

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 9641—2022

JB/T 9641—1999

试验变压器

Testing transformers

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

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 产品分类、产品型号和基本参数.....	2
5 使用条件.....	3
6 技术要求.....	4
7 试验项目及试验方法.....	8
8 铭牌.....	9
9 标志、运输、贮存和产品文件.....	10
表 1 额定容量与高压、低压电压配合的优先值.....	2
表 2 温升限值.....	4
表 3 高压绕组首端的绝缘水平.....	4
表 4 低压绕组的绝缘水平.....	5
表 5 偏差.....	6
表 6 绕组联结图、向量图及联结组标号.....	7
表 7 例行试验.....	8
表 8 特殊试验.....	9

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。

本文件代替 JB/T 9641—1999《试验变压器》，与 JB/T 9641—1999 相比主要技术变化如下：

- 对范围进行了改写，增加了对充气式（SF₆）试验变压器适用的内容；
- 增加了低压绕组、高压绕组和测量绕组的术语和定义；
- 增加了对充气式（SF₆）试验变压器的要求；
- 对高压额定电压和额定容量进行了修改；
- 对使用条件进行了完善，最高环境温度由 40℃改为 45℃，最低温度由-5℃（户内式）改为-10℃（户内式）；
- 对温升限值进行了调整，增加了充气式（SF₆）试验变压器的绕组平均温升限值，将顶层油温升限值由 55℃改为 50℃；
- 增加了绝缘电阻、绝缘油及 SF₆ 气体性能的指标要求；
- 对绝缘水平进行了修改，并增加了额定电压为 800 kV~2400 kV 的高压绕组首段的绝缘水平；
- 对局部放电要求进行了修改，针对不同情况，局部放电水平由“不大于 10pC”改为“不大于 5pC”和“不大于 3pC”，并增加了充气式（SF₆）试验变压器的局部放电要求；
- 对单台阻抗值进行了修改，由只规定一种短路阻抗值改为按单台试验变压器、二级串接试验变压器和三级串接试验变压器分别规定了短路阻抗值；
- 增加了电压分布和对地放电的要求；
- 对试验项目和试验方法进行了调整和完善，例行试验中增加了绝缘气体试验，型式试验中增加了声级测定，特殊试验中增加了电压分布测量和压力变形试验，并将温升试验和波性试验由型式试验调整为例行试验。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国变压器标准化技术委员会（SAC/TC 44）归口。

本文件起草单位：沈阳变压器研究院股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司武汉分院、中节能启源雷宇（江苏）电气科技有限公司、武汉市泛科海沃高电压技术有限公司、特变电工衡阳变压器有限公司、山东电力设备有限公司、特变电工超高压电气有限公司、卧龙电气银川变压器有限公司、浙江江山变压器股份有限公司、保定天威保变电气股份有限公司、西安西电变压器有限责任公司、华翔翔能科技股份有限公司。

本文件主要起草人：张显忠、任晓红、张生林、操立群、刘金波、杨在葆、陈永维、鲁玮、姜振军、李云龙、王涛、陈康。

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

- JB 3570—1984；
- ZB K41 006—1989；
- JB/T 9641—1999。

试验变压器

1 范围

本文件规定了试验变压器的产品分类、产品型号和基本参数，使用条件，技术要求，试验项目及试验方法，铭牌，以及标志、运输、贮存和产品文件。

本文件适用于对电气设备和绝缘材料等进行绝缘性能试验的油浸式和充气式（SF₆）交流用单相试验变压器的制造。其他用途的试验变压器的制造可参考使用。

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 1094.1—2013 电力变压器 第1部分：总则
- 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
- GB/T 1094.15—2020 电力变压器 第15部分：充气式电力变压器
- GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器
- GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
- GB/T 16927.2 高电压试验技术 第2部分：测量系统
- JB/T 501 电力变压器试验导则
- JB/T 3837 变压器类产品型号编制方法

3 术语和定义

GB/T 1094.1—2013、GB/T 1094.15—2020和GB/T 2900.95界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低压绕组 low-voltage winding

原边绕组 primary winding

作为电压输入的绕组。

3.2

高压绕组 high-voltage winding

副边绕组 secondary winding

作为电压输出的绕组。

3.3

测量绕组 measuring winding

用于监测高压输出电压的绕组。

4 产品分类、产品型号和基本参数

4.1 产品分类和产品型号

产品分类和产品型号按JB/T 3837的规定。

4.2 基本参数

4.2.1 额定容量

试验变压器的额定容量一般为：3 kVA、5kVA、10 kVA、25kVA、30kVA、50kVA、100kVA、150kVA、200kVA、250kVA、300kVA、400kVA、500kVA、600kVA、750kVA、1000kVA、1200kVA、1500kVA、2000kVA、2400kVA、2500kVA、3000kVA、3500kVA、4500kVA、6000kVA和9000 kVA。

4.2.2 额定容量与高压、低压电压配合的优先值

额定容量与高压、低压电压配合的优先值见表1。

表1 额定容量与高压、低压电压配合的优先值

额定容量 kVA	高压额定电压 kV	低压额定电压 kV
3	10、30、50	0.22、0.38
5	10、25、50	
10	10、25、50、100	
25	10、25、50、100、125、200、250	0.38、0.6
30	10、30、75、100、150、200、250、300	
50	50、100、125、200、250、300、400	
100	50、100、150、200、250、300、400、500	0.38、0.6、 3、6、10
150	50、100、150、250、300、375、500	
200	50、100、200、250、400、500	
250	50、100、200、250、400、500	
300	50、100、150、300、500、600	
400	50、100、200、400、500	
500	50、100、200、250、500	
600	100、150、200、300、600	
750	100、150、250、375、500	
1000	200、250、400、500	

表 1 (续)

额定容量 kVA	高压额定电压 kV	低压额定电压 kV
1200	200、300、400、600	0.38、0.6、 3、6、10
1500	300、500、600	
2000	400、500	
2400	400、600	
*400	400、800	3、6、10
*500	500、1000	
*600	600、1200	
*750	750、1500	
*1000	500、1000、2000	
*1500	750、1500、2000	
*2000	1000、2000	
*2400	1200、1800、2400	
*2500	1000、2000	
*3000	1000、1500、2000、2400	
*3500	1000、2000	
*4500	1000、1500、2000、2250	
*6000	1000、1200、1500、2000、2400	
*9000	1000、1200、1500、2000、2400	
注1：带“*”为串级试验变压器。		
注2：正常情况下，额定容量对应高压绕组的电压与电流的乘积，电流通常为0.1A~10A。		

5 使用条件

5.1 正常使用条件

正常使用条件如下：

- a) 海拔：不超过 1000m；
- b) 环境温度：
 - 1) 最高 45℃；
 - 2) 最高日平均 30℃；
 - 3) 最高年平均 20℃；
 - 4) 最低 -10℃（户内式）；
 - 5) 最低 -25℃（户外式）。
- c) 最大空气相对湿度：当空气温度为 25℃时，相对湿度不超过 90%；
- d) 安装场所：安装场所应无严重影响试验变压器绝缘的气体、蒸汽、化学性沉积灰尘、污垢及其他爆炸性介质和严重震动；
- e) 电源电压的波形：电源电压的波形应为正弦波，频率为 50Hz；
- f) 大气过电压：电源侧应不遭受来自外部的大气过电压。

5.2 允许运行时间

对于油浸式试验变压器，在额定电压及额定电流下，从环境温度开始，允许连续运行1h；在2/3额定电压及2/3额定电流时，允许连续运行8h。

对于充气式（SF₆）试验变压器，在额定电压及额定电流下，从环境温度开始，允许连续运行20 min，停止运行12h；在2/3额定电压及2/3额定电流时，允许连续运行30min，停止运行6h。

5.3 特殊使用条件

除5.1和5.2外的其他特殊使用条件由用户与制造方协商，并应在订货合同中注明。

6 技术要求

6.1 温升限值

在额定电流下，当油浸式试验变压器连续运行1h、充气式（SF₆）试验变压器连续运行20min时，试验变压器各部位的温升限值应不超过表2的规定。

表2 温升限值

部位	温升限值 K
绕组（平均）	油浸式：65 充气式（SF ₆ ）：75
顶层油	50
海拔超过1000m的温升校正见GB/T 1094.2或GB/T 1094.15。	

对于铁心及金属结构件，均不规定温升限值，但仍要求其温升不能过高，以免使与其相邻的部件受到热损坏或使绝缘液体过度老化。

6.2 绝缘水平

6.2.1 高压绕组首端的绝缘水平应按表3的规定。高压绕组末端的绝缘水平为3kV。

6.2.2 低压绕组的绝缘水平应按表4的规定。

表3 高压绕组首端的绝缘水平

额定电压 kV	感应耐受电压 kV	
	50Hz、1min	100Hz、1min
10	—	15
25	—	35
30	—	42
50	55	—
75	82.5	—

表 3 (续)

额定电压 kV	感应耐受电压 kV	
	50Hz、1min	100Hz、1min
100	110	—
125	137.5	—
150	165	—
200	220	—
250	275	—
300	330	—
375	415	—
400	440	—
500	550	—
600	660	—
750	825	—
800	880	—
1000	1100	—
1200	1320	—
1500	1650	—
1650	1815	—
1800	1980	—
2000	2100	—
2250	2362.5	—
2400	2520	—

用于联合加压试验用的试验变压器，绝缘水平由用户与制造方在订货时协商。

表 4 低压绕组的绝缘水平

额定电压 kV	外施耐受电压 (50Hz、1min) kV
0.6 及以下	3
3	10
6	20
10	28

6.2.3 对于感应耐压试验，当频率超过 2 倍额定频率时，试验时间应为 $\frac{120 \times \text{额定频率}}{\text{试验频率}}$ (s)，但不小于 15s。

当高压绕组进行感应耐压试验时，高压绕组的接地端应接地。

当有特殊要求时,用户可与制造方协商,对于单台500kV及以下产品,可按1.2倍额定电压、持续时间为1min进行感应耐压试验。

6.3 绝缘电阻

20℃下,各绕组之间及对地的绝缘电阻应不小于2000MΩ。

6.4 变压器油和SF₆的性能指标

6.4.1 变压器油的击穿电压应不小于60kV/2.5mm,含水量应小于10mg/L,介质损耗因数应不大于0.3%(90℃)。变压器油色谱应符合JB/T 501的规定。

6.4.2 SF₆的性能指标按GB/T 1094.15的规定。

6.5 局部放电

局部放电要求如下:

- a) 铁壳式试验变压器:系统在100%额定电压下、持续时间不小于5min时,其局部放电量应不大于10pC。在80%额定电压下、持续时间不小于1h时,其局部放电量应不大于5pC(正常情况下,铁壳式试验变压器的电压不超过1000kV,基本用于户外);
- b) 绝缘筒式试验变压器:
 - 1) 1500kV及以下的产品系统在100%额定电压下、持续时间不小于5min时,其局部放电量应不大于5pC。在80%额定电压下、持续时间不小于1h时,其局部放电量应不大于3pC;
 - 2) 1500kV以上的产品系统在100%额定电压下、持续时间不小于5min时,其局部放电量应不大于10pC。在80%额定电压下、持续时间不小于1h时,其局部放电量应不大于5pC;
- c) 充气式(SF₆)试验变压器:系统在100%额定电压下、持续时间不小于5min时,其局部放电量应不大于5pC。在80%额定电压下、持续时间不小于1h时,其局部放电量应不大于2pC(正常情况下,充气式(SF₆)试验变压器的电压不超过1500kV)。

6.6 偏差

试验变压器的损耗、空载电流和空载电压比的偏差应不超过表5的规定。具体参数由用户与制造方商协提出,并在技术协议书中予以规定。

表5 偏差

项 目	偏 差 %
空载损耗	+15
负载损耗	+10
总损耗	+10
空载电流	+30
电压比	±1

6.7 短路阻抗

单台试验变压器的短路阻抗一般为4%~10%,二级串接试验变压器的短路阻抗一般为7%~12%,三级串接试验变压器的短路阻抗一般为15%~20%。

短路阻抗的偏差由用户与制造方在技术协议中规定。

6.8 串级试验变压器电压分布

串级试验变压器电压分布情况如下：

- 二级串级电压分布：不超过±3%；
- 三级串级电压分布：不超过±5%。

注：电压分布计算时取各级电压的平均值作为分母。





6.9 对地放电

通常在80%额定电压下，经过自身保护电阻通过棒对板对地进行放电，放电后进行局部放电量测量，放电量应无明显增加，并符合6.5的要求。

6.10 绕组联结图、向量图及联结组标号

绕组联结图、向量图及联结组标号见表6。

表6 绕组联结图、向量图及联结组标号

绕组联结图		向量图		联结组标号
高压	低压	高压	低压	
				I i0

6.11 额定输出电压波形

试验变压器额定输出电压峰值除以 $\sqrt{2}$ 与方均根值的偏差应不超过3%。

6.12 声级水平

声级水平由用户与制造方在技术协议中规定。

6.13 密封性能

6.13.1 油浸式试验变压器应具有能承受50kPa（绝缘筒壳式为20kPa）大气压的密封和机械强度的能力，历经12h，无渗漏和永久变形。

6.13.2 充气式（SF₆）试验变压器应具有能承受0.7MPa大气压的密封能力，历经12h，无渗漏。且年漏气率应不大于0.5%。

6.14 结构要求

6.14.1 一般结构要求

试验变压器的一般结构要求如下：

- 油浸铁壳式试验变压器应装有储油柜；
- 油浸式试验变压器应装有注油、放油和检查油样用的阀门；充气式（SF₆）试验变压器应装有充、回收气体阀门及压力防爆装置；
- 带储油柜的油浸式试验变压器应装有油位计，油位计上应标注45℃、20℃、-10℃（户内式）及45℃、20℃、-25℃（户外式）时的油面线。充气式（SF₆）试验变压器应装有气压表、密度计和压力防爆装置；

- d) 应有可靠接地的接地螺栓，接地处应有明显的接地符号或标明接地字样；
- e) 应有防晕屏蔽罩等全部附件；
- f) 应有供起吊用的吊拌（环）；
- g) 外表面应涂保护漆；
- h) 应保证正常运输后各部件相互位置不变，紧固件不松动，附件的布置及结构应不妨碍吊装、运输及运输中紧固定位；
- i) 根据用户的需求可配置移动轮、气垫等装置。

6.14.2 接地屏隔离

在低压绕组、测量绕组和高压绕组之间应有接地屏隔离，并可可靠接地。

6.14.3 测量绕组

额定电压为50kV及以上的试验变压器应有测量绕组，单级试验变压器电压比一般采用1000/1，串级试验变压器电压比一般采用2000/1、3000/1或4000/1。

7 试验项目及试验方法

7.1 每台试验变压器出厂前，均应进行表7规定的例行试验。

表7 例行试验

序号	试验项目
1	外观检查
2	电压比测量及联结组标号检定
4	绕组电阻测量
5	绝缘电阻测量
6	吸收比（ R_{60}/R_{15} ）测量
7	介质损耗因数（ $\tan \delta$ ）测量
8	绝缘油或绝缘气体试验
9	外施耐压试验
10	感应耐压试验
11	空载损耗和空载电流测量
12	短路阻抗和负载损耗测量
13	额定输出电压波形测量
14	温升试验
15	局部放电测量（高压额定电压为100kV及以上）
16	声级测定
17	密封试验

7.2 根据需要，用户与制造方可协商进行表8规定的特殊试验。

表 8 特殊试验

序号	试验项目
1	对地放电试验
2	串级试验变压器电压分布测量
3	油浸式试验变压器压力变形试验

7.3 除外观检查外，表 7 和表 8 中所列试验项目的试验方法按照 GB/T 1094.1、GB/T 1094.2、GB/T 1094.3、GB/T 1094.10、GB/T 1094.15、GB/T 16927.1、GB/T 16927.2 和 JB/T 501 的规定。

可采用目测方式对产品进行外观检查，检查结果应符合 6.14 的要求。

8 铭牌

8.1 概述

试验变压器应设有铭牌，铭牌材料应不受气候影响，并且固定在明显可见位置。铭牌上的标志应是去不掉的。

8.2 标志

8.2.1 每台变压器应有下列标志项目：

- a) 国名（国内用产品可省略）；
- b) 产品名称、产品型号及产品代号；
- c) 标准代号；
- d) 制造单位名称；
- e) 出厂序号；
- f) 相数；
- g) 额定频率，Hz；
- h) 安装场所（仅户内时标出）；
- i) 绕组联接图和联接组标号；
- j) 额定容量，kVA；
- k) 各绕组的额定电压，kV；
- l) 各绕组的额定电流，A；
- m) 短路阻抗，%；
- n) 空载电流，%；
- o) 允许运行时间，h；
- p) 额定气压（MPa — 表压，充气式）；
- q) 最低保证气压（MPa — 表压；充气式）；
- r) 器身质量，kg 或 t；
- s) 油质量（油浸式），kg 或 t；
- t) 总质量，kg 或 t；
- u) 制造年月。

8.2.2 串级试验变压器应在最低级单台铭牌的一侧增设一个串级试验变压器的总铭牌，并应有下列标志项目：

- a) 制造单位名称；
- b) 安装场所（仅户内时标出）；
- c) 串级短路阻抗，%；
- d) 串级及并联运行方式的有关接线及数据，包括容量、电流、电压及运行时间；
- e) 串级空载电流，%；
- f) 串级总质量，kg 或 t；
- g) 制造年月。

9 标志、运输、贮存和产品文件

9.1 试验变压器的外部接线端子应有标志，应标出相应绕组端标号，其标志应牢固并耐腐蚀。

9.2 试验变压器应在充满变压器油或 0.1MPa 绝缘气体的情况下运输，运输过程中应无严重振动、颠簸及冲击现象，并应保证所有附件不受损坏。

9.3 试验变压器在运输和贮存期间应防止受潮和淋雨。

9.4 产品应附有全套的（包括标准件）安装使用说明书、产品合格证书、试验报告、产品外型尺寸图、运输尺寸图、拆卸一览表、铭牌或铭牌标志图、备件表及装箱单。出厂资料应妥善包装，防止受潮及损坏。