

WILEY

经典再版，全新升级，不容错过的电机设计实用手册
详细介绍了经典电机和新型电机设计，内含大量实例

旋转电机设计

(原书第2版)

Design of Rotating Electrical Machines
Second Edition

书中深刻的见解有助于读者理解电机内部工作原理和进行最大效率优化设计。

—— IEEE电气绝缘杂志

[芬兰] 尤哈·皮罗内 (Juha Pyrhönen)

[芬兰] 塔帕尼·约基宁 (Tapani Jokinen)

[斯洛伐克] 瓦莱里雅·拉玻沃兹卡 (Valéria Hrabovcová)

著

柴凤 裴宇龙 于艳君 陈磊 译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



旋转电机设计

(原书第2版)

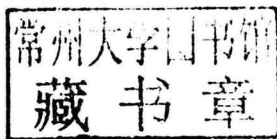
[芬兰] 尤哈·皮罗内 (Juha Pyrhönen)

[芬兰] 塔帕尼·约基宁 (Tapani Jokinen)

著

[斯洛伐克] 瓦莱里雅·拉玻沃兹卡 (Valéria Hrabovcová)

柴凤 裴宇龙 于艳君 陈磊 译



机械工业出版社

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Ltd

All Rights Reserved. This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, entitled Design of Rotating Electrical Machines, Second Edition, ISBN 978 - 1 - 118 - 58157 - 5, by Juha Pyrhönen, Tapani Jokinen, Valéria Hrabovcová, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

本书中文简体字版由 Wiley 授权机械工业出版社出版, 未经出版者书面允许, 本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有, 翻印必究。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01 - 2014 - 7072 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

旋转电机设计: 原书第 2 版/(芬)尤哈·皮罗内, (芬)塔帕尼·约基宁, (斯洛伐)瓦莱里雅·拉玻沃兹卡著; 柴凤等译. —北京: 机械工业出版社, 2018. 6

书名原文: Design of Rotating Electrical Machines, Second Edition

ISBN 978-7-111-59700-1

I. ①旋… II. ①尤… ②塔… ③瓦… ④柴… III. ①电机 - 设计
IV. ①TM302

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 077824 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: 刘星宁 责任编辑: 刘星宁

责任校对: 樊钟英 封面设计: 马精明

责任印制: 常天培

北京铭成印刷有限公司印刷

2018 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 30.25 印张 · 629 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-59700-1

定价: 139.00 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

服务咨询热线: 010 - 88361066

读者购书热线: 010 - 68326294

010 - 88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

本书是一本重要的参考书籍，它对旋转电机设计的理论原理和技术进行了深入论述。本书是原书的第2版，它提供了电机设计最新理论和指南，同时还包括了永磁同步电机和同步磁阻电机的最新研究进展。

与原书第1版相比，新增了以下内容：

- 新材料对电机生态化的影响，包括旋转电机的生态化设计原则；
- 扩充了永磁同步电机设计这一节的内容，讲述了齿圈绕组和高转矩永磁同步电机的设计及其性能；
- 同步磁阻电机的新进展和新材料、气隙电感、永磁材料的损耗和电阻系数、永磁磁路的负载工作点、永磁电机设计以及电机损耗的最小化；
- 章末的例题、新的设计范例以及实际设计中用到的方法和方案。
- 增加了一个网站 <https://www.wiley.com/en-sg/Design+of+Rotating+Electrical+Machines%2C+2nd+Edition-p-9781118701652>，上面存储了两个利用 MATHCAD 编写的电机设计实例：表面磁钢转子的永磁电机和笼型感应电机的算例。也给出了感应电机优化设计的 MATLAB® 程序代码。

本书概述了电机设计的详细步骤，便于设计者进行旋转电机设计。本书对所有已有的和新涌现出来的电机领域内的技术进行了详尽阐述，对于从事电机和驱动器诊断的专家来说是一本有用的参考书。本书对理论原理和技术进行了详细介绍，非常适合电气驱动技术和电磁能量转换相关的电气工程学科的高年级本科生、研究生、科研人员和大学教师阅读。

译者序

旋转电机是依靠电磁感应原理而运行的旋转电磁机械,用于实现机械能和电能的相互转换。目前几乎所有的电力生产活动都离不开旋转电机。当然,随着时代的发展,电机也在不断发展完善中。尤其是随着稀土钕铁硼永磁材料的问世,使得永磁电机成为新型电机的代表并应用得越来越广泛。市面上介绍电机设计的图书很少,尤其是缺乏新型电机设计的相关资料。因此出版一本专门介绍经典电机和新型电机设计的图书就显得十分必要。

本书由芬兰拉普兰塔理工大学 Juha Pyrhönen 教授、芬兰阿尔托大学 Tapani Jokinen 名誉教授、斯洛伐克日利纳大学 Valéria Hrabovcová 教授合作撰写。三位教授都是国际知名的电机专家,在电机领域有着非常丰富的理论和实践经验。

本书详细、由浅入深地论述了经典电机和新型电机的电磁设计、绝缘设计、热传递设计的理论和技术。本书详略得当,重点突出,插图精美,数据曲线均来自于知名公司电机产品;每章均附有相关参考文献,便于读者溯源;例题丰富,和实践经验结合紧密。

本书为原书第2版,提供了电机设计最新理论和指南,同时还包括了永磁同步电机和同步磁阻电机的最新研究进展。与原书第1版相比,新增了以下内容:新材料对电机生态化的影响,包括旋转电机的生态化设计原则;扩充了永磁同步电机设计这一节的内容,讲述了齿圈绕组和高转矩永磁同步电机设计及其性能;同步磁阻电机的新进展和新材料、气隙电感、永磁材料的损耗和电阻系数、永磁磁路的负载工作点、永磁电机设计以及电机损耗的最小化;章末的例题、新的设计范例以及实际设计中用到的方法和方案。

本书是国外电机届近年来颇具影响力的一本专著,出版以来深受国外学者的欢迎。译者在翻译过程中,一直感受到很大的挑战。尤其是在对电机的一些专有名词的翻译上,为给国内读者更好地呈现出作者对电机设计的精准阐释和独到见解,译者尽可能地忠实于原著。这可能会给国内读者带来一些阅读上的困扰,也请读者能够理解并体会到不同的定义下作者的另一种视角。

例如,本书中大量出现的一个专有名词是“电流链(Current Linkage)”。安培定律的准静态形式是电机设计中十分重要的公式,本书正是在此定律的阐述中引入的“电流链”概念。在实际的电机中,绕组中电流密度的面积分,即对应的电流和(也即绕组中流动的电流),定义为电流链。基于这个定义,永磁体在电机中的作用也可以用视在“电流链”表示。在电机设计中,“电流链”和电机磁路中的“磁动势(Magnetic Motive Force, MMF)”是等效的,作者为了体现麦克斯韦方程组对电机设计的深远影响,在书中表述源电流作用时沿用了“电流链”的叫法。在本书的第2章出现的“基绕组”等,译者也是尽量忠实于原著来阐述。

本书由哈尔滨工业大学柴凤教授、裴宇龙副教授、于艳君副教授和陈磊副教授负责翻译,柴凤教授负责统稿和审阅。博士研究生甘磊、于雁磊、毕云龙、李宗洋、梁培鑫、宋再新、耿丽娜和胡慧莹等同学在翻译过程中参与了整理和校对工作。

由于译者学识和能力有限,书中翻译内容难免会出现不能准确反映作者思想之处,敬请有关专家和读者给予批评指正。我们的联系方式: chaifeng@hit.edu.cn。

译者

原 书 前 言

电机几乎可以完全应用于电力生产中，并且基本上所有的电能产生过程都离不开旋转电机。在发电过程中，至少辅助电机是必需设备。在分布式能源系统中，新型电机扮演了一个举足轻重的角色：例如，现在已经进入了永磁电机时代。

电动机消耗了全球大约一半的电能，并且用于精确驱动控制电动机的份额在不断增加。电驱动使得广泛的加工流程实现最优控制成为可能。电动机转矩可以实现精确控制，电力电子和机电转换过程的效率可以提高。更重要的是电动机驱动的可控性可以节约大量的能源。在将来，电驱动亦将在汽车牵引和工作机运行中发挥重要作用。由于巨大的能量流动，电驱动也将对环境带来重要影响。如果驱动设计得不好或者效率很低，就会徒劳地增加环境负担。来自环境的威胁给了电气工程师一个好的机遇去设计新型高效的电驱动。

芬兰在电动机设计和驱动方面有着传统优势。拉普兰塔理工大学和阿尔托大学已经意识到必须发扬传承电机的教学科研优势。本书旨在给电气工程系的学生传授有关旋转电机方面的充分扎实的基础知识，深入了解这些电机的运行原理，同时开发电机设计基本技能。诚然，限于篇幅，在一本书中不可能包含电机设计所需的所有资料，但这本书仍不失为一本很好的电机设计手册，可供电机设计人员在其早期职业生涯中采用。本书每一章后附的参考文献作为相关知识参考来源，推荐给读者做背景阅读。Tapani Jokinen 教授，历经数十年建设芬兰的电机设计专业。通过他在本书中的重要贡献，芬兰的电机设计传统得以强化。斯洛伐克共和国有着传统的工业优势，来自该国的 Valéria Hrabovcová 教授，同样对本书做出了相同的贡献。

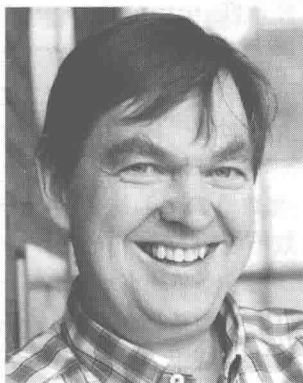
在第2版中，为使行文更具逻辑性，重新修订了第1版的部分章节，并且更正了许多印刷错误。特别是在永磁电机和同步磁阻电机章节中，引入了许多最新的研究成果使得内容更具深度。电机的生态设计原则和经济性考虑也给予了简要介绍。

Hanna Niemelä 博士在本书第1版中翻译了原始的芬兰语资料，作者对其工作深表感谢。

下列人员为本书的编写友情提供了资料：Antero Arkkio 教授（阿尔托大学）、Jorma Haataja 博士、Tanja Hedberg 博士（ITT Water and Wastewater AB）、Jari Jäppinen 先生（ABB）、Hanne Jussila 博士（LUT）、Panu Kurronen 博士（The Switch Oy）、Janne Nerg 博士（LUT）、Markku Niemelä 博士（ABB）、Asko Parviainen 博士（AXCO Motors）、Sami Ruoho 博士（Teollisuuden Voima）、Marko Rilla 博士（Vise-do）、Pia Salminen 博士（LUT）、Ville Sihvo 博士（MAN Turbo）、Pavel Ponomarev 先生、Juho Montonen 先生、Julia Alexandrova 女士、Henry Hämäläinen 博士和许多其他的同行，不一一细表，在此表达我们诚挚的谢意。需要特别感谢 Hanna Niemelä 博士为本书的第1版和原始手稿的出版发行所做出的贡献。

Juha Pyrhönen
Tapani Jokinen
Valéria Hrabovcová

作者简介



Juha Pyrhönen, 芬兰拉普兰塔理工大学电气工程系教授。他从事电机及其驱动技术的研究和开发方面的工作。他尤其活跃在永磁同步电机及驱动技术和实心转子高速感应电机及驱动技术领域。他承担过许多研究和工业开发项目,并且在电气工程领域撰写了许多著作,获授权专利多项。



Tapani Jokinen, 芬兰阿尔托大学电气工程学院名誉教授。他主要的研究方向为交流电机中创新性问题的解决方案和产品开发流程。他曾经在 Oy Strömberg Ab 公司担任电机设计工程师。他是多家公司的顾问,高速技术有限公司 (High Speed Tech Ltd) 董事会成员,最高行政法院专利局委员。他的研究项目包括船舶推进用超导电机和大型永磁电机的开发,高速电机和主动磁轴承的开发,以及用于求解电机问题的有限元分析工具的开发。



Valéria Hrabovcová, 斯洛伐克共和国日利纳大学电力电子系电机方向教授。她的专业和研究方向涵盖了所有种类的电机,包括电子换向电机。她从事过大量的研究和开发项目,撰写了许多的电气工程领域的科学出版物。她的工作还包括各种教育学的活动,参与了许多国际教育项目的研究。

缩略语和符号

A	线电流密度 (A/m)
A	矢量磁位 (Vs/m)
A	矢量磁位的标量值 (Vs/m)
A	绝缘等级 105℃
AC	交流
AM	异步电机
A1 - A2	直流电机的电枢绕组
A_{1n}, A_{2n}, A_{3n}	定义永磁磁通密度的系数
a	无换向器时, 电枢绕组的每相并联支路数; 含换向器时, 绕组每半个电枢绕组的并联支路数, 即并联支路对数, 扩散率
B	磁通密度, 矢量 (Vs/m ²), (T)
B	磁通密度的标量值 (Vs/m ²)
B_r	剩余磁通密度 (T)
B_{sat}	饱和磁通密度 (T)
B	绝缘等级 130℃
B1 - B2	直流电机的换向极绕组
b	宽度 (m)
b_{0c}	导体宽度 (m)
b_c	导体宽度 (m)
b_d	齿宽 (m)
b_{dr}	转子齿宽 (m)
b_{ds}	定子齿宽 (m)
b_e	转子槽宽 (m)
b_s	定子槽宽 (m)
b_0	槽口宽度 (m)
b_v	通风道宽度 (m)
C	电容 (F), 电机常数, 积分常数, 制造成本 (欧元)
C	绝缘等级 > 180℃
C1 - C2	直流电机的补偿绕组
C_f	摩擦系数
C_M	转矩系数
C_s	每年节能总额 (欧元/年)
c	比热容 (J/kgK), 单位长度的电容, 因数, 约数, 常数
C_{diff}	增加的购买成本 (欧元)
c_e	能量价格 (欧元/kWh)

c_p	恒压下的空气比热容
C_{pw}	电机寿命期间内每千瓦损耗金额 (欧元/kW)
c_{th}	热容
CTI	相对漏电起痕指数
c_v	体积比热容 ($\text{kJ}/\text{K}\cdot\text{m}^3$)
D	电位移矢量 (C/m^2), 直径 (m)
DC	直流
DOL	直接在线
D_s	定子内径 (m)
D_{se}	定子外径 (m)
D_r	转子外径 (m)
D_{ri}	转子内径 (m)
D1 - D2	直流电机的串励绕组
d	厚度 (m)
d_t	极靴边缘的厚度 (m)
E	电动势 (V), 有效值, 电场强度 (V/m), 标量值, 弹性模量, 杨氏模量 (Pa), 轴承负载
E_a	活化能 (J)
$\mathbf{E}$	电场强度, 矢量 (V/m)
E	电场强度的标量值 (V/m)
E	绝缘等级 120°C
E	辐射密度 (W/m^2)
E1 - E2	直流电机的并励绕组
e	电动势 (V), 瞬时值 $e(t)$
e	纳皮尔常数
emf	电动势 (V)
F	力 (N), 标量
$\mathbf{F}$	力 (N), 矢量
F	绝缘等级 155°C
FEA	有限元分析
F_{ε}	几何因数
F_m	磁动势 $\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l}$ (A) (mmf)
F1 - F2	直流电机或者同步电机的他励绕组
f	频率 (Hz), 穆迪摩擦系数
f_{Br}	定义的永磁径向磁通密度系数
$f_{B\theta}$	定义的永磁切向磁通密度系数
g	系数, 常量, 单位长度热导率
G	电导
G_{th}	热导

H	磁场强度, 向量 (A/m)
H	磁场强度的标量值 (A/m)
H_c, H_{cB}	退磁曲线对应的磁通密度矫顽力 (A/m)
H_{cJ}	内禀退磁曲线对应的内禀矫顽力 (A/m)
H	绝缘等级 180℃
H_n	局部放电的次数
h	高度 (m)
h_{0c}	导体高度 (m)
h_c	导体高度 (m)
h_d	齿高 (m)
h_p	子导体高度 (m)
h_{p2}	极身高度 (m)
h_{ys}	定子轭高 (m)
h_{yr}	转子轭高 (m)
h_s	定子槽高 (m)
I	电流 (A), 有效值, 电刷电流, 截面的二阶转动惯量 (m ⁴)
IM	感应电机
I_{ns}	反向旋转电流 (负序分量) (A)
I_o	上导条的电流 (A)
I_u	下导条的电流, 槽内电流, 槽内电流总和 (A)
I_s	导条电流
IC	电机等级
IEC	国际电工委员会
Im	虚部
i	电流 (A), 瞬时值 $i(t)$, 电流的标么值 (pu), 年利率
J	转动惯量 (kgm ²), 电流密度 (A/m ²), 磁化强度
J_{OPM}	永磁体表面的电流密度 (A/m ²)
J_{PM}	涡 (电) 流密度 (A/m ²)
J	雅各比矩阵
J_{ext}	负载的转动惯量 (kgm ²)
J_M	电机的转动惯量 (kgm ²)
J_{sat}	极化饱和 (Vs/m ²)
J_s	表面电流, 矢量 (A/m)
J_s	表面电流矢量的标量值 (A/m)
j	不同层的每极每相槽数之差
j	虚部单位
K	变比, 常数, 换向片数
K_L	电感比
k	耦合系数, 修正系数, 安全系数, 层的序数, 粗糙系数
k_E	电机常数

k_C	卡特系数
k_{Cu}, k_{Fe}	槽满率, 铁心叠片系数
k_d	分布因数, 修正系数, 直轴的凸极因数
k_q	交轴的凸极因数
k_{dsat}	考虑饱和的直轴凸极系数
k_{qpar}	考虑交轴并行磁路的凸极因数
$k_{Fe,n}$	部分铁心损耗修正系数
k_k	短路比
k_L	电感集肤效应因数
k_p	节距因数
k_{pw}	等支付级数的现值因子
k_R	电阻的集肤系数
k_{sat}	饱和系数
k_{sq}	斜槽因数
k_{th}	换热系数 (W/m^2K)
k_w	绕组系数
k_σ	安全系数
L	自感 (H)
L	特征长度, 表面特征长度, 圆管长 (m)
LC	电感 - 电容
L_d	齿顶漏感, 直轴同步电感 (H)
L_q	交轴同步电感 (H)
L_d/L_q	电感比
L_k	短路电感 (H)
L_m	励磁电感 (H)
L_{md}	直轴励磁电感 (H)
L_{mq}	交轴励磁电感 (H)
L_{mn}	互感 (H)
L_{mp}	单相绕组励磁电感 (H)
L_{pd}	单相主电感 (H)
L_{sq}	斜槽漏感 (H)
L_u	槽漏感 (H)
L_w	端部漏感 (H)
L_δ	气隙漏感 (H)
$L_{m\delta}$	隐极同步电机励磁电感 (H)
L'	瞬态电感 (H)
L''	超瞬态电感 (H)
$L1, L2, L3$	电网相位
l	长度 (m), 闭合曲线, 距离, 相对电感 (标么值), 电极间气隙间距
$\mathbf{l}$	与积分路径平行的单位矢量

l'	有效铁心长度 (m)
l_{ew}	绕组端部平均导体长度 (m)
l_p	管的湿周 (m)
l_{pu}	电感标么值
l_w	端部绕组平均长度 (m)
l_{sub}	定子叠片长度 (m)
M	互感 (H), 磁化强度 (A/m)
M_{sat}	磁饱和极化强度 (A/m)
m	相数, 质量 (kg)
m_c	互耦合系数
m_0	常数
mmf	磁路中的磁动势 (A)
N	绕组匝数, 串联匝数
N_{fl}	单个磁极线圈串联数
Nu	努赛尔数
N_{ul}	槽内线圈导条数
N_p	每对极下绕组的匝数
N_k	补偿绕组的匝数
N_v	一个线圈边包含的导体匝数
N	非驱动端
N	整数集合
N_{even}	偶整数集合
N_{odd}	奇整数集合
n	表面法向的单位矢量
n	转速 (1/s), (子)谐波次数, 临界转速的阶次, 整数, 指数, 节能的年数 (电机寿命的年数)
n_v	通风道数
n_U	磁通管截面的数量
n_ϕ	磁通管的数量
P	功率, 损耗 (W)
P_{in}	输入功率 (W)
PAM	极幅调制
PM	永磁体
PMSM	永磁同步电机
PWM	脉宽调制
P_l, P_{ad}, P_{LL}	附加损耗 (W)
P_{ew}	端部绕组损耗 (W)
Pr	普朗特数
P_ρ	摩擦损耗 (W)
P_{diff}	降低采购成本 (欧元)

P_{PM}	永磁体涡流损耗 (W)
p	极对数, 序号, 单位长度铁心损耗, 单位长度铁心的电阻损耗 (W/m), 压强 (Pa)
p_{Al}	铝成分的含量
p^*	基绕组极对数
pd	局部放电
Q	电荷 (C), 槽数, 无功功率 (VA)
Q_{av}	线圈组平均槽数
Q_p	每极下的槽数
Q_o	空槽数
Q'	电压相量图的半径
Q^*	基绕组槽数
Q_{th}	热量
q	每极每相槽数, 瞬时电荷量 $q(t)$ (C)
q_k	每个相带内的槽数
q_m	质量流率 (kg/s)
q_{th}	热流密度 (W/m ²)
R	电阻, 气体常数, 8.314472 (J/K · mol), 热敏电阻, 化学反应活性部位
R_{bar}	导条电阻 (Ω)
RM	磁阻电机
RMS	方均根值
R_m	磁阻 (A/Vs = 1/H)
R_{th}	热阻 (K/W)
Re	实部
Re	雷诺数
Re_{crit}	临界雷诺数
RR	富树脂法
r	半径 (m), 单位长度热阻, 电阻标么值 (pu), 辐射率
r	单位矢量半径
S1 - S8	工作制
S	视在功率 (VA), 截面积
SM	同步电机
SR	开关磁阻
SyRM	同步磁阻电机
S_c	导体截面积 (m ²)
S_p	极身横截面 (m ²)
S_r	面向气隙的转子表面积 (m ²)
S	坡印廷矢量 (W/m ²), 横截面表面上的单位矢量
s	转差率, 斜槽角对应的弧长

s_b	最大转矩下的转差率
s_{sp}	斜槽距离
T	转矩 (Nm), 绝对温度 (K), 周期, 电机每年的工作时间 (h/年)
Ta	泰勒数
Ta_m	改进的泰勒数
T_b	牵出转矩, 峰值转矩 (Nm)
t_c	换向期 (s)
TEFC	全封闭自扇冷却
T_J	机械时间常数 (s)
T_{mec}	机械转矩 (Nm)
T_{pb}	投资回收期
T_s	平面的温度
T_u	最小起动转矩 (Nm)
T_v	反向转矩 (Nm)
T_l	堵转转矩 (Nm)
TC	齿圈绕组
t	时间 (s), 单个半径所包含的相量个数, 最大公约数, 绝缘的寿命
$\hat{t}$	切向单位矢量
t_c	换向期 (s)
t_r	脉冲电压的上升时间 (s)
t^*	在电压相量图中基绕组层数
U	电压 (V), 方均根值
U	相的符号
$U_{contact}$	接触电压差 (V)
U_m	磁压降 (A)
U_r	电阻压降 (V)
U_{sj}	脉冲电压的峰值 (V)
U_v	线圈边电压 (V)
U1	电机 U 相绕组始端
U2	电机 U 相绕组末端
u	电压, 线圈电压瞬时值 $u(t)$ (V), 每层线圈有效边数, 电压标么值 (pu)
u_{bl}	氧化层的阻断电压 (V)
u_c	换向电压 (V)
u_m	管内流体的平均流速 (m/s)
V	体积 (m^3), 电动势
V	相的符号
V_m	标量磁位 (A)
VPI	真空压力浸渍
V1	电机 V 相绕组始端
V2	电机 V 相绕组末端

v	速度, 流速 (m/s)
$\mathbf{v}$	矢量
W	能量 (J), 线圈节距 (宽度), 线圈的平均跨距 (m)
$\mathbf{W}$	相的符号
W_{fc}	同步磁阻电机磁场储能
W_d	在开关磁阻驱动中通过二极管反馈到电压源的能量
W_{mt}	在开关磁阻驱动中晶体管导通时转换为机械功的能量
W_{md}	在开关磁阻电机驱动中某一相断电时转换为机械功的能量
W_R	在开关磁阻驱动中反馈到电源的能量
W'	磁共能 (J)
$W1$	电机 W 相绕组始端
$W2$	电机 W 相绕组末端
W_ϕ	磁场能量 (J)
w	长度 (m), 单位体积能量
w_{PM}	永磁体宽度 (m)
X	电抗 (Ω)
x	坐标, 长度, 序数, 线圈跨距减少量 (m)
x_m	电抗标么值
Y	导纳 (S)
Y	耐热等级 90℃
y	坐标, 长度, 绕组跨距
y_m	交流换向器绕组的绕组跨距
y_n	以槽距表示的节距
y_Q	以槽距表示的整距绕组节距, 以每极槽数表示的极距
y_v	以槽距表示的线圈跨距减少量
y_1	以槽距表示的节距, 第一节距
y_2	以槽距表示的节距, 第二节距
y_C	换向器节距, 两个换向片之间所跨的距离
Z	阻抗 (Ω), 导条数, 每相负向和正向相量总数
Z_M	电机的特征阻抗 (Ω)
Z_s	表面阻抗 (Ω)
Z_0	特征阻抗 (Ω)
z	坐标, 长度, 整数, 整个电枢绕组的导体总匝数
z_a	左右相邻方向导体数
z_b	电刷个数
z_c	线圈个数
z_{cs}	每半槽导体匝数
z_p	并联导体的数目
z_Q	每槽导体匝数
z_t	导体层数

α	角度(rad)/(°), 系数, 温度系数, 极靴的相对宽度, 对流换热系数(W/K), 斜槽角度(rad)/(°)
l/α	透入深度
α_{DC}	直流电机相对极宽
α_i	磁通密度的算术平均值与其峰值之比
α_m	传质系数[(mol/sm ²)/(mol/m ³) = m/s]
α_{PM}	相对磁极宽度
α_{SM}	同步电机相对极宽
α_r	辐射的传热系数
α_{str}	相绕组之间的角度
α_{th}	换热系数[W/(m ² K)]
α_{ph}	相绕组之间的角度
α_u	槽距角(rad)/(°)
α_z	相距角, 相带角(rad)/(°)
α_p	相量的角度(rad)/(°)
β	角度(rad)/(°)
β	吸收率
Γ	能量比率, 积分路径
Γ_c	铁心和气隙之间的接触面
γ	角度(rad)/(°), 系数
γ_c	换向角(rad)/(°)
γ_D	开关的导通角(rad)/(°)
δ	气隙(长度), 透入深度(m), 介质损失角(rad)/(°), 损耗角(rad)/(°), 负载角(rad)/(°)
δ_c	浓度边界层厚度(m)
$\delta_d(x)$	直轴气隙轮廓函数(m)
$\delta_q(x)$	交轴气隙轮廓函数(m)
δ_e	等效气隙(考虑开槽)(m)
δ_{ef}	有效气隙长度(计及铁心磁阻的影响)
δ_{PM}	永磁体中透入深度(m)
δ_v	速度边界层厚度(m)
δ_T	温度(热)边界层厚度(m)
δ'	负载角(rad)/(°), 气隙长度修正值(m)
δ_0	气隙最小长度(m)
δ_{0c}	由卡特系数修正的极中央的气隙(m)
δ_{de}	等效的直轴气隙(m)
δ_{qe}	等效的交轴气隙(m)
Δ_2	阻尼系数
ε	介电常数(F/m), 电刷位置角(rad)/(°), 步进角(rad)/(°), 短距数以槽距表示的短距数
ε_{sp}	

ε_{th}	辐射率
ε_{thr}	相对辐射率
ε_0	真空介电常数 8.854×10^{-12} (F/m)
ζ	相位角(rad)/(°), 谐波系数, 凸极比, 转子阻抗的相角
ζ_{d}	谐波系数直轴分量
ζ_{q}	谐波系数交轴分量
η	效率, 经验常数, 实验测得的指数前的常数
η	反射率, 导热系数
Θ	电流链(A), 温升(差异)(K)
Θ_{k}	补偿电流链(A)
Θ_{Σ}	总电流链(A)
θ	角度, 位置(rad)/(°)
ϑ	角度(rad)/(°)
κ	角度(rad)/(°), 槽开口系数
κ	透射率
Λ	磁导(Vs/A)/(H)
Λ'	比磁导(Vs/A/m ²)
Λ'_0	平均比磁导(Vs/A/m ²)
λ	导热系数(W/m·K), 磁导率, 比例因子, 电感系数, 电感比例
μ	磁导率(Vs/Am, H/m), 每相同时工作的极对数, 摩擦系数
μ_{r}	相对磁导率
μ	动力黏度[Pa·s, kg/(s·m)]
μ_0	真空磁导率, $4\pi \times 10^{-7}$ (Vs/Am, H/m)
ν	谐波次数, 泊松比, 磁阻率(Am/Vs, m/H), 谐波的极对数, 冷却剂的运动黏度
ν	脉冲的速度
ξ	导体的相对高度
ρ	电阻率(Ωm), 电荷密度(C/m ²), 密度, 反射因子, 单一相量的序数
ρ_{Λ}	绝对重叠率
ρ_{E}	有效重叠率
ρ_{ν}	感应电机阻抗、电阻、电感的变比
σ	电导率(S/m), 漏磁因数, 漏磁通与主磁通之比
σ_{δ}	气隙漏磁因数
σ_{F}	应力(Pa)
σ_{Fn}	法向应力(Pa)
σ_{Ftan}	切向应力(Pa)
σ_{mec}	机械应力(Pa)
σ_{SB}	斯忒藩-玻尔兹曼常数, 5.670400×10^{-8} W·m ⁻² ·K ⁻⁴
τ	相对时间, 一个极距内叠片厚度的跨距
τ_{p}	极距(m)