

中华人民共和国国家标准

GB/T 25301—××××
代替 GB/T 25301-2010

电阻焊设备 变压器 适用于所有变压器的 通用技术条件

Resistance welding equipment — Transformers — General specifications applicable to
all transformers

ISO 5826:2014 IDT

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2020.04.08)

×××× - ×× - ××发布

×××× - ×× - ××实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 变压器-整流器单元	1
3.2 输入电压 U_1	1
3.3 额定输入电压 U_{1N}	1
3.4 直流空载电压 U_{2d}	2
3.5 输入电流 I_1	2
3.6 输出电流 I_2	2
3.7 给定负载持续率时的输出电流 I_{2X}	2
3.8 空载输入电流 I_{10}	2
3.9 连续输入电流 I_{1P} , I_{LP}	2
3.10 连续输出电流 I_{2P}	2
3.11 负载条件下的输出电流 I_{2R}	2
3.12 额定连续输入功率 S_{1P}	2
4 符号和缩略术语	2
5 结构和附加设备	3
5.1 热保护器	3
5.2 输出电流感应线圈	3
6 环境和使用条件	4
6.1 概述	4
6.2 环境温度	4
6.3 湿度	4
6.4 高度	4
6.5 运输和贮存	4
6.6 提升装置	4
6.7 冷却液体的温度	4
7 试验	5
7.1 试验条件	5
7.2 型式试验	5
7.3 例行试验	5
8 防触电保护	5
8.1 绝缘电阻	5
8.2 介电强度	6

8.3	输出电流感应线圈的校准	7
8.4	正常使用时防触电保护(直接接触)	7
8.5	故障情况下的防触电保护(非直接接触)	7
8.6	II类变压器绝缘要求	7
9	热额定值	7
9.1	概述	7
9.2	温升限值	7
9.3	热性能试验条件	9
9.4	温度测量方法	10
10	额定输出电压	11
10.1	概述	11
10.2	交流空载电压(U_{20})	11
10.3	直流空载电压(U_{2d})	11
11	空载输入电流(I_{10})	12
11.1	概述	12
11.2	测量程序	12
12	短路电压(U_{cc})	12
13	负载条件下的输出电流	12
14	冷却液体回路	13
15	动态特性	13
16	铭牌	13
16.1	概述	13
16.2	说明	13
17	使用说明书	14
附录 A (规范性附录)	铭牌示例	16
附录 B (规范性附录)	高海拔和冷却介质温度的修正	17
附录 C (资料性附录)	关于物理概念的注释和对某些定义的注释	18
附录 D (资料性附录)	用于交流单相变压器的型号代码	23
	参考文献	24
	图 1 铭牌组成原则	14
	图 A.1 具有一个额定输入电压的变压器	16
	图 C.1 变压器的温度变化	18
	图 C.2 变压器的工作周期	20

前 言

本标准等同采用ISO 5826:2014。

本标准与GB/T 25301-2010相比主要变化如下：

- 标准适用范围由不带整流器的电阻焊机用变压器扩大到带整流器的变压器。
- 规范性引用文件变更。
- 术语和定义增加了变压器-整流器单元等 GB/T 8366 以外的条款。
- 增加了输入电流等符号。
- 增加结构和附加设备章节。
- 增加需要制造商和用户签订协议的环境和使用条件的例子。
- 增加介电强度试验电压值及试验方法。
- 增加输出电流感应线圈的校准条款。
- 增加 II 类变压器绝缘要求条款。
- 增加各类变压器的温升试验条件。
- 增加空载输入电流要求(见 11)。
- 增加负载条件下的输出电流要求(见 13)。
- 标准从 14 章增加到 17 章。

本标准从生效之日起，代替 GB/T 25301-2010。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电焊机标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：杭州凯尔达电焊机有限公司、成都三方电气有限公司等。

本标准主要起草人：侯润石、阳宜均等。

本标准 2010 年首次发布，本次为第一次修订。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：GB/T 25301-2010。

电阻焊设备 变压器 适用于所有变压器的通用技术条件

1 范围

本国际标准给出了适用于电阻焊设备的以下类型变压器的技术条件：

- 用于交流焊接的单相变压器，通常在 50 Hz 或 60 Hz 下工作；
- 用于直流焊接的连接整流器的单相变压器，通常在 50Hz 或 60Hz 下工作；
- 用于直流焊接的连接整流器的单相逆变变压器，通常在 400Hz 至 2kHz 下工作；
- 用于直流焊接的连接整流器的三相变压器，通常在 50Hz 或 60Hz 下工作。

就本标准而言，变压器一词可以指单独的变压器或连接整流器(变压器-整流器单元)。

本标准适用于符合 IEC 61140 的 I 类或 II 类保护变压器。

注：本标准的要求可以通过其他电阻焊变压器标准例如：ISO 22829和ISO 10656来补充。

2 规范性引用文件

下列文件的部分或全部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，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 8366 电阻焊-电阻焊接设备-机械和电气要求
- GB/T 11021 电气绝缘-耐热性和表示方法
- GB 4208 外壳防护等级(IP代码)
- IEC 61140防触电保护-安装和设备的常见方式
- GB/T 32514.3 电阻焊-焊接电流的测量-第3部分：电流感应线圈
- GB/T 32514.4 电阻焊-焊接电流的测量-第4部分：校准系统
- ISO 17677-1 电阻焊 词汇 第1部分：点焊，凸焊和缝焊

3 术语和定义

下列术语和定义以及GB/T 8366和ISO 17677-1给出的定义和术语适用于本文件。

3.1 变压器-整流器单元

连接整流器的变压器。
在变压器的输出回路中包含全波整流器。

3.2 输入电压 U_1

施加到变压器初级端子的电压的RMS值。

3.3 额定输入电压 U_{1N}

变压器组成(施加到输入端子)的电源电压的RMS值。

注1：该电压可能与电源电压不同。

3.4 直流空载电压 U_{2d}

变压器输出端子连接负载电阻时，输出电压的RMS值。

3.5 输入电流 I_1

变压器输入端电流的RMS值。

3.6 输出电流 I_2

变压器输出端电流的RMS值。

3.7 给定负载持续率时的输出电流 I_{2X}

在给定负载持续率X时变压器输出端电流的RMS值。

3.8 空载输入电流 I_{10}

变压器输出端空载时输入端电流的RMS值。

3.9 连续输入电流 I_{1P} , I_{LP}

连续输出电流时对应的最大输入端额定电流。

注1：输入和输出电流之间的关系取决于变压器的类型。

注2： I_{1P} 用于单相变压器； I_{LP} 用于三相变压器。

3.10 连续输出电流 I_{2P}

连续工作(100%负载持续率)时的最大输出电流。

[来源：ISO 669]

注1：连续输出电流是一个标准化参数，用于不同变压器之间的比较和描述。连续输出电流的值取决于本标准中描述的测试条件。

3.11 负载条件下的输出电流 I_{2R}

负载电阻为R时，变压器输出电流的瞬时RMS值。

3.12 额定连续输入功率 S_{1P}

额定连续输入功率由 $U_{1N} \times I_{1P}$ 计算得到。

注1：焊接设备连续功率 S_p ，根据 ISO 669 确定，可能与焊接变压器额定连续输入功率 S_{1P} 不同。

4 符号和缩略术语

本标准使用的符号见表1。

表1 符号

符号	描述	用于[部分]
I_1	输入电流	3.5, 9.3
I_{10}	空载输入电流	3.8, 11 条
I_{1P}	额定连续输入电流（单相变压器）	3.9, 9.1, 12 条
I_{LP}	额定连续输入电流（三相变压器）	3.9, 9.1

I_2	输出电流	3.6, 9.3, 附录 C
I_{2P}	100%负载持续率时连续输出电流	3.10, 9.1, 9.3, 16.2, 附录 C
I_{2R}	负载条件下的输出电流	3.11, 13 条
I_{2X}	给定负载持续率时的输出电流	3.7, 附录 C
m	质量	16.2
S_X	给定负载持续率时的输入功率	附录 C
S_{1P}	额定连续输入功率	3.12, 9.1, 16.2, 附录 C
Q	额定冷却液流量	14 条, 16.2
R_1	线圈初始电阻值	9.3.5, 9.4.3
R_2	发热试验结束时线圈电阻值	9.4.3
T	时间	附录 C
t_1	负载时间	附录 C
T	循环时间	附录 C
U_1	输入电压	3.2, 13 条
U_{CC}	额定短路电压	12 条, 附录 C
U_{1CC}	输入短路电压	12 条
U_{1N}	额定输入电压	3.3, 9.1, 9.3, 10.2, 10.3, 11 条, 13, 16.2, 附录 C
U_{20}	交流空载电压	10.1, 10.2, 16.2
U_{2d}	直流空载电压	3.4, 10.1, 10.3, 16.2
X	负载持续率	9.3, 附录 C
X_m	磁路负载持续率	附录 C
Z_2	输出回路总阻抗	12 和 17 条
Δ_p	冷却液体回路的压降	14 条, 16.2
$\Delta\theta_{1,2}$	温度差	附录 C
θ	温度	附录 C
θ_a	冷却介质温度	9.4.3, 附录 B, 附录 C
θ_m	平稳温度	附录 C
θ_n	变压器开始冷却时温度	附录 C
$\theta_{0,1,2}$	热时间常数的计算温度或加热期间的线圈温度	9.3.5, 9.4.3, 附录 C
τ	热时间常数	附录 C
τ_2	给定负载时间下的热时间常数	附录 C
τ_{2P}	连续输出电流下的热时间常数	附录 C

5 结构和附加设备

5.1 热保护器

如果变压器或整流器配有热敏开关，它们应是常闭状态。绝缘应适合本标准规定的试验条件。

5.2 输出电流感应线圈

如果变压器配有输出电流感应线圈，外部安装线圈的防护等级应为 IP 55。

转换系数应为：

GB/T 25301—××××

——50 Hz 电源频率：全正弦波下 80℃以内，150mV/kA，负载电阻为 1000 Ω；

——60 Hz 电源频率：全正弦波下 80℃以内，180mV/kA，负载电阻为 1000 Ω。

安装在变压器后的转换系数误差应为±3%。

电流感应线圈应为 Rogowski 型。电流感应线圈的内阻应为 5 至 50 Ω。线圈接线应使用白色和棕色。

6 环境和使用条件

6.1 概述

变压器应保证在下列环境和使用条件下可靠地工作。

当环境或使用条件超出下面指定的范围时，供应商和用户之间可能需要达成协议(例如，参见 IEC 60204-1: 1997, 附录B)。

注：这些条件的例子有：室外使用，不同海拔高度，冷却介质的不同温度，高湿度，异常腐蚀性烟雾，蒸汽，过多的油蒸气，异常振动或冲击，过多的灰尘，不寻常的海岸或船上条件。

6.2 环境温度

变压器应在+5℃至+40℃的环境温度下正常运行。

冷却介质的最高温度见附录B。

6.3 湿度

相对湿度高达95%时，变压器应能够正常运行。

凝露的有害影响应通过以下方式避免：

——变压器的适当设计(例如电气灌封或封装的应用)；

——焊接设备的适当设计(例如内置加热器，空调，排水孔)；

——附加措施(例如冷却液体温度调节)。

6.4 高度

变压器应能在不高于平均海平面1000m的海拔高度正常运行。

如有其他高度，见附件B。

注：在海拔超过1000m时，可能需要额外的电气安全考虑因素：见 IEC 60664-1。

6.5 运输和贮存

变压器应设计成能在-25℃至+ 55℃之间或短时间不超过24小时至+70℃条件下运输和储存。应提供合适的装置以防止受潮，振动和冲击造成的损坏。

在运输或储存之前，应考虑霜冻或冷冻保护以及冷却水的排放。

6.6 提升装置

重量超过25千克的变压器应配备适当的装置(如螺纹孔或吊耳)，以便通过起重机或类似设备进行搬运。

6.7 冷却液体的温度

变压器入口处冷却液的温度可达30℃。

冷却液温度高于30℃时，见附录B。

应防止因大流量冷却液体或低冷却液体温度引起的凝露。

注：对于风冷变压器，见6.2和附录B。

7 试验

7.1 试验条件

试验应在新的，干燥且完全组装的变压器上进行，环境空气温度在+10℃至+40℃之间。通风应与正常使用条件下的通风相同。使用的测量装置不得干扰变压器的正常通风或导致热量传递到变压器或从变压器传递热量。

液冷变压器应按制造商规定的液体条件进行试验。

测量仪器的准确度应为：

- a) 电气测量仪器：±1.0%满量程；
- b) 输出电流测量仪器：满量程±5%，用于验证电流感应线圈的仪器：±2%满量程；
- c) 温度测量装置：±2K。

除非另有说明，否则本标准要求的试验均为型式试验。

7.2 型式试验

除非另有规定，所有型式试验应在同一变压器上进行。

应按以下顺序进行型式试验，g)，h)，i)和j)之间不需要延迟时间。

- a) 总体目视检查；
 - b) 绝缘电阻(见8.1)初步检查；
- 注：在进行剩余的测试之前，需要对绝缘电阻进行初步检查以确定变压器是否安全。
- c) 热额定值(见第9条)；
 - d) 短路电压，如适用(见第12章)；
 - e) 负载条件下的输出电流，如适用(见第13条)；
 - f) 外壳防护(见8.4)；
 - g) 绝缘电阻(见8.1)；
 - h) 介电强度(见8.2)；
 - i) 动态特性，如适用(见第15条)；
 - j) 总体目视检查。

本标准要求的其他未提及的试验可以按任何方便的顺序进行。

7.3 例行试验

例行试验应按以下顺序进行：

- a) 总体目视检查；
- b) 介电强度(见8.2)；

注：在进行剩余测试之前，需要进行介电强度测试以确定变压器是否安全。

- c) 额定输出电压(见第10章)；
- d) 冷却液回路(见第14章)；
- e) 总体目视检查。

8 防触电保护

8.1 绝缘电阻

GB/T 25301—××××

绝缘电阻应不小于50MΩ。

通过施加直流500V电压测量绝缘电阻，来检查a)和b)之间是否符合要求。

a) 输入和输出绕组，和

b) 绕组和机架。

对于带有连接整流器的变压器，在此测试期间二极管应短路。

液冷变压器应在没有冷却液的情况下进行测试。

8.2 介电强度

绝缘应能承受以下测试电压，无任何闪络或击穿：

a) 焊接变压器的首次试验：试验电压按表2中给出的值；

b) 相同焊接变压器的重复试验：试验电压为表2中给出值的80%。

表2 介电强度试验电压

最大额定电压 ^a V r. m. s	交流介电强度试验电压 ^c V r. m. s			
所有回路	输出回路对输入回路/热保护器和 感应线圈回路对输入和输出回路		输入回路对变压器机架 ^d	
	I类变压器 ^b	II类变压器 ^b	接地机架（易接 近或不易接近） 或非接地、不易 接近机架	非接地，易接近 机架
≤50	250	500	—	—
200	1000	2000	1000	2000
450	1875	3750	1875	3750
700	2500	5000	2500	5000
1000	2750	5500	2750	5500

注：最大额定电压适用于接地和未接地系统。

a) 对于中间值，除了200V和450V之外，允许插入测试电压。对于设计仅安装在三角形接地电源网络上的设备，允许在200V和450V之间插入测试电压。

b) 见8.5。

c) 由于设备设计未知，因此该标准规定了输入和输出电路的相同值。如果没有说明数值，则可能不需要进行测试

d) 变压器机架可以接近或不可接近，具体取决于制造商的安装规范。（例如在机壳内安装）

交流试验电压应该是50Hz或60Hz，波形为近似正弦波，峰值不超过有效值的1.45倍。

测试电压发生器应提供规定的电压及跳闸电流。跳闸被视为闪络或故障。可以根据变压器电容分散电流选择跳闸电流设置。跳闸电流的最大允许设置应为100mA。

为确保操作员安全，建议使用最低设置的跳闸电流（小于10mA）。

也可以选用直流电测试进行测试。测试电压应是表2 r. m. s电压值的1.4倍。

连接整流器的变压器应在组装后进行测试。整流器，其保护装置和其他固态电子元件或电容器可根据需要进行短路或断开。

液冷变压器应在没有冷却液的情况下进行测试。

GB/T 25301—××××

根据制造商的判断，测试电压可以缓慢升高到满值。
应通过施加测试电压60秒来检查是否符合要求。

8.3 输出电流感应线圈的校准

测试应按照GB/T 32514.3和GB/T 32514.4进行。

8.4 正常使用时防触电保护(直接接触)

外壳提供的变压器的最低防护等级应为GB 4208中规定的IP 54。
如果变压器是内置的，则防护等级可以是IP 00。
符合性应根据GB 4208进行验证。

8.5 故障情况下的防触电保护(非直接接触)

防止间接接触旨在防止由于带电部件和设备的外露导电部件之间的绝缘故障而导致的危险情况。
在焊接设备设计中选择保护措施。它们可以包括使用具有输出电路的双重或增强隔离的变压器。

注：对于不同类型的焊接设备，间接接触保护措施，见IEC 62135-1。

仅考虑输出电路故障条件，电阻焊变压器分类如下：

a) I类电阻焊变压器

带输出电路的变压器，没有任何故障保护装置。通过保护性连接或其他合适的措施在焊接设备设计中实施故障保护。

b) II类电阻焊变压器

带有输出电路的变压器由双层或加强绝缘提供。

8.6 II类变压器绝缘要求

焊接电路应设计成通过使用增强或双重绝缘将输入电路和所有其他电压高于空载电压的电路隔离。

注：绝缘的具体要求可在IEC 62135-1，GB/T 16935.1和IEC 61140中找到。

9 热额定值

9.1 概述

变压器输出的热额定值由参数连续输出电流 I_{2p} 决定。

通过热性能测试验证声明的 I_{2p} 值。

变压器输入的额定热量由参数连续输入电流 I_{1p} 和连续输入功率 S_{1p} 决定。

这些参数通过执行本标准规定的变压器热性能测试来确定。

连续输出电流 I_{2p} 是测试输入电流的参变量。对于逆变式器变压器，连续输入电流 I_{1p} 计算为 $I_{1p} = I_{2p} / (N_1/N_2)$ ，其中 (N_1/N_2) 是变压器匝数比。对于所有其他变压器，在测试期间测量连续输入电流 I_{1p} 。

额定连续视在输入功率 S_{1p} 通过以下公式计算：

$$\text{——} S_{1p} = I_{1p} U_{1n} \text{ (单相变压器);}$$

$$\text{——} S_{1p} = I_{1p} U_{1n} \sqrt{3} \text{ (三相变压器).}$$

9.2 温升限值

9.2.1 概述

变压器的热要求如下：

GB/T 25301—××××

- a) 用于绕组，如 9.2.2 所述；
- b) 对于可触及的表面，如 9.2.3 中所规定；
- c) 其他组件，如 9.2.4 中所述。

9.2.2 绕组

绕组的温升不应超过表3中给出的值。

不得允许任何部件达到任何会损坏另一部件的温度，即使该部件可能符合表3。

表3 绕组温升限值

绝缘等级 ℃ (符合 IEC 60085)	峰值温度 ℃ (符合 IEC 60072-12)	温升限值 K			
		风冷绕组		液冷绕组	
		嵌入式温度传 感器法	电阻法	嵌入式温度传 感器法	电阻法
105 (A)	150	65	60	75	70
120 (E)	165	80	75	90	85
130 (B)	175	90	80	100	90
155 (F)	190	115	105	125	115
180 (H)	210	140	125	150	135
200 (N)	230	160	145	170	155
220 (R)	250	180	160	190	170

注1：表面温度传感器法是指在绕组外表面最热的可接触点处用非嵌入式传感器测量温度。

注2：通常，表面温度最低。通过电阻测量确定的温度给出了绕组中出现的所有温度之间的平均值。绕组(热点)中出现的最高温度可以通过嵌入式温度传感器法测量。

注3：可提供其他类别的绝缘值，其值高于表 3 中给出的值(见 IEC 60085)。

注4：对于液体冷却绕组，温升限值应增加 10K。通过 9.3 的测量来检查是否符合要求。

9.2.3 可触及的表面

操作人员可触及的可接近表面的温升不应超过表4中给出的值。

注：根据制造商的安装规范(如安装在外壳内)，变压器表面可以是可触及的或不可触及的。

表4 可触及表面的温升限值

外表面	温升限值 ^a K	
	无意接触	有意接触
裸金属外壳	40	25
可触及的焊接回路金属表面	45	30
喷漆金属外壳	50	35
非金属外壳	60	45
a) 根据变压器和设备制造商之间的协议，数值可以增加 15K，并且设备指定用于个人防护设备(例如手套、防护服)或标有符合 IEC 60417-5041 规定的热表面符号。		

9.2.4 其它组件

其他组件的最高温度不得超过其额定最高温度，符合相关标准。应考虑组件冷却介质温度与其最大值之间的差异。

整流器可用于输入或输出电路。在加热试验期间整流元件达到的温度不应超过整流元件制造商规定的温度。

注意整流元件的间歇工作特性。

在加热试验期间，应通过温度测量来检查是否合格。

9.3 热性能试验条件

9.3.1 概述

测试在新的变压器上进行。

变频器应使用安装在变压器输出端的负载电阻进行测试(见9.3.3)。所有其他变压器应在输出端短路。在两个输出绕组的情况下，绕组应并联短路。

对于具有多个输出电压的变压器，应在最高电压设置下进行测试。

对于液冷变压器，流量应按铭牌上的规定设定。

在加热测试的最后60分钟内，应满足以下公差：

- a) 输出电流：连续输出电流的±2%；
- b) 冷却液流量(如果适用)：额定值的±5%。

9.3.2 单相交流变压器和连接整流器的单相变压器的试验条件

变压器在连续输出电流 I_{2p} 下工作，处于以下可能的工作条件之一：

- a) 使用脉冲输出电流，使用与测试期间获得的最大短路电流相对应的脉冲电流 I_2 ，在与连续输出电流 I_{2p} 相对应的负载持续率下，通过以下公式计算：

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_2)^2}$$

由于脉冲持续时间设置不会影响测试结果，因此可以选择该值以匹配设备和测试仪器要求。建议脉冲持续时间代表设备的典型工作条件。

- b) 具有连续输出电流(100%负载持续率)，通过降低变压器电源电压获得，调整为获得额定连续输出电流 I_{2p} 。

9.3.3 连接整流器的单相逆变焊接变压器的试验条件

在中频运行的直流焊接变压器(逆变设备)应在下列运行条件下进行试验：

提供测试对象的输入电压波形应为标称变压器供电频率下的全波方波。试验应在额定电源电压 U_{1N} ±5%下进行。

变压器应使用持续时间为240ms且负载持续率X为20%的脉冲运行。

注1：对于未集成到焊枪中的变频器，可能需要调整这些值。

变压器输出端应安装一个负载电阻，其电阻值应限制输出电流为：

$$I_{2d} = I_{2p}\sqrt{5}$$

这里 $\sqrt{5}$ 等于 $\sqrt{\frac{100\%}{20\%}}$ ，100%和20%为负载持续率。

应使用等于脉冲持续时间(即240ms)的积分时间测量输出电流。

注2：热性能结果仅在负载持续率为20%时有效，但许多此类型的变压器在负载持续率高于20%时运行。制造商可为更高的负载持续率提供额外的热性能，例如，100%。

9.3.4 连接整流器的三相变压器的试验条件

对于连接整流器的三相变压器，试验应在以下操作条件下进行：

——为了达到变压器和整流器的最大加热条件，应调节每个变压器的输入电流 I_1 ，使导通角在 45° 和 60° 之间。如果得到的输出电流 I_2 低于连续输出电流 I_{2p} ，则应增大导通角，以获得连续输出电流 I_{2p} 。

注：在星形(Y形)连接的变压器中，每个变压器的输入电流 I_1 由连接到不同电源相的两个独立的电流开关装置(晶闸管)控制。在这种情况下，在单个电流开关装置上执行导通角测量。

——考虑到测试 I_2 期间的设备输出电流，在对应于连续输出电流 (I_{2p}) 的占空因数下，使用等于脉冲持续时间的积分时间测量，通过以下公式计算：

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_2)^2}$$

由于脉冲持续时间设置不会影响测试结果，因此可以选择该值以匹配设备和测试仪器要求。建议脉冲持续时间代表设备的典型工作条件。

9.3.5 开始加热试验

- 对于嵌入式或表面温度传感器(见 9.4.2 或 9.4.4)，可在变压器和冷却液之间达到温度平衡之前开始测试。
- 对于液冷变压器的电阻测量(见 9.4.3)，只有当冷却液入口和出口之间的温差在 1 K 以内时，才能开始试验。

冷却液的温度 θ_1 应作为测量初始电阻 R_1 时绕组的初始温度。

9.3.6 发热试验的持续时间

发热试验应进行到直至变压器任何部件的温升速率不超过 2K/h。

9.4 温度测量方法

9.4.1 概述

可以用下列方法之一确定任何特定部件温度。

温度应在加载时间结束时确定，如下：

- 用于绕组，通过表面或嵌入式温度传感器法或电阻法测量(仅输入绕组)；
- 对于其他部件，通过表面温度传感器法测量。

9.4.2 嵌入式温度传感器法

通过一个或多个嵌入式热电偶或在变压器制造期间应用的相应尺寸的其他合适的温度测量仪器测量温度到绕组的预测最热点。

应用于单层绕组最热点的热电偶应视为嵌入式。

应在负载下记录测量结果，即在切断电流之前立即进行。

9.4.3 电阻法

该方法仅适用于输入绕组。绕组的温升由电阻的增加决定，并且根据公式(1)获得铜绕组的温度：

$$\theta_2 - \theta_a = \frac{(235 + \theta_1)(R_2 - R_1)}{R_1} + (\theta_1 - \theta_a)$$

式中

GB/T 25301—××××

θ_2 是测试结束时绕组的温度(计算值), 单位为摄氏度(°C);

θ_a 是试验结束时冷却液的温度, 单位为摄氏度(°C);

θ_1 是初始电阻测量时的绕组温度, 单位为摄氏度(°C);

R_2 是测试结束时绕组的电阻, 单位为欧姆(Ω);

R_1 是绕组的初始电阻, 单位为欧姆(Ω)。

对于铝绕组, 上述公式中的数值 235 应替换为 225。

测量结果的记录应按以下步骤进行, 两者之间没有延迟:

- a) 停止冷却液流(如适用);
- b) 切断电流;
- c) 记录电阻, R_2 。

9.4.4 表面温度传感器法

温度由温度传感器(例如热电偶, 电阻温度计)在以下条件下确定:

- 温度传感器应放置在可能发生最高温度的可触及位置。建议通过初步检查找到可预测的热点;
- 应确保测量点与温度传感器之间的有效热传递, 并应保护温度传感器免受气流和辐射的影响。

测量结果的记录应按如下方式进行:

- a) 切断电流;
- b) 记录获得的最高温度。

9.4.5 环境空气温度的测定

应保护温度测量装置免受热辐射和气流的影响。

9.4.6 冷却液温度的测定

温度测量装置应放置在变压器的冷却液入口处。

为了记录测量结果, 应采用测试最后15分钟的平均温度。

10 额定输出电压

10.1 概述

以下参数用于规定额定输出电压特性:

- U_{20} , 没有连接整流器的变压器;
- U_{2d} , 带有连接整流器的变压器。

10.2 交流空载电压(U_{20})

所有设置的交流空载电压 U_{20} 应在变压器的输出端子测得, 误差应满足 $\pm 2\%$ 。

对于所有设置, 通过在额定电源(初级)电压 U_{1N} 下进行测量来检查是否合格。

注意如果电源电压 U'_{1N} 与 U_{1N} 不同, 则测量空载电压 U'_{20} 。 U_{20} 的计算方法是:

$$U_{20} = U'_{20} \frac{U_{1N}}{U'_{1N}}$$

10.3 直流空载电压(U_{2d})

试验应在额定电源电压 $U_{1N} \pm 5\%$ 下进行。

对于逆变变压器, 为测试对象提供的输入电压波形应为标称变压器供电频率下的全波方波。

GB/T 25301—××××

$R=10\Omega$ ($\pm 10\%$) 的负载电阻应连接在变压器整流器单元的输出端。

输出连接处的电压RMS值 U_{2d} 应使用100ms的积分时间进行测量。

直流空载电压 U_{2d} 不得偏离铭牌上规定的值 $\pm 5\%$ 以上。

注：如果电源电压 U'_{1N} 与额定电源电压 U_{1N} 不同，则测量 U'_{2d} 。 U_{2d} 的计算方法是：

$$U_{2d} = U'_{2d} \frac{U_{1N}}{U'_{1N}}$$

11 空载输入电流 (I_{10})

11.1 概述

空载输入电流 I_{10} 是可选值，如果制造商和购买者之间达成一致，则可以提供。

本标准没有限定，但可以在相关产品标准(例如ISO 22829)中定义。

11.2 测量程序

在以下条件下，使用100ms的积分时间测量空载输入电流 I_{10} 的RMS值：

——变压器以额定电源供电， $U_{1N} \pm 5\%$ ；

——变压器在开路输出端子下工作；

——如果变压器有多个输出电压，则应调整变压器以提供最大输出电压。

12 短路电压 (U_{CC})

对于交流单相变压器，制造商应规定短路电压 U_{CC} 的值。

对于具有两个独立输出绕组的变压器，每个绕组测量的值可以与最大值相差 $\pm 5\%$ 。

在完成加热测试后，应使用以下程序确定 U_{CC} 的值。

a) 输出绕组短路。

如果变压器有两个输出绕组，则测量在以下条件下进行：

- 1) 两个输出绕组并联短路，
- 2) 两个输出绕组串联短路，
- 3) 一个输出绕组短路另一个开路。

b) 将输入电压 U_{1CC} 调节到达到允许的连续输入电流 I_{1P} 的值：

$$I_{1P} = \frac{S_{1P}}{U_{1N}}$$

I_{1P} 以安培 (A) 表示。

c) 用公式(2)计算短路电压百分比：

$$U_{CC} = \frac{U_{1CC}}{U_{1N}} \times 100$$

d) 使用公式(3)计算以欧姆为单位的输出总阻抗 (Z_2)：

$$Z_2 = \frac{U_{1CC} \times U_{20}^2}{100 \times I_{1P} \times U_{1N}}$$

13 负载条件下的输出电流

对于连接整流器的单相逆变焊接变压器，制造商应规定负载条件下的输出电流值 I_{2R} 。

GB/T 25301—××××

I_{2R} 的值应确定如下：

只有在冷却液入口和冷却液出口之间的温差小于1K时才能开始试验。

提供测试对象的输入电压波形应为全波方波。

输入电压 U_1 应对应于 $U_{1N} \pm 15\%$ 。应记录输入电压 U_1 ，如果输入电压 U_1 与 U_{1N} 不同，则应使用校正公式。

负载电阻 R 应连接在变压器整流器单元的输出连接两端。

负载电阻的值应由制造商根据变压器的预期应用来选择。建议的额定负载电阻值为： $50\mu\Omega$ ， $100\mu\Omega$ ， $200\mu\Omega$ ， $400\mu\Omega$ 或 $800\mu\Omega$ 。在试验期间， R 的值应保持在所选值的 $\pm 5\%$ 范围内。

注：如果负载电阻 R' 与额定负载电阻 R 不同，负载条件下的输出电流 I_{2R} 是根据负载条件 I'_{2R} 下的测量输出电流使用以下公式计算的：

$$I_{2R} = I'_{2R} \frac{R'}{R}$$

负载条件 I_{2R} 下的输出电流的RMS值应使用100ms的积分时间进行测量。

使用的负载电阻值应与 I_{2R} 的值一起声明。该信息也可以作为图表提供。

14 冷却液体回路

对于水冷焊接变压器，冷却液体回路应能够产生足够的流量，以确保有效的冷却。

冷却液体回路：

- a) 应在 2.5 倍规定最大工作压力的压力下密封，最大压力为，最短 60s；和
- b) 在额定流量(Q)下，冷却液压降不应高于铭牌上规定的值(Δp)。

通过密封性和压降检查来检查是否合格。

15 动态特性

动态特性测试在相关产品标准(例如ISO 10656和ISO 22829)中定义。

16 铭牌

16.1 概述

应在每个变压器上牢固地固定或印刷清晰且不易擦除的铭牌。

如果变压器设计用于多个额定电源电压，则应标明每个电源电压的电气特性。这可以通过几个铭牌或适当的表格来制作。

通过目视检查并用一块浸泡在水中的布用手揉搓标记15秒，再用浸有汽油溶剂的布擦拭15秒来检查其是否合格。

试验后，标记应易于辨认；铭牌不易拆除，且不得出现卷曲。

注：铭牌的目的是告知用户设备的电气和机械特性，以便正确选择，安装和使用。

16.2 说明

铭牌应分为至少包含以下信息的部分：

- a) 标志
 - 1) 制造商的名称和地址以及商标(可选)以及原产国(如需要)。
 - 2) 制造商给出的型号(标记)。

- 3) 设计和制造可追溯性数据(例如序列号)和生产年份。
- 4) 参考本标准和出版年份, 即 ISO 5826: 2014(确认所提供的数据已使用标准中提出的方法确定)。
- b) 电气性能
 - 5) $U_{1N} = \dots V / \dots \sim \dots \text{Hz}$ 额定电源电压; 相数, 例如 1 或 3; 交流电的符号(\sim)和额定频率, 例如(50 或 60)赫兹。
 - 6) $S_{1p} = \dots \text{kVA}$ 额定连续输入功率。
 - 7) $U_{20} = \dots V - \dots V - \dots V$ 交流空载电压值, 或
 $U_{20} = \dots V \text{ to } \dots V \text{ in } \dots \text{ steps}$ 交流空载电压范围和可调档数。
 $U_{2d} = \dots V - \dots V - \dots V$ 直流空载电压值, 或
 $U_{2d} = \dots V \text{ to } \dots V \text{ in } \dots \text{ steps}$ 直流空载电压范围和可调档数。
 - 8) $I_{2P} = \dots \text{kA}$ 连续输出电流。
 - 9) $I_{2R} = \dots \text{kA}$ 适用时, 负载状态下的输出电流。
- c) 其它特性
 - 10) $Q = \dots \text{l/min}$ 额定冷却液体流量。
 - 11) $\Delta p = \dots \text{bar}$ 额定冷却液体压降。
 - 12) 绝缘等级。
 - 13) 防护等级。
 - 14) $m = \dots \text{kg}$ 变压器质量。
 - 15) 附加信息, 如果适用(例如附件 D 中给出的类型代码或定义的类型代码在相关产品标准中, 如 ISO 10656 和 ISO 22829)。

数据的排列和顺序应符合图 1 所示的原则(示例见附录 A)。

a)标志	
1)	
2)	
3)	
4)	
b)电气特性	
5)	
6)	
7)	
8)	
9)	
c)其它特性	
10)	11)
12)	13)
14)	15)

注1: 其他有用的信息可以添加到铭牌或制造商提供的技术文献中。

注2: 铭牌的尺寸没有规定, 可以自由选择。

图1 铭牌组成原则

GB/T 25301—××××

每个变压器应随附一本说明书，其中应包括以下内容：

- a) 总体描述，包括铭牌上给出的所有信息；
- b) 正确的提升方法(例如通过叉车或起重机)和采取的预防措施；
- c) 变压器的正确使用(例如位置和冷却要求，以防止过热或冷凝)；
- d) 负载持续率限制；
- e) 关于操作人员和工作人员的个人危险防护的基本准则(例如，金属物体短路输出端子或被磁场推动的危险)；
- f) 维护；
- g) 适当的电路图以及必要部件清单；
- h) 安装和固定。

可以给出其他有用的信息[控制装置，指示器，每个脉冲的最大时间，功率因数，阻抗 (Z_2)，类型代码，指示的含义，标记和图形符号，热时间常数等]。

通过阅读说明手册来检查是否符合要求。

附录 A
(规范性附录)
铭牌示例

见图A.1

a)标志	
1) 制造商, 国家	商标
2) 电阻焊变压器	
3) 序列号	制造年份
4) GB/T 25301 (包括版本/出版年份)	
b)电气特性	
5) $U_{1N}=400V/1\sim 50Hz$	
6) $S_{1p}=71kVA$	
7) $U_{20}=7.1$ 到 $10V$, 4 档	
8) $I_{2p}=7.1kA$	
9) $I_{2R}=5.0kA$	
c)其它特性	
10) $Q=4l/min$	11) $\Delta_p=0.03MPa$
12) 绝缘等级 F	13) II 类
14) 质量=35kg	15)

图A.1 具有一个额定输入电压的变压器

附 录 B
(规范性附录)
高海拔和冷却介质温度的修正

B.1 海拔高度超过 1 000 米

对于设计在海拔1000m以上使用的风冷变压器,如果在海拔低于1000m的地方测量,温升应低于表B.1中给出的值;如果海拔高于1000m,则温升限值应每100m减去0.5%。

B.2 冷却介质温度高于标准值

如果冷却介质的温度高于标准值,则允许的温升限值做如下修改。

表B.1 降低温升限值

冷却介质	冷却介质温度, θ_a °C	温升限值减少值 K
液体	$\theta_a \leq 30$	0
	$31 \leq \theta_a \leq 35$	5
	$36 \leq \theta_a \leq 40$	10
空气	$\theta_a \leq 40$	0
	$41 \leq \theta_a \leq 45$	5
	$46 \leq \theta_a \leq 50$	10

附录 C
(资料性附录)

关于物理概念的注释和对某些定义的注释

C.1 单相交流变压器的温升与冷却

在操作期间，变压器的温度通常上升到最大平衡温度 θ_m 。

平衡温度是流过绕组的电流的二次函数并且取决于：

- a) 制造和装配条件，和
- b) 传递到冷却介质的热量。

当变压器停止运行时，其各个部件冷却到冷却介质的温度。

在变压器冷却并与冷却介质处于热平衡之后，负载电流 $I_2 = 1.26 \times I_{2p}$ 。使用 I_{2p} 和 100% 占空因数达到与之前相同的温度的时间等于测量的时间常数 τ 。

变压器的温度变化(见图 C.1)遵循时间相关的指数定律，根据以下公式：

——对于温升：

$$\theta = \theta_m - (\theta_m - \theta_a)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

——对于冷却：

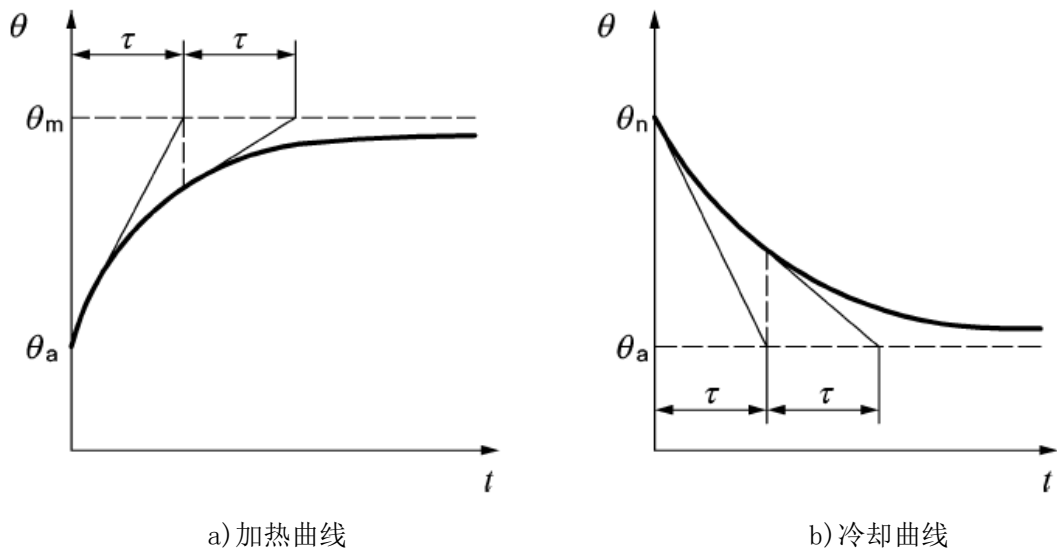
$$\theta = \theta_a + (\theta_n - \theta_a)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

式中：

θ_m 是摄氏度(°C)的平衡温度；

θ_a 是冷却介质温度，单位为摄氏度(°C)；

θ_n 是变压器开始以摄氏度(°C)冷却时的温度。



图C.1 变压器的温度变化

以指数形式出现的系数 $1/\tau$ 是一个物理量，取决于：

- a) 变压器的设计与组装;
- b) 向冷却介质的热传递; 热时间常数 τ
 - 1) 是可测量的物理量,
 - 2) 是变压器部件的特征,
 - 3) 确定升温和降温的速度,
 - 4) 对应于当温度保持其初始变化速度时达到其最大值的时间, 并且
 - 5) 对应于温度变化达到平衡温度与温度之差的 63%的时间 t 。

C.2 输入绕组的热时间常数 τ 的确定

热时间常数可以通过以下方法之一确定。

- a) 方法 1
 - 1) 负载变压器:
 - i). 在 9.3 中表示的条件下, 负载持续度为 100%;
 - ii). 无论采用何种温度测量方法, 它都与冷却介质保持热平衡。
 - 2) 测量以下温度:
 - i). 开头的 θ_0 ;
 - ii). 在时间 $t = t_1$ 结束时的 θ_1 ;
 - iii). 在时间 $t = 2 \times t_1$ 结束时的 θ_2 。

- 3) 使用公式计算:

$$\Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_0$$

$$\Delta\theta_2 = \theta_2 - \theta_1$$

$$\tau = \frac{t_1}{\ln \frac{\Delta\theta_1}{\Delta\theta_2}}$$

其中温度以开尔文表示, 热时间常数 τ 以秒表示。

- b) 方法 2
 - 1) 加热试验后切断电流。(对于液冷变压器, 保持冷却液流量。)
 - 2) 使用固定在绕组上的热电偶绘制冷却曲线:
 - i). 连续绘图, 或
 - ii). 在冷却开始时和时间 $t_1, 2 \times t_1, 3 \times t_1$ 等结束时的读数, 从电流切断时算出。有必要读取最大点数的读数, 特别是在冷却开始时。
 - 3) 确定热时间常数 (τ), 以秒为单位,
 - i). 仔细追踪冷却曲线的子切线(见图 C.1), 或
 - ii). 按以下公式:

$$\tau = \frac{t_1}{\ln \frac{(\theta_2 - \theta_a)}{(\theta - \theta_a)}}$$

式中:

θ_2 是加热试验结束时的最高温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

θ_a 是冷却介质温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

θ 是时间 t 后的温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)。

- c) 方法 3

在时间 t 内，与冷却介质热平衡的变压器负载电流 $I = 1.26 \times I_{2p}$ 。在时间 t 之后，温升与变压器以 100% 负载持续率负载电流 I_{2p} 相同。

热时间常数 τ 等于该时间 t 。

C.3 变压器的运行

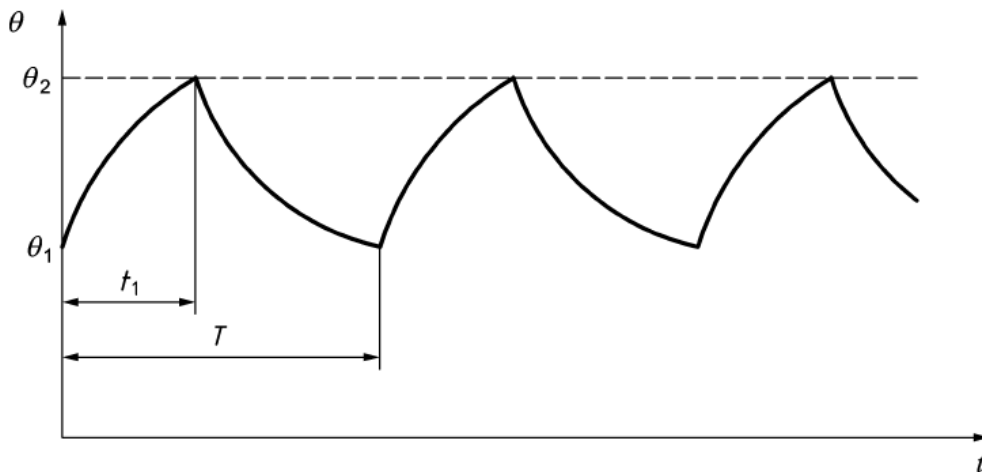
C.3.1 概述

通常，变压器不能连续工作，而是通过接通和断开来定期进行有载和无负载时间。负载时间 (t_1) 和循环时间 (T) 的比率是负载持续率 (X)。其值以 % 表示：

$$X = \frac{t_1}{T} \times 100$$

循环时间和负载持续率可以根据焊接操作和变压器的使用条件而变化。

在运行周期中 (见图 C.2)，变压器的温度在负载时间内上升，在空载时间内冷却。温度在 θ_1 和 θ_2 之间变化。



注：平衡曲线

图C.2 变压器的工作周期

C.3.2 绕组

绕组的最高温度 θ_2 取决于

- a) 电流，
- b) 循环时间，
- c) 负载持续率，和
- d) 热时间常数。

绕组的温升不应超过其绝缘等级规定的极限。因此，如果它的负载持续率很低，与其负载持续率很高相比，可能有更高的电流通过变压器。

如果已知变压器的额定连续输入功率 S_{1p} 或连续输出电流 I_{2p} 和热时间常数 τ ，则负载持续率为 X 且循环时间为 T 的输入功率 S_X 或输出电流 I_{2X} ，可由以下公式确定：

$$S_X = S_{1p} \sqrt{\frac{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{XT}{100\tau}}}}$$

$$I_{2X} = I_{2P} \sqrt{\frac{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{XT}{100\tau}}}}$$

其中 S_X 以 kVA 表示, I_{2X} 以 kA 表示。

注: 通常, 如果热时间常数和循环时间之间的比率高于 5 ($\tau/T > 5$), 可以使用以下简化公式:

$$S_X = S_{1P} \sqrt{\frac{100}{X}}$$

$$I_{2X} = I_{2P} \sqrt{\frac{100}{X}}$$

其中 S_X 以 kVA 表示, I_{2X} 以 kA 表示。

C.3.3 磁路

由变压器的磁路达到的最大温度 (θ) 不再是从金属中的感应效应中流出的电流的函数, 而是输入电压的函数。温度的升高当然也与电流通过的时间有关, 因此也与循环时间, 负载持续率和热时间常数有关。

与通过的可变电流相比, 感应是恒定的, 因为它由输入电压固定。因此, 给定变压器的磁路的温度升高不取决于接通的时间。当焊接变压器的负载被输入电路断开, 磁路的温度上升直接随负载持续率和循环时间而变化。

根据以上所述就可以定出最大负载持续率 (X_m), 超过该最大负载持续率, 磁路的温升将变得过高。

由于磁路的热时间常数非常大, 因此可以认为最大负载持续率 (X_m) 的值与循环时间无关。

注: 在连续条件下对绕组进行加热试验的事实与上述说法并不矛盾。实际上, 加热测试是在低电压下进行的, 因此磁路的温升可以忽略不计。

C.4 实际使用

如果已知以下值, 则可以确定操作条件:

- 热时间常数 (τ);
- 额定连续输入功率 (S_{1p}) 或
- 允许的额定连续输出电流 (I_{2p})。

启用 C.3.1 中给出的公式

——根据焊接操作, 确定给定周期内的允许输入功率和输出电流以及负载持续率, 或

——如果已知焊接操作所需的电流, 则计算允许的循环时间和负载持续率。

如果不能使用 C.3.1 中所示的简化公式 (热时间常数 $\tau \leq 5T$), 则应使用完整的公式进行计算。在这种情况下, 应注意已知量是电流流动的时间 t_1 这一事实:

$$t_1 = T \times \frac{X}{100}$$

式中 t_1 以秒表示。

因此, 允许的循环时间 T 应首先由下式确定:

$$T = \tau \left\{ 2 \ln I_{2P} - \ln \left[I_{2P}^2 - I_{2X}^2 \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \right) \right] \right\}$$

GB/T 25301—××××

X 以百分比表示，按以下公式计算：

$$X = \frac{t1}{T} \times 100$$

应检查变压器的安装条件是否会导致电流或允许的负载持续率减小。

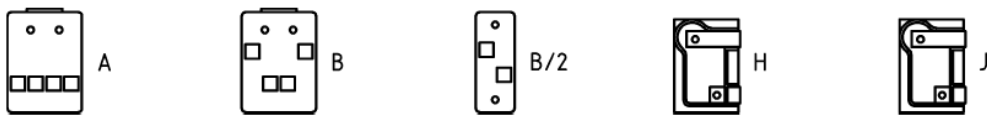
附 录 D
(资料性附录)
用于交流单相变压器的型号代码

变压器用型号代码来描述。

例：ISO 5826¹⁾ - B²⁾ - 7³⁾ - 10⁴⁾ - 71⁵⁾ - 400⁶⁾

型号代码注释：

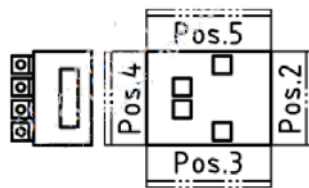
- 1) 参考国际标准(即 ISO 5826)
- 2) 输出连接端子的布置：



和 X, X 表示具有特殊接线端的变压器。

注：对于不符合上述类型代码但在工业中常见的变压器，可以使用数字代替字母。

- 3) 分接开关的位置：
 - 1 末端位置
 - 2-5 侧面位置：



6 外部位置

没有分接开关：

0 表示没有输出抽头的变压器

7 输出抽头可通过一组连接器改变的变压器

- 4) 额定空载电压(例如 10V)。
- 5) 额定短路电压 U_{cc} (例如 71%)。
- 6) 额定电源电压 U_{1N} (例如 400V)。

需要注意的是，ISO 10656 包含的代码 H 和 J 与此处给出的代码不同。

参 考 文 献

- [1] ISO 10656, 电阻焊 - 焊枪用集成变压器
 - [2] GB/T 16935.1, 低压系统内设备的绝缘配合; 第1部分: 原则, 要求和试验
 - [3] IEC 62135-1, 电阻焊设备 - 第1部分: 设计, 制造和安装的安全要求
 - [4] IEC 60204-1: 1997, 机械安全 - 机械电气设备 - 第1部分: 一般要求
 - [5] ISO 22829, 电阻焊设备 - 变压器 - 一体式焊钳用内置整流器的1000Hz变压器
 - [6] IEC 60076-12, 电力变压器 - 第12部分: 干式电力变压器的装载指南
-