

# 微特电机

2018 9

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

中文核心期刊 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



## SmCo Sinter PERMANENT MAGNETS

### 晨航

### 无磁不在



成都晨航磁业有限公司  
Chengdu Ascend Magnetic Technology & Products Co., Ltd.

[www.cam-magnet.com](http://www.cam-magnet.com)

# 微特电机

月刊公开发刊

1973年9月创刊

2018年第46卷第9期总第332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

传真：021-64083946

网址：www.ssemj.com

电子邮件：wtj@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

中国标准连续出版物号：CN31-1428/TM

国际刊名代码CODEN：WEDIE9

广告经营许可证：沪工商广字3101044000040

每期定价：8.00元(全年定价：96.00元)

出版日期：2018年9月28日

版权所有，未经许可，不得转载、翻印

万方数据

# 目次

WEITE DIANJI

2018年第9期

## 理论研究

1 直线发电机在简谐振动下的感应电动势研究

伍帆, 吉方, 刘广民, 吴社群

5 一种新型混合励磁直线电动机的设计与分析

诸德宏, 刘成

8 水面稳定平台干扰补偿技术研究

徐伊岑, 李坤龙, 商飞

## 设计分析

16 一种基于PWM的音圈电机改进控制方法

周平, 吕勇, 夏润秋, 王德钊

19 中空形行波超声波电动机的研究

郎梦梦, 曾劲松, 张西平

22 陶瓷开裂故障行波型超声波电动机建模与仿真分析

安国庆, 杨少锐, 安孟宇, 刘庆瑞, 闫彩红, 李洪儒

28 基于HallFOC的永磁同步电动机控制方法研究

邵定国, 杨泽众

33 基于槽口偏移的永磁同步电动机齿槽转矩抑制

杜晓彬, 黄开胜, 谭耿锐, 黄信

37 次谐波降低对分数槽集中绕组电机转子损耗的影响

宋骄, 吴晓

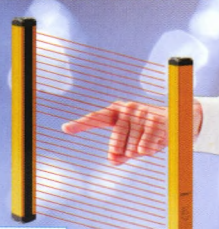
41 提高感应伺服电动机起动性能的新型转子结构

杨光力, 彭辉灯, 谭耳, 卓亮

45 适用于大惯量负载的异步电动机设计

魏静微, 张其江, 顾扬, 于晓

### 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设计所  
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-magent.com 邮箱：canyon@canyon-magnet.com



中国期刊方阵双百期刊  
 全国优秀期刊  
 中文核心期刊  
 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

2018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2018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

2018年第9期

## 49 电动汽车用异步电动机定子槽优化设计

董妍男,颜建虎,陈远晟,应展烽,张旭东

## 驱动控制

### 54 降低损耗的高频方波注入PMSM无传感器控制

张福星,崔巍

### 59 永磁同步直线电机低速域无位置传感器控制

杨春雨,马婷婷,周林娜,许瑞琪

### 63 霍尔位置检测的电动汽车永磁电机矢量控制

易磊,曲荣海,李新华,孔武斌

### 68 基于容错双余度电机的舵控系统的设计

梁东,杨金鹏,曹鑫磊,杨涛

### 71 直线游标永磁电机反步滑模控制研究

唐红雨,徐峰,黄海峰

### 75 基于凹函数的BLDCM滑模观测器控制研究

陈威,仇志坚

### 80 基于改进型卡尔曼滤波的电机速度数据处理方法

赵帅,肖金壮,郭一

### 83 基于前馈补偿PID的电机动态测试控制策略研究

杨冲,杨青

## 生产技术

### 87 叠压铆压工装在风机部件制造中的应用

肖洪波

## 专利快讯

### 92 一种驱控一体化无刷直流电机等8则

## 广告索引

广告8 本期广告索引

## CANMAG 宁波兴隆磁性技术有限公司

宁波兴隆磁性技术有限公司(原宁波兴隆电子有限公司)专业生产、开发、研究磁性材料充磁设备,测试设备等,公司创建于1994年4月(兴隆电子),目前已与多个世界500强企业及跨国公司建立合作关系,产品应用于磁性材料生产企业、电机行业、电声行业、汽车、航空、微波通讯等多个领域,并通过CE认证和ISO9001质量管理体系认证。

生产的充磁机、充/退磁机采用专门设计的高压脉冲无感电容,放电能力极强,先进的控制线路,智能化的保护技术,使机器稳定可靠,适合连续工作。采用计算机辅助设计各种规格的充磁头,从平面多极到径向辐射,从橡胶、铁氧体到钕铁硼、钕钴均可在客户提供图纸后短时间内供货。近年来公司着重研发自动化充磁设备及自动测试装置,目前已得到广泛应用。

地址:宁波市鄞州区云龙镇石碛工业区  
 联系人:黄可  
 TEL: 0574-88349578 13957889099  
 FAX: 0574-82093272  
 E-mail: ke111@263.net  
 Website: www.magnetizer.cn www.canmag.cn

万方数据



Intellectual Property  
 Http://www.cn-sh.cn  
 E-mail: senhua@cn-sh.cn  
 +86-21-69203707/708  
 +86-188-01833808 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

Fax: 0086-21-64083946

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: ISSN 1004-7018  
CN31-1428 / TM

International Magazine Name Code: WEDIE9

Advertising License: Shanghai Industrial and Commercial  
Advertisement No.3101044000040

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

Publishing Date: September 28, 2018

期刊基本参数: CN31-1428/TM\*1973\*m\*A4\*92\*zh\*P\*¥ 8.00\*21\*2018-09\*n

## MAIN CONTENTS

### Theory Research

- 1 Research on Induced EMF of Linear Generator Based on Simple Harmonic Vibration  
WU Fan, JI Fang, LIU Guang-min, et al.
- 5 Design and Finite Element Analysis of a New Hybrid Excitation Linear Motor  
ZHU De-hong, LIU Cheng
- 8 Study on Compensation Technology of Disturbing Surface Stable Platform  
XU Yi-cen, LI Kun-long, SHANG Fei

### Design and Analysis

- 16 An Improved Control Algorithm of the Voice Coil Motor Using PWM  
ZHOU Ping, LV Yong, XIA Run-qiu, et al.
- 19 Research on Hollow Traveling Wave Ultrasonic Motor  
LANG Meng-meng, ZENG Jin-song, ZHANG Xi-ping
- 22 Modeling and Simulation Analysis of Traveling Wave Ultrasonic Motor With Ceramic Cracking Fault  
AN Guo-qing, YANG Shao-rui, AN Meng-yu, et al.
- 28 The Research of PMSM Control Methods Based on HallFOC  
SHAO Ding-guo, YANG Ze-zhong
- 33 Reducing Cogging Torque of Permanent Magnet Synchronous Motor Based on the Method of Slot Shifting  
DU Xiao-bin, HUANG Kai-sheng, TAN Geng-rui, et al.
- 37 Effect of Sub-Harmonic Reduction on Rotor Loss in Fractional Slot Concentrated Winding Machines  
SONG Jiao, WU Xiao
- 41 A New-Type Rotor Structure to Improve Induction Servo Motor Starting Performance  
YANG Guang-li, PENG Hui-deng, TAN Er, et al.
- 45 Design of Drive Motors Suitable for Large Inertia Loads  
WEI Jing-wei, ZHANG Qi-jiang, GU Yang, et al.
- 49 Optimization Design of Stator Slot for Asynchronous Motor of Electric Vehicle  
DONG Yan-nan, YAN Jian-hu, CHEN Yuan-sheng, et al.

### Drive and Control

- 54 Sensorless Control for PMSM Based on High-Frequency Square-Wave Voltage Injection with Lower Loss  
ZHANG Fu-xing, CUI Wei
- 59 Sensorless Control for Permanent Magnet Synchronous Linear Motor at Low Speed  
YANG Chun-yu, MA Ting-ting, ZHOU Lin-na, et al.
- 63 Vector Control of Permanent Magnet Motor Using Hall Sensors for Electric Vehicles  
YI Lei, QU Rong-hai, LI Xin-hua, et al.
- 68 Design of Servo System Based on Fault Tolerant Dual-Redundancy Motor  
LIANG Dong, YANG Jin-peng, CAO Xin-lei, et al.
- 71 Backstepping Sliding Mode Control for Linear Vernier Permanent Magnet Motor  
TANG Hong-yu, XU Feng, HUANG Hai-feng
- 75 Research on BLDCM Sliding Mode Observer Control Based on Concave Function  
CHEN Wei, QIU Zhi-jian
- 80 Processing Method of Motor Speed Data Based on Improved Kalman Filter  
ZHAO Shuai, XIAO Jin-zhuang, GUO Yi
- 83 Research on Dynamic Test Control Strategy of the Motor Based on Feedforward Compensation PID Algorithm  
YANG Chong, YANG Qing

### Production Technology

- 87 The Design of the Laminating and Riveting Tools In Fan Components Manufacturing  
XIAO Hong-bo

Monthly, Established in September 1973  
Vol.46 No.9 2018 Accumulative No.332



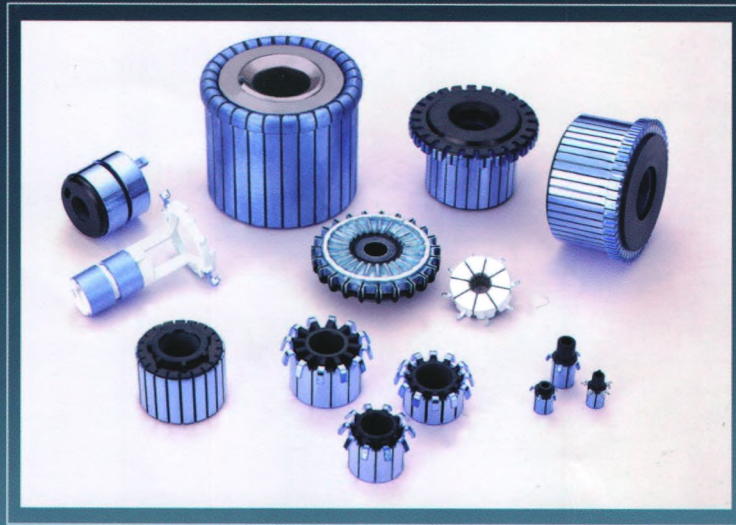
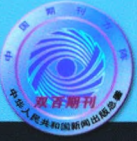
# 微特电机

2018 9

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

中文核心期刊 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