

# 微电机

# 2021 7

第54卷 第7期  
No.7 Jul., 2021

## MICROMOTORS

西安微电机研究所主办



## 无锡市黄氏电器制造有限公司



无锡市黄氏电器  
制造有限公司（原无  
锡市剑清电机有限  
责任公司）为爪极式

永磁同步电机的设计、生产、销售、服务于一体的专业企业。公司拥有技术精湛的员工与专业技术研发团队、专业的自动化生产设备、精良的生产工艺及先进的检测设备。自上世纪八十年代，由电机专家——黄剑清先生主导开发出KTYZ系列永磁同步电动机产品，技术指标在同行业中处于领先地位，公司拥有多项电机专利，并牵头制定《齿轮减速永磁同步电机》的行业标准。公司通过了ISO9001: 2000，UL，CE，3C认证。



28KTYZ



28KTYZ



50KTYZ



50KTYZ



50KTYZL



50KTYZLRGB80



50KTYZ



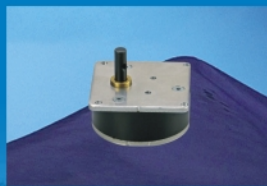
60KTYZ



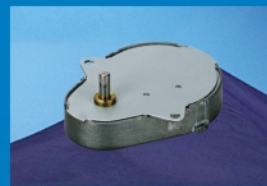
64KTYZ



64KTYZ



FGB64



RGB65



地址：无锡市钱桥工业园钱洛路6-8号  
电话：0510-88089988  
传真：0510-88089900

# 微电机

WEI DIAN JI

月刊, 1972 年创刊  
第 54 卷 第 7 期(总第 331 期)  
2021 年 7 月 28 日出版

中文核心期刊  
中国科技论文统计源期刊  
中国学术期刊(光盘版)全文收录期刊  
《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊  
《中文科技期刊数据库(全文版)》收录期刊  
中国科学引文数据库来源期刊  
RCCSE 中国核心(扩展版)学术期刊  
美国《乌利希期刊指南》(UPD)收录期刊  
美国《剑桥科学文摘(工程技术)》(CSA)来源期刊  
英国《科学文摘》(Inspec)检索源期刊  
中国机械工业优秀期刊  
陕西省优秀期刊

## 编辑委员会

顾问: 唐任远(院士) 赵淳生(院士)  
王宗培 陆永平 程树康 谭建成

主任委员: 莫会成  
副主任委员: 谭顺乐 荆仁旺  
委员: (按姓氏笔画为序)  
王 健 王建乔 王晓远 王维俊  
任 雷 刘 刚 刘卫国 刘树林  
刘景林 贡 俊 严伟灿 李红梅  
杨向宇 肖 曦 吴玉新 闵 琳  
沈建新 张 卫 郝双晖 顾菊平  
柴 凤 柴建云 徐衍亮 郭 宏  
黄守道 黄声华 梁得亮 程 明  
温旭辉 廖 勇

主 管: 西安微电机研究所  
主 办: 西安微电机研究所  
协 办: 中国电器工业协会微电机分会  
中国电工技术学会微特电机专委会

编辑出版: 《微电机》编辑部  
主 编: 谭顺乐  
副 主 编: 谭 莹 贾 钰  
地 址: 西安市高新区上林苑四路 36 号  
(710117)  
电 话: 86-29-84276641  
在线投稿系统: wdj.paperopen.com  
E-mail: micromotors@vip.sina.com  
Http: //www.china-micromotor.com.cn

国外总发行: 中国国际图书贸易总公司  
(100044 北京 399 信箱)  
国外代号: M 4228

国内总发行: 陕西省邮政报刊发行局  
订 购 处: 全国各地邮局或本刊编辑部  
邮 发 代 号: 52-92  
刊 号: ISSN 1001-6848  
CN 61-1126/TM  
国内定价: ¥8.00  
国外定价: \$8.00

广告经营许可证: 6101004004005  
印 刷: 西安创维印务有限公司

## 目 次

### 专题连载

变速永磁同步发电机系统稳压控制(连载之二)电机优化设计  
原则及实现 ..... 缪冬敏, 沈建新( 1 )

### 设计与研究

零刚度磁悬浮重力补偿器的分析与改进 .....  
..... 刘 凯, 陈冬郎, 曾理湛( 5 )

永磁辅助静压空气轴承及其仿真研究 .....  
..... 沈建新, 韩经纬, 蒋晨歆, 等( 11 )

田口法在永磁同步电机多目标优化设计的应用 .....  
..... 陈 爽, 张 志, 李佳星, 等( 17 )

六相双定子螺旋运动永磁执行器数学模型研究 .....  
..... 初宇康, 赵 博, 周元军, 等( 23 )

直线感应式轨道涡流制动器的结构设计及制动性能研究 .....  
..... 宋旭亮, 李 婧, 王一宇, 等( 30 )

磁通反向型混合励磁电机电磁特性分析 .....  
..... 李仁德, 徐 亮, 杨志勇, 等( 35 )

圆盘式 Halbach 结构永磁轴承解析模型 .....  
..... 梅柏杉, 翁兴华( 39 )

基于响应面法的双边长初级永磁直线同步电机多目标优化设计  
计 ..... 周 怡, 颜建虎, 宋同月, 等( 44 )

对称转子辅助槽对内置式永磁同步电机齿槽转矩的影响·····	申合彪, 赵朝会, 陆海玲, 等( 50 )
基于探测线圈的永磁电机转子位置估计·····	姚智彬, 易新强, 胡靖华, 等( 55 )

## 驱动控制

永磁电机参数在线辨识及逆变器非线性补偿·····	张 淦, 朱俊明, 花 为( 59 )
带有滑模观测器的永磁同步电机改进型 PID 控制·····	王 飏, 林少军, 柯 吉( 66 )
基于虚拟同步发电机的频率谐振抑制策略·····	周驭涛, 张代润, 吉晓帆, 等( 73 )
发电机膛内检测运转平台双电机交叉耦合控制策略·····	王 新, 杨 敏, 虞国平, 等( 80 )
车用永磁同步电机极限变工况温升特性·····	何联格, 石文军, 郑建军, 等( 87 )
基于遗传算法与模糊 PID 复合控制的电机调速研究·····	乔 林, 刘 颖, 胡 畔, 等( 92 )
复合变指数趋近律的永磁同步电机控制·····	王其铭, 姜长泓, 谢慕君( 99 )

## 应用技术与经验交流

一款军用永磁直流无刷电机控制器的高可靠性设计·····	唐煌生, 武 院, 冯 浩, 等(104)
基于 Halbach 阵列的无槽直流伺服电机电磁设计·····	李 胜, 石利俊, 周荣川, 等(108)

# 《微电机》(月刊)

全年 12 期, 读者可到当地邮局订阅, 本刊亦可破订、零购。

**欢迎投稿! 欢迎订阅! 欢迎刊登广告!**

国内刊号: CN61 - 1126/TM

邮 箱: micromotors @ vip. sina. com

地 址: 西安市桃园西路 2 号(710077)

邮发代号: 52 - 92

订价: 8 元/期

年价: 96 元/年

编辑部邮购: 120 元/年

国际刊号: ISSN 1001 - 6848

电话: 029 - 84276641 - 806

# MICROMOTORS

Founded 1972 • Monthly • Public Publication

Vol. 54 No. 7 (Serial No. 331) Jul., 2021

**Authorities:** Xi'an Micromotor Research Institute

**Sponsor:** Xi'an Micromotor Research Institute

**Edited & Published:** MICROMOTORS

Editorial Department

**Chief Editor:** TAN Shunle

**Add.:** No. 36, shanglinyuan 4th road, Xi'an  
(710117)

**Tel.:** 86-29-84276641

**Online Submission System:** wj.paperopen.com

**E-mail:** micromotors@vip.sina.com

**Http:** //www.china-micromotor.com.cn

**Distributor:** Xi'an Newspapers and Periodicals

Publish Office

**Domestic Subscription:** Local Post Office &

MICROMOTORS Editorial Department

**Periodical Code:** 52-92

**Journal Code:** ISSN1001-6848  
CN61-1126/TM

**Foreign Subscription:**

China National Publications Import & Export Corp.

(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)

**Overseas Code:** M 4228

**Price:** \$ 8.00

**Annual Price:** \$96.00

**Publication Date:** Jul. 28, 2021

## CONTENTS

Voltage Stabilization Control of Variable-speed Permanent Magnet Synchronous Generator System (Part 2): Motor Design Criteria and Realization .....	1
..... MIAO Dongmin, SHEN Jianxin ( 1 )	
Analysis and Improvement of Zero Stiffness Magnetic Levitation Gravity Compensator .....	5
..... LIU Kai, CHEN Donglang, ZENG Lizhan ( 5 )	
A Permanent Magnet-Assisted Aerostatic Bearing and Its Simulation Study .....	11
..... SHEN Jianxin, HAN Jingwei, JIANG Chenxin, et al ( 11 )	
Multi-objective Optimization Design of a Permanent Magnet Synchronous Motor Based on Taguchi Method .....	17
..... CHEN Shuang, ZHANG Zhi, LI Jiaying, et al ( 17 )	
Research on Mathematical Models of Six-phase Double-Stator Helical Motion Permanent Magnet Actuator .....	23
..... CHU Yukang, ZHAO Bo, ZHOU Yuanjun, et al ( 23 )	
Research on Structural Design and Braking Characteristics of Linear Induction Type Rail Eddy Current Brake .....	30
..... SONG Xuliang, LI Jing, WANG Yiyu, et al ( 30 )	
Analysis of Electromagnetic Characteristics of Flux Reversal Hybrid-excited Machine .....	35
..... LI Rende, XU Liang, YANG Zhiyong, et al ( 35 )	
Analytical Model of Magnetic And Stiffness of Disc-type Halbach Structure Permanent Magnetic Bearing .....	39
..... MEI Boshan, WENG Xinghua ( 39 )	
Multi-objective Optimization Design of Bilateral Long Primary PMLSM Based on Response Surface Method .....	44
..... ZHOU Yi, YAN Jianhu, SONG Tongyue, et al ( 44 )	
Influence of Rotor Symmetrical Auxiliary Slots on the Cogging Torque of Interior-type Permanent Magnet Synchronous Motor .....	50
..... SHEN Hebiao, ZHAO Chaohui, LU Hailing, et al ( 50 )	
Rotor Position Estimation of Permanent Magnet Motor Based on Search Coils .....	55
..... YAO Zhibin, YI Xinqiang, HU Jinghua, et al ( 55 )	
Online Parameter Estimation and Inverter Nonlinear Compensation for Permanent Magnet Synchronous Machines .....	59
..... ZHANG Gan, ZHU Junming, HUA Wei ( 59 )	
Improved PID Control of Permanent Magnet Synchronous Motor With Sliding Mode Observer .....	66
..... WANG Biao, LIN Shaojun, KE Ji ( 66 )	
Frequency Resonance Suppression Strategy Based on Virtual Synchronous Generator .....	73
..... ZHOU Yutao, ZHANG Dairun, JI Xiaofan, et al ( 73 )	
Cross-coupling Control Strategy of Dual Motors in Detection and Operation Platform of Generator .....	80
..... WANG Xin, YANG Min, YU Guoping, et al ( 80 )	
Temperature Characteristics of Permanent Magnet Synchronous Motor for Vehicles Under Extreme Variable Conditions .....	87
..... HE Liange, SHI Wenjun, ZHENG Jianjun, et al ( 87 )	
Research on Control of PMSM Speed Control System Based on Genetic Algorithm and Fuzzy PID .....	92
..... QIAO Lin, LIU Ying, HU Pan, et al ( 92 )	
Control of Permanent Magnet Synchronous Motor With Compound Variable Exponential Reaching Law .....	99
..... WANG Qiming, JIANG Changhong, XIE Mujun ( 99 )	
High Reliability Design of Military Permanent Magnet Brushless DC Motor Controller .....	104
..... TANG Huangsheng, WU Yuan, FENG Hao, et al ( 104 )	
Electromagnetic Design of Slotless DC Servo Motor Based on Halbach Array .....	108
..... LI Sheng, SHI Lijun, ZHOU Rongchuan, et al ( 108 )	