

船舶电气设备维护及检测

赵殿礼 张春来 编著

CHUANBO DIANQI SHEBEI WEIHU JI

JIANCE



大连海事大学出版社

内容简介

本书是一本阐述船舶电气设备维护与检测技术方面的专业教材。全书共分九章,内容包括:船舶电气系统维护概述、船舶电气设备故障分析与处理方法、船舶电子设备故障分析与处理、船用电机的维护与检修、船舶常用低压电器的维护、船舶辅机电气控制装置的维护、船舶常用警报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、船舶电站的维护与故障处理。

©赵殿礼 张春来 2011

图书在版编目(CIP)数据

船舶电气设备维护及检测 / 赵殿礼, 张春来编著. —大连: 大连海事大学出版社, 2011. 7

ISBN 978-7-5632-2604-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 145771 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

大连金华光彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2011 年 7 月第 1 版

2011 年 7 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm

印张:10.75

字数:262 千

印数:1 ~ 1000 册

责任编辑:董玉洁 封面设计:王 艳 责任校对:苏炳魁

ISBN 978-7-5632-2604-7 定价:19.00 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。《船舶电气设备维护及检测》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“电气、电子和控制工程”、“维护和修理”和“无线电通信”三项高级海员职能要求,能够胜任现代船舶各项自动装置的维护和修理任务的船舶高级电子电气工程技术人才而编写的。

本书在编写过程中参考了中国船级社 2006 年出版的《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诊断及排除方法。

本书是由具有实船工作经历的教师根据多年实船工作经验,依据“船舶电气设备维护与检测”教学大纲编写的。意在帮助船舶电子电气工程专业的学生获得有关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、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方面的基本知识及基本理论和基本技能。培养学生对船舶主要电气设备的故障具有初步的排查能力,为将来从事专业工作打下理论和实践的基础,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。

本书内容全面丰富,取材新颖,注重理论原理与实际应用相结合,突出实用性与针对性,可作为船舶电子电气工程专业本(专)科“船舶电气设备维护及检测”课程的教材,也可作轮机工程专业本科“船舶电气设备维修技术”选修课及船机修造(轮机工程专业陆上方向)“船舶电气设备维修技术”选修课程的教材,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。

本书由大连海事大学轮机工程学院赵殿礼、张春来编著,大连海事大学赵楠楠参加了本书的编写工作,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友涛教授主审,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

2011 年 3 月

目 录

第一章 船舶电气系统维护概述	(1)
第一节 船舶电气系统特点	(1)
第二节 船舶电气系统故障模式	(2)
第三节 船舶电气设备验收	(4)
第二章 船舶电气设备故障分析与处理方法	(5)
第一节 船舶电气设备故障分析的一般方法	(5)
第二节 电气故障一般处理方法	(6)
第三章 船舶电子设备故障分析与处理	(9)
第一节 电子设备故障分析及处理方法	(9)
第二节 常用电子元器件的识别与检测	(12)
第三节 可编程控制器的故障分析及处理	(29)
第四章 船用电机的维护与检修	(35)
第一节 船用电动机的维护要求	(35)
第二节 船用异步电动机常见故障检修	(37)
第三节 船用直流电机常见故障及排除方法	(43)
第四节 船用变压器常见故障分析与维修	(46)
第五章 船舶常用低压电器的维护	(50)
第一节 接触器维修	(50)
第二节 继电器维修	(52)
第三节 自动开关维护与检修	(55)
第四节 常用熔断器	(56)
第六章 船舶辅机电气控制装置的维护	(58)
第一节 电气控制线路图的阅图方法	(58)
第二节 电气控制线路故障查测	(66)
第三节 船用电气控制箱的常见故障检修	(70)
第四节 船舶起货机电气系统的维护与检修	(71)
第五节 船舶锚机、绞缆机电气系统的维护与检修	(77)
第六节 船舶舵机电气系统的维护与检修	(79)
第七节 船舶辅锅炉自动控制系统的维护与检修	(83)
第八节 船舶冷藏、空调电气设备的维护与检修	(91)
第七章 船舶常用报警装置的故障诊断与维修	(94)
第一节 通用紧急报警装置	(94)
第二节 火灾自动监控与报警系统	(96)
第三节 常用其他报警装置实例分析	(107)

第八章 船舶机舱监测与报警系统的故障诊断与维修	(112)
第一节 监测与报警系统概述	(112)
第二节 微机型机舱监测与报警系统常见故障与处理	(118)
第三节 监测与报警系统的维护与效用试验	(124)
第九章 船舶电站的维护与故障处理	(129)
第一节 船舶电力系统的常见故障与处理	(129)
第二节 船舶主发电机及调压器的常见故障与处理	(132)
第三节 船舶配电装置的常见故障与处理	(139)
第四节 船舶发电机并联运行故障与处理	(145)
第五节 发电机的继电保护参数调整	(149)
第六节 主柴油发电机组自动控制系统故障与处理	(151)
第七节 船舶电站自动控制系统故障与处理	(154)
第八节 船舶应急电站自动控制电路	(160)
参考文献	(163)

第一章 船舶电气系统维护概述

船舶电气系统可分为: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 船舶电气系统特点

一、船舶供电系统电流种类

船舶供电系统采用交流和直流两种电制。由于交流电具有许多优点,所使用设备的重量、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,干货船、液货船、集装箱船、客船和科学考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。

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 ~ 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 号的规定,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 and 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。船舶环境条件的特殊性,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°C 。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的不利影响,必须考虑选择合适的结构材料和采取绝缘处理。

(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,以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,必须充分考虑耐腐蚀和采取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种类、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 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。

第二节 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排除故障的基础。

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状态下出现的故障。

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,发生物理或化学变化,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,机械设备的技术状况日渐变差,致使部分或全部丧失工作能力。机械故障成因主要有三个:一是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;三是偶然的因素导致技术状况变差,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。

排除故障最重要的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。

第三节 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、绝缘检验和性能检验。

一、外观检验

主要检验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。一般原则上: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。绝缘电阻值受检验时气候条件影响,一般情况下应达到 1 M Ω 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证书的要求进行试验。

第二章 船舶电气设备故障分析与处理方法

第一节 船舶电气设备故障分析的一般方法

船舶电气设备故障发生后,一般来说,电气设备管理人员须针对电气设备的故障现象并结合设备及系统的工作原理进行综合分析,判断电气设备的故障点(或故障零部件),找出故障原因并加以排除,其检查与分析步骤可归纳为:(1)弄清故障现象;(2)查看电气线路图和说明书;(3)分析故障原因;(4)确定检查部位;(5)拆卸元器件(拆卸之前各接线头应做好标记);(6)确定故障;(7)修理并排除故障;(8)装复试验。

一、直观法分析故障原因

通过“问、看、听、摸、闻”来发现异常情况,从而找出故障电路和故障所在部位。

(1)问:向现场操作人员了解故障发生前后的情况。如故障发生前是否过载、频繁启动和停止;故障发生时是否有异常声响、振动、冒烟、冒火等现象;有无相关报警信号、监测仪表显示的相关运行参数是否正常等。

(2)看:根据设备故障现象仔细查看各种电器元件的外观变化情况。如看触点是否烧熔、氧化,熔断器熔体熔断指示器是否跳出,热继电器是否脱扣,导线和线圈是否烧焦,热继电器整定值是否合适,瞬时动作整定电流是否符合要求等。

(3)听:主要听有关电器在故障发生前后声音有否差异。如听电动机启动时是否只“嗡嗡”响而不转;接触器线圈通电后是否噪声很大等。

(4)摸:故障发生后,断开电源,用手触摸或轻轻推拉导线及电器的某些部位,以察觉异常变化。如触摸电动机、自耦变压器和电磁线圈表面,感觉温度是否过高;轻拉导线,看连接是否松动;轻推电器活动机构,看移动是否灵活等。

(5)闻:故障出现后,断开电源,将鼻子靠近电动机、自耦变压器、继电器、接触器、绝缘导线等处,闻一闻是否有焦味。如有焦味,则表明电器绝缘层已被烧坏,主要原因则是过载、短路或三相电流严重不平衡等故障所造成。

二、比较法分析故障原因

若怀疑故障是由于某电器元件或某块电路板,在确认不会造成新的故障发生的前提下,可把认为有问题的元件或电路板取下,用新的或确认无故障的同一型号的元件或电路板替换可疑的部件,如果换件后故障消失则认为判断正确;反之则需要继续查找。船上易损的元器件或重要的电路板往往都有备用件,一旦有故障马上换上一块就解决了问题,故障件可以慢慢修复,这也是一种快速排除故障的方法。

三、短路法分析故障原因

控制环节电路都是由开关或继电器、接触器触点组合而成。当怀疑某个触点有故障时,可以用导线(船上都备有鳄鱼夹)把该触点短接,此时若故障消失,则证明判断正确,说明该触点接触不良或已损坏。但是要牢记,当做完试验发现故障点后应立即拆除短接线,不允许用短接

线代替开关或开关触点。

四、经验法分析故障原因

根据电气设备日常运行维护记录、各类设备故障的记录及管理人员处理故障的实践经验快速排除故障。

五、状态法分析故障原因

发生故障时,根据电气设备所处的状态进行分析的方法,称为状态分析法。电气设备的运行过程总可以分解成若干个连续的阶段,这些阶段也可称为状态。任何电气设备都处在一定的状态下工作,如电动机工作过程可以分解成启动、运转、正转、反转、高速、低速、制动、停止等工作状态。电气故障总是发生于某一状态,而在这一状态中,各种元件又处于什么状态,这正是分析故障的重要依据。例如,电动机启动时,哪些元件工作,哪些触点闭合等,因而检修电动机启动故障时只需注意这些元件的工作状态,状态划分得越细,对检修电气故障越有利。对一种设备或装置,其中的部件和零件可能处于不同的运行状态,查找其中的电气故障时必须将各种运行状态区分清楚。

六、读图法分析故障原因

电气图(电气原理图)是用以描述电气装置的构成、原理、功能的工具。检修电气故障,常常需要将实物和电气图对照进行。故障发生后通过对电气图进行阅读分析,理解设备和装置的工作原理及工作过程,结合设备布置图和接线图进行设备和装置电气故障的原因分析和检修。

第二节 电气故障一般处理方法

一、观察和调查故障现象

电气故障现象是多种多样的。例如,同一类故障可能有不同的故障现象,不同类故障可能有同种故障现象,这种故障现象的同一性和多样性,给查找故障带来复杂性。故障现象是检修电气故障的基本依据,是电气故障检修的起点,因而要对故障现象进行仔细观察、分析;如果条件具备,尽可能地让故障重现,从而找出故障现象中最主要的、最典型的方面,查清故障发生的时间、地点、环境等。

观察和调查的内容应主要包括:

- (1)故障名称、发生条件、发生时间。
- (2)设备运行时间。
- (3)有何异常现象,有何声响或光报警信号等,有无烟气或异味,有无误操作。
- (4)控制系统操作是否正常,操作程序有无变动,在操作时是否有特殊困难或异常,零件有无卡阻或损伤,各种导线有否松动、破裂、擦伤或烧毁。
- (5)设备运行参数有何变化,有无明显的干扰信号,有无明显的损坏信号。
- (6)检查所有仪表读数是否正常,如电压、频率、电流等。
- (7)检查报警装置及连锁装置、打印输出或显示器是否正常。
- (8)借助测试仪器,通过测量其电压、电流或电阻进行分析判断。

二、熟悉电路原理,确定检修方案

当一台设备的电气系统发生故障时,不要急于动手拆卸,首先要了解该电气设备产生故障

的现象、经过、范围、原因,熟悉该设备及电气系统的基本工作原理,分析各个具体电路,弄清电路中各级之间的相互联系以及信号在电路中的来龙去脉,结合实际经验,经过周密思考,确定一个科学的检修方案。

1. 先机损,后电路

电气设备都以电气—机械原理为基础,特别是机电一体化的自动化设备,机械和电子在功能上有机配合,是一个整体的两个部分。往往机械部件出现故障而影响电气系统,使许多电气部件的功能不起作用。因此不要被表面现象迷惑,电气系统出现故障并不全部都是电气部件本身问题,有可能是机械部件发生故障所造成的。因此先检修机械系统所产生的故障,再排除电气部分的故障,往往会收到事半功倍的效果。

2. 先简单,后复杂

检修故障要先用最简单易行、自己最拿手的方法去处理,再用复杂、精确的方法。

所谓先易后难,就是对设备比较容易检查的部分先检查。如:用万用表测量控制电路是否正常,电源保险丝是否熔断。对于确定要拆检的各个部位,应按照引起故障发生的可能性,以及拆检的简易与复杂程度,确定拆检的先后顺序。通常做法是先拆简易的,后拆复杂的;先拆可能性大的,后拆可能性小的。

3. 先动后静

所谓先动后静,就是对设备经常处在运行状态的部分先检查,如:断路器、隔离开关、熔丝、接点及机械运动部分等,其他部分后检查。

4. 先检修“通病”,后攻“疑难杂症”

电气设备经常容易产生相同类型的故障就是“通病”。由于通病比较常见,积累的经验较丰富,因此可快速排除。这样就可以集中精力和时间排除比较少见、难度高、古怪的“疑难杂症”,简化步骤,缩小范围,提高检修速度。

5. 先外部测试检查,后内部处理

先外部,后内部。由于外部环境低劣,因此故障发生率比较高,比如:一些安装在机器处所的执行机构、动作元件、浮子、限位开关、感应探头、传感器等,就是在不拆卸电气设备的情况下,利用电气设备面板上的开关、旋钮、按钮等进行测试检查,缩小故障范围。首先排除外部部件引起的故障,其次检修内部故障,尽量避免不必要的拆卸。

6. 先不通电测量,后通电检修

首先在不通电的情况下,对电气设备进行检修,然后再在通电情况下,对电气设备进行检修。对许多发生故障的电气设备检修时,不能立即通电;否则会人为扩大故障范围,烧毁更多的元器件,造成不应有的损失。因此,在故障设备通电前,先进行电阻测量,采取必要的措施后,方能通电检修。

7. 先公用电路,后专用电路

任何电气系统的公用电路出故障,其能量、信息就无法传送、分配到各具体专用电路,专用电路的功能、性能就不起作用。例如一个电气设备的电源单元出故障,整个系统就无法正常运转,向各种专用电路传递的能量、信息就不可能实现。因此遵循先公用电路、后专用电路的顺序,就能快速、准确地排除电气设备的故障。

三、安全措施

在查修电气故障时,严格遵守电气安全操作规程是前提。此外,还应注意以下几点:

(1)查修故障时,必须切断电源,并挂上警告牌,以防止有人不知情况而误送电引发事故。绝对不允许带电打开电器护罩。

(2)在检修时,必须保证足够的照明。为了检查维修方便需用手提灯时,电压要控制在安全电压的范围之内,并且在灯泡外加防护罩。

(3)在检修过程中,特殊情况需要带电测试或检修时,必须确认带电部件附近无其他工作人员,方能送电。

(4)在带电检修时,必须有专人在旁看护,并做好一旦发生危险立即切断电源的准备。

四、总结经验,提高效率

电气设备出现的故障五花八门、千奇百怪。任何一台有故障的电气设备检修完毕,应该把故障现象、原因、检修经过、技巧、体会记录在专用笔记本上,学习掌握各种新型电气设备的理论知识、熟悉其工作原理、积累维修经验。

第三章 船舶电子设备故障分析与处理

第一节 电子设备故障分析及处理方法

随着船舶电气化和自动化程度不断提高,电子设备用于船上的数量与日俱增。作为船舶电气管理人员必须掌握电子设备故障分析方法及维修技能。由于电子设备线路复杂、元器件数量多、型号规格也多。所以,电子设备故障分析和修理有它独特之处,这里简单介绍电子设备故障原因的分析与处理方法。

一、电子设备故障的种类

(1)接触不良:印刷电路板与插槽接触不良、电缆线内部折断时通时不通、线插头及接线端子接触不好、元器件虚焊等,皆属此类。

(2)信号受干扰:对数字电路而言,在特定的条件下,故障才会呈现。有可能确实是干扰太大影响了控制系统使其出错,也有可能是电路板个别元件参数出现了变化,使抗干扰能力趋向临界点,从而出现故障。

(3)元器件热稳定性不好:从大量的维修实践来看,其中热稳定性最差的是电解电容,其次是其他电容、三极管、二极管、集成电路(IC)、电阻等。

(4)电路板上有关湿、积尘等。湿气和积尘会导电,具有电阻效应,而且在热胀冷缩的过程中阻值还会变化,这个电阻值会同其他元件有并联效果,这个效果比较强时就会改变电路参数,使故障发生。

(5)软件也是考虑因素之一:电路中许多参数使用软件来调整,某些参数的裕量调得太低,处于临界范围,当机器运行工况符合软件判定故障的条件时,报警就会出现。

二、电子设备故障分析方法

1. 不通电观察法

电子设备发生故障,可能是由于电阻、电容、电感等电路元件和晶体管、集成电路等电子器件以及变压器、开关、熔断器等部件的损坏而引起的,也可能是由于电路的或机械的连线或触点不良造成的。电阻烧坏、电容器漏液或炸裂、电源变压器损坏、开关滑位、电路断线、插件松脱等引起的故障都容易直观地发现,因此,在检查电子设备时,可先在不通电的情况下,观察电子设备上的开关、旋钮、插口、接线柱等有无松脱、滑位、断线等问题。打开电子设备外壳盖板,观察内部的元件、器件、插件、电源变压器、电路连线等,有无烧焦、漏液、发霉、击穿、开断等现象。

但是应当指出,在修理时不能单纯地调换已损坏的器件就算结束,应当进一步查找电子设备的电路原理图,搞清楚损坏器件的部位和它在电路中所起的作用,从而分析导致损坏的原因及可能波及的范围,查出导致故障发生的真正原因,发现其他损坏的器件,这样才算完全修好设备;否则,真正的故障因素没有排除,设备开机使用后,更新的器件可能又会损坏。

2. 通电观察法

如果在不通电观察中未能发现故障原因,就应采用“通电观察法”进行检查。为了避免设备故障扩大以及便于重复观察,可以使用自耦变压器(0~240 V,500 VA,若直流电源需加整流器)逐步加压供电。在自耦变压器输出端,应接一个适当量程的电流表和电压表,通电观察时,应先把电子设备的开关合上,然后从0 V开始逐步加压,注意所加电压的设备内部有无异常现象发生。

通电观察法特别适用于检查跳火、冒烟、异味、烧毁熔断器等故障现象。这些故障常发生在电子设备的整流电路部分,通电观察时,首先应注意整流部分、电解电容有无“吱吱”声,或者电源变压器、电阻器等器件是否发烫、有异味、发黑、冒烟、跳火等,一旦发现应立即切断电源。如果一时看不清损坏器件时,可重复上述过程。一旦查出损坏的器件,应进一步核对电子设备的电路原理图,分析器件损坏的原因以及可能波及的范围,然后再拟定下一步的测试方案。

3. 参数测试法

电子设备发生故障时,设备有关电路的参数都会发生变化。使用仪器、仪表测试发生故障的电子设备电路中的有关参数(如电压、电流、电阻等)是一种有效分析故障原因的方法。只要测试到这种变化所在,就可知道故障发生的部位。

在比较完善的电子设备的电路原理图上,标注有主要部位的工作电压值,在检修发生故障的电子设备时,“测量电压法”是检查电子设备故障原因的最基本的方法。检修时需要对照电子设备说明书中给出的电压数据,进行必要的直流电压测量,这样就能很快地查明故障的产生原因和损坏的器件。如果没有现成的电压数据可供参照,也应当根据电路的工作原理加以分析和估计。即使在已经确定故障所在的电路部位时,也经常需要进一步测量有关电路中的晶体管、集成电路块各脚的工作电压是否正常,这对于发现损坏的器件与分析故障的原因很有帮助。

电子设备发生故障时,可能是由于电路器件的插脚或滑动触点接触不良、个别接点虚焊、电阻变值以及电容器漏电等导致。这些问题都需要在待修设备不通电的情况下,采用“测量电阻法”进行检查,发现故障所在。

对于连接在电路中的电阻元件的测试,要考虑被测元件与其电路之间的连通关系。如果没有其他回路的连通,则可用万用表的相应电阻挡直接在待测电阻的两端进行测量;否则应脱焊被测电阻的一端,然后才能进行阻值的正确测量。对于高阻值电阻元件的测试,应防止手指碰触测试棒的金属探针,以免影响测试结果。对于整流输出短路情况,也可测量负载电阻的阻值加以判断。

对于电容器的漏电程度、绝缘击穿以及电容变值等情况,一般可采用“测量电阻法”进行检查,但必须先脱焊被测电容的一端。在检测电解电容器时,应注意万用表测电阻挡的测试棒极性不能接错,即红笔为“-”电压端、黑笔为“+”电压端。

对于电感线圈和变压器绕组的通断,也可采用“测量电阻法”进行检查。

在缺少专门的晶体管测试仪器的情况下,经常采用“测量电阻法”来粗略地判断各种晶体管的好坏,即使用万用表的适当电阻挡来检测晶体管PN结的正反向电阻的大小并加以比较或估算。譬如PN结的正反向电阻都很小,表明晶体管已击穿短路;反之,正反向电阻都很大,表明晶体管已烧坏断路,等等。

4. 波形观测法

在检修电子设备中,常常使用示波器来观测待修电子设备的各级电路的输入和输出信号波形,可以迅速地发现产生故障的部位,有助于故障原因的分析,进一步确定检修的方法与步骤。

5. 分割测试法

有些电子设备的组成电路比较复杂,涉及的元器件很多,并且互相牵制、多方影响。在检修这类电子设备时,常常采用分割电路的方法,即脱焊连接电路的其中一端,或者取出有关插板,观察其对故障现象的影响,或者单独测试被分割电路的功能,这样就能发现问题所在之处,便于进一步分析故障的产生原因。

6. 器件替代法

在检修电子设备时,通常使用相同型号、相同规格、相同结构的元器件或印刷电路板来替代有疑问的部分,以便观测其对故障现象的影响。如果故障现象消失了,表明被替代的部分存在问题,然后再行脱焊更新,或者进一步检查故障的原因。这种方法,在船上经常使用,由于有些电子设备发生故障等不及弄清故障原因,必须快速修复,才能保证船舶安全航行。所以,这种替代法最为有效,最后把故障部件修复,作为备件。

7. 整机比较法

在检修电子设备时,需要有电路正常时的工作点电压数值和工作波形图作为参考,以便采用“测量电压法”和“波形观测法”来比较其差异而发现问题。因此,在缺少有关资料,并且已使用多种检测方法仍难于分析故障的发生原因,或者难于确定存在问题的部位时,通常采用“整机比较法”,即利用同一类型的完好的电子设备,对可能存在故障部分,进行工作点测定和波形观测,比较两台好坏设备的差别,往往就会发现问题,并有助于故障原因的分析。特别是对于在缺乏技术资料的情况下检修复杂的电子设备时颇见成效。

8. 电容旁路法

电容旁路法,是利用适当容量和耐压的电容器,对被检电子设备电路的某一部分进行交流旁路检查的一种方法,是一种比较简便迅速排除由于干扰引发故障的方法。由于船上空间小、干扰源很多,相互干扰很严重。一旦一些滤波抗干扰电容变质,就会使设备无法正常工作,在设备时好时坏(例如报警设备时常误报警)查不到失效元器件的情况下,就应考虑是否有干扰源闯入,用适当容量和耐压的电容器,对电源电路相关点(如滤波电容器等处)进行旁路,通过电容器的旁路,就能排除由于电源引起的干扰和噪声。又如:对于来自报警传感器的信号,通过旁路就可消除交流信号干扰,特别是工频干扰。对于多级放大电路很容易产生寄生振荡。一旦发生寄生振荡,电子设备就无法正常工作或噪声很大,为了消除这种寄生振荡也可以用适当容量和耐压的电容,由多级放大电路后级向前级逐级进行旁路检查。如果在某一级的输入端旁路时,寄生振荡消失了,那么,可以肯定寄生振荡故障发生在这一级或前一级。然后,加防振电阻或其他方法等措施来消除故障。

应当指出,电子设备故障分析方法还有信号寻迹法、信号注入法。由于船上维修仪器等条件限制,这两种方法使用的不多,在此不详述。

以上介绍的几种分析检测电子设备故障的方法,究竟采用哪种方法好要视待修电子设备本身的复杂程度、故障的现象情况而定,而且分析检测电子设备故障原因时,可以采用多种方法进行,直至找到故障原因为止。

三、电子设备故障一般处理方法

一旦找到电子设备的故障元器件,一般找原型、原规格的元器件替换。但是,由于船用的自动化电子设备国外厂家很多,更新换代也很快,这给维修带来了很大的困难,有时找到故障器件,却找不到原装件。为此,就得用国产件来替代原装件。常用的有如下几种方法。

1. 晶体管的更换

船用自动化电子设备中晶体管应用非常多,因而晶体管的故障造成设备故障是常见的现象。自动化电子设备中以欧洲和日本制造为多,元件也都是他们的产品。要代换它们,就要知道这些国家对元件的命名。清楚要代换的管子的型号,就可查找有关手册,找到其参数,从而确定相应的国产件。但有的往往查不到,遇到这种情况首先要分析元件在电路中所起的作用,测算出主要参数(可据图分析),由此来确定替代的国产件。选用晶体管时,不要求每项参数都与原装件一致。以下面几项为主:

(1)材料相同,即锗管代锗管,硅管代硅管。

(2)极性相同,即 NPN 代 NPN,PNP 代 PNP。

(3)种类相同,即整流管代整流管,功率管代功率管,可控硅代可控硅,开关管代开关管。

(4)主要参数相近,国产件参数常要大于或等于被换件的主要参数。

(5)如无法测出原装管子的参数,可按原管子的形状,只要位置能放下,尽可能选用主要参数,特别是耐压和电流值较大的国产件,须采用多种型号管子逐一换上,以工作状态最佳的那只为准。

晶体管的代换比较简单,但一定要注意使用高可靠性的国产件;否则失去意义。

2. 集成电路(IC)的代换

设备中的 IC 的应用很广泛,同晶体管的代换一样,根据原装件的命名,确定相应的国产件。同类型同型号代换很方便,但有时找不到相应的国产件,就要分析元件在电路中的作用、功能和主要参数,以此来选合适的国产件。

3. 自行改制插件

修理中常会遇到“封闭式”插件,即电路板用树脂或其他材料封起来。这种电路如有图纸且能设法打开方能进行修理,而有的既无法打开又没有图纸,对于这种情况如系统不复杂,且能根据整机原理推断出这一电路的概况,就可自行改制这部分电路。

第二节 常用电子元器件的识别与检测

一、电阻器的识别技巧与检测

1. 电阻器在电路中的符号

电阻器是电子电路中应用最广泛的元件之一,在电路中起分压、分流、阻尼、限流、负载等作用。其品种有:普通电阻、保险电阻(熔断电阻器)、消磁电阻、热敏电阻、压敏电阻、大功率水泥电阻及电位器等。按材料分有:炭膜电阻(RT)、金属膜电阻(RJ)、氧化膜电阻(RY)、线绕电阻(RX)、有机实芯电阻(RS)。电阻器的外形标志、电路符号如表 3-1 所示。