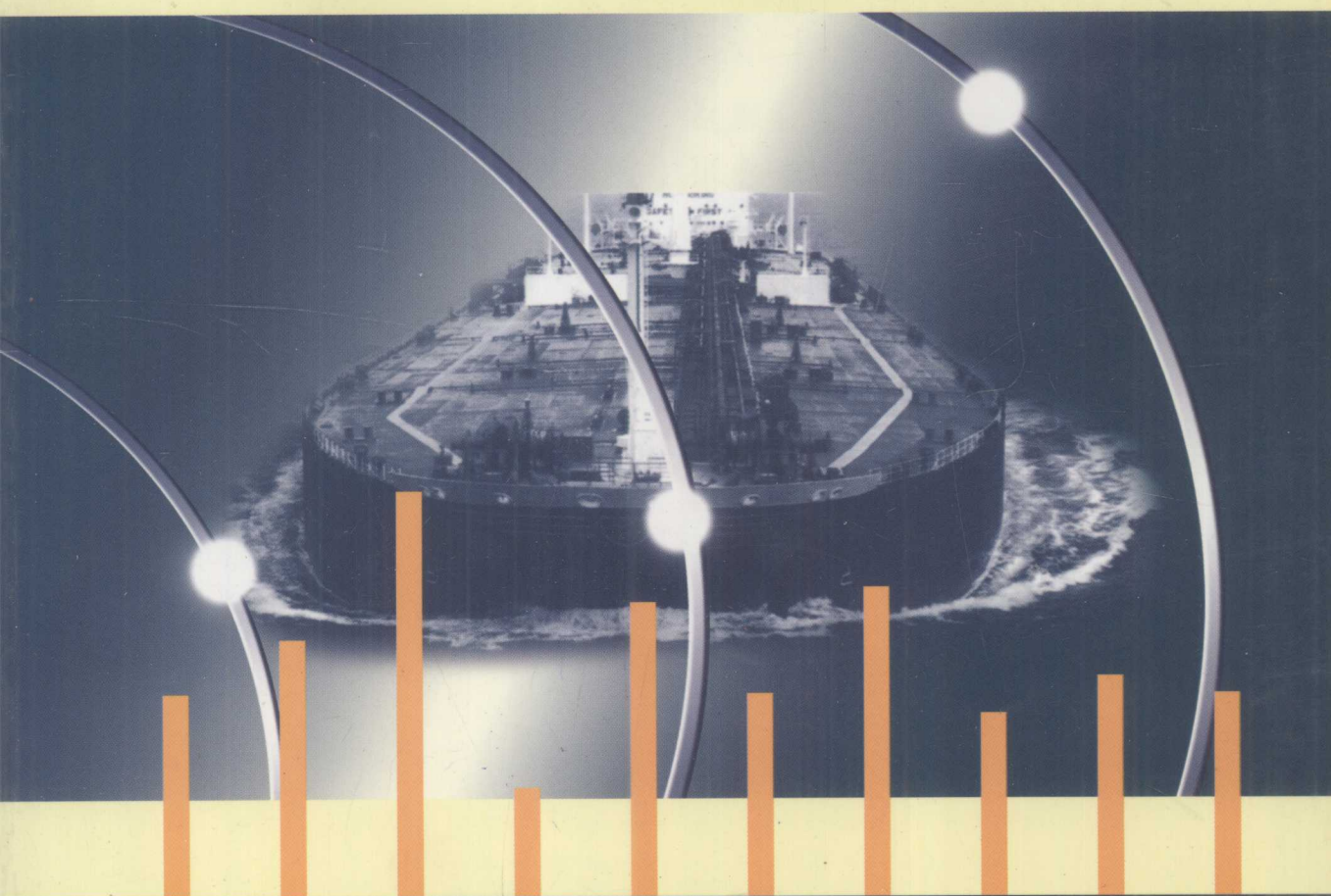


主编/赵殿礼

副主编 张春来 吴浩峻 冯 惠 武云晶

船舶电气设备管理与工艺



大连海事大学出版社

船舶电气设备管理与工艺

主 编 赵殿礼
副主编 张春来 吴浩峻
冯 惠 武云晶

大连海事大学出版社

© 赵殿礼 2004

图书在版编目(CIP)数据

船舶电气设备管理与工艺 / 赵殿礼主编 .—大连 : 大连海事大学出版社,
2004.9

ISBN 7-5632-1778-9

I. 船… II. 赵… III. 船用电气设备—高等学校—教材 IV. U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 068510 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮政编码:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连理工大学印刷厂印装

大连海事大学出版社发行

幅面尺寸:185 mm×260 mm 印张:13.75

字数:343 千字

印数:1~1000 册

2004 年 8 月第 1 版

2004 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑:黎 为

封面设计:王 艳

定价:21.00 元

内 容 提 要

本书是由大连海事大学轮机工程学院船舶电气工程教研室组织编写的。

本书共分十章,内容包括:船舶电力系统的组成,船舶常用电工材料,船舶电工测量及仪表、焊接工艺,船舶常用低压电器及其维护管理,船用电机的维护与管理工艺,船舶电站的管理与维护,船舶辅机电气控制装置的管理与维护,船舶内部通信及信号装置,船舶安全用电,船舶照明系统等。

本书可作为轮机工程专业本(专)科“船舶电气设备管理与工艺”课的教材,亦可作为海事局海船船员“适任评估”中的“船舶电工工艺和电气测试”和“船舶电站操作”两项内容的培训教材,还可作为轮机员(二、三管轮)船舶电气的培训教材及轮机员实船工作时处理电气系统故障的参考书。

前 言

随着航运业和造船业的迅速发展,船舶电气自动化设备越来越多,也越来越先进、复杂。因此,要求轮机管理人员必须跟上时代的发展,不断提高对电气设备的管理水平。本书是为了履行 STCW78/95 公约的要求及中华人民共和国海事局颁布的《中华人民共和国海员训练办法》和相关的培训纲要,使轮机员能够适应新形势的需要,做到机电合一,全面胜任电气设备的管理、使用和维护工作而编写的。

本书在编写过程中参考了中国船级社 1996 年出版的《钢质海船入级与建造规范》和中华人民共和国海事局 1998 年颁布实施的《中华人民共和国海船船员适任考试和评估大纲》,依据船舶电气设备管理技术要求及相关规范,结合船舶电气实际管理经验,全面系统地叙述了船舶电气设备的管理、操作、维修工艺和常见故障的排除方法。

全书共分十章,主要涉及船舶电力系统的组成;船舶电气设备的工作条件;船舶电工材料;常用电工仪表的基本原理及测量方法;船舶电机的维护保养要求及方法;船舶辅机电气控制装置的维护保养要求及常见故障的处理方法;船舶安全用电;照明系统的维护保养要求及方法;船舶电气设备的管理规范。

本书是由具有实船工作经验的教师根据多年实船工作经验,依据“船舶电气设备管理与工艺”课程教学大纲编写的,本书由赵殿礼主编,许乐平主审,第一章和第九、十章由赵殿礼编写,第二章和第三章由冯惠编写,第四章和第七章由张春来编写,第五章由武云晶编写,第六章和第八章由吴浩峻编写。

本书可作为轮机工程专业本(专)科、轮机工程专业函授本(专)科“船舶电气设备管理与工艺”课的教材,亦可作为海事局海船船员“适任评估”中的“船舶电工工艺和电气测试”和“船舶电站操作”两项内容的培训教材,还可作为轮机员(二、三管轮)的船舶电气培训教材及轮机员实船工作时处理电气系统故障的参考书。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2004 年 7 月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 船舶电气系统	(1)
第二节 船舶电力系统的基本电气参数	(2)
第三节 船舶电气设备的工作条件及防护要求	(9)
第四节 船舶电气设备维护的一般方法	(15)
第二章 船舶常用电工材料	(17)
第一节 船用电工材料的特点及分类	(17)
第二节 船用导电材料	(17)
第三节 船用绝缘材料	(23)
第四节 船用其他电气附属材料	(25)
第五节 焊接工艺	(26)
第三章 船舶电工仪表及测量	(34)
第一节 电工仪表的基本知识	(34)
第二节 万用表及其测量方法	(39)
第三节 兆欧表	(47)
第四节 功率因数表	(50)
第五节 钳形电流表	(51)
第六节 功率表	(54)
第七节 频率表和相位表	(59)
第四章 船舶常用低压电器及其维护管理	(62)
第一节 熔断器	(62)
第二节 自动空气断路器	(64)
第三节 交流接触器	(68)
第四节 热继电器	(73)
第五节 控制继电器	(75)
第六节 直流接触器	(77)
第七节 控制按钮	(77)
第八节 行程开关	(79)
第九节 主令控制器	(80)
第五章 船舶电机维护与管理工艺	(83)
第一节 船用电机的基本要求	(83)
第二节 船用电机的维护与保养	(85)
第三节 船用电动机的拆卸与装配工艺	(87)
第四节 船用电动机的常见故障与维修工艺	(97)

第五节	船舶同步发电机的维护和保养	(104)
第六节	船用变压器的管理与保养	(106)
第六章	船舶电站的管理与维护	(109)
第一节	船舶电力系统的特点	(109)
第二节	船舶电站管理的技术要求	(109)
第三节	船舶电源的管理	(111)
第四节	船舶配电装置的维护管理	(118)
第五节	自动电压调整器的维护管理	(126)
第六节	船舶发电机并联运行及其故障分析	(130)
第七节	发电机的继电保护	(137)
第八节	船舶电站自动化的维护和管理	(141)
第九节	船舶电站的调试	(143)
第七章	船舶辅机电气控制装置的管理与维护	(147)
第一节	电气控制线路图的阅图方法	(147)
第二节	电气控制线路故障查测	(150)
第三节	船用起动箱的日常管理与维护	(154)
第四节	船舶起货机电气系统的维护与检修	(156)
第五节	船舶锚机、绞缆机电气系统的维护与检修	(163)
第六节	船舶舵机电气系统的维护与检修	(167)
第七节	船用辅锅炉电气控制系统的维护与检修	(173)
第八节	船舶冷藏、空调电气设备的维护与检修	(176)
第八章	船舶内部通信及信号装置	(180)
第一节	船内电话通信系统	(180)
第二节	船舶操纵信号设备	(183)
第三节	电气信号装置	(192)
第九章	船舶安全用电	(198)
第一节	安全用电的基本知识	(198)
第二节	船舶电气设备防火、防爆和防静电	(199)
第三节	船舶电气设备的接地要求	(201)
第四节	电气设备绝缘的意义和要求	(203)
第十章	船舶照明系统	(205)
第一节	照明系统的分类及特点	(205)
第二节	船舶常用灯具	(207)
第三节	各种灯具的安装	(211)
第四节	照明系统的日常管理与维护周期	(213)
参考文献		(214)

第一章 概述

第一节 船舶电气系统

一、船舶电气设备系统的组成

对于不同类型的船舶,船舶电气设备系统可能略有不同,但大体上可概括为:船舶电力系统、电力拖动系统、照明系统、电力推进系统、船内通信系统、无线电通信和导航系统、机舱自动化及特种船舶专用设备的电气系统。

根据船舶电气设备的性质和用途,船舶电气设备系统可分为:电力系统、电力拖动系统、照明系统、电力推进系统、船内通信系统、导航系统、无线电通信系统、专用设备控制系统。

二、船舶电力系统的组成

船舶电力系统是指由一个或几个在统一监控之下运行的船舶电源及与之相连接的船舶电网组成的、向负载供电的整体。换句话说,船舶电力系统是由电源装置、配电装置和负载按照一定方式连接的整体,是船舶上电能产生、传输、分配和消耗等全部装置和网络的总称。其电力系统单线图如图 1-1 所示。

1. 船舶电源装置

它是将机械能、化学能等能源转变成电能的装置。船舶常用的电源装置是发电 G_1 机组和蓄电池。

2. 船舶配电装置

它是对电源、电力网和电力负载进行保护、监测和控制的装置。根据供电范围和对象的不同,它可分为主配电板、应急配电板、动力配电板、照明配电板和蓄电池充放电板等。

3. 船舶电力网

它是全船电缆和电线的总称。其作用是将各种电源与各种负载按一定关系连接起来。船舶电力网根据其所连接负载的性质,可分为动力电网、照明电网、应急电网和小应急电网等。

4. 负载

船舶电力负载按系统大体可分为以下几类:

(1)动力装置用辅机:为主机和主锅炉等服务的辅机,如滑油泵、海水冷却泵、淡水冷却泵

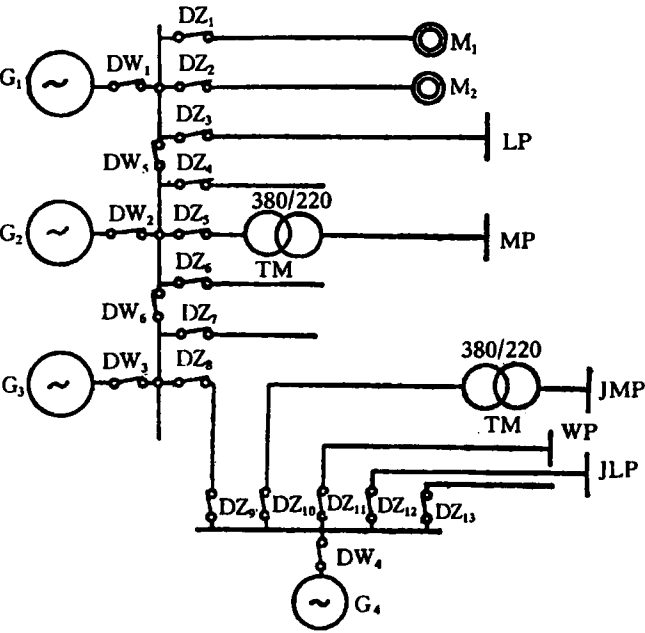


图 1-1 电力系统单线图

和鼓风机等。

(2)甲板机械:包括锚机、绞缆机、舵机、起货机、舷梯机及起艇机等。

(3)舱室辅机:包括生活用水泵、消防泵、舱底泵以及为辅锅炉服务的辅机等。

(4)机修机械:包括车床、钻床、电焊机和盘车机等。

(5)冷藏通风:包括空调装置、伙食冷库等用的辅机和通风机等。

(6)厨房设备:包括电灶、电烤炉等厨房机械用的辅机和电茶炉等。

(7)照明设备:包括机舱照明、住舱照明、甲板照明等照明设备和航行灯、信号灯以及电风扇等。

(8)弱电设备:包括无线电通信、导航和船内通信设备等。

(9)自动化设备及其他:例如,自动化装置、蓄电池充放电设备、冷藏集装箱和艏侧推装置、电力推进船舶或特种工程船舶使用的推进电动机、生产机械和专用设备等等。

5. 控制电器

船舶上常用的控制电器主要有各种类型的控制箱、接触器、继电器;各种控制器和主令电器。

6. 电工测量用仪器、仪表

船舶上常用的电工测量仪表有万用表、兆欧表、钳形电流表、交(直)流电压表、电流表、功率表、功率因数表、频率表及交流并车屏上的整步表。平时用于检修的直流稳压电源和自耦变压器、示波器等。

由上述不难看出,船舶电力系统的核心(电站)主要是主发电机和主配电板。这是因为船舶主发电机的控制和监测等功能均由主配电板完成,这是船舶电站的特征之一。由于船舶配电的主要功能也是由主配电板完成的,所以主配电板是电力系统的主要部分,是保证供电质量的关键。配电装置与电力网是密切相联的,其主要任务是根据各用电设备(即负载)的性质和容量合理地选择供电方式、电缆和开关。

电力系统必须合理选择保护装置,对电源(发电机)和用电设备(负载)加以保护,提高电力系统的供电连续性。

第二节 船舶电力系统的基本电气参数

船舶电力系统的主要电气参数有配电系统、电流种类、电压等级和频率等级等。正确选择合理的电气参数,可以保证电力系统的可靠性和经济性。

1. 电流种类

船舶供电系统常采用的有交流和直流两种电制。由于交流电制具有许多优点,其重量、体积、电性能、操作和维修等指标都占有优势,所以被船舶广泛采用。目前,货船、液货船、集装箱船、客船和科学调查船大都采用交流电制。一些特殊船和小型船舶有采用直流电制的。

2. 电压

目前各规范和规则,对船舶供电系统的额定电压和最高电压均有明确的规定,IEC92—201《系统设计规则》中,关于供电系统的直流电压见表 1-1,交流电压见表 1-2。

表 1-1 船舶供电系统的直流电压

用 途	额定电压(V)	最高电压(V)
动力	110,220	500
炊具、电热	110,220	250
照明和插座	24,110,220	250

3. 频率

船舶供电系统的频率,各规范均以 50 Hz 和 60 Hz 作为标准频率。这一规定不包括弱电设备所需的特殊频率以及海上平台等特殊设备的频率。

4. 配电系统

按 IEC92—201 的规定,直流配电系统和交流配电系统是有区别的,其规定如下:

(1)标准的直流配电系统

- ①双线绝缘系统;
- ②以船体为回路的单线系统;
- ③一极接地的双线系统;
- ④中线接地但不以船体为回路的三线系统;
- ⑤中线接地并以船体为回路的三线系统。

(2)交流配电系统

①下列系统可作为标准的一次配电系统:

三相三线绝缘系统;

中点接地的三相三线系统。

②对于 500 V 及以下的所有电压,一次配电系统还可以采用以下系统:

中点接地但不以船体为回路的三相四线系统;

单相双线绝缘系统;

一极接地的单相双线系统。

表 1-2 船舶供电系统的交流电压和频率

用 途	额定电压/V	额定频率/Hz		最高电压/V
1. 可靠固定和永久连接动力、电热和炊具设备 由插座供电的,以其本身的固定而永久接地的或以含有一(其尺寸符合 IEC92-401 号出版物:《安装和完工试验》表 I 的)连续接地导线的专用接线接地的设备	三 相	三 相	三 相	三 相
	120		60	1000
	220 } ^①	50	60	1000
	240 } ^①	50	—	1000
	380 } ^②	50	—	1000
	415 } ^②	50	—	1000
	440 } ^②	50	60	1000
	3000 ^③ /3300 ^③	—	60	1000
	6000 ^③ /6600 ^③	50	60	11000
	10000 ^③ /11000 ^③	50	60	11000
	单 相	50	60	
	120	50	单相	单相
	220 } ^①	单相	60	500
	240 } ^①	50	60	500
		50	—	500
		50		

续表

用 途	额定电压/V	额定频率/Hz		最高电压/V
2. 固定照明,包括插座 这些插座用于项 1 和 3 未述及的用途, 但拟用于具有加强绝缘或双重绝缘的设备 或以含有一(其尺寸符合 IEC92—401 号出 版物表 I 的)连续接地导线的软线或电缆相 连接的设备	单相 120 220 240	单相 50 50 50	单相 60 60 —	单相 250 250 250
3. 用于需特别当心触电的插座 a)用或不用隔离变压器供电; b)用一台安全隔离变压器仅对一个用 电器具供电的场合 这些系统的两根导线均应对地绝缘	单相 24 120 220 240 ^①	单相 50 50 50 50	单相 60 60 60 —	单相 55 250 250 250
①将来仅用 230 V ②将来仅用 400 V ③将来仅用 690 V ④仅使用于动力				

③下列系统可作为标准的二次配电系统:

三相三线绝缘系统;

中点接地的三相三线系统。

④对于 500 V 以下的所有电压,二次配电系统还可以采用下述系统:

中点接地但不以船体为回路的三相四线系统;

单相双线绝缘系统;

一极接地的单相双线系统;

对照明和插座供电用的中线接地的单相双线系统;

中线接地但不以船体为回路的单相三线系统。

此外,各有关规范还有一些具体的规定,必须予以充分的重视。例如中国船级社《钢质海船入级与建造规范》规定:1 600 总吨及 1 600 总吨以上的船舶动力、电热及照明系统,均不采用利用船体作为回路的配电系统。又规定钢铝混合结构的船舶,严禁利用铝质部分作为导电回路。

对于油船、化学品船等液货船及其他特殊船舶,必须注意其配电系统的特殊要求,如油船可以采用的配电系统只限制在:

直流双线绝缘系统;

交流单相双线绝缘系统;

交流三相三线绝缘系统。

IEC92—201 推荐的船舶供电系统的交流电压和频率列于表 1-2。对于超过 1 000 V 交流供电系统的有关限制,请参见 IEC92—503《船舶电气设备专用:电压范围为 1 kV 以上至 11 kV 的交流供电系统》。

5. 电气设备的额定电压和额定频率

船用电气设备的额定工作电压和额定工作电流组合,确定了船用电气设备的用途,各种使用类别以及相应的试验都与其有关。

对于单极船用电器,一般规定跨极两端(例如触头断开位置)的电压为额定工作电压,对于多极船用电器,一般以相间的电压为额定工作电压。

按我国现行《船用低压电器基本要求》的规定,船用电器一般采用表 1-3 规定的额定工作电压和额定频率。

表 1-3 船用电器额定工作电压和额定频率

电 流 种 类	额 定 工 作 电 压 / V	额 定 频 率 / Hz
DC	12, 24, 36, 110, 220, 440, 750	
AC	24, 36, (110), 220, 660	50 或 (60)
	380	50
	(440)	(60)
注:表中括号内数据仅供出口和国内维修产品用		

按我国现行《船用旋转电机基本技术要求》的规定,船用旋转电机标称电压如表 1-4 所示。船用交流发电机的额定频率为 50 Hz 和 60 Hz。

表 1-4 船用旋转电机标称电压

标 称 电 压 / V	交 流 电 机			直 流 电 机	
	额 定 频 率 / Hz	额 定 电 压 / V		额 定 电 压 / V	
		发 电 机		电 动 机	
24				28	24
110	50, 60	115 ^①	110 ^①	115	110
220	50, 60	230	220	230	220
380	50	390, 400	380		
440	60	450	440	460	440
660	50, 60	690	660		
		(600) ^③	(600) ^③		
800				800 ^②	800 ^②
				750 ^③	750 ^③
3 000	50, 60	3 150	3 000		
6 000	50, 60	6 300	6 000		
10 000	50, 60	11 000			
①适用于单相电机					
②单台供电的电压参数					
③供移动和固定式近海装置					

船用变频机的额定电压为 120(115)V、230(208)V 和 400(390)V;额定输出频率为 400 Hz 和 500 Hz。

按中国船级社规定,配电系统的最高电压如表 1-5 所示。根据我国有关标准,船舶配电系统的电压和频率如表 1-6 所示。

表 1-5 配电系统的最高电压

序号	用 途	最高电压/V	
		直流	交流
1	电力推进装置	110	15 000
2	固定安装、连接于固定布线的交流设备	500	15 000
3	(1)固定安装并连接于固定布线的电力设备、电炊设备和除室内取暖器以外的电热设备 (2)固定安装的电力设备和除室内取暖器以外的电热设备,由于使用上的原因需用软电缆连接者,例如可移动的起重机等 (3)以软电缆与插座连接,运行中不需手握持,连接接地导体可靠接地的可移动设备,例如电焊变压器等	500	1 000
4	(1)居住舱室内的照明设备、取暖器 (2)向下列设备供电的插座: ①具有双重绝缘的设备 ②已符合要求的连续接地的设备	250	250
5	人特别容易触电的场所,例如,特别潮湿、狭窄处所中的插座: (1)用或不用隔离变压器供电 (2)由只供一个用电设备的安全隔离变压器供电,这些插座系统的两根导线均应对地绝缘	50 250	50 250

表 1-6 船舶配电系统的电压和频率

配电系统	用 途	额定电压/V	额定频率/Hz	最高电压/V
直流	动力设备	110,220	—	500
	电热和烹调设备	110,220		250
	照明设备和外接插座	24,110,220		
交流三相	可靠固定并永久连接的动力设备、电热和烹调设备	110,220	50,60	1 000
		380	50	
		440	60	
		110,220	50,60	500
直流单相	狭窄处所、潮湿舱室、露天甲板、储藏室、机舱以及其他处所的可携设备、一般设备具有加强绝缘或双重绝缘的设备 由仅对一个设备供电的安全隔离变压器供电的设备	24	50,60	50
		110,220		
		110,220		
	居住舱室和公共舱室照明设备、取暖器以及本表上述的可靠固定并永久连接设备和可携设备以外的其他设备	110,220	50,60	250

6. 电气设备的介电性能

电气设备的介电性能,是电气设备重要参数之一。

船舶电力系统的绝缘配合是建立在瞬时过电压被限制在规定的冲击耐受电压优先系数的基础上,外来的瞬时电压必须低于或限制在低于船舶电源系统规定的冲击耐受电压,而船舶电力系统中电器或设备产生的瞬时过电压也必须低于船舶电源系统规定的冲击耐受电压。因此船用低压电器用于船舶电源系统的条件为:

- (1) 船用电器的额定绝缘电压不应低于船舶电源系统的额定电压。
- (2) 船用电器的额定冲击耐受电压不应低于船舶电源系统的额定冲击耐受电压。
- (3) 船用电器产生的瞬时过电压不应高于船舶电源系统的额定冲击耐受电压。

船用电器设计时,一般都考虑了适用于多种船舶电源系统和适用于一种或几种安装类别,因此,船用电器的额定冲击耐受电压应按预期使用的多种电源系统中相对的最高电压和最高安装类别来确定。

通常,船用低压电器的额定冲击耐受电压应按表 1-7 选用。通常,具有隔离功能的船用电器,其断开触头间的隔离气隙上应能承受表 1-8 所规定的冲击耐受电压。

表 1-7 船用低压电器额定冲击耐受电压优先值

由电源系统额定 电压确定的相对 电压最大值 (交流有效值或直流)/V	额定冲击耐受电压优先值/kV (1.2/50 μ s,0 m 的 U_{imp})			
	安装类别(过电压类别)			
	IV	III	II	I
50	1.80	0.95	0.54	0.36
100	2.90	1.80	0.95	0.54
150	4.80	2.90	1.80	0.95
300	7.20	4.80	2.90	1.80
600	9.80	7.20	4.80	2.90
1 000	14.80	9.80	7.20	4.80
交流 1 200 直流 1 600	25.40	14.80	9.80	7.20

表 1-8 断开触头间气隙上规定的冲击耐受电压

额定冲击耐受电压(U_{imp})/kV	断开触头间的隔离气隙上规定的冲击耐受电压/kV
0.36	1.80
0.54	
0.95	
1.80	2.30
2.90	3.50
4.80	6.20
7.20	9.80
9.80	12.30
14.80	18.50
25.40	31.70

船用电器的介电性能,应该优先推荐用额定冲击耐受电压验证。由于 I_{min} 工频耐压试验验证介电性能没有考虑绝缘配合的要求,为此应在有关产品标准规定允许下,方能采用。然

而,有关性能试验后的介电性能验证,规定采用 $I_{\min}$ 工频耐压试验来考核。

船用旋转电机绕组的耐压性能,也规定采用 $I_{\min}$ 工频耐压试验来考核。

船用电器的主电路连接至主电路的控制电路和辅助电路,其 $I_{\min}$ 工频耐压的试验电压列于表 1-9 中。表中 1 200 V 仅为直流。

表 1-9 工频耐压的试验电压

额定绝缘电压	介电强度试验电压(交流有效值)
$U_i \leq 60$	1 000
$60 < U_i \leq 300$	2 000
$300 < U_i \leq 660$	2 500
$660 < U_i \leq 800$	3 000
$800 < U_i \leq 1\,000$	3 500
$1\,000 < U_i \leq 1\,200$	4 200

7. 船用电子式电气设备的附加要求

船用电子式电气设备除了应满足一般通用要求外,还应满足以下附加要求。

(1)船用电子式电气设备的电子组件,应在 0~55 ℃ 的环境空气温度范围内正常工作。

若预期安装在会出现特别高温的场所(如直接邻近主机、锅炉等位置),应作特殊考虑。如果安装在有发热器件的箱柜内,应保证在 +70 ℃ 温度时不失效。

若预期安装在可能出现低温的处所,如露天甲板、无保温措施的甲板室内,应能在 -25 ℃ 环境温度下正常工作。

(2)所有自动化设备应能在下列相对湿度下正常工作:

①温度达 +45 ℃ 时,95% ± 3%

②温度高于 +45 ℃ 时,70% ± 3%

(3)应在表 1-10 规定的交流电源电压和频率变化范围内正常工作。

表 1-10 电子式设备应满足的电压和频率变化范围

电源参数	变 化 率		
	稳态/%	瞬 态	
		%	恢复时间/s
电压	± 10	± 20	1.5
频率	± 5	± 10	5

(4)绝缘电阻测量在交流侧和直流侧分别进行,测得数值不低于表 1-11 的规定。

表 1-11 电子式设备绝缘电阻的要求

额定绝缘电压/V	试验电压(直流)/V	绝缘电阻/MΩ	
		湿热试验前	湿热试验后
$U_i \leq 60$	2 U_i ,但至少为 24	10	1
$U_i > 60$	500	100	10

注:当额定绝缘电压大于 660 V 时,应使用 1 000 VMΩ 表测量

(5)介电强度仅在交流侧进行,试验电压按表 1-12 的规定。

表 1-12 设备介电强度试验电压

额定绝缘电压/V	介电强度试验电压(交流有效值)/V
$U_i \leq 60$	500
$U_i > 60$	$2 U_i + 1\,000$,但至少为 2 000

(6)交流电源供电的设备应按表 1-13 中的 1、2 和 3 组合各运行 15 min 能正常工作。承受 4 和 5 组合作用时均应可靠工作。为证明电源丧失时产品性能良好,应连续切断电源 3 次,再进行性能测试。

表 1-13 电子式设备应满足的可靠工作条件

组合	电压变化/%		频率变化/%	
	稳态	瞬态(恢复时间 1.5 s)	稳态	瞬态(恢复时间 1.5 s)
1	+10	—	+5	—
2	+10	—	-5	—
3	-10	—	-5	—
4	—	+20	—	+10
5	—	-20	—	-10

(7)设备及其部件应具有表 1-14 所规定的抗电磁干扰的能力。

表 1-14 电子式设备及部件抗电磁干扰能力

序号	抗电磁干扰名称	电磁干扰源
1	抗高频传导干扰	干扰电压 120 dB(即 1 V)频率 0.15~300 MHz
2	抗高频辐射干扰	干扰场强 120 dB(即 1 V/m)频率 0.15~300 MHz
3	抗低频传导干扰	叠加电压为额定工作电压的 5% 频率 0.15~15 000 MHz
4	抗浪涌过电压传导干扰	浪涌电压峰值为 $2.5 U_c$,浪涌电压宽度小于 20 μ s

第三节 船舶电气设备的工作条件及防护要求

众所周知,船舶的环境条件比陆地差,电气设备的绝缘性能及损坏与船舶航行的区域、气温、湿度、空气中的盐雾和油雾有直接关系。船舶的摇摆与振动也会造成电气设备的损坏。由于船舶环境条件的特殊性,决定了对船用电气设备的特殊要求。由于选用的规范和规则不同,要求的性能指标略有不同。一般船用电气设备应在表 1-15 规定的条件下能正常工作,对于船用电子设备以及专用船舶的电气设备还另有规定。

表 1-15 船用电气设备正常工作条件

环境因素	正常工作环境条件
周围空气温度最高值	+ 40 ℃ ^① + 45 ℃
周围空气温度最低值	- 25 ℃ ^②
海上潮湿空气影响	有
盐雾影响	有
油雾影响	有
霉菌影响	有
倾斜	≤25°
摇摆	≤25°
振动	有
冲击 ^③	有
① + 40 ℃ 主要适用于沿海、内河船舶用的电器,对于高于 + 45 ℃ 的场所应作特殊考虑	
② 主要适用于安装在露天甲板及无保温措施的露天甲板舱室内的电器,对于低于 - 25 ℃ 的场所应作特殊考虑	
③ 指船舶正常营运时产生的冲击	

1. 环境温度

环境空气温度和初级冷却水温度如表 1-16 所示。表中各值与电气设备安装的部件和船舶航行海区有关。该表为中国船级社钢质海船入级要求,并规定适用于电子设备的环境空气温度上限值为 55 ℃。不同规范要求稍有不同,应予以注意。另外为了使电气设备适应其工作环境的湿度,必须考虑其结构材料和绝缘处理。

表 1-16 环境温度

介质	部 位	温度/℃	
		无限航区	除热带海区以外的有限航区
空气	封闭处所内	0~45	0~45
	温度超过 + 45 ℃ (或 + 40 ℃) 和低于 0 ℃ 的处所内	按这些处所的温度	按这些处所的温度
	开敞甲板	- 25~45	- 25~45
水		32	25

2. 船舶倾斜

船舶电气设备应满足船舶倾斜和摇摆的条件,见表 1-17。

表 1-17 倾斜角

设备、组件	倾 斜 角 ^②			
	横 向		纵 向	
	横倾	横摇	纵倾	纵摇
应急电气设备、开关设备、电器和电子设备 ^①	22.5°	22.5°	10°	10°
上列以外的设备、组件	15°	22.5°	5°	7.5°
① 装载液化气体和化学品的船舶,其应急电源还应在船舶进水以至于最终横倾达 30° 的极限状态下能保持供电				
② 纵倾、横倾可能同时出现				