

ICS 29.180

中华民国国家标准

CNS

电力变压器—第 11 部：
干式变压器

**Power transformers – Part 11:
Dry-type transformers**

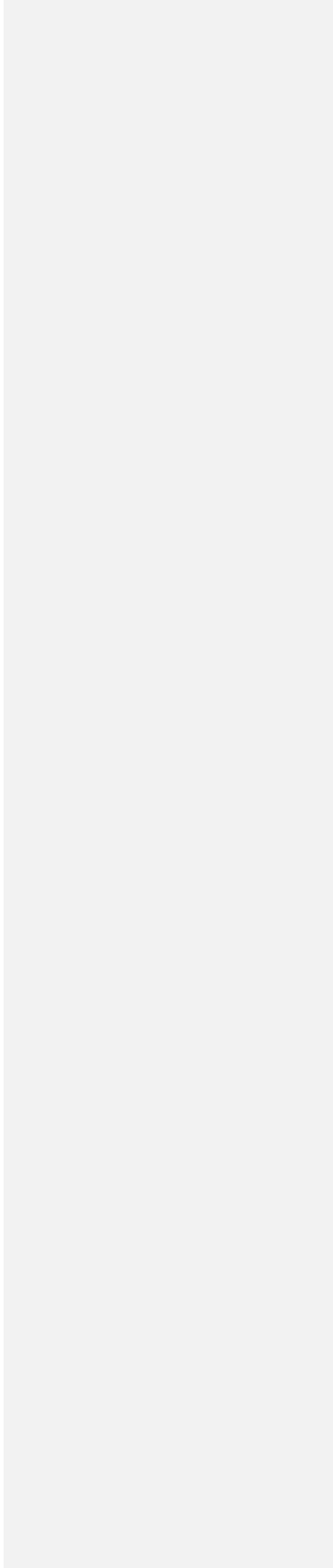
CNS XXX:2017

中华民国 年 月 日制定公布
Date of Promulgation: - -

本标准非经经济部标准检验局同意不得翻印

※

CNS XXX:2017



目录

| 节次 | 页次 |
|--------------------------------------|------------|
| 前言 | 4 |
| 1. 适用范围 | 6 |
| 2. 引用标准 | 6 |
| 3. 用语释义 | 7 |
| 4. 操作条件 | 7 |
| 4.1 通则 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 4.2 正常运转条件 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 4.3 电磁相容 (EMC) | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 4.4 非一般运转条件之规定 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 4.5 运送及储存条件 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 5. 分接头 | 8 |
| 6. 接线 | 9 |
| 7. 耐受短路的能力 | 9 |
| 8. 定额 | 9 |
| 8.1 通则 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 8.2 额定容量 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 8.3 额定容量的建议值 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 8.4 高于额定电压之运转 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 8.5 风扇冷却下的操作 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 8.6 具外壳包覆的运转 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 9. 铭牌 | 10 |
| 9.1 安装于变压器的铭牌 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 9.2 安装于变压器外壳的铭牌 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 10. 依冷却方式的识别 | 10 |
| 10.1 识别符号 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 10.2 符号安排 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 11. 温升限制 | 12 |
| 11.1 正常温升限制 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 11.2 为高冷却气温或特殊气冷条件而设计之变压器的减额温升 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 11.3 高海拔温升修正 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 12. 绝缘等级 | 13 |
| 12.1 通则 | 錯誤！尚未定義書籤。 |
| 12.2 高海拔使用之变压器 | 錯誤！尚未定義書籤。 |

CNS XXX:2017

(共 31 頁)

| | |
|-------------------------------|-------------|
| 13. 气候、环境和消防特性类别 | 15 |
| 13.1 气候类别 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 13.2 环境类别 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 13.3 消防特性类别 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 13.4 对气候、环境及消防特性类别的试验准则 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 14. 试验的一般要求 | 16 |
| 15. 绕阻电阻的量测(例行试验) | 17 |
| 16. 电压比的量测及相位移检查(例行试验) | 17 |
| 17. 短路阻抗及负载损失的量测(例行试验) | 17 |
| 18. 无载损失及电流的量测(例行试验) | 17 |
| 19. 分离电源交流耐受电压试验(例行试验) | 17 |
| 20. 感应交流耐受电压试验(例行试验) | 17 |
| 21. 雷击脉冲试验(型式试验) | 17 |
| 22. 部分放电量测(例行及特殊试验) | 18 |
| 22.1 通则 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 22.2 基本量测电路(仅作为代表) | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 22.3 量测电路的校正 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 22.4 电压应用 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 22.5 部分放电的允收标准 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 23. 温升试验(型式试验) | 20 |
| 23.1 通则 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 23.2 加载方式 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 23.3 降低电流时的绕组温升修正 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 23.4 稳定状态的判定 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 24. 噪音等级量测(特殊试验) | 23 |
| 25. 短路试验(特殊试验) | 23 |
| 26. 环境试验(特殊试验) | 23 |
| 26.1 通则 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 26.2 试验的有效性 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 26.3 试验步骤 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 27. 气候试验(特殊试验) | 24 |
| 27.1 热冲击试验(特殊试验) | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 27.2 试验的有效性 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 27.3 对 C1 等级变压器的热冲击试验 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |
| 27.4 对 C2 类别变压器的热冲击 | 錯誤! 尚未定義書籤。 |

28. 消防特性试验(特殊试验)27

28.1 通则錯誤! 尚未定義書籤。

28.2 腐蚀性和有害气体释放的检查錯誤! 尚未定義書籤。

28.3 F1 类别变压器的消防特性试验錯誤! 尚未定義書籤。

28.4 待测参数及量测装置錯誤! 尚未定義書籤。

28.5 不具待测物的环控室校准錯誤! 尚未定義書籤。

28.6 试验方法錯誤! 尚未定義書籤。

28.7 试验报告錯誤! 尚未定義書籤。

28.8 评估试验结果的准则錯誤! 尚未定義書籤。

29. 容许差31

30. 对直接接触及的防护31

31. 外壳所提供的防护程度31

32. 接地端子31

33. 议价书及订单的必要信息31

附录 A (参考)干式变压器的设备及安全性錯誤! 尚未定義書籤。

CNS XXX:2017

前言

本标准系依据 2004 年发行之第 1.0 版 IEC 60076-11，不变更技术内容，制定成为中华民国国家标准者。

本标准系依标准法之规定，经国家标准审查委员会审定，由主管机关公布之中华民国国家标准。

依标准法第四条之规定，国家标准采自愿性方式实施。但经各该目的事业主管机关引用全部或部分内容为法规者，从其规定。

本标准并未建议所有安全事项，使用本标准前应适当建立相关维护安全与健康作业，并且遵守相关法规之规定。

本标准之部分内容，可能涉及专利权、商标权与著作权，主管机关及标准专责机关不负任何或所有此类专利权、商标权与著作权之鉴别。

1. 适用范围

本标准适用于最高电压不高于 36 kV，且至少一个绕组操作于 1.1 kV 以上的干式电力变压器(包括自耦变压器)。本标准适用于所有建构技术。

本标准不适用于

- 非填充空气的充气式变压器。
- 额定电压低于 5 kV 的单相变压器。
- 额定电压低于 15 kV 的多相变压器。
- 变比器(instrument transformers, 见 IEC 60044 及 IEC 60186)。
- 起动用变压器(starting transformers)。
- 试验用变压器(testing transformers)。
- 轨道车辆用牵引变压器(traction transformers mounted on rolling stock)。
- 防焰及矿场用变压器(flameproof and mining transformers)。
- 电焊用变压器(welding transformers)。
- 电压调整变压器(voltage regulating transformers)。
- 需特别安全考虑的小型电力变压器。

若尚未有标准适用于上述类型之变压器时，本标准之全部或部分仍可适用之。

2. 引用标准

下列标准受引用部分视为本标准内容之一部分。对于有标注日期者，仅所引用之版次适用。对于未标注日期者，则适用最新版次(包含所有增/修订部分)。

| | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IEC 60050 (all parts) | International electrotechnical vocabulary (IEV) |
| IEC 60071 (all parts) | Insulation co-ordination |
| IEC 60076-1:1993 | Power transformers – Part 1: General Amendment 1 (1999) |
| IEC 60076-2 | Power transformers – Part 2: Temperature rise |
| IEC 60076-3 | Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air |
| IEC 60076-5 | Power transformers – Part 5: Ability to withstand short-circuit |
| IEC 60076-10 | Power transformers – Part 10: Determination of sound levels |
| IEC 60085 | Thermal evaluation and classification of electrical insulation |
| IEC 60270 | High-voltage test techniques – Partial discharge measurements |
| IEC 60332-3-10 | Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-10: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Apparatus |
| IEC 60529 | Degrees of protection provided by enclosures (IP Code) |
| IEC 60905:1987 | Loading guide for dry-type power transformers |
| IEC 61330 | High-voltage/low voltage prefabricated substations |

3. 用语释义

下列用语及定义适用于本标准。

3.1 干式变压器(dry-type transformer)

磁路及绕组皆不浸于绝缘油中之变压器。

3.2 完全封闭的干式变压器(totally enclosed dry-type transformer)

封闭在未加压外壳内的变压器，由内部空气循环冷却。

3.3 封闭的干式变压器(enclosed dry-type transformer)

封闭在通风外壳内的变压器，由外部空气循环冷却。

3.4 未封闭的干式变压器(non-enclosed dry-type transformer)

没有提供保护外壳的变压器，由自然或强制空气循环冷却。

4. 操作条件

4.1 通则

IEC 60076-1 的要求仅在本标准提及时，才适用于干式变压器。

4.2 正常运转条件

4.2.1 通则

除非另有说明，应符合 4.2.2 至 4.2.6 所列之运转条件。若变压器必须操作在正常操作条件范围外，应依 11.2 及/或 11.3 所规定降低额定。

4.2.2 高度

不超过海平面 1,000 m 以上之高度。

4.2.3 冷却空气的温度

冷却空气温度不高于：

40 °C，于任何时刻。

30 °C，最热月份的月平均。

20 °C，年平均温度。

以及不低于：

-25 °C，若为户外型的变压器。

-5 °C，若是室内型的变压器。

对「月平均」及「年平均」的定义见 IEC 60076-1 之 3.12。

4.2.4 电源电压波形

电源电压波形约略为弦波。

备考：这项要求对公共电源系统通常并不重要。但若安装于较多转换器负载的场合则可能须加以考虑。在此等状况下，惯常的规则是波形畸变的总谐波成分不超过 5%，且偶次谐波成分低于 1%，见 IEC 61,000-2-4。另外，注意电流谐波对负载损失及温升的影响，见 IEC 61378-1。

4.2.5 多相电源电压的平衡

对三相变压器，其三相供电电压应为近似平衡。

4.2.5 湿度

周围空气的相对湿度应低于 93 %，且在绕组表面不得出现水滴。

4.3 电磁相容 (EMC)

对电磁干扰的辐射及耐受而言，变压器应视为被动组件。

4.4 非一般运转条件之规定

在 4.2 一般操作条件未涵盖之任何操作条件，应由客户载明在询价单上。此类运转条件例：

- 环境温度高于或低于前述 4.2.3 的限制之外。
- 受限的通风条件。
- 海拔高度在前述 4.2.2 的限制之外。
- 有害的烟及烟雾。
- 水蒸汽。
- 湿度在前述 4.2.6 的限制之外。
- 滴水。
- 盐雾。
- 过多及过细的粉尘。
- 负载电流中有高谐波成分。
- 供电电压波形失真。
- 高频瞬时过电压超出 12.1 及第 21 节所述之限制。
- 限制涌浪电流的相关功率因子修正及电容切换方法。
- 迭加的直流电流。
- 需要特殊考虑之耐震等级设计。
- 剧烈的机械冲击及振动。
- 不涵盖在 4.5 所述一般条件之运送及储存条件。

于此等异常操作条件下运转之变压器规格得由供货商及客户协议之。

对设计于 4.2 所列正常运转条件以外，在限定范围内的变压器定额及测试，如高温冷却空气或高度大于 1,000 m 等之补充要求条列于 11.2 及 11.3 中。

4.5 运送及储存条件

所有变压器应在周围温度低至 -25 °C 下，仍适合运送及储存。

供货商应被告知在运送至现场之间，预期最高的冲击、振动及倾斜程度。

5. 分接头

IEC 60076-1 第 5 节的要求适用。较佳的分接头范围是以下两者之一：

±5 % 且级距为 2.5 % (5 个分接头位置)。或

±5 % (3 个分接头位置)。

CNS XXX:2017

分接头的选择应以螺栓链接或非电路方式的分接头切换器等非电子电路的方式达成。

6. 接线

除非客户另有规定，变压器接线应如 IEC 60076-1 中第 7 节的 Dyn 接线，且时钟数字为 5 或 11。中性点接线应能承载全部的额定相电流。

7. 耐受短路的能力

变压器应能满足 IEC 60076-5 的要求。若客户要求进行试验以验证满足该要求，则应于合约中明订。

8. 定额

8.1 通则

制造商应指定变压器的定额，且如第 9 节所要求，应标示于铭牌上。假定一次侧电压达到额定电压，且电源是额定频率下，这些定额可以使得变压器在稳定负载状况下传输额定电流，而不超过第 11 节所规定的温升限制。

8.2 额定容量

变压器每一绕组皆应指定额定容量，且须标示于铭牌上。若变压器系以单一外壳包覆，其额定量应完整提供。额定容量与连续性负载有关。该数值并可作为相关的负载损失、温升和短路阻抗保证值的参考。

备考：一具双绕组变压器仅有一个额定容量，且该 2 个绕组之额定容量相同。当变压器施加额定电压于一次绕组，且该绕组端子流过额定电流，则该对绕组均接收到额定容量。

额定容量系对应于连续性的负载。然而，符合本标准的干式变压器仍可操作于过载情形下，而 IEC 60905 (IEC 60076-12) 提供关于过载的指南。

8.3 额定容量的建议值

50 kVA 以上的建议值应符合 IEC 60076-1 的 5.1.2。

8.4 高于额定电压之运转

在变压器绕组之最高电压 U_m 之规定值范围内，变压器应有能力在额定功率下，操作电压与操作频率之比值 (V/Hz) 超过其额定电压与额定频率之比值 5 % 以内之过激磁状况下连续运转而不造成损坏。

备考：本要求并非是要系统性地适用在正常运转下。在此等过载状况下所造成铁损的增加带有不良影响，且过载操作应仅持续有限的期间。这种状况应保留在极少的运转情形下，且在有限的持续时间中，例如紧急运转或极高的负载下。

8.5 风扇冷却下的操作

当提供额外的风扇冷却时，具与不具风扇下的标称容量额定由客户与制造商协议之。铭牌应同时标示不具风扇及具风扇冷却下的最大容量额定。

8.6 具外壳包覆的运转

对变压器制造商尚未提供或稍后提供之具外壳包覆的运转，见 IEC 61330 附录 D 及 IEC 60905。

9. 铭牌

9.1 安装于变压器的铭牌

每具变压器应具备以防水材料制成的铭牌，且安装于明显的位置来提供以下项目数据。铭牌中的项目应以不可磨灭的方式标示，亦即如以蚀刻、雕刻、盖印或光化学制程实施。

- (a) 干式变压器。
- (b) 本标准的版次及年份。
- (c) 制造商名称
- (d) 制造商序号。
- (e) 制造年份。
- (f) 各个绕组的绝缘系统温度。第一个字母指高压绕组，第二字母指低压绕组。当多于两绕组时，字母应依高压至低压的顺序排列。
- (g) 相数。
- (h) 每种冷却方法的额定容量。
- (i) 额定频率。
- (j) 额定电压。若有时，包含分接头电压。
- (k) 每种冷却方法的额定电流。
- (l) 接线符号。
- (m) 额定电流及适当参考温度下的短路阻抗。
- (n) 冷却类型。
- (o) 总重量。
- (p) 绝缘等级。
- (q) 保护等级。
- (r) 环境类别。
- (s) 天候类别。
- (t) 消防特性类别。

所有绕组的额定耐压应标示在铭牌上。标准标示的原则如 IEC 600676-3 第 5 节所例示。

9.2 安装于变压器外壳的铭牌

每个变压器外壳应具备以防水材料制成的铭牌，且安装于明显的位置，提供 9.1 所列示的数据项。铭牌的项目应以不可磨灭的方式标示，亦即如以蚀刻、雕刻、盖印或光化学制程实施。

10. 依冷却方式的识别

CNS XXX:2017

10.1 识别符号

变压器应依使用的冷却方式加以识别，关联至各种冷却方式使用的字母符号应如表 1 所示。

表 1 字母符号

| | | 符号 |
|------|----|----|
| 冷媒种类 | 空气 | A |
| 通风类型 | 自然 | N |
| | 强制 | F |

10.2 符号安排

变压器应对于每种冷却方式及其所对应制造商指定之额定值，以两个符号标示。

典型的标示如下：

设计为自然空气通风的变压器标示为 AN。

设计为一定额定以下用自然空气通风。更高的额定用强制冷却的变压器标示为 AN/AF。

11. 温升限制

11.1 正常温升限制

设计为在正常运转条件下操作之变压器的各个绕组，在根据 23 节规定进行试验时，其温升不得超过表 2 所列的相关限制。

发生在绕组绝缘系统任一部分的最大温升称为热点温度，热点温度不得超过 IEC 60905 表 1 所规定的热点绕组温度的额定值。虽然这个温度可以量测获得，但为现实考虑，利用 IEC 60905 中 4.2.4 公式 1，可以计算得到估计值。其中的 Z 及 q 值可见于 IEC 60905 的 7.2。

只要温度不超过表 2 左边栏所规定的适当绝缘系统的温度，用作绝缘材料的组件可以单独或组合使用。

铁芯中金属部分及邻近物质的温度，不得达到可能造成变压器任何部位损坏的程度。

表 2 绕组温升限制

| 绝缘系统温度 (见备考 1) ℃ | 额定电流下平均绕组温升限制(见备考 2) K |
|------------------------|---------------------------|
| 105 (A) | 60 |
| 120 (E) | 75 |
| 130 (B) | 80 |
| 155 (F) | 100 |
| 180 (H) | 125 |
| 200 | 135 |
| 220 | 150 |

备考 1. 字母标示系参照 IEC 60085 的温度等级。
 备考 2. 根据第 23 节量测温升。

11.2 为高冷却气温或特殊气冷条件而设计之变压器的减额温升

当变压器设计运转在冷却空气温度高于 4.2.3 所规定的最大值之一时，则温升限制应减去冷却空气温度的超越量。该限制值应约略至(表 2 中)最近的整数 K 值。运转现场如有冷却空气的限制，或产生高环境温度时，客户应事先注明。

11.3 高海拔温升修正

设计运转在海拔高于 1,000 m 以上，但却在正常高度测试的变压器，除制造商与客户另有协议外，表 2 所提供的温升应依运转高度超过 1,000 m 的部分，每 500 m 减少：

自然气冷变压器：2.5 %。

强制气冷变压器：5 %。

倘若测试场所的高度高于 1,000 m 以上，而设置场址在正常高度时，可以施予相应的反向修正。

任何高度修正量均应约略至最接近的整数 K 。

12. 绝缘等级

12.1 通则

当变压器系用作大众或工业系统的一般配电之用时，绝缘等级应符合表 3 的行目 1 或行目 2 之规定。

表 3 依据欧洲惯例的绝缘等级

| 设备最高电压 U_m (有效值) kV | 额定短期间分离电源交流耐受电压 (有效值) kV | 额定雷击脉冲耐受电压 (尖峰值) kV | |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------|
| | | 行目 1 | 行目 2 |
| ≤ 1.1 | 3 | — | — |
| 3.6 | 10 | 20 | 40 |
| 7.2 | 20 | 40 | 60 |
| 12.0 | 28 | 60 | 75 |
| 17.5 | 38 | 75 | 95 |
| 24.0 | 50 | 95 | 125 |
| 36.0 | 70 | 145 | 170 |

行目 1 和行目 2 间的选择，应考虑在雷击与切换过电压的曝险程度、系统中性

点接地型态，以及若适用的话，过电压保护设备的型态，见 IEC 60071。

表 4 依据北美惯例的绝缘等级

| 使用于 BILs 200 kV 及以下系统之干式变压器的绝缘等级 | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|----|----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 最大 LL 系统电压 kV | 标称 LL 系统电压 kV | 低频电压绝缘等级 (有效值)kV | 一般用途(尖峰值 1.2 μs)下基本雷击脉冲绝缘等级(BILs) | | | | | | | | | |
| | | | 10 | 20 | 30 | 45 | 60 | 95 | 110 | 125 | 150 | 200 |
| 0.25 | 0.25 | 2.5 | 无 | | | | | | | | | |
| 0.6 | 0.6 | 3 | S | 1 | 1 | | | | | | | |
| 1.2 | 1.2 | 4 | S | 1 | 1 | | | | | | | |
| 2.75 | 2.5 | 10 | | S | 1 | 1 | | | | | | |
| 5.6 | 5 | 12 | | | S | 1 | 1 | | | | | |
| 9.52 | 8.7 | 19 | | | | S | 1 | 1 | | | | |
| 15.5 | 15 | 34 | | | | | S | 1 | 1 | | | |
| 18.5 | 18 | 40 | | | | | | S | 1 | 1 | | |
| 25.5 | 25 | 50 | | | | | | 2 | S | 1 | 1 | |
| 36.5 | 34.5 | 70 | | | | | | | | 2 | S | 1 |
| 脉冲截波： 发生闪络的最短时间(μs) | | | 1 | 1 | 1 | 1.3 | 2 | 2 | 1.8 | 2 | 2.3 | 2.7 |
| S = 标准值。 1 = 曝险于过电压且需要较大的保护边限时选用的较高等级。 2 = 可运用突波吸收器等保护设备且较小的火花闪烁时的较低等级 | | | | | | | | | | | | |

12.2 高海拔使用之变压器

当变压器规格定义运转在海平面上 1,000 m 至 3,000 m 间高度，但却在一般高度进行测试时，额定短期间分离电源交流耐受电压值，随着高度高于 1,000 m 以上，每 100 m 增加 1%。高于 3,000 m 以上者，绝缘等级由制造商与客户协议之。

13. 气候、环境和消防特性类别

13.1 气候类别

定义有两种气候类别：

类别 C1：变压器适合运转于环境温度不低于 -5 °C，但在运送及储放时环境温度可以低到 -25 °C。

类别 C2：变压器可以适合在低到 -25 °C 的环境温度下运转、运送及储放。

根据 27 节的特殊试验，必须确认满足 C1 及 C2 类别变压器的要求。

备考：在户外运转的变压器通常应该包覆在外壳中，或是给予其他适当的保护。

13.2 环境类别

对于干式变压器的环境条件系以湿度、结露、污染和环境温度表示。

备考：这些条件不仅在运转时，对在安装前的储放亦同样重要。

关于湿度、结露和污染，可以定义三种不同的环境类别：

类别 E0：变压器没有结露现象，且污染可以忽略。在干净、干燥的室内装设环境，通常可以达成此要求。

类别 E1：变压器偶而发生结露现象(例：当变压器在断电时)，容许有限的污染。

类别 E2：经常有结露现象或是有严重的污染，或是两者皆有。

根据第 26 节特殊试验的步骤必须确认满足 E1 及 E2 类别变压器的要求。

13.3 消防特性类别

定义两种消防特性类别：

类别 F0：不需考虑特殊的火灾风险。除了变压器设计时应考虑的特性外，不需采取特殊措施去限制易燃性。但是，有毒物质及浓烟的释放仍应尽量减少。

类别 F1：变压器具火灾危险。需限制可燃性，且有毒物质及浓烟的释放应尽量减少。

根据第 28 节特殊试验的步骤必须确认满足 F1 类别变压器的要求。

备考：依据第 28 节的量测可能产生 ≤ 10 K 的标准偏差。

13.4 对气候、环境及消防特性类别的试验准则

若变压器宣告为适合某一种气候、环境和消防特性类别的组合时，验证兼容于这些类别的试验，需依表 5 的顺序在该同型变压器上实施。

规定于第 26 节、第 27 节和第 28 节的试验，应在一具可代表该设计类型的变压器上实施。

表 5 试验顺序

| 类别 | | | 气候 | | 环境 | | | 消防特性 | |
|----|--------------|--------|----|----|----|----|----|------|----|
| 试验 | | 节次 | C1 | C2 | E0 | E1 | E2 | F0 | F1 |
| 1 | 于-5 °C 的热冲击 | 27.3 | 是 | 否 | | | | | |
| 2 | 于-25 °C 的热冲击 | 27.4 | 否 | 是 | | | | | |
| 3 | 结露试验 | 26.3.1 | | | 否 | 是 | 否 | | |
| 4 | 结露及湿气渗透试验 | 26.3.2 | | | 否 | 否 | 是 | | |
| 5 | 消防特性试验 | 28.3 | | | | | | 否 | 是 |

14. 试验的一般要求

新变压器应实施规范于第 15 至第 23 节的试验。已经在运转中的变压器可以根据这些规范实施试验，但绝缘试验的等级须减低至 80 %。但是当该变压器属新品的保证等级并不适用。

试验应由制造商或是在认可的实验室进行。除非制造商及客户在询价阶段另有协议。

符合第 19 节、第 20 节和第 21 节的绝缘试验，应对实施大约处于试验空间温度的变压器。

试验应在包含相关配件，完整装配完成的变压器上进行。

分接头绕组应连捆在其主分接头上，除非制造商和客户间另有协议。

除非该试验章节中另有说明，所有非关绝缘之特性的试验基准均是额定条件。

15. 绕阻电阻的量测(例行试验)

IEC 60076-1 的 10.2 之试验适用。

16. 电压比的量测及相位移检查(例行试验)

IEC 60076-1 的 10.3 之试验适用。

17. 短路阻抗及负载损失的量测 (例行试验)

IEC 60076-1 的 10.4 之试验适用。

短路阻抗及负载损失的参考温度应是表 2 的第 2 栏中容许的平均绕组温升加上 20 °C。

当变压器具有不同绝缘系统温度的绕组，应采用具有较高绝缘系统温度之绕组的参考温度。

18. 无载损失及电流的量测(例行试验)

IEC 60076-1 的 10.5 之试验适用。

19. 分离电源交流耐受电压试验(例行试验)

IEC 60076-3 的 11 节之试验适用。

试验电压应符合表 3 或表 4 对该变压器绝缘等级的规定。

应对待测绕组及所有连接至地的其余绕阻、铁芯和变压器外壳，施加足额的试验电压达 60 s。

20. 感应交流耐受电压试验(例行试验)

IEC 60076-3 的 12.2.1 之试验适用。

试验电压应为两倍的额定电压。

对任何小于等于两倍额定频率，在最大电压下，试验应持续 60 s。若试验频率超过两倍额定频率，则试验应持续：

$$120 \times \frac{\text{額定頻率}}{\text{試驗頻率}} \text{ s} , \text{ 但不小於 } 15 \text{ s}$$

21. 雷击脉冲试验(型式试验)

IEC 60076-3 的第 13 节之试验适用。

试验电压应符合表 3 或表 4 对该变压器绝缘等级的规定。

试验脉冲波形应是 $1.2 \mu\text{s} \pm 30\%$ / $5 \mu\text{s} \pm 20\%$ 。

试验电压应为负极性。对线路端子的试验顺序应是一个介于 50 % 至 75 % 最大电压的校准脉冲，之后再接着三个最大电压的脉冲。

备考：在干式变压器中，雷击脉冲试验可能在空气中造成电容性的部分放电，而这现象不会伤及绝缘性能。这些部分放电导致电流波形的改变，但电压波形只有轻微变化或甚至没变化。在此状况下，分离电源耐压试验及感应过电压耐受试验应再次施行。考虑以上说明，电流波形的些微偏差，并不会构成试验失败的原因。

22. 部分放电量测(例行及特殊试验)

22.1 通则

所有干式变压器均应执行部分放电量测，量测应符合 IEC 60270 及 IEC 60076-3 附录 A 的要求。

部分放电量测应在变压器中 $U_m \geq 3.6$ kV 的绕组上进行。

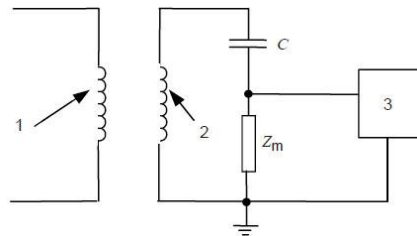
22.2 基本量测电路(仅作为代表)

部分放电试验的基本量测电路如图 1 及图 2 所表示。

在图中，一个具适当电压定额的无部分放电高压电容 C (相较于校正发电机电容 C_0 ，具有高电容值) 与侦测阻抗 Z_m 串联，再连接到每个高压绕组端子上。

22.3 量测电路的校正

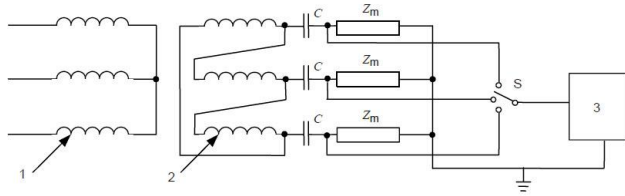
放电脉冲的衰减在绕组及量测电路中均会发生。校正程序依 IEC 60076-3 之附录 A 所述执行，在变压器高压绕组端子上，由标准放电校正器注入模拟的放电脉冲。对变压器试验时，若校正发电机的重复频率是约每半个电源周期一个脉冲会是适当的。



图例

- 1 低压绕组
- 2 高压绕组
- 3 量测仪器

图 1 对单相变压器的部分放电试验基本量测电路



图例

- 1 低压绕组
- 2 高压绕组，三角形或星形接线
- 3 量测仪器
- S 开关

图 2 对三相变压器的部分放电试验基本量测电路

22.4 电压应用

部分放电量测应在所有绝缘试验完成后才进行。依变压器本身系三相或单相而定，低压绕组应由三相或单相电源供电。电压应尽可能接近弦波形式，且频率应适度高于额定频率，以避免在试验时造成过大的激磁电流。试验步骤应依 22.4.1 及 22.4.2 规定。

22.4.1 三相变压器

22.4.1.1 例行试验

所有干式变压器应施行下列试验。

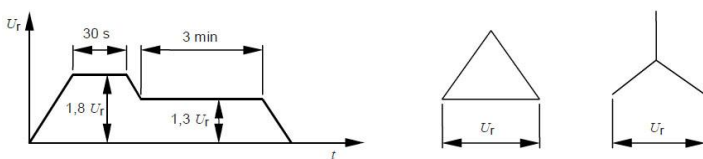


图 3 例行部分放电试验的试验电压

应感应出预应力 $1.8 U_r$ 的相间电压，且历时 30 s，其中 U_r 是额定电压。不需中断紧接着历时 3 分钟，感应出 $1.3 U_r$ 的相间电压，且在这段时间中量测部分放电。

22.4.1.2 额外程序试验(特殊试验)

本额外试验系针对连接到隔离系统，或是经由高阻抗接地且在单相线对地故障时，仍能运转之系统的变压器。本试验应是客户规定才实施。

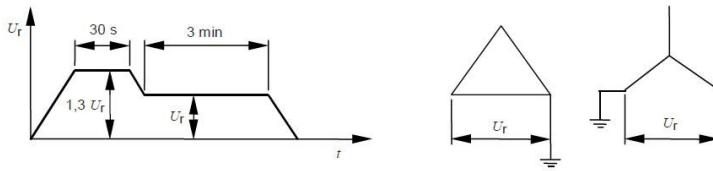


图 4 特殊部分放电试验的试验电压

在一端子接地下，应感应出预应力 $1.8 U_r$ 的相间电压，且历时 30 s。不需中断紧接着历时 3 分钟，感应出 $1.3 U_r$ 的相间电压，且在这段时间中量测部分放电(见图 4)。换另一端子接地后，重复执行本试验。

22.4.2 单相变压器

对单相变压器， U_r 视需要可以是线电压或相电压。施加电压的规定则比照三相变压器。

由三具单相变压器所构成的三相变压器，应比照三相变压器进行试验。

22.5 部分放电的允收标准

部分放电的最大可以为 10 pC。

备考：对装有附件的变压器应有特别考虑，例如突波吸收器。

23. 温升试验(型式试验)

23.1 通则

IEC 60076-2 的 5.1、5.2.3、5.4、5.5 及 5.6 的相关要求可以适用。对三相变压器的温升试验应施予三相电源。

23.2 加载方式

制造商可以选择下列可行方式。

23.2.1 仿真负载方式

本方式可适用于包覆、未包覆或完全包覆，具自然或强制通风之干式变压器。温升可以混用短路试验(负载损失)和开路试验(无载损失)来建立。

变压器的温度稳定在试验实验室的室温下。高压及低压绕组的电阻应予量测，这些电阻值将做为两绕组温升计算的参考值。试验实验室的室温应予量测且记录。

对三相变压器，应在中心点及外部相线端子间量测电阻。

量测点的位置(亦即，变压器上的环境温度温度计及侦测器，若有的话)应与参考及最终量测一致。

绕组短路试验时，应在一绕组流过额定电流且其他绕组短路下进行，且应持续直到绕组及铁芯达到稳态为止，见 23.4。绕组温升 $\Delta\theta_c$ 应以电阻温升的方法或是重迭定理获得。

开路试验时，应在额定频率下施予额定电压，直至绕组及铁芯达到稳定状态为

止，然后应量测个别绕组的温升 $\Delta\theta_e$ 。

试验步骤可用以下两者为之：

绕组短路试验直到绕组及铁芯温度达到稳定。然后，开路试验直至绕组及铁芯温度达到稳定状态为止。或

开路试验直至绕组及铁芯温度达到稳定。然后，绕组短路试验直到绕组及铁芯温度达到稳定为止。

在绕组流过额定电流及正常铁芯激磁下，每个绕组的总绕组温升 $\Delta\theta'_c$ ，以下列公式计算：

$$\Delta\theta'_c = \Delta\theta_c \left[1 + \left(\frac{\Delta\theta_e}{\Delta\theta_c} \right)^{1/K1} \right]^{K1}$$

其中， $\Delta\theta'_c$ ：是总绕组温升。

$\Delta\theta_c$ ：是短路试验时的绕组温升。

$\Delta\theta_e$ ：是开路试验时的个别绕组温升。

$K1$ ：对自然空气冷却是 0.8。对强制空气冷却是 0.9。

23.2.2 背对背法⁽¹⁾

当有两具相似的变压器，且具备必要的测试设备时，本方法是合适的。本方式可适用于包覆、未包覆或完全包覆，具自然或强制通风之干式变压器。

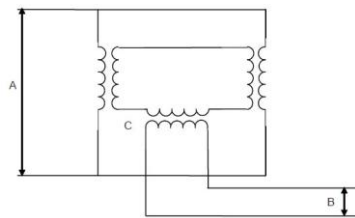
变压器的温度稳定在试验实验室的室温下。高压及低压绕组的电阻应予量测，这些电阻值将做为两绕组温升计算的参考值。试验实验室的室温应予量测且记录。

量测点的位置在参考及最终量测时均应相同。

对三相变压器，应在中心点及外部相线端子间量测电阻。

对星形连接绕组的三相变压器，量测应优先考虑中间分支。

两具变压器(其中一具是待测变压器)予以并联，且内部绕组最好以待测变压器的额定电压激磁。藉由不同的电压比率，或是注入电压，使待测变压器流过额定电流，直到铁芯及绕组温度达到稳定为止，见图 5 及图 6。



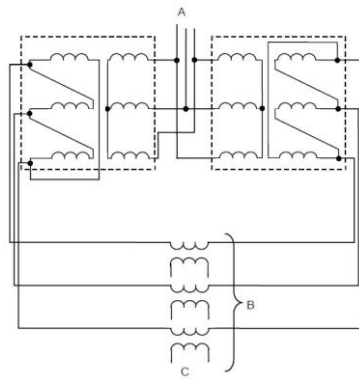
图例

A 执行无载损失试验之额定频率下的电压源

- B 执行有载损失试验之额定频率下的额定电流源
- C 升压变压器

图 5 背对背法的范例—单相

注⁽¹⁾ 倘若在绕组流通电流之前, 先将铁芯激磁一段时间(最好不少于 12 h), 则试验时间可以缩减。



图例

- A 执行无载损失试验之额定频率下的电压源
- B 执行有载损失试验之额定频率下的额定电流源
- C 升压变压器

图 6 背对背法的范例—三相

23.2.3 直接加载法⁽²⁾

注⁽²⁾ 倘若在绕组流通电流之前, 先将铁芯激磁一段时间(最好不少于 12 h), 则试验时间可以缩减。

本法仅适用于小型变压器。

变压器其中一个绕组, 通常是内侧绕组, 以额定电压激磁, 另一绕组则链接至一适当负载, 使得两个绕组流过额定电流。

23.3 降低电流时的绕组温升修正

当输入的试验电流 I_t 低于 I_N , 但不少于 I_N 的 90 %, 绕组的温升 $\Delta\theta_t$ 应以电阻法量测。当绕组及铁芯达到稳定状态时, 用下列公式修正额定负载条件下的温升 $\Delta\theta_N$:

$$\Delta\theta_N = \Delta\theta_t \left(\frac{I_N}{I_t} \right)^q$$

CNS XXX:2017

其中， $\Delta\theta_N$ ：是额定负载条件下的绕组温升。

$\Delta\theta_I$ ：是试验电流下的绕组温升。

I_N ：是额定电流。

I_I ：是输入试验电流。

q 的值可以是：

对 AN 变压器是 1.6。

对 AF 变压器是 1.8。

23.4 稳定状态的判定

当温升不再变化时则视为最终温升。当温升变化每小时不超过 1 K 时，可视为达成这个条件。

为判定稳定状态是否已达到，在下列表面上应使用热偶极或温度计：

对第 3 节所定义的所有形式变压器：顶轭中心且尽量靠近绕组上方最内层的低压绕组导体，对三相机组量测它的中间臂。

24. 噪音等级量测(特殊试验)

IEC 60076-10 的相关规定适用。

备考：噪音等级的保证值系对于空旷场地而言，因建筑物墙面、地板和天花板的反射会明显地提高噪音等级。

25. 短路试验(特殊试验)

IEC 60076-5 的相关规定适用。

部分放电试验应在短路试验之后重复实施，最终的值不得超过 22.5 所规定的限制值。

26. 环境试验(特殊试验)

26.1 通则

本试验确认变压器对 13.2 所定义的环境等级的适切性，试验程序可见于 13.4。

除非另有规定，试验应在组装完整，装配(与该试验相关)附件的变压器上进行。

变压器及其附件应为洁净的新品，且在绝缘零件上没有任何额外的表面处理。

26.2 试验的有效性

在变压器上所施行的环境试验结果的有效性，可以扩及其他基于相同设计准则的变压器，例：

相同设计概念(例：绕组是否包覆在固体绝缘中、绕组型式、保护等级等)。

相同的主要绝缘材料。

26.3 试验步骤

26.3.1 E1 类变压器

本试验是结露试验。

变压器必须放置在温湿度均保持在受控下的环控室(test chamber)中。

环控室的空间应至少是外接该变压器的立体长方形的五倍大。变压器任何部位

与墙壁、天花板及喷雾嘴间的空隙，应不小于带电组件间最小的相对相间的空隙，且不少于 150 mm。

在环控室中的气温应设定成确定变压器上会结露的温度

变压器应保持在相对湿度高于 93 % 的空气中，这可用周期性或连续性地将定量的水雾化来达成。

水的导电度应在 0.1 S/m 至 0.3 S/m 的范围间。

机械性雾化器的设置位置应选在变压器不会直接被水雾喷到的地方。

在试验时，天花板的水滴也不得滴落在变压器上。

变压器应保持在相对湿度高于 93 % 的空气中，在不受电的状况下，至少 6 h。

该变压器应在下列感应电压的状况下，在 5 分钟之内开始试验：

欲与直接接地或低阻抗接地的系统连接的变压器，应加压至 1.1 倍额定电压历时 15 分钟。

欲与隔离或较大阻抗接地的系统连接的变压器，应承受连续 3 个历时 5 分钟的感应电压试验。试验中，每个高压端子应依序接地，其他的端子与地之间则应加压至 1.1 倍额定电压。三相试验可以用两个未接地相线端子互连的单相试验代替。

上述试验最好在环控室中进行。

在施加电压期间，不得发生闪络，且目视检查不可发现任何严重的电痕化 (tracking)。

26.3.2 E2 类变压器

本试验是包含结露试验和湿气渗透试验。除了水的导电性应在 0.5 S/m 到 1.5 S/m 的范围内，结露试验与 26.3.1 所述相同。

湿气渗透试验开始时，变压器应处于干燥状态。它在不受电的状况下，置于环控室内 144 h。环控室的温度应维持在 $(50 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ，且相对湿度在 $(90 \pm 5) \%$ 。

随后将变压器置于正常环境条件下 3 h，最后即可让变压器进行分离电源交流耐受电压试验，以及感应交流耐受电压试验，但电压设定为标准值的 80 %。

在绝缘试验期间，不得发生闪络，且目视检查不可发现任何严重的电痕化。

27. 气候试验(特殊试验)

27.1 热冲击试验(特殊试验)

本试验确认变压器对 13.1 所定义的气候等级的適切性，试验程序可见于 13.4。

27.2 试验的有效性

在变压器上所施行的环境试验结果的有效性，可以扩及其他基于相同设计准则的变压器，例：

相同设计概念(例：绕组是否包覆在固体绝缘中、绕组型式、保护等级等)。

相同的绕绕平均温升(根据表 2)。

相同的导体材料。

相同的主要绝缘材料。

27.3 对 C1 等级变压器的热冲击试验

27.3.1 试验方法

倘若可行，本试验应在一无包覆的完整变压器⁽³⁾上进行。该变压器应置于于环控室中。

注⁽³⁾ 在客户与制造商同意下，可以在将所有线圈由铁芯移出，来进行试验。

最后的绝缘检测应在重新将待测线圈组装回机组后再实施。

环控室中的环境温度应对离外表 0.1 m，及待测物一半高度的至少 3 个位置进行量测。量得的读数取平均值，作为平均气温。

应执行下列试验程序：

- (a) 环控室中的气温应在 8 h 内逐渐减少至 (-25 ± 3) °C，并维持在这温度至少 12 h，直到达到稳定状态为止。
- (b) 温度应在约 4 h 内逐渐上升至 (-5 ± 3) °C，并维持在这温度至少 12 h，直到达到稳定为止。
- (c) 之后施加二倍于额定的电流在待测绕组(包覆在固态绝缘中)上，施行热冲击。维持该电流直到待测绕组平均温度稳定于表 2 所规定的平均温度加上 40 °C (在正常运转条件下的最高环境温度)。绕组所达到的平均温度应由电阻变化来决定。热冲击应由以下方法之一实行：

(1) 以直流电源试验

前述的热冲击应以施加指定的直流电流于待测绕组来达成。对多相变压器而言，测试电流应施加在串联一起的所有相线圈。

备考 1. 为将线圈串联，有可能需将绕组连结移除。

试验过程中，绕组平均温度的监测，可以藉由量测试验电流和相对应的电压降，并将伏安相乘来求得。

(2) 以交流电源试验

前述的热冲击应以施加指定的交流电流于待测绕组，而其他绕组短路来达成。对多相变压器而言，应施予平衡系统电流。应施加在串联一起的所有相线圈。试验过程中，绕组平均温度的监测，应在交流试验电流上迭加直流电流来达成，或根据其他等效的方法。

(3) 另一种交流电源试验法

在一绕组短路下，在变压器上施以两倍的额定电流。各个绕组温度的监测系由固定安装在绕组表面的底部和顶部的温度传感器来达成。传感器的校正，是在正式试验前，在正常环境温度下以两倍额定电流的校正试验来进行。

传感器的读数与经由绕组电阻的变化所测得的绕组温升作比较,来对传感器作校正。以此方法,根据表 2 加上 40°C 的绕组平均温升来决定所对应的传感器读数。在低环境温度下开始的试验中,应得到相同的传感器读数。

备考 2. 因为变压器的各部分会有不同的热瞬时反应,应注意避免有些绕组会有过热的情形。

(d) 在热冲击之后,应将变压器温度降回至 (25 ± 10) °C。

27.3.2 试验准则

在热冲击试验结束后至少 12 h, 变压器应根据绕组绝缘等级, 但电压降为标准值的 80 %, 进行例行绝缘试验(分离电源感应耐受电压试验)。

此外, 对有绕组包覆在固体绝缘的变压器, 应执行如第 22 节的部分放电量测试。试验电压应不超过减额感应过电压耐受试验的电压(额定值的 160 %), 且量测值应不超过前述例行试验的值。

在目视检查下, 绕组应没有可见的异常, 如破裂或裂缝。

27.4 对 C2 类别变压器的热冲击

27.4.1 试验方法

除下列修改外, 试验方法与 27.3.1 相同:

省略步骤(b)以实施由-25 °C 起的热冲击。

27.4.2 试验准则

试验准则与 27.3.2 叙述者相同。

28. 消防特性试验(特殊试验)

28.1 通则

为优化变压器的特性, 假使在火灾发生时, 有毒物质及不透光浓烟的释放必须尽量减少。必须尽量避免卤素材料的使用, 根据 28.2 检查腐蚀性和有害气体的释出。此外, 变压器不得在有外部火灾时, 供给大量的热能。消防特性应由 28.3 的试验程序加以评估。

28.2 腐蚀性和有害气体释放的检查

当变压器中有少量可燃物质时, 应检查腐蚀性和有害气体释放。

原则上, 本试验应能侦检出如氯化氢(HCl)、氰化氢(HCN)、溴化氢(HBr)、氟化氢(HF)、二氧化硫(SO₂)和甲醛(HCNO)等成分。

试验程序的细节和可容许限制可由客户和制造商协议, 除非国家法规另有规定。

28.3 F1 类别变压器的消防特性试验

28.3.1 待测物

试验应在变压器的一个完整的相电路构造上进行, 包括高压及低压线圈、铁芯臂和绝缘部分, 若有外壳, 则予以去除。铁芯臂可以由和原铁芯臂, 在尺寸和消防特性上大略相似的材料取代。轭架应不在试验标的之内, 且低压线圈端子引出线在两端切断。

对标准变压器, 应施测的圆形绕组的外径或是非圆形绕组的最大截面尺寸在 400 mm 和 500 mm 之间

备考: 较大或较小尺寸的绕组可在协议下施测。

28.3.2 试验的有效性

消防特性试验结果的有效性可以扩及其他具相同设计准则的变压器, 例:

相同设计概念(例：绕组是否包覆在固体绝缘中、绕组型式、保护等级...等)。
相同的绕绕平均温升(根据表 2)。
相同的主要绝缘材料。

28.3.3 试验设施

28.3.3.1 环控室

环控室应根据如 IEC 60332-3-10 (关于缆线)所叙述者，见图 7。墙面应由厚度 1.5 mm 到 2.0 mm 的耐热钢板构成，其绝热性足以降低热传递至约 0.7 W/(m²K)。若可能的话，应安装防火窗。试验室的尺寸大小如表 6 所示。

表 6 环控室的尺寸(见图 7 及 8)

单位：mm

| A ⁽¹⁾ | B | | C | D | E | F | | G 直径 | H 直径 |
|-----------------------|----------|---------|-------|-------|-----|------|-------------------|-------------------|---------|
| | 最小值 | 最大值 | | | | 最小值 | 最大值 | | |
| 9,000 | 3,500 | 4,000 | 2,000 | 1,000 | 600 | 1500 | 2,000 | 500 | 500 |
| J | K 最小值 | L 直径 | M | N | P | Q | R | S | T |
| 300 | 400 | 350 | 800 | 400 | 800 | 500 | 900 | 400 | 1,200 |
| U | V | W | X | Y | Z | AA | AB ⁽²⁾ | AC ⁽²⁾ | |
| 500 | 175 | 300 | 30 | 40 | 20 | 50 | 1,000 | 1,000 | |
| 注 ⁽¹⁾ 约略高度 | | | | | | | | | |
| (2) 最小尺寸 | | | | | | | | | |

环控室应配备约略 500 mm 内径的排烟窗，且进气管路也应有约略 350 mm 内径。通入试验室的进气口与烟囱的排气口间的高度差应约略为 9 m。空气可由环控室经由一个 400×800 mm² 的栅栏且经由一个约 0.3 m² 的开口逸出至烟囱里。

在烟囱内部，应有一块量测区域，大小至少直径 500 mm，长 600 mm，其下缘位于环控室房顶上方 1.5 至 2.0 m 高度间。

在进气管路内，应有一块量测区域，大小至少直径 350 mm，长 400 mm，位置在距离环控室进气口及管路的进气口至少 1 m 之外。

除非系供强制气流流动，否则在烟囱及/或进气口应提供节流阀门。环控室应以进气量可忽略受风力影响的方式建置。

28.3.3.2 点火源(见图 7)

CNS XXX:2017

主要热源是乙醇酒精(热价为 27 MJ/kg)，在一个可为同心环状区隔的容器内燃烧。使用容器的外径应至少比外线圈的外部直径大 100 mm。而容器内径应至少比内线圈的内部直径小 40 mm。

在容器内酒精的初始液位应为(30±1) mm，相当于大约燃烧 20 min 时间。

第二热源是一个垂直放置扁平辐射状的电热板，大约高 800 mm，宽 500 mm，由总共 24 kW 的加热电阻构成，以可控电源维持加热板温度在 750 °C。在加热板对面应竖立一个直径 900 mm，高 1.2 m 的半圆柱金属屏蔽。

备考：若待测绕组的外径大于 500 mm，该屏蔽可以省略。

28.4 待测参数及量测装置

28.4.1 温度

下列位置的温度应以热电偶或等效装置量测：

进气口。

出气口。

低压线圈顶部表面（非强制）。

高压线圈顶部表面（非强制）。

铁芯臂或它的仿真零件的底部及顶部(非强制)。

铁芯及低压线圈间管路的中点(非强制)。

铁芯及高压线圈间管路的中点(非强制)。

备考：待测物上传感器的位置依图 8 所指示。

28.4.2 其他待测参数

量测区域的可见光的透光性。本项量测应由穿越烟雾至少 500 mm 光线路径进行。

备考：若透光系数为 X ，光线路径实际长度为 p (单位为 m)，则参照至 1 m 时的透光系数 = $X^{1/p}$ 。

进气口处的空气流率。

烟囱中的气体流率(非强制)。

28.5 不具待测物的环控室校准

环控室应在辐射加热板以 24 kW 功率持续加热不少于 40 分钟后进行校准。

在进气口区域量得的气体流率应调整为在 20 °C 稳定状态下为 $0.21 \text{ m}^3 \pm 15\%$ 。

若试验设施是以自然通风，气流率可以利用节流阀门或同等装置加以调整。倘若强制通风，气流率则可以用风扇系统来调整。

备考：可能会需要更多的调整方法来得到所要求的稳态气流率。

28.6 试验方法

待测物应如图 8 所示的方式装设在环控室中，且考虑下列条件：

辐射加热板与外绕组表面的距离应约为 175 mm。

容器中酒精的初始液位应在变压器绕组下方约 40 mm 的高度。

备考：在某些情形下，依据待测物体的设计，必须由客户及制造商协议之。

半圆柱金属屏蔽应置于加热板的对面且与待测物体共圆心。

在试验开始时，环控室中的进入空气及待测物体的温度应介于 15 °C 至 30 °C 之间。

在试验开始前才将酒精填充至容器中(实务上，在 5 min 内)。

试验在酒精点燃及辐射加热板(24 kW)启动的时候开始。辐射架热板应在 40 min 后关闭。应记录列在 28.4.1 及 28.4.2 的参数，至少在试验开始后的 60 min 内，或是整个试验的期间。

待测物应在试验前及试验后予以称重，精确度为 $\pm 0.5\%$ 或更高。用作为铁芯支臂及带绝缘零件的线圈可以分别称重。

28.7 试验报告

试验报告应包含下列信息：

- (a) 在材料样本上的试验结果(若客户要求)。
- (b) (若可行)可燃材料的总计算质量及热能，及待测物体的量测重量。
- (c) 试验室的校正结果(气流率、量测区段的温度、节流阀或抽气系统的调整值等)
- (d) 试验执行方法的完整叙述，包括酒精燃烧及施予电能的期间。
- (e) 在试验时可燃物质的质量损失($\pm 10\%$ 的精确度)，以及(若可行)计算得的释出热能(MJ)。
- (f) 从试验开始(酒精点燃)的整个试验过程中，以 2 min 或更小时间间隔所记录的温度。
- (g) 整个试验中连续记录之穿透量测区段的可见光(单位为%)。
- (h) 整个试验中，以 2 min 或更小时间间隔在量测区段量得的进气气流率(单位为 m^3/s)。
- (i) 待测物的可见火焰特性。

28.8 评估试验结果的准则

若待测物满足以下准则，可视为通过试验：

- (a) 整个试验过程中，烟囱的量测区段中气体相较于环境温度的温升不得超过 420 K。
- (b) 辐射加热板关闭 5 min 后(试验开始 45 min 后)，烟囱的量测区段中气体相较于环境温度的温升不得超过 140 K。且在每 10 min 周期量测下，温升应逐步降低。
- (c) 在试验开始 60 min 后，烟囱的量测区段中气体相较于环境温度的温升不得超过 80 K。这些条件系假定可以代表火焰已经熄灭。

备考：若是储存的热能在自然气流下减缓了温度下降，则可以允许较高的温升。

- (d) 在试验开始后 20 min 至 60 min 间，在穿越烟雾 1 m 的光学路径上的量测区段中，光穿透率的算术平均值应不小于 20 % (参考)。

CNS XXX:2017

29. 容许差

容许差如 IEC 60076-1 表 1 所规范者。

30. 对直接接触的防护

若变压器的结构没有防止直接碰触的特性，必须根据国家规范，提供明显可见的组件(警告牌或特殊标记)，表明其危险性。

31. 外壳所提供的防护程度

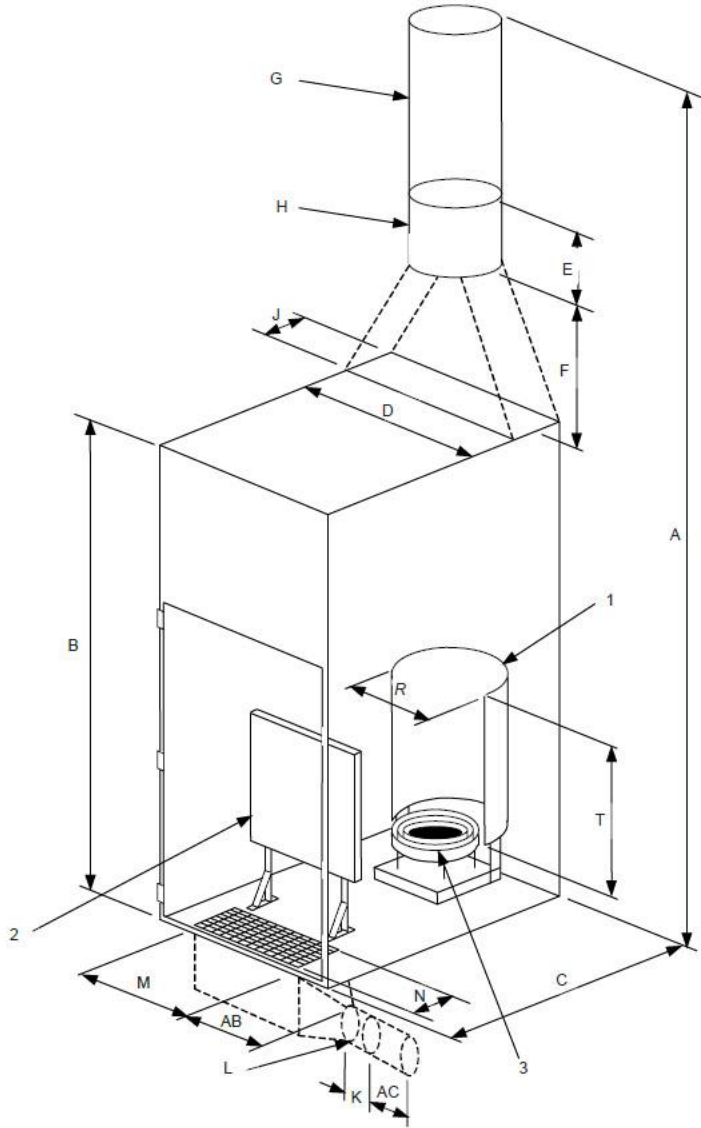
因应变压器装设地点及环境条件，外壳的设计会有所不同。外壳的规范可参照 IEC 60529。

32. 接地端子

变压器应设置接地端子以连接保护导体。所有裸露的金属导体之非带电部分，均应以结构或其他方式连接至接地端子。

33. 议价书及订单的必要信息

IEC 60076-1 附录 A 的规定可适用。

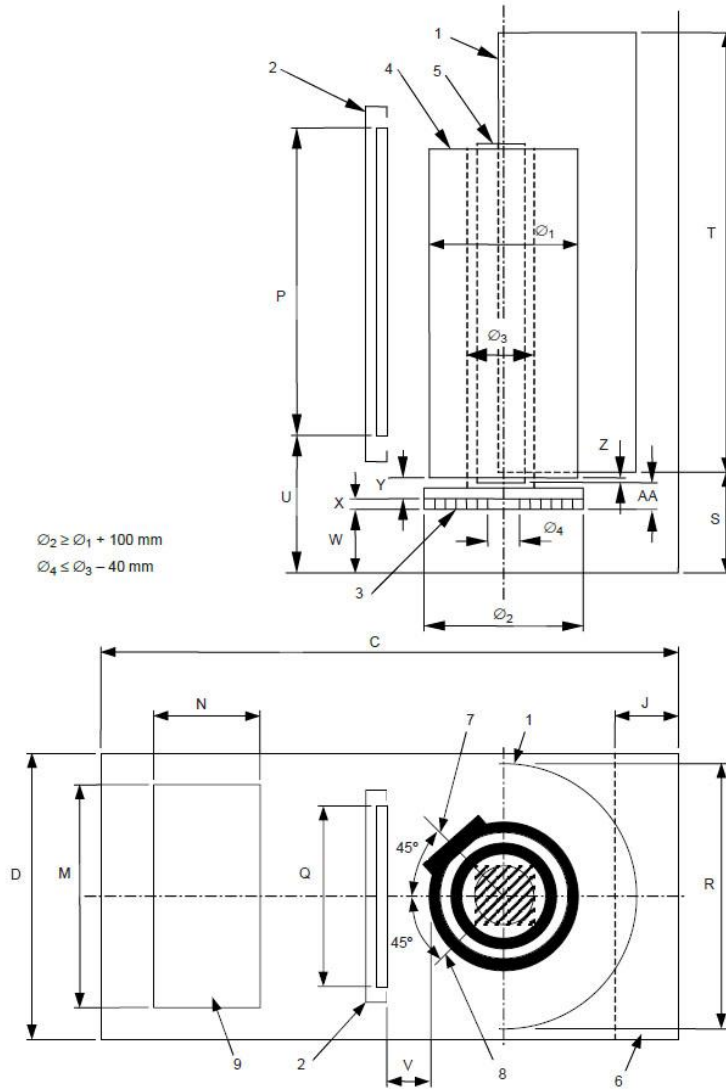


图例

- 1 屏蔽
- 2 辐射加热板
- 3 酒精容器

备考：由 A 到 Z 及 AA 到 AC 的尺寸定义见表 6

图 7 环控室



图例

- | | | |
|---------|-------|------------|
| 1 屏蔽 | 4 线圈 | 7 待测物的端子位置 |
| 2 辐射加热板 | 5 铁芯 | 8 量测传感器 |
| 3 酒精容器 | 6 出气口 | 9 进气口 |

备考：由 A 到 Z 及 AA 到 AC 的尺寸定义见表 6

图 8 环控室细节

附录 A

(参考)

干式变压器的设备及安全性

A.1 手册

关于设备需求、运送需求、建造、维护和运转的操作手册应该由制造商交给客户，特别是提供给指定客户的原型机种。除非在合约中另有规定，事先提交这些手册会是较佳的作法。因为若可行的话，可以让客户有机会检视设备及安排运送及建造等步骤的正确性。

A.2 设备

A.2.1 通则

变压器的使用安全可以由几个不同的面向考虑：

- (a) 避免内部故障引发危险的变压器内建的安全特性。
- (b) 面对难以避免事件之预防步骤的安全特性。
- (c) 限缩外部事件影响程度。

改善上述(b)和(c)中安全性所采取的步骤应受国家法律及法规所规范。

应注意的设备要求由国家标准规定。

备考：国家法律及法规优先权高于本参考附录。

下列节次举例说明应由制造商及客户所采取的步骤，以确保可接受的安全程度。

A.2.2 内建安全特性

满足本标准所包括的要求，可以提供防范变压器内部严重故障所必需的可靠度要求。对主要的装置，有相关的标准可适用。应遵照制造商对承载能力的指示，且在国家标准中有承载指引。

下列特定的项目可能适用：

- 绝缘等级及试验。
- 由经保证及测试的功率损失推算出的最大发热量。
- 运转时的最大温升。
- 变压器及其附件和保护装置的系统性维护，操作手册应载明这些项目。
- 手册应提供针对条件性维护的指引。
- 若有(外部或内部)火灾的风险，使用 F1 类别变压器。

A.2.3 设备的预防措施

设备的预防措施在国家法律及法规，以及国家标准中有规定。

设备设计者应考虑以下，但不仅止于下列项目：

- 冷却系统应足以保持环境气温低于所指定的最大限制值。
- 对系统或雷击所导致之瞬时过电压的适当防护。
- 变压器对过电流防护及内在短路的承受能力。

CNS XXX:2017

- 在变压器(温度指示装置的接点等)和设备中(电驿、熔丝等)其他的保护装置。
- 来自于变压器本身或其他地方的火源之风险及影响评估,以及对这些火源的预警措施。
- 限制人员接近设备以避免接触带电或高热部位,以及在故障发生时限定能在现场的人员。
- 所发出噪音在设备之外所能测得的限制值。
- 对总线铜条或缆线,可以必须控制电磁场的发射量。
- 避免造成环境空气污染的防范措施。
- 避免气体的产生及累积。

A.2.4 设备设计者应提供下列项目

- 除非制造商与客户另有协议,否则应有足够的通风以保持变压器周遭气温低于 4.2.3 所指定的限制值。
- 除非另有规定,否则应有适当的措施以保持环境气温高于 4.2.3 所规定的下限值。
- 对瞬间过电压的适当保护。
备考: 应小心注意在磁化电流到达它的自然电流零点前,断路器遮断该电流所引发的瞬间过电压。在一个断路器动作时,这样的瞬时常常会重复多次且会有逐渐增大的峰值。
- 在大量过电流下,将变压器切离能量来源的装置或系统。
- 对邻近热源的隔热保护。
- 可燃烟雾及气体的最小容纳气室。
- 因安全理由的近接限制。
- 若必要,对设施外音量的限制。
- 藉由设备中的屏蔽或适当的间隔,来控制外泄到设施外的磁场(主要是经由链接或总线铜条)。

相对应国际标准

IEC 60076-11:2004 Power transformers – Part 11: Dry-type transformers

格式化: 靠左