



指南编号/Guideline No.E-07(201909)

E-07

变压器

生效日期/Issued date: 2019年9月19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

本版本主要修改内容:

1. IEC60076-3(2013-07)被 IEC60076-3(2018-03)替代
2. IEC60076-11(2004-05)被 IEC60076-11(2018-08)替代

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.....	9
7 型式试验.....	9
8 单件/单批检验	11

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。互感器及自耦变压器可参照执行。

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: (2016-03)	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.	IEC60068-2-11(1981-01)	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 一般应采用空气冷却的干式变压器，液浸式(Liquid-filled)变压器的使用应满足下列要求：

- (1) 液浸式(Liquid-filled)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。

5.1.3 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%。

5.1.4 并联运行的变压器应符合下列要求：

- (1) 变压器绕组的联结组应该相同；
- (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%。

5.1.5 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 5.1.5 的温升限值。

温升极限

表 5.1.5

变压器型式	绕组温升极限 (K)		测量方法
干式变压器	A 级绝缘线圈	55	电阻法
	E 级绝缘线圈	70	
	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	
液浸式变压器	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	

5.1.6 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。

5.1.7 变压器初、次级绕组和绕组对地之间，均应按照表 5.1.7 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 5.1.7

最高电压 (均方根值) kV	额定短时工频耐受电 压 (均方根值) kV
≤1.1	3
3.6	10
7.2	20
12.0	28
17.5	38
24.0	50
36.0	70

5.1.8 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。

5.1.9 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。

5.1.10 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。

5.2 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表 5.1.5 条要求;

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。

5.3 额定电压超过 1kV 的变压器, 还应满足以下要求:

5.3.1 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。

5.3.2 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), 液浸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)。

5.3.3 液浸式变压器应设有下列报警和保护:

- (1) 低液位——报警;
- (2) 高液温——报警;
- (3) 低液位——脱扣或降低载荷;

(4) 高液温——脱扣或降低载荷；

(5) 高气压继电器——脱扣。

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

船用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 船用变压器至少应按表 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	声级测量(对干式变压器仅客户要求时进行)	IEC60076-10	IEC60076-10
12	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 同意可减免)	“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
13	短路试验(对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
14	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)
15	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
16	外壳防护试验(有外壳的变压器适用)	IEC60529	IEC60529
17	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
18	零部件功能试验 (如适用, PT100, 冷却风扇, 保护装置等)		

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 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 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 对 50kVA 及以上的变压器需进行单件 /单批检验, 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(当此项试验在制造厂进行为不可行时, 经 CCS 同意可减免)(“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)。