



指南编号/Guideline No.E-07(201712)

## E-07 变压器

生效日期/Issued date: 2017 年 12 月 26 日

©中国船级社 China Classification Society

## 前言

本指南是 CCS 规范的组成部分，规定船舶入级产品，授权法定产品检验适用技术要求，检验和试验要求。

本指南由 CCS 编写和更新，通过网页 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 [ps@ccs.org.cn](mailto:ps@ccs.org.cn)

历史发布版本及发布时间: E-07(201510) 2015 年 10 月 20 日

E-07(201610) 2016 年 10 月 28 日

E-07(201705) 2017 年 5 月 9 日

本版本主要修改内容:

1. 将表 5.1.5（温升极限）干式变压器的要求修改与规范表 3.6.4.1 一致。
2. 明确第 7.2 条:50kVA 及以上船用变压器在取得型式认可 B 证书后单件 / 单批的检验要求

## 目 录

|                 |    |
|-----------------|----|
| 1 适用范围.....     | 4  |
| 2 规范性引用文件.....  | 4  |
| 3 定义.....       | 5  |
| 4 图纸资料.....     | 5  |
| 5 设计技术要求.....   | 6  |
| 6 型式试验.....     | 9  |
| 7 单件/单批检验 ..... | 11 |

## 1 适用范围

1.1 本指南适用于在船舶和海上设施上安装使用的电力、照明变压器（包括容量不小于 1kVA 的单相变压器和容量不小于 5kVA 的三相变压器等）的认可和检验。

## 2 规范性引用文件

2.1 本指南适用的变压器的认可和检验依据如下：

表 2.1

|     |                           |  |
|-----|---------------------------|--|
| 1.  | IEC60092-303(1980-1)      | 船舶电气设施 第 303 部分:设备 电力和照明变压器<br>Electrical installations in ships. Part 303: Equipment - Transformers for power and lighting  |
| 2.  | IEC60092-303-am1 (1997-9) | 修订 1-船舶电气设施 第 303 部分:设备 电力和照明变压器<br>Amendment 1-Electrical installations in ships. Part 303: Equipment - Transformers for power and lighting                       |
| 3.  | IEC 60076-1(2011-04)      | 电力变压器 第 1 部分:总则<br>Power transformers - Part 1: General  |
| 4.  | IEC 60076-2(2011-02)      | 电力变压器 第 2 部分:液浸变压器的温升<br>Power transformers. Part 2:Temperature rise for liquid-immersed transformers  |
| 5.  | IEC 60076-3(2013-07)      | 电力变压器 第 3 部分:绝缘水平、电介质试验和空气中的外间隙<br>Power transformers - Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air                                 |
| 6.  | IEC 60076-4(2002-06)      | 电力变压器 第 4 部分:电力变压器和电抗器雷电冲击和操作冲击试验导则<br>Power transformers - Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing - Power transformers and reactors |
| 7.  | IEC 60076-5(2006-02)      | 电力变压器 第 5 部分:承受短路的能力<br>Power transformers - Part 5: Ability to withstand short circuit  |
| 8.  | IEC 60076-10: (2016-03)   | 电力变压器 第 10 部分:声级的测定<br>Power transformers - Part 10: Determination of sound levels   |
| 9.  | IEC 60076-10-1: (2016-03) | 电力变压器 第 10-1 部分:声级的测定 应用指南<br>Power transformers - Part 10-1: Determination of sound levels - Application guide  |
| 10. | IEC 60076-11(2004-05)     | 电力变压器 第 11 部分:干式变压器<br>Power transformers - Part 11: Dry-type transformers   |

续表 2.1

|     |                         |   |
|-----|-------------------------|---|
| 11. | IEC 60076-12: (2008-11) | 干式电力变压器负载指南<br>Loading guide for dry-type power transformers  |
| 12. | IEC 60529 (2013-08)     | 由外壳提供的保护等级(IP 代码)<br>Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)   |
| 13. | IEC 60068-2-30(2005-08) | 环境试验 第 2-30 部分:试验 试验 Db:循环湿热试验<br>(12h+12h 循环)<br>Environmental testing - Part 2-30: Tests - Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle) |
| 14. | IEC 60068-2-11(1981-01) | 基本环境试验规程 第 2-11 部分:试验 试验 Ka:盐雾<br>Basic environmental testing procedures. Part 2-11:Tests. Test Ka:Salt mist                                |
| 15. |                         | 《钢质海船入级规范》(以下简称“规范”)  |
| 16. |                         | 《电气电子产品型式认可试验指南》(现行有效)  |

### 3 定义

3.1 本指南采用的术语和定义与 IEC60076 相一致。

### 4 图纸资料

4.1 应将下列图纸、资料提交批准:

- (1) 总图;
- (2) 主要零部件图, 包括: 骨架图、线圈图、铁芯图、接线盒图、外壳图(如适用)等;
- (3) 产品技术条件;
- (4) 型式试验大纲。

4.2 应将下列图纸、资料提交备查:

- (1) 产品使用说明书;
- (2) 标有质量监控点的工艺流程图;
- (3) 工艺文件, 包括绕线工艺、钣金工艺、油漆工艺(如适用)、叠片工艺、插片工艺、真空浸漆工艺(如适用)、烘干工艺(如适用)、焊接工艺、聚酯浇铸工艺(如适用)、各种计算书(表)等;

- (4) 主要原材料（如电磁线、硅钢片、绝缘纸、绝缘漆等）的型号（牌号）及其供应商名单；
- (5) 外部接线图。

## 5 设计技术要求

### ~~5.1—50kVA及以上船用变压器应经CCS型式认可。~~

~~5.25.1~~ 船用变压器除了应满足 IEC60092-303 规定外，还应满足以下要求：

~~5.25.1.1~~ 除用于电动机起动器外，所有变压器均应采用双绕组式或多绕组式，其初级与次级绕组间应无电的连接。

~~5.25.1.2~~ 一般应采用空气冷却的干式变压器。湿式(Liquid-immersed)变压器的使用应满足下列要求：

- (1) 湿式(Liquid-immersed)变压器填充的液体应是无毒和不易助燃型。应有带报警的压力释放装置，并应有适当措施以接收由于释放装置动作或容器损坏而漏出的液体。
- (2) 当采用液体强制冷却时，应能检测冷却介质和变压器线圈的温度，当其超过规定值时发出报警，并通过减少负载达到与冷却能力相当的水平。

~~5.25.1.3~~ 在电阻性负载的情况下，当变压器自空载至满载时，次级电压的变化（电压调整率）应不超过下列数值：

- (1) 对容量大于 5kVA 的单相变压器以及容量大于 15kVA 的三相变压器为 2.5%；
- (2) 对容量等于或小于 5kVA 的单相变压器，以及容量等于或小于 15kVA 的三相变压器为 5%。

~~5.25.1.4~~ 并联运行的变压器应符合下列要求：

- (1) 变压器绕组的联接组应该相同；
- (2) 变压器应有相同的额定电压比（偏差在允许范围内）；

- (3) 变压器应有相同的阻抗电压（相互之间阻抗电压的比值应在 0.9~1.1 的范围以内）；
- (4) 当多台变压器并联运行时，该组中最小变压器额定容量应不小于并联运行中最大变压器额定容量的 50%。

**5.25.1.5** 变压器在最大定额连续运行，冷却空气环境温度为 45℃时，各部分的温升应不超过表 5.25.1.5 的温升限值。

**温升极限** 表

**5.25.1.5**

| 变压器型式          | 绕组温升极限 (K)                        |                     | 测量方法     |
|----------------|-----------------------------------|---------------------|----------|
| 干式空气冷却型<br>变压器 | A 级绝缘线圈                           | 5055                | 电阻法      |
|                | E 级绝缘线圈                           | 6570                |          |
|                | B 级绝缘线圈                           | 75                  |          |
|                | F 级绝缘线圈                           | 95                  |          |
|                | H 级绝缘线圈                           | 120                 |          |
|                | 铁芯及结构零件表                          | 最大不应超过与其接触的绝缘材料的允许温 | 温度计或热电偶法 |
| 湿式变压器          | 在 IEC60092-303 中被定义为“ON..”或“OF..” | 65                  | 温度计或热电偶法 |
|                | 在 IEC60092-303 中被定义为“OD..”        | 70                  |          |

带格式表格

带格式的：居中

带格式的：行距：多倍行距 2.5 字行

带格式的：行距：2 倍行距

**5.25.1.6** 所有变压器应能承受任何绕组端头短路时的热效应和机械应力，历时 2s 而不致损伤。

**5.25.1.7** 变压器初、次级绕组和绕组对地之间，均应按照表 5.25.1.7 的规定进行耐压试验，并应能维持 1min 而无击穿或闪络现象。

**耐压试验电压** 表 5.25.1.7

| 最高电压<br>(均方根值)<br>kV | 额定短时工频耐受电<br>压 (均方根值)<br>kV |
|----------------------|-----------------------------|
| ≤1.1                 | 3                           |
| 3.6                  | 10                          |
| 7.2                  | 20                          |
| 12.0                 | 28                          |
| 17.5                 | 38                          |
| 24.0                 | 50                          |

|      |    |
|------|----|
| 36.0 | 70 |
|------|----|

**5.25.1.8** 变压器应能承受 2 倍额定电压的感应耐压试验，试验电源的频率小于或等于 2 倍额定频率时应持续 1min；试验电源的频率大于 2 倍额定频率时，试验持续时间  $t$  为  $t(60 \times 2 \times \text{额定频率}) / \text{试验频率}$   $s$ ，但应不小于 15s。进行温升试验的变压器，该项试验应在温升试验结束后立即进行。

**5.25.1.9** 应在易接近的位置提供合适的端子及清晰的标识以便于外部接线。端子应被有效地保护并相互远离和/或隔开的以避免其意外地接地、短路或被触及。

**5.25.1.10** 变压器应有一个供保护导体连接用的接地端子。所有裸露的不带电金属导电部分均应通过在结构上采取措施或其他方式与接地端子连接。

**5.35.2** 具有金属外壳的船用变压器除应满足上述标准外，还应满足以下要求：

**5.35.2.1** 金属外壳应有足够的机械强度，能满足变压器的机械防护、正常运行和安全搬运的要求；

**5.35.2.2** 金属外壳内应有适当的空间，确保安装在金属外壳内的变压器其导电部分之间、导电部分与非导电部分之间有足够的电气间隙和爬电距离。安装在金属外壳内的变压器在正常运行时其温升应满足表 5.25.1.5 条要求；

**5.35.2.3** 金属外壳的防护等级应满足变压器安装场所的环境要求。

**5.45.3** 额定电压超过 1kV 的变压器，还应满足以下要求：

**5.45.3.1** 其外壳防护等级应至少为 IP23。当其安装在非专职人员可以到达处所，其防护等级至少为 IP4X。变压器如无外壳，其安装应符合“钢规”第 4 篇第 2.14.7.1 条的要求。

**5.45.3.2** 干式变压器应符合可接受的标准（参见 IEC60076-11《干式变压器》或其他等效的标准），液冷式变压器也应符合接受的标准（参见 IEC60076《电力变压器》或其他等效的标准）。

**5.45.3.3** 油浸式变压器应设有下列报警和保护：

- (1) 低油位——报警；

- (2) 高油温——报警；
- (3) 低油位——脱扣或降低载荷；
- (4) 高油温——脱扣或降低载荷；
- (5) 高压继电器——脱扣。

## 6 型式试验

船用变压器应按规定进行型式试验。具体试验要求如下：

6.1 若无其它规定，所有试验均应在以下环境条件下进行：

- (1) 环境温度：15℃~40℃，冷却水（如要求）温度不高于 25℃；
- (2) 相对湿度：30%RH~90%RH；
- (3) 气压：86~106 kPa。

6.2 船用变压器至少应按表 6.2 要求进行型式试验；

型式试验项目

表 6.2

| 序号 | 试验项目                        | 技术要求                     | 试验方法                     |
|----|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. | 外观、工艺检查                     |                          | 目视                       |
| 2. | 绕组电阻测量                      | IEC60076-1 第 11.2 条      | IEC60076-1 第 11.2 条      |
| 3. | 电压比测量和联接组标号检定               | IEC60076-1 第 11.3 条      | IEC60076-1 第 11.3 条      |
| 4. | 空载损耗和空载电流测量                 | IEC60076-1 第 11.5 条      | IEC60076-1 第 11.5 条      |
| 5. | 短路阻抗和负载损耗测量                 | IEC60076-1 第 11.4 条      | IEC60076-1 第 11.4 条      |
| 6. | 耐压试验                        | “规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.3 条 | IEC60076-3 第 11 条        |
| 7. | 感应耐压试验                      | “规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.4 条 | IEC60076-3 第 12.2.1 条    |
| 8. | 绝缘电阻试验                      | “规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.5 条 | “规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.5 条 |
| 9. | 雷电冲击试验（额定电压超过 1kV 的干式变压器适用） | IEC60076-11 第 21 条       | IEC60076-3 第 13 条        |

|     |                           |                   |                             |
|-----|---------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 10. | 局部放电试验(适用于Um≥3.6kV的干式变压器) | IEC60076-11 第22条  | IEC60270、<br>IEC60076-3 附录A |
| 11. | 三相变压器零序阻抗测量               | IEC60076-1 第11.6条 | IEC60076-1 第11.6条           |

续表 6.2

| 序号  | 试验项目                          | 技术要求                             | 试验方法   |
|-----|-------------------------------|----------------------------------|--|
| 12. | 声级测量                          | IEC60076-10                      | IEC60076-10  |
| 13. | 电压调整率试验                       | “规范”第4篇第3章3.6.3.1条               | “规范”第4篇第3章3.6.6.6条                                 |
| 14. | 短路试验(必要时)                     | “规范”第4篇第3章3.6.6.7条               | IEC60076-5   |
| 15. | 温升试验                          | “规范”第4篇第3章3.6.6.2条               | IEC60076-2 (液冷式变压器适用)<br>IEC60076-11 第23条(干式变压器适用) |
| 16. | 交变湿热试验                        | 《电气电子产品型式认可试验指南》(现行有效)第2.10条,6周期 | IEC60068-2-30                                      |
| 17. | 防护等级(有外壳的变压器适用)               | IP××                             | IEC60529   |
| 18. | 盐雾试验(开敞甲板上的变压器)               | Ka                               | IEC60068-2-11                                      |
| 19. | 零部件功能试验(如适用,PT100,冷却风扇,保护装置等) |                                  |  |

### 6.3 典型样品的选取

6.3.1 用于型式试验的样品应由 CCS 验船师在产品制造厂的合格成品中抽样。

6.3.2 船用变压器的试验样品应至少为一台(如试验需要,也可以增加),当申请认可的产品容量不大于 200kVA 时,应选取最大容量的产品;当申请认可的产品容量大于 200kVA 时,可选取 50%-100% 申请范围内的变压器,但需现场确认产品厂有能力制造最大规格产品。如申请认可的产品中包括有不同的绝缘等级和结构方式,则应分别抽样试验。

6.3.3 如果环境试验受到试验设备的限制（如交变湿热试验等），可另选同型号较小规格的试验样品。

#### 6.4 试验机构

6.4.1 初次型式认可时，承担试验的机构应是持有相应 CCS《产品检测和试验机构认可证书》的适当的检测机构。

6.4.2 型式认可换证时，如设备制造厂具备标准规定的试验环境、试验设备，并具有适任的检验、试验人员，经同意，可以考虑在制造厂的试验室进行型式试验、CCS 验船师现场见证。

### 7 单件/单批检验

7.1 在获得本社型式认可 B 证书后，工厂仍应对每一台变压器进行单件/单批检验；并提交相关证明文件和试验报告。

7.2 ~~对 50kVA 及以上的变压器需进行单件 /单批检验, 在进行单件 /单批检验时~~，验船师可按 10%、不少于 2 台（申请检验的产品只有 1 台时除外）的抽样比例进行现场见证。单件/单批检验项目应包括：

- (1) 外观、工艺检查（目视）；
- (2) 绕组电阻测量（IEC60076-1 第 11.2 条）；
- (3) 电压比测量和联接组标号检定（IEC60076-1 第 11.3 条）；
- (4) 短路阻抗和负载损耗测量（IEC60076-1 第 11.4 条）；
- (5) 空载损耗和空载电流测量（IEC60076-1 第 11.5 条）；
- (6) 耐压试验（IEC60076-3 第 11 条）；
- (7) 感应耐压试验（IEC60076-3 第 12.2.1 条）；
- (8) 绝缘电阻试验（“规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.5 条）；
- (9) 局部放电试验(适用于  $U_m \geq 3.6kV$  的干式变压器)（IEC60076-11 第 22 条）；
- (10) 电压调整率试验(当此项试验在制造厂进行为不可行时，经 CCS 同

意可免除) (“规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.6 条);

(11) 温升试验(但对批量生产的同型产品可只要求首台产品进行该项试验) (“规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.1~3.6.6.2 条);

(12) 零部件功能试验 (如适用, PT100, 冷却风扇, 保护装置等)。