

基于物联网的某型全动模拟机减速板故障监控

张云水, 黄维广, 刘磊, 凌广艺, 邓学星

珠海翔翼航空技术有限公司, 广东 珠海

收稿日期: 2023年1月29日; 录用日期: 2023年3月2日; 发布日期: 2023年3月13日

摘要

为了维护人员对某型全动模拟机自动减速板无法伸出故障进行排故分析, 本文设计了基于电流传感器的物联网在线监控系统。该系统实时监控速度制动作动器的工作电流, 并将监测数据通过互联网传输到云服务器, 最后将运行状态显示在WEB页面。通过此系统, 维护人员能实时掌握自动减速板的工作状态, 及时进行预防性维护和纠错性维护工作。

关键词

模拟机, 减速板, 作动器

Fault Monitoring of Speed Brake for a Certain Type Full Flight Simulator Based on the Internet of Things

Yunshui Zhang, Weiguang Huang, Lei Liu, Guangyi Ling, Xuexing Deng

Zhuhai Xiangyi Aviation Technology Company Limited, Zhuhai Guangdong

Received: Jan. 29th, 2023; accepted: Mar. 2nd, 2023; published: Mar. 13th, 2023

Abstract

In order to analysis and solve the fault that the auto speed brake cannot extend out for a certain type Full Flight Simulator, an online monitoring system of the Internet of Things based on current sensor is designed in this paper. The system monitors the working current of the speed brake actuator in real time and transmits the detected working current to the cloud server through the Internet. Finally, the running status will be displayed on the WEB page. Through this system, the maintenance personnel can grasp the working status of the auto speed brake in real time and do preventive maintenance and corrective maintenance work timely.

文章引用: 张云水, 黄维广, 刘磊, 凌广艺, 邓学星. 基于物联网的某型全动模拟机减速板故障监控[J]. 传感器技术与应用, 2023, 11(2): 122-127. DOI: 10.12677/jsta.2023.112013

Keywords

Simulator, Speed Brake, Actuator

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

减速板也叫阻力板，是一种增大飞机气动阻力的装置。着陆时打开减速板，由液压作动力使减速板开启一个角度，增加飞机的迎风面积并破坏飞机流线形，对空气形成增阻和扰流的作用，使飞机骤然减速。同时也可减小机翼的升力，增加机轮对地面的压力，从而增加机轮对地面的摩擦力，缩短滑跑距离。

减速板手柄(见图 1)自动伸出有三种情形：一是着陆时，减速板手柄处于预位(ARMED)，起落架支柱压缩模拟信号触发，两推力手柄收到慢车(IDLE)，减速板手柄将从 ARM 位移动到升起(UP)位；二是飞机着落或中断起飞时，飞机速度大于每小时 60 海里，两推力手柄收到慢车(IDLE)，反推手柄到位后拉起反推手柄，减速板手柄自动移动到升起位(UP)；三是飞机在中断起飞或着落后，减速板手柄自动伸出的情况下，前推任一推力手柄，减速板手柄将自动回到放下位(DOWN)。

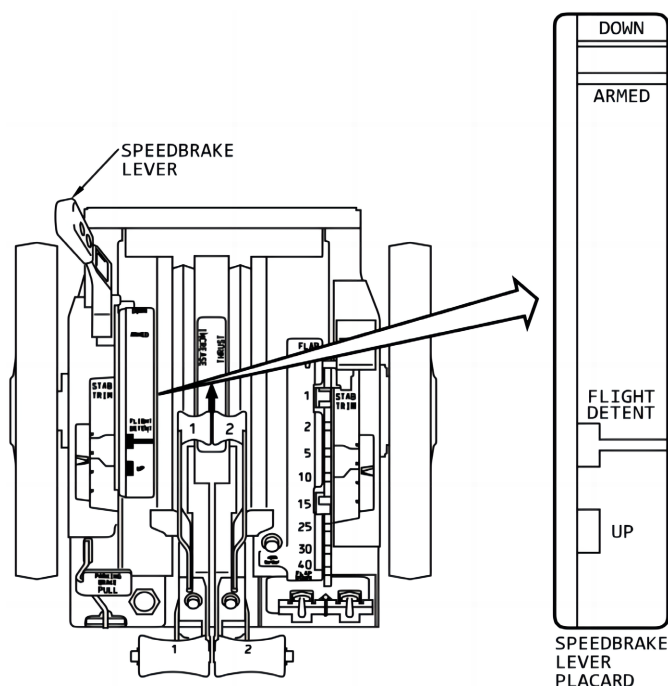


Figure 1. Position identification of speed brake handle

图 1. 减速板手柄位置标识

减速板手柄无法自动伸出将直接影响到飞行员的训练[1]的真实性，为了能够实时监控速度制动动作器的工作状态，我们在速度作动器处添加一个电流传感器，将测得的电流情况过互联网传输到云服务器中，再将数据实时显示在 WEB 监控平台，同时当超出工作电流范围时通过实时通讯软件推送给一线维护人员。

2. 自动减速板系统工作原理

如图 2 所示, 减速板手柄到减速板手柄连杆止动器(Lever Brake) [2]间的机械机构, 减速板手柄通过机械连杆传动, 飞机速度制动系统的软件模型根据获取的减速板手柄位置信息决定是否激活电源组件(以下称 PSU)中的继电器。该继电器激活时速度制动动作器(Speed Brake Actuator)开始工作, 从而通过减速板手柄连杆止动器与减速板手柄连杆的离合作用驱动减速板手柄的自动伸出和收回。

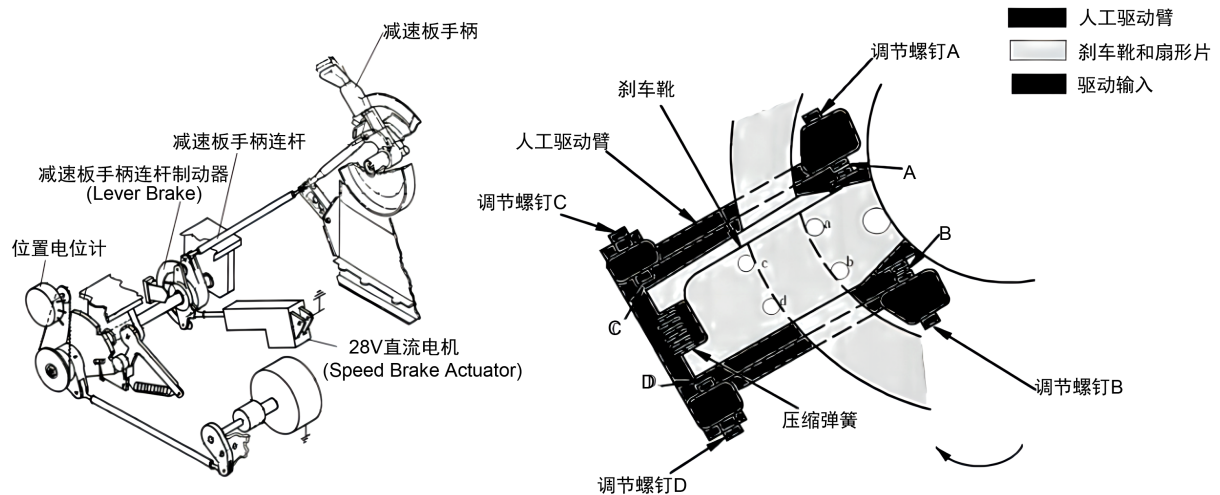


Figure 2. Mechanical structure diagram of speed brake and lever brake

图 2. 减速板和杆刹机械结构图

速度制动动作器顺时针运动, 带动扇形片运动, 扇形片带动刹车靴通过调节螺钉 A 作驱动输入轴, 完成自动伸出操作。此时调节螺钉 C 不作动刹车靴, 不使销钉 b 和 c 解锁, 靠弹簧力保持刹车靴锁紧, 与扇形片一起顺时针运动。

速度制动动作器逆时针运动, 带动扇形片运动, 扇形片带动刹车靴通过调节螺钉 B 作驱动输入轴, 完成自动收回操作。此时调节螺钉 D 不作动刹车靴, 不使销钉 a 和 d 解锁, 靠弹簧力保持刹车靴锁紧, 与扇形片一起逆时针运动。

调节螺钉 C 旋进时压缩弹簧, 减小 Speed Brake 放出力度; 旋出时释放弹簧, 增大 Speed Brake 放出力度。调节螺钉 D 旋进时压缩弹簧, 减小 Speed Brake 收回力度; 旋出时释放弹簧, 增大 Speed Brake 收回力度。调节时需注意上部 C 点间隙过小, Lever Brake 自动伸出会打滑, 下部 D 点间隙过小, Lever Brake 自动收回会打滑。

Lever Brake 摩擦力的大小直接影响到减速板手柄的力度。在理想状态下, 速度制动动作器输出完全作用于克服 Lever Brake 摩擦力做功, 继而驱动减速板手柄移动, 因此通过监控速度制动动作器电流的情况, 就能判断出减速板手柄处在哪种状态, 从而指导维护人员进行预防性维护和纠错性维护, 加之速度制动动作器拆装困难, 设计一套监控速度制动动作器电流的物联网监控系统进行预防性维护工作极为必要。

3. 基于电流传感器的物联网监控系统

3.1. 速度制动动作器工作电流理论计算

根据 AMM (飞机维护手册)手册[3]可知, 人工移动减速板手柄从 DOWN 到 FLIGHT DETENT 位需要力的参考值为 20 pounds, FLIGHT DETENT 到 UP 位为 28 pounds, UP 到 FLIGHT DETENT 位为 28 pounds,

FLIGHT DETENT 到 DOWN 位 20 pounds。因此，减速板移动手柄推荐的力在 20 pounds 至 28 pounds 间，自动减速板手柄移动速度约为 2 m/s， $P = Fv = UI$ ，可计算出环路正常工作电机功率应为 17.8 W 至 25 W，环路电压 28 V，电流应为 0.6 A 至 0.9 A。

调节 Lever Brake C, D 调节螺钉至自动减速板手柄可正常伸出和收回时，测得的电流在 0.59 A 至 0.92 A 之间，超过这个区间，速度制动作动器工作将发生异常。通过测试，在环路电流值为 0.8 A 时模拟机减速板手柄工作在最优状态。因此，在我们的物联网监控系统中将电流的监控阈值设置为 0.59 A 至 0.92 A。接近或者超出阈值时，监控模块将在 WEB 监控页面上标记出设备异常告警信息，同时通过钉钉群机器人及时通知维护人员。维护人员根据监控的电流情况，及时进行预防性维护和纠错性维护。

3.2. 基于电流传感器的监控系统

本监控系统(见图 3)中电流传感器信号采集模块，用于采集速度制动作动器的工作电流；终端节点模块，用于采集传感器信号采集模块的传感器信息，并将监测数据上传至物联网云平台；物联网云平台，用于接收和保存监测数据，并提供实时查询和可视化服务，以及根据监测数据通过实时通讯软件推送设备异常信息。

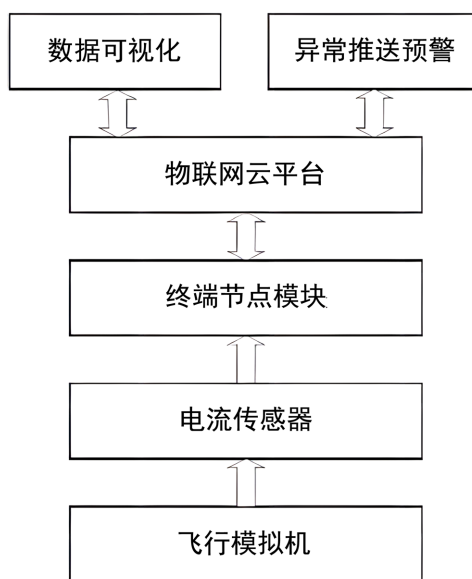


Figure 3. Schematic diagram of monitoring system modules
图 3. 监控系统模块示意图

3.3. 终端节点模块

终端节点模块包括 STM32F4 系列单片机[4]、FLASH、硬件看门狗电路，同时与 485 转换模块连接，并支持以太网通信。

电流传感器处使用的是 485 电平，而 STM32F4 单片机使用的是 TTL 电平，所以需要有一个电平转换芯片来协商，本设计中采用 SP3485 芯片进行电平转换，以太网通信采用低功耗的 10/100M 以太网 PHY 层芯片 LAN8720A。

MCU 与 PHY 连接图(图 4)主要包含两部分：RMII 接口，实现以太网数据从 MCU 到 PHY 芯片的双向传输；SMI 站点管理接口，实现 MCU 对 PHY 芯片内部寄存器的 R/W。

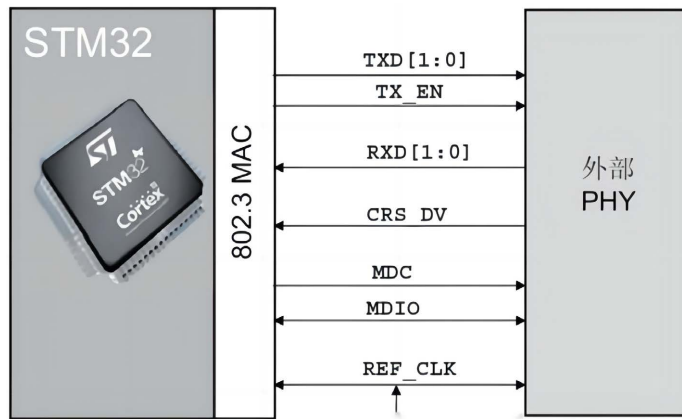


Figure 4. Diagram of connection between single-chip microcomputer and Ethernet chip
图 4. 单片机与以太网芯片连接示意图

3.4. 物联网智能监控

阿里云的物联网平台优势如下：提供可视化搭建模块，用于提供 WEB 可视化搭建服务，通过拖拽和配置的方式，得到设备数据监控 WEB 页面；提供可视化实时监控模块，用于根据设备数据监控 WEB 页面的配置，将所述监测数据进行显示；提供实时查询模块，用于根据用户操作对设备的实时监测数据或历史监测数据进行查询并返回给用户；提供异常监控模块，用于实时监控上报的设备监测数据，根据脚本配置的业务逻辑在检测到异常时发出设备异常告警信息；提供实时推送模块，用于根据所述异常监控模块的设备异常告警信息通过实时通讯软件将设备异常信息推送给维护人员。

物联网监控终端设备通过采集独立安装在模拟机的电流传感器输出信号，从而获取模拟机减速板直流电机运行状态信息，通过以太网传输到阿里云服务器中，云服务器可以将数据实时显示在 WEB 监控平台。基于阿里云的模拟机监控系统是将各类传感器输出信号进行处理，转换成 RS485 信号进行以太网传输，主机将数据上传云端再进行业务逻辑处理，最终显示在监控屏幕上(见图 5)，图 6 为监控的直流电机正常工作时的电流。

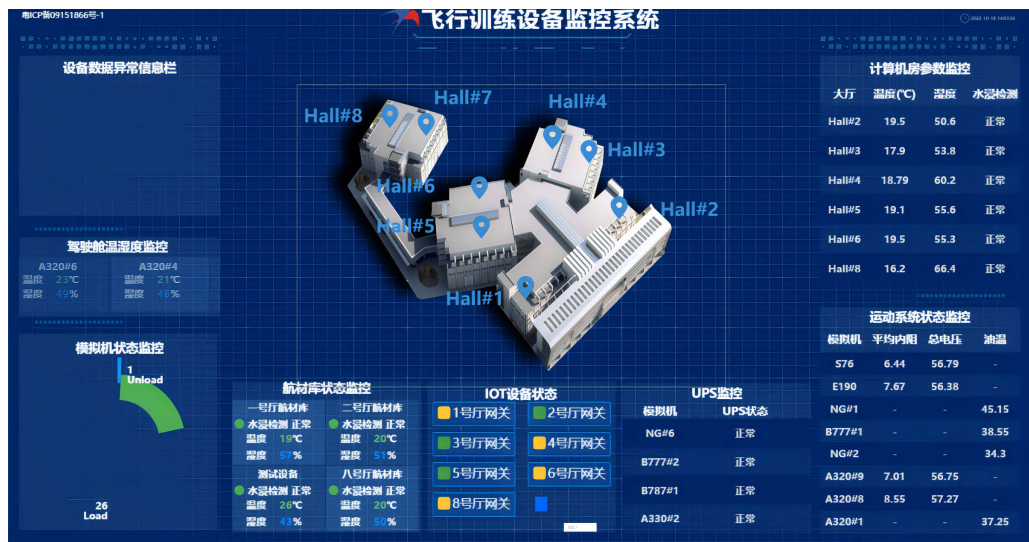


Figure 5. The simulation training equipment monitoring system based on Aliyun
图 5. 基于阿里云的模拟训练设备监控系统



Figure 6. Normal working current of DC motor
图 6. 直流电机正常工作电流

4. 结束语

全动模拟机作为宝贵的飞行训练设备，其驾驶舱中的一切设备使用频率相较于一台真飞机要高很多。即使模拟机采用的真飞机件，其高损耗度使得故障发生率提高，加上模拟机本身还拥有众多的模拟设备，庞大的模拟机系统有时往往无法很快、很精准找到故障原因、故障点。本文针对某型全动模拟机减速板无法自动伸出故障，设计了基于电流传感器的物联网在线监控系统。该系统将减速板的工作状态实时显示在 WEB 页面，做到对自动减速板的不断监控，以便维护人员能实时掌握自动减速板的工作状态，及时进行预防性维护和纠错性维护工作。

参考文献

- [1] 刘磊, 张云水. 某型全动飞行模拟机登机桥不能下降典型故障分析与排除[J]. 仪器与设备, 2021, 9(1): 22-27. <https://doi.org/10.12677/IaE.2021.91004>
- [2] Boeing (2023) Aircraft Illustrated Parts Catalog. https://emd-pub.china-airlines.com/document/boeing/738/IPC/27-62__108.pdf
- [3] Boeing (2023) B737-800 Aircraft Maintenance Manual. https://emd-pub.china-airlines.com/document/boeing/738/738-AMM/AMM_SDS/27__080.PDF
- [4] 张圣胤, 徐涛, 张明. 基于气体传感器的航空液压发电机滑油泄漏检测[J]. 传感器技术与应用, 2022, 10(4): 574-581. <https://doi.org/10.12677/JSTA.2022.104069>