

电磁式针织选针器自检测技术

覃善霖, 彭来湖, 戴宁, 钟焱森, 李群朋

(浙江理工大学 现代纺织装备技术教育部工程研究中心, 浙江 杭州 310018)

摘要:通过研究电磁式选针器的机械结构及控制原理,提出一种基于电流检测的电磁式选针器自侦错技术。通过线圈驱动回路的Multisim仿真及试验观察获取线圈电流特性,设计关键硬件电路及程序算法,实时监测电磁式选针器内部线圈电流。结果表明,该技术实现了电磁式选针器闭环侦错功能,可有效地对电磁式选针器内部线圈的短路、断路状况进行判定,提高了电磁式选针器的稳定性。

关键词:电磁式选针器; 电流检测; 自侦错技术; Multisim仿真; 硬件电路; 程序算法

中图分类号:TS 183.1

文献标志码:A

文章编号:1000-4033(2019)06-0021-04

Self-detection Technology of Electro-magnetic Knitting Needle Selector

Qin Shanlin, Peng Laihu, Dai Ning, Zhong Yaosen, Li Qunpeng

(The Center for Engineering Technology of Modern Textile Machinery & Technology of Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China)

Abstract:Through studying the mechanical structure and controlling principle of electro-magnetic needle selector, this paper puts forward a self-detection technology of electro-magnetic needle selector based on current detection. The coil current characteristics are obtained by Multisim simulation and experimental observation of the coil driving circuit. This key hardware circuits and program algorithms are designed to monitor the internal coil current of the electro-magnetic needle selector in real time. The results show that this technology realizes the closed-loop error detection function of the electro-magnetic needle selector, which can effectively judge the short circuit and open circuit condition of the internal coil of the electro-magnetic needle selector, and improve the stability of the electro-magnetic needle selector.

Key words:Electro-magnetic Needle Selector; Current Detection; Self-detection Technology; Multisim Simulation; Hardware Circuit; Program Algorithm

电磁式选针器是电脑提花纬编针织机的关键执行器,其性能对纬编针织机的生产质量和生产效率具有重大影响^[1]。近年来,国产电子选针系统的研究与发展推动了国产纬编针织机的快速进步^[2]。提升电磁式选针器的工作可靠性是纬编针织机生产应用的重点,而电磁式选针器因制造工艺问题,生产

时有一定的次品率,长时间高频率使用后也可能出现线圈短路或断路情况。当电磁式选针器出现故障时,产品质量会下降,甚至会严重损坏纺织设备,将给企业造成巨大的经济损失。

近几年,关于电磁式选针器侦错的研究不断增多,如李军等^[3]利用频闪原理进行侦错检测,在一定

程度上能够实现选针刀头的故障判定,但需要人眼的配合观察,实用性不高;项宏年^[4]提出利用电磁选针器选针刀头摆动驱动力矩可进行侦错,但仅停留在理论阶段。本文从电磁式选针器的机械结构及工作原理出发,提出一种基于电流检测的电磁式选针器自侦错技术,以进一步提高纬编针织机的生

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2017YFB1304000)。

作者简介:覃善霖(1997—),男,本科生。主要从事机械电子工程方面的研究。

通讯作者:彭来湖(1980—),男,讲师,硕士生导师。E-mail: laiup@zstu.edu.cn。

产质量和生产效率,具有一定的经济效益和社会效益。

1 电磁式选针器机械结构及工艺

电磁式选针器主要由选针器壳体、挡板、线圈组件、线圈固定组件及刀头组件构成,如图1所示。选针器壳体为主体部件,由一整块铝合金材料经数控加工直接成形,用于安装固定电路板及各类零部件。线圈安装在线圈固定组件上,作为电磁式选针器刀头的驱动部分。刀头组件安装在壳体上的定位销处,并以此为定轴。线圈通电后带动刀头组件做绕定轴摆动运动,挡板的挡刀齿槽限定刀头上下摆动的位置极限。

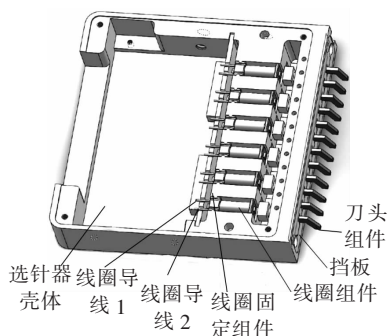


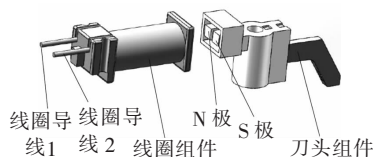
图1 电磁式选针器机械结构

刀头组件将两个磁性相反的磁钢固定于刀头组件末端,前端由于要与挡板产生撞击摩擦,一般采用冷轧钢经线切割生产而成,如图2所示。电磁式选针器驱动刀头的运动原理是给电磁线圈通电,该通电线圈产生磁场,进而改变线圈内部线圈铁芯的磁性。本设计中线圈铁芯为半硬磁材料,具有磁保持效果,磁场产生的极性会与刀头组件末端安装的磁钢相互吸引或排斥,从而带动刀头向一端摆动。改变通电电流方向使磁场极性改变,可以改变刀头的摆动方向。

2 关键硬件设计

2.1 电流检测方法及原理

电流互感器和霍尔电流传感



器是比较常用的间接电流传感器。电流互感器的一次绕组匝数较少,串接在被测回路中,二次绕组匝数较多,串接在测量仪表和保护回路中。通过电流互感器可以实现间接测量,还能将大电流转化成小电流进行测量,但整个测量回路体积太大,而霍尔电流传感器芯片则具有更小的体积。霍尔电流传感器是基于霍尔效应研发的一款电流传感器,其内部核心感应元件为霍尔元件^[5],如ACS712芯片。当电流流经ACS712芯片时,霍尔元件产生与被测电流呈线性关系的霍尔电压。ACS712芯片量程大、灵敏度高、误差低,25℃时,总误差仅为1.5%,而且-40~85℃时,总测量误差仅为4.0%^[6]。此外,ACS712芯片的响应时间比一般器件缩短两倍以上,非常适合保护及高速应用^[7]。本文在对检流电路的体积、检流响应速度、检测精度、检流范围等进行综

合考虑后,采用ACS712芯片电流传感器作为电流检测电路的核心。

2.2 线圈驱动回路 Multisim 仿真

本文使用英国稳科公司型号为WK-6500B的阻抗分析仪对电磁式选针器的线圈进行阻抗分析,并建立线圈的等效电路模型,如图3所示,线圈的等效电路由电阻 R_5 与电容 C_1 并联后再与电感 L_1 串联组成。

图3中 V_1 、 V_2 、 V_4 、 V_6 为信号源, Q_1 、 Q_5 为N沟道增强型MOS场效应管, Q_4B 、 Q_4A 为P沟道增强型MOS管, Q_2 、 Q_3 为晶体管,与电阻 R_1 、 R_2 、 R_6 、 R_7 、 R_8 、 R_9 、 R_3 、 R_4 组成线圈驱动回路,用于模拟控制电磁线圈的通断^[8-9]。标号24V与0分别代表驱动回路中的电源和地。通过控制 V_1 、 V_2 、 V_4 、 V_6 信号源的输出状态来仿真电磁线圈内的电流特性,当 V_1 、 V_4 输出逻辑低电平而 V_2 、 V_6 输出逻辑高电平时,电流由电阻 R_5 流向电感 L_1 ;当 V_1 、 V_4 输出逻辑高电平而 V_2 、 V_6 输出逻辑低电平时,电流由电感 L_1 流向电阻 R_5 ,从而切换线圈内部电流的流向,改变线圈铁芯的磁极方向;当 V_1 、 V_6 输出

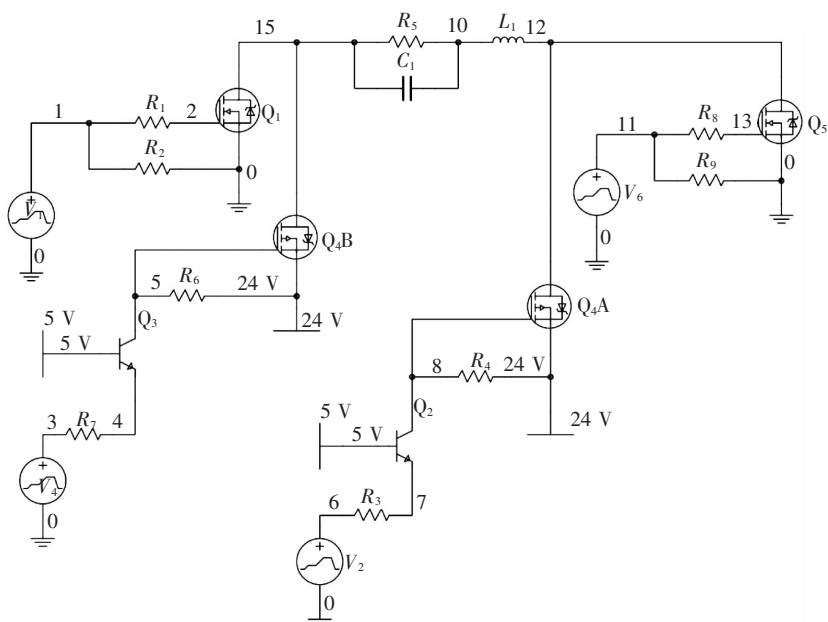


图3 线圈驱动回路的 Multisim 仿真模型

逻辑低电平, V_2 、 V_4 输出逻辑高电平时,电感 L_1 与电阻 R_5 之间无电流,线圈铁芯的磁极方向不变。正常工作时线圈内的电流波形如图 3 所示,电流最大值为 5.514 43 A,电流最大变化率为 0.089 8 A/ μ s;N 沟道增强型 MOS 场效应管 GS 间电压在 120 μ s 的通电时间内一直保持在 5.000 00 V,DS 间最大电压为 9.914 90 V;P 沟道增强型 MOS 管 GS 间最大电压为 9.617 40 V,DS 间最大电压为 9.661 30 V。本设计采用的 ATM2306NSA 型 N 沟道 MOS 场效应管与 ATM3407PSA 型 P 沟道 MOS 场效应管的 GS 级耐压值为 ± 12.000 00 V,DS 级间耐压值为 ± 30.000 00 V,满足控制需求。Multisim 仿真结果如图 4 所示。

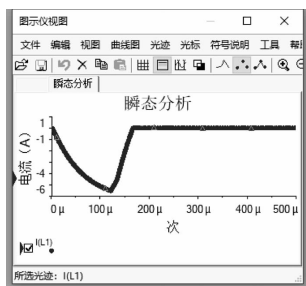


图 4 Multisim 仿真结果

在 Multisim 仿真中,电磁式选针器工作时线圈内电流的最大值为 5.500 00 A 左右,考虑到短路时电流激增,本文使用 20 A 量程的 ACS712 芯片搭建电流检测电路,并采用 Proteus 将图 4 中的电流波形导入检流用的 ACS712 芯片中,观察芯片输出的电压波形,仿真结果如图 5 所示。

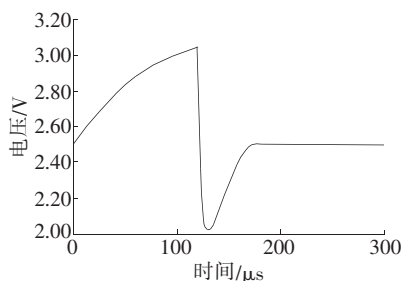


图 5 Proteus 仿真结果

ACS712 芯片输出的最大电压为 3.042 41 V,最小值为 2.019 81 V。ACS712 芯片可不失真地将电流信号转换成电压信号输出。当电磁线圈短路或断路时,ACS712 芯片输出端的电压趋势不满足图 5 中的变化规律,进而为电磁线圈的侦错提供依据。

2.3 检流电路及驱动回路设计

为了实现基于电流的电磁式选针器的自侦错技术,需要在原有电路中加入检流电路。电流检测模块是实现自侦错的关键,其核心是一块 ACS712 芯片霍尔电流传感器,其原理图如图 6 所示。需要检测的电流从 1、2 两个引脚流入,从 3、4 两个引脚流出。

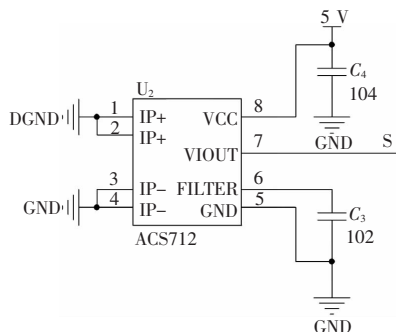


图 6 检流电路原理图

图 6 中,DGND 为驱动地,电气意义与图 3 中符号 0 相同;GND 为控制地,也是本设计中的电源地; U_2 为电流检测芯片 ACS712;1、2 为电流输入管脚,3、4 为电源输出管脚,驱动地经过 U_2 的 1、2 管脚从 3、4 管脚流出。管脚 8、5 分别连接供电电源的电源端与地,S 为转换后的电压值, C_4 、 C_3 为滤波电阻。将 ACS712 芯片放置在驱动地和控制地之间,当电磁线圈切换电流方向控制刀头动作时,流经芯片的电流发生改变,ACS712 芯片将其转换成对应的电压输出。

3 程序算法及试验测试

为了确保电磁式选针器刀头动作的可靠性,需要对电磁线圈内

部的通电时间进行设置,本试验线圈铁芯为半硬磁材料,通电时间长短只需保证半硬磁材料在消除原有磁性之后产生相反的磁性即可^[10-11]。经测试,将打动通电时间设置为 160 μ s,此时选针器刀头动作到位且不抖动。选针器刀头动作时,利用示波器观察 ACS712 芯片实际输出电压值,结果如图 7 所示。

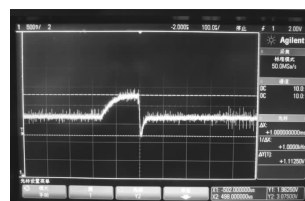


图 7 刀头正常动作时 S 端口处波形信号

由图 7 可知,电磁式选针器正常工作时,S 端输出电压最大值为 3.075 00 V,最小值为 1.962 50 V。

ADC 检测程序算法流程如图 8 所示,采用 ARM 处理器的 ADC 模块对图 6 中 S 处的电压值进行采集,并采用 RTC 时钟中断执行 ADC 检测,获取采样结果后,将结果 ADC_DRV.ADC_Result 与 ADC_Collect_Limit 对比,若 100 μ s 内出现 3 次采样结果大于 ADC_Collect_Limit,则判断选针器出现短路。同时,将连续 2 000 次采样结果与 ADC_Collect_Open 对比,若 2 000 次采样结果均不大于 ADC_Collect_Open,则判断为断路。

选针器读取到的数值与实际电压存在如下关系:读取值=实际电压值/5 $\times 1024$ 。如果选针器打动时,ACS712 芯片输出的最大电压值为 3.075 00 V,处理器读取到的值为 630(无量纲)。选针器待机时,ACS712 芯片输出 2.500 00 V 偏置电压,处理器读取到的值为 512。

示波器观察到 ACS712 芯片输出的最大电压为 3.075 00 V,即处理器采样到的最大电压值为 630。

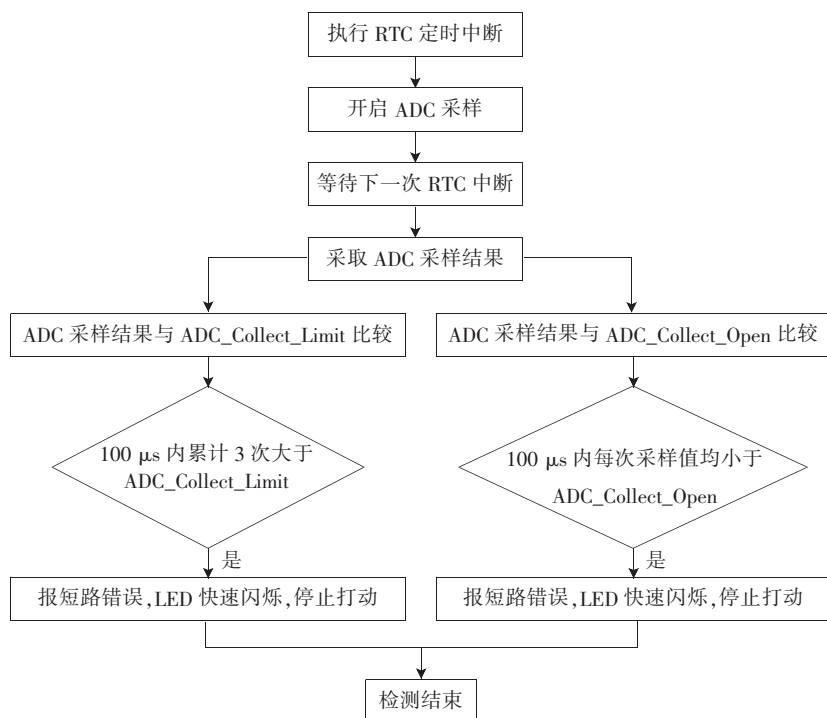


图 8 ADC 检测程序算法流程

为避免线圈内电流波动而使电压略微提升时导致处理器误判断为选针器故障, $ADC_Collect_Limit$ 应比 630 大。经试验, 将 $ADC_Collect_Limit$ 设置为 645。

线圈断路时, 处理器只能采样到 2.500 00 V 的偏置电压, 因此将 $ADC_Collect_Open$ 设置为 512。但后续试验发现, $ADC_Collect_Open$ 设置为 512 时, 发生断路时选针器并未报错, 主要是因为选针器断路时, 由于电路结构的差异性, 处理器读取结果仍有可能超过 512。因此将 $ADC_Collect_Open$ 的值加大, 设置为 522, 此时选针器能够及时发现断路故障。

按照 ADC 检测程序算法流程编程后, 模拟选针器故障时的状态, 对选针器进行测试, 验证其能否实现自侦错。短路测试时将短路线圈焊接到选针器板上, 如图 9 所示。

电磁式选针器通电后, 报警指示灯立刻快速闪烁, 说明 ADC 检测程序算法检测到了短路故障。将

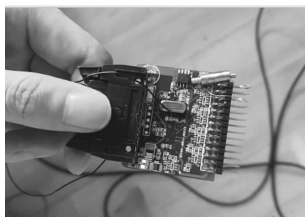


图 9 线圈短路测试

短路线圈焊接到其他驱动回路中, 短路检测均能正常工作, 进而说明本程序算法的准确性及稳定性。

当选针器正常工作时, 快速移除选针器板上的线圈, 模拟选针器断路时的状态, 对选针器进行测试, 验证其能否实现自侦错。结果表明, 线圈移除瞬间, 报警指示灯慢速闪烁, 表明选针器出现断路故障。经多次试验, 验证了断路检测的实时性及可靠性。

4 结束语

本文通过对电磁式选针器的机械机构、控制原理进行分析, 结合 Multisim 仿真及 Proteus 仿真, 对电磁式选针器侦错控制技术中涉及到的关键硬件电路与软件程

序进行了设计和开发, 提出一种基于电流检测的电磁式选针器自侦错技术。检测结果表明, 采用本控制技术的选针器能实时检测电磁选针器线圈内的电流状态, 通过判断电流大小确认选针器的工作状态。通过不断试验及优化, 实现自侦错技术的准确性及实时性, 提高了国产电磁式选针器的技术水平。

参考文献

- [1] 吴振辉. 基于磁保持式电子选针器圆机提花系统[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2018.
- [2] 雷宝玉. 第 18 届上海国际纺织工业展览会圆纬机述评[J]. 针织工业, 2017(12): 1-9.
- [3] 李军, 朱方明, 周炯, 等. 应用频闪原理的选针器频率检测系统设计[J]. 纺织学报, 2017, 38(3): 138-142.
- [4] 项宏年. 电磁选针器选针刀头摆动驱动力矩的测量[J]. 浙江理工大学学报, 2018, 39(2): 190-191.
- [5] 王昱皓, 钟贻兵, 时圣利. 高可靠霍尔电流传感器的研究和应用[J]. 新型工业化, 2015(11): 8-12.
- [6] UMMUL K. Modeling and simulation of electrical prevention system using arduino uno, gsm modem, and acs712 current sensor[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2017, 930(1): 012049.
- [7] 董建怀. 电流传感器 ACS712 的原理与应用[J]. 中国科技信息杂志, 2010(5): 92-96.
- [8] 阎石, 王红. 数字电子技术基础[M]. 6 版. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [9] 董诗白, 华成英. 模拟电子技术基础[M]. 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [10] 吴振辉, 彭来湖, 胡旭东. 基于磁保持选针器的驱动控制方式[J]. 成组技术与生产现代化, 2018(1): 27-32.
- [11] 彭来湖. 磁保持电子选针器及串行总线提花系统设计[J]. 纺织学报, 2019, 40(1): 137-138.

收稿日期 2019 年 4 月 6 日