

“十二五”国家重点图书出版规划项目

电力电子

新技术系列图书

New Technology Series in  
Power Electronics



◎ 汤天浩 韩朝珍 主编

# 船舶电力 推进系统

CHUANBO DIANLI TUIJIN XITONG



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 电力电子新技术系列图书

## New Technology Series in Power Electronics



地址：北京市百万庄大街22号  
邮政编码：100037

电话服务  
服务咨询热线：010-88361066  
读者购书热线：010-68326294  
010-88379203

网络服务

机工官网：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)  
机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)  
金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)  
教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)  
封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社E视界

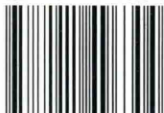


机械工业出版社微信公众号

上架指导：工业技术 / 电气工程 / 电力电子  
ISBN 978-7-111-49630-4

封面设计◎马精明

ISBN 978-7-111-49630-4



9 787111 496304 >

定价：79.00元

“十二五”国家重点图书出版规划项目  
电力电子新技术系列图书

# 船舶电力推进系统

主 编 汤天浩 韩朝珍  
参 编 施伟锋 陈雪峰 许晓彦 谢 卫 姚 刚  
韩金刚 万 芳 金坚鸿 高迪驹 王天真



机械工业出版社

《船舶电力推进系统》是国内第一部全面系统论述现代船舶电力推进技术的学术专著。全书从理论和实践两个方面详细分析了船舶电力推进系统的组成结构、数学模型和控制方法；根据设计规范和和技术要求，给出了实际船舶电力推进系统设计案例和仿真结果；详尽介绍了目前国际先进的技术方法和设计理念；还探讨了未来新的技术发展趋势。为读者全面了解和掌握船舶电力推进系统的国内外进展、关键技术和研究设计方法提供学习和借鉴。

本书适用于高等学校有关专业的教师和研究生，从事船舶和海洋工程的设计建造和有关电气装备制造的工程技术人员，也适用于相关领域的市场推广、技术服务和企业经营的高级管理人员。

### 图书在版编目(CIP)数据

船舶电力推进系统/汤天浩, 韩朝珍主编. —北京: 机械工业出版社, 2015. 3

(电力电子新技术系列图书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-111-49630-4

I. ①船… II. ①汤…②韩… III. ①船舶推进-电力系统  
IV. ①U664.14

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第049162号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑: 罗莉 责任编辑: 罗莉

版式设计: 霍永明 责任校对: 闫玥红

封面设计: 马精明 责任印制: 刘岚

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2015年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·24.25印张·538千字

0001—3000册

标准书号: ISBN 978-7-111-49630-4

定价: 79.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

谨以此书献给为中国实现  
海洋强国梦想的人们

**第二届  
电力电子新技术系列图书  
编辑委员会**

**主任：**徐德鸿

**副主任：**白继彬 牛新国 康 勇 李崇坚 杨 耕

**委员：**(按姓名拼音字母排序)

白继彬 陈 坚 陈道炼 陈守良 陈治明

高艳霞 郭 宏 郭世明 康 勇 李崇坚

李永东 刘进军 吕征宇 牛新国 潘三博

阮新波 孙流芳 孙玉坤 王旭东 王兆安

肖湘宁 徐德鸿 徐殿国 杨 耕 杨 旭

张 波 张承慧 张卫平 张 兴 查晓明

赵善麒 赵争鸣 钟彦儒 周 波 周维维

**秘书组：**陈守良 孙流芳 杨 旭 罗 莉

# 电力电子新技术系列图书

## 序 言

1974年美国学者W. Newell提出了电力电子技术学科的定义，电力电子技术是由电气工程、电子科学与技术和控制理论三个学科交叉而形成的。电力电子技术是依靠电力半导体器件实现电能的高效率利用，以及对电机运动进行控制的一门学科。电力电子技术是现代社会的支撑科学技术，几乎应用于科技、生产、生活各个领域：电气化、汽车、飞机、自来水供水系统、电子技术、无线电与电视、农业机械化、计算机、电话、空调与制冷、高速公路、航天、互联网、成像技术、家电、保健科技、石化、激光与光纤、核能利用、新材料制造等。电力电子技术在推动科学技术和经济的发展中发挥着越来越重要的作用。进入21世纪，电力电子技术在节能减排方面发挥着重要的作用，它在新能源和智能电网、直流输电、电动汽车、高速铁路中发挥核心的作用。电力电子技术的应用从用电，已扩展至发电、输电、配电等领域。电力电子技术诞生近半个世纪以来，也给人们的生活带来了巨大的影响。

目前，电力电子技术仍以迅猛的速度发展着，电力半导体器件性能不断提高，并出现了碳化硅、氮化镓等宽禁带电力半导体器件，新的技术和应用不断涌现，其应用范围也在不断扩展。不论在全世界还是在我国，电力电子技术都已造就了一个很大的产业群。与之相应，从事电力电子技术领域的工程技术和科研人员的数量与日俱增。因此，组织出版有关电力电子新技术及其应用的系列图书，以供广大从事电力电子技术的工程师和高等学校教师和研究生在工程实践中使用和参考，促进电力电子技术及应用知识的普及。

在20世纪80年代，电力电子学会曾和机械工业出版社合作，出版过一套电力电子技术丛书，那套丛书对推动电力电子技术的发展起过积极的作用。最近，电力电子学会经过认真考虑，认为有必要以“电力电子新技术系列图书”的名义出版一系列著作。为此，成立了专门的编辑委员会，负责确定书目、组稿和审稿，向机械工业出版社推荐，仍由机械工业出版社出版。

本系列图书有如下特色：

本系列图书属专题论著性质，选题新颖，力求反映电力电子技术的新成就和新经验，以适应我国经济迅速发展的需要。

理论联系实际，以应用技术为主。

本系列图书组稿和评审过程严格，作者都是在电力电子技术第一线工作的专家，且有丰富的写作经验。内容力求深入浅出，条理清晰、语言通俗，文笔流畅，

## VI

便于阅读学习。

本系列图书编委会中，既有一大批国内资深的电力电子专家，也有不少已崭露头角的青年学者，其组成人员在国内具有较强的代表性。

希望广大读者对本系列图书的编辑、出版和发行给予支持和帮助，并欢迎对其中的问题和错误给予批评指正。

**电力电子新技术系列图书  
编辑委员会**



# 前 言

我站在法国最西端的布雷斯特 (Brest) 海边, 夕阳正缓缓沉落到大西洋滚滚波涛中, 灿烂的晚霞映红了天边。这里是法国重要的造船基地, 也是法国海军的摇篮。曾经的坚船利炮轰开了腐朽王朝闭关锁国的大门, 也唤醒了沉睡千年的东方雄狮。现今这里是法国乃至欧洲主要的海洋科技中心, 我受邀在此做访问教授, 也趁此无繁杂琐事打扰的时机, 利用闲暇之余来完成《船舶电力推进系统》全书的最后修饰。

回想到 2010 年, 受机械工业出版社“电力电子新技术系列图书”编委会的委托编撰《船舶电力推进系统》, 深感肩负的重任和艰难。当时, 中国已跃升为世界第二造船大国, 但主要的船舶电气设备大都依赖进口; 特别是船舶电力推进系统的核心技术和关键设备仅有少数几个国际著名公司提供。国内外的研究论文和专著也不多, 国内早先由大连海事大学樊映海教授编著过《船舶电力推进》一书, 但其主要内容源于苏联的技术, 并以直流调速系统为主, 已不能适应如今主要采用交流电力推进技术船舶的需求; 国外也鲜有能反映当前船舶先进电力推进技术的专著可供借鉴。因此, 编写本书的困难重重。好在编写过程中召集了来自涉海高校、船舶设计院和造船单位的专业技术人员, 经过 4 年的艰苦努力, 全体参编人员不辞辛劳, 攻坚克难, 终于完成了本书的撰写。

本书是集体智慧的结晶, 上海海事大学的施伟锋教授, 以他在船舶电力系统方面长期的教学和研究为基础, 编写了第 3 章; 许晓彦教授和波兰格丁尼亚海事大学的 Janusz Mindykowski 教授共同编写了第 6 章; 谢卫教授从西安交通大学引进到我校, 现担任电气自动化系主任, 长期从事电机理论的教研工作, 编写了第 4 章和第 7 章中有关电机结构、设计与制造等方面的内容; 韩朝珍教授级高工作为本书的主编之一, 从清华大学毕业后长期从事电力推进船舶的设计和建造工作, 主持了国内第一艘电力推进船“中铁渤海”火车客渡轮的设计, 她率领上海船舶研究设计院和佳豪船舶工程设计股份有限公司的陈雪峰、万芳高工, 以及金坚鸿等工程师编写了第 7、8 章的主要内容。他们以丰富的工程实践经历, 提供了实际案例和设计数据, 使本书能够更好地体现理论与实际相结合, 既有学术价值, 也增强了实用性。本书还得到许多青年才俊的加盟, 韩金刚副教授参与了中国第一条燃料电池电力推进试验船的研发, 此后在法国海军学院继续做博士后研究, 撰写了第 9 章中有关燃料电池船舶的章节; 姚刚博士在法国中央理工大学做博士后期间从事船舶电力系统仿真建模研究, 撰写了第 7 章中有关电力系统仿真的章节; 王天真副教授在法国海军学

院做博士后期间及此后，一直从事船舶信息技术与故障诊断研究，并获得国家自然科学基金资助，撰写了第5章中有关船舶智能信息处理方法的内容；高迪驹博士获得国家自然科学基金资助，进行船舶混合动力系统研究，撰写了第9章关于船舶混合动力系统的章节；本人撰写了第1、2、4、5章的主要内容，并负责全书的统稿。书中还吸收了本人许多研究生的研究成果，他们是：窦金生、周福娜、李继方、郑慧、陈雯洁、闻春红、杜婷婷、陈菁、周晶晶等。由此可见，本书是长期研究积累的总结，凝聚了众人的心智和成果。在此，对所有参编者的辛勤付出和贡献表示衷心的感谢。

本人应特别感谢ABB公司，作为国际主要的船舶电力推进系统制造商，始终引领着该领域的国际发展前沿，也一直以各种方式孜孜不倦地普及船舶电力推进知识。该公司的原技术总监Alf博士曾应邀到我校讲学，为本书提供了丰富的素材和先进的知识。ABB公司中国船舶部的许多同仁也为本书提供了极有价值的参考资料。本书引用了ABB、西门子及GE等国际著名公司的系统和案例，已在书中标明。他们先进的技术和理念代表了当前国际船舶电力推进系统的现状和发展趋势，使本书能够体现当代精神并与时俱进。对他们为本书的支持，以及对中国造船业的发展和科技进步所做的贡献表示由衷的感谢。

许多国内的研究机构也在船舶电力推进系统的研发方面不懈努力并取得成果。非常感谢中国船舶重工集团公司武汉船用电力推进装置研究所（武汉712所）对本书的支持，他们提供的资料和研究成果为本书增色添彩。

陈伯时教授是我国电力传动技术的开拓者和引领者，他一直关注电力传动在船舶中的应用；陈坚教授最早在华中科技大学建立了船电系，为船舶电气工程的发展培养人才。正是他们在丛书编委会极力推荐编撰本书，并提请我担任主编，本人对前辈的举荐和厚爱深表敬意和感谢。他们不仅是我的恩师和学术领路人，也是我永远学习的榜样和楷模。

还需感谢机械工业出版社为本书的编辑和出版提供了大力支持和帮助，特别是本书的责任编辑，正是她的宽容和耐心，给我们极大的创作空间和自由，并允许编写过程的滞后与拖延，为本书能够提高质量提供了保障。在此，我也对本书的延迟出版表示歉意。

最后，应特别感谢我们的家人，正是由于父母的养育，妻儿的理解和支持，才能全身心地投入到工作和写作中。为了国家富强和民族复兴，我们曾浪迹天涯、上下求索，又一直奋勇攀登，无怨无悔。谨以此书来回报他们伟大无私的爱。

由于本人的学识有限和时间仓促，本书还有许多不足和谬误，恳请读者批评指正。

搁笔之时，已是深夜。相隔6小时的时差，那轮红日应正在我故乡的东海之滨

冉冉升起，就像中国蓬勃发展的时代，生机无限。我们正在从造船大国向造船强国跨越，期待本书的出版能为从事船舶和海洋电气工程的专业技术人员提供借鉴和帮助。让我们共同努力，为中国早日实现海洋强国的梦想而奋斗。

上海海事大学

汤天浩

# 常用符号表

## 一、主要元件和装置用的文字符号

A	电枢绕组, A 相绕组, 执行器	M	电动机
A/D	模/数转换器	MS	同步电动机
AR	反号器	N	中线点, 磁极北极
AU	绝对值计算单元	P	螺旋桨
B	B 相绕组	P/D	脉冲数字转换器
BQ	位置传感器, 转子位置检测器	PG	脉冲发生器
C	电容器, C 相绕组, 控制器	PM	永磁材料, 永磁电动机
CB	电路断路器	PLC	可编程逻辑控制器
CR	电流调节器	PPC	功率程序选择器
CSI	电流源逆变器	PR	极性转换器, 相位调节器
D	数字集成电路和器件	PS	位置传感器
D/A	数/模转换器	R	电阻
DLC	逻辑控制环节	RP	电位器
E	原动机, 电源	S	开关器件, 磁极南极
EA	电动势运算器	SA	控制开关, 选择开关
ER	电动势调节器	SC	同步补偿器, 超级电容
ES	储能系统	SE	转速编码器
F	励磁绕组	SR	转速调节器
FA	具有瞬时动作的限流保护	ST	饱和限制环节
FBS	测速反馈环节	T	变压器
FC	燃料电池	TA	电流互感器, 电流传感器
FE	磁通估计器	TG	测速发电机
FG	函数发生器	TV	电压互感器, 电压传感器
FR	磁场(电流)调节器, 磁链调节器	TVC	双向晶闸管交流调压器
FU	熔断器	TVD	直流电压隔离变换器
G	发电机	U	变换器, 调制器
GD	驱动电路	UCR	可控整流器
GS	同步发电机, 轴带发电机	UCH	直流斩波器
GT	触发装置	UI	逆变器
GTF	正组触发装置	UPW	PWM 波生成环节
GTR	反组触发装置	UR	整流器
IM	异步电动机, 感应电动机	VC	晶闸管整流装置
I/O	输入/输出接口	VCO	压控振荡器
IU	积分单元	VD	二极管, 续流二极管
HALL	霍尔传感器	VF	正组晶闸管整流装置
HBC	滞环比较器, 滞环控制器	VG	电压发生器
K	继电器, 接触器	VR	反组晶闸管整流装置
L	电感, 电抗器	VSI	电压源逆变器
LC	逻辑控制器	VT	晶闸管, 功率开关器件

## 二、常用缩写符号

ABS	美国船级社 (American Bureau of Shipping)
ABT	自动母线转换器 (Automatic Bus Translator)
AC	交流电 (Alternating Current)
AFPM	轴向磁通永磁同步电动机 (Axis Field Permanent Magnet Synchronous Machine)
ANN	人工神经网络 (Artificial Neural Networks)
APF	有源电力滤波器 (Active Power Filters)
AUV	自主水下载运工具 (Autonomous Underwater Vehicles)
AVR	自动电压调整器 (Automatic Voltage Regulator)
AZIPOD	全回转吊舱式推进器 (Azimuth Pod)
CHBPWM	电流滞环跟踪 PWM (Current Hysteresis Band PWM)
CN	控制局域网 (Control Network)
CO	一氧化碳 (Carbon Monoxide)
CPP	可调距螺旋桨 (Controllable Pitch Propeller)
CRP	反转螺旋桨 (Contra - Rotating Propeller)
CSI	电流源 (型) 逆变器 (Current Source Inverter)
CVCF	恒压恒频 (Constant Voltage Constant Frequency)
DC	直流电 (Direct Current)
DCS	分布式控制系统 (Distributed Control Systems)
DCU	系统直接控制单元 (Direct Control Unit)
FDD	故障的检测与诊断 (Fault Detection and Diagnosis)
DF	位移因数 (Displacement Factor)
DM	数据挖掘 (Data Mining)
DOF	自由度 (Degree Of Freedom)
DP	动力定位系统 (Dynamic Positioning System)
DSP	数字信号处理器 (Digital Signal Processor)
DTC	直接转矩控制 (Direct Torque Control)
EMI	电磁干扰 (Electromagnetic Interference)
FCS	现场总线控制系统 (Field - bus Control Systems)
FDR	频率下降率 (Frequency Decrease Rate)
FFT	快速傅里叶变换 (Fast Fourier Transform)
FN	现场总线网 (Fieldbus Network)
FOC	燃油消耗 (Fuel of Consumption)
FPP	定距螺旋桨 (Fixed Pitch Propeller)
FTC	故障容错控制 (Fault Tolerant Control)
GMDSS	全球海上遇险安全系统 (Global Maritime Distress and Safety System)
GPS	全球定位系统 (Global Position System)
GTO	门极可关断晶闸管 (Gate Turn - off Thyristor)
HC	碳氢化合物 (Hydrocarbon)
HRSG	热回收蒸汽发电机 (Heat Recovery Steam Generators)
HTS	高温超导 (High Temperature Superconducting)
HVDC	高压直流输电 (High Voltage Direct Current)
IEC	国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission)
IEEE	电气电子工程师学会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
IGBT	绝缘栅双极型晶体管 (Insulated Gate Bipolar Transistor)

IGCT	集成门极换向晶闸管 (Intergrated Gate Commutated Thyristor)
IMO	国际海事组织 (International Maritime Organization)
IPS	综合电力系统 (Integrated Power Systems)
KDD	知识发现 (Knowledge Discovery in Database)
LCI	负载换流逆变器 (Load Current Inverters)
LNG	液化天然气 (Liquid Natural Gas)
LQI	线性二次积分 (Liner Quadratic Integral)
ME	主机 (Main Engine)
MPPT	最大功率跟踪 (Maximum Power Point Tracing)
MSB	主配电屏、主开关柜 (Main Switchboard)
NO <sub>x</sub>	氮氧化物 (Nitric Oxides)
PCA	主元分析 (Principle Component Analysis)
PEBB	积木式电力电子组件 (Power Electronics Building Blocks)
PEMFC	质子交换膜燃料电池 (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)
PF	功率因数 (Power Factor)
PFC	功率因数校正 (Power Factor Correction)
RFPM	径向磁通永磁同步电动机 (Radial Field Permanent Magnet Synchronous Machine)
PID	比例积分微分 (Proportion, Integration, Differentiation)
PLC	可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)
PLL	锁相环 (Phase Lock Loops)
PM	永磁 (Permanent Magnet), 细微颗粒 (Particulate Matter)
P - MOSFET	场效应晶体管 (Power MOS Field Effect Transistor)
PMS	电能管理系统 (Power Management Systems)
PWM	脉宽调制 (Pulse Width Modulation)
RDT	轮毂式推进器 (Rim Driven Thruster)
SCR	晶闸管相控型整流器 (Silicon Controlled Rectifier)
SG	同步发电机 (Synchronous Generator)
SHEPWM	消除指定次数谐波的 PWM (Selected Harmonics Elimination PWM)
SiC	碳化硅器件 (Silicon Carbide)
SOA	安全工作区 (Safe Operation Area)
SOC	电池剩余电量 (State of Charge)
SPWM	正弦波脉宽调制 (Sinusoidal PWM)
SVC	静止无功补偿器 (Static Var Compensator)
SVPWM	电压空间矢量 (Space Vector PWM)
THD	总谐波畸变率 (Total Harmonic Distortion)
UPS	不间断电源 (Uninterruptible Power Supply)
VC	矢量控制 (Vector Control)
VPI	真空压力注入工艺 (Vacuum Pressure Injection)
VR	矢量旋转变换器 (Vector Rotator)
VSI	电压源 (型) 逆变器 (Voltage Source Inverter)
VVVF	变压变频 (Variable Voltage Variable Frequency)

## 三、常见下角标

A	定子 A 相绕组	M	电动机 (Motor)
a	电枢绕组 (armature); 转子 a 相绕组	max	最大值 (maximum)
ac	交流电 (alternating current)	MD	机械推进 (Mechanical Drive)
add	附加 (additional)	min	最小值 (minimum)
am	阻尼 (amortisseur)	N	额定值, 标称值 (Nominal)
av	平均值 (average)	off	断开 (off)
B	定子 B 相绕组	on	闭合 (on)
b	转子 b 相绕组; 船体 (body); 电池 (battery)	op	开环 (open loop)
bl	堵转; 封锁 (block)	out	输出 (out)
bs	偏压 (bias); 基准 (basic)	P	比例 (Proportion); 有功功率
C	定子 C 相绕组; 电容 (Capacitor), 电缆	p	磁极 (poles); 峰值 (peak)
c	转子 c 相绕组; 控制 (control)	Q	无功功率; 螺旋桨转矩
cl	闭环 (closed loop)	q	q 轴 (quadrature axis)
com	比较 (compare); 复合 (combination)	r	转子 (rotator); 上升 (rise)
cr	临界 (critical)	ref	参考 (reference)
cv	变流器、变频器 (converter)	rec	整流器 (rectifier)
d	直流 (direct current); d 轴 (direct axis); 扰动 (disturbing)	rms	有效值、方均根值 (root mean square)
de	柴油机 (diesel engine)	rv	反向 (reverse)
dp	位移 (displacement)	s	定子 (stator); 串联 (series)
dr	下降 (decrease)	sam	采样 (sampling); 脉动 (pulse)
dt	畸变 (distortion)	SB	配电盘、开关柜 (Switchboard)
D	微分 (Differential), 驱动 (Drive)	sc	超级电容 (super capacitor)
e	电、电源 (electric source); 地球 (earth)	sl	转差 (slip)
eq	等效值 (equivalent parameter)	sh	短路 (short)
ED	电力推进 (Electric Drive)	sp	船舶 (ships)
em	电磁的 (electric - magnetic)	ss	稳态 (steady state)
f	磁场 (field); 正向 (forward); 反馈 (feedback)	st	起动 (starting)
FW	飞轮 (Flywheel)	sy	同步 (synchronous)
g	发电机 (generator); 气隙 (gap); 栅极 (gate)	t	触发 (trigger); 三角波 (triangular wave)
G	电网 (Grid)	tm	变压器 (transformer)
GB	齿轮箱 (Gear Box)	T	转矩 (Torque); 船舶推力 (Thrust)
I	积分 (Integral)	ub	不平衡 (unbalance)
in	输入 (input)	W	线圈 (winding)
L	负载 (Load)	x	X 轴
l	线值 (line); 漏磁 (leakage)	y	Y 轴
lim	极限, 限制 (limit)	z	Z 轴
loss	损耗 (loss)	$\infty$	稳态值, 无穷大处 (infinity)
m	磁的 (magnetic); 机械的 (mechanical) 主要的 (main)		

## 四、主要参数和变量符号

$A$	面积、散热系数	$f_c$	电源频率
$A_0$	桨的盘面积 ( $m^2$ )	$f_g$	发电机输出电压频率
$A_E$	桨的伸张面积 ( $m^2$ )	$f_G$	电网频率
$a$	线加速度	$f_M$	调制信号频率
$B$	磁通密度、宽度	$f_r$	交流电机转子频率
$B_m$	永磁体的磁通密度	$f_{si}$	交流电机转差频率
$B_h$	永磁体的励磁分量磁通密度	$f_s$	交流电机定子频率
$B_i$	永磁体内禀磁通密度	$f_{sp}$	船舶推力减额
$B_r$	剩余磁通密度	$f_{sw}$	开关频率
$B_{WL}$	水线宽 (m)	$f_T$	载波信号频率
$C$	电容、系数	$G$	电机旋转感应系数; 传递函数; 系统增益
$C_A$	船舶海军系数	$G(s)$	开环传递函数
$C_D$	摩擦转矩阻尼系数	$G_{cl}(s)$	闭环传递函数
$C_e$	他励直流电动机在额定磁通的电动势系数	$g$	重力加速度
$C_{ep}$	发电机电枢感应电动势系数	$GD^2$	飞轮惯量
$C_F$	摩擦阻力系数	$h$	滞环宽度, 谐波次数
$C_{MT}$	他励直流电动机在额定磁通的转矩系数	$h_0$	螺旋桨进程
$C_R$	兴波阻力系数	$H$	磁通强度
$C_T$	电动机的电磁转矩系数, 船舶总阻力系数	$H_g$	气隙的磁通强度
$D$	直径、电动机调速范围、占空比	$H_m$	磁体的磁通强度
$D_p$	螺旋桨直径 (m)	$I, i$	电流 (大写为平均值或有效值, 小写为瞬时值, 下同)
$D_w$	机械阻尼系数	$I_a, i_a$	电机电枢电流
$d$	距离 (m)	$I_d, i_d$	整流电流、直流平均电流, d 轴电流分量
$d_h$	螺旋桨桨毂直径 (m)	$I_f, i_f$	励磁电流
$E, e$	感应电动势 (大写为平均值或有效值, 小写为瞬时值, 下同), 误差	$I_g, i_g$	发电机电流
$E_a, e_a$	直流电机电枢感应电动势、反电动势	$I_{gf}$	发电机励磁电流
$E_{add}, e_{add}$	附加电动势	$I_G, i_G$	电网电流
$E_2, e_2$	变压器二次绕组感应电动势	$I_h$	谐波电流
$E_{gf}$	发电机转子感应电动势	$\dot{I}_m, i_m$	交流异步电动机励磁电流
$E_r, \dot{E}_r$	交流电机转子感应电动势	$I_1, i_1$	变压器初级绕组电流, 电流正弦基波分量
$E_s, \dot{E}_s$	交流电机定子感应电动势	$I_2, i_2$	变压器次级绕组电流
$F$	磁动势	$I_L, i_L$	负载电流
$F_r$	电机转子磁动势	$I_N, i_N$	额定电流
$F_s$	电机定子磁动势	$i_q$	q 轴电流分量
$F_n$	船舶傅汝德数	$I_r, i_r$	交流电机转子电流
$f$	频率		



$I_s, i_s$	交流电机定子电流	$L_m$	互感
$I_{sh}, i_{sh}$	短路电流	$L_r$	转子电感
$I_{st}, i_{st}$	电机起动电流	$L_s$	定子电感
$I^0, I^+$	分别为三相电力系统中线电流的零序, 正序, 逆序对称分量的有效值	$M$	闭环系统频率特性幅值; PWM 调制比
$J$	转动惯量	$m$	质量; 相数; 脉冲数; 检测值
$J_g$	发电机组的转动惯量	$N$	绕组匝数, 数值
$J_p$	螺旋桨进速系数	$N_p$	电机极对数
$j$	传动机构减速比	$N_r$	转子每相绕组的匝数
$K$	系数、常数、比值	$N_s$	定子每相绕组的匝数
$K_e$	直流电动机电动势结构常数	$n$	转速
$K_D, k_D$	微分系数	$n_m$	机械转速
$K_g$	发电机系数	$n_0$	理想空载转速
$K_{gf}$	发电机励磁系数	$n_s$	交流电机同步转速
$K_I, k_I$	积分系数	$n_p$	螺旋桨转速
$K_i$	电流检测环节比值, 电流反馈系数	$P$	功率
$K_m$	电机结构常数	$P_b$	蓄电池功率
$K_n$	转速检测环节比值, 转速反馈系数	$P_{ch}$	充电功率
$K_P, k_P$	比例放大系数	$P_D$	推进功率
$K_{pp}$	螺旋桨的功率系数	$P_{em}$	电磁功率
$K_{pQ}$	螺旋桨的转矩系数	$P_E$	有效功率, 原动机功率
$K_{pt}$	螺旋桨的推力系数	$P_g$	发电机输出功率, 有功功率
$K_s$	电力电子变换器放大系数	$P_{gmax}$	发电机最大输出功率
$K_{sh}$	短路电流偏移因子	$P_G$	电网功率
$K_{st}$	起动转矩倍数	$P_{in}$	输入功率
$K_{pT}$	螺旋桨推力系数	$P_h$	谐波功率
$k$	系数; 调节系数	$P_{loss}$	损耗功率
$k_C$	电缆的电容系数	$P_L$	负载功率
$k_i$	电流比; 起动电流倍数	$P_m$	机械功率 (电动机输出功率)
$k_N$	绕组系数	$P_N$	额定功率
$k_{ws}$	定子绕组因数的修正系数	$P_{out}$	输出功率
$l$	长度	$P_p$	螺旋桨的功率
$l_C$	电缆线路长度	$P_{si}$	转差功率
$l_g$	气隙的径向长度	$P/D_p$	螺旋桨螺距比
$l_m$	磁体的径向长度	$p = \frac{d}{dt}$	微分算子
$L$	电感	$Q$	无功功率; 热量; 流量
$L_r$	励磁绕组电感	$Q_g$	发电机输出的无功功率
$L_g$	发电机电枢线圈同步电感	$Q_p$	螺旋桨扭矩
$L_l$	漏感	$R$	电阻; 阻力
		$R_a$	直流电机电枢电阻