



指南编号/Guideline No.E-07(202401)

E-07

变压器

生效日期/Issued date: 2024 年 01 月 01 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

CCS 产品检验指南规定了拟申请 CCS 认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求,但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由 CCS 编写和更新,通过网址 <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 mp@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 05 月 09 日

E-07(201712) 2017 年 12 月 26 日

E-07(201909) 2019 年 09 月 19 日

E-07(202208) 2022 年 08 月 25 日

本版本主要修改内容:

1. 引用标准换版;
2. 内部意见反馈。

目 录

1 适用范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	5
4 图纸资料.....	5
5 技术要求.....	6
6 原材料及零部件.....	7
7 型式试验.....	7
8 单件/单批检验.....	9

变压器

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、照明干式变压器（容量等于或大于 1kVA 的单相变压器和容量等于或大于 5kVA 的三相变压器，）的认可和检验。在特殊考虑下可以就个别项目接受湿式变压器，湿式变压器应满足“规范”第 4 篇第 2 章 2.14.4.2 要求及 IEC 60076 系列适用部分或其他等效的标准。互感器及自耦变压器可参照本指南执行。

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 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 Amendment 1-Electrical installations in ships. Part 303: Equipment - Transformers for power and lighting
3.	IEC60076-1(2011-04)	电力变压器 第 1 部分:总则 Power transformers - Part 1: General
4.	IEC60076-2(2011-02)	电力变压器 第 2 部分:液浸式变压器的温升 Power transformers. Part 2:Temperature rise for liquid-immersed transformers
5.	IEC60076-3(2018-03)	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 Power transformers - Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
6.	IEC60076-4(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 Power transformers - Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing - Power transformers and reactors
7.	IEC60076-5(2006-02)	电力变压器 第 5 部分:承受短路的能力 Power transformers - Part 5: Ability to withstand short circuit
8.	IEC60076-10: (2016-03)	电力变压器 第 10 部分:声级的测定 Power transformers - Part 10: Determination of sound levels

9.	IEC60076-10-1: (2016/AMD1:2020)	电力变压器 第 10-1 部分: 变压器和电抗器声级测定—应用导则 Power transformers - Part 10-1: Determination of sound levels - Application guide
10.	IEC60076-11(2018-08)	电力变压器 第 11 部分:干式变压器 Power transformers - Part 11: Dry-type transformers
11.	IEC60076-12: (2008-11)	干式电力变压器负载导则 Loading guide for dry-type power transformers
12.	IEC60529 (2013-08)	外壳防护等级(IP 代码) Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
13.	IEC60068-2-30(2005-08)	环境试验 第 2-30 部分:试验 试验 Db:循环湿热试验 (12h+12h 循环) Environmental testing - Part 2-30: Tests - Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)
14.	IEC 60068-2-11:2021	基本环境试验规程 第 2-11 部分:试验 试验 Ka:盐雾 Basic environmental testing procedures. Part 2-11:Tests. Test Ka:Salt mist
15.	《钢质海船入级规范》及其修改通报（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 术语和定义

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 技术要求

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

5.1.1 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。

5.1.2 干式变压器的冷却方式详见 IEC60076-11 第 5.8.3 条，包括自冷（AN）、自冷/风冷（AN/AF）、风冷水冷（AFWF）、水冷（WF），如果冷却方式为 AFWF、WF，应设置防止潮气和冷凝水积聚的有效措施。

5.1.3 变压器温升，短路应满足“规范”第 4 篇第 3 章要求。

5.1.4 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。

5.1.5 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。

5.2 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：

5.2.1 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；

5.2.2 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“规范”第 4 篇第 3 章要求；

5.2.3 金属外壳的防护等级应满足变压器安装场所的环境要求。额定电压超过 1kV 的变压器，还应满足以下要求：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。

5.3 用于电力推进的变压器，设置变压器绕组温度高的报警及显示应满足“钢规”第8篇第15章表15.2.11.1对推进变压器的要求。

5.4 电压调整率应符合“钢规”第4篇第3章3.6.3.1的规定，可通过阻抗电压及负载损耗计算求取。

在指定的负载及功率因数时，电压调整率按计算公式如式(1)：

$$\text{电压调整率} = n(U_a \cos \phi + U_x \sin \phi) + 0.005 n^2 (U_x \cos \phi - U_a \sin \phi)^2 \dots \dots \dots (1)$$

当短路阻抗为4%及以下时，电压调整率可按式(2)计算：

$$\text{电压调整率} = n(U_a \cos \phi + U_x \sin \phi) \dots \dots \dots (2)$$

式中： U_a —由短路阻抗和负载损耗换算得出的电阻压降，V；

U_x —由短路阻抗和负载损耗换算得出的电抗压降，V；

n —负载系数（负载与额定容量之比）；

$\cos \phi$ —功率因数。

6 原材料及零部件

6.1 产品原材料及零部件应按照我社现行规范中相关要求进行控制。

6.2 应纳入合格供方清单，未经本社批准不得变更制造厂的原材料和零部件至少应包含如下：硅钢片，铜线/铝线/铜箔/铝箔。

7 型式试验

干式变压器应按规定进行型式试验。具体试验要求如下：

7.1 若无其它规定，所有试验均应在5℃~40℃的环境条件下进行。

7.2 干式变压器至少应按表7.2要求进行型式试验；

型式试验项目

表 7.2

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	电压比测量和联结组标号检定	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	外施耐压试验	“规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.3 条	IEC60076-3 第 10 条
7	感应耐压试验	“规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.4 条	IEC60076-3 第 11 条
8	绝缘电阻测量	“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 ($U_m \geq 3.6\text{kV}$ 的干式变压器适用)	IEC60076-11 第 14.3.1 条	IEC60076-3 第 13 条
10	局部放电测量 ($U_m \geq 3.6\text{kV}$ 的干式变压器适用)	IEC60076-11 第 14.2.7 条条	IEC60270、 IEC60076-3 附录 A
11	电压调整率试验 ()	“规范”第 4 篇第 3 章 3.6.3.1 条	本指南 5.4 条
12	短路试验 (对于干式变压器仅客户要求时进行)	“规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.7 条	IEC60076-5
13	温升试验	“规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.2 条	IEC60076-2 (液浸式 变压器适用) IEC60076-11 第 14.3.2 条 (干式变压器适用)
14	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
15	外壳防护试验 (有外壳的变压器适用)	IEC60529	IEC60529
16	盐雾试验 Ka (开敞甲板上的变压器)	《电气电子产品型式认可试验指南》(现行有效) 第 2.13 条	IEC60068-2-11

7.3 典型样品的选取

7.3.1 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。

7.3.2 在进行初次认可时, 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。

7.3.3 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。

7.4 试验机构

7.4.1 型式认可时，型式试验一般应在 CCS 认可的检测机构进行。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 CCS 同意，可在制造厂的试验室进行型式试验并由 CCS 验船师现场见证。

8 单件/单批检验

8.1 额定容量为 50kVA 及以上的变压器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。

8.2 额定容量为 50kVA 及以上的变压器进行单件/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) 电压比测量和联结组标号检定（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) 外施耐压试验（IEC60076-3 第 11 条）；
- (7) 感应耐压试验（IEC60076-3 第 12.2.1 条）；
- (8) 绝缘电阻测量（“规范”第 4 篇第 3 章 3.6.6.5 条）；
- (9) 局部放电测量（适用于 $U_m \geq 3.6\text{kV}$ 的干式变压器）（IEC60076-11 第 14.2.7 条）；
- (10) 电压调整率试验（本指南 5.4 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）；