

## 中华人民共和国机械行业标准

JB/T 7070.3—2002

代替JB/T 7070.3—1993

---

### 调压器试验导则 第3部分：磁性调压器试验导则

Test guide for voltage regulator  
Part 3: Test guide for magnetic control voltage regulator

2002-07-16 发布

2002-12-01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 试验的一般要求 .....	1
5 试验程序 .....	2
5.1 例行试验 .....	2
5.2 型式试验 .....	2
5.3 特殊试验 .....	2
6 外观检查 .....	2
6.1 试验目的 .....	2
6.2 检查方法 .....	2
7 密封性能试验 .....	3
7.1 概述 .....	3
7.2 静油柱法 .....	3
7.3 静气压法 .....	3
8 绝缘油试验 .....	3
9 绝缘特性试验 .....	3
9.1 概述 .....	3
9.2 试验准备 .....	3
9.3 试验步骤与要求 .....	3
9.4 结果判断 .....	4
10 绕组电阻测定 .....	4
10.1 概述 .....	4
10.2 电路突变法测定 .....	4
10.3 电桥法测定 .....	4
10.4 电阻的换算 .....	4
11 工频耐压试验 .....	6
11.1 概述 .....	6
11.2 试验要求 .....	6
11.3 试验电压测定 .....	6
11.4 其他规定 .....	7
12 感应耐压试验 .....	7
12.1 概述 .....	7
12.2 试验方法 .....	7
13 空载试验 .....	8
13.1 概述 .....	8
13.2 试验步骤与方法 .....	8

13.3	线路损耗值的选定 .....	10
13.4	空载损耗校正 .....	10
13.5	单相试验及其校正 .....	11
14	负载试验 .....	12
14.1	概述 .....	12
14.2	阻抗电压和负载损耗测量 .....	12
14.3	阻抗电压和负载损耗校正 .....	13
15	油箱机械强度试验 .....	13
16	输出电压不对称度测定 .....	13
16.1	概述 .....	13
16.2	测量方法 .....	13
17	输出电压范围试验 .....	13
18	调压特性曲线试验 .....	13
18.1	概述 .....	13
18.2	试验要求 .....	14
18.3	其他要求 .....	14
19	短路特性曲线试验 .....	15
19.1	概述 .....	15
19.2	试验要求 .....	15
19.3	其他要求 .....	15
20	负载外特性曲线试验 .....	15
20.1	概述 .....	15
20.2	试验要求 .....	15
20.3	其他要求 .....	15
21	温升试验 .....	15
21.1	概述 .....	15
21.2	环境条件 .....	15
21.3	试验要求 .....	15
22	调压时间常数测定 .....	16
22.1	测量要求 .....	16
22.2	其他要求 .....	16
23	超铭牌运行能力（过载能力）试验 .....	16
24	声级测定 .....	16
图 1	工频耐压试验线路图 .....	6
图 2	感应耐压试验线路图 .....	8
图 3	空载试验和负载试验线路图 .....	9
图 4	三柱式铁心示意图 .....	12
图 5	调压特性曲线试验线路图 .....	14
图 6	调压时间常数测定接线示意图 .....	16
表 1	绝缘电阻的测量部位 .....	3
表 2	空气密度 $\rho_a$ 与因素 $\rho_s$ 的关系 .....	7
表 3	磁滞损耗、涡流损耗与总的空载损耗之比 .....	11

## 前 言

本标准在JB/T 7070.3—1993《调压器试验导则 第3部分：磁性调压器试验导则》的基础上进行了修订。

本标准代替JB/T 7070.3—1993。

本标准与JB/T 7070.3—1993相比主要变化如下：

- 按GB/T 1.1—2000《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编号规则》规定的编写格式进行了编辑性修改；
- 按本标准的实际情况对引用标准进行了调整；
- 将试验程序中的试验项目按类别加以区分，并按JB/T 10092—2002《磁性调压器》进行了调整；
- 取消了“主要符号”一章，将主要符号的解释分解到各章公式引用处；
- 增加了“术语和定义”、“试验的一般要求”、“外观检查”、“油箱机械强度”、“输出电压范围试验”和“超铭牌运行能力（过载能力）试验”共6章内容。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国变压器标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：沈阳变压器研究所、张家港市特种变压器厂。

本标准主要起草人：陆万烈、邵祖仪、潘育祥。

本标准于1993年首次发布。

## 调压器试验导则

### 第3部分：磁性调压器试验导则

#### 1 范围

本标准规定了油浸式磁性调压器和干式磁性调压器的例行试验、型式试验和特殊试验的方法及试验程序。

本标准适用于电压等级为10kV级及以下、额定容量为5kVA~1000kVA连续工作的磁性调压器。特殊型式的磁性调压器的试验也可参照本标准进行。

#### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合（neq IEC 60071-1: 1993）
- GB/T 311.6—1983 高电压试验技术 第五部分 测量球隙（neq IEC 60052: 1960）
- GB/T 507—1986 绝缘油介电强度测定法（neq IEC 60156）
- GB/T 6451—1999 三相油浸式电力变压器技术参数和要求
- GB 7595 运行中变压器油质量标准
- GB/T 15164—1994 油浸式电力变压器负载导则（idt IEC 60354:1991）
- GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求（eqv IEC 60060-1: 1989）
- GB/T 17211—1998 干式电力变压器负载导则（eqv IEC 60905:1987）
- GB/T 19001—1994 质量体系 设计、开发、生产、安装和服务的质量保证模式（idt ISO 9001:1994）
- JB/T 501—1991 电力变压器 试验导则
- JB/T 8749—1998 调压器 通用技术要求
- JB/T 10092—2000 磁性调压器

#### 3 术语和定义

JB/T 8749—1998和JB/T 10092—2000中的术语和定义适用于本标准。

#### 4 试验的一般要求

- 4.1 试验应在10℃~40℃的任一环境温度下进行。
- 4.2 相对湿度在90%以下。
- 4.3 试品的温度与环境温度无显著差异。
- 4.4 试验场地必须有单独工作接地和保护接地。
- 4.5 除制造厂与用户另有协议外，试验均应在制造厂进行。
- 4.6 试验时，可能影响磁性调压器运行的外部组件和装置均应安装在规定的位置上。
- 4.7 除绝缘试验外，所有性能试验均以额定条件为基础（另有规定除外）。
- 4.8 试验测量系统应按GB/T 19001—1994的要求来保证准确度。
- 4.9 试验场所无严重影响磁性调压器绝缘的气体 and 介质。

4.10 试验场所无严重的振动。

4.11 当试验测量的数据需校正到参考温度时，磁性调压器的参考温度为：油浸式75℃；干式按其相应的绝缘耐热等级下的绕组温升限值再加20K。

4.12 需做型式试验的磁性调压器可以从批量产品中任意抽取，抽取台数一般不少于两台。经试验，有1台一项不合格，应予返修复试，复试仍不合格，则认为该批产品不合格，必须在消除缺陷并经试验合格后方可继续生产。

## 5 试验程序

本标准所规定的试验分为例行试验、型式试验和特殊试验。

下述列项排序为规定的试验顺序。

### 5.1 例行试验

每台产品出厂前，应进行例行试验：

- a) 外观检查；
- b) 密封性能试验；
- c) 绝缘油试验；
- d) 绝缘特性试验；
- e) 绕组电阻测定；
- f) 工频耐压试验；
- g) 感应耐压试验；
- h) 空载试验；
- i) 负载试验。

### 5.2 型式试验

新产品或当产品的结构、工艺、材料有重大变化时，应进行型式试验：

- a) 油箱机械强度试验；
- b) 输出电压不对称度测定；
- c) 输出电压范围试验；
- d) 调压特性曲线试验；
- e) 短路特性曲线试验；
- f) 负载外特性曲线试验；
- g) 温升试验。

### 5.3 特殊试验

为验证产品特殊性能或在协议中提出要求时，应进行特殊试验。

- a) 调压时间常数测定；
- b) 超铭牌运行能力（过载能力）试验；
- c) 声级测定。

## 6 外观检查

### 6.1 试验目的

检查试品的外观是否有明显的缺陷。

### 6.2 检查方法

先期对试品的原材料、零部件、外购件等全面检查，其性能应符合相应标准或技术条件的规定。

对试品的整机、附件等进行全面检查。试品的引出线和端子、接线端子、外壳防护等级、油保护及油温测量装置、油箱表面质量等均应正确、完好并符合本身质量及整机配套的要求。

7 密封性能试验

7.1 概述

密封性能试验应在装配完毕（带储油柜）的磁性调压器上进行。对可拆式散热器和储油柜也可单独进行密封性能试验。在密封试验压力解除前，应对油箱所有焊缝和密封面进行全面细致的检查，不得出现任何渗漏油现象。

试验可采用7.2或7.3两种方法之一进行。

7.2 静油柱法

采用静油柱法进行试验时，必要时可在磁性调压器箱盖或储油柜的上方加一个垂直的注油吊罐，然后利用吊罐或储油柜中的油面高度所产生的静压力，使磁性调压器油箱达到GB/T 6451—1999所规定的应能承受的压力值及持续时间。

7.3 静气压法

对于不带储油柜的试品，应在正常油面高度下采用静气压法进行密封试验。

采用静气压法进行试验时，在磁性调压器的箱盖上或储油柜上连接一个气压表，在储油柜放气塞外应装有一个阀门，通过该阀门充入干燥空气给油箱施加静气压，施加的压力和持续的时间应符合GB/T 6451—1999的规定。

8 绝缘油试验

变压器油击穿电压试验按GB/T 507—1986进行。试验要求及合格判断应符合GB 7595—1987的规定。

9 绝缘特性试验

9.1 概述

绝缘特性试验是考核磁性调压器的绝缘性能、进行高压试验和运行的重要参考依据。磁性调压器的绝缘特性试验主要是进行绝缘电阻 $R_{60}$ （60s时的阻值）及吸收比 $R_{60}/R_{15}$ （即绝缘电阻60s与15s的比值）的测量。绝缘电阻的测量部位见表1。

表 1 绝缘电阻的测量部位

序 号	测量部位	接地部位
1	低压绕组	高压绕组、控制绕组及外壳
2	高压绕组	低压绕组、控制绕组及外壳
3	控制绕组	高压绕组、低压绕组及外壳

9.2 试验准备

对于10kV级的磁性调压器均应测量其绝缘电阻 $R_{60}$ 的阻值，测量时，应使用2500V、指示量限不低于10MΩ的高阻计，且其精度应高于±1.5%。

测量时，首先将高阻计放至水平位置，在不连接试品的情况下，将高阻计的电源接通，其指示应为“∞”；测试连接电缆接入时，高阻计指示应无明显差异。

高阻计在使用时必须将E端接地、L端接相线、G端屏蔽。

9.3 试验步骤与要求

测量应按表1所列的测量部位逐次进行，且绕组温度应在10℃～40℃之间。

用手摇使高阻计的转速达到120r/min左右，待高阻计处于额定电压后再接通线路测量，同时开始时。每次测试完毕后，应首先断开相线，以避免停电后因被测绕组放电而反方向冲击高阻计。

测试前应对被测量绕组充分放电，以消除残余电荷对测量结果的影响。当某一个部位测试完毕后，应再次对该被测量的绕组放电，然后改接另一个被测量绕组。

当空气湿度较高，使其外绝缘表面出现严重泄漏时，测量中应使其外绝缘表面屏蔽。

对不同温度下的阻值换算应按GB/T 6451—1999的规定。

#### 9.4 结果判断

判断绝缘电阻是否合格应按JB/T 10092—2000的规定。

### 10 绕组电阻测定

#### 10.1 概述

绕组电阻的测定是检查线圈内部导线和引线与线圈的焊接质量，线圈所用导线的规格是否符合设计，引线铜排、套管等载流部分的接触是否良好等。

单相磁性调压器各绕组的电阻应分别在各绕组的线端上测定；三相磁性调压器则应测量其线电阻。

绕组电阻测量时可采用甲种干电池、蓄电池或恒流源等电源。电源应有足够的容量，避免在测量过程中由于放电电流过大或时间延长导致电源内阻发生变化而产生测量误差。

#### 10.2 电路突变法测定

测量中应调节试验电流或指零仪器的灵敏度，使被测电阻变化1/1000时，测量仪表或电桥检流计有明显的指示。

为了缩短时间，可采用电池供电。当采用电池供电的同时，推荐在供电回路中串联一个4倍～6倍被测电阻的附加电阻，在绕组充电的过程中，将附加电阻短路，使电流有较快的上升速度，当试验电流达到预计值或略微超过一些时，断开短路开关。这种测量方法被称之为电路突变法。

绕组电阻测量时，必须准确记录绕组温度。

对于干式磁性调压器，绕组温度应取绕组表面不少于3点温度的平均值。

对于油浸式磁性调压器，器身浸入油中3h后（不励磁）认为绕组与油的平均温度相同；油的平均温度应是油顶层温度（箱顶油温度计座中放置温度计）与散热器进、出口温度的平均值。当试品温度与环境温度相差小于3℃时，可以将油顶层温度作为绕组温度。对于强迫油循环的产品，在测量其温升试验前的冷电阻（测量绕组电阻及温度）时，应在油泵工作的情况下进行。

#### 10.3 电桥法测定

试验时可视产品容量的大小采用精度为0.2级～0.5级的电桥测量其电阻。温升试验的冷、热电阻应采用精度高于0.5级的电桥和电流常数小于 $10^{-8}$ 的检流计进行测量。

采用电桥法时，应选用本标准10.1中规定的直流电源并按电桥使用说明进行测量。测量中，应在电流稳定后接通检流计，电桥达到平衡后，记录读数，打开检流计。如有可能，应将试验电流降至最低后再切断电源。

对11Ω及以下的被测电阻应采用双臂电桥测量。对11Ω以上的被测电阻既可采用双臂电桥测量，也可采用单臂电桥测量，采用单臂电桥测量时，应考虑连线电阻的影响。

采用双臂电桥测量时，电流连线与电位连线必须分别与被测线端连接。电流连线应有足够大的截面积，在测量中，不应因连线发热而引起电流变化；电位连线的电阻应尽量小，即使有它的接入，桥臂电阻也应无明显变化，可忽略不计。

当双臂电桥使用标准电阻时，标准电阻与被测电阻的连线应有足够大的截面积，它的接入应不影响电桥的精度。

#### 10.4 电阻的换算

三相电阻的不平衡率以三相电阻的最大值与最小值之差为分子，三相电阻的平均值为分母进行计算。

三相线电阻的不平衡率小于2%时，线电阻与相电阻的换算按下列公式计算：

Y形联结

$$R_{\text{lg}} = R_{\text{ln}} / 2$$



D形联结

$$R_{xg} = 1.5R_{xn}$$

式中:

$R_{xg}$ ——三相的相电阻, 单位为  $\Omega$ ;

$R_{xn}$ ——三相的线电阻, 单位为  $\Omega$ 。

三相电阻不平衡率大于2%时, 线电阻与相电阻的换算按下列公式计算:

Y形联结

$$R_a = \frac{R_{ab} + R_{ca} - R_{bc}}{2}$$

$$R_b = \frac{R_{ab} + R_{bc} - R_{ca}}{2}$$

$$R_c = \frac{R_{bc} + R_{ca} - R_{ab}}{2}$$

D形联结 (a—y; b—z; c—x)

$$R_a = (R_{ca} - R_p) - \frac{R_{ab} \times R_{bc}}{R_{ca} - R_p}$$

$$R_b = (R_{ab} - R_p) - \frac{R_{ca} \times R_{bc}}{R_{ab} - R_p}$$

$$R_c = (R_{bc} - R_p) - \frac{R_{ab} \times R_{ca}}{R_{bc} - R_p}$$

其中

$$R_p = \frac{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}{2}$$

式中:

$R_{ab}$ 、 $R_{bc}$ 、 $R_{ca}$ ——各相间的线电阻, 单位为  $\Omega$ ;

$R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ ——各相的相电阻, 单位为  $\Omega$ ;

$R_p$ ——相电阻平均值, 单位为  $\Omega$ 。

进行不同温度下绕组电阻的换算时, 按下式计算:

$$R_\theta = K_t \times R_t$$

其中

$$K_t = \frac{T + \theta}{T + t}$$

式中:

$R_\theta$ ——温度为  $\theta$  °C 时的电阻, 单位为  $\Omega$ ;

$R_t$ ——温度为  $t$  °C 时的电阻, 单位为  $\Omega$ ;

$K_t$ ——电阻温度系数;

$T$ ——温度系数, 铜绕组为235, 铝绕组为225;

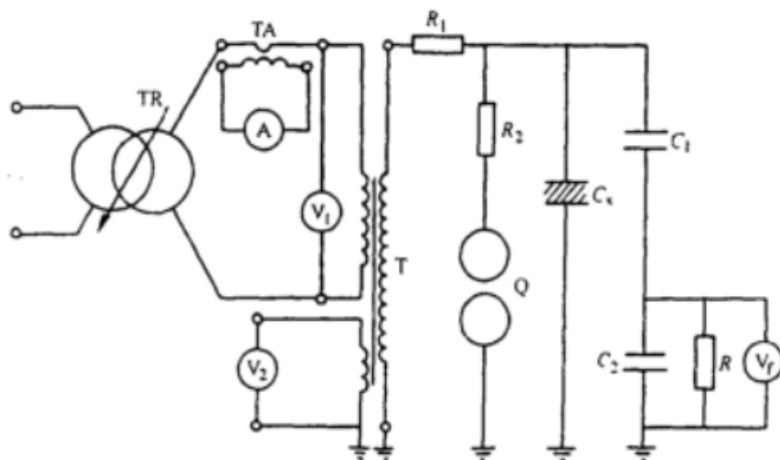
$t$ ——参考温度, 单位为 °C;

$\theta$ ——实际温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

## 11 工频耐压试验

## 11.1 概述

工频耐压试验是用以考核磁性调压器主绝缘的耐受电压强度。其试验线路见图1。



TR——调压器; T——试验变压器; TA——电流互感器; A——电流表;  $V_1$ 、 $V_2$ ——电压表;  
 $V_f$ ——峰值电压表; R——放电电阻;  $R_1$ ——保护电阻;  $R_2$ ——阻尼电阻;  $C_1$ ——电容分压器主电容;  
 $C_2$ ——分压电容;  $C_x$ ——试品; Q——球隙(或静电电压表,用于电压等级低于35kV的产品)

图 1 工频耐压试验线路图

## 11.2 试验要求

工频耐压试验时, 被试产品铁心及外壳必须可靠接地。且试品的油面指示必须高于穿缆式套管或套管升高座。试验前, 应对与主体油连通的套管及低压接线板、手孔盖板、升高座等凸起部分进行放气, 直到见油为止。

应将试品的被试绕组所有端子接火线、非被试绕组所有端子接地。

工频耐压试验的频率应不低于额定频率的80%，最好是在45Hz~55Hz之间。其电压波形应接近正弦（两个半波完全一样，且峰值与方均根值之比等于 $\sqrt{2} \pm 0.07$ ），或者各谐波方均根值不大于基波方均根值的5%）。

试验变压器在试验电压下, 其稳态短路电流应不小于0.1A, 对于容量较大的产品, 其稳态短路电流应不小于1A。

试验电压的初始值应低于试验电压值的1/3,并与测量相配合尽快地加到试验电压值,维持其电压恒定,持续60s。然后将电压迅速降低到试验电压值的1/3以下,最后切断电源。

电压波形符合要求时,可按方均根值施加电压,否则应按峰值电压的1/2施加电压。

### 11.3 试验电压测定

试验电压推荐采用经过计量部门校准的电容分压器配合峰值电压表测量,也可以用球隙测量。

使用球隙测量时,应按GB/T 311.6—1983的规定,并应注意以下各项:

- a) 球隙阻尼电阻在频率50Hz时, 通常可按 $1\Omega/V$ 选用;
- b) 球隙必须放电才能测出电压, 通常在80%试验电压下放电。试验时, 应将球隙调整到120%试验电压的距离, 以保护试品;
- c) 球隙放电时, 在预放电电压的40%以前升压速度不限。以后的升压速度要求均匀, 每秒上升电压约为预计放电电压的2%;
- d) 在每次测量中, 取3次放电电压的平均值。每次放电间隙不小于1min, 且放电电压与平均值之比不得大于3%;
- e) 如果空气中有灰尘或纤维使放电不正常, 在正式放电前, 应先进行几次预放电;

- f) 球隙的距离不能超过球直径的0.5倍;
- g) 空气密度  $\rho_d$  对放电电压有直接影响。试验时的空气密度往往与标准情况不同, 因此对空气密度应进行校正。其方法按GB/T 16927.1—1997的有关规定; 当  $\rho_d$  与1相差较大时 (即  $\rho_d < 0.95$  或  $\rho_d > 1.05$  时), 应用  $\rho_s$  代替  $\rho_d$  (见表2)。
- h) 当放电电压与对应球隙距离按GB 311.1无法直接查出时, 应用相邻的两个电压与对应距离按下式计算:

$$S_y = S - \frac{(S_1 - S_2)(U - U_y)}{U_1 - U_2}$$

式中:

- $S_y$ ——试验电压  $U_y$  的球隙距离, 单位为cm;
- $S$ ——与  $U$  相对应的球隙距离 ( $S_1$  或  $S_2$ ), 单位为cm;
- $S_1$ ——电压为  $U_1$  时的球隙距离 ( $U_1$  大于  $U_y$ ), 单位为cm;
- $S_2$ ——电压为  $U_2$  时的球隙距离 ( $U_2$  小于  $U_y$ ), 单位为cm;
- $U$ —— $U_1$  与  $U_2$  中和试验电压  $U_y$  最接近的一个电压 ( $U_1$  或  $U_2$ ), 单位为V;
- $U_y$ ——试验电压, 单位为V;
- $U_1$ ——试验输入电压, 单位为V;
- $U_2$ ——试验输出电压, 单位为V。

表2 空气密度  $\rho_d$  与因素  $\rho_s$  的关系

$\rho_d$	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15
$\rho_s$	0.72	0.77	0.82	0.86	0.91	0.95	1.00	1.05	1.09	1.13

11.4 其他规定

为了减少电源的容量或消除发电机的自励磁现象, 可在试验回路中连接适当的电抗器以补偿电容电流。

试验过程中, 如果电压不突然下降、电流指示不摆动、没有放电声, 则应认为试验合格; 如果有轻微放电声, 在重复试验中消失, 也应认为试验合格; 如果有较大的放电声, 在重复试验中消失, 则需吊芯检查, 寻找放电部位, 并采取必要的措施, 且可根据放电部位决定是否复试。

12 感应耐压试验

12.1 概述

感应耐压试验是用以考核产品绕组匝间、层间、段间及相间的绝缘强度。该试验线路见图2, 应在工频耐压试验之后进行。

12.2 试验方法

感应耐压试验通常施加两倍的额定电压, 为了减少励磁容量, 试验电压的频率应不小于100Hz (最好在150Hz~400Hz之间)。持续时间  $t$  按下式计算:

$$t = 120 \times \frac{f_n}{f}$$

式中:

- $t$ ——试验时间, 单位为s;
  - $f_n$ ——额定频率, 单位为Hz;
  - $f$ ——试验频率, 单位为Hz;
- 如果试验频率超过400Hz, 持续时间应不小于15s; 也可以施加130%额定输入电压, 持续时间3min。

三相磁性调压器应在输入绕组的线端施加三相对称的交流电源，其他绕组开路。非Y形联结的绕组应选择合适的线端接地。或者人为使中间变压器绕组接地，以避免电位悬浮。

各绕组线端的感应电压应不超过对地的耐压水平，三相电压不平衡时（不平衡度 $>2\%$ ），应按其中较高的电压为准测量。

具有分级绝缘结构的单相和三相磁性调压器试验时，可参照JB/T 501—1991的规定进行。

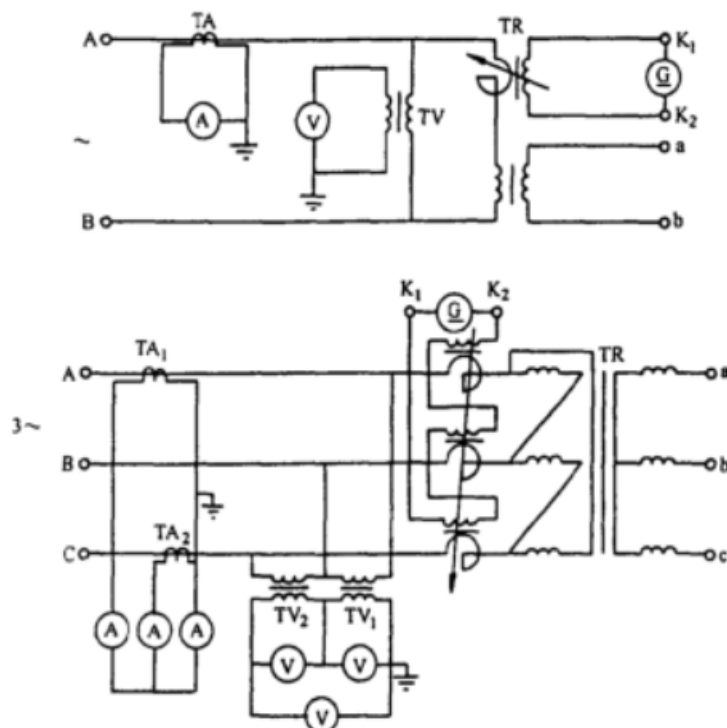


图2 感应耐压试验线路图

### 13 空载试验

#### 13.1 概述

空载试验是测量空载损耗和空载电流的试验。其中空载条件下测得的控制线圈两端（ $K_1$ 、 $K_2$ ）的感应电动势以及空载输出电压上限值均为磁性调压器运行时的重要参数。

通过测量这些指标是否在标准允许的范围内，以检查或发现试品电、磁路中是否存在局部或整体缺陷。

空载试验的接线方式：单相磁性调压器参照图3a)、图3b)，三相磁性调压器参照图3c)、图3d)。在进行试验时均需测量电压的方均根值、平均值和频率。

#### 13.2 试验步骤与方法

试验时应从试品的输入绕组供给额定频率的额定电压（对称的正弦波电压），其余绕组开路，油箱或外壳可靠接地。此时先测量控制线圈两端（ $K_1$ 、 $K_2$ ）的交流感应电动势，验证是否符合JB/T 10092—2000中的规定。

用桥式（或其他形式）电路连接直流控制线圈的两端（ $K_1$ 、 $K_2$ ）和直流电源输出端，使之成为闭合回路。在直流控制回路中，当 $I_k=0$ 时，测量空载电流、空载损耗和输出端空载电压的下限值；当 $I_k$ 由0增至额定值时，测量试品的输出端空载电压的上限值，验证是否符合要求。

试验所测损耗包括电压表和瓦特表以及电压互感器的损耗，这些损耗统称为仪表损耗；当它大到不容忽视时，应从测量损耗中扣除。振动式频率表的读数应在接近额定电压时读取，读取功率前应切断振动式频率表连线。

仪表损耗是在断开试品并施加相同的电压（试品额定电压）时直接从瓦特表上读取的。

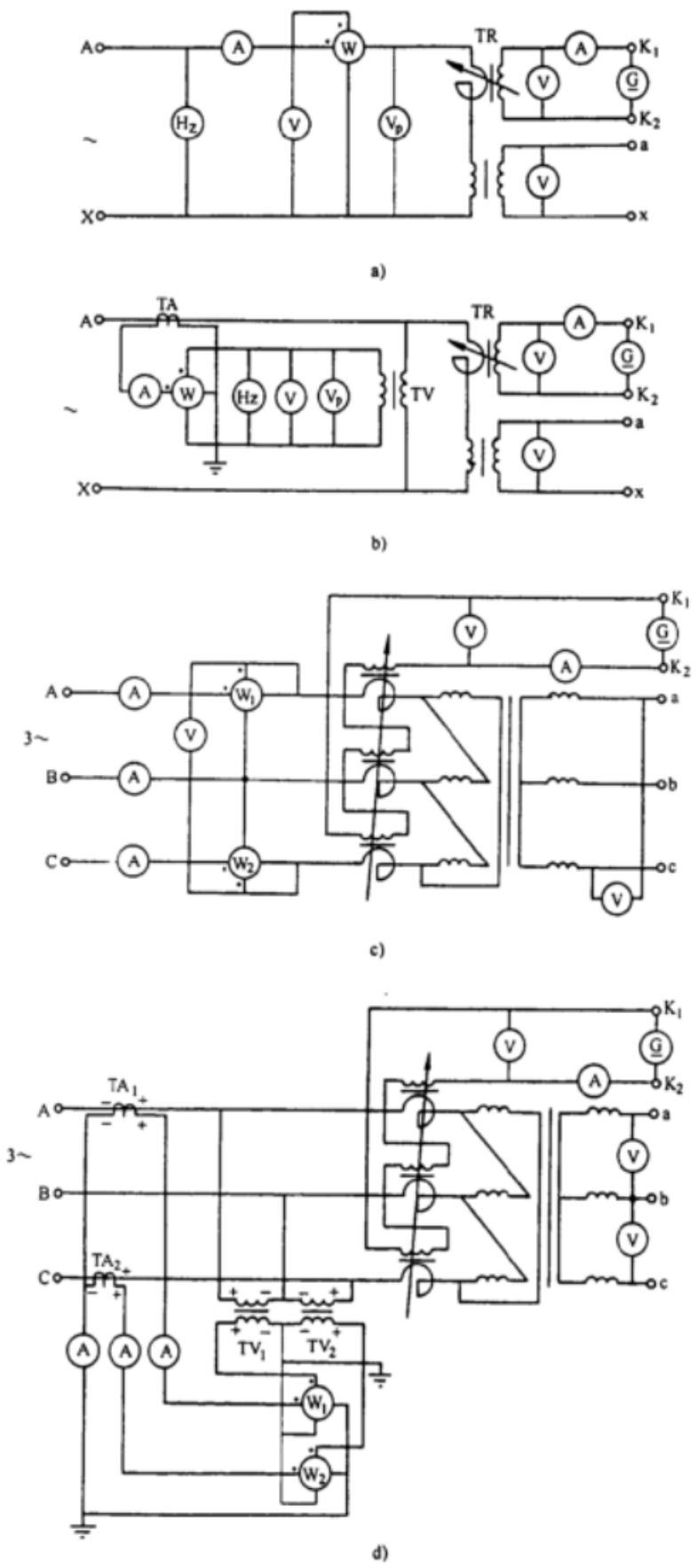


图 3 空载试验和负载试验线路图

空载试验线路要特别注意电压互感器、电流互感器及瓦特表电压端子和电流端子的极性。三相功率应是两瓦特表或三瓦特表的代数和。

试验时应采用低功率因数瓦特表，电流互感器及电压互感器的精度均不应低于0.2级，直流电流表和电压表精度不应低于2.5级，其他仪表的精度不应低于0.5级。

### 13.3 线路损耗值的选定

图3a)和图3c)的测量电压取于产品，测量损耗不包括线路损耗。图3b)和图3d)所测量的损耗不但包括仪表损耗，而且还包括线路损耗，当它大到不容忽略时，也应从测量损耗中扣除。

线路损耗的数值可从下列两种方法之一选择：

- 断开试品，将试验电路的端部短路，施加试验电流的三相平均值，从瓦特表中读取。
- 可用试验电流的二次方与三相试验线路电阻的乘积计算得出。

### 13.4 空载损耗校正

当电压波形发生畸变，应以平均值电压表读数为准（但该表的刻度具有同一平均值的正弦波方均根值），令平均值电压表的读数记为 $U'$ 。

方均根值电压表与平均值电压表并联，令方均根值电压表的读数记为 $U$ 。

若D（或Y）形联结绕组励磁，则电压应在各端子间测量；若YN形联结绕组励磁，则电压应在相和中性点间测量。

如果读数 $U'$ 和 $U$ 之差在3%以内，则此试验电压波形满足要求。

设测得的空载损耗为 $P_m$ ，则校正后的空载损耗 $P_0$ 为

$$P_0 = P_m(1 + d)$$

式中： $d = (U' - U)/U'$ （ $d$ 通常为负值）。

如果读数 $U'$ 和 $U$ 之差大于3%，则应按协议确认试验的有效性。

空载电流与空载损耗在同一绕组同时测量，对于三相磁性调压器应取各相空载电流的平均值。

当试验频率 $f$ 与额定频率 $f_n$ 有差异时，施加电压应用 $U_f$ 代替 $U_n$ ，并按下式计算：

$$U_f = U_n \frac{f}{f_n}$$

式中：

$U_f$ ——试验频率时的施加电压，单位为V；

$U_n$ ——额定频率时的额定电压，单位为V；

$f$ ——试验频率，单位为Hz；

$f_n$ ——额定频率，单位为Hz。

测得的空载损耗应按下式校正：

$$P_0 = P'_0 \left[ P_1 \frac{f_n}{f} + P_2 \left( \frac{f_n}{f} \right)^2 \right]$$

式中：

$P_0$ ——空载损耗，单位为W；

$P'_0$ ——实测空载损耗，单位为W；

$P_1$ ——磁滞损耗与总的空载损耗之比；

$P_2$ ——涡流损耗与总的空载损耗之比；

$f$ ——试验频率，单位为Hz；

$f_n$ ——额定频率，单位为Hz。

当试验频率与额定频率相差不超过±5%时，测得的空载电流不需要校正。

当额定频率为50Hz或60Hz时， $P_1$ 和 $P_2$ 的取值可按表3。

表 3 磁滞损耗、涡流损耗与总的空载损耗之比

硅钢片品种	$P_1$	$P_2$
取向硅钢片	0.5	0.5
非取向硅钢片	0.7	0.3

13.5 单相试验及其校正

当对空载损耗在各相的分布状况产生怀疑，或者因试验设备的限制无法进行三相试验时，可进行单相试验。如果是设备的原因，试验时应对影响测量的电压波形进行校正。

13.5.1 当励磁绕组为a—y、b—z、c—x的D形联结时，施加电压 $U=U_n$ （额定线电压）。

测量方法如下：

第一次试验：从a—b端供电，b—c端短路，测量 $P_{0ab}$ 和 $I_{0ab}$ 。

第二次试验：从b—c端供电，a—b端短路，测量 $P_{0bc}$ 和 $I_{0bc}$ 。

第三次试验：从a—c端供电，a—b端短路，测量 $P_{0ac}$ 和 $I_{0ac}$ 。

对施加电压绕组为a—z，b—x，c—y的D形联结时，施加电压、测量方法和顺序均与上相同，只是第一次测量的是 $P_{0ac}$ 和 $I_{0ac}$ ；第二次测量的是 $P_{0bc}$ 和 $I_{0bc}$ ；第三次测量的是 $P_{0ab}$ 和 $I_{0ab}$ 。

三相空载电流百分数按下式计算：

$$I_0 = \frac{0.289 \times (I_{0ab} + I_{0bc} + I_{0ca})}{I_n} \times 100$$

式中：

- $I_0$ ——空载电流，%；
- $I_{0ab}$ ——a—b端供电时测量的空载电流，单位为A；
- $I_{0bc}$ ——b—c端供电时测量的空载电流，单位为A；
- $I_{0ca}$ ——c—a端供电时测量的空载电流，单位为A；
- $I_n$ ——额定电流，单位为A。

13.5.2 当绕组为Y形联结（非供电绕组可以短路时）或中性点引出的Y形联结时，施加电压 $U = 2U_n / \sqrt{3}$ ，测量方法如下：

第一次试验：从a—b端供电，c—0或c相上的其他绕组短路，测量 $P_{0ab}$ 和 $I_{0ab}$ 。

第二次试验：从b—c端供电，a—0或a相上的其他绕组短路，测量 $P_{0bc}$ 和 $I_{0bc}$ 。

第三次试验：从c—a端供电，b—0或b相上的其他绕组短路，测量 $P_{0ca}$ 和 $I_{0ca}$ 。

三相的空载电流百分数按下式计算：

$$I_0 = \frac{I_{0ab} + I_{0bc} + I_{0ca}}{3I_n} \times 100$$

式中：

- $I_0$ ——空载电流，%；
- $I_{0ab}$ ——a—b端供电时测量的空载电流，单位为A；
- $I_{0bc}$ ——b—c端供电时测量的空载电流，单位为A；
- $I_{0ca}$ ——c—a端供电时测量的空载电流，单位为A；
- $I_n$ ——额定电流，单位为A。

励磁绕组为D形联结或Y形联结的三相空载损耗均按下式计算：

$$P_0 = \frac{P_{0ab} + P_{0bc} + P_{0ca}}{3}$$

式中：

- $P_0$ ——空载损耗，单位为W；
- $P_{0ab}$ ——a—b端供电时测量的空载损耗，单位为W；
- $P_{0bc}$ ——b—c端供电时测量的空载损耗，单位为W；

$P_{0ca}$ ——c—d端供电时测量的空载损耗，单位为W。

13.5.3 三次测得的空载试验数据应符合下列规律：

$$P_{0ab}=P_{0bc} \text{ (偏差一般小于3\%);}$$

$$P_{0ac}=K_p P_{0ab}=K_p P_{0bc}$$

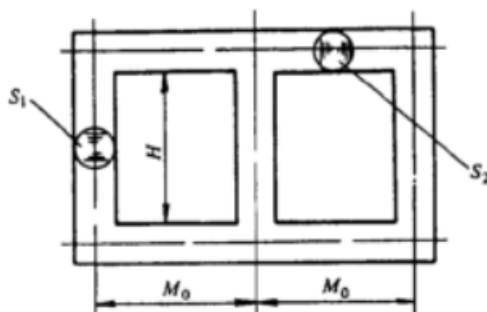


图4 三柱式铁心示意图

$K_p$ 是由铁心的几何尺寸（三柱式铁心的几何尺寸见图4）决定的，如下式：

$$K_p = \frac{H + 2M_0(S_1/S_2)}{H + M_0(S_1/S_2)}$$

式中：

$K_p$ ——平均值系数；

$H$ ——铁心窗高，单位为cm；

$M_0$ ——铁心柱中心距离，单位为cm；

$S_1$ ——铁心柱截面积，单位为 $\text{cm}^2$ ；

$S_2$ ——铁轭截面积，单位为 $\text{cm}^2$ ；

注： $K_p$ 的计算值仅供参考，作为判断依据时应以例行试验数据为准。

三次测量的空载数据如果不符合以上两个规律的任何一个是，则说明磁性调压器磁路中有局部缺陷。

## 14 负载试验

### 14.1 概述

负载试验是测量阻抗电压和负载损耗的试验，它们是磁性调压器运行时的主要参数。通过测量，验证其指标是否在标准允许的范围内，从而发现线圈及载流回路结构的缺陷。

### 14.2 阻抗电压和负载损耗测量

阻抗电压和负载损耗的测量应在试品的一侧施加额定频率和近似正弦波的额定电流，另一侧短路，在直流控制端施加额定的直流电流。

测量前应预先准确地测量绕组的平均温度，试验时应迅速进行，以避免因绕组及连接部分所产生的温升而引起明显的测量误差。

负载试验的测量线路见图3，测量中无须对波形进行校正；其试验步骤与方法同13.2，线路损耗选定同13.3。

阻抗电压和负载损耗的测量参照JB/T 501—1991中的规定。

当试验频率不等于额定频率时（其偏差小于5%），负载损耗可认为近似相等，阻抗电压按下式进行校正：

$$e_k = \sqrt{\left(e_{kt} \times \frac{f_n}{f}\right)^2 + \left(\frac{P_{kt}}{10S_n}\right)^2 \left[K_t^2 - \left(\frac{f_n}{f}\right)^2\right]}$$

式中：



$e_k$ ——参考温度下的阻抗电压, %;

$e_{kt}$ ——试验温度下的阻抗电压, %;

$f_n$ ——额定频度, 单位为Hz;

$f$ ——试验频率, 单位为Hz;

$P_{kt}$ ——试验温度下的负载损耗, 单位为W;

$S_n$ ——额定容量, 单位为kVA;

$K_t$ ——电阻温度系数(见10.4)。

#### 14.3 阻抗电压和负载损耗校正

当对磁性调压器的绕组是否存在缺陷及对产品结构的合理性产生怀疑时, 可以进行单相负载试验, 轮流在供电侧每个双相上施加 $\sqrt{3}/2$ 额定电流, 依次短路一相线圈(例如: 在AB端供电, BC端短路)而另一侧绕组三相短路, 依次测量阻抗压降和负载损耗。允许将单相测量结果换算成三相数据, 其阻抗压降等于三次测量的平均数, 其负载损耗等于三次负载损耗之和的一半。

对于独立绕组的3个单相的负载损耗应基本相等。

#### 15 油箱机械强度试验

磁性调压器的油箱机械强度试验按GB/T 6451—1999的规定。

#### 16 输出电压不对称度测定

##### 16.1 概述

输出电压不对称度是验证三相磁性调压器在额定输入电压平衡条件下, 经过磁饱和电抗器的调控, 空载输出电压能否达到预期的变换效果, 验证其三相不对称度是否在标准允许的范围内, 从而发现试品的局部和整体缺陷。

##### 16.2 测量方法

输出电压不对称度的测量方法与空载试验相同。

根据测量中所得的数据, 空载输出电压不对称度应符合下式要求。

$$\left| \frac{U_{20\max} - U'_{20\max, \text{av}}}{U'_{20\max, \text{av}}} \right|_{\max} \times 100\% < 5\%$$

$$U'_{20\max} = U_{20\max} \frac{U_{1n}}{U_1}$$

式中:

$U_{20\max}$ ——空载输出电压上限值, 单位为V;

$U_{1n}$ ——额定输入电压, 单位为V;

$U_1$ ——实际输入电压, 单位为V;

$U'_{20\max, \text{av}}$ ——三相 $U'_{20\max}$ 的算术平均值, 单位为V。

#### 17 输出电压范围试验

磁性调压器的输出电压范围试验按JB/T 10092—2000的规定。

#### 18 调压特性曲线试验

##### 18.1 概述

调压特性曲线试验线路见图5, 输入端施加额定输入电压、输出端接以额定负载, 调节直流控制电流(由0逐渐增至额定值), 测量各点的输出电压和输出电流。

测量中无须对电压波形、频率进行校正。

## 18.2 试验要求

测量输出电压, 测量点不应少于5个, 调节速度应缓慢, 测量点选择应均布, 平滑连接各测量点, 绘制曲线  $U_2=f(I_2)$ 。

三相磁性调压器输出电压  $U_2$  应为三相磁性调压器各输出线电压的算术平均值, 并按下式计算:

$$U_2 = \frac{U_{2ab} + U_{2bc} + U_{2ca}}{3}$$

式中:

$U_2$ ——输出电压, 单位为V;

$U_{2ab}$ 、 $U_{2bc}$ 、 $U_{2ca}$ ——各相间的输出电压, 单位为V。

## 18.3 其他要求

本试验所用的电压互感器、电流互感器的精度不应低于0.2级, 直流电流表和电压表不应低于2.5级, 其他仪表精度不应低于0.5级。

当试品容量大于315kVA时, 可根据情况按用户技术协议要求执行或在生产现场进行试验。

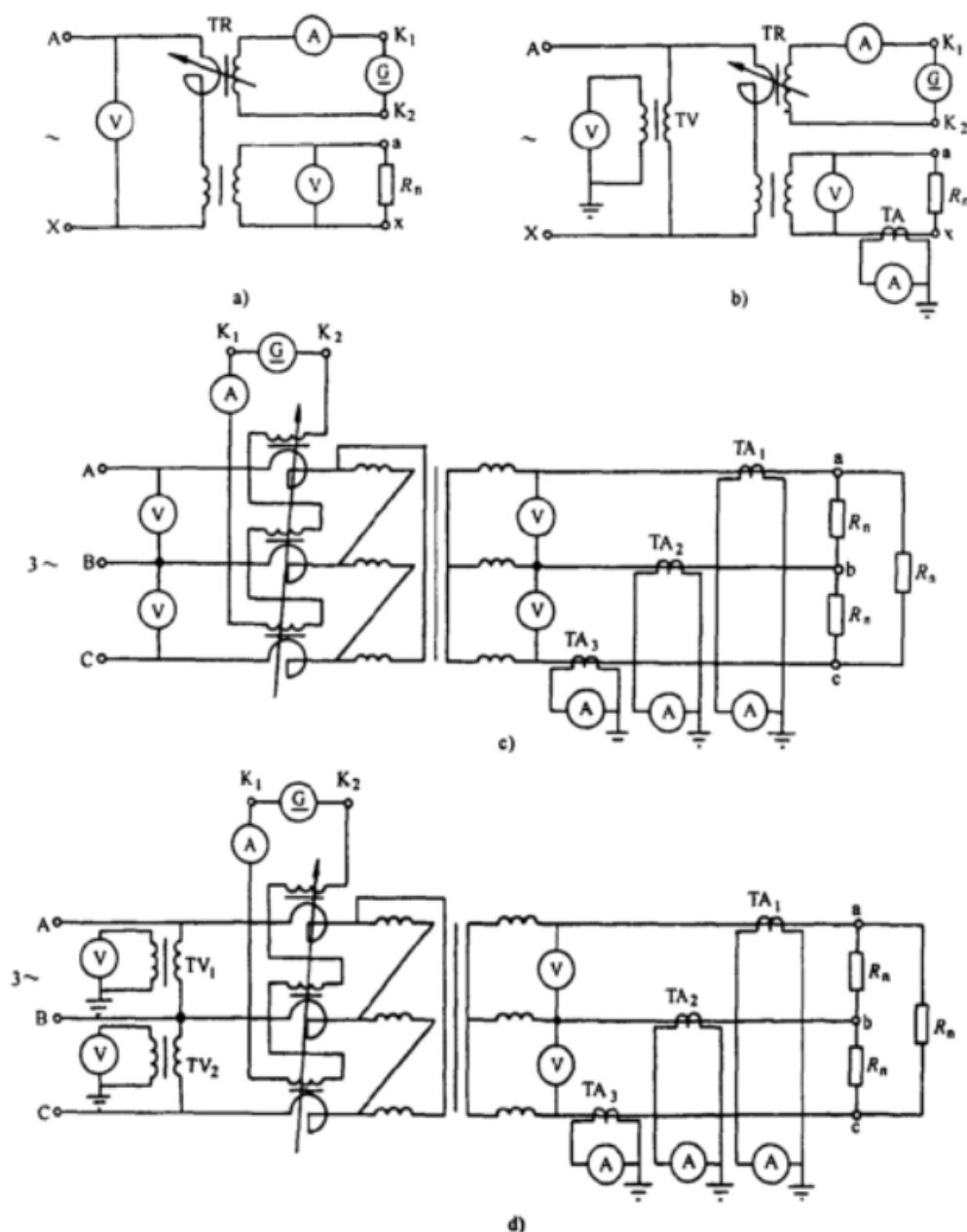


图5 调压特性曲线试验线路图

## 19 短路特性曲线试验

### 19.1 概述

短路特性曲线试验线路参照图5, 在输入端施加额定输入电压、输出端短路, 调节直流控制电流(由0逐渐增至额定值), 测量各点的输出电流。

测量中无须对电压波形、频率进行校正。

### 19.2 试验要求

测量输出电流, 测量点不得少于5个, 调节速度应缓慢, 测量点选择应均布, 平滑连接各测量点, 绘制曲线 $I_2=f(I_k)$ 。

三相磁性调压器输出电流 $I_2$ 应为三相输出电流的算术平均值, 按下式计算:

$$I_2 = \frac{I_{2a} + I_{2b} + I_{2c}}{3}$$

式中:

$I_2$ ——输出电流, 单位为A;

$I_{2a}$ 、 $I_{2b}$ 、 $I_{2c}$ ——各相输出电流, 单位为A。

### 19.3 其他要求

本试验所用仪表同18.3。

当试品容量大于315kVA或额定电流大于5000A时, 可根据情况按用户技术协议要求执行或在生产现场进行试验。

## 20 负载外特性曲线试验

### 20.1 概述

负载外特性曲线试验线路参照图5, 在输入端施加额定输入电压, 直流控制电流调至额定值, 输出端接可变负载电阻, 逐渐改变负载电阻, 测量各点的输出电流、电压。

测量中无须对电压波形、频率进行校正。

### 20.2 试验要求

测量输出电流、电压, 测量点不得少于5个, 选择的测量点应均匀分布, 平滑连接各测量点, 绘制曲线 $U_2=f(I_2)$ 。

三相磁性调压器输出电流 $I_2$ 、输出电压 $U_2$ 应为三相输出电流、输出电压的算术平均值。

### 20.3 其他要求

本试验所用仪表要求同18.3。

输出端负载电阻采用直接负载, 对于容量大于315kVA或额定电流大于5000A的产品, 可根据情况按用户技术协议要求执行或在生产现场进行试验。

## 21 温升试验

### 21.1 概述

温升试验是考核磁性调压器各部位的温升是否符合产品标准的规定。

### 21.2 环境条件

温升试验的地点应清洁宽敞, 在试品周围2.5m内不得有墙壁、杂物堆积及热源、气流干扰, 试验室内应为自然通风。

### 21.3 试验要求

磁性调压器进行温升试验时应在额定容量及额定输入电压下, 将直流控制电流调至额定值。

对于额定输出电流大于5000A的产品, 由于漏磁和非均匀分布的涡流损耗能引起局部过热, 可对箱壁和出线端周围的箱盖进行局部温度测量, 在温升试验开始1h后, 在带电情况下通过用玻璃腻子埋设的

酒精温度计或校正过的热电偶进行测量。

磁性调压器温升试验方法、试验规程、冷却介质的温度测量、油顶层温度和油平均温度的测量、绕组温度的测量及温升计算方法等参照JB/T 501—1991中的规定。

22 调压时间常数测定

22.1 测量要求

调压时间常数的测定接线按图6，在输入端施加额定输入电压，输出端接以额定负载（纯电阻），用示波器记录磁性调压器控制端从加额定直流控制电压瞬间起至输出电压方均根值到达63%稳定值所需的时间。

三相磁性调压器可任选其中一组线电压或逐组进行本项目试验，逐组试验时调压时间常数应为各次测得数值的算术平均值。

22.2 其他要求

本试验所用仪表要求同18.3。

示波器的记录方法可根据试验条件，采用摄影、打印等方法。

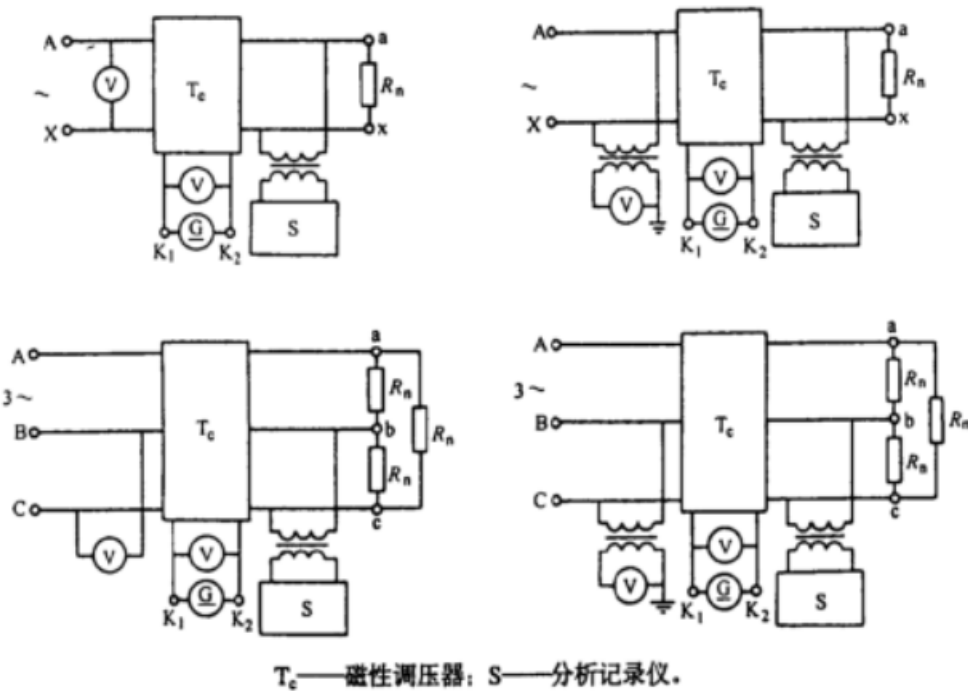


图 6 调压时间常数测定接线示意图

23 超铭牌运行能力（过载能力）试验

磁性调压器的超铭牌运行能力（过载能力）试验方法应符合GB/T 15164—1994和GB/T 17211—1998的规定。

24 声级测定

磁性调压器的声级测定方法应符合JB/T 8749—1998的规定。

中 华 人 民 共 和 国  
机械行业标准  
调压器试验导则  
第3部分：磁性调压器试验导则  
JB/T7070.3—2002

\*

机械工业出版社出版发行  
北京市百万庄大街22号  
邮政编码：100037

\*

开本890mm×1240mm 1/16·1.5印张·38千字

2002年12月第1版第1次印刷

定价：18.00元

\*

书号：15111·7166

网址：<http://www.cmpbook.com>

编辑部电话：(010) 88379779

直销中心电话：(010) 88379693

封面无防伪标均为盗版

版权专有 侵权必究