

ICS 19.080

N 20/29

# 团 体 标 准

T/JSEE 007-2018

## 电力变压器直流去磁仪校准规范

**Calibration specification for DC demagnetizing tester on power transformer**

全国团体标准信息平台

2018-10-01 发布

2018-10-01 实施

江苏省电机工程学会 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 直流去磁仪通用技术要求 .....	3
5 计量特性 .....	4
6 校准条件 .....	4
7 校准项目和校准方法 .....	5
8 校准结果 .....	7
9 复校时间间隔 .....	7
附录 A (资料性附录) 去磁过程中变压器铁心内磁通变化 .....	8
附录 B (资料性附录) 检验原始记录表 .....	10
附录 C (资料性附录) 校准证书内页格式 .....	12
附录 D (资料性附录) 测量不确定度评定示例 .....	14
编制说明 .....	16

## 前 言

为规范公司电力变压器直流去磁仪校准的标准，统一量值，制定本标准。

本标准由国网江苏省电力有限公司电力科学研究院提出并解释。

本标准由江苏省电机工程学会归口。

本标准起草单位：国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、江苏省电力试验研究院有限公司、国网江苏省电力有限公司、国网江苏省电力有限公司经济技术研究院、国网江苏省电力有限公司省检修分公司。

本标准主要起草人：吴鹏、蔚超、王同磊、吴益明、陆云才、李建生、王建明、陶风波、刘洋、杨小平、查显光、郭莉、周洪伟、周志成、魏旭、邓洁清、王胜权、孙磊、林元棣、姚廷利、张量、廖才波、王骏、陈志勇。

本标准首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至国网江苏省电力有限公司电力科学研究院。

# 电力变压器直流去磁仪校准规范

## 1 范围

本标准规定了电力变压器直流去磁仪的通用技术要求、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果表达及复校时间间隔等。

本标准适用于电力变压器直流去磁仪的校准。

## 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，仅所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。

GB/T 1094.1-2013 电力变压器 第1部分：总则

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.15 电工术语 变压器、互感器、调压器和电抗器

GB/T 2900.60 电工术语 电磁学

GB/T 6587-2012 电子测量仪器通用规范

DL/T 1112-2009 交、直流仪表检验装置检定规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**电力变压器** power transformer

具有两个或两个以上绕组的静止设备，为了传输电能，在同一频率下，通过电磁感应将一个系统的交流电压和电流转换为另一个系统的交流电压和电流，通常这些电流和电压的值是不同的。

[GB/T 1094.1-2013，定义3.1.1]

### 3.2

**直流去磁仪** DC demagnetizing tester

直流去磁仪是通过控制回路向变压器绕组注入正负交替、不断减小的直流电流，实现变压器铁心退磁的专门仪器；一般由电流控制单元、电流输出单元和输出显示单元组成，工作原理如图1所示。电力变压器直流去磁过程见附录A。

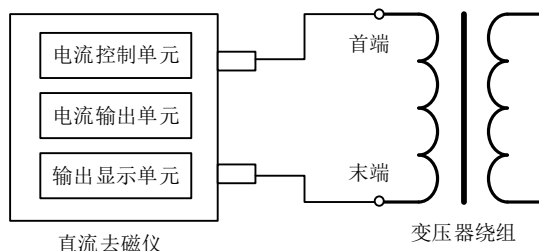


图1 直流去磁仪工作原理图

### 3.3

#### 起始电流 start current

直流去磁仪可供选择的第一个阶段直流电流。

### 3.4

#### 完成电流 end current

直流去磁仪判断完成去磁过程的最后一个阶段直流电流。

### 3.5

#### 剩余磁通密度 remanent (magnetic) flux density

在没有自退磁场强度的情况下，外加磁场强度减小到零时，剩余的磁通密度。

### 3.6

#### 磁化曲线 magnetizing curve

表示物质的磁通密度、磁极化强度或磁化强度作为磁场强度的函数曲线。

### 3.7

#### 磁滞回线 magnetic hysteresis loop

当磁场强度周期性变化时，表示铁磁性物质或亚铁磁性物质磁滞现象的闭合磁化曲线。

### 3.8

#### 去磁 demagnetize

沿退磁曲线减小已磁化物质的磁通密度。

## 4 直流去磁仪通用技术要求

### 4.1 外观

产品及配套器件外观应完好，各种调节旋钮、按键灵活，外壳上应有明确可靠的接地端子，无影响计量性能的缺陷。直流去磁仪上应有产品型号、名称、性能参数、出厂编号、出厂日期、制造厂名等标记。

### 4.2 基本参数

直流去磁仪基本参数应满足如下要求：

- a) 最大静态误差： $\leq \pm 2\%$ ；
- b) 最小控制电流： $\leq 10\text{mA}$ ；
- c) 最大控制电流： $\geq 1\text{A}$ ；
- d) 应支持数字和图形显示功能；
- e) 具备初始电流复位功能；
- f) 具备电压、电流同步测量功能；
- g) 支持退磁曲线显示功能。

### 4.3 安全性能要求

#### 4.3.1 绝缘电阻

电源输入端对机壳的绝缘电阻应大于 $20\text{M}\Omega$ 。

#### 4.3.2 介电强度

直流去磁仪电源输入端对机壳应能耐受 $2\text{kV}$ 、历时 $1\text{min}$ 的工频耐压，无击穿和闪络现象。

### 4.4 电源频率与电压

满足GB/T6587-2012中4.10要求。

### 4.5 机械性能试验

#### 4.5.1 振动试验

直流去磁仪应能承受GB/T6587-2012中5.9.3组别为II的振动试验。

#### 4.5.2 冲击试验

直流去磁仪应能承受GB/T6587-2012中5.9.4组别为II的冲击试验。

#### 4.5.3 运输试验

直流去磁仪应能承受GB/T6587-2012中5.10组别为II的运输试验。

#### 4.5.4 可靠性

直流去磁仪的平均无故障时间（MTBF）应不小于1000h。

### 5 计量特性

#### 5.1 测量范围

##### 5.1.1 初始电流

在直流去磁仪工作电流范围内，最大起始电流应不小于变压器空载电流，且不小于1A。

##### 5.1.2 完成电流

在直流去磁仪工作电流范围内，完成电流应不大于0.1A。

##### 5.1.3 电流正负阶梯减小比例

直流去磁仪的相邻正负阶梯电流幅值比例不小于80%。

#### 5.2 最大允许误差

在直流去磁仪工作电流范围内，直流去磁仪应满足：

电流误差采用相对误差标示，不大于±2%；

比例误差采用绝对误差标示，不大于±5%；

校准系统不确定度按照附录B计算。

### 6 校准条件

#### 6.1 校准环境条件

校准时环境条件(参比条件)应满足以下要求：

a) 环境温度：15℃-25℃；

b) 环境湿度：≤ 80% RH；

c) 电源电压：220±10% V；

d) 电源频率：50±2% Hz；

e) 总谐波畸变率：≤5 %；

f) 工作环境不应有影响校准工作的强电磁场和机械振动。

#### 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 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垂直误差不大于±3%。

### 6.2.4 标准信号发生器

输出频率0.0001Hz~10Hz可调、峰-峰值0.1mA~10A可调的方波电流信号，频率示值相对误差不大于±0.01%，幅度示值相对误差不大于±2%。

### 6.2.5 可调标准电阻

可以选择阻值的标准电阻，电阻值误差不大于±0.5%，档位可调范围1mΩ~10Ω。

## 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	试验项目	校准方法条款
1	外观检查	7.2.1
2	绝缘电阻	7.2.2
3	介电强度	7.2.3
4	初始电流	7.2.4
5	完成电流	7.2.5
6	电流正负阶梯减小比例	7.2.6

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观检查

用目测法检查直流去磁仪外观及标识，应满足以下要求：

- a) 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；
- b) 金属外壳有专用的接地端子；
- c) 具备两个去磁电流输出端子；
- d) 具备电流选择按键；
- e) 设置复位按键，具备恢复初始电流功能。

### 7.2.2 绝缘电阻

使用500V的绝缘电阻表，测量直流去磁仪电源输入端与机壳接地端（保护端）之间绝缘电阻，应满足4.3.1的要求。

### 7.2.3 介电强度

在直流去磁仪电源输入端与机壳接地端（保护端）之间施加2 kV/1 min工频电压，结果应满足4.3.2的要求。

### 7.2.4 初始电流

初始电流校准接线如图2所示，校准步骤如下：

- a) 直流去磁仪电流输出端子连接可调标准电阻，示波器串联入回路，选择直流去磁仪不同档位的初始电流设置，选择对应的标准电阻档位；
- b) 设置标准信号发生器产生与直流去磁仪相同电流幅值、相同比例正负阶梯减小的直流方波信号，信号输出端接入示波器；
- c) 通过示波器对两路信号进行处理计算，获得直流去磁仪初始电流误差。

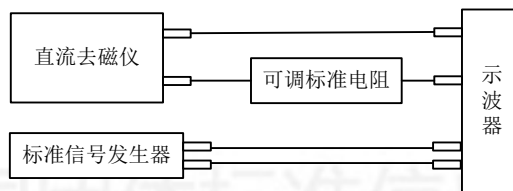


图2 电流幅值校验接线图

初始电流校准应包含在0.1A、0.2A、0.5A、1A档位的幅值校准，每个档位测试次数不少于5次，误差按照公式（1）计算，误差应不大于±2%。校准原始记录表见附录C。

$$\Delta I = \frac{|I_x - I_N|}{I_x} \quad (1)$$

式中：

$\Delta I$ ——电流幅值比绝对误差；

$I_x$ ——直流去磁仪输出电流幅值测试值；

$I_N$ ——标准电流幅值；

### 7.2.5 完成电流

完成电流校准接线如图2所示，校准步骤同7.2.4；

初始电流设置为测试电流幅值；

完成电流校准应包含100mA、50mA、20mA、10mA、5mA、2mA档位的幅值校准，每个档位测试次数不少于5次，误差按照公式（1）计算，误差应不大于±2%。校准原始记录表见附录C。

#### 7.2.6 电流正负阶梯减小比例

电流正负阶梯减小比例校准接线如图2所示，校准步骤同7.2.4；

初始电流分别设置为0.2A、0.5A、1A；

测试电流正负阶梯减小比例的误差，按照相对误差计算，误差应不大于±5%。校准原始记录表见附录C。

### 8 校准结果

校准结果应在校准证书(报告)上反映，校准证书(报告)应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（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) 被校对象的描述和明确标识；
- f) 进行校准的日期；
- g) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- h) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- i) 校准环境的描述；
- j) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- k) 校准证书和校准报告签发人的签名；
- l) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- m) 未经实验室书面批准，不准部分复制证书或报告的声明；
- n) 校准证书内页格式见附录D。

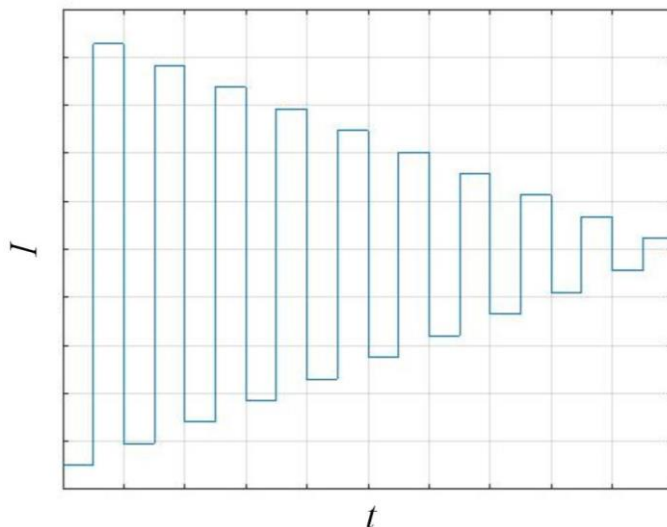
### 9 复校时间间隔

复校时间间隔不超过2年。

附录 A  
(资料性附录)

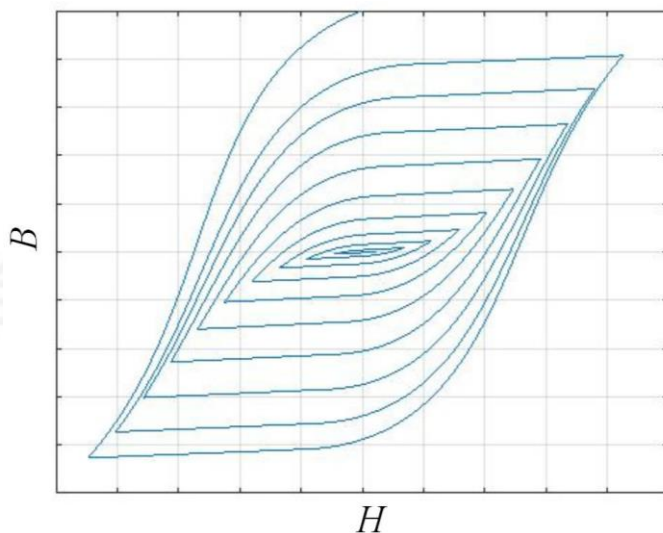
直流去磁过程中变压器铁心内磁通变化

在变压器绕组两端施加幅值逐渐减小的正反向激励，波形如图A.1所示。



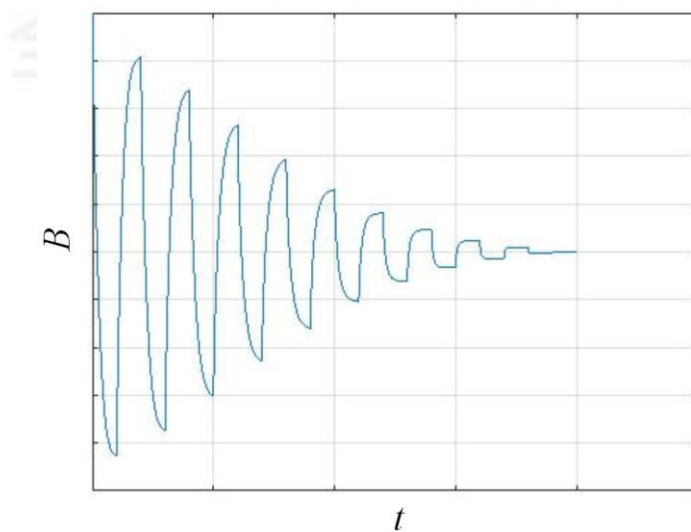
图A.1 施加激励电流波形

退磁过程中，铁心内磁滞回线变化曲线如图A.2所示。



图A.2 铁心内磁滞回环变化曲线

铁心内磁通变化如图A.3所示。



图A.3 铁心内磁通变化曲线

全国团体标准信息平台

## 附录 B (资料性附录)

### 测量不确定度评定示例

按本规范进行的各项校准操作，所得结果的测量不确定度与使用的仪器及设备的准确度有关。在仪器设备固定使用时，测量不确定度为定值，不需要重复分析。校准过程的测量不确定度采用测量列的不确定度。

#### B.1 幅值比示值误差校准不确定度评定

##### B.1.1 测量模型

用幅值比校准装置校准直流去磁仪的电流幅值比示值误差，其绝对误差最大值可简化为绝对误差，校准测量模型可用式 (B.1) 表示：

$$\Delta\delta = |\delta_X - \delta_N| \quad (\text{B.1})$$

式中：

$\Delta\delta$ ——幅值比绝对误差值，dB；

$\delta_X$ ——被校直流去磁仪测得的幅值比，dB；

$\delta_N$ ——幅值比校准装置设定值，dB。

各输入量之间不相关，不确定度传播可用公式 (B.2) 表示。

$$u_c(\delta) = \sqrt{u_1^2(\delta) + u_2^2(\delta) + u_3^2(\delta)} \quad (\text{B.2})$$

式中：

$u_c(\delta)$ ——被校直流去磁仪幅值比测量的合成不确定度，dB；

$u_1(\delta)$ ——由重复测量引入的标准不确定度，dB；

$u_2(\delta)$ ——由幅值比校准装置引入的标准不确定度，dB；

$u_3(\delta)$ ——由幅值比校准装置测量端口与被校直流去磁仪端口失配引入的不确定度，dB。

#### B.1.2 标准不确定度的评定

##### B.1.2.1 标准不确定度 $u_1(\delta)$

测量结果的重复性引入的标准不确定度，通过多次重复测量进行 A 类评定。多次重复测量结果用贝塞尔公式 (B.3) 计算实验标准差：

$$s(\delta) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta_i - \bar{\delta})^2} \quad (\text{B.3})$$

式中：

$\bar{\delta}$ ——被校直流去磁仪幅值比多次测量值的平均值，dB；

$\delta_i$  ——被校直流去磁仪第  $i$  次测量值, dB;

$n$  ——重复测量次数, 此处  $n=10$ 。

#### B.1.2.2 标准不确定度 $u_2(\delta)$

由于幅值比校准装置最大相对误差为  $\pm 0.2$  dB, 按 B 类进行评定, 确定区间半宽度:

$$a=0.2 \text{ dB}$$

按均匀分布考虑, 取  $k=\sqrt{3}$ , 则测量幅值比时由幅值比校准装置引入的 B 类标准不确定度分量  $u_2(\delta)$  为:

$$u_2(\delta)=a/k=0.2/\sqrt{3} \text{ dB}=0.12 \text{ dB}$$

#### B.1.2.3 标准不确定度 $u_3(\delta)$

由幅值比校准装置测量端口与被校直流去磁仪端口失配引入的不确定度, 按幅值比校准装置允许误差的 1/2 评估, 则由端口失配引入的不确定度  $u_3(\delta)$  为:

$$u_3(\delta)=0.2/2/\sqrt{3} \text{ dB}=0.06 \text{ dB}$$

#### B.1.3 合成标准不确定度的计算

合成标准不确定度按公式 (B.2) 计算。

$$u_c(\delta)=\sqrt{u_1^2(\delta)+u_2^2(\delta)+u_3^2(\delta)}=0.13 \text{ dB}$$

#### B.1.4 扩展不确定度的确定

取包含因子  $k=2$ , 则扩展不确定度为:

$$U(\delta)=k \times u_c(\delta)=2 \times 0.13 \text{ dB}=0.26 \text{ dB}$$

附录 C  
(规范性附录)  
检验原始记录表

直流去磁仪校准原始记录格式见表C.1。

表C.1 校准原始数据记录表

基本信息					
仪器名称		型号/规格			
生产厂家		出厂编号			
校准用设备与装置					
设备/装置名称	型号	出厂编号	准确度级别	证书编号	证书有效期
校准依据					
校准地点			校准日期		
环境温度	℃		湿度	%RH	
校准数据记录					
1. 外观及标志检查					
_____					
_____					
2. 绝缘电阻试验 (500V 绝缘电阻表)					
			测试值 (MΩ)		
电源对外壳					
3. 介电强度试验 (2 kV 交流电压)					
电源对外壳_____					
电源对地_____					
4. 初始电流					
测试点	0.1A	0.2A	0.5A	1A	
校验值 1					
校验值 2					
校验值 3					
误差					

校准:

记录:

核验:

表 C.1 (续)

5. 完成电流						
显示值	100mA	50mA	20mA	10mA	5mA	2mA
校验值 1						
校验值 2						
校验值 3						
误差						

6. 电流正负阶梯减小比例				
起始电流		阶梯减小比例显示值	阶梯减小比例校验值	误差
下一次电流				
...				
下一次电流				
完成电流				

校准:

记录:

核验:

**附录 D**  
(规范性附录)  
校准证书内页格式

直流去磁仪校准证书内页格式见表 D.1。

表D.1 校准证书内页格式

送检单位					
型号/规格		出厂编号			
最大允许误差					
生产厂家					
校准环境条件及地点：					
温度		℃		相对湿度 %	
校准地点		其它			
校准所依据的技术文件（代号、名称）：					
校准所使用的主要计量器具					
名称	型号	出厂编号	不确定度/准确度等级	证书编号	有效期至
校准项目					
序号	校准项目	档位	校准结果		
			示值误差		测量示值重复性
1	初始电流幅值比 校准	0.1A			
		0.2A			
		0.5A			
		1A			
2	完成电流幅值比 校准	100mA			
		50mA			
		20mA			

		10mA		
		5mA		
		2mA		
3	电流正负阶梯减小比例校准	0.2A		
		0.5A		
		1A		
校准说明:				

校准:

记录:

核验:

全国团体标准信息平台

# 电力变压器直流去磁仪校准规范

## 编制说明

全国团体标准信息平台

## 目 次

1	编制背景 .....	18
2	编制主要原则 .....	18
3	与其他标准文件的关系 .....	18
4	主要工作过程 .....	18
5	标准结构和内容 .....	19
6	条文说明 .....	19

全国团体标准信息平台

## 1 编制背景

变压器交接试验、诊断试验中绕组直流电阻测量会使变压器铁心中产生剩磁，在投运变压器过程中剩磁会使变压器产生过励磁涌流，存在投运失败的风险。国网江苏省电力有限公司长期以来坚持对 500kV 变压器投运前开展直流去磁试验，消除变压器铁心剩磁，有力地保障了变压器的一次投运成功率；由于特高压变压器容量更大，消除铁心剩磁更加必要，因此直流去磁试验也广泛地应用于特高压变压器。变压器直流去磁仪厂家众多，质量参差不齐。目前，尚未有变压器直流去磁仪检验方面的标准，在购买、使用和维护方面缺乏依据和规范，因此有必要制定标准对变压器直流去磁仪校准方面进行规范。

## 2 编制主要原则

本标准主要根据以下原则编制：

本标准的编制遵守国家和行业现有设备技术标准、规程和规范，并遵循国家电网公司技术标准的编写要求。

## 3 与其他标准文件的关系

本标准在变压器直流去磁仪校准方面具有一定的适用范围，在总结电力变压器直流去磁应用经验基础上形成相关条文，与相关技术领域的国家现行法律、法规和政策保持一致。由于国际和国内尚未颁布类似标准，因此，本标准属于原创性标准。

本标准制定参考下列标准及文件：

GB/T 1094.1-2013 电力变压器 第 1 部分：总则

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.15 电工术语 变压器、互感器、调压器和电抗器

GB/T 2900.60 电工术语 电磁学

GB/T 6587-2012 电子测量仪器通用规范

DL/T 1112-2009 交、直流仪表检验装置检定规程

## 4 主要工作过程

2017年7月，国网江苏省电力有限公司电力科学研究院在南京召开了《电力变压器直流去磁仪校准规范》编写工作启动会，成立编写组。

2017年8月，完成标准大纲编写。

2017年11月，根据电力变压器直流去磁仪在江苏电网的应用经验和技術积累，完成标准初稿的起草。

2018年1月，在江苏电网内部开展省内意见征集，编写组根据返回意见修改形成标准初稿。

2018年2月，完成标准初稿的起草，并对标准初稿进行了第一次正式讨论，修改后形成征求意见稿。

2018年3月，对征求意见稿向国内电网单位、变压器生产厂家等单位开展邮件征求意见，并在南京组织召开标准的征求意见讨论会。

2018年4月，修改形成标准送审稿。

## 5 标准结构和内容

本标准共设9章。

第1章 范围

第2章 规范性引用文件

第3章 术语和定义

第4章 直流去磁仪通用技术要求：对直流去磁仪的外观、绝缘电阻、介电强度、机械性能、电源频率和电压试验等通用技术要求进行规范。

第5章 计量特性：对直流去磁仪的初始电流、完成电流、电流正负阶梯减小比例和电流段稳态时间等测量范围参数进行规范，对直流去磁仪的电流误差、时间误差和比例误差进行规范。

第6章 校准条件：对直流去磁仪的校准环境条件和校准时使用的装置进行规范。

第7章 校准项目和校准方法：对直流去磁仪的外观、绝缘电阻、介电强度、初始电流、完成电流、电流正负阶梯减小比例和电流段稳态时间等技术性能进行规范。

第8章 校准结果：对校准证书的内容、格式进行规范。

第9章 复校时间间隔：对直流去磁仪的复校时间间隔进行规范。

附录A，资料性附录，给出直流去磁仪去磁过程中变压器铁心内磁通变化示意图。

附录B，资料性附录，介绍测量不确定度的评定。

附录C，资料性附录，对直流去磁仪校准原始记录表的格式进行规范。

附录D，资料性附录，对直流去磁仪校准证书内页格式进行规范。

## 6 条文说明

6.1 条目“1 范围”，本标准主要适用范围为电力变压器直流去磁仪的通用技术要求、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果表达及复校时间间隔等。

6.2 条目“2 规范性引用文件”，引入“GB 1094.1-2013 电力变压器 第1部分：总则”等相关内容。

6.3 条目“3.2 直流去磁仪”，中“直流去磁仪”主要指通过控制回路向变压器绕组注入正负交替、不断减小的直流电流，实现变压器铁心退磁的专门仪器。

6.4 条目“4.5 机械性能试验”，规定直流去磁仪应满足GB/T6587.4中规定的组别为II的振动试验、冲击试验。运输试验和可靠性试验。

6.5 条目“7.2.4 初始电流”，利用标准信号发生器产生于直流去磁仪相同电流幅值、相同比例正负阶梯减小的直流方波信号，信号输出端接入示波器，通过示波器对两路信号进行比较处理，获得直流去磁仪的初始电流误差。

6.6 条目“附录A”，给出了直流去磁仪去磁过程变压器铁心磁通变化示意图。

6.7 条目“附录B”，给出了直流去磁仪测量不确定度的评定方法。

6.8 条目“附录C”，给出了直流去磁仪校准原始记录表格式。

6.9 条目“附录D”，给出了直流去磁仪校准证书内页格式。

---