



卓越

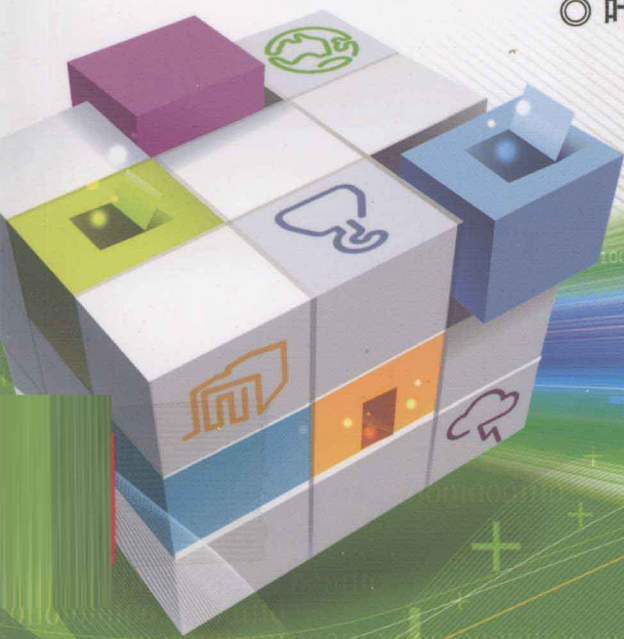
Schneider
Electric

工程师 教育培养计划系列丛书

船舶电力系统 及其自动控制

◎ 薛士龙 编著

◎ 叶佳埭 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

卓越工程师教育培养计划系列丛书

船舶电力系统及其自动化控制

薛士龙 编著

叶佳埭 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据船舶电力系统的特点和现代化船舶发展的趋势而编写的。本书共分 12 章, 主要内容包括船舶电力系统概述, 船舶电源, 船舶电网及其电能质量, 船舶电力系统的配电装置和保护, 同步发电机电压及无功功率的自动调整, 船舶电力系统频率及有功功率的自动调整, 船舶同步发电机的并联运行, 船舶中压电力系统, 船舶电站自动化, 船舶照明系统的管理, 船舶电气安全和安全管理, 船舶电气管理人员的安全职责。

本书语言简练, 通俗易懂, 可作为高等院校本科电气工程及其自动化、船舶电子电气、自动化、轮机工程等相关专业的教学用书和研究生的教学参考书, 也适合从事船舶电气控制的工程技术人员使用。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

船舶电力系统及其自动化控制 / 薛士龙编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.1
(卓越工程师教育培养计划系列丛书)

ISBN 978-7-121-15358-7

I. ①船… II. ①薛… III. ①船舶—电力系统—高等学校—教材②船舶—自动控制—高等学校—教材
IV. ①U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 251635 号

策划编辑: 康 霞

责任编辑: 谭丽莎

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 17.5 字数: 404 千字

印 次: 2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

卓越工程师教育培养计划系列丛书专家委员会

顾 问:

衣雪青 王传臣 杨丽莉 张 焰 王本燕

成 员:

王大志	徐亚敏	陈亚林	朱旭平
高 平	施伟锋	孙培德	薛士龙
徐 静	许少伦	周力尤	李晨炆
李 明			

前 言

为贯彻教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》、《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的精神，加强新教材的开发，上海海事大学电气工程及其自动化专业制定了电气类本科专业课程教材规划。

本书从工程出发，结合国内外在船舶电力系统领域的最新发展，并依据作者近年来的研究成果，根据船舶电力系统特征，详细地介绍了船舶电力系统的组成与控制，并对船舶电力系统自动化及管理进行了详细论述。通过本课程的学习，使读者可以获得船舶电力系统及自动化装置的基本知识和基本技能，培养学生分析和解决实际问题的能力，并为今后从事船舶电气工程领域的技术工作打下基础。

本书可作为高等院校测控技术与仪器、机电一体化、电气工程及其自动化、自动化、机械设计制造及其自动化、轮机工程等专业的教材及相关专业的研究生的教学参考书，也可供广大工程技术人员参考使用。

本书由薛士龙编著，叶佳璋主审，刘以建、刘伟、陈意惠、龚全、黄建中、浦文英、蒲小莲、沈玉霞、王晓兰、王东、宗艳玲等参与了本书的编排工作。

本书的编写得到了上海海事大学教务处和电气自动化系各位同事的指导与帮助，以及上海市第四期本科教育高地建设项目“电气工程及其自动化项目”的支持，在此表示由衷的感谢和敬意。

由于水平有限，编写时间仓促，书中难免有错误或不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

2011年12月

目 录

第 1 章 船舶电力系统概述	(1)
1.1 船舶电力系统的组成	(2)
1.2 船舶电力系统的特点	(3)
1.3 船舶电力系统应遵循的规范和标准	(4)
1.4 船舶电力系统的基本参数	(4)
1.5 船舶电力负荷的计算	(8)
1.5.1 船舶电力负荷的特点	(8)
1.5.2 船舶电力负荷的计算方法	(9)
1.6 船舶电力系统容量和发电机组台数的选择	(12)
1.6.1 确定船舶电力系统容量和发电机组台数的基本原则	(12)
1.6.2 电站容量的确定与发电机组台数的选择	(12)
1.6.3 应急发电机容量的确定	(13)
第 2 章 船舶电源	(14)
2.1 船舶电源的分类	(14)
2.2 船舶同步发电机	(14)
2.2.1 同步电机的结构	(14)
2.2.2 同步电机的基本原理	(16)
2.2.3 同步发电机的运行特性	(18)
2.2.4 同步发电机的负载运行及电枢反应	(23)
2.3 船舶轴带发电机	(25)
2.3.1 船舶轴带发电机的主要类型	(26)
2.3.2 调距桨轴带发电机 (CPP+S/G)	(27)
2.3.3 定距桨轴带发电机 (FPP+S/G)	(28)
2.3.4 轴带发电机的运行操作	(30)
2.4 船舶蓄电池	(31)
2.4.1 蓄电池在船舶上的应用	(31)
2.4.2 船舶蓄电池的类别	(31)
2.4.3 蓄电池的主要性能	(31)
2.4.4 蓄电池的结构及工作原理	(33)

2.4.5	船舶蓄电池的充、放电方式	(34)
2.4.6	船舶蓄电池的维护保养	(36)
第3章	船舶电网及其电能质量	(37)
3.1	船舶电网的分类	(37)
3.2	船舶电网的配电方式	(39)
3.3	船舶电缆	(41)
3.4	船舶电网的电能质量	(43)
3.4.1	通用电网的电能质量指标	(45)
3.4.2	船舶电网的电能质量指标	(50)
3.4.3	船舶电网电能质量下降的影响	(53)
3.4.4	船舶电网电能质量的改善方法	(58)
第4章	船舶电力系统的配电装置和保护	(67)
4.1	船舶电力系统的配电装置	(67)
4.1.1	主配电板的构成及功能	(67)
4.1.2	分配电板	(68)
4.1.3	应急配电板	(68)
4.1.4	充、放电板	(69)
4.1.5	岸电箱	(69)
4.2	船舶电力系统中的保护电器	(71)
4.2.1	万能式自动空气断路器	(71)
4.2.2	装置式自动空气开关	(74)
4.2.3	逆功率继电器	(75)
4.2.4	负序继电器	(78)
4.2.5	熔断器	(81)
4.3	船舶电力系统中的测量仪表	(82)
4.3.1	互感器	(82)
4.3.2	电网绝缘监视仪	(88)
4.3.3	频率表	(89)
4.3.4	电压表及电流表	(91)
4.3.5	功率表	(93)
4.3.6	功率因数表	(95)
4.4	船舶电力系统的保护	(96)
4.4.1	船舶电网的保护	(97)

4.4.2	船舶同步发电机的保护	(98)
4.4.3	船舶变压器的保护	(100)
4.4.4	船舶负载的保护	(101)
第5章	同步发电机电压及无功功率的自动调整	(102)
5.1	自动电压调整的基础知识	(102)
5.1.1	同步发电机的电压波动	(102)
5.1.2	自励恒压装置的作用	(104)
5.1.3	自励恒压装置的基本要求	(105)
5.2	同步发电机的自励起压和相复励原理	(107)
5.2.1	同步发电机的自励起压	(107)
5.2.2	相复励恒压原理	(109)
5.2.3	相复励的基本形式	(109)
5.3	不可控相复励恒压装置	(110)
5.3.1	电流叠加型相复励自励恒压装置	(110)
5.3.2	电磁叠加型相复励自励恒压装置	(111)
5.3.3	电磁叠加型带电压曲折绕组的相复励自励恒压装置	(112)
5.4	可控相复励自励恒压励磁装置	(113)
5.4.1	可控相复励变压器式可控相复励装置	(113)
5.4.2	可控移相电抗器式调压器	(114)
5.4.3	可控电抗器分流的调压器	(114)
5.4.4	交流侧晶闸管分流的调压器	(115)
5.4.5	直流侧晶闸管分流的调压器	(115)
5.5	无刷发电机励磁系统	(116)
5.5.1	无刷发电机的组成	(116)
5.5.2	无刷励磁方式	(116)
5.6	并联运行发电机组间无功功率的分配	(120)
第6章	船舶电力系统频率及有功功率的自动调整	(125)
6.1	船舶电力系统频率波动的原因	(125)
6.2	船舶电力系统的负荷调节效应	(126)
6.3	调速器及其调速特性	(127)
6.3.1	调速器的结构和动作原理	(127)
6.3.2	调速器的特性	(128)
6.3.3	单机运行时频率的调整——调速特性的平移	(130)

6.4	并联运行发电机组间有功功率的分配	(131)
6.4.1	不同调速特性并联运行发电机组间有功功率的分配	(131)
6.4.2	有功功率的转移操作	(132)
6.4.3	调差系数与功率分配间的关系	(133)
6.5	自动调频调载装置	(134)
6.5.1	自动调频调载装置的基本环节	(134)
6.5.2	自动调频调载方法	(141)
6.5.3	自动分级卸载	(143)
第7章	船舶同步发电机的并联运行	(145)
7.1	同步发电机的并联运行原理	(145)
7.1.1	同步发电机并联运行的条件	(146)
7.1.2	同步发电机并联运行的分析	(146)
7.2	同步发电机的手动准同步并车	(149)
7.2.1	同步指示灯法	(150)
7.2.2	同步表法	(152)
7.2.3	手动并车程序及注意事项	(154)
7.3	船舶同步发电机组的自动并联运行	(157)
7.3.1	自动并车装置的基本原理	(157)
7.3.2	自动并车装置	(161)
第8章	船舶中压电力系统	(164)
8.1	中压电力系统的结构	(164)
8.2	“泰安口”半潜式电力推进特种运输船电力系统的运行模式	(167)
8.3	中压电力系统的隔离开关和接地开关	(168)
8.4	船舶中压保护	(168)
8.5	船舶电力推进系统中的中压系统	(170)
第9章	船舶电站自动化	(174)
9.1	船舶电站自动化的组成	(174)
9.1.1	有关规范	(174)
9.1.2	基本功能	(175)
9.1.3	船舶自动化电站的结构类型	(176)
9.1.4	船舶自动化电站的组成	(176)
9.2	船舶电站自动控制系统的功能及相应控制流程	(178)
9.2.1	副机启动前的准备工作	(178)

9.2.2	副机自动启动控制	(179)
9.2.3	自动并车	(180)
9.2.4	并联运行中的功率分配与频率的调整	(182)
9.2.5	运行机组台数的管理	(183)
9.2.6	大功率负荷投入管理(重载询问)	(186)
9.2.7	发电机组机电故障的自动处理与报警及负载自动分级重合闸	(188)
9.2.8	发电机组自动、故障状态下的解列、停机控制	(189)
9.2.9	发电机的保护	(190)
9.2.10	运行状态显示及故障监视	(191)
9.3	SIMOS PMA 71 型电力自动管理系统	(191)
9.3.1	SIMOS PMA 71 型电力自动管理系统的系统组成	(191)
9.3.2	GENOP 71 型发电机保护/并车单元	(193)
9.3.3	OP 7 型液晶显示操作单元和 PLC 单元	(197)
9.3.4	对柴油发电机组的控制	(198)
9.3.5	船舶电网的监视和发电机的保护功能	(202)
9.3.6	PMA 71 系统的功率自动管理功能	(206)
9.4	基于 M340 和 PPU 模块实现的电力自动管理系统	(208)
9.4.1	电力自动管理系统的组成	(208)
9.4.2	PPU 对调速器和 AVR 的控制	(220)
9.4.3	系统控制与保护	(223)
9.4.4	系统编程环境	(228)
第 10 章	船舶照明系统的管理	(233)
10.1	船舶照明系统的分类	(233)
10.1.1	主照明系统	(233)
10.1.2	应急照明系统(大应急照明)	(233)
10.1.3	临时应急照明(小应急照明)	(234)
10.1.4	航行灯信号灯照明	(234)
10.2	船舶常用灯具与控制线路	(234)
10.2.1	船舶常用灯具的基本类型	(234)
10.2.2	船舶照明电光源	(235)
10.2.3	船舶照明系统的控制线路	(239)
10.3	船舶照明系统的维护保养	(242)
10.3.1	船舶照明系统的维护周期和要求	(242)

10.3.2	船舶照明系统维护保养的注意事项	(242)
10.4	船舶照明系统的常见故障检查	(243)
10.4.1	短路故障	(243)
10.4.2	接地故障	(243)
10.4.3	断路故障	(244)
10.4.4	日光灯的常见故障、原因及排除方法	(244)
第 11 章	船舶电气安全和安全管理	(245)
11.1	船用电气设备的基本要求	(245)
11.2	船舶电机的常见故障及其维护	(246)
11.2.1	直流电机的常见故障及其维护	(246)
11.2.2	三相交流异步电动机的常见故障及其维护	(248)
11.2.3	船舶发电机的常见故障及其维护	(249)
11.3	船舶安全用电	(251)
11.3.1	人体安全保护	(251)
11.3.2	船舶电气设备的接地与保护措施	(254)
11.4	电气火灾的预防	(256)
11.5	油轮电气系统的安全管理	(257)
11.5.1	油轮的舱室区域划分与电气装置要求	(257)
11.5.2	油轮静电起火的预防	(258)
11.5.3	油轮电气设备的管理要求	(259)
第 12 章	船舶电气管理人员的安全职责	(261)
12.1	船舶修理及建造时的职责	(261)
12.2	船舶航行期间的职责	(263)
12.3	船员交接班时的职责	(264)
参考文献	(265)

第 1 章

船舶电力系统概述

船舶电力系统与地面电力系统的主要区别在于：船舶电力系统是一个孤立系统，其发电装置距离用电装置比较近，而地面电力系统则不一样，其发电装置与用电装置之间的距离可达数百公里，需要使用长距离输电线路，且其间要经过数次变压。一般来说，船舶的总装机功率都比较高，因此船舶电力系统的工程难度也特别大，必须使用更严格的工程措施来防止设备之间出现短路。另外，地面电力系统的控制系统一般由多个相互独立的子系统组成，而船舶电力系统则不然，其控制系统通常都是一个高度集成、高度协同的整体。

近年来，船舶电力系统、推进系统和控制系统的设计经历了重大的变化，取得了很大的进展。由于计算机、微处理器、可编程控制器、网络通信技术的迅猛发展，对原本相互独立的多个系统进行高度集成不仅已变得可行，而且正在迅速成为新的工业标准。另外，市场对冗余推进船舶及 2 级和 3 级动力定位船舶需要的不断上升，要求更多船舶配备物理上独立的冗余系统。如今，船舶上各不同系统之间的相互联系已变得日趋复杂，从而使船舶的设计、工程和建造更具综合性。

船舶犹如一个可移动的海上城市，它的许多设备都需要使用电能。由发电、配电和用电所组成的独立的船舶电力系统是当代船舶的必备。随着船舶的大型化和自动化程度的不断提高，用于驱动和控制船用设备的电能需求越来越多，船舶电力系统日趋复杂庞大。

船舶电力系统为切实保证全船的生产和生活用电的需要，必须达到以下几点。

- (1) 安全：在电能的发送、分配和使用中，不应发生人身事故和设备事故。
 - (2) 可靠：应满足对供电可靠性（即连续供电）的要求。
 - (3) 优质：应满足用电设备对电压和频率等质量的要求。
 - (4) 经济：电力系统的投资要少、运行成本要低，并尽可能地节约电能。
- 安全、可靠、优质和经济，是船舶电力系统建造和运营的最基本要求。

1.1 船舶电力系统的组成

船舶电力系统是由电源装置、配电装置、电力网和负载四部分组成并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。其结构简图如图 1-1 所示。

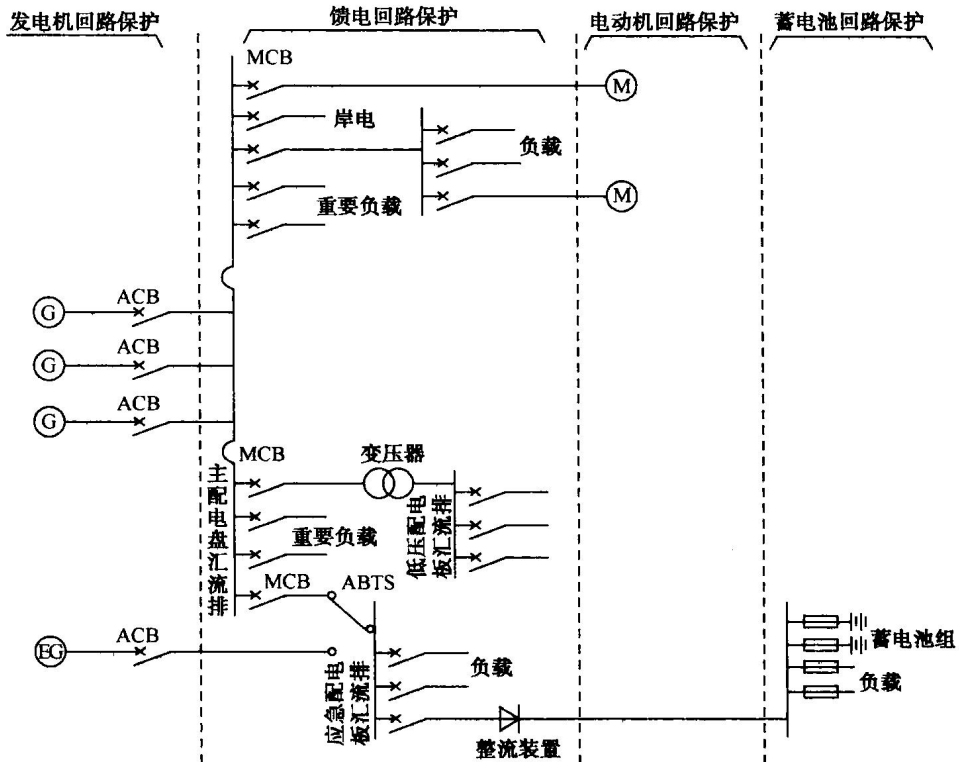


图 1-1 船舶电力系统的结构简图

1. 电源装置

电源是将其他形式的能量（如机械能、化学能等）转换为电能的装置。通常，船舶电源主要是发电机组和蓄电池组。船舶的发电机组既有交流的，也有直流的。由于柴油机的热效率比较高、启动快、机动性好，所以在民用运输船上发电机的原动机多采用柴油机，而船舶应急发电机也均采用柴油发电机组。如果船舶主机为汽轮机，则其发电机的原动机一般也采用汽轮机，汽轮机需要有配套的燃煤或燃油的蒸汽锅炉装置。为达到节能的目的，充分利用船舶主机 10%~15% 的功率储备裕量和主机排出废气的热能，近年来又发展起轴带发电机和主机废气透平发电机。

2. 配电装置

配电装置是接受和分配电能的装置，也是对电源、电力网和负载进行保护、监视、测量和控制的装置。配电装置包括各种转换和控制开关、互感器、测量仪表、连接母线、保护电器、自动化装置及各种附属设备等。根据供电范围和对象的不同，配电装置可分为总配电板、应急配电板、动力分配电箱、照明分配电箱和充放电板等。

3. 电力网

电力网是船舶输电电缆和电线的总称。电力网作为中间环节连接电源和负载，以实现能量的传递和信息的信息的处理。电力网通常由动力电网、照明电网、应急电网、低压电网和弱电电网等组成。

4. 负载

负载是将电能转换成其他形式能量的装置，又称用电设备。船舶上的用电设备很多，主要有动力负载（各种电力拖动机械）、照明负载、通信设备等。动力负载往往占总用电量的70%左右，它们是舵机、锚机、绞缆机、起货机、各种油泵和水泵、通风机、空压机、冰机、空调设备等。

1.2 船舶电力系统的特点

由于船舶是一个孤立的活动于海洋上的独立体，所以使得船舶电力系统与陆上电力系统相比有很大差异，主要表现在以下几个方面。

1. 船舶电站容量较小

陆上电网容量一般为几百万~几千万千瓦，单机容量大多为数万千瓦；一般远洋船舶主电站大多装三台发电机组，发电机的单机容量为400~800kW。因为船舶电站容量较小，而某些大负载容量可与单台发电机容量相比，当这样的负载启动时对电网将造成很大的冲击（电压、频率跌落均很大），所以对船舶电力系统的稳定性提出了较高的要求，如要求船用发电机调压器、原动机调速器的动态特性与陆上发电机组相比具有较高的指标，有强行励磁的能力，且发电机组应能承受较大的过载能力。另外，由于船舶工况变动也较频繁，所以它对自动控制装置的可靠性也提出了较高的要求。

2. 船舶电网输电线路短

与陆上数千公里的高压输电网络相比，船舶发电机端电压、电网电压、负荷电压大多是同一个电压等级，因此其输配电装置较陆上系统简单。因为船舶容积的限制，电气设备比较集中，电网长度不长并都采用电缆，所以其对发电机和电网的保护也比陆上系统简单，一般只设置有发电机过载及外部短路的保护，电网的保护和发电机的保护通常共用一套装置。

3. 船舶电气设备的工作环境恶劣

船舶电气设备的工作条件比陆地恶劣得多。环境条件对电气设备的运行性能和工作寿命有严重影响：当环境温度高时，会造成电机出力不足，绝缘加速老化；当相对湿度高时，则会使电气设备绝缘受潮、发胀、分层及变形等，使其绝缘性能降低，并且会使金属部件加速腐蚀，镀层剥落；盐雾的存在、霉菌的生长和油雾及灰尘黏结都能使电气设备绝缘下降、工作性能受到影响；当船舶受到严重的冲击和振动时，也会造成电气设备损坏、接触不良或误动作。由此可见，船舶电气设备必须满足“船用条件”的要求。

1.3 船舶电力系统应遵循的规范和标准

船舶电力系统必须遵循有关规范和标准，以保证其满足使用要求，并使其设计和建造标准化和规范化。我国的船舶现行规范和标准分为民用船舶规范和军用舰船标准两种。

1. 民用船舶规范

民用船舶规范是由中国船级社（CCS）制定和发布的。与船舶电力系统相关的有《钢质海船入级规范》、《钢质内河船舶入级规范》。这些规范是对民用船舶及其设备的基本要求，违反这些规范，船舶检验入级将不能通过。

2. 军用舰船标准

军用舰船标准（GJB）是由国防科学技术工业委员会批准和发布的。与船舶电力系统相关的现行标准有《海军水面舰艇规范》、《舰船轮机规范》、《舰船自动控制规范》、《舰用交流柴油发电机通用技术条件》、《舰用三相同步发电机通用技术条件》、《舰用低压电器基本标准》。军用舰船标准（GJB）是对军用产品设备的基本要求，除经有关部门批准许可外，船舶电力系统的设计不应与规范规定的要求和指标相抵触。

3. 国际标准

近年来，我国对外经济交往发展迅速，为适应船舶建造和管理的需要，涉及船舶电力系统的相关人员还必须了解与船舶电气有关的国际标准。国际标准是由国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）、国际海事组织（IMO）等国际组织制定的标准，如国际海事组织制定的《国际海上人命安全条约》和《国际海上避碰规则》标准。

船舶及其设备、系统的入级检验，涉及各船级社的规范。国际上的主要船级社有英国劳氏船级社（LR）、法国船级社（BV）、德国劳氏船级社（GL）、挪威船级社（DNV）、日本海事协会（NK）、美国船级社（ABS）。

1.4 船舶电力系统的基本参数

船舶电力系统的基本参数包括电流种类（电制）、额定电压和额定频率和线制。正确选

择船舶电力系统的基本参数，可以保证整个系统的可靠性、稳定性和经济性。

1. 电制的选择

由于电源有直流电源与交流电源之分，所以船舶电力系统也相应地有直流船舶电力系统与交流船舶电力系统之分，习惯上把它们称为直流船与交流船。20世纪50年代以前建造的船舶绝大部分是直流船，而后随着科学技术的发展，从20世纪60年代以后建造的船舶主要是交流船，20世纪70年代后除特种工程船舶外，几乎都采用了交流电力系统。

交流船的电气设备在维护、保养等方面的工作量比直流船要少得多，且交流电机结构简单、体积小、质量轻、运行可靠，其相应控制设备也简单。交流船又分成单相交流电系统、三相三线绝缘系统与三相四线系统等几种形式。当采用三相三线绝缘系统时，照明网络与动力网络没有电的直接联系，因此对地绝缘电阻低的照明网络基本上不影响动力网络。采用交流电制后，船舶的造价和维修费用也有明显的降低。

2. 额定电压的选择

船舶电力系统额定电压的大小直接影响到电力系统中所有电气设备的质量和尺寸、价格等技术经济指标和人身安全问题。提高电压主要是使电缆网络的质量减轻、外形尺寸减小，但对电力系统中的其他元件的质量、尺寸特性影响并不大，且中压设备价格贵。

我国《钢质海船入级规范》规定：一般交流电网采用50Hz，380V；固定安装的电气设备采用380V或220V；可携电气设备一般采用24V。目前运行中的或正在建造中的远洋船舶主电站动力电网的额定电压不是采用的380V就是采用的440V，照明电网的额定电压不是采用的220V就是采用的110V（100V）。临时应急照明电网与弱电电网一般采用24V。

由于船舶电站容量的增加，在一些大型船舶、工程船舶及舰船上电站容量已达数万千瓦，这时仍采用低压系统标准显然已不合理，所以这类船舶大多采用陆上相应的3300V或6600V中压等级标准。

3. 额定频率的选择

交流船舶电力系统的额定频率均选用陆上的标准等级，有50Hz和60Hz两种标准，通信导航设备除外。提高频率在一定范围内可提高自动化系统动作的快速性，还可减轻电机、变压器、换能器、自动化元件的质量并减小它们的尺寸，但对电缆及电力系统中的其他元件却有相反的作用。

频率的提高还存在一些问题，如与之相配套的中频电机、电器和仪表，需要制造高速机械装置和高速轴承与电机配套；交流阻抗增大，损耗也就增大等。另外，由于高速运行，机械噪声也就较大。

4. 线制的选择

我国船级社的钢质海船入级与建造规范、钢质内河船舶入级与建造规范规定船舶电力系统可采用的线制有直流、交流单相、交流三相。其中交流三相最常用的是三线绝缘系统。三线绝缘系统是系统的中性点不接地的线制，其特点是 AC 220V 照明电源由 AC 380V 或 440V 电网经变压器获得，照明系统与动力系统是经过变压器相联系的。由于在照明与动力两系统间只有磁路的关联，而没有电路的直接联系，相互间的影响小，所以照明系统一旦出现绝缘故障时对动力系统的影响将大为减小。

1) 直流

- (1) 双线绝缘系统，如图 1-2 (a) 所示。
- (2) 负极接地的双线系统，如图 1-2 (b) 所示。
- (3) 利用船体作为负极回路的单线系统，如图 1-2 (c) 所示。

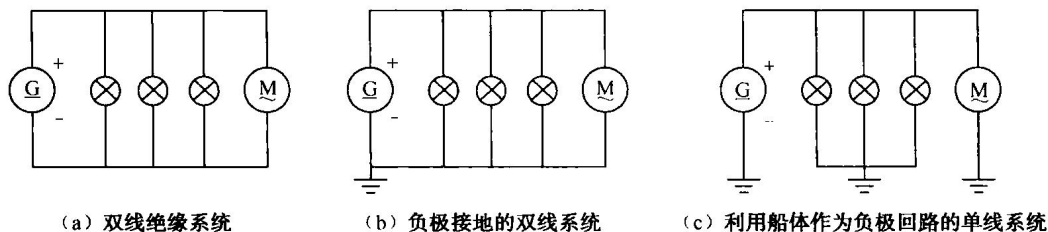


图 1-2 直直流线制

2) 交流单相

- (1) 双线绝缘系统。
- (2) 一线接地的双线系统。
- (3) 一线利用船体作为回路的单线系统。

3) 交流三相

(1) 三线绝缘系统。如图 1-3 所示为三线绝缘系统，它是将系统的中性点不人为接地的线制。其特点是照明系统和动力系统是通过变压器相联系的，在两系统间只有磁的联系而没有电气的直接联系，因此相互间的影响小，尤其是使得易出现绝缘故障的照明系统对动力系统的影响大为减小。当系统中发生单相接地时，不会因单相短路而产生短路电流使系统保护跳闸，这样，系统即使发生单相接地故障仍然能继续工作，可最大限度地保持供电的连续性。另外，当系统中发生单相接地时，不会影响三相线间电压之间的对称关系，只是使接地相电压变为零，而非接地相的电压升为线电压值（ $\sqrt{3}$ 倍），这时系统仍可供电。但必须在短时间内寻找出接地点并予以排除，以免长期使非接地相工作在线电压下，造成绝缘损坏。因此，中性点不接地的三线绝缘系统一定要有绝缘监视装置的配合，以保证在出现单相接地或绝缘下降时，能及时发出警报，通知人员尽早地处理，从而防止电力系统演变成破坏性故障或造成人身伤亡。