

★中国科技核心期刊  
★EBSCO数据库收录期刊  
★科技期刊世界影响力指数 (WJCI) 报告入选期刊  
★荣获首届《CAJ-CD规范》执行优秀奖期刊  
★中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊

★中国学术期刊影响因子年报统计源期刊  
★万方数据—数字化期刊群入网期刊  
★科技部西南信息中心入网期刊  
★中国学术期刊 (光盘版) 全文收录期刊

# 大电机技术

## Large Electric Machine and Hydraulic Turbine

ISSN 1000-3983



哈尔滨大电机研究所主办  
《大电机技术》编辑部出版



2024/1

蓄能机组多场耦合特性研究专题

抽水蓄能机组水轮机工况启动过程内部流场分析  
..... 杨小龙, 王焕茂, 林 恺, 靳发业, 雷兴春, 毕慧丽, 罗永要 1

抽水蓄能机组水轮机工况启动过程转轮动应力特性  
..... 陈志明, 靳发业, 林 恺, 毕慧丽, 王焕茂, 罗永要 8

水泵水轮机顶盖螺栓强度特性研究  
..... 赵 强, 曹佳丽, 罗永要, 高洪军 15

电机部分

基于定子全浸式及绕组内冷式的蒸发冷却永磁直驱风力发电机优化设计研究  
..... 程自然, 阮 琳, 杨 劼, 高 剑, 黄守道 22

基于 BP-AHP 风机状态评估的超短期风电功率动态预测研究  
..... 杨国清, 王文坤, 王德意, 刘世林, 戚相成 29

基于灰狼算法的步进电机滑模控制系统设计 ..... 白天羽, 赵南南, 马毓敏, 宗世祥 40

变速抽水蓄能电机在发电工况不同转速下磁场和损耗研究  
..... 韩继超, 董桀辰, 张 勇, 孙玉田, 李桂芬, 张春莉, 胡金明, 于鸿浩 48

U 型线圈检测发电机励磁绕组匝间短路性能分析 ..... 武玉才, 李宏硕 54

采用异频电流激励法开展发电机定子铁芯损耗试验的可行性研究  
..... 盛明璐, 王晓兰, 刘守豹, 徐 铭, 宋佳骏, 胡思宇 58

水电机组摆度周期性波动问题的分析和研究  
..... 李志华, 汪安海, 徐楠楠, 曾学杰, 万 路, 李 虎, 周科衡 65

水轮机及水泵

叶顶间隙对螺旋混流式喷水推进泵内流及推进特性的影响  
..... 韩 伟, 任嘉乐, 郝英剑, 党树娟, 李望旭, 徐梓添, 黄心愿 71

辅机及其他

紧固件松动对高压并联电抗器振动特性的影响研究  
..... 张宗喜, 张星海, 黄勤清, 张 静, 罗传仙, 高 波 80

水电站离相封闭母线抱箍局部高温问题分析与仿真研究  
..... 王 贺, 李学龙, 刘德龙 86

基于 Tomo-PIV 技术的螺旋桨三维强旋转流动的实验研究  
..... 曾子扬, 余志强, 方兆波, 季志伟, 单 峰 91

# CONTENTS

## Research on Multi-field Coupling Characteristics of Pumped Storage Unit

|                                                                                                                            |                                                                                     |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Analysis of Internal Flow Field During the Start-up of Hydraulic Turbine of Pumped Storage Unit<br>.....                   | YANG Xiaolong, WANG Huanmao, LIN Kai, JIN Faye, LEI Xingchun, BI Huili, LUO Yongyao | 1  |
| Dynamic Stress Characteristics of the Runner during the Turbine Mode's Start-Up Process for a Pumped Storage Unit<br>..... | CHEN Zhiming, JIN Faye, LIN Kai, BI Huili, WANG Huanmao, LUO Yongyao                | 8  |
| Strength Analysis on Head Cover Bolts of Pump Turbine<br>.....                                                             | ZHAO Qiang, CAO Jiali, LUO Yongyao, GAO Hongjun                                     | 15 |

## Electric Machine

|                                                                                                                                                 |                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Optimization Research of Evaporative Cooling Permanent-magnet Wind Generators based on Stator Fully Immersion and Winding Internal Cooling..... | CHENG Ziran, RUAN Lin, YANG Jie, GAO Jian, HUANG Shoudao                  | 22 |
| Dynamic Prediction of Ultra-short-term Wind Power based on BP-AHP Wind Turbine Condition Assessment<br>.....                                    | YANG Guoqing, WANG Wenkun, WANG Deyi, LIU Shilin, QI Xiangcheng           | 29 |
| Design of Stepper Motor Sliding Mode Control System based on Grey Wolf Algorithm<br>.....                                                       | BAI Tianyu, ZHAO Nannan, MA Yumin, ZONG Shixiang                          | 40 |
| Research on Magnetic Field and Loss of Variable Speed Pumped Storage Generator-Motor at Different Speeds under the Generator Condition .....    | HAN Jichao, DONG Jiechen, ZHANG Yong, SUN Yutian, LI Guifeng, etc.        | 48 |
| Performance Analysis of Inter-turn Short Circuit Detection for Generator Excitation Winding with U-shaped Coil<br>.....                         | WU Yucai, LI Hongshuo                                                     | 54 |
| Feasibility Study of Generator Stator Core Loss Test by Using Different Frequency Current Excitation Method<br>.....                            | SHENG Mingjun, WANG Xiaolan, LIU Shoubao, XU Ge, SONG Jiajun, HU Siyu     | 58 |
| Analysis and Research on the Cyclical Fluctuation of Swing in Hydro-generator Set<br>.....                                                      | LI Zhihua, WANG Anhai, XU Nannan, ZENG Xuejie, WAN Lu, LI Hu, ZHOU Keheng | 65 |

## Hydraulic Turbine & Water Pump

|                                                                                                                              |                                                                                     |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Effect of Tip Clearance on the Inner Flow and Propulsion Characteristics of a Helical Mixing Water Jet Propulsion Pump ..... | HAN Wei, REN Jiale, HAO Yingjian, DANG Shujuan, LI Wangxu, XU Zitian, HUANG Xinyuan | 71 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|

## Auxiliary & Others

|                                                                                                                            |                                                                               |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Influence of Fastener Looseness on Vibration Characteristics of High Voltage Shunt Reactor<br>.....                        | ZHANG Zongxi, ZHANG Xinghai, HUANG Qinqing, ZHANG Jing, LUO Chuanxian, GAO Bo | 80 |
| Study and Simulation on Local High Temperature Problem of Isolated-phase Enclosed Busbar Hoops in Hydropower Stations..... | WANG He, LI Xuelong, LIU Delong                                               | 86 |
| Experimental Study on Three-Dimensional Strongly Rotating Flow of Propeller based on Tomo-PIV Technique<br>.....           | ZENG Ziyang, YU Zhiqiang, FANG Zhaobo, JI Zhiwei, SHAN Feng                   | 91 |



《大电机技术》编委会

主任委员：王 贵  
副主任委员：高洪军  
顾 问：王祥珩 吴玉林 张勇传 苗立杰 饶芳权 唐任远 席 光 陶星明  
委 员：雷清泉 戈宝军 王正伟 王修礼 王洪杰 付 磊 刘庆河 孙玉田 何成连  
宋文武 张 梁 李仁年 李 正 李伟力 李 景 李朝晖 沈樾伟  
邹继斌 陆 力 陈顺义 孟晓超 罗兴锜 宫让勤 宫海龙 赵永智  
赵争鸣 唐学林 徐殿国 袁建平 梁艳萍 黄 进 曾 云 游 超  
覃大清 辜承林 戴 江 戴康俊 魏显著

《大电机技术》第三届青年编委会

主任委员：高洪军  
委员（按姓氏笔画排序）：  
王道涵 王云冲 尹俊连 叶建军 朱国俊 刘 毅 刘锦涛 许国瑞  
孙宇光 苏文涛 李 健 李大伟 李德友 杨威嘉 杨富斌 张品佳  
武 鹏 罗永要 郑晓钦 单 峰 胡 岳 徐永向 陶 然 陶大军  
黄 滨 董 玮 韩 伟 蔡佑林  
秘 书 长：丁军锋  
副 秘 书 长：唐数理 张 锐  
秘 书：魏 松 田溪鹤 刘 佳 张 瑶

《大电机技术》

(双月刊, 1971 年创刊)

版权所有

2024年第1期, 1 月25日出版

Large Electric Machine and Hydraulic Turbine

( Bimonthly, started in 1971)

All Copyright Reserved

2024 NO.1, published on January 25

|                     |                                 |                                           |                                                                                |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 主 编                 | 高洪军                             | Editor-in-Chief                           | Gao Hongjun                                                                    |
| 副 主 编               | 孙玉田 魏显著 唐数理                     | Vice Editor-in-Chief                      | Sun Yutian, Wei Xianzhu, Tang Shuli                                            |
| 编 辑                 | 魏 松 刘 佳<br>田溪鹤 张 瑶              | Editor                                    | Wei Song, Liu Jia<br>Tian Xihe, Zhang Yao                                      |
| 主 管 单 位             | 哈尔滨电气集团有限公司                     | Responsible Institution                   | Harbin Electric Corporation                                                    |
| 主 办 单 位             | 哈尔滨大电机研究所                       | Sponsored by                              | Harbin Institute of Large Electrical Machinery(HILEM)                          |
| 出 版 单 位             | 《大电机技术》编辑部                      | Published by                              | Large Electric Machine and Hydraulic Turbine Editorial Department              |
| 地 址                 | 黑龙江省哈尔滨市香坊区三大动力路51号             | Address                                   | 51, Sandadongli Road, Xiangfang, Harbin, China                                 |
| 邮 编                 | 150040                          | Post Code                                 | 150040                                                                         |
| 电 话                 | 0451-82872723                   | Tel                                       | +86-451-82872723                                                               |
| 传 真                 | 0451-82100926                   | Fax                                       | +86-451-82100926                                                               |
| 电 子 邮 箱             | qbzr@hec-china.com              | E-mail                                    | qbzr@hec-china.com                                                             |
| 网 址                 | http://djdj.chinajournal.net.cn | Website                                   | http://djdj.chinajournal.net.cn                                                |
| 印 刷                 | 哈尔滨市工大节能印刷厂                     | Printed by                                | Energy-saving Printing House of Harbin Institute of Technology                 |
| 国内订购处               | 全国各地邮局                          | Subscribe from                            | Local Post Office in China                                                     |
| 国外发行                | 中国国际图书贸易总公司<br>(北京市399信箱)       | Overseas Distribution                     | China International Book Trading Corporation<br>(P. O. Box399, Beijing, China) |
| 邮 发 代 号             | 14-11                           | Postal Distributing Code                  | 14-11                                                                          |
| 国 外 代 号             | BM547                           | Overseas Distributing Code                | BM547                                                                          |
| 中 国 标 准 连 续 出 版 物 号 | ISSN1000-3983<br>CN23-1253/TM   | Chinese Standard<br>Serial Publicaion No. | ISSN1000-3983<br>CN23-1253/TM                                                  |
| 广 告 经 营 许 可 证 号     | 2301070000007                   |                                           |                                                                                |
| 定 价                 | 15.00元                          | Price                                     | ¥15.00                                                                         |