

RFID 标签整理机原理设计和 Matlab 仿真

刘 峰¹, 范建东², 许 力^{3*}

(1. 杭州开复自动化控制设备有限公司, 浙江 杭州 310000; 2. 深圳瑞金龙自动化
科技有限公司, 广东 深圳 518000; 3. 浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310000)

摘要: 为了在射频识别(RFID)标签整理机工艺设计的过程中,验证设计思想的正确性,以减少原则性错误,采用 Matlab 软件进行了仿真分析。首先,对 RFID 标签和料带做了数学模型的描述定义;然后,从这个数学模型出发推导出了光电的检测模型、RFID 的测试模型,以及解决了伺服系统如何驱动料带的难点;又定义了废品选择门的模型和先入先出队列数据结构;最后,对于选择门和先入先出队列数据中断移位算法用 STATEFLOW 工具箱进行了仿真,从而达到使用 Matlab 对整体机械工艺完成模拟仿真的目的。研究表明,该料带数学模型和整体机械工艺仿真技术在印刷包装领域的新工艺设计阶段具有很大的用途。

关键词: 射频识别;标签整理机;标签和料带数据模型;光电检测仿真;测试仿真;伺服系统仿真;PLC

中图分类号:TH122;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2013)11-1379-05

RFID label arrangement machine principle design and Matlab simulation

LIU Feng¹, FAN Jian-dong², XU Li³

(1. Hangzhou Kaifu Automation Control System Co. Ltd., Hangzhou 310000, China;

2. Shenzhen Ruijinlong Automation Technology Co. Ltd., Shenzhen 518000, China;

3. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310000, China)

Abstract: In order to verify that the design is correct, and reduce the error of principle design, Matlab software was used to simulate total machine. Firstly, the definition of the radio frequency identification(RFID) label and tape mathematical model was described; then, the photoelectric switch detection model and RFID testing model was deduced from the original label and tape model, and the difficulty was solved about how the servo system drive the tape, also choose door model and a FIFO data structure was defined; finally, the choose gate and FIFO data interrupt shift algorithm was simulated using STATEFLOW toolbox, the whole machine product process was simulated using Matlab for purpose. The results indicate that this tape mathematical model and whole mechanical process simulation technology are of great use in new process design in printing and packaging field.

Key words: radio frequency identification(RFID); label arrangement machine; label and tape mathematical model; photoelectric switch detect simulation; testing simulation; servo system simulation; PLC

0 引 言

射频识别(RFID)技术是一种基于射频原理实现的非接触式自动识别技术,被视作可取代条形码技术

的 21 世纪十大重要技术之一^[1]。作为一项具有广泛应用前景的技术,RFID 产品近年来已被广泛应用于社会、经济、国防等众多领域^[2-4]。

RFID 标签整理机属于 RFID 生产的最后一道测

收稿日期:2013-06-28

作者简介:刘 峰(1970-),男,江西莲花人,主要从事工业自动化控制方面的研究. E-mail:364503631@qq.com

通信联系人:许 力,男,教授,博士生导师. E-mail:xupower@zju.edu.cn

试质检工序,该机械集 RFID 测试、废品剔除、成品填补修复于一体,是一种新型的生产工艺,可以大大提高 RFID 测试质检效率。

为了在新工艺设计的过程中,验证设计思想的正确性,减少原则性错误,本研究用 Matlab 软件和 STATEFLOW 工具箱对整体设计机械工艺进行仿真和控制算法验证。

1 RFID 生产工艺和质检

目前市场上的 RFID 电子标签依据材质大致可分为 3 种基材:纸皮材质、柔性聚酯膜以及硬质塑料牌,依据天线制作工艺可分为线绕式、铝膜或铜膜蚀刻式、导电银浆印刷式。其中,工艺成熟、耐用性强、应用较广的当属带有自粘胶的纸质或者聚酯膜蚀刻式电子标签。金属膜蚀刻天线与电子标签芯片的电气连接,一般采用超声波 IC 绑定机以金线或铝线绑定。

电子标签的正面一般根据需要进行图文印刷,通常采用柔性纸预先印刷制作,再将天线和印刷层/背胶层采用自动化复合工艺进行粘合、模切和质量检验。生产一张具有自粘性的纸质彩印电子标签,一般需要 9 层基材复合而成。第 9 层是离型铜版纸,简称为料带。用户撕掉底层的离形纸料带,即可以将标签牢固地粘贴在需要标识的物品上^[5]。

在完成模切工序后,成千卷含 RFID 标签的料带进入成品质检车间等待质检后装箱。在 RFID 标签的生产过程中,都有导致标签和天线受损成为废品的可能。相对于前端蚀刻、绑定、涂胶、复合、模切等自动化程度很高的工序,质检工序的自动化程度显得尤其低级和薄弱。国内有的厂家采取的是先用 RFID 识别检验装置对整卷的料带进行检测,对次品做出颜色上的标识(红笔打点,做一个记号),然后由年轻女工手工将次品标签从料带上剥离,再手工把成品标签黏贴回料带,达到出厂的料带上成品率是 100%。在这个过程中,要用右手旋转收料轴,让 RFID 电子标签从眼前滑过,肉眼判断出标签上是否有红点,然后停下来,剥离次品标签,回粘一个好标签。每天工作 8 h,单人平均产量是 8 万个电子标签。

这种劳动强度大,手工黏贴精度不高的质检后修复手段,严重地损害了女工的健康,也大大限制了 RFID 的日生产效率,是 RFID 生产商的瓶颈。

2 RFID 标签整理机工艺流程

待检 RFID 料带在待检伺服的驱动下,首先经过

RFID 在线检测设备和光电 A0。这里有两个需要判定:待检料带是否有空白区域,RFID 标签是否连续;RFID 标签是否正品没有损伤。如果是次品,由一个机械选择门把该次品剔除。成品标签通过选择门后,都转移到成品伺服驱动的空白料带上去,同时需要重新排列 RFID 标签,使得间距统一。

机械设计构思与工艺流程的简化描述如图 1 所示。但是如何验证这个想法的可行性呢?以往的工作进程大概是这样的:①工艺设计;②机械设备的制造;③制定控制算法;④控制产品 PLC 选型及采购;⑤PLC 编程及模拟调试;⑥设备安装;⑦负荷调试。其中的第 3 步是制定控制算法,但算法是否正确,是否提前能够得到验证,对于控制产品 PLC 的选型有着决定性的作用。在算法的验证过程中,有时候会发现系统的条件不足够,需要增加检测元件,这个也是对于工艺设计的一个补充。

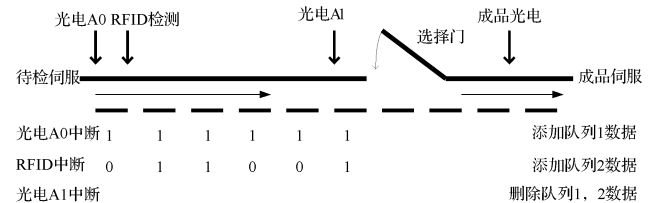


图 1 工艺简图和双队列数据结构

3 机械仿真模型设计

为了弥补制定控制算法及提前验证这个步骤的缺陷,可以用 Matlab 这个强大的工具,在机械设计之前,做一台虚拟机。

虚拟机应该有这么几个功能:①RFID 标签和料带的产品实体仿真;②包括 RFID 检测、光电检测在内的检测设备的仿真;③包括伺服驱动、机械选择门在内的执行机构的仿真;④PLC 控制程序的仿真。这 4 个仿真缺一不可。

RFID 标签和料带的结构设计尤为重要,这个数据结构的定义,决定了后面的光电检测、RFID 检测的仿真模型,以及机械选择门的仿真模型。

所有的仿真模型将都将在 Simulink 空间里面最后拼接,验证,并得到结果,所以本研究的模型都以 Simulink 界面来描述^[6]。

3.1 含标签的料带数据结构模型

本研究用一个一维的队列数据来定义料带,根据需要的仿真精度来设计数据的多少。空白区域用“0”表示,正品标签用“1”表示,次品标签用“2”表示。

如一个精度为 0.1 mm 的 35 mm 标签数据就是 350 个“1”的队列,标签之间的 2 mm 间隙用 20 个“0”的队列,次品标签就是 350 个“2”的队列。这些“0,1,2”数据首位相连成一个一维队列数据,就构成了整个料带。

3.2 标签和料带的仿真

和标签有关的数据结构应当包括以下内容:标签长度、标签长度误差、标签间隙、间隙误差、正品和次品标签、标签的有无。

先生成 30 个标签数据,用做将来控制算法的验证。30 个标签按[正品 次品 空白]重复 10 次。

Matlab m 文件^[7]代码如下:

```
A0=[1 2 0]; A=[ ];
for i=1:10;
    A=[ A A0];
end;
```

有了 30 个标签的数据,然后把标签长度 35 mm、标签长度误差 1 mm、标签间隙 2 mm、间隙误差 1 mm 代入计算,结果就是精度为 0.1 mm 的料带数据。

3.3 伺服驱动的仿真模型

伺服驱动模型如图 2(a)所示。伺服驱动模型的输入变量有:①Run:Bool 运行/停止命令;②Speed Mode:Bool 速度模式/脉冲模式;③Speed:Int 速度给定值;④Pulse:Dint 脉冲数量;⑤Relative Mode:Bool 绝对位移/相对位移模式。

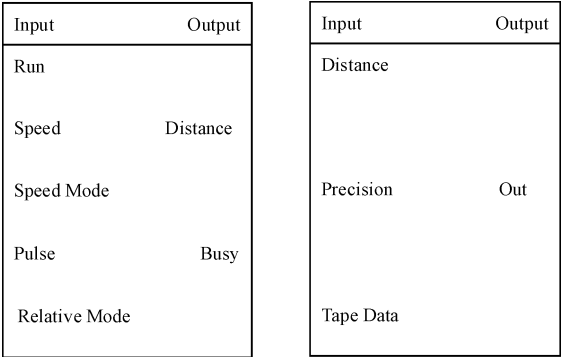


图 2 伺服驱动和伺服驱动料带模型

输出变量有:①Distance:Dint 运行距离;②Busy:Bool 工作中。

这个模型设计思路只要接触过伺服系统^[8],都可以立刻明白(注意:伺服驱动的输出变量 Distance 的单位是位移,如何与料带数据结构结合,协同运作,还需特别的处理)。

3.4 伺服驱动驱动料带的模型

到现在为止,含标签的料带数据模型有了,是一个一维队列数据,伺服驱动模型也有了,输出变量为位

移。如何实现伺服驱动料带这个模拟呢?

伺服驱动料带模型如图 2(b)所示。该模型输入变量是:①Distance:Dint 位移,从伺服驱动模型的输出变量 Distance 连接过来;②Precision:Real 数据精度,可以取值 0.1 mm;③Tape Data:预先计算好的含标签的料带数据。输出变量是“①”中 Out 料带数据。

随着仿真时间的推移,伺服驱动的位移增加,料带数据慢慢从伺服出口出现,这样就实现了静态的料带数据和动态的伺服驱动相结合的目的。

3.5 RFID 检测的仿真

定义好 RFID 检测设备到待检品伺服的出口距离,料带数据源源不断经过 RFID 检测设备,当数据为“2”的时候,输出信号为真,表示为次品。其余状态输出信号均为假。

3.6 光电的仿真

定义好光电检测设备到待检品伺服的出口距离,料带数据源源不断经过光电检测设备,当数据为“1”的时候,输出信号为真,表示有标签。料带空白时,输出信号均为假。

3.7 机械选择门的仿真

机械选择门仿真模型如图 3(a)所示。由伺服驱动的料带数据进入最上面端口,下端接口是空的,分选控制信号接收控制器过来的信号,来选择是否让好标签过去。

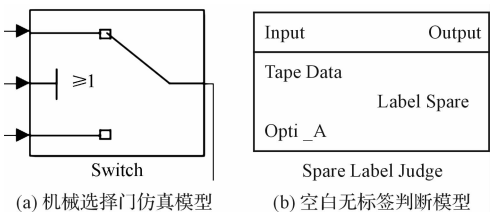


图 3 机械选择门和空白无标签判断模型

3.8 空白无标签判断的仿真

空白标签判断仿真模型如图 3(b)所示。料带有时可能会有空白区域,中间可能是缺少一个标签或者是多个标签,这样就需要有一个空白无标签的判断。这个应该是控制器的检测判断算法,先把它做出来,作为一个虚拟的检测设备存在。

输入信号为:①料带数据;②真实光电信号。输出信号为“①”中标签空缺标记,如果空缺,输出-1。

4 PLC 算法模型设计

4.1 工作队列和先入、先出数据结构

从光电检测、RFID 检测到机械选择门之间是有一

段距离的,一般是 5~6 个标签的距离。这也就是说,选择门面临的标签是否有无,标签是否好坏的数据,是 5~6 个标签前的数据。这就有必要使用先入先出队列的数据类型^[9]。

队列 1 用来记录是否有标签的数据,有标签为 1,无标签为 0,由光电 A0 中断触发写入队列 1。

队列 2 用来记录是否有标签正品的数据,正品为 0,次品为 1,由 RFID 检测中断触发写入队列 2。

到达选择门的前端,用光电 A1 触发中断,来删除队列 1、队列 2 的数据,相当于数据从队列出去。

4.2 PLC 程序的仿真与 StateFlow 工具箱实现

对于控制器 PLC 来说,输入就是:①Opti_A 光电 A0 检测;②RFID RFID 检测;③LabelSpare 标签空缺的检测判断。输出是:①Switch_Gate 选择门翻转驱动信号;②Counter 成品计数器;③DataOutput 队列数据监视。

经过比较 Matlab 的所有工具箱,StateFlow 工具箱和控制器 PLC 的逻辑运算最为相似,所以本研究用 StateFlow 工具箱^[10]来实现最核心的两个计算:①2 个队列数据写入和移位;②队列移动,成品到达选择门时,选择门的动作逻辑。

4.2.1 队列数据移动的实现

队列数据移动程序如图 4(a)所示。

(1)输入变量 Opti_A = 1 时,调用队列移位函数实现队列数据移位,进入数据为 1。

(2)输入变量 LabelSpare = -1 时,也需要调用队列移位函数实现队列数据移位,进入数据为 0。

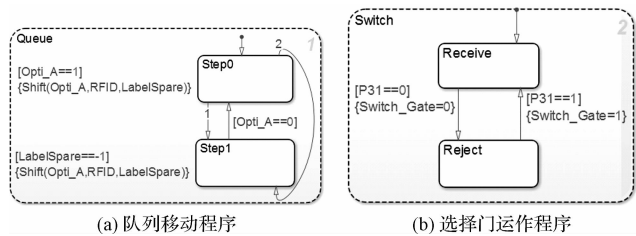


图 4 队列移动程序和选择门动作程序

4.2.2 选择门动作的实现

选择门动作程序如图 4(b)所示。

光电 A1 触发时,需要检查当前位于队列出口处的数据 P31。如果 P31 = 1,表示是成品,选择门在接受位置。如果 P31 = 0,表示是次品或标签空白,选择门在拒绝位置。

5 仿真结果

在设计完所有的子模型,并经单独调试后,笔者把它们集中到 Simulink 空间,最终进行联动模拟运行。总体仿真模型如图 5 所示。

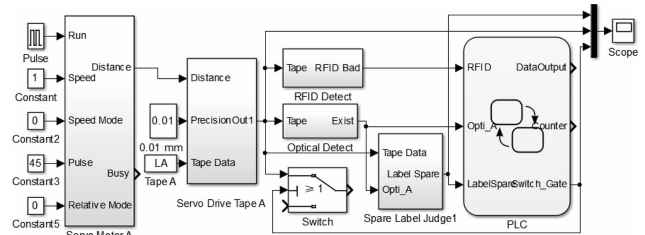


图 5 总体仿真模型

本研究把仿真时间设置为 45 s,运行模型,并监控输出图形。输出波形图如图 6 所示。

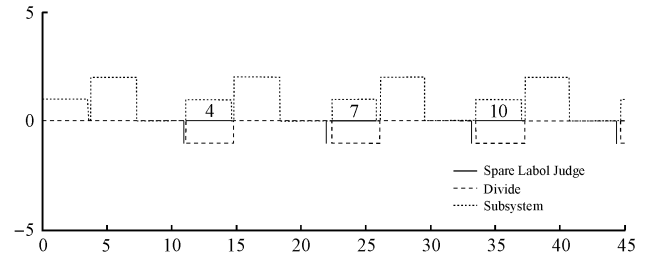


图 6 输出波形图

系统里面设定的选择门距离入口光电的距离是 4 个标签的距离。虚线,依次为 1-2-0,是预先设定好的正品-次品-空缺的数据。实线是表示标签空缺的判断,它在一个标签的宽度最后才判断出结果。点划线表示选择门的输出波形,刚好是第 4,7,10……个标签的时候动作。

该系统仿真结果令人满意,达到了预期的目标,前期工艺验证工作告一个段落。

6 结束语

国内 RFID 的研究重点领域主要集中在软件与信息平台,而标准与测试领域是目前 RFID 研究中最薄弱的环节^[11]。RFID 测试后的 RFID 标签自动填补修复技术,出厂成品率达到 100% 的机械设备,是一种 RFID 生产新工艺^[12],解决了 RFID 生产企业的测试质检瓶颈,有着很好的经济效益,应该大力推广。

(下转第 1405 页)

本文引用格式:

刘 峰,范建东,许 力. RFID 标签整理机原理设计和 Matlab 仿真[J]. 机电工程,2013,30(11):1379-1382,1405.

LIU Feng, FAN Jian-dong, XU Li. RFID label arrangement machine principle design and Matlab simulation[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013,30(11):1379-1382,1405.

- ductive power transfer systems[J]. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**,2004,51(1):148-157.
- [6] LI H L, HU A P, COVIC G A. FPGA Controlled High Frequency Resonant Converter for Contactless Power Transfer [C]// IEEE Power Electronics Specialists Conference. Rhodes:[s. n.],2008:3642-3647.
- [7] 戴 欣,孙 跃. 感应电能传输系统参数辨识与恒流控制[J]. 重庆大学学报,2011,34(6):98-104.
- [8] 唐春森. 非接触电能传输系统软开关工作点研究及应用[D]. 重庆:重庆大学自动化学院,2009.
- [9] HUANG C Y, BOYS J T, COVIC G A. Practical Considerations for Designing IPT System for EV Battery Charging [C]// IEEE Vehicle power and Propulsion Conference. Michigan, USA:[s. n.],2009:402-407.
- [10] 武 瑛,严陆光,徐善纲. 新型无接触电能传输系统的稳定性分析[J]. 中国电机工程学报,2004,24(5):63-66.
- [11] SANGHOON C, KIM Y H, KANG S Y, et al. Circuit-model-based analysis of a wireless energy-transfer system via coupled magnetic resonances[J]. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**,2011,58(7):2906-2914.

[编辑:李 辉]

(上接第 1382 页)

新型机械设备开发的工艺流程设计和核心数据结构、控制算法是密不可分的,如果能够在机械制造的前期有一个验证和虚拟实现的步骤,可以有四大便利:①不会大规模修改数据结构、控制模型和 PLC 算法;②节省现场调试时间;③节省因调试而产生的调试垃圾;④得到客户的极大认可。

Matlab 软件用做模型建立和特性的仿真和分析很多,但是结合整体机械工艺,对模型数据结构、加工对象、检测元件、执行元件、控制器算法的五合一的仿真模拟,是一种新的研究方向。本研究为高校机电一体化专业的教学和毕业设计也提供了新的思路。

虽然这个仿真是为了解决 RFID 标签测试分选的功能而做的,但是其数据结构和算法都可以移植到印刷包装行业的其他机型去,比如贴标机之类,也可以适用于各种含色标定位的位置控制,用途很广阔。

参考文献 (References):

- [1] 谭 民,刘 禹,曾隽芳,等. RFID 技术系统工程及应用指南[M]. 北京:机械工业出版社,2007:1-29.

- [2] 游战清,刘克胜,吴 翔,等. 无线射频识别(RFID)与条码技术[M]. 北京:机械工业出版社,2007:285-308.
- [3] 钟 振,赖顺桥,肖熠琳,等. RFID 车辆智能管理系统[J]. 机电工程技术,2011,40(2):39-40.
- [4] 周照莎,黄 波,贾春兰. RFID 在汽车物流监控与生产管理中的应用[J]. 机械,2012,39(12):1-5.
- [5] 中山市智能 IC 卡工程技术研究中心. 电子标签的生产工艺简介[J]. 金卡工程,2006(1):37-38.
- [6] 薛定宇,陈阳泉. 基于 Matlab/Simulink 的系统仿真技术与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [7] 张志涌. 精通 Matlab 6.5 版[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [8] 李幼涵. Lexium5 伺服驱动器技术指南及案例[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [9] 佟伟光. 数据结构与算法[M]. 北京:北京大学出版社,2009.
- [10] 张 威. STATEFLOW 逻辑系统建模[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2007.
- [11] 李文川,王 旭,吴 昊,等. 基于内容分析法的国内 RFID 技术现状与发展趋势研究[J]. 情报杂志,2009,28(12):60-64.
- [12] 李庆伟,郑 威. 无线射频识别(RFID)技术及其标签生产新工艺概述[J]. 今日印刷,2013(2):60-62.

[编辑:烘炜娜]

本文引用格式:

刘国庆,吴付祥,施元春,等. 基于参数辨识的锂离子电池无线充电技术[J]. 机电工程,2013,30(11):1401-1405.

LIU Guo-qing, WU Fu-xiang, SHI Yuan-chun, et al. Wireless charging of lithium-ion battery technology based on parameter identification[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013,30(11):1401-1405.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>