

姜锦范 编著

王本明 审

船舶电站及自动化

大连海事大学出版社

船舶电站及自动化

姜锦范 编著

王本明 审

大连海事大学出版社

© 姜锦范 2005

图书在版编目(CIP)数据

船舶电站及自动化 / 姜锦范编著 .—大连 : 大连海事大学出版社, 2005.1(2006.8 重印)
ISBN 7-5632-1833-5

I . 船… II . 姜… III . 船用电站—自动化 IV . U665.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 006467 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

大连理工印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2005 年 2 月第 1 版 2006 年 8 月第 2 次印刷

幅面尺寸:185 mm×260 mm 印张:18.5

字数:462 千字 印数:1501~3500 册

责任编辑:史洪源 王在凤 版式设计:海 韵

封面设计:王 艳 责任校对:风 韵

定价:29.00 元

内容提要

本书分为两篇,第一篇 5 章是常规电站部分,第一章船舶电力系统及配电装置主要介绍了船舶电力系统、自动空气断路器、逆功率继电器等基本知识,第二章讲述的是同步发电机自动电压调整器,第三章讲述的是同步发电机组的并联运行,第四章介绍轴带发电装置,第五章介绍船用蓄电池;第二篇 5 章为电站自动化部分,第六章船舶电站自动化概述主要讲述电站自动化功能及其控制流程,第七章讲述的是控制系统中信号处理,第八章讲述的是基于微处理技术的自动并车,第九章介绍微机控制的自动电力管理系统,第十章介绍 PLC 控制的自动电力管理系统。

本书为轮机管理专业教材,可供从事船舶电气、陆上厂矿企业大楼宾馆自备独立电站设计、管理及教学人员阅读参考。

前 言

现代船舶电力系统相当于人体的心血管系统,发电机组相当于人体的心脏、电力网相当于血管、电流相当于血液,因此电站运行的可靠性、经济性对船舶的安全航行及经济运行具有重要的意义。现代船舶对电站的要求越来越高,因而船舶电站自动控制系统基本已过渡到不是新一代微机控制系统就是基于 PLC 的控制系统。

本书第一篇是常规电站部分。第一章船舶电力系统及配电装置,内容虽较杂但最重要,是熟悉了解船舶电力系统、主配电板内部开关电器设备必不可少的相关知识内容,第二、三、四、五章,每章内容相对较为单纯,它们是同步发电机调压装置、发电机组的并联运行、轴带发电装置及船用蓄电池等方面知识。第二篇是电站自动化部分。第六、七章主要包含有电站自动化功能流程及相关的信号处理方面知识,是管理、维修自动化电站控制系统的基础知识,第八章基于微处理技术的自动并车是为对微机控制技术感兴趣的读者编写的,第九、十章是介绍当前运行船舶电站中主要几种控制系统,是供读者自学,以后管理这类系统时可作参考。

本书初稿写于 2001 年春,是按中远中集公司、广远公司要求开设的轮机员船电业务班,达到相当于船电专业本科生的知识要求,在船能实际承担原电机员在自动化船舶的工作而编写的,经 12 期船电业务班的使用、二次增删修订后成书。本书也可供单独开设船舶电站课程的轮机管理专业使用。

全书由王本明教授审核,对本书提出的意见与看法,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,承蒙中远青远公司船技处、中远中集公司船技处提供最新资料,在此表示深深的谢意。

由于水平有限,书中错谬之处在所难免,恳请读者不吝指正。

编 者

2004 年 11 月

目 录

第一篇 船舶电站

第一章 船舶电力系统及配电装置	(1)
第一节 船舶电力系统基本知识	(1)
第二节 发电机的保护	(13)
第三节 船用自动空气断路器	(15)
第四节 逆功率继电器	(36)
第五节 船舶电网绝缘检测	(40)
第六节 岸电供电	(44)
第七节 船舶主配电板及电网失电处理	(46)
第八节 船舶电网短路电流计算	(50)
第二章 同步发电机自动电压调整器	(53)
第一节 概述	(53)
第二节 不可控相复励调压装置	(55)
第三节 可控硅调压装置	(61)
第四节 可控相复励调压装置	(65)
第五节 无刷发电机励磁系统	(67)
第六节 大洋 FE(FEK)型无刷发电机	(69)
第三章 船舶同步发电机组的并联运行	(78)
第一节 同步发电机组的并车	(78)
第二节 并联运行发电机组间无功负荷的自动分配	(85)
第三节 并联运行发电机组间有功负荷的自动分配及频率的调整	(92)
第四章 船舶轴带发电装置	(99)
第一节 轴带发电装置概述	(100)
第二节 晶闸管变换器式轴带发电装置	(104)
第五章 船用蓄电池	(116)
第一节 概述	(116)
第二节 蓄电池的充放电	(117)
第三节 蓄电池的维护与保养	(124)

第二篇 船舶电站自动化

第六章 船舶电站自动化概述	(126)
第一节 自动电力管理系统的结构与组成	(127)
第二节 自动电力管理系统功能及相应控制流程	(131)
第七章 控制系统中的信号处理	(145)
第一节 电压、电流与转速信号的检测与处理	(145)
第二节 频率变换	(152)
第三节 有功功率变换	(157)
第四节 差频电压	(162)
第五节 信号处理中其他基本单元	(167)
第八章 基于微处理技术的自动并车	(172)
第一节 自动并车时调频环节	(172)
第二节 微机控制自动并车中合闸指令提前量的产生	(175)
第九章 微机控制的自动电力管理系统	(183)
第一节 由一台微机控制的电站系统	(183)
第二节 GAC-5 TYPE C	(193)
第三节 GAC-16M 自动电力管理系统	(222)
第四节 JMC-SMS-25(JACOM-21)船舶电站控制与监视系统	(242)
第十章 PLC 控制的自动电力管理系统	(266)
第一节 PLC 控制船舶电站概况	(266)
第二节 SIMOS PMA52 自动电力管理系统	(267)
附录 船舶发电机的维护与保养	(283)
参考文献	(288)

第一篇 船舶电站

第一章 船舶电力系统及配电装置

第一节 船舶电力系统基本知识

一、船舶电力系统的组成

船舶电力系统主要是由电源、配电装置、电网与负载四部分组成,其单线图如图 1-1 所示。

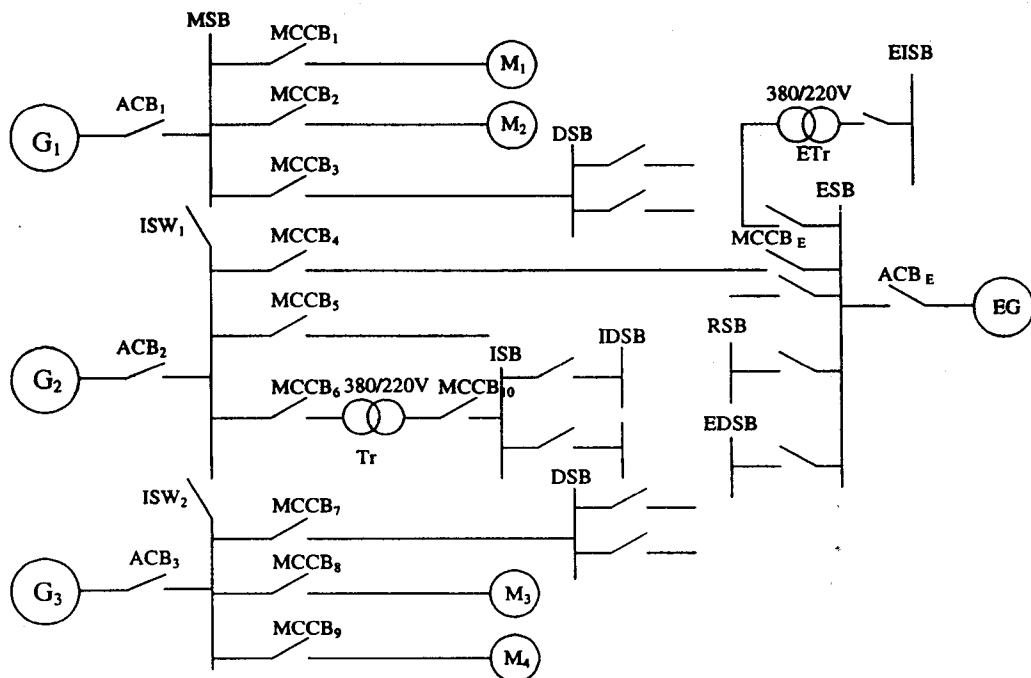


图 1-1 船舶电力系统简图

$G_{1,2,3}$ -主发电机;EG-应急发电机;ACB-发电机主开关;ACB_E-应急发电机主开关;MSB-主配电板;ESB-应急配电板;MCCB₁₋₉-配电开关; M_1 -电动机;DSB-分配板;RSB-无线电分配板;MCCB_E-应急配电开关;ISW₁-隔离开关;ISB-照明配电板;EISB-应急照明配电板;IDSB-照明分配板;EDSB-应急分配板;Tr-照明变压器;ETr-应急照明变压器

电源:电源是将机械能、化学能等能源转变成电能的装置。船上常用的电源装置是柴油发电机组和蓄电池。

配电装置:配电装置是对电源和负荷进行分配、监视、测量、保护、转换、控制的装置。配电装置主要可分为主配电板、应急配电板、分配电板(动力、照明)、充放电板等。

电网:电网是全船电缆电线的总称。电网是联系发电机、主配电板、分配电板和负荷间的中间环节,是将电源的电能输送到负荷端的媒体。船舶电网根据其所连接的负荷性质可分为动力电网、照明电网、应急电网、低压电网、弱电电网等。

负荷:船舶负荷大体可分成舱室机械、甲板机械、船舶照明、通导设备及其他用电设施。

二、船舶电力系统的特点及对其基本要求

由于船舶是一个孤立的位于海洋上的独立体,使得船舶电力系统与陆上电力系统相比有很大差异,主要有以下几个方面:

1. 船舶电站容量较小

陆上电网容量一般在几百万~几千万千瓦,单机容量大多在数十万千瓦;一般远洋船舶主电站大多装三台发电机组,发电机单机容量为400~800 kW。

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,所以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),因而对船舶电力系统的稳定性提出了较高的要求。如船用发电机调压器、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要求,有强行励磁的能力,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,因此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

因为与陆上数千公里高压输电网络相比,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,所以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,所以对发电机和电网的保护比陆上系统要简单,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. 船舶电气设备工作环境恶劣

船舶电气设备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。相对湿度高则会使电气设备绝缘受潮、发胀、分层及变形等,使绝缘性能降低,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粘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,船用电气设备必须满足“船用条件”的要求。

三、船舶电力系统的基本参数

船舶电力系统的基本参数是指电流种类(电制)、额定电压和额定频率的等级。它们决定了电站工作的可靠性和电气设备的重量、尺寸、价格等。

1. 电制的选择

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

交流船舶的电气设备在维护、保养等方面工作量比直流船要少得多,且交流电机结构简单、体积小、重量轻、运行可靠,其相应控制设备也简单。交流船舶又分成单相交流电、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重量和尺寸、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重量和外形尺寸减少,对电力系统中的其他元件的重量、尺寸特性影响并不大,且中压设备价贵。可是电压的提高对电气设备的绝缘和安全方面也提出了更高的要求,因此船舶建造时选择额定电压主要考虑是与本国陆上低压电网额定电压相一致。

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,因此这类船舶大多采用陆上相应的 3 300 V 或 6 600 V 中压等级标准。

目前运行中的或正在建造中的远洋船舶主电站动力电网额定电压不是采用 380 V 的就是采用 440 V 的标准,照明电网额定电压不是采用 220 V 就是采用 110 V (100 V) 的标准,临时应急照明电网与弱电电网一般采用 24 V 的标准。

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 50 Hz 与 60 Hz 两种标准,通讯导航设备除外。

提高频率在一定范围内可提高自动化系统动作的快速性,可减少电机、变压器、换能器、自动化元件的重量和尺寸,但对电缆以及电力系统中其他元件却有相反的作用。

频率的提高还存在有诸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,频率提高导致交流阻抗增大,损耗也就增大。另外,由于高速运行,机械噪声也就较大。

四、船舶电站容量的确定和发电机组台数的选择

正确合理计算船舶电站容量不仅设计人员要掌握,对于运行管理人员来说也很重要。它可以帮助机舱管理人员正确深入了解船舶电站的特点,根据船舶运行工况的不同,相应改变电力系统的运行方式,充分发挥电站的功能,使电力系统更安全、更可靠、更经济地运行。

船舶电站容量计算的方法主要有昼夜航行图表法和负荷系数法。昼夜航行图表法一般用于小船或电动辅机不多的船舶;用得最多的是负荷系数法,负荷系数法又分为需要系数法和三类负荷法,海上运输船舶一般均采用三类负荷法来确定电站的容量。此外还有采用线性回归方法得到回归方程来确定船舶电站容量的估算方法。

通常船舶在每一工况下其负荷的变化相对是不太大的,所以不论用什么方法来计算电站的容量,均按照船舶不同的工况分别进行计算各自的用电量,然后依此来确定发电机的容量及台数。

1. 船舶运行状态及用电设备的分类

船舶运行工况一般可分为:航行工况、进出港工况(狭窄航道航行工况)、停泊工况、装卸货作业工况及应急工况。

研究船舶各种运行工况的目的是要找出船舶的最大用电量、最小用电量和经常用电量,从

中找出用电规律。

在按船舶运行工况进行计算时,为方便起见通常还将全船负荷按用途和系统进行分类。

用电设备可分成:

动力装置用辅机:为船舶主机、副机、锅炉服务的辅机,如海水泵、淡水泵、滑油泵、燃油泵、分油机、空压机、锅炉给水泵等。

甲板机械:如起货机、锚机、绞缆机、舵机等

舱室辅机:如消防泵、压载泵、舱底泵、生活用水泵等。

冷藏通风机械:冰机、空调、通风机等。

机修机械:如车床、钻床、电焊机等。

照明及生活用电设备:如各类照明灯具、电灶、电热器具、风扇等。

无线电通信、导航设备。

其他设备:如侧推器等。

2. 电站容量的确定与发电机组台数的选择

电站容量的确定与发电机组台数的选择一般应从下面几个方面来考虑:

(1)满足船舶在各项运行工况下用电量的需求;

(2)每台发电机组的最高负荷为 80%~85% 左右(柴油发电机组);

(3)必须设有备用发电机组,其容量应在其中最大容量发电机组损坏时仍能满足航行和应急状态时的用电需求;

(4)一般应选用同容量同型号的发电机组,这样并联运行稳定,可互为备用,管理、维修、保养方便;

(5)使用的发电机组台数应尽可能少些,但也不能太少而使发电机长期轻载运行不经济,一般选用 3 台发电机组。

3. 三类负荷法

(1) 负荷分类

计算全船负荷时,可将负荷按使用情况分为三类:

1)第Ⅰ类负荷:连续使用的负荷;

2)第Ⅱ类负荷:短时或重复短时使用的负荷;

3)第Ⅲ类负荷:偶然短时使用的负荷或按操作规程可在电站高峰负荷时间以外使用的负荷。

三类负荷的分法与船舶运行工况有关。如作为按短时工作制设计制造的锚机、绞缆机电动机,由于在进出港靠离码头工况中是连续使用的,因此算作第Ⅰ类负荷;同样消防泵平时大多作为冲洗甲板是属于偶然使用的设备,但在船舶着火应急工况中是连续使用的,所以算作第Ⅰ类负荷。

(2) 负荷的计算

现代船舶大部分电能为电动机所消耗,因此在计算全船电力负荷时,电动机负荷不能简单地把电动机的额定功率加起来。

1) 电动机利用系数 K_1

电动机有额定功率,电机拖动的机械设备也有额定功率,电动机与机械设备功率匹配不是 1:1,通常电动机的功率应略大于机械设备的功率而留有一定的功率储备,因此电动机的利用

系数

$$K_1 = \frac{P_2}{P_1} \quad (1-1)$$

式中: P_1 ——电动机额定功率; P_2 ——机械设备的额定功率。

2) 机械负荷系数 K_2

每一台辅机大多不是在满负荷下运行的, 因此实际使用功率 P_3 是小于额定功率 P_2 的, 所以机械负荷系数

$$K_2 = \frac{P_3}{P_2} \quad (1-2)$$

一般机械的轴功率可由产品样本查得, 机械负荷系数可根据轮机专业或舾装专业提供的设备实际使用数据来确定。

3) 电动机负荷系数 K_3

$$K_3 = \frac{P_3}{P_1} = K_1 \cdot K_2 \quad (1-3)$$

4) 电动机以额定功率运行时从电网吸收的功率 P_4

$$P_4 = \frac{P_1}{\eta_n} \quad (1-4)$$

式中: η_n ——电动机在额定功率时的效率。

5) 电动机实际消耗的功率 P_5

$$P_5 = \frac{P_3}{\eta} = K_3 \frac{P_1}{\eta} \quad (1-5)$$

式中: η ——电动机相当于 P_3 功率时的效率。

交流鼠笼式电动机在低负荷时效率较差, η 可从电机生产厂家提供的电动机特性曲线上查得。

6) 同一类负荷有 n 台机组时, 所需电网供给有功功率 P_6

$$P_6 = P_5 \cdot n \quad (1-6)$$

7) 同组用电设备所需电网供给有功功率 P_0

$$P_0 = P_6 \cdot K_0 = n K_1 K_2 K_0 P_1 / \eta \quad (1-7)$$

式中: K_0 ——同组设备同时使用系数, $K_0 = m/n$;

m ——该组同时工作的用电设备数目。

8) 无功功率 Q_0 的计算

对于交流电动机, 计算出 P_0 后还应求出无功功率 Q_0 。

$$Q_0 = P_0 \tan \varphi \quad (1-8)$$

式中: φ ——电动机的实际功率因数角。

由于异步电动机的功率因数随电动机的负荷降低而显著下跌, 因此 P_3 时的 $\cos \varphi$ 亦需从电动机的特性曲线上查出。

9) 各组设备间总同时工作系数 K_{01} 、 K_{0II}

对第 I 类负荷, 考虑到各辅机和用电设备最大负荷的不同时性, 同时系数 K_{01} 通常可选

0.8~0.9。

对第Ⅱ类负荷,可按该负荷平均使用时间与工作周期之比来估算

$$K_{0Ⅱ} = \frac{\text{用电设备在一个工作周期内的平均工作时间}}{\text{用电设备一个工作周期}}$$

一般同时工作系数 $K_{0Ⅱ}$ 在 0.3 左右。

10) 计入电网损耗 5%。

11) 某状态下需发电机供给的总功率

$$\text{总有功功率 } P_{\Sigma} = (K_{0Ⅰ} P_{Ⅰ} + K_{0Ⅱ} P_{Ⅱ}) \times 1.05$$

$$\text{总无功功率 } Q_{\Sigma} = (K_{0Ⅰ} Q_{Ⅰ} + K_{0Ⅱ} Q_{Ⅱ}) \times 1.05$$

式中: $P_{Ⅰ}$ 、 $P_{Ⅱ}$ ——该状态下第Ⅰ和第Ⅱ类负荷的总有功功率;

$Q_{Ⅰ}$ 、 $Q_{Ⅱ}$ ——该状态下第Ⅰ和第Ⅱ类负荷的总无功功率。

12) 该状态下平均功率因数 $\cos \varphi$

$$\tan \varphi_B = Q_{\Sigma} / P_{\Sigma} \quad \varphi_B = \arctan Q_{\Sigma} / P_{\Sigma}$$

13) 第Ⅲ类负荷计算时可不计,但应注意高峰负荷时可能该状态下短时需要的最大负荷

$$P_{\max} = P_{\Sigma} + P_{Ⅲ}$$

式中: $P_{Ⅲ}$ ——该状态下第Ⅲ类负荷的总有功功率。

(3) 负荷表的编制

编制负荷表的步骤如下:

1) 根据轮机、舾装等专业提供的数据选择电动机和电气设备,并计算各电动机和电气设备的额定所需功率;

2) 根据船舶类型选择所需计算工况,确定各工况下所需使用的电动机、电气设备和使用情况,并进行分类;

3) 确定负荷系数,并计算各用电设备的实际使用功率;

4) 计算每一工况下各类负荷的总功率;

5) 按其同时系数 $K_{0Ⅰ}$ 和 $K_{0Ⅱ}$ 并计及电网损耗 5%, 确定各状态所需电站功率;

6) 根据上述计算,选择发电机组的功率和数量,并核算各工况下发电机的负荷百分率,一般来说发电机应有 10%~20% 的储备功率,最后用 $P_{\max}$ 来校验发电机的过载能力是否满足。

五、船舶电网

1. 船舶电网的线制

对三相交流船舶而言,电网主要采用三相三线绝缘系统,此外还有中性点接地的三相四线系统与利用船体作中性线回路的三相三线系统,如图 1-2 所示。

其中三相三线绝缘系统应用最为普遍。这种方式安全可靠,照明电网与动力电网间没有电的直接联系,互相影响小;电网对地绝缘好的时候,船员不小心碰到电网任一根线时,不至造

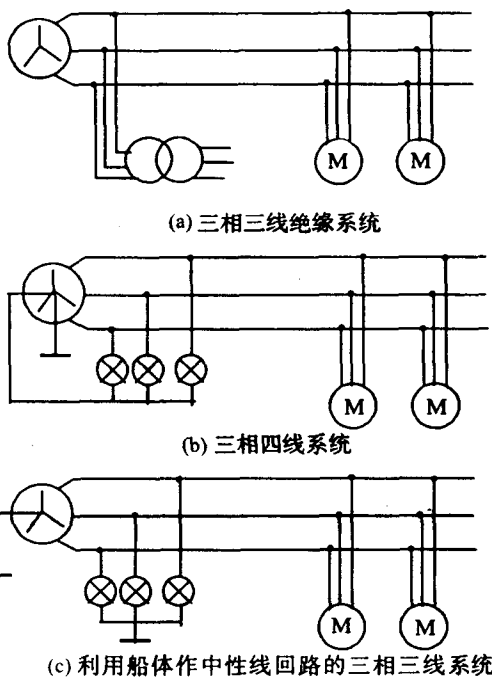


图 1-2 三相交流系统船舶电网线制

成触电伤亡事故;发生单相接地时,并不形成短路,仍可维持电气设备的正常运行。

三相四线系统,因不是绝缘系统,船员碰到任一根电网线时容易发生触电伤亡事故,当发生单相接地故障时即形成短路故障,有可能会发生跳电事故,因而船舶较少采用。

利用船体作中性线回路的三相三线系统,因船体流过较大电流,易发生人员触电伤亡事故,是一个及不安全的系统,因此需船级社认可后方可建造。

船舶电网可分为供电网络与配电网络两种形式。

2. 船舶电网的供电网络

供电网络是指主发电机与主配电板之间、应急发电机与应急配电板之间、主配电板与主配电板之间及主配电板与应急配电板之间的电气连接网络。

民用商船大多采用单主电站供电网络,如图 1-3 所示。

3. 船舶电网的配电网络

配电网络是指主配电板及应急配电板到用电设备之间的网络。通常称主配电板与分配电板之间、主配电板和其直接供电负载之间的网络为一次配电网络,而分配电板到各用电负荷之间的网络为二次配电网络。

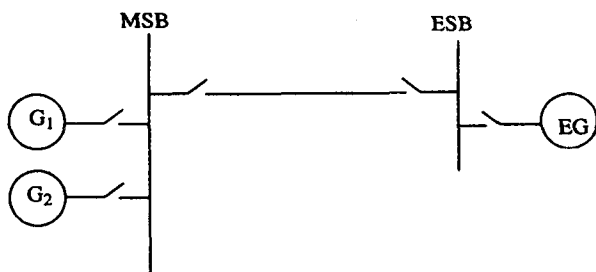


图 1-3 单主电站供电网络

(1) 船舶配电网络分类

根据用电设备不同,船舶配电网络可分为:

1) 动力电网

指供电给电动机负载的电网,但一般 600 W 以上的电热装置及功率大于 1 kW 的探照灯也是由动力网络供电。这些设备可由主配电板直接供电,也可由分配电板供电。

2) 照明电网

通常由主配电板供电给照明变压器,经降压后再返回到主配电板中照明屏,通过照明屏上配电开关配电给各照明分配电箱,最后由照明分配电箱配电给各路照明灯具或其他用电器具。当配备的照明变压器容量足够大时,较大功率的加热器具、探照灯也有从照明电网供电的。

3) 应急电网

当船舶主电站因故不能供电时,应急发电机将通过应急配电板向船上部分特别重要的设施供电,如舵机、消防泵等机械设备,通导设备及部分重要区域照明等场所。正常情况下,应急电网由主配电板经两者间联络电缆供电。

4) 临时应急照明电网

一般是由应急照明蓄电池供电的网络。供电给公共场所的应急照明,主机操纵台、主配电板前后、锅炉仪表、应急出入口、艇甲板等处的最低照明。

5) 弱电电网

是向机舱自动化控制系统、无线电通信设备、各种导航仪器、船内通讯设备及报警系统供电网络。

(2) 船舶电网一次配电网络接线方式

一般民用商船电压等级均在 500 V 以下,接线方式主要有馈线式(也称放射式)与干线式。

图 1-4 所示为这两种接线方式的单线示意图。

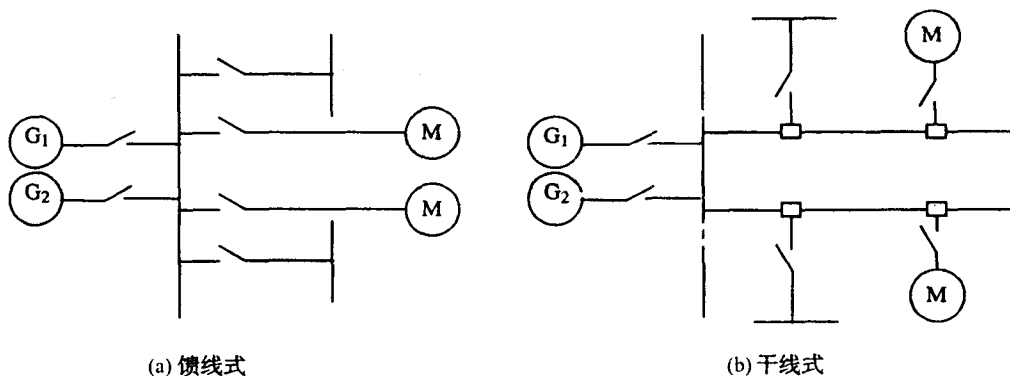


图 1-4 一次配电网络接线方式示意图

馈线式接线的每一根电缆都是由主配电板直接引出,各自独立且只向一个用电设备或一个分配电板供电。这种方式的好处是便于集中控制,一条支路馈电线路出现故障只影响这条支路供电的一个用电设备或这一分配电箱的供电,其他支路仍能正常供电,所以供电可靠性高。缺点是主配电板尺寸较大,馈电电缆需求量大,所以建造成本较高。

干线式是由主配电板引出几根干线电缆,所有用电设备是由串接在干线上的分接线盒供电。这种方式的好处在于主配电板的尺寸较小,耗用的电缆少,造船成本低。缺点是当干线馈电电缆发生故障时,这条干线供电的所有用电设备均要停电,因此供电可靠性差。这种方式一般在小型船舶配电网络中可以见到。

海上运输船舶的一次配电网络通常均采用馈电式供电;二次配电网络中动力电网也是采用馈电式供电,照明电网大多采用干线式供电。

4. 船舶电网的保护

对电网的保护是指系统发生过载、短路时对电缆的保护。

(1) 船舶电网的过载保护

由于民用商船电力系统为单主电站形式,船舶电网大多是放射形馈线式配电网络,馈电线截面又都是与发电机及用电设备的容量相配合的,故对船舶电网的过载保护,一般不需要特殊考虑和装设专门的保护装置。

发电机与主配电板间的供电网络,这一段电缆截面是按发电机额定容量选择的,电缆过载即发电机过载,所以这一段电缆过载保护由发电机过载保护装置来兼承。

各级配电板间的电缆,如主配电板到分配电板间的电缆,它们过载的可能性较小,由于它们的截面是按分配电板上所有负荷电流并考虑同时工作系数计算得到的,因此个别负荷的过载不致引起这段电缆的过载,这一分配电板大多数负荷同时过载的可能性几乎没有,故这段电缆不设过载保护装置。

用电设备到主(分)配电板间的电缆,这段电缆的截面是按用电设备的额定容量选择的,用电设备都有过载保护装置(舵机除外),同样这一装置也对电缆起到了过载保护。

(2) 船舶电网的短路保护

由于船舶电力系统中发电机和用电设备的短路保护装置,都尽量设在靠近电源侧的出线端,故对电网的短路保护,也不需要装设专门的保护装置。

船舶电网短路保护的最重要问题是指保护装置的选择性,即当故障发生时保护装置只切

除故障部分电路,前一级保护装置不应动作,这样就保证了其他没有故障的设备能继续正常运行。

对电网的短路保护,由于保护选择性的要求,对各级开关保护动作值可按时间原则,也可按电流原则来整定。图 1-5 所示为船舶电网短路保护示意图。

按时间原则整定,则应有

$$t_1 > t_2 > t_3$$

按时间原则整定的优点是发生短路时选择性保护能得到保证,但因有一定的延时,故当主配电板汇流排发生短路时发电机需经受短延时的短路冲击,可能会损坏发电机,同时对电网与负荷的冲击也较大。

按电流原则整定,则应有

$$I_1 > I_2 > I_3$$

按电流原则整定的优点是发生短路时动作

迅速,但由于船舶电网线路较短,即使按短路电流计算书给出的数据来整定动作电流值,由于是近似计算且不可能对整个电力系统中所有的节点都进行计算,故电网中任何地点发生短路时,短路电流在大多数场合下总是大大超过所有保护电器的动作电流值,因此实际上按电流原则整定在船舶电网中并不总是可能获得选择性保护。

在实际船舶电网中,负载端大多采用电流原则瞬时动作进行整定,发电机端采用时间、电流两者相结合的方法进行整定,以满足短路保护选择性的要求,即当发生远离发电机处短路时,时间原则起主要保护作用;当发生发电机端短路时,电流原则起主要作用。

六、船舶配电装置

所谓配电装置,就是用来接受和分配电能的电气装置,其中包含开关电器、保护电器、自动化设备、测量仪表、连接母线和其他辅助设备,具有对电力系统进行控制、测量、保护和调整等功能。

1. 船舶配电装置分类

按用途分类

- (1) 主配电板——用来控制和监视主发电机的工作,并对全船电网进行配电。
- (2) 应急配电板——用来控制和监视应急发电机的工作,并对应急电网进行配电。
- (3) 充放电板——用来控制和监视充电设备,对蓄电池进行充放电以及对低压电网进行配电。
- (4) 岸电箱——船舶停靠码头或厂修时接岸电用。
- (5) 分配电箱——向成组的用电设备进行配电。按用电性质可分为电力、照明、无线电、通信导航等多种不同的类型。

2. 船舶主配电板

船舶主配电板一般由发电机控制屏、负载屏、并车屏、汇流排(母线)组成。

(1) 主配电板的功能

- 1) 根据需要接通或断开电路(手动或自动);
- 2) 当电力系统发生故障时,保护装置能按要求动作,切除故障设备或网络,或发出报警信

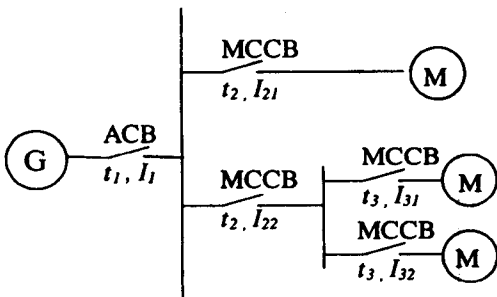


图 1-5 船舶电网短路保护示意图

- 号;
- 3)测量和显示运行中各个电气参数,如电压、电流、功率、功率因数等;
 - 4)能对电站的电压、频率,以及并联运行的各发电机组的有功、无功功率进行调整;
 - 5)能对电路状态、开关状态以及偏离正常工作状态进行信号显示。

图 1-6 所示为 5440 箱集装箱船上主配电板部分图片。

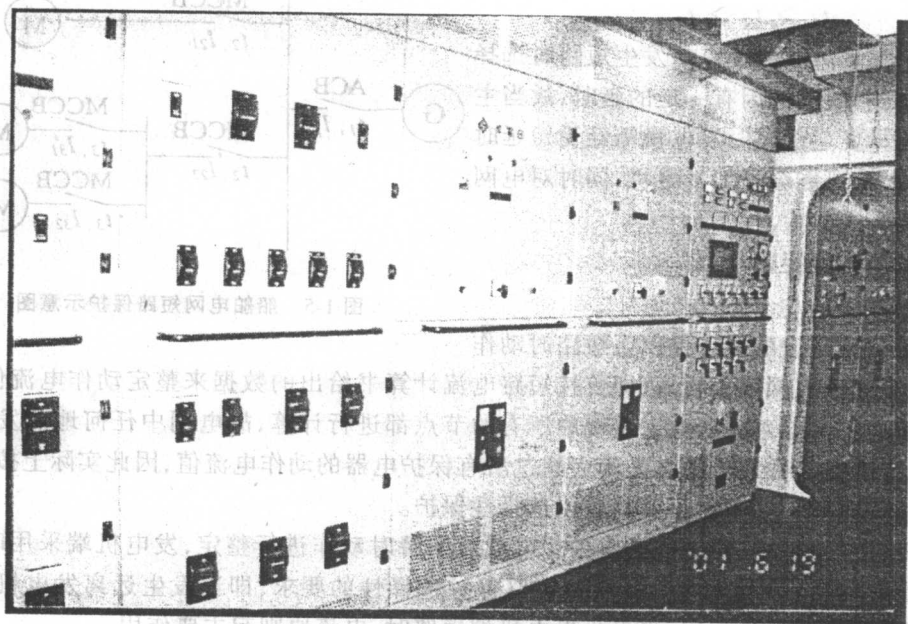


图 1-6 船舶主配电板外观图

(2)发电机控制屏

发电机控制屏主要是由测量仪表及其转换开关、指示灯、发电机主开关、发电机继电保护装置、调速开关、发电机励磁装置等部分组成。

测量仪表及其转换开关一般位于发电机控制屏的上部面板上。通过电流表和转换开关可以测量发电机任意一相的电流,通过电压表和转换开关可以测量发电机任意二线间电压。另外,通过频率表、功率表、功率因数表分别各自测量发电机的频率、功率及功率因数数值。

合(分)闸按钮、调速开关(按钮)、信号指示灯一般位于发电机控制屏的中部,便于操作的地方。发电机主开关有的位于控制屏的中部,有的位于控制屏的下部(当 ACB 的容量较大时),发电机主开关通常均采用框架式自动空气断路器。

发电机控制屏上指示灯主要有:

黄色指示灯(OL):发电机停机状态下烘潮加热器加热时指示灯亮。

白色指示灯(WL):发电机组起动成功运行、电压建立后指示灯亮。

红色指示灯(RL):发电机组运行但主开关(ACB)未合闸时亮。

绿色指示灯(GL):发电机组运行主开关合闸后亮。

主配电板发电机控制屏上主开关(框架式自动空气断路器)主要用于接通与断开发电机主电路,对发电机过载、短路、失欠压进行保护。

发电机励磁装置、继电保护装置,当发电机主开关位于中上部时一般装于控制屏的下部;