

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.01.10

开关特性测试仪校准装置的速度发生器设计

李世齐¹, 汤斌¹, 吴璋²

(1. 中航工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095; 2. 中国运载火箭技术研究院, 北京 100076)

摘要: 在对开关特性测试仪各速度参量进行校准时, 需要有一个能够满足校准需要的速度发生装置。本文介绍了一种在高压开关特性测试仪校准时提供速度信号的速度发生器的总体设计方案, 详细讨论了其设计过程。该速度发生器应用 STM32F407 作为主控芯片; 设计了一套提供真实位移过程的位移机构; 设计了信号输出电路以输出可自定义脉宽与幅值的脉冲信号。校准时可以根据被校准仪器的需要选用不同的速度信号源, 以解决开关特性测试仪速度参数校准的速度源问题。

关键词: 开关特性测试仪; 速度发生器; 校准装置

中图分类号: TB93

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)01-0041-03

Design of Speed Generators for Switch Characteristics Tester Calibration Device

LI Shiqi¹, TANG Bin¹, WU ZHANG²

(1. Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China;

2. China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076, China)

Abstract: When calibrating speed parameters of a switch characteristics tester, the calibration device must have a speed generator to provide speed signals. This paper describes design of a speed generator used for providing speed signals when calibrating switch characteristics testers. The design procedure is discussed. The device uses STM32F407 as MCU. A signal output circuit is designed to provide pulsing signals, of which the amplitude and pulse width can be customized. A shift mechanical structure is designed to provide real shift. Different speed signals can be chosen based on demands of calibrated instruments to provide speed signals for calibrating speed parameters of a switch characteristics tester.

Key words: switching characteristics tester; speed generator; calibration device

0 引言

高压开关是电力电网中十分重要的设备, 在电网中起到控制、保护等作用。高压开关特性测试仪是用来对高压开关的各项参数进行测试的专用仪器。我所自主研发了一套高压开关特性测试仪校准装置, 用以对高压开关特性测试仪的各项功能进行测试和校准。

在校准高压开关特性测试仪各项速度量参数时, 需要一种可靠、易用的速度信号源, 要求其能够生成一系列连续可调的脉冲信号, 能够提供校准工作需要的真实位移过程。现有的速度发生装置多依靠直线电机、压气机、电磁铁等装置作为驱动设备, 来提供校准工作需要的真实位移过程, 这些装置均有其优势所在, 然而也存在着成本过高、使用不便、产生的速度

量难以控制等缺点。因此, 设计研制一台成本低廉、使用方便、速度信号可以满足校准工作需要的速度发生器成为高压开关特性测试仪校准装置研制过程中的重要环节。

1 功能要求和技术指标

高压开关特性测试仪一般通过光栅、磁栅、接触开关等多种器件对速度参数进行测试, 主流产品对行程速度类参数的测试一般有两种形式: 总行程-时间式; 连续信号式。

1) 总行程-时间式

采用在运动起始端和运动结束端安装光电传感器、微触开关等装置记录运动的持续时间。精确测量动触头运动的总位移, 结合已测得的合闸及分闸时间来计算平均速度。

2) 连续信号式

采用将光栅尺或滑动变阻器固定在动触头上, 通

收稿日期: 2015-12-18; **修回日期:** 2015-12-30

作者简介: 李世齐 (1990-), 男, 陕西西安人, 硕士研究生, 主要研究方向为自动控制、电学计量。

过光栅尺的运动获得一系列脉冲信号,或通过滑动变阻器获得一系列电压信号,即可根据光栅尺的栅条长度获滑动变阻器的阻滞/位移关系来详细记录运动过程。

因此,对高压开关特性测试仪的速度参数进行校准,需要能够实现产生一个实际的运动,还需要能够产生一个虚拟的运动,其表现为一系列精度较高的可调脉冲信号。

按照 JJG(机械)140-1993《高压开关机械特性检定规程》规定,在对高压开关特性测试仪进行校准时,必须选取包含最小、最大、中间值及均匀分布的其它测试点共9个。因此,校准所需的速度发生器的技术指标如下:脉冲输出范围为 20 Hz ~ 50 kHz;速度输出范围为 0.1 ~ 5 m/s;速度输出行程为 0.05 ~ 0.30 m。

2 总体设计方案

对两种不同的高压开关特性测试仪测速模块,需要提供不同的校准方法。对行程-时间式测速的校准,本文仿照高压开关的机械操动机构设计了一套简单而有效的弹簧驱动装置以提供真实运动。装置释放压缩弹簧带动传感器支架沿固定方向运动,通过电机推动距离或设置挡块来实现精确控制行程,运动过程中由光电开关进行运动时间测量,从而得到精确的速度。

如图1所示,在控制系统的基础上,速度发生器根据被校准仪器的不同设计了位移机构和信号输出电路两个模块,以向被校准仪器提供两种不同的速度信号。

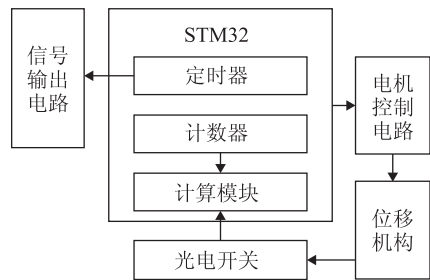


图1 速度发生器原理框图

在校准过程中,对使用连续信号式测速的高压开关特性测试仪通过调节定时模块,在脉冲输出模块输出所需频率的方波信号即可进行校准^[1]。对行程-时间式测速的高压开关特性测试仪,本装置采用间接校准的方法。通过测长仪等装置测量速度发生器运动的距离,与光电开关测量的速度间隔进行计算作为标准值,即可对其进行校准。

3 结构设计与分析

3.1 控制系统设计

控制系统选用单片机为核心,利用单片机配备的IO口进行控制指令、动作信号的输入输出。选用基于ARM9 CortexM3架构的STM32F407作为主控芯片,最高工作频率可达到168 MHz,足以进行复杂运算和控制。

速度发生器选用CAN总线闭环步进一体机压缩弹簧,单片机通过CAN总线接口操作电机驱动器,进而实现对电机的操作,该电机整合了通讯模块、基本运动控制模块、绝对位置计数器、正交编码器等多个模块,全部控制循环均在1 ms内完成,保证了可以准确对弹簧的压缩量进行控制。

计时模块采用两个光电传感器实现,速度发生器上的传感器支架装有光电开关挡片,当传感器支架开始运动时,第一个光电开关向单片机返回起始信号,单片机开始计时。当传感器支架运动结束时,第二个光电开关向单片机返回结束信号,单片机停止计时。此时可得传感器支架本次运动所经历的时间间隔。选用的U型光电开关具有5 kHz的高开关频率,此光电开关使用红外连续光940 nm作为光源。可输出24VDC信号,并具有NPN互补过压保护连接,U型口提供5 mm宽度的感应口。

3.2 位移机构设计

位移机构主要由储能机构、传动机构、控制机构和固定装置组成。储能机构是给储能元件(弹簧)赋予能量的机构;传动机构是向运动部件(本装置中是传感器支架)传递运动和动力的机构;控制机构则是控制运动开始的部件;固定装置用以固定各种机构^[2]。位移机构的剖面图如图2所示。

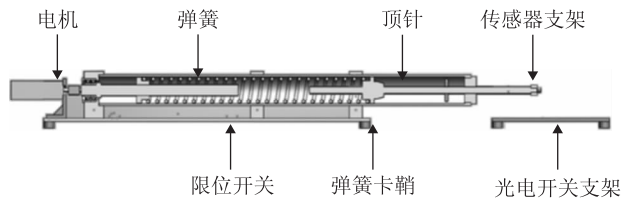


图2 位移机构剖面图

位移机构工作原理:电机通过减速器和储能机构的动作,使压缩弹簧产生压缩量以储存机械能。当弹簧压缩至需求的压缩量时,限位开关发出停止信号,电机停转,储能过程结束。储能完毕后释放弹簧卡鞘,压缩弹簧开始恢复原长并释放机械能。在压缩弹

簧释放能量的过程中带动导杆运动，导杆推传感器支架运动。当弹簧恢复至限位卡块限制的距离时，停止运动。

在运动过程中，弹簧的压缩量可以通过限位开关控制，弹簧的释放量可以通过顶针卡块控制，这样传感器支架就能够获得位移可调、速度可调的一段运动过程。

综合考虑尺寸、材料、加工难度等因素，验证计算后，选取了表 1 中所示的 3 种型号的弹簧^[3]。

表 1 弹簧选型

线径 <i>d</i> /mm	圈数	弹簧系数 <i>k</i> /(<i>g</i> ·mm ⁻¹)	0.05 m 压缩量 作用力 <i>P</i> ₁ /N	0.30 m 压缩量 作用力 <i>P</i> ₂ /N
8	30	391	192	1152
10	30	1041	510	3061
12	30	2355	1154	6924

3.3 信号输出设计

常用的被校准仪器一般有 5，12，24 V 三种输入电压，STM32 微处理器的 IO 口电压最大为 3.3 V，而测试时需要的电压可达 24 V，因此需要进行隔离，防止误操作产生冲击损坏微处理器。设计采用光耦 6N137 进行隔离，由一个 850 nm 波长 AlGaAs LED 和一个集成检测器组成的用于单通道的高速光耦，上升和下降延时均不超过 50 ns，转换速率可达 10 Mbit/s，不会对输入输出性能造成影响。

在隔离电路后端设计了调压电路，通过 4 个选通继电器实现各电压输出端口的互不干扰。信号输出过程如图 3 所示。

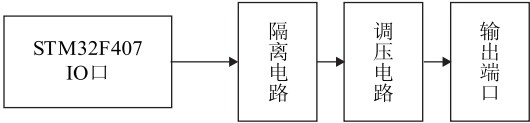


图 3 信号输出过程

3.4 设计仿真验证

选取 ADAMS 对本文设计的位移机构进行动力学仿真。整个运动需要关注的变化状态有：运动过程中弹簧张力的变化、传感器支架的速度 - 时间变化曲线、传感器支架的位移 - 时间变化曲线，可据此计算最终提供的平均速度。图 4 为本文选取的 3 种弹簧分别在 3 种压缩量下所提供的 9 个速度点示意图，横轴格式为：弹簧编号 - 压缩量，按照所能提供的速度从小到大排列；纵轴为所选取的弹簧在该压缩量下所能提供的速度。

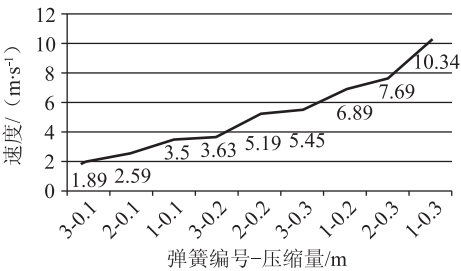


图 4 速度分布仿真图

从图 4 中可以看出：设计的速度发生装置可以提供 2 ~ 10 m/s 的平均速度。为了使提供的速度点更加密集，速度发生器的限位块均加工为 5 cm，可组合使用。

2 m/s 以下的速度，可用电机直接拖动传感器支架提供，因此，本文设计的速度发生器所提供的平均速度输出可以满足高压开关特性测试仪速度参数的校准需要。

4 结论

利用频率计及高精度示波器对速度发生器的脉冲输出能力进行测试，测试结果如表 2。

表 2 脉冲输出测试

设定输出值	频率计示值
10 Hz	10.004 Hz
1 kHz	1000.002 Hz
500 kHz	500.000 kHz

输出的脉冲波形良好，频率稳定，连续可调。位移输出由于加工不光滑、装配等原因，实测值比计算值略小，但足够提供校准时需要的速度。根据测试结果可以看出，本文设计的开关特性测试仪校准装置的速度发生器可以满足校准工作的需要。

本文讨论了开关特性测试仪校准装置的速度发生器研制过程中的细节问题，详细讨论了速度发生器的设计过程。相对以往校准工作中使用的速度发生装置来说，本文设计的装置具有成本低廉、产生的速度信号连续分布、可以满足校准工作需要的特点，在配备触摸屏作为人机交互界面后，在易用性、交互友好性上也有很大提升，为开关特性测试仪校准装置提供了可靠的速度信号源。

参 考 文 献

[1] 邢燕. 高精度时间间隔测量系统[J]. 电子测量技术, 2010, 33(5): 1-3.
[2] 王磊, 吴卓. 一种长行程位移及速度测试系统[J]. 数据采集与处理, 1992(4): 286-292.
[3] 成大先. 机械设计手册[M]. 4 版. 北京: 化学工业出版社, 2002.