中，校准结果应记录在校准证书或校准报告上。校准证书或报告应至少包括以下信息:

- 标题，如“校准证书”或“校准报告”;
- 承担校准任务的实验室名称和地址;

- c) 校准地点(如果与实验室的地址不同);
- d) 证书或报告的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 申请校准单位的名称和地址;
- f) 被校测试仪的主要技术参数及编号;
- g) 校准日期;
- h) 校准依据的技术规范;
- i) 校准用仪器设备的准确度、证书号、检定(或校准)单位和有效期;
- j) 校准环境的描述;
- k) 按第7章的要求给出校准结果及其测量不确定度;
- l) 校准证书和校准报告签发人的签名及日期;
- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- n) 未经承担校准任务的实验室批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

频率响应特性曲线的数据导出格式见附录 A, 选频滤波性能判定方法参见附录 B, 校准原始数据记录格式见附录C, 校准证书内页格式见附录D, 测量不确定度评定示例参见附录E。

9 复校时间间隔

校准时间间隔建议为1年。用户也可根据实际使用情况决定复校时间间隔。

以上内容仅为本文档的试下载部分, 为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文, 请访问: <https://d.book118.com/108132101045006061>