

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.03.017

基于 RFID 的牵引变电所防误系统设计*

喻会永,张艺凡,孙鹏程,李仲夏,李树昆
(许继电气股份有限公司,河南 许昌 461000)

摘要:针对牵引变电所检修作业中的误操作问题,对自动识别防误机制、设备选型与开发、通讯链路和 ASP. Net 管理程序等方面进行了研究,对防止误操作的方法进行了归纳,提出了一种基于 RFID 技术以及 Web Service 技术的牵引变电所防误系统。该系统通过在现场终端采用 RFID 标签和 PDA 实现了对设备的自动识别、语音提示和过程控制,通过在通讯链路采用 Wi-Fi 和 Web Service 实现了任务数据交互,通过在服务器端采用 Web 应用程序实现了对任务信息全生命周期管理。研究表明,该系统能实现离线作业、自动识别、语音提示与报警等功能,能够有效防止人员误操作,并已成功应用于某牵引变电所。

关键词: RFID;防误系统;ASP. Net;Web Service

中图分类号: U224;TM63;TP29

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2016)03-0336-06

Design of traction substation mal-operation preventing system based on RFID

YU Hui-yong, ZHANG Yi-fan, SUN Peng-cheng, LI Zhong-xia, LI Shu-kun
(XJ ELECTRIC Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: Aiming at the problem of faulty operation in traction substation maintenance, the mechanism of automatic identification error prevention, the selection and development of equipment, communication links and management program based on ASP. Net were researched, and the methods of mal-operation prevention were summarized, the traction substation mal-operation preventing system based on RFID technology and Web Service technology was proposed. The automatic identification of equipment, voice prompt and process control in this system were realized by adopting RFID tags and PDA at the scene terminal. The interaction of mission data was implemented by adopting Wi-Fi and Web Service at the communication link. The management of task information lifecycle was realized by adopting the Web application on the server side. The results indicate that off-line operation, automatic identification, voice prompt, automatic alarm, and other functions are realized, and wrong operations are effectively prevented, and the system has been successfully applied to a certain traction substation.

Key words: RFID; mal-operation preventing system; ASP. Net; Web Service

0 引言

牵引变电所是电气化铁路的重要组成部分,是牵引供电系统的核心,其运行的稳定性、可靠性及安全性直接关系到铁路运输生产能否正常进行。因此,在电气化铁路的建设中,投入巨资建设变电综合自动化系统和远动系统,但是,由于检修“天窗”的存在,频繁地倒闸作业导致误分、合断路器、带负荷分、合隔离开关、

带电挂(合)接地线(接地开关)、带接地线(接地开关)合断路器(隔离开关)、误入带电间隔的事故时有发生,现有的系统根本无法解决,严重影响了供电安全,甚至危及到牵引变电所工作人员的人身安全。

经调研,兰州铁路局银川供电段管辖多个牵引变电所,其智能化、信息化程度较高,却在防误设施上存在短板,依然采用传统的人为监控方式防误,工作人员即是“运动员”又是“裁判员”,造成误操作时有发生。国内现有机械型闭锁方式、程序锁闭锁方式和电气联

收稿日期:2015-11-17

基金项目:兰州铁路局科技发展资助项目(20110509-11)

作者简介:喻会永(1989-),男,河南周口人,硕士,主要从事变电所防误和变电所智能化的研究。E-mail:yhyland@163.com

锁闭锁方式等相关产品,但各有利弊,不能满足用户方便实用、经济高效的要求^[1]。因此,笔者根据用户的实际需求设计并实现一种基于 RFID 技术的牵引变电所防误系统。

1 系统的总体方案

系统由数据层、应用管理层、操作层和设备层等所组成,各个层之间互相链接,构成统一的整体。数据层由 Web 服务器、应用程序服务器、数据库服务器和配

网自动化系统组成,主要实现提供 Web 服务支持、数据的存储和调用等功能。应用管理层由防误主机和打印机等外设组成,主要利用 Web 应用程序实现检修任务的制作、审核、下发和配合任务的实施等功能。操作层由通讯链路和智能手持终端组成,它是实现数据交互的通道和防误工作的主体,主要实现智能手持终端和数据层的交互以及防误工作的实施。设备层由 RFID 标签和电力设备组成,它是实施防误工作的对象,主要实现对设备的识别。系统总体方案如图 1 所示。

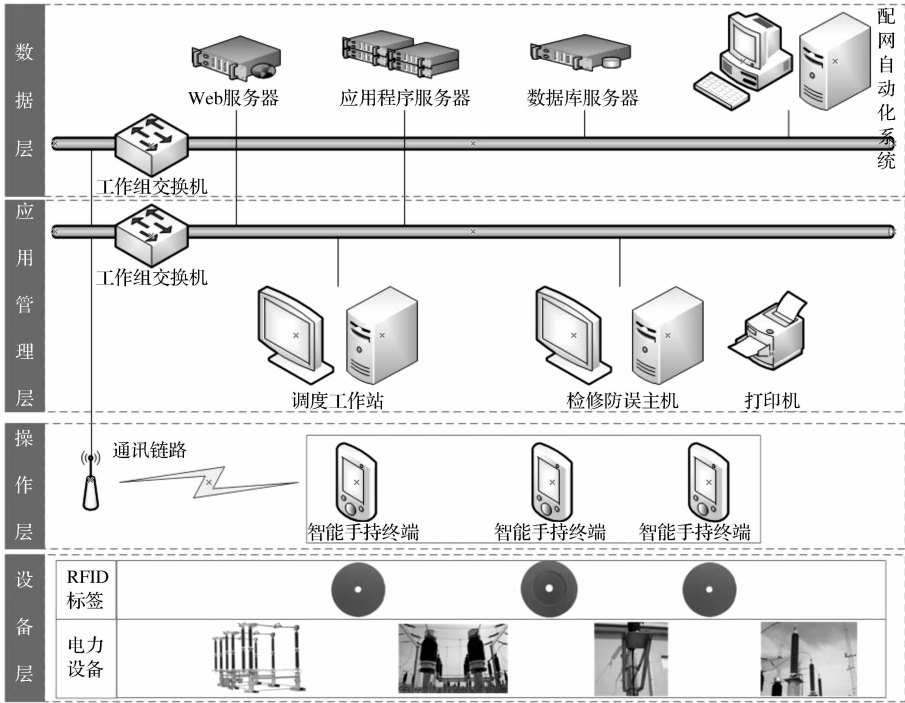


图 1 系统总体框图

1.1 RFID 技术的选择

近年来,物联网快速发展,RFID(Radio Frequency Identification 射频识别)技术作为物联网的关键技术^[2],与其他的自动识别技术(如磁卡、条形码和 IC 卡等)相比,它具有不接触识别、保密程度高、适应环境能力强、识别能力又快又好等优点。目前,RFID 技术已经逐步在制造^[3]、物流^[4]、零售^[5]和其他行业中^[6-7]得到广泛的应用,国内外学者也积极开展把 RFID 技术结合其他技术使其应用到变电所防误、智能巡检等电力领域的研究^[8-10]。

牵引变电所作为电气化铁路的供电主体,其多处于电气化铁路沿线。在牵引变电所的检修工作中,被检修设备多处于室外,风吹日晒雨雪冰霜,要求该系统的设备终端需要准确标识所附着设备,同时要求能够排除干扰精准识别所要操作的设备。针对该防误系统抗干扰能力强、识别准确度高、定位能力优和提示信息

准确等特点,该设计利用现有的 RFID 技术和市场上成熟的 RFID 识别设备实现防误系统的数据采集、判断和提示(或预警)。

1.2 系统方案的设计

基于 RFID 技术的防误系统,首先把 RFID 标签附加到牵引变电所各种设备上进行一次一标识,然后根据不同任务情况,对要操作的设备序列在计算机主机上运用工作流对其进行建模排序,把任务拟定后,由技术人员进行审核,审核合格后,通过无线通讯装置下发至手持智能终端,最后,手持智能终端通过语音和文字提示工作人员进行相应的操作,操作人员根据提示信息运用智能手持终端去识别对应的 FRID 标签,识别正确与否都进行相应的提示(或预警),直至任务完成,并把完成信息上传至计算机主机便于后期管理。系统通过对工作人员的行为进行有效的控制与提示,达到防止误操作的目的。

系统方案在实现过程中主要分为现场终端设备、通讯链路和服务端等 3 部分。现场终端设备是在工作票任务的实施环节所需的设备;通讯链路实现服务器与现场设备的交互;服务器端包含系统前台的门户网站(软件系统)、后台的动态数据库,它们为工作票的设计流转、信息的展现等提供平台,方便工作人员的查看。

2 现场终端设备选型与设计

现场终端包含操作层的 RFID 标签和智能手持终端。RFID 标签主要通过对其写入信息实现对牵引变电所设备的唯一标识;智能手持终端主要实现对工作信息的上传、下载以及对 RFID 标签的识别与人员操作的语音提示。

2.1 现场终端工作流程

在现场工作过程中,本研究首先利用智能手持终端接收服务器端发送的任务数据,然后根据任务数据对现场设备操作,并同时利用智能手持终端的语音提示扫描 RFID 标签,判断操作对象的正确与否,防止误操作的发生,判定任务是否完成直至任务完成。它的

工作流程如图 2 所示。

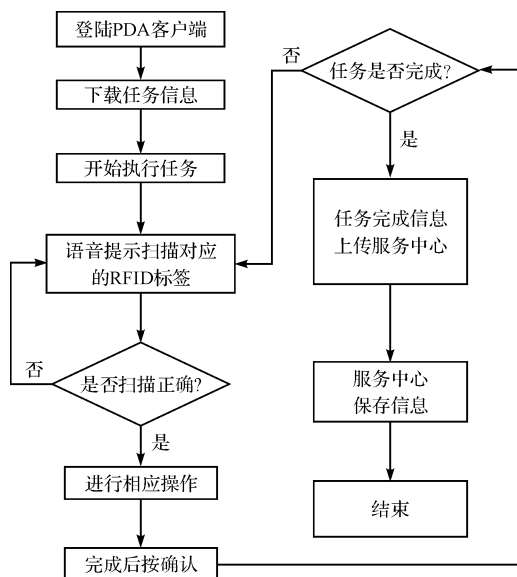


图 2 现场终端工作流程

2.2 RFID 标签选型

通常,在基于 RFID 的自动识别系统中,它的工作方式一般分为“一对多”和“多对多”两种方式,共 3 种情况,它们的基本工作框架如图 3 所示。

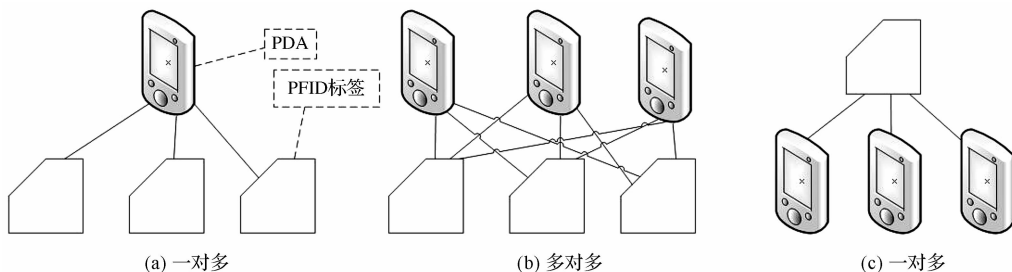


图 3 RFID 自动识别工作框架

根据牵引变电所的实际工作情况,在具体实施检修任务时,只能有一个检修任务在执行,其他的检修任务必须在上一个检修任务实施完成后进行。这种工作方式决定了现场终端设备的工作框架即是图 3(a)所示的情况。

RFID 系统在读写装置和 RFID 标签之间利用无线信号自动识别目标对象,同时获得所需信息。读写装置和 RFID 标签之间射频信号的传输主要有电感耦合和电磁耦合两种方式,电感耦合方式类似变压器的原理,多应用于低频近距离场合;电磁耦合方式采用雷达原理模型,属于远距离 RFID 系统,多运用到高频远距离场合^[11]。由于需要对牵引变电所室外设备进行标识,其环境较复杂,RFID 标签有可能被冰、雪、霜和尘等所覆盖,要求 RFID 标签具有较好的被识别性,同时为了方便人员操作,RFID 标签应可以在相对较远距离进行读取。

鉴于上述原因,该系统采用运用 Alien H3 芯片的电磁耦合 RFID 标签,其工作频率 860 MHz ~ 960 MHz,符合 EPC Gen2 (V1. 2. 0) 以及 ISO/IEC18000-6C 标准,用户数据区容量为 512 bits,可以满足设备信息的写入。而且该工作频率在我国应用广泛,并已经过我国频率规划专家咨询委员会的审议,具有技术成熟、可靠性高、容错性好、方便易用等优点。

2.3 智能手持终端选型与软件设计

结合 RFID 标签、实际应用环境和经济性等情况,智能手持终端选用成熟的工业级产品 iData 800UHF 型 PDA(个人数码助理:Personal Digital Assistant),其采用 ARM9 架构 Hisilicon 的 CPU 和 Microsoft Windows Mobile 6.5 的操作系统,全面支持无线语音通信和无线局域网络,内置麦克风,具有良好的操作界面。它支持 800/900MHz 超高频 RFID 读写,支持超高频 ISO/

IEC18000-6C 协议,可以快速精准地进行远距离多标签批量读写,完全满足该防误系统需求。

智能手持终端软件采用 C/S 架构,利用 Microsoft Windows Mobile 6.5 平台实现对 PDA 端软件的开发。

为方便工作人员离线工作,扩大检修工作范围,PDA 端软件登录可采用服务器端远程认证或 PDA 端本地认证,服务器端远程认证和 PDA 端本地认证界面如图 4(a)、4(b)所示。



图 4 PDA 端软件界面

PDA 端软件主要实现检修任务信息的下载、执行、过程控制、事件记录、完成情况的上传以及其它辅助作用,共分为下载任务、执行任务、完成情况、提交数据、系统配置和使用帮助等 6 个功能模块,PDA 端软件主界面如图 4(c)所示。其中,执行任务是其核心环节,在执行检修任务过程中,检修人员根据 PDA 语音提示信息扫描设备对应的 RFID 标签以及相应的操作,实现对操作过程的控制,并对作业流程信息进行记录。

PDA 采用 SQLite 数据库对检修作业数据进行离线保存,在检修作业进行过程中,检修人员手持 PDA, PDA 语音提示需要扫描的 RFID 标签和操作动作,在扫描 RFID 标签后,PDA 判定扫描是否正确并进行语音提示,方便检修人员一步一步进行操作,防止误操作的发生。

系统采用科大讯飞语音云 tts 合成 C#接口 dll,调用科大讯飞的语音动态链接库。笔者在建立软件工程之后,在软件工程目录下放置 TTSAPILib.dll,在软件工程中引用 ttsapi.dll,语音与文字的转换工作主要由 TT-SAPILib.smVoiceCE 组件来完成,其相关函数对转换的语音参数进行分工,具体函数对应的功能如表 1 所示。

表 1 语音组件相关函数功能表

函数	功能
Speak() 函数	使用语音库朗读文本内容
Stop() 函数	停止朗读
Pause() 函数	暂停朗读
Resume() 函数	继续朗读
SetRate() 函数	设置朗读语速
SetVolume() 函数	设置朗读音量
SpeakToVoiceFile() 函数	文本内容朗读到 wave 文件

3 通讯链路的设计

通讯链路作为数据交互的桥梁,服务器端采用关系数据库管理系统 Oracle10g,PDA 端采用嵌入式的轻型数据库 SQLite,二者之间数据结构存在差异,数据的交互方式要求通讯链路具有跨平台性。Web Service 作为通过 Web 部署实现对业务功能访问的技术,其具有跨平台、简单和高度可集成性等特点。在系统的使用中,通讯链路对安全保密性、组建快捷性、可靠稳定性、可移植性、经济实用性要求较高。通过搭建基于 Wi-Fi 基础网拓扑结构的局域网络平台可以有效解决所需。通讯链路以搭建局域网络平台为基础,以调用 Web 服务为手段进行服务器端与 PDA 之间的数据交互。服务器端采用 Intranet 有线网络,通过 RJ45 接口与路由装置连接;路由装置利用 Wi-Fi 技术与 PDA 组成局域网络,在局域网络平台上,发布 Web Service 调用数据库服务,PDA 通过调用该服务实现数据的下载与上传,通讯链路的整体框架如图 5 所示。

Web Service 采用 Visual Studio2008 开发平台,利用 ASP.Net 技术开发 Web 服务,实现 Web Service 的构建和使用。NET Framework 自身全面支持 Web Service,包括服务器端的请求处理器和对客户端发送和接受 SOAP 消息的支持等各种关于 Web 服务的操作。在 Web Service 开发完成后,将其发布到 IIS 上,在局域网内通过设置服务器的 IP 和 Web Service 的名称与端口号,然后即可通过相应 URL 地址和端口对 Web Service 进行调用,实现 PDA 与服务器上数据库之间的数据交互。

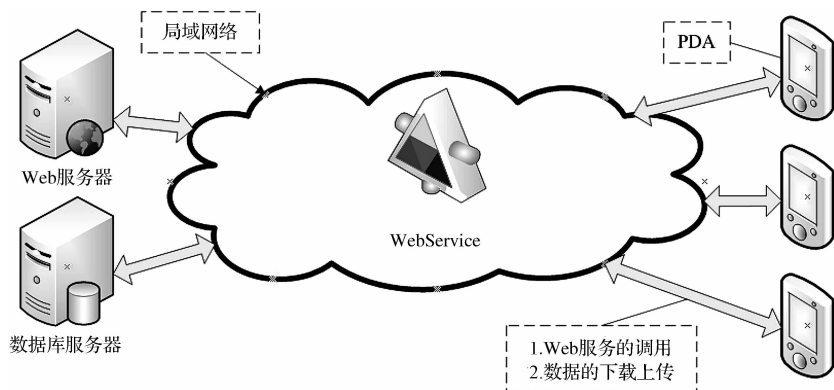


图 5 通讯链路的整体框架

4 服务器端软件设计

服务器端软件运用于服务器层和应用管理层,其系统采用基于 Intranet 的 B/S 架构,由 3 部分组成: Web 应用程序、Web Service 应用程序和数据库。Web 应用程序采用 Visual Studio2010 开发平台,运用 ASP. Net 技术实现人机交互界面,对检修任务(非)工作票的全生命周期进行管理。Web Service 应用程序主要为(非)工作票信息的上传和下载服务,实现服务器与 PDA 数据交互。数据库主要存储(非)工作票数据、(非)工作票数据字典信息、人员权限信息和配置信息,为 Web 应用程序和 Web Service 应用程序提供数据支持服务。服务器端软件系统结构如图 6 所示。

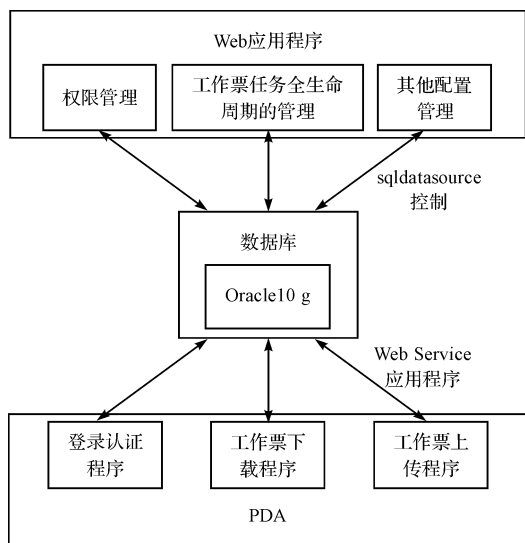


图 6 服务器端软件系统结构

服务器端软件工作流程为:运行 Web 应用程序,其通过 sqldatasource 控件实现与数据库的交互为前提;首先,对人员权限按照安全等级进行划分,为工作票信息的正确制定奠定基础;其次,对(非)工作票的数据字典进行维护,把工作票分解为一步步执行,达到

每次仅能执行一个操作的目标,减小误操作的可能性;然后,根据实际要求,制定(非)工作票信息,制定完成后发布工作票信息;最后,发布后的(非)工作票信息全部录入到数据库中,同时 Web 应用程序可从数据库处获取(非)工作票完成信息进行展示和管理。在 Web 应用程序发布(非)工作票信息后或者 PDA 端有完成的(非)工作票信息,PDA 即可通过调用 Web Service 的下载服务或者上传服务,实现 PDA 与数据库之间数据的互相获取。

Web 应用程序分为工作票管理、任务完成情况和基础数据维护 3 个模块。工作票管理由(非)标准工作票和实施工作票组成,主要实现(非)标准工作票和实施工作票的制定、审核和发布;任务完成情况主要实现对历史任务信息的管理;基础数据维护由人员信息、设备信息和(非)工作票数据字典信息组成,主要实现人员信息和权限、设备和 RFID 标签对应管理以及(非)工作票数据字典的维护。

5 结束语

针对某牵引变电所检修作业中误操作的问题,本研究理清了其防误工作中存在的人为防误盲区,提出了基于 RFID 技术的解决方法,设计了由现场终端、通讯链路和服务器端组成的防误系统,完成了现场终端设备 RFID 标签和 PDA 的选型与设计,搭建了采用 Web Service 技术和 Wi-Fi 技术的通讯链路,开发了基于 ASP. Net 的 Web 服务器端应用程序。系统已成功应用于兰州铁路局银川供电段某牵引变电所,经过一年多时间的运行和完善,系统运行可靠、稳定,效果良好。

参考文献(References):

- [1] 王妹琴,张国强. 变电站防误闭锁的探讨[J]. 电子制作, 2013,(16):205.

- [2] Sanjay Ahuja, Pavan PottiAn. Introduction to RFID Technology[J]. **Communications and Network**, 2010, (2): 183-186.
- [3] 汪义军. 制造企业实施 RFID 技术的效益分析[J]. 物流技术, 2015, 34(6): 288-290.
- [4] 刘顺清. 基于 RFID 技术的医药冷链物流仓储管理系统设计[J]. 物流技术, 2015, 34(1): 130-133.
- [5] 陶巍伟, 陈占省, 姚明海, 李梦园. 基于 RFID 的服装防伪系统的设计与实现[J]. 机电工程, 2012, 29(10): 1235-1238.
- [6] 胡威, 张建新. 基于 RFID 技术的低功耗汽车门禁系统[J]. 机电工程, 2015, 32(5): 733-738.
- [7] 徐捷, 王中友, 吴哲夫. 基于 RFID 技术的行李管理应用研究[J]. 机电工程, 2015, 32(7): 1011-1014.
- [8] 张丹丹, 胡建明, 崔婷, 周志强, 陈晨. 带传感器的射频识别技术在变电站电气设备状态信息采集中的应用[J]. 高电压技术, 2013, 39(11): 2623-2630.
- [9] 于浩, 彭彬, 吕晓俊, 黄茂森. RFID 结合传感网在变电站防误系统的应用[J]. 电力系统通信, 2012, 33(2): 56-59.
- [10] 胡云石. 基于 RFID 射频识别的变电所设备智能巡检系统[J]. 电气时代, 2013, (5): 27-59.
- [11] 龚世雄. 浅析 RFID 技术及其应用[J]. 中国科技信息, 2013, (3): 52-53.

[编辑: 张豪]

本文引用格式:

喻会永, 张艺凡, 孙鹏程, 等. 基于 RFID 的牵引变电所防误系统设计[J]. 机电工程, 2016, 33(3): 336-341.

YU Hui-yong, ZHANG Yi-fan, SUN Peng-cheng, et al. Design of traction substation mal-operation preventing system based on RFID[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2016, 33(3): 336-341.
《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 297 页)

参考文献 (References):

- [1] DUNKL S, MUETZE A, Schoener G. Design Constraints of Small Single-Phase Permanent Magnet Brushless DC Drives for Fan Applications [J]. **Industry Applications IEEE Transactions on**, 2015, 51(4): 3178-3186.
- [2] 刘云, 贾洪平, 张鹏, 等. 基于 SVPWM 的无刷直流电机矢量控制系统研究[J]. 机电工程, 2014, 31(9): 1177-1181.
- [3] BIST V, SINGH B. An Adjustable-Speed PFC Bridgeless Buck-Boost Converter-Fed BLDC Motor Drive[J]. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, 2014, 61(6): 2665-2677.
- [4] KIM D K, PARK Y U, CHO J H. Cogging torque reduction of single-phase brushless DC motor with a tapered air-gap using optimizing notch size and position[C]// *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 2014 IEEE. IEEE, 2014: 2447-2453.
- [5] 孙立志, 冯琪, 尚静, 等. 高磁负荷单相无刷直流电机的转矩波动抑制[J]. 中国电机工程学报, 2006, 13(13): 146-150.
- [6] CHIU C L, CHEN Y T, JHANG W S. Properties of Cogging Torque, Starting Torque, and Electrical Circuits for the Single-Phase Brushless DC Motor[J]. **IEEE Transactions on Magnetics**, 2008, 44(10): 2317-2323.
- [7] FAZIL M, RAJAGOPAL K R. A Novel Air-Gap Profile of Single-Phase Permanent-Magnet Brushless DC Motor for Starting Torque Improvement and Cogging Torque Reduction [J]. **Magnetics IEEE Transactions on**, 2010, 46(11): 3928-3932.
- [8] CHIU C L, CHEN Y T, LIANG Y L, et al. Optimal Driving Efficiency Design for the Single-Phase Brushless DC Fan Motor[J]. **IEEE Transactions on Magnetics**, 2010, 46(4): 1123-1130.
- [9] CHIU C L, CHEN Y T, SHEN Y H, et al. An Accurate Automatic Phase Advance Adjustment of Brushless DC Motor [J]. **Magnetics IEEE Transactions on**, 2009, 45(1): 120-126.
- [10] 张钊, 陈涛, 周勇. 永磁同步电机伺服控制系统建模与仿真[J]. 兵工自动化, 2014, 33(4): 79-82.
- [11] CHEN Y T, CHIU C L, JHANG Y R, et al. A Driver for the Single-Phase Brushless DC Fan Motor With Hybrid Winding Structure [J]. **Industrial Electronics IEEE Transactions on**, 2013, 60(10): 4369-4375.
- [12] 年珩, 贺益康, 黄雷. 基于场路耦合法的永磁同步电机数字控制系统设计和分析[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2006, 04(4): 615-618.
- [13] 王海荣, 吴建华. 基于场路耦合法的变频感应电机铁耗计算[J]. 机电工程, 2014, 31(02): 203-207.
- [14] 梁京辉, 乔鸣忠, 张晓锋. 多相感应电机场路耦合时步有限元分析[J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(24): 75-80.
- [15] 陈玉枫. 新型免疫克隆算法在永磁无刷直流电机系统中的应用[J]. 轻工机械, 2015, 33(3): 62-65.

[编辑: 李辉]