

基于 PLC 对压敏电阻包封工序的自动化设计

张敏¹, 陈颂韶¹, 孙飞²

(1. 广东理工学院, 肇庆 526100; 2. 贵州职业技术学院, 贵阳 550023)

摘要: **目的** 解决压敏电阻在自动包封机包封绝缘层工序中, 产品包封引脚细尖的问题, 提高产品的包封质量和提升包封过程的自动化水平, 降低人工成本。**方法** 首先对比传统包封工艺和自动包封生产线的包封方式, 分析自动包封机引起产品包封引脚细尖的原因, 然后提出问题解决方案, 最后采用三菱 FX3U-60MT 型号的 PLC 作为控制核心元件, 对该包封机进行合理设计。**结果** 该控制系统结构简单、操作方便、可编程性强, 解决了包封工序中产品包封引脚细尖的问题。**结论** 该控制系统具有较高的可靠性和可维护性, 提高了压敏电阻绝缘层包封的质量和效率, 提升了包封机的智能化和自动化水平。

关键词: 压敏电阻; PLC 控制; 包封脚; 水平移动浸粉; 上下垂直浸粉

中图分类号: TB486⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)09-0180-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.09.029

Automated Design of Varistor Automatic Enveloping Machine Based on PLC

ZHANG Min¹, CHEN Song-shao¹, SUN Fei²

(1. Guangdong Polytechnic College, Zhaoqing 526100, China;
2. Guizhou Vocational Technology Institute, Guiyang 550023, China)

ABSTRACT: The work aims to solve the problem that the varistor has fine pinning of the product in the process of encapsulating the insulating layer of the automatic encapsulator, improve the encapsulation quality of the product and the automation level of the encapsulation process, and reduce the labor cost. Firstly, the encapsulation mode of the traditional encapsulation process and the automatic encapsulation production line were compared, the reasons why the automatic encapsulation machine causes the pinning of the product package were analyzed, and then a solution to the problem solution was proposed. Finally, the Mitsubishi FX3U-60MT series PLC was used as the control core component to rationally design the enveloper. The control system had simple structure, convenient operation and strong programmability, which solved the problem of fine pinning of product encapsulation pins in encapsulation process. The control system has high reliability and maintainability. It improves the quality and efficiency of varistor insulation layer encapsulation, and improves the intelligence and automation level of the encapsulation machine.

KEY WORDS: varistor; PLC control; enveloping feet; horizontal moving powder; up and down vertical dipping

压敏电阻器是一种具有非线性伏安特性的过电压保护功能的敏感元件, 主要应用于各类电源、开关、通讯、家电、数码消费品、汽车电子、照明、军工等电子设备的防雷及过压保护^[1]。压敏电阻生产流程

中, 包封工序是在产品外围涂装上一层环氧树脂, 目的是达到产品绝缘和保护的作用。其工作原理是将压敏电阻器加热到约 180 ℃, 然后浸入环氧树脂包封粉槽内, 环氧树脂包封粉受热后会变成熔融状态, 粘

收稿日期: 2019-01-19

基金项目: 广东理工学院质量工程项目 (JXGG2018015)

作者简介: 张敏 (1982—), 女, 硕士, 广东理工学院讲师, 主要研究方向为控制工程、机械设计制造及自动化等。

附在压敏电阻器的表面并形成绝缘和保护层^[2-3]。由于压敏电阻器的电极是 2 根平行的镀锡铜线,因此在包封的过程中,环氧树脂包封粉也会包裹到电极靠近电阻主体的铜线引脚上,没被包裹的部分铜线则焊接在电路板上。

1 包封工艺缺陷的提出

传统的包封工艺主要采用手工生产设备,将压敏电阻器有序地排列在一段长度 340 mm 的工艺纸带上,然后将多条工艺纸带水平安装在同一平面的同一个工装位置上进行加热,之后垂直浸入环氧树脂包封粉槽内。根据包封粉熔融后粘附在电阻表面的厚度情况来看,一般要包封 2~3 次。只要每次包封时纸带下降的高度都能控制在同一个位置,那么,粘附在电极引线上的包封粉冷却后,形成一个圆周直径明显大于引线直径的均匀保护层,这个保护层既可以起到绝缘保护的作用,也可以在电极插入电路板孔时起定位作用,保证插入电路板孔的部分引线是裸露的金属线,焊接时才可以保证与焊锡结合良好。传统包封工艺人工参与多,效率较低,不利于企业节约人工成本和提高生产率。

随着制造工艺的发展,传统设备在生产中存在生产效率低、质量差、能耗高、柔性差等诸多不足,而智能化设备在各行业生产中具有自动化、信息化、智能化、可视化、数字化等优点^[4],因此,不少的压敏电阻器生产厂家都引进了自动化生产设备。自动化设备为了连续生产、提高速度,产品的包封方式由传统的上下垂直浸粉方式改为水平移动浸粉方式,但这样的改动使产品引线脚的包封长度不好控制,引线脚的包封圆周直径变得很小,若产品引线脚的包封长度控制不好的话,会造成包封脚过长。这种又细又尖的包封引脚在电路板上焊接时,引脚的包封层会穿过电路板孔,阻隔引线和焊锡的结合,从而造成虚焊。

文中针对该问题,分析了自动生产过程中导致产品包封脚细尖的原因,对自动包封机的产品包封脚细尖问题提出了针对性的解决方案。

2 设计方案分析

2.1 产品包封脚细尖缺陷的原因分析

传统的设备包封方式是将每段长度为 340 mm 带产品的多条工艺纸带整齐排列固定在工装夹具上,让待包封的产品主体朝下,引脚朝上,见图 1a,在产品加热到 180 °C 后,装有环氧树脂粉末的粉槽向上升高,直到将产品浸入粉末内一定的深度并停留 2~3 s,让粉末充分熔融并粘附在产品上。这样的动作重复 2~3 次,当包封厚度达到要求后即完成包封工序。手

工包封机生产现场见图 1。



a 产品包封前排放



b 包封粉槽部件

图 1 手工包封机生产现场

Fig.1 Production site of manual encapsulation machine

从自动化包封机的工作原理分析:自动化包封机是采用卷装工艺纸带不停顿地连续拖动的方式,产品经过反复加热和浸粉以达到包封的目的。工艺流程为:产品工艺纸带放卷→缓冲→1#箱产品预热→1#粉槽包封→2#箱产品预热→2#粉槽包封→3#箱产品预热→3#粉槽包封→4#箱加热流平→缓冲→产品工艺纸带收卷。

其中的加热流平是指对粘附在产品表面的涂装粉加热,这样涂装粉会充分熔解,冷却后就会变得光滑平整,否则产品表面会很毛糙。自动线设备生产流程部件见图 2。

对比分析上述 2 种包封工艺,自动线包封机生产的产品包封脚细尖的根本原因是动态包封。工艺纸带连续拖动带着产品浸入粉槽内再拖动出粉槽,整个过程没有停顿;同时,由于包封粉浓度高,为保证粉槽内包封粉的平整,粉槽自身也是不断振动。产品在带出粉槽时,原粘附在引线脚的粉末大部分被抖动掉落,所以造成了包封脚细尖的问题。而手工包封过程是产品浸入粉槽内静止 2~3 s,然后垂直升降移出,粉槽并没有振动,这样原粘附在引线脚的粉末掉落不多,这便是静态包封方式,这正是二者的根本区别。

2.2 设计方案的提出及解决思路

改进方案的设想就是能够把静态包封的方式用在自动线上。为此提出了把原自动线的动态包封方式改为静态包封的方式。在该设计过程中存在一些需要



a 预热箱设备



b 产品粉槽浸粉设备

图2 自动线设备生产流程部件

Fig.2 Parts of automatic line equipment production process

解决的问题及解决思路如下所述。

1) 包封前产品散热较多的问题。由于包封时工艺纸带停止,在移出了预热烘箱和在包封前的一段产品会散热较多,温度偏低则粘附包封粉偏少,造成包封层厚薄一致性较差,其解决方案是增加加热槽和保温罩来解决,避免产品离开预热箱后等待包封过程的温度下降。

2) 粉槽升降驱动过程中的振动问题。传统的粉槽升降驱动大部分采用气缸驱动,但根据使用经验,使用气缸驱动存在受气压的变化而影响上升高度的一致性,而且气缸的末端行程缓冲不稳定,容易造成振动,这些都会影响包封脚长短的一致性。为此,设计中采用步进马达带动丝杆来驱动,其升降驱动机构见图3。这样通过 PLC 程序的控制来达到精确定位、末端行程的缓冲以及快慢速移动等多功能的要求。



图3 升降驱动机构

Fig.3 Lifting drive mechanism

3) 粉槽结构的重设计问题。由于原先的自动线是单条工艺纸带拖动,与手工包封机的多条工艺纸带并排在工装上的方式不同。故在粉槽大小以及结构上需对原自动线设备的空间结构重新设计,以满足新的自动线设备空间和生产工艺要求。

原先圆形的粉槽(见图2b)在进行连续拖动浸粉时,由于是单条工艺纸带拖动,每次接触浸粉的电阻少,效率相对低,同时,设计方案要求把动态包封方式改为静态包封的方式,故应充分利用原自动线包封机构的空间距离,尽可能把粉槽的长度设计加长,使得每次包封的产品尽可能多,所以在新的设计中把粉槽结构由圆形改为长条槽型结构,其实物见图4,结构示意图见图5。



图4 槽型粉槽实物

Fig.4 Groove powder trough

粉槽为图5中的结构4,工艺纸带拖动所有待封装的电阻到粉槽正上方时,纸带拖动机构停顿,将产品浸入粉槽内一定的深度并停留2~3s,让粉末充分熔融并粘附在产品上。设计中为了加快包封粉表面恢复平整,设计时在粉槽底部增加了震动线圈,利用震动原理达到了快速平整的目的,见图5中的3和5。

接下来自动线继续向前拖动,进入第2箱中加热和第2粉槽包封中进行二次浸粉。

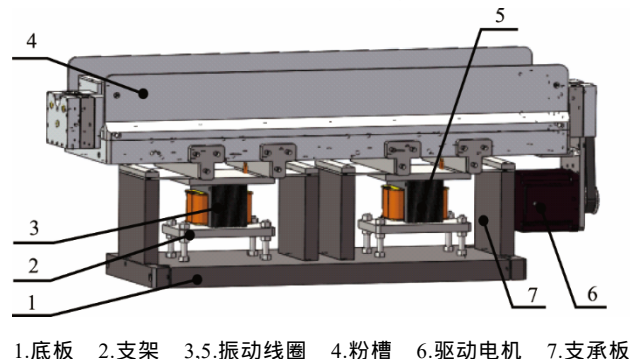


图5 粉槽结构

Fig.5 Powder tank structure diagram

改进后自动线的生产流程:产品工艺纸带放卷→缓冲→1#箱产品预热→1#升降粉槽包封(工艺纸带停止拖动)→2#箱产品预热→2#升降粉槽包封(工艺纸

带停止拖动)→3#箱产品预热→3#升降粉槽包封(工艺纸带停止拖动)→4#箱加热流平→缓冲→产品工艺纸带收卷。

3 电气主控制器件的选型

为实现工艺纸带的停顿以及粉槽的升降功能,对系统做电路设计和元器件的选型。根据弱电控制强电及 PLC 的工作方式等原理,设计中通过 PLC 采集相关的输入信号,然后用程序运行输出控制相应的中间继电器动作,继而控制交流接触器等接通强电控制气阀、马达、变频器等控制元器件^[5]。

系统中使用了 3 个步进马达控制粉槽的升降,设计控制元件的选型中,由于 MT 型 FX3U 系列 PLC 有 3 个高速脉冲输出端口 Y000, Y001, Y002, 可同时输出最高频率为 100 kHz 的脉冲,分别接 3 个步进电机驱动器的脉冲端,控制步进电机旋转,故选择了三菱 FX3U 系列的晶体管型 PLC^[6-7]。其中主要的元器件选型如下。

1) 根据控制设备实际输入输出点数的需求,同时也应考虑系统的可扩展性和稳定性,PLC 的点数还应留有一定的余量^[8],此处选用三菱 FX3U-60MT PLC。为了方便员工的操作和参数设置的量化,选用威伦触摸屏作为主控制窗口。

2) 步进马达选用国内雷塞品牌,驱动器型号:DMA860H,马达型号:110HS20(拖动工艺纸带的马达和变频器原自动线已配有)。

3) 为了提高效率,升降丝杆选用 10 mm 大螺距规格。

4 调试运行过程中程序存在的问题与解决方法

粉槽在上升或下降过程中遇到故障急停时,重新启动后行程量会过冲。

经过分析,主要原因是 PLC 程序中使用了“PLSR”脉冲指令不恰当所致,该指令在没有完成脉冲数量输出的情况下中断执行,在再次接通指令时会重新按初始设定的脉冲数量执行,故造成行程过冲的现象^[9-10]。经过分析,改用了绝对位置控制指令“DRVA”,该指令具有绝对记录脉冲式的功能,它的脉冲总数实际上是它要到达的目标值,该目标值储存在 32 数据寄存器 D8140 或 D8142 里,很好地解决了行程过冲的问题^[11-12]。

原粉槽上升控制脉冲指令参考程序见图 6^[13]。

修改后的粉槽上升控制脉冲指令参考程序见图 7^[14-15]。

DRVA 指令中,D206 表示 PLC 要输出的脉冲数,K10000 表示 PLC 要输出的脉冲频率,Y0 表示脉冲

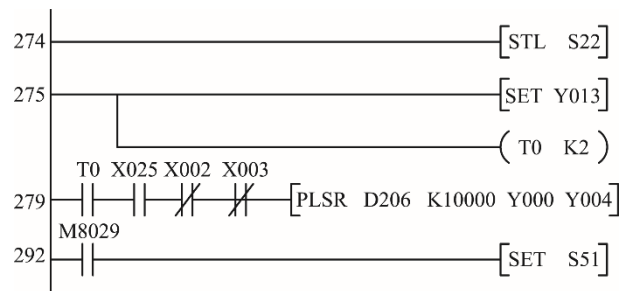


图 6 PLSR 指令控制程序
Fig.6 PLSR instruction control program

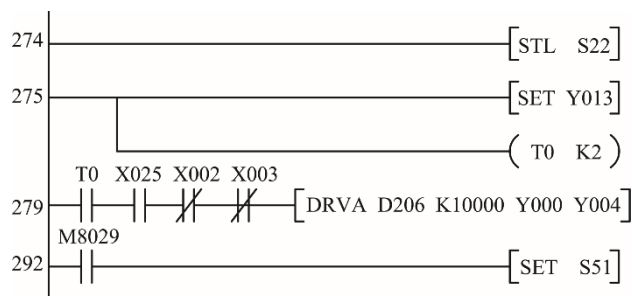


图 7 DRVA 指令控制的程序
Fig.7 DRVA instruction control program

输出的地址,Y4 表示粉槽上升或下降的方向。粉槽行程末端若没有合适的缓冲动作很难满足产品的包封工艺要求。改用绝对位置脉冲控制指令后,粉槽行程末端没有了缓冲,产品快速浸入包封粉内,达到了产品引线包封高度的一致性。

在上述几个关键问题解决后,整个技改工程也就完成了 90%,剩下的只是机械结构的配合调整问题,在实际操作中都得到了较好解决。

5 结语

该系统采用三菱 FX3U-60MT PLC 作为主控元件,利用 PLC 本身提供的 3 路相互独立的高速脉冲输出端口,配合步进驱动器和步进电机改进压敏电阻封装工序中粉槽的升降驱动和结构^[16],使对产品引线包封合格率达到 100%,解决了包封工序中产品包封引脚的细尖问题,完全满足质量要求,实现了产品连续生产。同时,该控制系统具有较高的可靠性和可维护性,提高了压敏电阻绝缘层包封的质量和生产效率,提升了包封机的智能化和自动化水平。

参考文献:

- [1] 张宁. ZnO 压敏陶瓷在电场作用下的老化研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2018.
ZHANG Ning. Study on Aging of ZnO Varistor Ceramics Under the Action of Electric Field[D]. Guiyang: Guizhou University, 2018.
- [2] 陈国良. 氧化锌压敏电阻电极-引线低成本高可靠性

- 封装技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2018.
- CHEN Guo-liang. Research of Low-cost and High-reliability Interconnect Technology for Joining Electrode and Lead-wire of ZnO Varistor[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018.
- [3] 陈永佳. 高吸收抗脉冲 ZnO-Bi₂O₃-Pr₆O₁₁ 系压敏电阻性能的研究及应用[D]. 西安: 陕西科技大学, 2016.
- CHEN Yong-jia. Study and Application of the Properties of High Absorption Pulse Resisted ZnO-Bi₂O₃-Pr₆O₁₁ Varistor Device[D]. Xian: Shanxi University of Science and Technology, 2016.
- [4] 冯亮, 朱海啸, 蒋伟忠. 自动化、信息化、智能化设备在搪瓷行业中的应用及发展[J]. 玻璃与搪瓷, 2018, 46(1): 32—37.
- FENG Liang, ZHU Hai-xiao, JIANG Wei-zhong. Application and Development of Automatic, Information - Based and Intelligent Equipment in the Enamel Industry[J]. GLASS & ENAMEL, 2018, 46(1): 32—37.
- [5] 张敏, 林锦坤. 基于 PLC 的压敏电阻磨片生产线的设计与实施[J]. 制造技术与机床, 2018, 68(8): 109—121.
- ZHANG Min, LIN Jin-kun. Design and Implementation of Varistor Grinding Production Line Based on PLC [J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2018, 68(8): 109—121.
- [6] 崔财豪, 曹卫彬, 杨萌, 等. 基于作业速度的移栽机取苗送苗控制系统设计[J]. 农机化研究, 2019, 41(3): 135—139.
- CUI Cai-hao, CAO Wei-bin, YANG Meng, et al. Design of Control System for Transplanting Machine Picking Seedling and Feeding Seedling Based on Operation Speed[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2019, 41(3): 135—139.
- [7] 赵正华, 杨文珍. 卧式数控车床上下料三轴机械手的控制系统设计[J]. 机床与液压, 2017, 45(15): 32—35.
- ZHAO Zheng-hua, YANG Wen-zhen. Control System Design of Tri-axial Manipulator for NC Horizontal Lathe[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2017, 45(15): 32—35.
- [8] 苏百亮, 汤敏, 倪建军. 基于 PLC 无线控制的喷涂流水线设计[J]. 计算机与现代化, 2017, 34(12): 117—121.
- SU Bai-yan, TANG Min, NI Jian-jun. Design of Wireless Control System About Spray Line Based on PLC[J]. Computer and Modernization, 2017, 34(12): 117—121.
- [9] 陈英俊, 黄崇林. 交流伺服电机的 PLC 控制综合性实验开发与设计[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(2): 147—150.
- CHEN Ying-jun, HUANG Chong-lin. Development and Desingn of Synthesized Experiment Based on PLC Control of AC Servo Motor[J]. Experimental Technology and Managemen, 2017, 34(2): 147—150.
- [10] 张超凡, 王爱华. 双料自动混合器的研制与应用[J]. 工业仪表与自动化装置, 2017, 47(6): 78—80.
- ZHANG Chao-fan, WANG Ai-hua. The Design and Application of Double Liquids Automatic Mixer[J]. Industrial Instrumentation & Automation, 2017, 47(6): 78—80.
- [11] 李海波, 房曙光. 基于 PLC 与 HMI 的码垛实验仿真控制系统开发[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(12): 78—80.
- LI Hai-bo, FANG Shu-guang. Development of Stacking Experiment Simulation Control System Based on PLC and HMI[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2018, 37(12): 78—80.
- [12] 吴平平, 周虎, 杨建国, 等. 面向棋盘格式立体货架的 RGV 控制系统研究[J]. 机械设计与制造, 2018, 56(2): 135—138.
- WU Ping-ping, ZHOU Hu, YANG Jian-guo, et al. Research on Rail Guided Vehicle Control System for Multilayers Chessboard Based Stereoscopic Shelf [J]. Machinery Design & Manufacture, 2018, 56(2): 135—138.
- [13] 王阿根. 电气可编程控制原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014: 255—257.
- WANG A-gen. Principle and Application of Electrical Programmable Control[M]. Beijing: TsingHua University Press, 2014: 255—257.
- [14] 张航. 基于 FX3U 和触摸屏的三轴伺服控制系统设计[J]. 现代机械, 2018, 56(4): 27—30.
- ZHANG Hang. Design of Three Axis Servo Control System Based on FX3U and Touch Screen[J]. Modern Machinery, 2018, 45(4): 27—30.
- [15] 谢彦音, 陈端平, 廖慨钦. 基于 PLC 的注浆成型自动脱模控制系统设计[J]. 自动化与仪表, 2017, 27(10): 42—44.
- XIE Yan-yin, CHEN Duan-ping, LIAO Kai-qin. Design Automatic Demould Control System for Slip Casting Based on PLC[J]. Automation & Instrumentation, 2017, 27(10): 42—44.
- [16] 邵文庆, 范虎军. 平口断点密封袋包装机包覆机构电气控制设计[J]. 包装工程, 2018, 39(17): 182—185.
- SHAO Wen-qing, FAN Hu-jun. Electrical Control Design of the Wrapping Mechanism of the Flat Breakpoint Sealing Bag Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(17): 182—185.