

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2225—2021

电力变压器直流去磁试验导则

Guide for DC demagnetization test on power transformers

2021-01-07 发布

2021-07-01 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 直流去磁试验要求	1
5 试验方法	2
6 试验记录及注意事项	5
附录 A (资料性) 直流去磁试验原理	6
附录 B (资料性) 铁芯剩磁检测方法	8
附录 C (资料性) 试验记录格式	10

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容有可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业高压试验技术标准化技术委员会（DL/TC 14）归口。

本文件起草单位：国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司、广州供电局有限公司电力试验研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网安徽省电力公司电力科学研究院、国网四川省电力公司电力科学研究院、国网上海市电力公司电力科学研究院、山东大学、南京导纳能科技有限公司、保定市金源科技有限公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司。

本文件主要起草人：陶风波、李建生、吴益明、杨小平、蔚超、吴鹏、刘洋、周志成、许建刚、马勇、陆云才、黄强、魏旭、郭倩雯、孙建涛、丁玉剑、丁国成、汪可、甘强、王同磊、张榆、张晨萌、张峰、李红雷、陈志勇、何光华、徐欣、韦海荣、王永辉、宋博。

本文件为首次发布。

本文件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）。

电力变压器直流去磁试验导则

1 范围

本文件规定了电力变压器铁芯去磁试验的试验要求、试验方法、判断标准等。
本文件适用于电压等级 110 kV 及以上的电力变压器直流去磁试验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 50832 1000 kV 系统电气装置安装工程电气设备交接试验标准

DL/T 393 输变电设备状态检修试验规程

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直流去磁 DC demagnetize

采用方向交替变换、幅值递减的直流电流，将铁芯内剩余磁通密度消除或减小的操作。

3.2

单相双体变压器 single-phase two body transformer

将两台独立变压器通过外部引线连接构成的单相变压器。

3.3

去磁点数 demagnetization point number

去磁过程中的充电次数。

4 直流去磁试验要求

4.1 概述

电力变压器去磁试验，可根据下列情况开展：

- 直流电阻测量试验后，作为辅助电力变压器投运的试验项目；
- 因铁芯剩磁产生大励磁涌流导致变压器空载合闸不成功时，作为辅助电力变压器投运的试验项目；
- 电力变压器绕组变形、低电压空载损耗测量等试验项目前，作为提高试验准确度的辅助试验项目。

4.2 环境要求

雨、雪、大雾等恶劣天气条件下避免户外试验，雷电时不应开展试验。

4.3 试品要求

电力变压器去磁试验的试品要求如下：

- a) 被试变压器各侧与电网的一次侧接线断开，与现场带电部分保持足够的安全距离；
- b) 被试变压器外壳、铁芯均应可靠接地。

4.4 对试验仪器的要求

电力变压器去磁试验对试验仪器的要求如下：

- a) 最大控制电流不应小于 1 A；
- b) 测量电流误差不应超过 $\pm 1\%$ ；
- c) 测试系统应配备专用测试线并具有自保护功能。

5 试验方法

5.1 试验接线

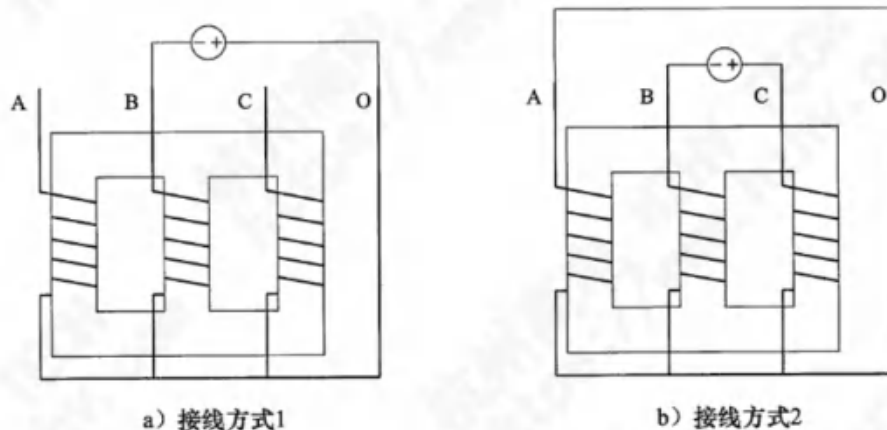
5.1.1 概述

去磁试验宜在高压侧开展，接线方式应根据仪器确定。去磁试验基本原理见附录 A。

5.1.2 三相三柱变压器

5.1.2.1 星形接线变压器

三相三柱星形接线（YN）变压器去磁试验接线方式，如图 1 所示。



注 1：接线方式 1 的实验步骤：在 BO 接入去磁直流电源→在 AO 接入去磁直流电源→在 CO 接入去磁直流电源→完成去磁。

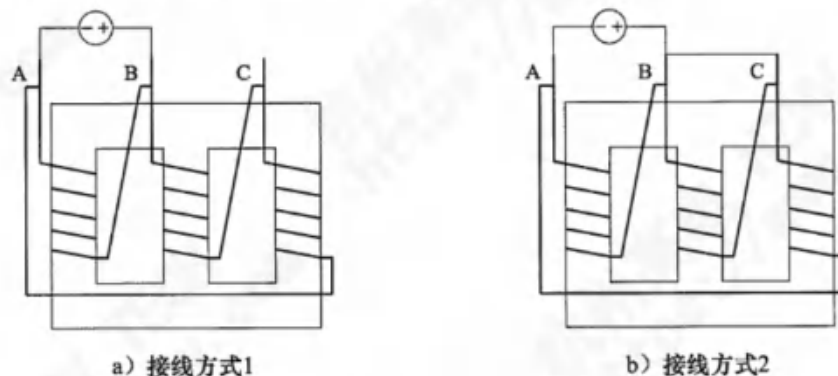
注 2：接线方式 2 的实验步骤：AO 短接，在 BC 接入去磁直流电源→CO 短接，在 AB 接入去磁直流电源→完成去磁。

注 3：仅在 BO 接入去磁直流电源也可完成去磁，但可能出现需多次去磁情况。

图 1 三相三柱星形接线（YN）变压器去磁试验接线示意图

5.1.2.2 三角形接线变压器

三相三柱三角形接线 (Δ) 变压器去磁试验接线方式, 如图 2 所示。



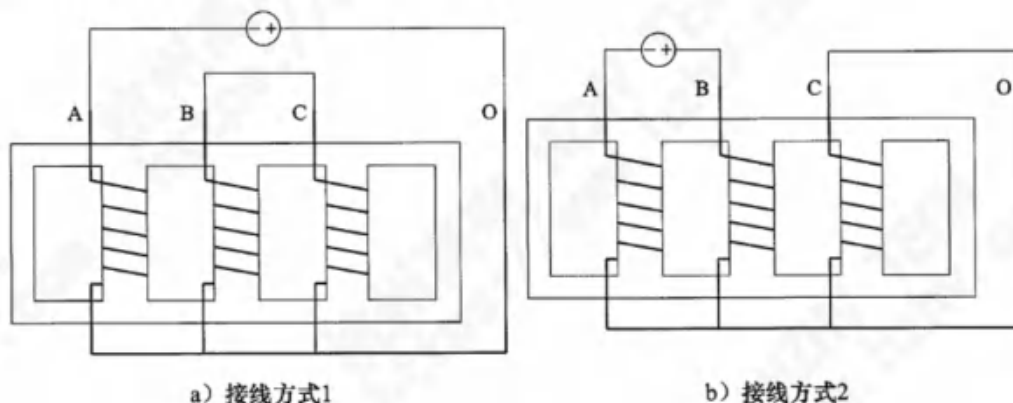
注 1: 接线方式 1 的实验步骤: 在 AB 接入去磁直流电源→在 BC 接入去磁直流电源→完成去磁。

注 2: 接线方式 2 的实验步骤: BC 短接, 在 AB 接入去磁直流电源→AB 短接, 在 BC 接入去磁直流电源→完成去磁。

图 2 三相三柱三角形接线 (Δ) 变压器去磁试验接线示意图

5.1.3 三相五柱变压器

三相五柱变压器去磁试验接线方式, 如图 3 所示。



注 1: 接线方式 1 的实验步骤: BC 短接, 在 AO 接入去磁直流电源→AC 短接, 在 BO 接入去磁直流电源→AB 短接, 在 CO 接入去磁直流电源→完成去磁。

注 2: 接线方式 2 的实验步骤: CO 短接, 在 AB 接入去磁直流电源→AO 短接, 在 BC 接入去磁直流电源→完成去磁。

图 3 三相五柱变压器去磁试验接线示意图

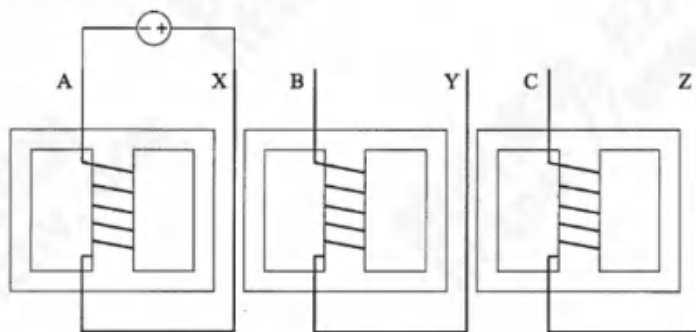
5.1.4 三相分体式变压器

5.1.4.1 单相独立变压器构成的变压器组

单相独立变压器构成的变压器组去磁试验接线方式, 如图 4 所示。

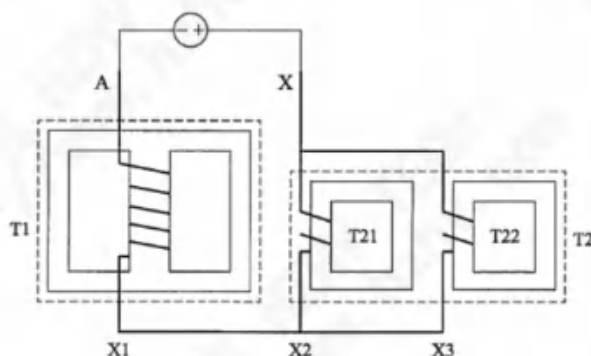
5.1.4.2 单相双体变压器构成的变压器组

1000 kV 单相变压器由主体变压器（简称主体变）和调压补偿变压器（简称调补变）组成，构成的变压器组接线组别 YNa0d11。在主体变、调补变之间引线断开时，参照图 4 接线方式分别对主体变、调补变中调压变压器和补偿变压器进行去磁。当主体变、调补变之间引线连接时，参照图 5 接线方式分别对 A 相、B 相、C 相变压器去磁。



注：试验步骤：在 AX 接入去磁直流电源→在 BY 接入去磁直流电源→在 CZ 接入去磁直流电源→完成去磁。

图 4 单相独立变压器组去磁试验接线示意图



说明：

T1 ——主体变；

T2 ——调补变；

T21 ——调压变压器；

T22 ——补偿变压器。

注：试验步骤：在 AX 接入去磁直流电源→完成 A 相去磁。

图 5 单相双体变压器去磁试验接线示意图

5.2 判断标准

5.2.1 概述

去磁试验结束判断方法应根据仪器确定。可采用低电压空载电流判断法、剩磁判断法。

5.2.2 低电压空载电流判断法

低电压空载电流检测可按照 GB/T 50832、DL/T 393、DL/T 596 的要求确定，单次或多次去磁试验后，根据公式（1）计算最后一次去磁试验前后相同电压下空载电流（ I_1 、 I_2 ）相对变化量 dI ，当相对

变化量 $dI \leq 10\%$ 时则认为去磁完成。

$$dI(\%) = \frac{I_2 - I_1}{I_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

5.2.3 剩磁判断法

单次或多次去磁试验后，剩磁减小至饱和磁通密度或饱和磁滞回线剩余磁通密度的 5% 以下可认为去磁完成。剩磁检测方法见附录 B。

5.3 试验步骤

5.3.1 检查试验条件，连接去磁试验仪器与被试变压器。

5.3.2 设置去磁试验仪器参数，开展去磁试验，初始电流不宜小于 1 A，去磁点数不宜少于 10 个。

5.3.3 检测被试变压器低电压空载电流或铁芯剩磁，若满足 5.2 判断标准，则结束试验；若未达到 5.2 判断标准，则需继续进行去磁试验，直到满足 5.2 要求。

6 试验记录及注意事项

电力变压器去磁试验的注意事项如下：

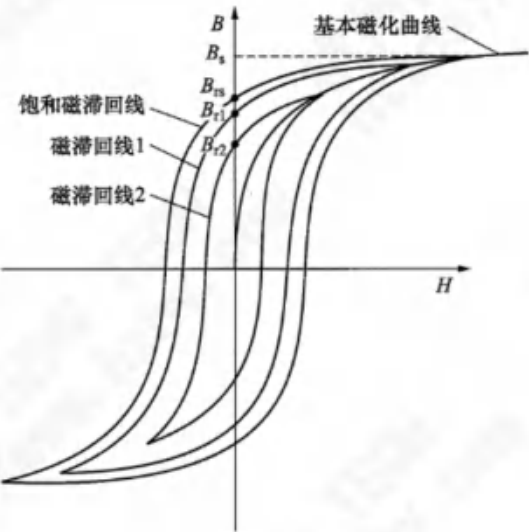
- a) 将试验数据填入去磁试验记录表（见附录 C）中；
- b) 无法区分三相三柱、三相五柱变压器时，宜按三相五柱变压器开展去磁试验；
- c) 无法满足高压侧去磁的工作条件时，可根据现场情况在低压侧开展去磁试验；
- d) 去磁试验完成后，按要求整理试验仪器以及恢复工作现场。

附录 A

(资料性)

直流去磁试验原理

变压器断开运行或直阻测量试验后，由于铁磁材料的磁滞特性，铁芯内会残留剩磁，剩余磁通密度的大小与铁芯磁滞回线有关。直阻试验中，铁芯会达到磁饱和状态，剩余磁通密度与直阻测量施加电流、测量后放电回路参数有关；变压器断开运行后，铁芯内剩余磁通密度与断开前电流幅值有关。变压器铁芯内磁滞回线、饱和磁滞回线、剩余磁通密度、基本磁化曲线的关系示意图如图 A.1 所示。



说明：

- B_{r1} ——磁滞回线 1 对应的剩余磁通密度；
- B_{r2} ——磁滞回线 2 对应的剩余磁通密度；
- B_{rs} ——饱和磁滞回线对应的剩余磁通密度；
- B_s ——磁饱和状态下磁通密度。

图 A.1 铁芯磁滞回线示意图

采用正反向交替直流电流对电力变压器铁芯去磁对应的电流、去磁曲线如图 A.2 和图 A.3 所示。去磁过程分为正向充电、放电阶段及反向充电、放电阶段。在方向不断改变、幅值不断减小的电流激励下，铁芯磁滞回线的轨迹越来越小，当去磁试验结束后，铁芯内剩余磁通密度由初始值 B_{r0} 降至 B'_r ，接近于零。

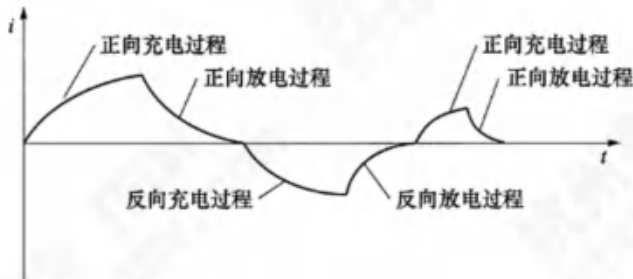


图 A.2 去磁过程中励磁电流示意图

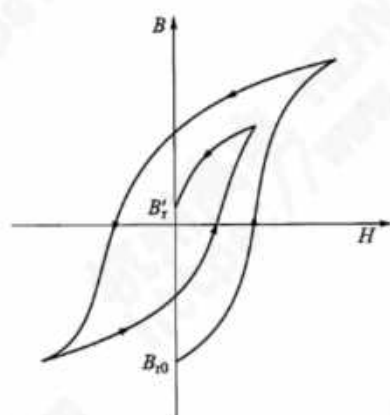


图 A.3 去磁过程中磁滞回线变化示意图

附录 B
(资料性)
铁芯剩磁检测方法

B.1 正反向饱和和时间法

假设变压器铁芯截面积为 S ，匝数为 N ，忽略绕组的漏阻抗和电阻，则绕组两端的电压 u 和磁通密度 B 的关系式为

$$u = N \frac{d\Phi}{dt} = NS \frac{dB}{dt} \quad (\text{B.1})$$

推导磁通密度 B 的表达式为

$$B(t) = B(0) + \frac{1}{NS} \int_0^t u(\tau) d\tau \quad (\text{B.2})$$

其中， $B(0)$ 为剩磁 B_r 。

去磁过程中，施加电压通常是恒定的直流电压 U ，则铁芯中磁通密度 B 与时间 t 的关系为：

$$B(t) = B(0) + \frac{1}{NS} Ut \quad (\text{B.3})$$

铁芯剩磁估算步骤如下：

a) 施加电压 U ，使铁芯磁通密度达到饱和值 B_s ，记录时间 t_1 。

$$B_s = B_r + \frac{1}{NS} Ut_1 \quad (\text{B.4})$$

b) 施加反向电压，使铁芯磁通密度达到饱和值 B_s ，记录时间 t_2 。

$$-B_s = B_s + \frac{1}{NS} (-U)t_2 \quad (\text{B.5})$$

c) 根据式 (B.4) 和式 (B.5)，联立可得：

$$\frac{B_r}{B_s} = 1 - \frac{2t_1}{t_2} \quad (\text{B.6})$$

铁芯剩磁量通过剩磁值与磁通密度饱和值的占比进行表示。

B.2 小信号激励法

假设变压器铁芯内剩余磁通密度为 B_{r1} ，注入小信号激励后产生局部磁滞回环，注入激励使铁芯磁通密度首先增加的为局部磁滞回线（正向），如图 B.1 所示。

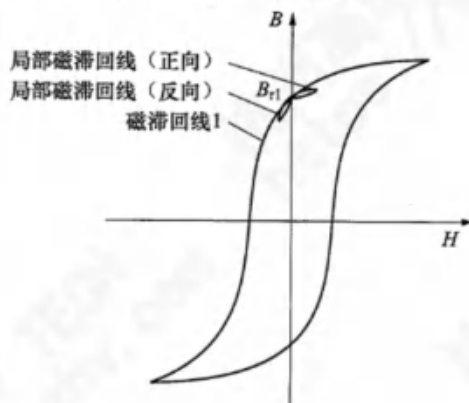


图 B.1 局部磁滞回线示意图

在不同剩磁点处施加正反向激励，达到相同电流值的时间存在差异。图 B.2 a) 所示为铁芯无剩磁的情况下正反向电流变化曲线，图 B.2 b) 所示为铁芯存在正向剩磁时正反向电流变化曲线。正反向电流曲线中包含剩磁量差异的信息，可通过电流相似系数、时间差、斜率等信息建立剩磁量关系。

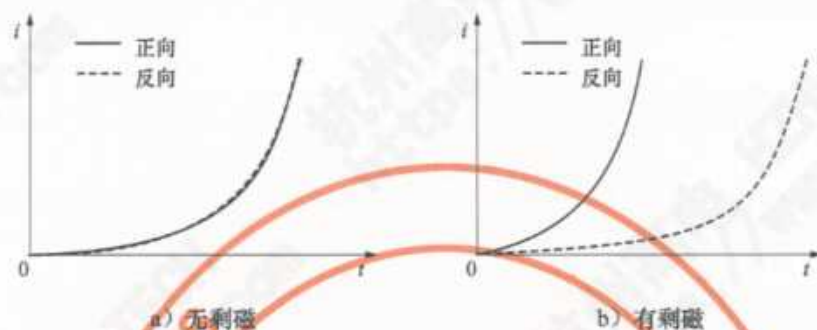


图 B.2 正反向电流变化示意图

附录 C
(资料性)
试验记录格式

电力变压器直流去磁试验记录格式见表 C.1。

表 C.1 电力变压器直流去磁试验记录表

设备名称			
型号		出厂编号	
制造单位		制造时间	
额定容量		额定电压	
试验时间			
环境温度	℃	环境湿度	%
测试仪器			
去磁试验判断方法	☐ 空载电流判断法 ☐ 剩磁量判断法		
试验数据（空载电流判断法）			
	A 相	B 相	C 相
去磁前空载电流			
第 1 次去磁后空载电流			
...			
变化量 (%)			
试验数据（剩磁量判断法）			
	A 相	B 相	C 相
去磁前剩磁量			
第一次去磁后剩磁量			
...			
剩磁量 (%)			
试验人员：			

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
电力变压器直流去磁试验导则
DL/T 2225—2021

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

2022年1月第一版 2022年1月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 28千字

统一书号 155198·3331 定价 15.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究
本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



中国电力百科网网址



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.3331