

ICS 29.180  
K 41  
备案号: 63068-2018

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1799—2018

---

## 电力变压器直流偏磁耐受能力试验方法

The method of ability to withstand DC bias test for power transformers

2018-04-03 发布

2018-07-01 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 试验方法..... 1

5 试验要求..... 5

6 测量内容..... 6

7 试验结果的判断 ..... 7

8 其他要求..... 7

附录 A（资料性附录） 变压器在直流偏磁下空载电流波形 ..... 8

附录 B（资料性附录） 偏磁电流源系统..... 9

附录 C（资料性附录） 变压器声压级叠加、分解估算方法 ..... 11

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则编写。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电力变压器标准化技术委员会（DL/T 02）归口。

本标准起草单位：华东电网有限公司、国网山东省电力公司、特变电工衡阳变压器有限公司、保定天威保变电气股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、国网上海市电力公司电力科学研究院、电力工业电气设备质量检验测试中心、国网山东省电力公司电力科学研究院、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司广州局、国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、特变电工沈阳变压器集团有限公司、西安西电变压器有限责任公司、江苏华鹏变压器有限公司、吴江市变压器厂有限公司。

本标准主要起草人：姜益民、谢志平、李英、张俊杰、张淑珍、黄华、苏磊、应斯、辜超、任晓红、叶建铸、吴云飞、谢齐家、尹晶、孙健、王雪岗、吕建玉、郁志刚、朱庆民。

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）。

# 电力变压器直流偏磁耐受能力试验方法

## 1 范围

本标准规定了电力变压器直流偏磁耐受能力的试验方法、试验要求、测量内容及试验结果的判断等技术内容。

本标准适用于工厂试验室条件下 220kV 及以上电压等级的电力变压器。

变流变压器及电抗器可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 1094.2 电力变压器 第 2 部分：液浸式变压器的温升

GB/T 1094.3 电力变压器 第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙

GB/T 1094.10 电力变压器 第 10 部分：声级测定

DL/T 272 220kV~750kV 油浸式电力变压器使用技术条件

DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范

DL/T 722 变压器油中溶解气体分析和判断导则

JB/T 501 电力变压器试验导则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**直流偏磁 DC bias**

变压器运行时绕组电流中含有的直流分量。使变压器铁芯磁化曲线工作区域发生偏移的现象。

### 3.2

**直流偏磁耐受能力试验 ability to withstand DC bias test**

通过变压器中性点人工注入直流的方法，检验变压器直流偏磁过程中的机械稳定性和持续负载能力的一种试验。

### 3.3

**直流偏磁倍数 the multiple of DC bias**

$k_{dc}$

励磁的直流分量与变压器额定电压下空载电流峰值的比值，用于表征变压器铁芯的偏磁水平。

直流偏磁倍数与变压器空载电流间的关系参见附录 A。

## 4 试验方法

### 4.1 试验目的

#### 4.1.1 额定电压空载下的直流偏磁耐受能力试验

额定电压空载下的直流偏磁耐受能力试验用以检验变压器铁芯在发生直流偏磁时所产生的局部过

热程度, 以及铁芯振动对变压器机械稳定性的影响程度。

#### 4.1.2 额定电压下并带有规定负荷时的直流偏磁耐受能力试验

额定电压下并带有规定负荷时的直流偏磁耐受能力试验用以检验变压器在直流偏磁下持续负载能力, 以及检查由此引发的其他问题, 如影响变压器承受短路耐受能力的漏磁场分布检测等。

### 4.2 额定电压空载下的直流偏磁耐受能力试验方法

#### 4.2.1 两台相同设计变压器的交流励磁与直流注入不同侧

4.2.1.1 两台相同设计的变压器低压并联励磁, 高压或中压并联, 其他绕组开路, 直流电流通过接地端的中性点回路注入变压器的试验绕组中。试验中两台被试变压器均应达到额定励磁状态。

注 1: 变压器直流偏磁现象与流过直流安匝成正比, 因此, 在相同直流分量下, 高压并联比中压并联时直流偏磁现象严重。

注 2: 试验时直流电流注入端、铁芯和夹件、油箱等低电位部位应有效接地。

注 3: 高压与中压不应同时并联。

4.2.1.2 单相变压器试验接线原理详见图 1a), 三相变压器试验接线原理详见图 1b)。

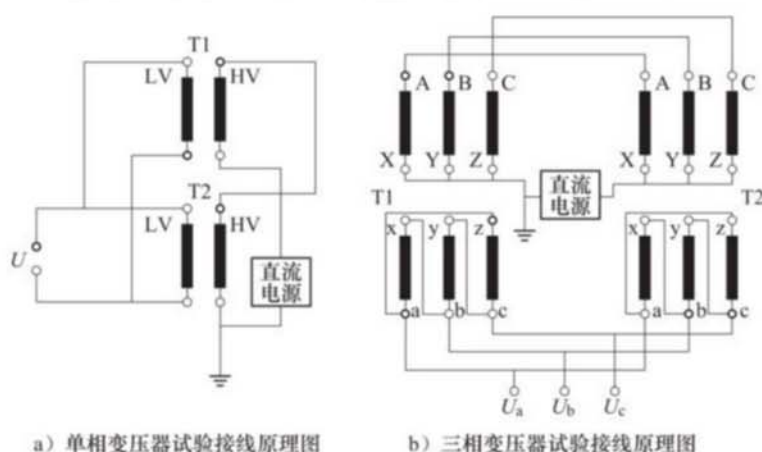


图 1 两台相同设计变压器并联低压励磁试验绕组直流注入的试验接线原理图

#### 4.2.2 两台相同设计变压器的交流励磁与直流注入同侧

4.2.2.1 两台相同设计的变压器中压或高压并联励磁, 其他绕组开路, 直流电流通过中压或高压并联回路注入到变压器的被试绕组中。试验中两台被试验变压器均应保证达到额定励磁状态。

注: 交流励磁与直流注入在变压器同侧激励, 产生同一个直流偏置磁通, 其电流波形与异侧激励有所不同。

4.2.2.2 单相变压器试验接线原理详见图 2a), 三相变压器试验接线原理详见图 2b)。其中, 在交流电源侧中性点连接隔直电容  $C_a$ , 以阻止直流电流对交流电源设备 (发电机、中间变压器等) 的直流偏磁危害。

#### 4.2.3 对单台被试变压器独立励磁

4.2.3.1 对单台被试变压器的高压或中压励磁, 其他绕组开路, 直流电流通过接地端的中性点回路注入变压器的试验绕组中。试验中被试验变压器应达到额定励磁状态。

注 1: 变压器直流偏磁现象与流过直流安匝成正比, 因此, 在相同直流分量下, 高压励磁比中压励磁时直流偏磁现象严重。

注 2: 试验时直流电流注入端、铁芯和夹件、油箱等低电位应有效接地。

注 3：被试变压器（见图 3 中的 T1）和励磁变压器（见图 3 中的 T2）宜采用相同设计产品，以便试验后分析。

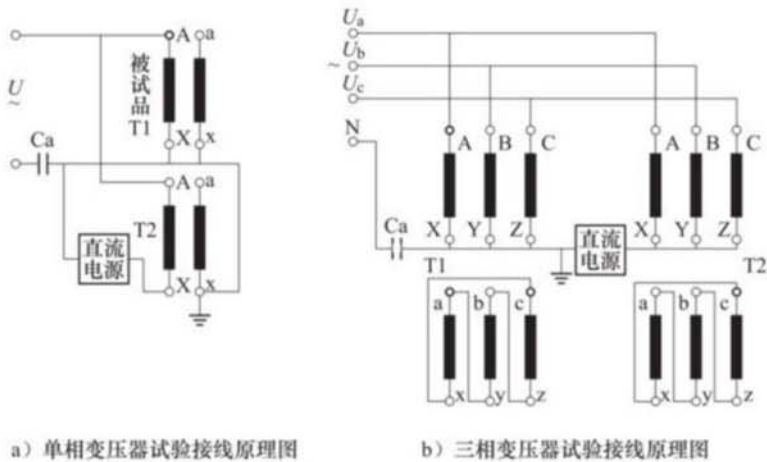


图 2 两台相同设计变压器并联励磁试验绕组直流注入的试验接线原理图

4.2.3.2 单相变压器试验接线原理详见图 3a)，三相变压器试验接线原理详见图 3b)。

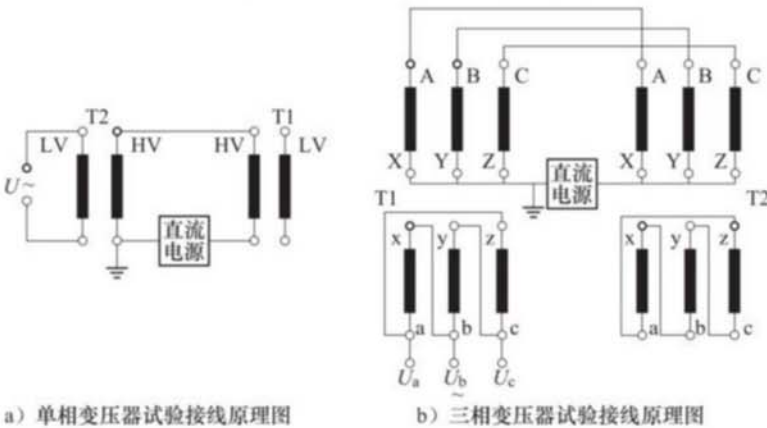


图 3 单台被试变压器独立励磁试验接线原理图

4.3 额定电压下并带有规定负荷时的直流偏磁耐受能力试验方法

4.3.1 电抗器负载法

4.3.1.1 在变压器高压或中压侧接入规定负荷的电抗器后，在额定电压下并通过中性点接地端的回路将直流电流注入变压器的试验绕组中。

4.3.1.2 单相变压器试验接线原理详见图 4a)，三相变压器试验接线原理详见图 4b)。

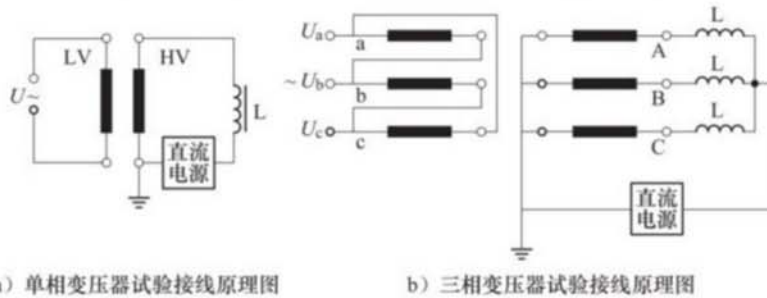


图 4 电抗器作负载的试验接线原理图

## 4.3.2 环流法

4.3.2.1 两台相同设计的变压器带调压绕组（如自耦变压器中压首端调压结构）一侧并联后，低压并联额定励磁，并利用两台变压器不同分接位置的电压级差而产生的较大循环工频电流，在额定电压下并通过中性点接地端的回路将直流注入变压器的试验绕组中。

注：如果调压绕组处在旁路上时应在励磁侧施加电压。

4.3.2.2 循环电流  $I$  的计算见式（1）。变压器阻抗  $Z_T$  计算见式（2）。

$$I = \frac{\Delta U}{2Z_T + Z_C} \quad (1)$$

式中：

$I$ ——循环电流，A；

$\Delta U$ ——调节不同分接位置的电压差，V；

$Z_C$ ——直流回路的容抗  $Z_C = 1 / (314C)$ ， $\Omega$ 。

$$Z_T = \frac{U_k \% U_N}{\sqrt{3} I_N} \quad (2)$$

式中：

$Z_T$ ——变压器阻抗， $\Omega$ ；

$U_k \%$ ——变压器短路阻抗电压百分比；

$U_N$ ——试验端的额定电压，V；

$I_N$ ——试验端的额定电流，A。

4.3.2.3 单相变压器试验接线原理详见图 5a)，三相变压器试验接线原理详见图 5b)。

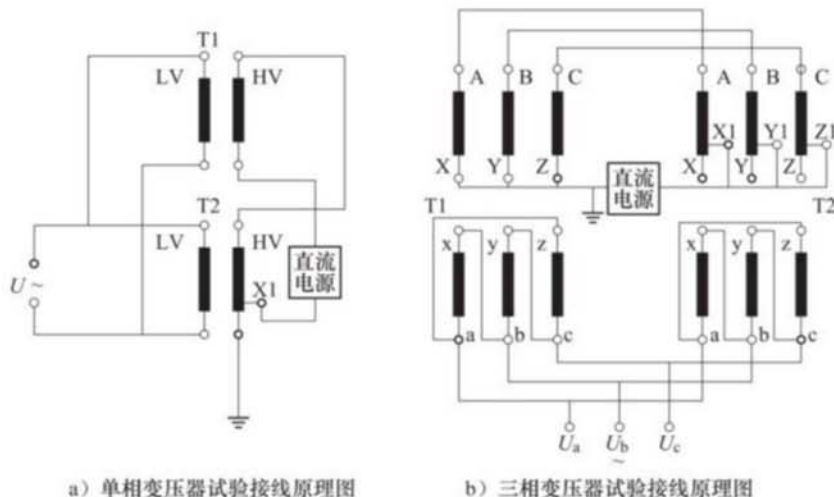


图 5 环流法试验接线原理图

## 4.3.3 循环负载法

4.3.3.1 两台相同设计的变压器高压或中压并联励磁，在并联回路中串入直流源，被试变压器低压侧连接规定负载电抗器负载试验。试验中被试验变压器应达到额定励磁状态。

4.3.3.2 单相变压器试验接线原理详见图 6a)，三相变压器试验接线原理详见图 6b)。其中，在交流电源侧中性点连接隔直电容  $C_a$ ，以阻止直流电流对交流电源设备（发电机、中间变压器等）的直流偏磁危害。

注 1：电抗器也可设可调电抗器  $L_k$  如图 6a) 所示，用于调节负载电流。

注 2：循环负载法的直流电源上不会承受很大的负载交流电流，对直流电源的要求较低，而且可以直接获得被试品



在直流偏磁下的损耗，而不必考虑环流功率流向问题。

注 3：被试变压器 T1 试验时，变压器 T2 处于空载偏磁状态。

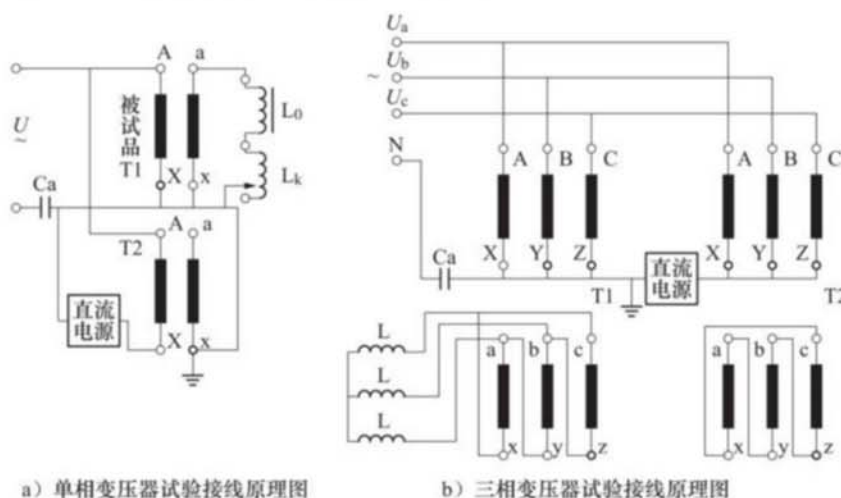


图 6 循环负载法试验接线原理图

## 5 试验要求

### 5.1 试验电压和电流

5.1.1 额定励磁下的直流偏磁耐受能力试验中被试变压器应处在额定电压，以及规定绕组中流过直流电流下进行。试验绕组和直流电流大小事前由用户和厂商协商确定。在不同绕组上施加直流电流时，直流电流也可按绕组匝数进行折算。

5.1.2 额定电压下并带有规定负荷时的直流偏磁耐受能力试验方法、被试绕组和试验电流大小（包括负荷电流和直流电流）事前由用户和厂商协商确定。

### 5.2 试验顺序及时间

5.2.1 直流偏磁耐受能力试验属于特殊试验，应在变压器例行试验及温升试验合格后进行。试验完毕后还应进行直流电阻、性能参数测试和全部的绝缘试验。

5.2.2 在试验过程中直流剩磁对试验结果影响较大，直流偏磁通常由小到大循序进行，应避免反复调节，否则应进行消磁处理。

5.2.3 试验中宜先施加直流电流至试验规定值后，再施加交流电压。试验完毕后先逐渐减小直流至零，再逐渐减小交流电压至零。

5.2.4 每种工况下的试验时间不应小于 30min。电压、电流、损耗、振动和声级测量应在每种工况下直流励磁 30min 后测量。需测量温升时，如果试验时间有限，应事先直流充磁 30min 以上。

### 5.3 试验中检测

5.3.1 试验过程中应对中性点回路及直流电源回路的电流及电压进行监视，参见附录 B。

5.3.2 试验中应对试验电压、电流、损耗、铁芯接地电流、油面温升、油箱壁的振动和温升、声级、油色谱等重要参数进行检测和分析。条件许可时还可对铁芯表面振动和温升，以及漏磁场和绕组热点温升进行检测。试验前后，其变压器性能参数应无明显差异。

5.3.3 试验中的试验电压波形校正因数应不大于 10%。

5.3.4 试验中还应对压力释放阀和气体继电器信号和动作触点进行监测。



## 5.4 试验结论

本标准规定的变压器直流偏磁耐受能力试验项目结果（见第 7 章）应全部合格，且不能出现威胁安全运行的局部过热和机械稳定性问题。

## 6 测量内容

### 6.1 常规测量

6.1.1 测量励磁电压、励磁电流、直流电流、负荷电流、铁芯接地电流、循环电流、频率、损耗，测量方法及谐波分析参照 JB/T 501。

6.1.2 计算直流偏磁倍数  $k_{dc}$ 。

### 6.2 声级测量

#### 6.2.1 测量点位置分布

应将并联的两台被试变压器按 GB/T 1094.10 要求确定规定轮廓线，如图 7 所示。并按 GB/T 1094.10 要求对被试变压器在不同偏磁电流下的声级进行测量，条件许可时进行声级频谱分析。

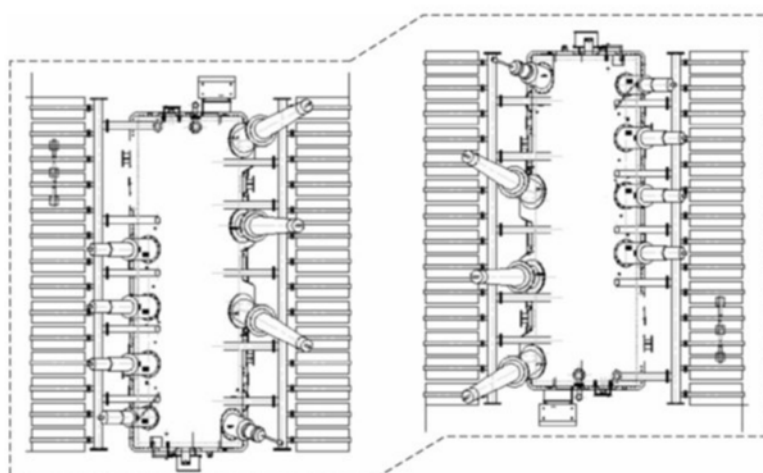


图 7 声级测量时传声器位置分布示意图

#### 6.2.2 声级计算

参照 GB/T 1094.10 计算方法，将所测到的声级折算到 1 台变压器的声级。估算方法参见附录 C。

### 6.3 振动测量

试验过程中应对油箱壁表面进行振动检测，布点不应少于 4 个。

### 6.4 温升测量

温升测量参照 GB/T 1094.2 及 DL/T 272。

### 6.5 油色谱分析

试验前后应对油中溶解气体进行分析，试验方法参见 DL/T 722。

## 6.6 非电量保护监测

试验过程中应对压力释放阀和气体继电器报警和动作触点实施功能性监测。

## 6.7 油箱壁红外热成像检测

试验方法参见 DL/T 664。

# 7 试验结果的判断

## 7.1 试验要求

试验过程中应按上述要求进行测量和试验，对非电量保护也应进行检测，这些测量和试验结果均作为判断依据，应满足如下要求：

- a) 试验过程中非电量保护装置不应动作；
- b) 试验过程中油箱结构件不应发生振动谐振现象。

## 7.2 试验前后对比

7.2.1 油色谱分析应无异常。

7.2.2 空载损耗增量不应大于 4%，空载电流增量不应大于 30%。

7.2.3 试验后应对变压器进行充分消磁，并再次测量在相同交流试验条件下的无直流分量时的变压器试验电流、损耗、振动和噪声，其振动和噪声应与试验前无明显变化。

## 7.3 试验完毕后的考核项目

直流偏磁试验后，应进行全部例行试验和温升试验，试验结果应合格。包括 100%规定试验电压（见 GB/T 1094.3）下的绝缘试验。如果规定了雷电冲击、操作波试验，也应在此阶段中进行。

## 7.4 内检项目及要求

7.4.1 试验完毕后，应对变压器吊心检查。检查铁芯、绕组及紧固件，并与试验前状态相比较，以便发现可能的表面缺陷，如铁芯及结构件的松动位移、表面变色等。

7.4.2 如果满足下述条件，则应认为变压器内部检查合格：

- a) 没有发现过热痕迹；
- b) 没有发现诸如位移、铁芯片移动、紧固件松动，以及绕组、连接线和支撑结构松动、位移、变形等缺陷，或虽发现有缺陷但不明显，确认不会危及变压器的安全运行；
- c) 没有发现内部放电痕迹。

## 7.5 结果判断

7.5.1 结果应满足经用户和制造厂协商一致的验收条件。

7.5.2 如变压器振动比试验前加剧，可进行更详细的检查。必要时可拆卸变压器，以确定其异常的原因。

# 8 其他要求

变压器直流偏磁耐受能力试验为特殊试验内容，有关具体试验方法及要求由供需双方协商确定。

附录 A  
(资料性附录)

变压器在直流偏磁下空载电流波形

A.1 不同直流偏磁倍数（或称几倍偏磁）下的变压器空载电流波形

不同直流偏磁倍数（或称几倍偏磁）下的变压器空载电流波形如图 A.1 所示。

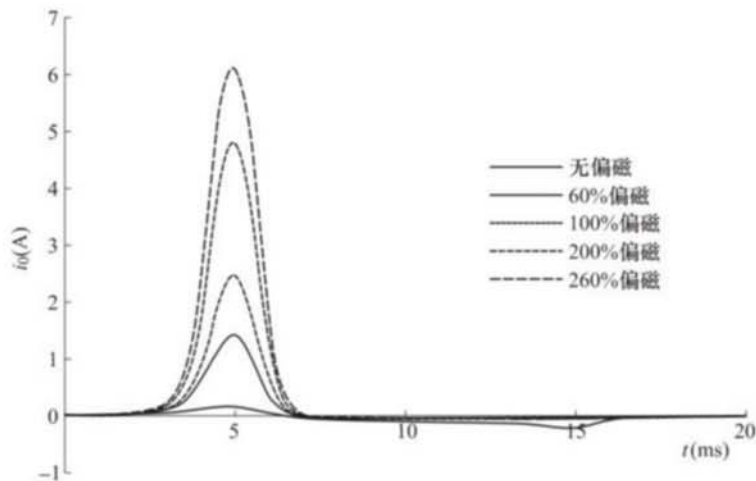


图 A.1 不同直流偏磁倍数下的空载电流波形

在直流偏磁作用下，空载励磁电流波形正负半周严重不对称。由于铁芯的非线性，随着直流偏磁倍数增大，发展成为单向脉冲电流。

A.2 不同直流偏磁倍数（或称几倍偏磁）下的空载电流峰值

空载电流峰值与直流偏磁倍数的关系曲线如图 A.2 所示。

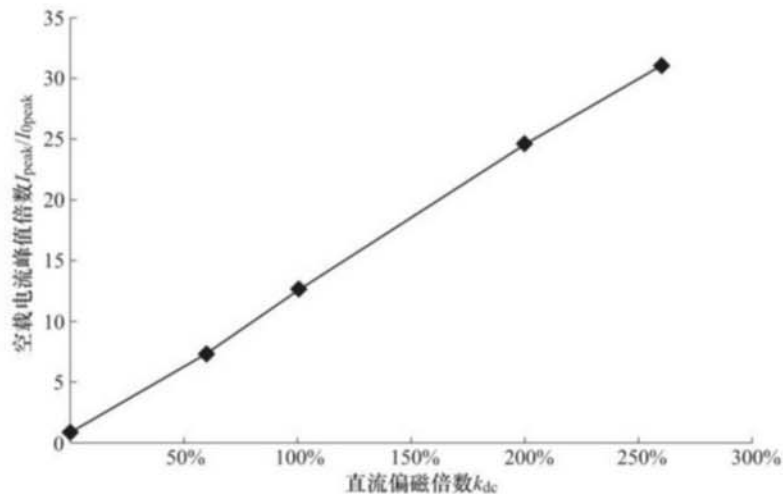


图 A.2 空载电流峰值与直流偏磁倍数的关系曲线

随着偏磁电流的增加，空载电流峰值近似沿某一斜率线性增加。

**附录 B**  
(资料性附录)  
**偏磁电流源系统**

**B.1 偏磁电流接线原理**

用于向变压器中性点注入直流的电流源系统如图 B.1 所示。系统中交流旁路电容器 C 提供交流通路；由电抗器 L、变阻器 r 和直流电源串联组成直流通路。

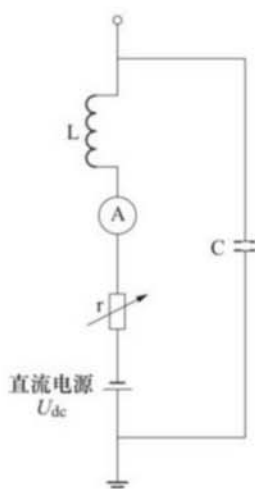


图 B.1 偏磁直流电流源系统图

**B.2 电流源元件选择****B.2.1 电抗器选择**

试验时，电抗器 L 和交流旁路电容 C 配合使用，尽量降低直流电源  $U_{dc}$  上的电压，防止直流电源上承载电压、电流超过其耐受能力。

**B.2.2 变阻器选择**

变阻器 r 可根据直流偏磁试验所要求的直流电流范围来确定，变阻器电阻 r 的计算公式见式 (B.1)

$$r = \frac{U_{dc}}{I_{dc}} - R \quad (\text{B.1})$$

式中：

$U_{dc}$ ——直流源直流电压，V；

$I_{dc}$ ——直流电流，A；

$R$ ——接入变阻器前的变压器试验直流回路的直流电阻， $\Omega$ 。

变阻器的额定功率  $P$  应为

$$P \geq k_1 r_{\max} I_{\max}^2 \quad (\text{B.2})$$

式中：

$r_{\max}$ ——变阻器最大电阻值， $\Omega$ ；

$I_{\max}$ ——试验时最大直流电流，A；

$k_1$ ——大于 1 的系数，取决于试验时电流的谐波含量，通常  $k_1=2$ 。

### B.2.3 电容器选择

根据试验回路中的交流电流变化范围、自身耐压和直流电源交流耐压水平，以及是否存在试验回路的谐振问题来确定电容器的参数  $C$ ，通常为

$$C \geq \frac{I_{ac}}{314U} \quad (B.3)$$

电容器的额定功率  $S$  为

$$S \geq 314k_2CI_{ac}^2 \quad (B.4)$$

式中：

$U$ ——直流电源交流耐压水平，V；

$I_{ac}$ ——试验时试验回路的最大交流电流，A；

$k_2$ ——大于 1 的系数，取决于试验时电流的谐波含量，通常  $k_2=2$ 。

### B.2.4 电源选择

**B.2.4.1** 直流电源两端电压应处于安全电压（400V）下，L、r、C 的顺序如图 B.1 中所示，直流电源的直流电压一般取 24V，如果直流源耐压不够，可通过多个串接方式满足。

**B.2.4.2** 直流电源一端应有效接地。

附 录 C  
(资料性附录)  
变压器声压级叠加、分解估算方法

### C.1 引言

在本标准规定的试验方法中, 两台相同设计的变压器位置紧密, 分别测量每台产品的声级存在一定困难, 可以按照 6.2 进行两台产品的声级测量, 通过下述计算方法分解至每台变压器的声级, 可与单台产品声级进行对比。

本方法适用于声压级测量, 同时也可用来计算声功率级。

采用本方法进行变压器噪声分解计算时, 为避免较大误差, 应尽量选择两台同时间生产的相同设计变压器。

如果两台产品单台噪声差异较大, 不适用于本估算方法。

如果测量场地允许, 应尽量采用拉开两台产品距离, 采用单台测量的方法, 或者采用声强等对声源指向性更明确的方法, 不必采用本附录的分解估算方法。

本方法仅适用于多点测量后的平均值叠加和分解, 不适用于单个测量点计算。

### C.2 声压级叠加、分解计算方法

#### C.2.1 声压级计算

根据 GB/T 1094.10, 声压级  $L_p$  的计算见式 (C.1)

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} \quad (\text{C.1})$$

式中:

$L_p$  ——被试品的声压级, dB;

$p$  ——有声波时, 媒质中的压力与静压的差值, Pa;

$p_0$  ——基准声压,  $p_0 = 20 \times 10^{-6}$ , Pa。

#### C.2.2 声压级叠加计算

$n$  个不同噪声源同时作用于声场中一点 T, 这点的总声压级  $L_{pT}$  可从声压级的定义得到, 即

$$L_{pT} = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{pi}} \right) \quad (\text{C.2})$$

式中:

$L_{pi}$  ——噪声源  $i$  作用于该点的声压级,  $i=1, 2, 3, \dots, n$ , dB。

#### C.2.3 声压级分解计算

2 个相同的声源同时作用于声场中一点 T, 这点的声压级为  $L_{pT}$ , 每一个声源的声压级  $L_{pi}$  按式 (C.3) 计算

$$L_{pi} = L_{pT} - 10 \lg 2 \quad (\text{C.3})$$

### C.3 计算实例

采用本估算方法对变压器直流偏磁接线下的测量值和单台产品测量值叠加的估算值 (参见附录



B) 进行对比分析,对有可能产生的误差进行分析,如表 C.1 所示。

表 C.1 直流偏磁试验噪声叠加、分解估算值和实测值对比

型号规格	单台值 (2 台)	叠加合成计算值 dB	实测值 (试验接线下 无直流空载时) dB	计算误差 %
DSP-223000/500	70/70	73	73	0
ODFS-334000/500	67/67	70	69	1
SSZ11-150000/220	65/66	68.5	69	-0.5

以一台 DSP-223000/550 变压器产品为例,单台产品声压级按 GB/T 1094.10 测定,声压级为 70dB,在一台低压励磁,两台高压并联,一台低压空载的直流偏磁试验中测得的声压级为 73dB,与声压级叠加计算值吻合;在 1A、2A 直流偏磁下,两台测量值分别 81dB、84dB,经分解计算每台声压级分别为 78dB、81dB,见表 C.2。

表 C.2 DSP-223000/500 声压级分解估算

直流偏磁状态 A	测量值 dB	单台值 dB
0	73	70
1	81	78
2	84	81

中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
电力变压器直流偏磁耐受能力试验方法  
DL/T 1799—2018

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

\*

2018年11月第一版 2018年11月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 1印张 26千字  
印数 001—200册

\*

统一书号 155198·1016

版 权 专 有 侵 权 必 究  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换



中国电力出版社官方微信



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



155198.1016