



船舶电站控制与 管理技术

赵殿礼 张春来 编著

大连海事大学出版社

船舶电站控制与管理技术

赵殿礼 张春来 编著

大连海事大学出版社

内容简介

全书共分11章。第1章介绍船舶电力系统的基本概念和基本类型;第2章至第4章分别阐述了船舶电站、电网和配电装置的基本理论、技术要求和典型配电装置的结构及工作原理;第5章简要介绍了船舶同步发电机的结构、工作原理和工作特性;第6章介绍同步发电机的并联运行条件、并车操作方法及各种并车装置的工作原理;第7章重点分析了船舶电站的典型控制电路;第8章介绍并联运行的同步发电机的电压及无功功率的调整,并重点分析了几种常用的励磁装置的工作原理及实现无功功率均匀分配的方法;第9章介绍并联运行的同步发电机频率及有功功率调整,并重点分析了自动调频调载装置的工作原理;第10章介绍船舶电力系统的综合保护装置及船舶发电机和电网的保护措施;第11章介绍船舶电站自动控制系统及功能。

全书注重理论联系实际,书中的内容源自于国内外相关教材和实船电气设备的技术资料,并根据作者多年实船工作与教学实践的经验总结完成。

本书可作为高等航海院校轮机工程专业本科教材,也可作为船舶电气类本科、大专、高职的教材,还可作为从事船舶轮机及电气管理方面的专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

船舶电站控制与管理技术 / 赵殿礼, 张春来编著. —大连: 大连海事大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5632-2340-4

I. 船… II. ①赵…②张 III. 船用电站—高等学校—教材 IV. U665.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 146233 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

大连华伟印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2009年8月第1版

2009年8月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:14.5

字数:359千

印数:1~2000册

责任编辑:姚文兵

封面设计:王艳

ISBN 978-7-5632-2340-4

定价:25.00元

前 言

本书是按照轮机工程专业(电气加强)“船舶电站控制与管理技术”课程教学大纲编写的。

在编写过程中,参考了国内外相关教材和实船电气设备技术资料,并结合作者多年实船工作与教学实践的经验,以理论与实践相结合为出发点,以体现现代船舶电力系统基本原理为宗旨,系统阐述了船舶电站的控制与管理技术。

本书主要包括:船舶电站的构成,电站容量的确定,发电机组的选择,船舶电网及电力负荷的特点,船舶配电装置的结构、功能及技术要求,船舶同步发电机的结构、工作原理和工作特性,船舶同步发电机并联运行的条件分析、并车装置的工作原理及并联运行操作方法,船舶电站典型控制电路分析,并联运行的船舶同步发电机的电压及无功功率的调整,典型船舶同步发电机励磁装置的工作原理,并联运行的同步发电机频率及有功功率调整,典型自动调频调载装置的工作原理,船舶电力系统的保护,船舶电站自动控制系统组成与功能、工作原理与管理。

本书的目的,是使学员对船舶电力系统有一定的感性认识,对船舶电站的构成、电站容量的确定、发电机组的选择、电力负荷的特点、船舶电站的控制电路的分析方法、船舶电站的操作及典型故障的处理等有一个全面的了解和认识。

本书由大连海事大学轮机工程学院赵殿礼教授、张春来副教授编著,大连海事大学赵楠楠、马玉鑫、倪常宇、王雪松、张立文、王浩亮、方宇对教材的图文作了编辑和修正工作,大连希云自动化有限公司张跃年为本书整理了大量资料并参与了部分内容的编写工作。

本书由大连海事大学轮机工程学院张均东教授主审,并提出了许多宝贵意见。在编写过程中得到了大连海事大学轮机工程学院领导及船舶电气教研组老师的支持与帮助,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,恳请读者批评指正。本书配有教学课件,选用本书作为教材的人员可与出版社或作者联系索取。

编著者

2008年2月14日

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与特点	(1)
1.2 船舶电力系统的类型	(4)
1.3 船舶电站的主接线	(5)
1.4 船舶电力系统设计要求	(7)
1.5 船舶电力系统设计的规范和标准	(8)
第2章 船舶电站	(9)
2.1 船舶电站概述	(9)
2.2 船舶电站的基本参数	(12)
2.3 船舶电网的线制	(13)
2.4 船舶电力负荷的计算	(14)
2.5 船舶电站发电机组功率和数量的确定	(22)
第3章 船舶电网	(24)
3.1 船舶电网的基本要求	(24)
3.2 船舶供电网络	(24)
3.3 船舶电网基本类型	(27)
3.4 电缆截面积的选择	(29)
3.5 船舶电力系统图	(31)
第4章 船舶配电装置和电器	(33)
4.1 配电装置的功能	(33)
4.2 主配电板	(34)
4.3 船用开关	(38)
4.4 船舶应急配电板	(49)
4.5 充放电板和蓄电池	(50)
4.6 船用保护电器	(53)
4.7 船用电气测量仪表	(58)
第5章 船舶同步发电机	(63)
5.1 同步发电机的基本类型	(63)
5.2 同步发电机的电枢反应	(63)
5.3 同步发电机的电势方程和相量图	(65)
5.4 同步发电机的运行特性	(66)
第6章 船舶同步发电机的并联运行	(70)
6.1 同步发电机并联运行原理	(70)
6.2 同步发电机并联运行操作	(74)
6.3 手动准同步并车装置	(75)
6.4 粗同步并车	(80)

6.5	半自动同步并车装置	(82)
6.6	自动准同步并车装置	(84)
6.7	同步发电机并联运行自动控制装置实例分析	(93)
第7章	船舶电站典型控制电路分析	(96)
7.1	发电机屏控制电路分析	(96)
7.2	并车屏控制电路	(104)
7.3	动力负载屏	(110)
7.4	照明负载屏	(115)
第8章	同步发电机电压及无功功率自动调整	(119)
8.1	励磁自动调整装置概述	(119)
8.2	励磁自动调整装置的分类	(120)
8.3	励磁自动调节系统的调节原理	(121)
8.4	自动电压调节器	(124)
8.5	自励同步发电机起压条件	(126)
8.6	不可控相复励自励调压装置	(126)
8.7	可控相复励自励调压装置	(133)
8.8	晶闸管励磁自动调整装置	(134)
8.9	并联运行同步发电机之间无功功率的分配	(136)
8.10	无刷同步发电机励磁系统典型电路分析一	(139)
8.11	无刷同步发电机励磁系统典型电路分析二	(145)
第9章	同步发电机频率及有功功率自动调整	(150)
9.1	调频调载概述	(150)
9.2	原动机调速器及其调速特性	(151)
9.3	并联运行发电机之间有功功率的分配	(153)
9.4	自动调频调载装置	(156)
第10章	船舶电力系统保护	(168)
10.1	电力系统保护概述	(168)
10.2	同步发电机的保护	(170)
10.3	船舶电网的保护	(182)
第11章	船舶电站自动控制系统	(186)
11.1	船舶电站自动控制系统概述	(186)
11.2	船舶电站自动控制系统的组成及功能	(187)
11.3	柴油发电机组自动起停控制过程	(190)
11.4	主柴油发电机组的控制电路分析	(194)
11.5	船舶电站自动控制装置	(198)
11.6	电站的功率管理	(205)
11.7	船舶应急电站自动控制	(212)
附录	全船电力负荷表	(220)
参考文献		(225)

第 1 章 船舶电力系统概述

船舶电力系统主要研究船舶发电、配电及电能输送。根据船舶电气设备的性质和用途,大体上可分为: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。

本章主要阐述船舶交流电力系统(本书内不作说明均指交流电力系统)的组成和类型,船舶电力系统的设计要求,船舶电力系统的工作和环境条件。

1.1 船舶电力系统的组成与特点

1.1.1 船舶电力系统的组成

船舶电力系统通常由发电装置、配电装置、电力网和用电设备(负载)四个部分组成,如图 1.1 所示。

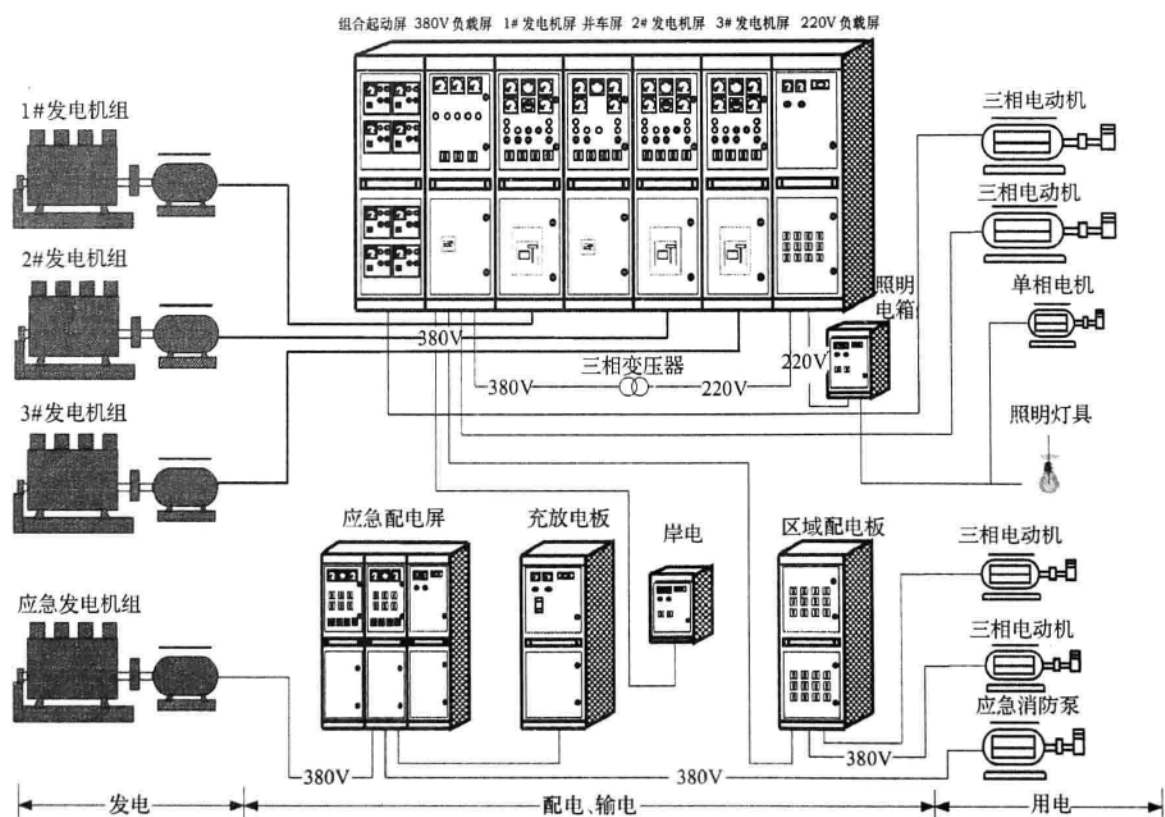


图 1.1 典型船舶交流电力系统组成图

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

网向各种负载供电的整体。换句话说,船舶电力系统是由电源装置、配电装置、电力网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。

电源通常采用发电机组或蓄电池组,发电机是由原动机带动的,原动机的类型可分为蒸汽机、柴油机、汽轮机和燃气轮机等,但采用最多的为柴油机(本书不作特殊说明均指柴油发电机组)。

配电装置是联系“发电”和“用电”的重要环节,其功能是用来接收、分配和控制电能的,如图 2-1 中的主配电板和应急配电板等。

电网是连接发电机、主配电板、分配电板和用电设备的电缆的总称,通常称为电力网,其作用是输送电能。

船上的用电设备很多,动力负荷(各种电力拖动机械)往往占总用电量的 70% 左右,它们是电动舵机、锚机、绞缆机、各种油泵和水泵、空压机、通风机、冷冻机、空调设备等。

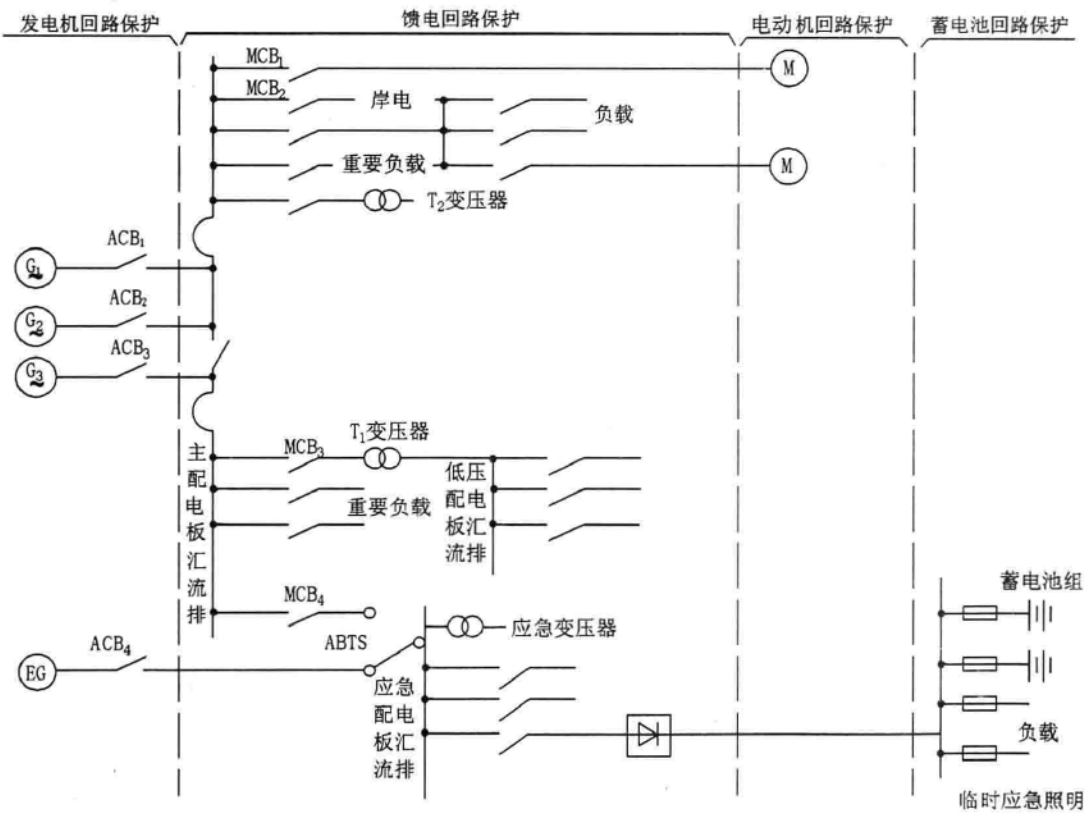


图 1.2 船舶电力系统示意图

G—主发电机;EG—应急发电机;M—电动机;ACB—空气断路器;MCB—装置式断路器;ABTS—汇流排转换接触器

船舶低压供电系统一般采用交流 380 V/50 Hz 或 440 V/60 Hz。在船舶电站的功率达到一定的数值(例如 5 000 kW)时,给电能的输送带来困难,断路器的分断能力和继电保护装置都难以满足要求,因此,系统中某些设备采用中压供电(1 ~ 10 kV),中压供电系统中通常需要引入变电环节。

船舶电力系统主要包括正常电力系统和应急电力系统两部分。正常电力系统因故中断供电时,由应急电力系统继续维持独立供电运行。正常电力系统供电时,应急电力系统作为正常

电力系统的一部分,由正常电力系统供电。另外,在正常电力系统和应急电力系统都因故障中断供电时,由蓄电池和充放电板构成的临时供电系统(又称小应急供电系统,也是电力系统的一部分)临时供电。

图 1.2 为典型的船舶电力系统单线示意图。它有三个部分:正常电力系统、应急电力系统和小应急供电系统。主配电板控制正常电力系统的供电运行。照明系统由两台互为备用的变压器供电,不并联运行。应急配电板控制应急电力系统的供电运行,图中只设置一台应急照明变压器,有的船舶也要求互为备用而设置两台。

近年来,在某些船舶上又出现了大功率、中压、高电压的高参数电力系统。如我国建造的“泰安口”半潜式电力推进船配备的是 6.6 kV 电力系统。虽然目前这种系统还限于大型船和工程船等特种船舶,但中、高压电力系统在船舶上的应用为未来船舶电力系统的发展开辟了道路。图 1.3 为“泰安口”半潜式电力推进船的电力系统单线原理图。

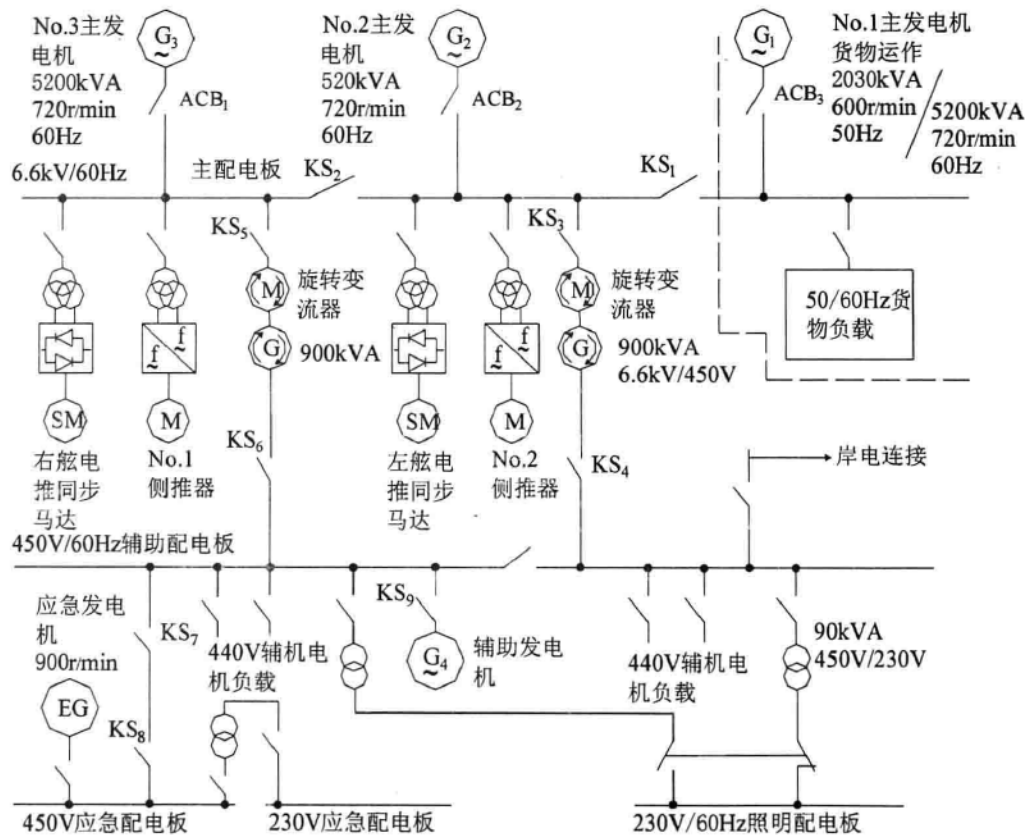


图 1.3 “泰安口”半潜式电力推进船的电力系统单线原理图

随着船舶吨位的增大和电气自动化程度的提高及科学技术的发展,船舶电力系统的设备性能和供电指标都有很大的提高;如今船舶电力系统中开始广泛采用计算机控制技术和网络技术,使系统实现(无人值班机舱的)集中控制,使船舶电站自动化程度得到了显著提高,并使船员的工作量大大下降。

1.1.2 船舶电力系统的运行特点

船舶电力系统可以看成是一个独立的电网。一般船舶只有一个电站,电站的容量就是电网的容量。船舶电网的容量相对负载来说是有限的。在大功率负载启动时的冲击电流将引起

电网电压和频率的急剧波动,因此对发电机调压器和原动机调速器的动态性能有较高的要求。

在独立电网中,在调节运行发电机的电压或原动机的转速时,将直接影响电网的电压和频率。不像陆地的无穷大电网,调节一台发电机组的电压或频率,不会改变电网的电压或频率,只能改变机组本身承担的有功或无功功率。因此,了解船舶电力系统的特点对管理和操作发电机组并联运行的有功和无功功率分配是很必要的。

由于船舶电力系统的独立性,任何导致断电的事故都将危及船舶航行的安全。此外,船舶电站只局限在船舶范围内供电,线路距离短,阻抗低,而供电发电机的台数又随船舶航行工况的不同而有所变化,因此对保护和操作都有较高的要求。

1.2 船舶电力系统的类型

人们通常将船舶电力系统的发电机组和主配电板称为电站。按其包含电站的数量和它与船舶能源系统的关系,船舶电力系统可划分为以下几种类型。

1.2.1 单主电站电力系统

这种电力系统除了配备主电站、保证船舶正常运行工况下各种用电设备的供电外,还设置应急电站,用来保证船舶处于应急或其他特殊工况下部分重要电气设备的供电。单主电站电力系统中按规范设置两台以上的发电机组,以便在检修或一台发电机组发生故障时交替使用。这种系统常用于各种民用船舶。

图 1.2 所示为万吨级货轮单主电站电力系统。发电机为 3 台,每台发电机通过电缆、空气断路器和主配电板汇流排(即母线)相连接。当两台机组同时供电时,发电机并联运行在共同的汇流排上。这种运行方式不但简化了供电网络,提高了电站备用容量的备用程度,还可以减小由于大的电力负荷的急剧变化(例如起动大功率电动机)所引起的电网电压波动。图 1.2 中主配电板汇流排采用分段汇流排的连接方式,即通过隔离开关把汇流排分为两段。它比单汇流排式的连接方式仅多了一只用于分段的开关,但却具有一系列的优点。例如:同时工作的发电机可以单独运行,也可以并联运行;当汇流排的一段发生故障时,断开汇流排的分段隔离开关,就可通过另一台机组使未发生故障的一段汇流排仍可正常供电。

在单主电站电力系统中,正常情况下是由主发电机供电给主配电板汇流排和应急配电板汇流排。在主发电机发生故障停止供电时,应急发电机可手动或自动起动投入工作,并通过连锁装置将连接主配电板和应急配电板的联络开关断开。

当船舶停航检修时,还可利用陆上的电网供电(通常称为岸电)。岸电一般均接到主配电板上,然后通过联络开关再送至应急配电板。这里必须注意,图 1.2 中的空气断路器 $ACB_1 \sim ACB_3$ 、 ACB_4 和 MCB_2 之间必须有电气连锁。例如:当 MCB_2 合闸时, ACB_1 、 ACB_2 、 ACB_3 、 ACB_4 都必须断开,防止两种独立的电源未经同步操作接入,具体分析见后续章节。

1.2.2 多主电站电力系统

多主电站电力系统系指船舶上设有两个以上主电站的电力系统。大型工程船舶和特种船及航空母舰上有时设置 2 个以上电站。这些电站分散布置在船舶的各个部位,保证电力系统具有较高的供电可靠性和生命力。民船一般不采用这种系统。多主电站电力系统单线原理如图 1.4 所示。

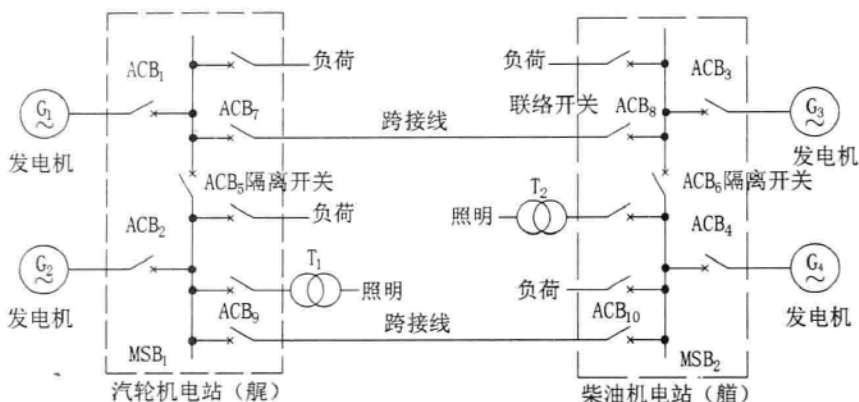


图 1.4 多主电站电力系统

G_1, G_2 —汽轮发电机; $ACB_1 \sim ACB_4$ —发电机主开关; ACB_5, ACB_6 —隔离开关; G_3, G_4 —柴油发电机; T_1, T_2 —照明变压器; $ACB_7 \sim ACB_{10}$ —联络开关

1.2.3 交流电力推进联合电力系统

电力推进的船舶通常采用推进和供电联合起来的电力系统,这样的电力系统具有更大的经济性和机动性。其电力系统单线示意图如图 1.5 所示。

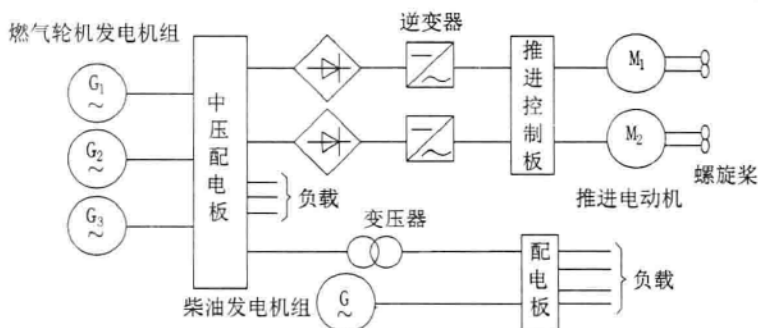


图 1.5 交流电力推进联合电力系统

利用主机余能发电的轴带发电机或利用主机排出废气发电的废气涡轮发电机,近年来在船舶上应用越来越广泛。轴带发电机较多的是由带可变螺距的恒速主机驱动。发电机的功率通常是主机功率的 10% ~ 20%。由恒速主机驱动的发电机不需要变换就可以直接供电,由于转速与频率的严格关系,两台主机带动的发电机不能并联运行。船舶航行时如果要用两台轴带发电机供电,母线就必须分成两段分别供电。

图 1.6 所示为有一台轴带发电机和两台柴油发电机组成的电站,这种电站的设置比较常见。它可以看成是具有双母线电站。主母线 MSB_1 与两台柴油发电机 G_1 和 G_2 相连接。轴带发电机母线 MSB_2 与轴带发电机 SG 连接。轴带发电机母线 MSB_2 上接有经济航行所需的负载。两条母线可以通过联络开关 ACB_5 连接起来。柴油发电机可以与轴带发电机短时并联供电,也可以向轴带发电机母线 MSB_2 供电。

1.3 船舶电站的主接线

船舶电站的主接线是指发电机通过开关设备和连接导线所组成的供电和配电的电路。把

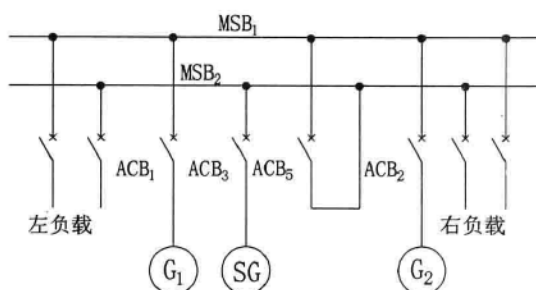


图 1.6 有一台轴带发电机和两台柴油发电机的电站
 G_1, G_2 —柴油发电机;SG—轴带发电机

发电机和配电设备等符号用单线连接成的电路图称为电气主接线图或单线图。

船舶电站的主接线在主配电板中表现为主汇流排(以下称母线)的连接方式。

图 1.7(a)表示了一个有两台发电机的电站。发电机 G_1 和 G_2 分别通过空气断路器 ACB_1 和 ACB_2 连接到同一电压母线上。因此图中只有一段母线,故称为不分段母线。

图 1.7(b)表示了一个由四台发电机组成的电站。图中用一个隔离开关 ACB_5 把母线分为两段,即 MSB_1 和 MSB_2 。在正常情况下 ACB_5 合闸,两段母线连成一段母线运行;在异常的情况下,例如发电机组因调压器或调速器发生异常而不适宜并联运行时,或一段母线上有故障不能进行供电运行时,切断 ACB_5 ,把母线分成两段,分别供电或只让正常的母线段供电。

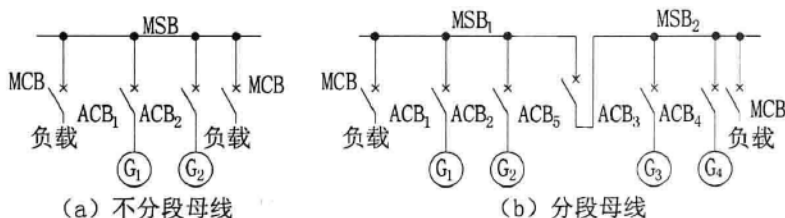


图 1.7 单电站的主接线

母线分成两段以后,形成两个独立的电网,有两个母线电压,许多控制电路要作相应的处理。例如后面章节讨论的同步发电机手动准同步并联运行操作和自动准同步并联运行操作的母线输入信号、自动功率分配装置的母线电压及频率、风机和油泵的应急切断以及分级卸载的电源等。

开关 ACB_5 把母线分隔成两段,故称为隔离开关。也可以说开关把两段母线连接起来,故也可以称为联络开关或母联开关。隔离开关一般采用三种形式:三个各相独立的隔离器、三相闸刀开关和三相空气断路器。采用隔离器省地方,但必须在无负载(用绝缘手柄)或断电时才能分断操作。采用三相闸刀开关比较简单,价格又便宜,分段信号可以用位置开关来发出,但是仍需要人工操作。由于空气断路器操作起来较方便,故自动化船舶均采用空气断路器。

有的船舶如大型邮轮和军舰,设置两个电站。两个电站可以同时供电,也可以用一个电站向全船供电。当一个电站发生故障时另一个可以维持电网供电。

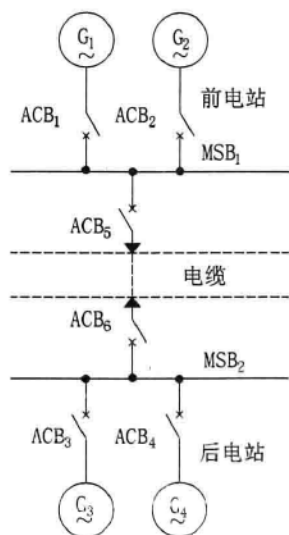


图 1.8 有两个电站的主接线

图 1.8 中设有前、后两个电站,每个电站设有两台发电机。两

个电站的母线通过各自的联络开关(ACB₅和ACB₆)和连接电缆相互连接。一个电站可以向另一个电站供电,两个电站也可以并联供电运行。

1.4 船舶电力系统设计要求

船舶电力系统的设计是依据设计任务书,遵循相应的规范和标准,并按功能要求,选择合适的电力系统和电气设备。

对船舶电力系统的设计要求如下:

(1)明确船舶设计的技术要求,熟悉现行船舶设计规范,了解电力系统发展现状。确保电力工作可靠性高。

(2)采用的电气设备应具有三防(防盐雾、防油雾、防霉菌)性能,并具有防火、防燃、防爆性能和耐冲击、振动、摇摆等性能,能在船上较高的环境温度(有时达55℃)和大于95%的相对湿度条件下正常工作。

(3)保证工作人员的安全,防止发生触电事故。根据相应的设计规范要求,电气设备的带电部分以外的所有可接近的金属部分均应做到可靠接地。

(4)为保证所有电气设备和电子设备在船舶电磁环境中能正常工作,应采取适当的防电磁干扰措施。

船舶电力系统的设计,是与总体、船体、舾装、轮机等其他专业密切配合,常按以下步骤进行:

(1)选择船舶电站的电流、电压、频率和线制等主要参数。正确选择发电站的参数,可以保证整个电力系统的可靠性、稳定性和经济性。通常情况下,船舶上除设有主发电站外,还应设有应急电站或应急蓄电池组。

(2)汇总全船用电设备,进行全船电力负荷计算,确定船舶主电站发电机组的功率和数量。如果设有应急发电站,还须进行应急负荷计算,确定应急发电机组的功率。如果设有应急蓄电池组,还须考虑蓄电池组容量的计算和选择。在确定发电机组的同时,对发电机组的电压调整装置和并联运行,亦应充分考虑,因为这些因素对电力网络和配电设备的设计和选型影响很大。

(3)对全船的配电装置和电器进行选型,包括主配电板、应急配电板、充放电板、驾驶室综合控制台、岸电箱、各种电力分电箱、照明分电箱、各种仪器仪表、各种开关和电器等。船舶配电装置和电器种类繁多,合理选用配电装置是电力系统设计中应该考虑的重要方面。

(4)在全船配电装置和电源装置确定后,根据船体、舾装和轮机等其他专业对辅机提供的安装位置和要求以及全船布置总图,即可着手船舶电力网的设计。电力网的设计包括全船配电系统的确定和电力网络的设计,还包括机舱及各舱室(如无线电机室、蓄电池室、配电控制室、驾驶室等)电气设备的布置。

(5)船舶电力网确定后,对船舶电力系统的保护问题,必须全盘考虑,为很好地进行配电设备的选型和设计,以及确定其保护电器的设定值提供条件。

1.5 船舶电力系统设计的规范和标准

我国船舶现行规范和标准分民用船舶规范和军用船舶标准两种。军用船舶除了规范要求还有产品设备的基本要求,如有需要可查阅军用舰船标准(GJB)。在此只介绍我国民用船舶规范和国际标准。

1.5.1 民用船舶规范

民用船舶规范是由中国船级社制定和发布的。与船舶电力系统有关的现行规范有:《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技术要求。违反这些规范也是船舶检验入级所不允许的。

1.5.2 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,了解与船舶电气有关的国际标准很有必要。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。例如国际海事组织制定的《国际海上人命安全公约》和《国际海上避碰规则》等标准。

船舶及其设备、系统的入级检验,要涉及各船级社的规范。世界上主要船级社的代号为:英国劳氏船级社 LR;美国船级社 ABS;法国船级社 BV;德国劳氏船级社 GL;挪威船级社 NV(或 DNV);日本海事协会 NK;中国船级社 CCS。

第2章 船舶电站

船舶电源装置主要指的是主发电机组和主配电板,通常把它称为船舶电站。本章主要阐述船舶电站的特点,船舶电站的基本要求,船舶电力负荷的计算方法,船舶电站基本参数、发电机组的功率和数量的确定,特殊船舶电站的要求。

2.1 船舶电站概述

船舶电站是船舶电力系统的核心,其工作的可靠性和生命力,是系统实现规定任务的有效性的两个标志。船舶电站工作的可靠性是指在各种不利的工作条件下(如环境温度变化大,空气湿度很大,海水腐蚀作用强,船舶的横摇和纵倾大,航行振动和冲击振动等),电力系统的各项电气设备在整个运行期间不间断工作的能力,既不发生结构上的损坏事故,也不应发生各种装置的调整失常,使整个电力系统能不间断地供电,并保证一定的电能质量。船舶电站的生命力是指船舶受到事故破损时,电力系统仍能保证不间断供电的能力。电力系统工作的可靠性取决于其组成元件和各项设备的可靠性及其相互之间的连接方法和使用方法。

2.1.1 船舶电站的分类和特点

船舶电站按照原动机的类型可分为柴油机、蒸汽轮机和燃气轮机三种。根据电流的种类,船舶电站可分为直流和交流两种类型。

按照电站的用途,可分为主电站(正常工况供电用)和应急电站(主电站发生故障时应急供电用)。主电站中有主发电机和主配电板(或称总配电板),应急电站中有应急发电机和应急配电板。

根据电站的电气自动化程度,可分为半自动电站、全自动电站和微机控制电站。

由于主机拖动螺旋桨的功率有10%~15%(甚至更大)的储备,而航行时需用电站供给的电能不超过主机功率的10%,因此为了充分利用主机功率,提高经济性,某些船在正常航行时采用主机轴带发电机供电,当主轴转速较低或船舶机动航行和停泊时由主发电机供电。

船舶电站与陆地上电站相比有以下特点:

(1)船舶电站容量小。由于船舶电站只供给一条船上负载的需要,其单机容量和系统容量与陆地上相比要小得多(一般万吨船为1000 kW左右),而某些大电动机容量与电站容量可相比拟,因此相互影响大(电动机起动电流会引起的电网电压降落大,使发电机组的转速和频率波动较大)。

(2)船舶电气设备工作环境比陆地恶劣,影响设备工作的可靠性、正确性和寿命。例如:①环境温度较高;②相对湿度大,有时高达95%~100%;③存在盐雾、霉菌、油雾,使导电金属受到腐蚀,并使绝缘材料性能降低;④设备运转和风浪引起的船舶摇摆、振动和冲击大,影响电气设备动作的可靠性和正确性;⑤由于船舶舱室面积小,空间狭窄,故电气设备之间有较大的电磁干扰。

(3)船舶电站的发电设备与用电设备之间的距离很短,因此在计算电网压降时,往往可以

忽略电缆的电抗。

船舶主电源一般采用柴油发电机组,至少设置 2 台。海船典型的设置是 3 台。
在主电源因故障中断供电的应急情况下向应急设备供电的电源称为应急电源。应急电源可以是发电机组,也可以是蓄电池组。一般船舶都采用柴油发电机组向应急配电板供电,并通过应急配电板向应急情况下必需的设备供电。也有一些小船采用蓄电池向充放配电板供电,并通过充放配电板向必需的设备供电。

应急发电机采用柴油发电机组,储存的燃料油是有限的,使用中不补充,因此供电时间是有限的。大多数海船都设 1 台应急发电机组。

主、应急电源都中断供电时,采用蓄电池供电。蓄电池供电的时间通常只有半小时,所以称这个应急电源为“临时”的应急电源。

图 2.1 是典型的船舶电站示意图。图中有 3 个提供电源的电站:主电站、应急电站和临时应急电源(站)。

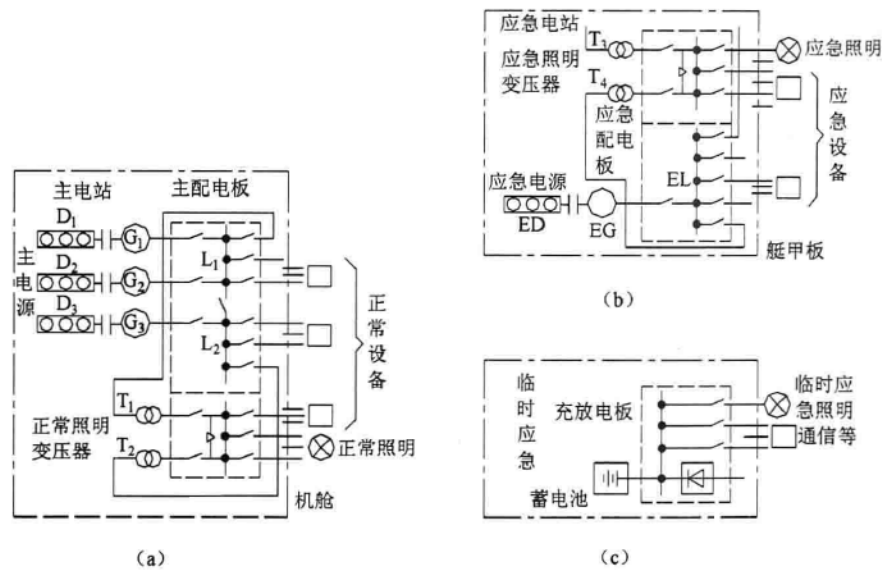


图 2.1 典型的船舶电站示意图

1. 主电站
- 图 2.1(a)所示的主电站由 3 台发电机组和主配电板组成。3 台发电机组(D_1 、 D_2 、 D_3 是柴油机, G_1 、 G_2 、 G_3 是发电机)。发电机通过主配电板的母线(主汇流排)向主电网上的用户供电。
- 主电站设在机舱或辅机舱。主电站的几台发电机组较多的是采用同容量、同型号的,也有采用不同容量、不同形式的(例如柴油发电机组和轴带发电机)。
2. 应急电站
- 图 2.1(b)所示的应急电站是由 1 台发电机组和应急配电板组成的(原动机 ED 是柴油机,EG 是发电机)。
- 应急配电板的母线可以由主配电板或应急发电机供电;在主电源正常供电的情况下,应急配电板的母线由主配电板供电。在主电源失电的应急情况下,由应急发电机供电。应急发电机组一般都设在甲板舱室内。

3. 临时应急电源(站)

临时应急电源(站)如图 2.1(c)所示,它由蓄电池和蓄电池充放电板组成。

蓄电池除了向重要的监测报警、指示等负载供电外,对于客船和应急发电机不能在规定的时间内自动起动供电的货船,还要维持临时应急照明工作(不少于)30 min。

早期船舶设置多组蓄电池,交替充电和放电(负载由蓄电池供电),充放电板主要用来控制充放电,整流装置只考虑充电,容量较小。现在船舶整流装置与蓄电池组成“不间断供电”的直流电源。正常状态下由整流装置向负载供电,蓄电池处于浮充状态。整流装置的容量较大。主、应急电源都失电时由蓄电池供电。

从图 2.1(c)可以看出,充放电板的母线可以由应急配电板或蓄电池供电。正常情况下应急配电板供电电源经变换(降压、整流)后向母线上的负载供电,同时(有控制地)向蓄电池浮充电。

2.1.2 船舶电站设计的基本要求

船舶电站设计的基本要求:

(1)船舶电站的发电量应该保证满足船舶在各种工况下所有负荷的供电要求。这就是说,电站的发电量既要满足最大负荷工况的供电需要,又要合理地满足其他较小负荷工况的供电需要。为此,船舶电站应设置多台发电机组。发电机组的台数和容量可根据船舶各工况电力负荷的功率来确定。

(2)正常航行时一台主发电机组运行就可保证船舶上最大异步电动机的顺利起动。此时,发电机组中至少有一台的单机功率 P_{df} 能满足

$$P_{df} \geq (6 \sim 7) P_{m \max} \cos \varphi_s + P_{ml} \quad (2.1)$$

式中: $P_{m \max}$ 为船舶最大直接起动异步电动机的功率(kW); $(6 \sim 7)$ 为异步电动机起动电流的倍数; $\cos \varphi_s$ 为异步电动机起动功率因数; P_{ml} 为起动前发电机组原带的负荷(kW)。

在一般情况下,不要采用两台或多台发电机组并联运行来起动大功率负载的做法,这样会给船舶的操作带来不便。

(3)船舶设置单一主电站时,应配置备用发电机组,以保证发电机组发生故障或平时维修保养的机动性。通常,至少增加一台发电机组作为电站的备用发电机组,要求

$$P_{\Sigma} - P_{bf} > P_j \quad (2.2)$$

式中: P_{Σ} 为电站发电机组总功率(kW); P_{bf} 为一台备用发电机组的功率(如电站配备不同功率的发电机组时,应取其中最大的发电机组功率值作为备用发电机组的功率值, kW); P_j 为船舶电力负荷计算结果中功率最大的工况的负荷数值(kW)。

船舶设置多个电站时,发电机组配备也应考虑维修保养的机动性。

(4)为保证船舶服务期间(25~30年)因增添新装备或现代化改装而增长的电力需要,新建船舶的电站应考虑一定的容量储备。

(5)发电设备的操作条件。长期操作的部位(如集控室等)应设置空调设备,注意隔离噪声源。为了扩大操作人员的感觉范围,加强操作人员的警觉能力,应设置必要的监视、报警和显示设备。

(6)合理配置应急电站和辅助电站。船舶上除了主电站外,有时还需配置其他电站,如应急电站、停泊(或锚泊)电站等。

应急电站是船舶为保证救生及与其生存直接有关的极端重要设备的应急供电而专门设置