

# 微特电机

## 2019 2

Wei Te Dianji 1973年创刊

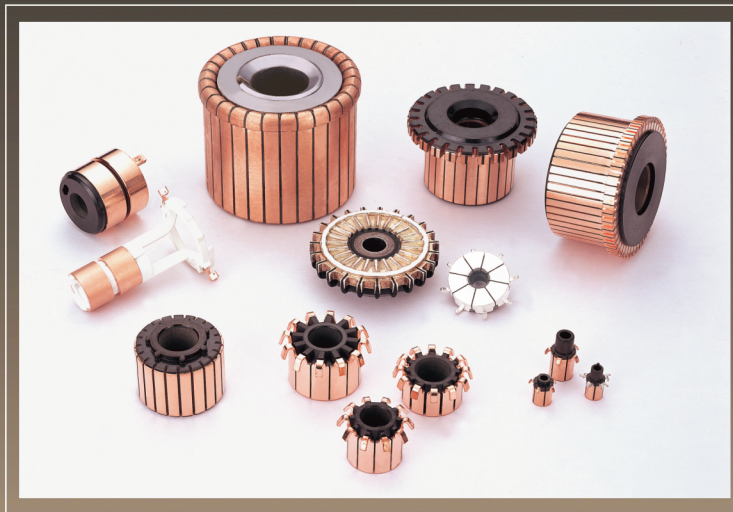
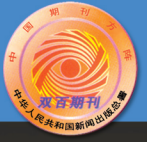
中国电子科技集团公司第二十一研究所主办

中国科技核心期刊

中国期刊方阵双百期刊

全国优秀期刊

科学文摘收录期刊



### Automotive Industry

- Wiper Motor
- Seat Motor
- Power Window
- Starter Motor
- ABS Motor
- Cooling Fan
- Fuel Pump

### Household Appliance

- Washing Machine
- Vacuum Cleaner
- Mixer and Blender
- Wax Machine
- Hairdryer
- Coffee Maker
- Exhaust Fan

### Power Tools

- Drill
- Circular Saw
- Lawn Mower
- Leaf Blower
- Oil Sprayer
- Belt Sander
- Hedge Trimmer

### Office Equipment

- Fax Machine
- Printer
- Card Reader
- Camera Zoom
- Camera Strobe
- Projector
- Scanner

## 世界众多著名电机客户的合作伙伴

Choice Already Made by Lots of World Well-known Motor Customers

ISO/TS16949

ISO 14001

深圳市凯中电机整流子厂  
Kaizhong Commutator Manufacturer

深圳市凯中实业有限公司  
Kaizhong Electrical Company Ltd.

地址: 中国广东省深圳市宝安区沙井镇新桥芙蓉工业区  
Add: Furong Industrial Zone, Xinqiao Shajing Baoan,  
Shenzhen Guangdong, China 518125  
Tel: +86-755-27255619 Fax: +86-755-27255617  
Email: sales@kaizhong.com Http://www.kaizhong.com

# 微特电机

月刊公开发行

1973年9月创刊

2019年第47卷第2期总第337期

编辑委员会主任：施进浩

国内编委：唐任远 赵淳生 王宗培

陆永平 陈永校 金如麟

江建中 程树康 李忠杰

詹琼华 袁海林 陈忠

海外编委：陈清泉 诸自强 朱建国

米春亭

主管单位：中国电子科技集团公司

主办单位：中国电子科技集团公司第二十一研究所

出版单位：《微特电机》编辑部

地址：上海市徐汇区虹漕路30号

邮编：200233

主编：谢宇静

副主编：何春来

电话：021-64367300-242、64704564

网址：www.ssemj.com

电子邮件：wt dj@vip.163.com

印刷：上海丽佳制版印刷有限公司

国内发行：上海市报刊发行处

国外发行：中国国际图书贸易总公司

订 阅：全国各地邮局及本刊编辑部

邮发代号：4-270

国外代号：M1227

ISSN 1004-7018

CN31-1428/TM

中国标准连续出版物号：  
国际刊名代码CODEN：WEDIE9

每期定价：8.00元(全年定价：96.00元)

出版日期：2019年2月28日

版权所有，未经许可，不得转载、翻印

## 目 次

WEITE DIANJI

2019年第2期

### 理论研究

1 无轴承磁通切换电机转矩及悬浮力解析计算

郑梦飞,周扬忠

8 基于等效磁势法的直线电动机磁场及推力分析

李 争,史雁鹏,王蕾永,薛增涛,王群京

### 设计分析

12 一种球形电动机转子三自由度位置检测方法研究

李雪逸,王群京,钱 喆,李国丽,过希文,鞠鲁峰,周 睿

18 形态谱和LCD法提取超声波电动机陶瓷故障特征

安国庆,杨少锐,安孟宇,刘庆瑞,李洪儒

24 拼接成型对非晶定子铁心的磁性能影响

李山红,李立军,贾春波,李德仁,卢志超

27 基于稀土永磁的同心式电磁齿轮研究

葛研军,王 雪,万宗伟,张 俊,姜 浩

31 电动汽车分布绕组铁氧体电机的电磁设计

易梦云,李新华,汪思敏,刘光华

35 无刷双馈电机等效电路参数的实验测量

李 睿,王淑红,黄振民,刘兰冰


39 转子斜极对永磁轮毂电机性能影响的研究

赵 玫,陈江岸,张云亮,刘亚帅

43 小型平面回转驱动器设计与分析

李 杨,张 帅,常 宇,刘炬光,周志明

### 传感器专家中沪电子



● 光幕传感器  
● 光电传感器  
● 接近传感器  
● 光纤传感器  
● 计时计数器  
● 多功能仪表

保护人机安全  
防止人身伤害

NA安全光幕传感器

三十余年专注于传感器研发与制造，为您提供高品质产品。

## ZONHO

上海中沪电子技术研究所  
上海中沪电子有限公司

总部：上海市都会路2338号9号楼  
邮编：201108  
电话：021-64393203 54363635  
传真：021-54353161  
Http://www.zonho.com.cn  
Email:info@zonho.com.cn

技术服务热线：400-820-1600

ISO9001 ISO14001  
OHSAS18001 CE

### 专业从事注塑磁体生产

## CANYON

注塑铁氧体和注塑钕铁硼生产的产品主要用于：  
各种直流无刷电机用多极磁体内、外转子；  
各种电机传感器用多极信号磁环。

- 形状复杂
- 尺寸精度高
- 多极分布均匀
- 磁性能的稳定
- 节能效果显著

### 芜湖凯元电子有限公司

地址：芜湖高新技术开发区火炬一路30号  
电话：0553-3022299 3027229 传真：0553-3029159  
网址：www.canyon-magnet.com 邮箱：canyon@canyon-magnet.com



中国期刊方阵双百期刊  
全国优秀期刊  
电子精品科技期刊  
中国科技核心期刊  
(中国科技论文统计源期刊)  
上海市优秀期刊  
中国学术期刊光盘版期刊  
英国 INSPEC (SA) 数据库收录  
美国《剑桥科学文摘:材料信息》收录  
台湾华艺 CEPS 中文电子期刊入编  
乌利希期刊指南收录

### 如何订阅《微特电机》

#### 1. 邮局订阅

2019年杂志征订已经开始,请至当地邮局订阅。  
《微特电机》订阅代号4-270,邮局订阅价格2019年全年96元。

#### 2. 编辑部订阅

通过邮局汇款至我部,邮编:200233,地址:上海市虹漕路30号编辑部。订阅费用:全年120元(含邮资)。

如有任何疑问,欢迎电洽微特电机编辑部。

服务专线:021-64367300-242

服务时间:星期一至星期五8:30~16:30

### 著作权许可声明

本刊已许可中国知网、万方数据平台、维普网、台湾华艺中文电子期刊等数据库产品以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。上述著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

# 目次

WEITE DIANJI

2019年第2期

## 47 电动汽车用六相永磁同步容错电机设计

刘慧博,杨欢

## 驱动控制

## 52 基于扰动补偿的表贴式PMSM滑模电流控制研究

阚卫峰,陈渠,齐仲安

## 56 基于虚拟信号注入的MTPA控制稳态误差分析

张鹏,王建民

## 61 无人机电磁弹射控制策略分析与优化

李俊,吴峻

## 65 基于SPC1068的步进电动机可控转矩矢量控制

吕常智,韩鲁

## 69 无电压传感器的PWM整流器比例谐振控制研究

时维国,刘晨

## 72 PLL与ADRC在PMSM中的应用研究

唐亚,高军礼,张小花

## 76 深度置信网络拟合异步电动机逆变器控制开关表

单文丽,周军,钱慧敏,卢新彪,段朝霞,黄浩乾

## 综述

## 83 单相不控整流小电容电机驱动系统综述

张贝贝,林明耀,谭广颖,杨公德

## 读者园地

## 90 基于嵌入式控制系统低成本物品引导车设计

罗金龙,李仁军,任亮,朱群峰,汪惟文

## 广告索引

广告10 本期广告索引



Intellectual Property

Http://www.cn-sh.cc

E-mail: senhua@cn-sh.cc

+86-21-69203707/708

+86-188-01838808 姚先生

### 上海森华专利代理事务所 上海森大律师事务所

总部:上海松江区茸兴路288弄1幢3A01-08室

诉讼代理 专利代理 知产托管 网店转让  
维权代理 商标代理 技术转移 疑难商标  
法律顾问 版权代理 项目申报 商标买卖

森华国际位于上海,自2008年成立以来专业从事以商标、专利、著作权为基础的各项知识产权业务,具有各个领域的专利老师、专职律师,从初期知识产权布局到后期的法律服务,可以为您的企业打造360°无死角的知识产权壁垒,期待您的光临。



## SMALL & SPECIAL

# ELECTRICAL MACHINES

Competent Authority: China Electronics Technology  
Group Corporation

Sponsor: China Electronics Technology Group  
Corporation No.21 Research Institute

Editor and Publisher: Editorial Office of *Small &  
Special Electrical Machines*

Address: 30 Hongcao Road, Shanghai, PRC

Postalcode: 200233

Editor-in-Chief: XIE Yu-jing

Vice Editor-in-Chief: HE Chun-lai

Editorial Office Telephone: 0086-21-64367300-242  
0086-21-64704564

Website: www.ssemj.com

E-mail: wtdj@vip.163.com

Printworks: Shanghai Pica Colour Separation &  
Printing Co., Ltd.

Domestic Distributor: Shanghai Post Office &  
Publishing Department

General Distributor for Foreign Subscribers:  
China International Books Trading General Company

Subscription: All the Post Offices of China or Directly  
Order from Our Editorial Office

Post office Distribution Code: 4-270

Distribution Code Abroad: M1227

China Standard Serial Numbering:  $\frac{\text{ISSN } 1004-7018}{\text{CN31-1428 / TM}}$

International Magazine Name Code: WEDIE9

Single Issue Price: ¥ 8.00 (Year Price ¥ 96.00)

Publishing Date: February 28, 2019

期刊基本参数: CN31-1428/TM\*1973\*m\*A4\*92\*zh\*P\* ¥ 8.00\*20\*2019-02\*n

## MAIN CONTENTS

### Theory Research

- 1 Analytical Method of Levitation Force and Torque Calculation for  
Bearingless Flux-Switching Permanent Magnet Machines  
*ZHENG Meng-fei, ZHOU Yang-zhong*
- 8 Analysis of Magnetic Field and Thrust of Linear Motor Based on  
Equivalent Magnetic Potential Method  
*LI Zheng, SHI Yan-peng, WANG Lei-yong, et al.*

### Design and Analysis

- 12 Novel Three-DOF Position Detection Method for Permanent  
Magnet Spherical Motor Rotor  
*LI Xue-yi, WANG Qun-jing, QIAN Zhe, et al.*
- 18 Fault Feature Extraction of Piezoelectric Ceramics in Ultrasonic  
Motor Based on Morphological Spectrum and LCD Method  
*AN Guo-qing, YANG Shao-rui, AN Meng-yu, et al.*
- 24 Influence of Split Joint on Magnetic Properties of Amorphous Stator  
Core  
*LI Shan-hong, LI Li-jun, JIA Chun-bo, et al.*
- 27 Research on Rare Earth Permanent Coaxial Electromagnetic  
Magnetic Gear  
*GE Yan-jun, WANG Xue, WAN Zong-wei, et al.*
- 31 Electromagnetic Design of PMaSynRM with Distributed Windings  
for Electric Vehicle  
*YI Meng-yun, Li Xin-hua, Wang Si-min, et al.*
- 35 Experimental Measurement of Equivalent Circuit Parameters of  
Brushless Doubly Fed Machine  
*LI Rui, WANG Shu-hong, HUANG Zhen-min, et al.*
- 39 Influence of Rotor Skew on the Performance of Permanent Magnet  
In-Wheel Motor  
*ZHAO Mei, CHEN Jiang-an, ZHANG Yun-liang, et al.*
- 43 Design and Analysis of Small Plane Rotary Actuator  
*LI Yang, ZHANG Shuai, CHANG Yu, et al.*
- 47 Design of Six-Phase Fault-Tolerant Permanent Magnet  
Synchronous Motor Used in Electric Vehicle  
*LIU Hui-bo, YANG Huan*

### Drive and Control

- 52 SPMSM Sliding Mode Current Control Based on Disturbance  
Compensation  
*KAN Wei-feng, CHEN Qu, QI Zhong-an*
- 56 Direct Yaw Moment Control of In-Wheel Electric Vehicle  
*ZHANG Peng, WANG Jian-min*
- 61 Analysis and Optimization of Control Strategy for the  
Electromagnetic Launcher for UAVs  
*LI Jun, WU Jun*
- 65 Torque Vector Control of Stepper Motor Based on SPC1068  
*LV Chang-zhi, HAN Lu*
- 69 Research on Proportional Resonance Control of Voltage Sensorless  
PWM Rectifier  
*SHI Wei-guo, LIU Chen*
- 72 Application Research of PLL and ADRC in PMSM  
*TANG Ya, GAO Jun-li, ZHANG Xiao-hua*
- 76 Fitting Inverter Switching Table with Deep Belief Networks in  
Induction Motor System Control  
*SHAN Wen-li, ZHOU Jun, QIAN Hui-min, et al.*

### Technical Review

- 83 Review of Motor Drive System with Single Phase Diode Rectifier  
and Small DC-Link Capacitor  
*Zhang Bei-bei, Lin Ming-yao, Tan Guang-ying, et al.*

### Readers' home

- 90 Design of a Low Cost Goods Guided Vehicle Based on Embedded  
Control System  
*LUO Jin-long, LI Ren-jun, REN Liang, et al.*

Monthly, Established in September 1973  
Vol.47 No.2 2019 Accumulative No.337