

# 微电机

# 2020 12

第53卷 第12期  
No.12 Dec., 2020

## 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（原无锡市剑清微电机有限责任公司）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



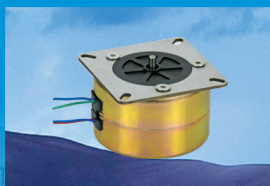
50KTYZLRGB80



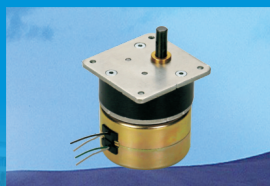
50KTYZ



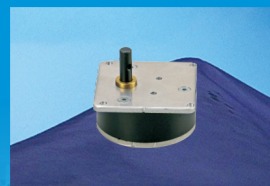
60KTYZ



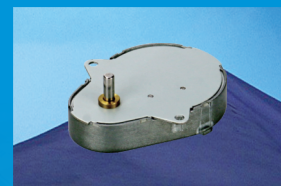
64KTYZ



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

第12期

第53卷

2020年

# 微电机

WEI DIAN JI

月刊, 1972 年创刊

第 53 卷 第 12 期(总第 324 期)

2020 年 12 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

传真: 86-29-84234773

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

### 设计与研究

磁阻式旋转变压器极槽配合研究 .....  
..... 杜龙, 徐志科, 金龙, 等(1)

一种磁悬浮直线开关磁阻电机悬浮模块设计与分析 .....  
..... 郝雯娟, 王宇(5)

矿用直驱永磁电机磁热双向耦合分析 .....  
..... 孙重阳, 冯桂宏(10)

异步起动永磁同步电动机电磁振动特性及抑制措施的研究 ...  
..... 唐旭, 林旭梅, 朱文杰(16)

基于响应面模型与遗传算法的无轭分块电枢轴向磁场永磁电  
机齿槽转矩优化 ..... 徐龙江, 牟磊, 汤磊, 等(22)

“工字形”直线超声电机的结构设计与模态分析 .....  
..... 张健, 王笑竹, 何勃, 等(29)

### 驱动控制

动态边端效应下直线感应电机最小损耗控制 .....  
..... 周杨威, 赵镜红, 刘小虎(34)

非对称延迟对正余弦编码器的影响及补偿策略 .....  
..... 杨敏, 杨盼龙, 王新, 等(39)

期刊基本参数: CN61-1126/TM \* 1972 \* m \* A4 \* 112 \* zh \* P \* ¥8.00 \* \* 22 \* 2020-12

基于自抗扰控制技术开关磁阻电机转矩脉动抑制研究…………… 李华柏, 莫 坚, 李建忠( 45 )

基于间隙等效模型的舵机非线性控制研究…………… 罗明亮, 林 俊, 余志凯, 等( 50 )

超声波电机离散采样迭代学习逆控制…………… 黄文文, 宋 璐, 史敬灼( 56 )

基于自适应滑模观测器无位置传感器 PMSM 控制方法研究…………… 姚艳艳, 张会娟, 刘建娟, 等( 60 )

优化开关频率的六相永磁同步电机改进模型预测电流控制 …………… 郭宝双, 王爱元, 张言纯, 等( 67 )

双钳位三电平逆变器平衡控制方法研究…………… 陈学利, 刘 稳, 郭 鹏( 72 )

一种降低无刷直流电机非导通相续流的 PWM 调制方式研究 …………… 寇元起, 郝珂庆, 王志业, 等( 78 )

基于 PMSM 的二阶滑模无位置传感器控制…………… 蔡 军, 李鹏泽, 黄袁园( 83 )

基于可变遗忘因子的递推最小二乘法锁相环研究…………… 辛瑞芝, 戴 宁, 卢佳南, 等( 89 )

无轴承同步磁阻电机最小二乘法转子位移自检测策略…………… 张汉年, 张 涛( 94 )

### 检测技术

基于无感线圈应用于电机在线检测和监控的探究…………… 潘柏根, 赵云峰, 张 俊, 等(100)

### 应用技术与经验交流

某永磁直流伺服减速电机卡滞故障分析…………… 冯 岗, 柳海科, 孙 武, 等(104)

一种基于施密特触发器原理的直流电机位置控制及消抖算法…………… 黄 峰(109)

### 热点报道

【嫦娥五号】西安微电机研究所五种电机及驱动器助力嫦娥五号圆满完成月表采样任务 ……………  
…………… 孙忠伟, 吴 璘(112)

## 《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. 53 No. 12 (Serial No. 324) Dec. , 2020

**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

**Fax:** 86 - 29 - 84234773

**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:**  $\frac{\text{ISSN1001} - 6848}{\text{CN61} - 1126/\text{TM}}$

**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:** Dec. 28, 2020

## CONTENTS

Research on Pole Slot Coordination of Reluctance Resolver .....	DU Long, XU Zhike, JIN Long, et al( 1 )
Design and Analysis of a Magnetic Levitation Module for MagLev Linear Switched Reluctance Machine .....	HAO Wenjuan, WANG Yu( 5 )
Magneto-Thermal Bidirectional Coupling Analysis of Mine Direct Drive Permanent Magnet Motor .....	SUN Chongyang, FENG Guihong( 10 )
Study of Characteristics and Suppression Methods of Electromagnetic Vibration in Line-start Permanent Magnet Synchronous Motor .....	TANG Xu, LIN Xumei, ZHU Wenjie( 16 )
Optimization of Cogging Torque of Yokeless and Segmented Armature Machine Based on Response Surface Model and Genetic Algorithm .....	XU Longjiang, MU Lei, TANG Lei, Liu Ye, et al( 22 )
Structural Design and Modal Analysis of Gong-shaped Linear Ultrasonic Motor .....	ZHANG Jian, WANG Xiaozhu, HE Qing, et al( 29 )
Loss Minimization Control Strategy Based on Dynamic End Effect Loss Model of Linear Induction Motor .....	ZHOU Yangwei, ZHAO Jinghong, LIU Xiaohu( 34 )
Influence of Asymmetric Delay on Sincos Encoder and Corresponding Compensation Strategy .....	YANG Min, YANG Panlong, WANG Xin, et al( 39 )
Research on Torque Ripple Control technology of Switched Reluctance Motor Based on Active Disturbance Rejected Reduction .....	LI Huabo, MO Jian, LI Jianzhong( 45 )
Control Research of Actuator Nonlinearity Based on Equivalent Backlash Model .....	LUO Ming-liang, LIN Jun, YU Zhikai, et al( 50 )
Discrete Sampling Iterative Learning Inverse Control of Ultrasonic Motor .....	HUANG Wenwen, SONG Lu, SHI Jingzhuo( 56 )
Research on PMSM Without Position Sensors Control Based on Adaptive Sliding Mode Observer .....	YAO Yanyan, ZHANG Huijuan, LIU Jianjuan, et al( 60 )
Improved Model Predictive Current Control for Six-phase Permanent Magnet Synchronous Motor With Optimized Switching Frequency .....	GUO Baoshuang, WANG Aiyuan, ZHANG Yanchun, et al( 67 )
Research on Balance Control Method of Double Clamp Three-level Inverter .....	CHEN Xueli, LIU Wen, GUO Peng( 72 )
A PWM Modulation Method for Reducing the Non-conduction Phase Freewheeling of Brushless DC Motor .....	KOU Yuanchao, XI Keqing, WANG Zhiye, et al( 78 )
PMSM Based Second-order Sliding Mode Position Sensorless Control .....	CAI Jun, LI Pengze, HUANG Yuanyuan( 83 )
Research on PLL Based on Recursive Least Square Method With Variable Forgetting Factor .....	XIN Ruizhi, DAI Ning, LU Jianan, et al( 89 )
Self-sensing Strategy of Rotor Displacement Based on Least Square Method for Bearingless Synchronous Reluctance Motor .....	ZHANG Hannian, ZHANG Tao( 94 )
Research on Application of Non-inductance Coil in On-line Detection and Monitoring of Motor .....	PAN Baigen, ZHAO Yunfeng, ZHANG Jun, et al(100)
The Jam Fault Analysis of a Permanent Magnet DC Servo Geared-motor .....	FENG Gang, LIU Haike, SUN Wu, et al(104)
A Simple Position Control with Chattering Elimination Algorithm of DC Motor Based on Schmitt Principle .....	HUANG Feng(109)