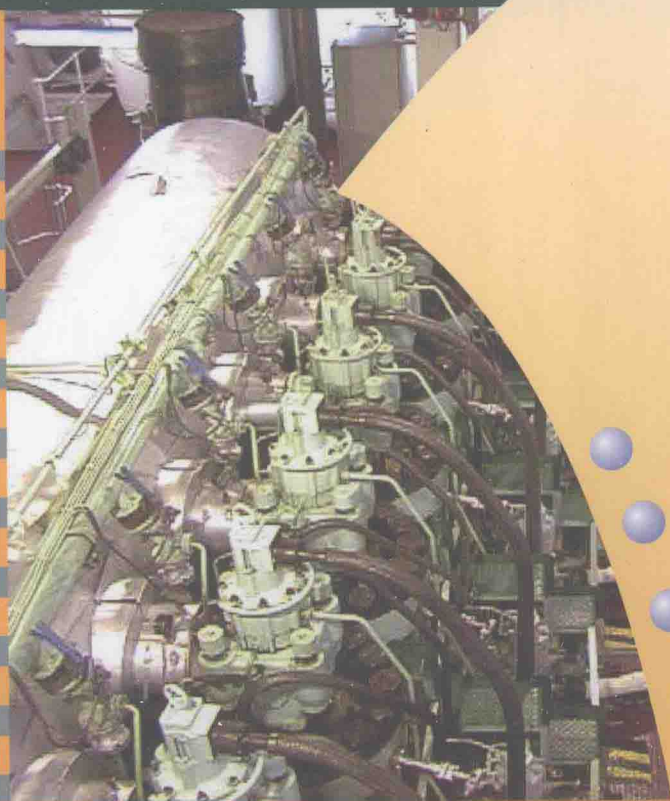


船舶电气设备维修技术

张春来 吴浩峻 编著

赵殿礼 主审

CHUANBO DIANQI SHEBEI WEIXIU JISHU



大连海事大学出版社

船舶电气设备维修技术

张春来 吴浩峻 编著

赵殿礼 主审

大连海事大学出版社

内容简介

本书是轮机工程专业本科(电气强化班)必修课、船机修造(轮机工程专业陆上方向)和轮机工程专业本科(普通班)“船舶电气设备维修技术”选修课的教学用书,依据“船舶电气设备维修技术”教学大纲编写。全书共分八章。内容包括:船舶电气系统概述、船舶电气设备故障分析与处理方法、船舶常用传感器与低压控制电器、船用电机的维护与检修、船舶辅机电气控制装置的维护与常见故障处理、船舶常用报警装置的故障诊断与维修、船舶机舱监测与报警系统的故障诊断与维修、船舶电站的管理与维护。

©张春来 吴浩峻 2011

图书在版编目(CIP)数据

船舶电气设备维修技术 / 张春来, 吴浩峻编著. —大连: 大连海事大学出版社, 2011. 3

ISBN 978-7-5632-2542-2

I. ①船… II. ①张…②吴… III. ①船用电气设备—维修 IV. ①U672.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 029313 号

大连海事大学出版社出版

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

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连印刷三厂印装

大连海事大学出版社发行

2011 年 3 月第 1 版

2011 年 3 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm

印张:13.25

字数:328 千

印数:1 ~ 1000 册

责任编辑:董玉洁

封面设计:王 艳

ISBN 978-7-5632-2542-2

定价:23.00 元

前 言

随着航运业和造船业的迅速发展,船舶自动化程度越来越高,对船舶电气自动化设备的管理要求也随之提高。《船舶电气设备维修技术》教材是为培养适应船舶自动化要求,能熟练运用所学电气、电子及控制技术,满足国际海事组织 STCW 公约中规定的操作级、管理级轮机员“电气、电子和控制系统”职能中“对电气、电子和控制设备进行维护、故障诊断和修理”的适任要求而编写的。

本书在编写过程中参考了中国船级社 2006 年《钢质海船入级规范》和中华人民共和国海事局 2004 年实施的《海船船员适任考试大纲》、2009 年实施的《海船船员适任评估大纲和规范》,依据船舶电气设备管理技术要求及相关规范,结合船舶电气设备及系统的实际管理经验,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诊断及排除方法。

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“船舶电气设备维修技术”教学大纲编写的。主要内容包括船舶电气设备故障分析方法、船舶电气设备故障诊断与维修常用电工仪表、船舶常用电工材料、船舶常用传感器及接口电路常见故障的诊断与维修、船舶常用低压电器常见故障的诊断与维修、船用电动机常见故障的诊断与维修、船舶辅机电气系统常见故障的诊断与维修、船舶电站常见故障的诊断与维修、主机遥控和巡回监测系统常见故障的诊断与维修等方面的基本知识、基本理论和基本技能。通过对以上内容学习,可培养学生具有初步的对主要船舶电气设备的故障排查能力,能够较为系统地掌握船舶电气设备维修所需的电气方面的基本理论和技能,为将来从事专业工作打下基础。

本书内容全面丰富,取材新颖,注重理论与实际应用相结合,突出实用性与针对性。本书可作为轮机工程专业本科(电气强化班)和船机修造(轮机工程专业陆上方向)“船舶电气设备维修技术”课的教材,亦可作为轮机工程专业本科“船舶电气设备维修技术”选修课的教材,还可作为轮机员实船工作时处理电气系统故障的参考书。

本书由大连海事大学轮机工程学院张春来、吴浩峻编著,大连海事大学孔祥楠、张桦、祝彦兵、高鑫、付佳杰、王亮、陆振君参与了教材资料的整理和图文的编辑、修正工作。

本书由大连海事大学轮机工程学院赵殿礼教授主审,并提出了许多宝贵意见,在编写过程中得到了轮机工程学院领导及船舶电气教研室全体教师的大力支持和帮助,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2010-10-08

目 录

第一章 船舶电气设备概述	(1)
第一节 船舶电气设备的基本配置	(1)
第二节 船舶电气系统特点	(5)
第三节 船舶电气系统故障模式	(7)
第四节 船舶电气系统常用低压控制电器及电工测量仪表	(9)
第五节 船舶电气设备验收	(10)
第二章 船舶电气设备故障分析与处理方法	(12)
第一节 船舶电气设备故障分析的一般方法	(12)
第二节 故障树分析法	(13)
第三节 故障模式与影响分析方法	(18)
第四节 船舶电气设备故障处理的一般方法	(21)
第五节 电子设备故障分析及处理方法	(23)
第三章 船舶常用传感器与低压控制电器	(28)
第一节 船舶常用传感器	(28)
第二节 船舶常用低压控制电器的维护	(41)
第三节 可编程控制器的故障分析及处理	(48)
第四章 船用电机的维护与检修	(55)
第一节 船用电动机的维护要求	(55)
第二节 船用异步电动机常见故障检修	(57)
第三节 船用直流电机常见故障及排除方法	(63)
第四节 船用变压器常见故障分析与维修	(66)
第五章 船舶辅机电气控制装置的维护	(70)
第一节 电气控制线路图的阅图方法	(70)
第二节 电气控制线路故障查测	(81)
第三节 船用电气控制箱的常见故障检修	(86)
第四节 船舶起货机电气系统的维护与检修	(88)
第五节 船舶锚机、绞缆机电气系统的维护与检修	(93)
第六节 船舶舵机电气系统的维护与检修	(96)
第七节 船舶辅锅炉自动控制系统的维护与检修	(99)
第八节 船舶冷藏、空调电气设备的维护与检修	(107)
第六章 船舶交流电站的维护与故障处理	(111)
第一节 船舶交流电力系统的常见故障与处理	(111)
第二节 船舶主发电机及励磁系统的常见故障与处理	(114)
第三节 船舶配电装置的常见故障与处理	(119)
第四节 船舶发电机并联运行故障与处理	(126)

第五节	发电机的继电保护参数调整	(130)
第六节	主柴油发电机组自动控制系统故障与处理	(133)
第七节	实船配电板电路图阅图训练	(135)
第七章	船舶报警装置的故障诊断与维修	(154)
第一节	通用紧急报警装置	(154)
第二节	火灾自动监控与报警装置	(156)
第三节	常用其他报警装置实例分析	(168)
第四节	船舶机舱监测与报警系统	(172)
第八章	主机遥控系统的管理与维护	(187)
第一节	主机遥控系统的分类和技术要求	(187)
第二节	主机遥控系统的日常维护和故障排除	(188)
第三节	电子调速系统的维护	(196)
第四节	主机遥控系统的模拟试验	(198)
第五节	主机遥控的试验	(201)
参考文献		(205)

第一章 船舶电气设备概述

船舶电气系统大体上可概括为:船舶电力系统、船舶电力拖动系统、船舶照明系统、船舶电力推进系统、船内通信系统、船舶无线电通信和导航系统及船舶机舱自动化系统。

第一节 船舶电气设备的基本配置

船舶电气设备与系统的设计、制造和安装须满足相关规范、规则和公约的有关规定。为推进装置服务的配套设备和对船舶安全必不可少的辅助电气设备必须经相关船舶检验部门及验船师检验合格和具有船舶检验合格证书,方能上船安装。本节以大连海事大学实习船为例简述船舶电气设备的基本配置。

船舶电气设备的布置应尽实际可能留有易于到达并且安全的通道,以便进行设备的检查、维护和修理。所有电气设备的布置尽可能不要经过有机械损伤危险或由于水、油、过热等引起危险的处所,若无法避免时,则设备必须具有适当的结构或外壳防护。

1. 线制

供电与配电系统由交流三相三线绝缘系统、交流单相双线绝缘系统和直流双线绝缘系统组成,如表 1-1 所示。

表 1-1 船舶供电与配电系统线制

设备	额定电压	相数	频率	线制
发电机组	AC400 V	3PH	50 Hz	3 线
一般电力系统	AC380 V	3PH	50 Hz	3 线
厨房设备和洗衣机(大容量)	AC380 V	3PH	50 Hz	3 线
照明(主回路)	AC220 V	3PH	50 Hz	3 线
照明支路、厨房和洗衣设备(小型)	AC220 V	1PH	50 Hz	2 线
临时应急照明	DC24 V			2 线
航行设备和无线电设备	AC220 V	1PH	50 Hz	2 线
	DC24 V			2 线
内部通信、报警及自动化设备	AC220 V	1PH	50 Hz	2 线
	DC24 V			2 线

2. 电缆应用与安装

该船采用交联聚乙烯绝缘、氯丁橡胶护套、带编织成束阻燃、无卤低烟低毒船用电缆。可移动设备则采用聚氯乙烯或氯丁橡胶护套软电缆或软电线。应急照明、临时应急照明、CO₂ 释放系统、火灾探测系统、水密门系统、通用报警系统等采用无卤低烟低毒船用耐火电缆。

所有电缆的安装应按照船厂工艺标准并满足中国船级社的要求。一般来说成束敷设电缆应固定在钢质电缆托架上,电缆吊架或托架应为钢质并带防腐蚀涂层。电缆要用钢箍或尼龙绑扣固定,露天场所的电缆箍和绑扣应是不锈钢的。有机械损伤危险处所的电缆应穿管敷设或配钢质罩壳。敷设在机舱底层花钢板下面的电缆使用软管或镀锌连续钢管或配钢质罩壳保

护以防油水浸泡和机械损伤。通过水密甲板、水密舱壁的电缆,要使用水密填料函、电缆管或其他合适的方法。通过非水密甲板和舱壁或梁等的电缆,其位置选择应不损害船体强度。适当的衬套或边缘倒圆的围框用于电缆的保护。电缆应尽可能固定敷设在易于接近的位置。冷藏库内电缆的紧固应采用不锈钢扎带,电缆为明式敷设。贯穿钢质防火舱壁或甲板的电缆,应根据电缆根数及相应分隔的耐火等级分别采用电缆管或电缆框或填料函并用阻燃材料作填充物来对电缆进行保护。凡在舱壁上敷有衬板及在顶部敷有天花板的舱室和内走道,电缆应尽可能暗式敷设。安装在衬板外表面上的分支电缆要用适合于墙壁颜色的塑料罩盖遮蔽。所有电缆端头和连接端头要有永久性标识。电力电缆尽可能与通信电缆远距离敷设。

3. 初始电源

该船配三台柴油主发电机组,安装在辅机舱,每台发电机由柴油机驱动。另配一台轴带发电机,用于向全船各种用电负荷供电。在正常由一台发电机组供电的情况下,备用发电机组应在 30 s 内完成自动启动并接至主配电板,以确保供电的连续性。

一台应急柴油发电机组安装在应急发电机室。当主电源供电失效时应急发电机应在 45 s 内自动启动,向无线电设备、内部通信设备、航行设备、应急照明、舵机和应急消防泵、辅空压机等负载供电。

主发电机间可以持续并联运行,而主发电机与轴带发电机之间只能进行短时并联转移负荷运行。

轴带发电机与柴油发电机之间的相互转换,将通过卸载的方式满足规范要求。

在轴带发电机向柴油发电机转移时,通过自动电站的询问,如轴带发电机上的负载小于一台柴油发电机的容量($\leq 85\%$),启动一台柴油发电机后进行短暂的负载转移。如果轴带发电机上的负载大于一台柴油发电机的容量,先对空调卸载,再将轴带发电机上剩余功率全部转移至一台柴油发电机上,然后轴带发电机与柴油发电机断开,启动第二台柴油发电机,待两台柴油发电机并车后人工将空调负载合上。

应急发电机内装有防潮加热器,在发电机停用期间工作。应急发电机配备一套自动电压调整器。

一旦出现主电源故障,应急发电机自动启动,并且自动供电给负载。在主电源恢复供电后,供电系统自动从应急发电机脱开而接至主发电机。应急发电机为手动停机。

4. 主配电板

主配电板安装在主机舱集控室。主配电板由主发电机屏、同步屏、轴带发电机屏、组合控制屏、AC380 V 负载屏和 AC220 V 负载屏组成。

每台发电机都是由三极空气开关保护,该开关具有欠压脱扣、过载逆时限脱扣、短延时脱扣和过电流瞬时脱扣等装置。主空气开关均为抽屉式。

主配电板具有优先脱扣功能(分二级卸载)。一旦发电机过载,在发电机主开关断开之前,使非重要设备自动断开:一级卸载 90% (一台空调冷水机组),二级卸载 95% (厨房隔离变压器)。优先脱扣报警进入机舱自动化系统。

所有的馈电分路和接岸电路都由一个每极具有过载脱扣和瞬时脱扣的三极塑壳开关保护,但舵机电动机分路开关仅配瞬时脱扣。

重要泵和机舱风机的启动器都组合在组合启动屏中,启动屏中每个单元都是固定式结构并配有塑壳式空气开关、电流表和小时计,400 V/230 V 变压器,接触器,热继电器,指示灯,按

钮等。

5. 应急配电板

应急配电板的结构类似于主配电板。应急发电机由一个三极空气开关(ACB)保护。应急发电机 ACB 和防潮加热器电路间有连锁。

6. 岸电箱

岸电箱把 AC380 V, 300 A, 3PH, 50 Hz 岸电接至主配电板。该岸电箱为防滴结构, 配有 300 A 三极塑壳空气开关、连接端子、相序转换开关、电度表和相序指示器。该岸电箱为壁挂式, 安装在室内。在岸电箱所在房间舱壁上, 开一个带水密盖的孔, 以便于接岸电电缆。

7. 电工试验板

在电工间安装一个壁挂式电工试验板。电工试验板配有下列设备: AC380 V, 3PH 和 AC220 V, 1PH, 10 A 试验端子各一套; 自耦变压器 1 kVA, DC24 V, 10 A 试验端子一套; 熔断器检验器一套; 螺口型灯座 40 mm, 27 mm, 12 mm; 插口型灯座 15 mm, 22 mm 等各一只; 40 W, 20 W, 8 W 荧光灯座各一套; AC220 V, 15 A 水密插座和非水密插座各一个; 非水密插座尽可能使用圆脚和扁平脚通用类型。

8. 综合驾驶台

一座钢架结构的综合驾驶台安装在驾驶室内。综合驾驶台包括下列设备: AC220 V 助航分电箱, DC24 助航分电箱, AC220 V 电源分电箱, 航行灯控制板, 信号灯控制板, 白昼信号灯控制板, 号笛控制单元, 室外正常照明分电箱, 室外应急照明分电箱, 投光灯照明分电箱, 声力电话(含直通和选通), 自动电话, 通用报警控制单元, 广播遥控单元(两套), 轮机员呼叫及延伸报警单元, 主机及可调螺距控制单元, 卫星导航仪 DGPS, 综合信息显示器, 舵角指示器, 自动舵控制单元, 电子海图, VDR 操作板, 自动识别仪, 声呐接收装置主控板, 测深仪显示器, 驾驶报警系统, 罗经控制和显示单元, 雷达显示器(两套), 刮水器控制单元, 减摇鳍控制板, 艏侧推主控板, 舱底消防泵及应急阀的遥控板, 甚高频无线电话(两套), 水密门驾驶台遥控板, 主机启动空气压力表, 消防总管压力表, 另设调光开关等。

9. 次级电源

次级电源包括: 变压器 2 台(1 台备用), 厨房隔离变压器(安放在空调器室), 蓄电池组和充放电板, 通用蓄电池组(1 组), 机舱自动化用蓄电池组(1 组), 临时应急照明用蓄电池组(2 组, 互为备用), 无线电蓄电池组(1 组), 无线电蓄电池组经由无线电台提供的自动充放电装置进行充放电, 应急发电机启动蓄电池自带或另配, 配救生艇充电用的电缆、插头、插座等, 充放电板(DC24 V 充放电板 3 块)。

10. 配电系统

重要泵设备电动机和一路舵机电源由主配电板直接独立供电。这些泵设备驱动电动机的启动器组合在组合启动屏中, 并连接至主配电板 AC380 V 汇流排上; 另一路舵机电源、1 台舱底消防泵等由应急配电板直接独立供电; 小型电动机和日用电器可由直接连接到 AC380 V 或 AC220 V 负载屏的分配电箱供电; 舱室和机舱的正常照明系统由主配电板 AC220 V 负载屏通过分配电箱供电; 应急照明分配电箱和 AC220 V 无线电设备和航行仪器由应急配电板 AC220 V 负载屏供电; 报警、内部通信设备和航行设备用的 DC24 V 电源由通用蓄电池充放电板供电; 临时应急照明由充放电板供电, 当应急配电板 AC220 V 汇流排失电时, 能自动接通临时应急照明。

11. 电力设备

一般电动机外壳的防护形式为:露天放置的电动机为防水式(IP56);在机舱、食品冷库、分油机间、厨房、洗衣间和类似处所的电动机以及舵机、轴流风机的电动机为全封闭式(IP44);其他电动机为防滴式(IP22);甲板机械、舵机以及装设于露天甲板、机舱花钢板下的重要用途的电动机带防潮加热器。

所有的定子绕组要用绝缘漆进行特殊处理,以防止油和水侵蚀;除了特殊用途的电动机其绝缘应根据制造厂商标准外,一般来说电动机采用B级绝缘。

除了小型单相电动机可采用每极上有熔断器保护的开关用手动控制外,一般使用磁力启动器控制;在可能情况下电动机均采用直接启动方式,但对于等于或大于45 kW的电动机(主配电板供电)应采用降压启动方式(通常为星—三角或自耦变压器启动方式);通常,启动器的控制回路应通过变压器与主电路隔离;每个启动器均应在面板的背面放置线路图;如果启动器处在电动机所在位置视线之外,要在相应电动机的附近设带自锁的启/停按钮;

机舱风机、燃油泵、滑油泵和其他类似的油泵的紧急停止按钮安装在机舱外的进口处,在消防控制站设应急切断箱1只。上述机舱风机和油泵也受机舱CO₂施放系统所控制。舱室风机紧急停止按钮安装在驾驶室和消防控制站。厨房内风机还应能在其门外附近予以停止。应急发电机室风机应能在应急发电机室门外紧急停止。

舵机电动机按规范要求,电源一路来自主配电板,另一路来自应急配电板。电缆应远离敷设;所有重要的机舱辅机电动机和7.5 kW及以上的电动机,其磁力启动器上均配过载型电流表和运行小时计;在登艇处(左舷和右舷)安装机舱舱底泵应急停止按钮。

12. 照明系统

该船照明系统分为正常照明、应急照明和临时应急照明三种。正常照明电源由主配电板AC220 V汇流排供电,应急照明电源由应急配电板AC220 V汇流排供电,临时应急照明由充放电板供电。

该船由荧光灯、白炽灯、卤素灯和水银灯提供足够的照明;照明分电箱由主配电板或应急配电板供AC220 V三相电源,一般照明灯具由照明分电箱供AC220 V单相50 Hz电源;平时作为正常照明一部分的应急照明在主电源故障时由应急发电机供电,应急照明灯点一般也是临时应急照明灯点,临时应急照明由充放电板供电。

所有的照明灯具都是符合船用要求的,根据使用的位置可以是非防水式、防滴式、防水式和防爆式。通常,用于照明分路中的所有拨动开关和旋转开关都是双极型,插头和插座是三极型或双极型。

机舱舱顶灯通常由位于机舱内的照明分配电箱里的塑壳式空气开关控制;机舱集控室、分油机室、机修间和轮机及电气物料间等的顶灯由位于相应舱室门口的开关控制;舵机房、应急发电机室等机器处所的顶灯由相应舱室门口的开关控制;居住区域、公共处所、储藏室等的顶灯通常由位于相应舱室门口处开关控制;内走道的照明灯由照明分配电箱中的塑壳式空气开关控制;外走道的照明灯由驾驶室控制;室外投光灯由设于驾驶室內的投光灯分电箱内的相应开关控制;蓄电池室和油漆间等的防爆灯由位于门外安全区域的相应开关控制。

一般居住区的开关是非防水型,机器处所、厨房、洗衣室、厕所等处的开关是防水型;一般开关是明装式结构,但在驾驶室、居住舱室、餐厅、机舱集控室等在钢壁外装设衬板的处所采用嵌入式开关;冷藏库和缓冲间的照明开关带红色指示灯,灯开时指示灯亮。

航行灯为双层灯具,接到带控制开关和指示灯模拟控制板上,控制板装在驾驶室内的综合控制台上,具有声、光信号报警;航行灯控制板由三个独立回路供电,一路来自应急配电板的AC220 V 馈电屏,一路来自DC24 V 充放电板,另外一路来自DC24 V 综合控制台供电用于报警。

信号灯控制板由两个独立回路供电,一路来自主配电板,另一路来自应急配电板。

13. 内部通信、报警和测量系统

配置直通式声力电话、自动电话、病房呼叫系统、轮机员呼叫系统;机舱设机舱综合报警灯板,报警项目有:通用报警、火灾报警,CO₂ 施放预报警、电话呼叫、机器故障、车钟信号、冷库误关报警系统、舵机报警等。

配备带自动雾笛控制装置的号笛一套。

在居住区域内的舱室、走道和梯道、机舱等处配一套可寻址式火灾探测和报警系统,控制及布置满足规范、法规要求。火灾报警板装于驾控室,感温探头装在厨房、机舱;感烟探头装在居住区域内的舱室、走道和梯道、机舱、舵机舱以及其他机械处所。火警按钮装于走道进出口处、机舱集控室、机舱进出口、学员公共处所,舵机舱等处。火灾报警信号还输入到轮机员呼叫系统。火灾报警板内装应急蓄电池,当主电源故障时,应急蓄电池支持系统正常工作。

电气测量仪表有:主机传令钟系统、舵角指示器等。

14. 航行设备

航行设备配置罗经、测深仪、计程仪、雷达、卫星导航仪、风速风向仪指示器、航行数据记录仪(VDR)、电子海图、无线电设备、气象传真接收机等。

在罗经甲板上设一套反射式磁罗经,在驾驶室可通过反射镜确定方位,并提供自动操舵罗经信号功能,在磁罗经座上设一具方位罗盘,另外备一具方位罗盘;两个主罗经及罗经切换单元位于航海设备室内,罗经控制和显示单元安装在综合驾驶台内,另配罗经复示器(即分罗经)若干。

自动舵控制单元安装在综合驾驶台内;一套航向记录器安装在海图区,用于接收记录来自陀螺罗经的航向信号;陀螺罗经输出的航向信号可发送至雷达、GPS、AIS、局域网和航行数据记录仪(VDR)。

15. 自动化控制设备

在机舱集控室和驾驶室设有主推进系统遥控站,在机旁配有应急控制站,其优先顺序为机旁→集控室→驾驶室。

在驾驶室能对主机和可调螺距桨进行遥控,对主机应急停车。在集控室和机旁均设有主推进装置的遥控及机械式应急操纵系统。

自动电站管理系统,每台发电机组都能从集控室配电板上遥控启停(电站管理系统安在配电板上);在机旁手动启停。在电源故障后,再恢复供电时,重要负载按顺序重新启动。

另外还配置了燃油辅锅炉、焚烧炉、主空压机、分油机、主机燃油黏度自动调节、舱柜液位遥测等自动控制设备。

第二节 船舶电气系统特点

一、船舶供电系统电流种类

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。有些特殊船和小型船舶采用直流电制。

二、船舶供电系统额定电压和额定频率

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,具体要求可参阅 IEC92-201 号《系统设计规则》。低压船舶供电系统大多采用 400 V 或 440 V,中压船舶供电系统采用 1 000 V ~ 10 000 V。

船用电气设备以额定工作电压和额定工作电流的组合确定了船用电气设备的用途和使用类别。

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。

船舶供电系统的频率,均以 50 Hz 或 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。

三、船舶配电系统

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主要有双线绝缘系统、以船体为回路的单线系统、一极接地的双线系统、中线接地但不以船体为回路的三线系统、中线接地并以船体为回路的三线系统。

(2) 交流配电系统通常分为一次配电系统和二次配电系统。标准的一次配电系统主要采用三相三线绝缘系统和中性点接地的三相三线系统;对于 500 V 及以下的所有电压还可以采用中性点接地但不以船体为回路的三相四线系统;其他有单相双线绝缘系统、一极接地的单相双线系统。

(3) 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和交流三相三线绝缘系统。

四、介电性能

电气设备的介电性能,是电气设备的重要参数之一。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。

五、船舶电气设备的工作条件及防护要求

船舶的环境条件比陆地差,船舶电气设备的损坏及绝缘性能与船舶航行的区域、空气温度、空气中的盐雾、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。船用环境条件的特殊性,决定了对船用电气设备的特殊要求,适用的规范和规则不同,要求的性能指标也略有不同。一般船用电气设备应在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特殊规定。

- (1) 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。

(2) 船舶电气设备应满足船舶倾斜和摇摆的条件。

(3) 船舶电气设备应不受正常使用时可能产生的振动和冲击的影响,保证在规定的振动试验条件下,无机械损伤和误操作。

(4) 船舶电气设备应确保在规定的电压和频率偏离额定值的波动情况下可靠工作。

(5) 船舶电气设备的不同电位的带电部件之间、带电部件与其他接地金属外壳之间,无论沿表面或通过空气,计及绝缘材料性质和使用条件,应足以承受其工作电压,规范和规则均规定了最小电气间隙和爬电距离。

(6) 由于电气设备的使用环境会受到盐雾、油雾和霉菌的影响,所以必须充分考虑耐腐蚀和不使绝缘性能变坏的措施。

(7) 在爆炸性气体条件下工作的电气设备,必须满足有关爆炸性气体环境电气设备的要求,一般船舶的油漆间、蓄电池间和油泵间等有爆炸危险处所中,允许安装的合格防爆电气设备的类、级别和温度组别应符合规定。

(8) 电气设备的外壳防护形式,应符合 IEC29 号《外壳防护等级分类》或与其等效的国家标准的规定。电气设备采用何种防护等级,是由电气设备的安装位置决定的,应满足安装位置中电气设备防护等级的最低要求。

(9) 船用电子式电气设备的电子组件,应在 $0 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 的环境空气温度范围内正常工作。如果安装在有发热器件的箱柜内,应保证在 70°C 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°C 环境温度下正常工作。

(10) 所有自动化设备应能在温度达 45°C ,相对湿度达 $95\% \pm 3\%$ 时或温度高于 45°C ,相对湿度达 $70\% \pm 3\%$ 时正常工作。

第三节 船舶电气系统故障模式

船舶电气设备在长期运行过程中由于受到内在因素(如设计、材料制造、安装工艺等)和外部条件(如负荷突变、维护管理不到位、机舱环境异常、恶劣海况等)的影响,可能使电气设备的使用性能或技术状态不断下降。电气设备的功能部分或全部丧失。最终导致故障发生。

船舶电气设备故障是船舶电气设备系统或船舶电气设备系统的一部分不能或将不能完成预定功能的事件或状态(称为失效)。船舶电气设备故障模式是故障的表现形式,如短路、开路、过载等。一般在分析船舶电气设备的故障时往往是从故障现象入手,进而找出故障原因。确定故障模式是分析和解决故障的基础。

船舶电气设备的故障与船舶电气设备所属系统的规定功能和规定条件密切相关,在确定具体的系统故障模式时,首先明确系统在规定的条件下丧失规定功能的判别准则,即系统的故障判据,这样才能明确船舶电气设备的某种非正常状态是否为该船舶电气设备的故障模式。

在确定故障模式时,应注意区分两类不同性质的故障,即功能故障和潜在故障。

功能故障是指船舶电气设备或船舶电气设备的一部分不能完成预定功能的事件或状态。即指船舶电气设备或船舶电气设备的一部分突然、彻底地丧失了规定的功能。

潜在故障是指船舶电气设备或船舶电气设备的一部分将不能完成预定功能的事件或状态。潜在故障是一种指示功能故障将要发生的一种可鉴别(人工观察或仪器检测)的状态。

例如,电机轴承磨损到一定程度(可鉴别的状态),即发生停机故障(功能故障)。

并不是所有的故障都经历潜在故障再到功能故障这一变化过程。在确定故障模式时,应区分潜在故障模式与功能故障模式并应区分船舶电气设备是在哪一种功能下出现的故障。

船舶电气设备的故障模式是多种多样的,故障发生原因主要有直接导致故障(或引起使设备品质降低进而发展为故障)发生的物理或化学过程、设计缺陷、零件使用不当或其他过程,同时还应考虑相关设备的故障原因。通常可分为机械故障和电气故障两类。

船舶电气管理人员必须熟练掌握设备的工作原理,了解各部件出现故障时所表现的特征,具备足够的设备管理维修经验,才能有效、快速地排除故障。

一、机械故障及成因

机械设备在使用过程中与周围介质以及组成元件间产生互相作用,导致受载、磨损、发热,产生物理或化学变化,使零件的尺寸、配合间隙、相互位置以及物理量等发生变化,改变了设备的初始状况。随着使用时间的延长,机械设备的状况日渐变差,致使部分或全部丧失工作能力的现象。机械故障成因主要有三个:一是由于机械本身。在工作过程中,组成元件间相互作用的结果,导致机件磨损、塑性变形、疲劳破坏;二是使用、维护或保管不当。如机械设备工作环境条件恶劣,造成机件的腐蚀损坏;三是偶然的因素。技术状况变差,发展成故障。

机械设备发生故障的规律一般分为三个阶段,即早期故障期、偶然故障期、耗损故障期。

早期故障期,是指新的或大修后的机械设备的磨合期。在此阶段的特征是初始投入使用,故障率较高,而后随着使用时间延长(在磨合期内不断维护),其故障率下降。

偶然故障期,是指机械设备磨合期结束后,转入正常使用的有效寿命期。此阶段在正确维护和使用的条件下,没有特定的故障起主导作用,即使发生故障也是偶然的。按规定进行定期维护,并保证维护质量,一般不应发生故障,即使发生故障,也多是维护检查时难以发现的故障隐患,在作业时出现了意想不到的故障,这个阶段的故障发生率较低。

耗损故障期,是指机械设备的零件达到使用极限期。这个阶段因零件达到使用极限,往往故障率较高。

二、电气设备故障成因

电气设备故障成因和机械故障不同,故障现象五花八门,但引起故障的根本原因反映到电路上则主要有如下几种:

- (1) 该通的不通:要求接通的接点接触不良或断开,线圈断线等。
- (2) 该断的不断:要求断开的地方没有断开,主要表现为短路、接地、触头熔焊、线圈短路、绝缘电阻过小等。
- (3) 电源参数不正常:表现为失压、缺相、电压过低等。
- (4) 元件参数变化过大:如电阻值过大或过小,各种参数整定不当等。
- (5) 关联设备故障或工作不正常:致使相关保护环节动作。

排除故障的第一步,也是最重要的一步是在熟悉电路工作原理的基础上查明故障点。首先应根据故障现象确定故障在主电路还是在控制电路,是开路故障还是短路故障,然后确定故障的具体位置,并根据实际情况按先易后难的顺序逐步排除故障。

第四节 船舶电气系统常用低压控制电器及电工测量仪表

一、常用低压控制电器

船舶常用的低压控制电器主要有各种类型的主令电器、熔断器、继电器、接触器及可编程控制器等。

1. 主令电器

主令电器是切换控制线路的单极或多极电器,其触头容量小,不能切换主电路。主令电器主要包括按钮、万能转换开关、行程开关、主令控制器等。

2. 低压熔断器

低压熔断器是低压配电系统中起安全保护作用的一种电器,广泛应用于电网保护和用电设备保护。主要作短路保护,有时也可起过载保护作用。

3. 继电器

继电器是根据电量(如电流、电压)或非电量(如时间、温度、压力、转速等)的变化而通断控制线路的电器,常用于信号传递和多个电路的扩展控制。主要包括:电磁式继电器(又称中间继电器)、时间继电器、热继电器、速度继电器和温度继电器等。

4. 接触器

接触器是利用电磁吸力原理用于频繁地接通和切断大电流电路(即主电路)的开关电器。具有控制容量大、可远距离操作、能实现连锁控制,并有失压及欠压保护,广泛应用于自动控制电路,其主要控制对象是电动机,也可用于控制其他电力负载。接触器按控制电流的种类可分为:交流接触器和直流接触器。两类接触器在触头系统、电磁机构、灭弧装置等方面均有所不同。

5. 可编程控制器

可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下的应用而设计。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的命令,并通过数字式或模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于与工业控制系统联成一个整体,易于扩充功能的原则而设计。

二、常用电工测量仪器、仪表

船舶上常用的电工测量仪表有万用表、兆欧表(手摇式)、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。

1. 万用表

万用表是一种多用途仪表,通常用来直接测量直流电流、直流电压、交流电压及电阻等,还可以初步测量晶体管、电容等元件的好坏,有的还可以测量交流电流、电容量、电感量等。它是船舶电气管理人员必备的工具之一。目前常用的有模拟式表和数字式表两种。

2. 兆欧表

兆欧表(手摇式)主要用来测量和检测电机、电气设备,输电线和电缆的绝缘电阻。是电气管理人员必备的主要测量仪表之一。兆欧表具有使用简便,携带方便,测量时不需要其他辅

助设备,不需要外接电源即可直接读出测量结果等优点,所以被广泛使用。

3. 钳形电流表

钳形电流表由电流互感器和电流表组成,钳形电流表使用方便,但准确度不高,通常只用在不便拆线或不能切断电路的情况下,以便了解设备或电路的运行情况。如通常使用钳形电流表测量三相异步电动机的启动电流及运行电流。

4. 配电盘式电压表、电流表

配电盘式电压表一般安装在主配电板及电气设备的控制箱上,主要用于测量和监测发电机、电网或电气负载的电压。便携式电压表主要用于电气设备检修时电压的测量。

配电盘式电流表一般安装在主配电板及电气设备的控制箱上,主要用于测量发电机或电气负载的工作电流。便携式电流表主要用于电气设备检修时电流的测量。

5. 功率表

功率表有单相功率表和三相功率表之分。三相功率表又分两元三相功率表和三元三相功率表,并有直通式(直接接入)和间接式(配互感器)两类。

主配电板上的三相功率表用于测量发电机输出功率,只要发电机主开关合闸供电,功率表即指示其实际输出功率值。便携式功率表主要用于电气设备检修时功率的测量。

6. 功率因数表

主配电板上的功率因数表用于测量发电机运行时功率因数,只要发电机主开关合闸供电,功率因数表即指示其实际功率因数。

7. 频率表

主配电板上的频率表用于测量和监测电网的频率。

8. 整步表

整步表(同步表)一般安装在主配电板的并车屏上,有数字式和电磁式两种,用于同步发电机并车操作时指示待并机与电网的电压相位差。

9. 示波器

示波器是利用阴极射线示波管作为显示器的一种电子测量仪器。示波器按其性能、结构分为:通用示波器、多束示波器、取样示波器、存储示波器、专用示波器。

第五节 船舶电气设备验收

船上的所有电气设备安装或维修结束以后,都应该进行验收,尽管各种设备在出厂时(或维修后)已经做过各种试验,但是装船后,仍然要做试验和验收。目的是检验设备在拆卸、运输、安装后其性能的完好性。

电气设备的验收一般有三个过程,即外观检验、绝缘检验和性能试验。

一、外观检验

主要验收电气设备的表面保护层的光洁度、所有指示牌指示的正确性、设备的外壳防护等级是否符合安装场所的要求。外观检查的重点是检查防护形式和等级是否符合要求。

二、绝缘检验

绝缘检验是所有电气设备通电以前必须完成的工作。它既为了人身的安全,又为了设备的安全。所以,在做通电检验以前首先应做绝缘检验。对于检测中所使用的仪器,目前一般采

用兆欧表。一般遵守的原则是:额定电压 36 V 以下的设备,使用 100 ~ 250 V 兆欧表测量;额定电压在 36 ~ 500 V 的设备,用 500 V 兆欧表测量;额定电压在 500 ~ 1 000 V 的设备,用 1 000 V 兆欧表测量;额定电压在 1 000 V 以上的设备,用 2 500 V 兆欧表测量。绝缘电阻值受进行试验的气候条件影响,一般情况下应达到 1 MΩ 的最低限度。

三、性能检验

由于各类设备在出厂前均有相应船级社颁发的证书,所以,检验时应按照技术规格书的要求进行试验。