

# 通用型炭片调压器自动调测系统设计

刘勇智, 严东超, 高巍  
(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

**摘要:**利用虚拟仪器技术,设计了通用型炭片调压器自动调测系统。给出了调测系统的结构框图和仿真结果,对调测系统的软硬件进行了设计,确定了工作点的调整算法,对系统误差进行了分析解决。实际应用表明:该系统具有通用性强、易于操作、调测迅速准确、精度高等特点。

**关键词:**调压器;自动调测;仿真分析

**中图分类号:**V242   **文献标识码:**A   **文章编号:**1009-3516(2004)04-0026-03

在飞机供电系统中,为使发电机的电压不随转速和负载的不同而改变,必须采用电压调节器来自动地调节电压,使发电机的输出电压维持恒定。但性能良好的炭片调压器使用一段时间后,稳定工作点往往会发生偏移,因此,必须定期调整其工作点。以往,整个调整过程都是靠人工通过观看示波器的指示来进行反复测量、记录、调整。调节步骤繁杂、操作繁琐、人为偏差大、效率低,无法准确地确定调压器的最佳工作点,制约了炭片调压器的使用,是困扰航空维修界的一大难题。

本文采用虚拟仪器技术与传统的调整经验相结合的方法,利用计算机系统的强大功能,结合相应的硬件,设计了炭片调压器的自动调测系统,突破了传统调整方法在数据处理、显示、传送、存储,在调整效率、精度、经验等方面的限制,并成功地应用到某型飞机电源系统综合测试台上。

## 1 系统总体设计

系统设计的主要思想是通过数据采集卡采集数据代替人工判读,通过计算机实时绘制炭片调压器的调整曲线,根据调整规律,自动计算找出调整螺钉的最佳位置,即调压器的最佳工作点,来代替人工计算判断。通过计算机的判断结果和动作指令。控制步进电机自动调整炭片调压器的调整螺钉代替人工手动调整。

**实现方式:**在专用传动装置上同轴连接步进电机转轴、角度传感器的转动轴、调压器的调整螺钉。步进电机带动调整螺钉转动的同时,将角位移信号  $\Delta\theta$  转变为与之正比的电位计的阻值变化  $\Delta R$ ,在恒流源的作用下, $\Delta R$  转化为与之正比的电压信号  $\Delta V_o$ ,  $\Delta V_o$  经调理输入采集卡。同时,调压器调整螺钉的转动,必然带来发电机输出电压  $U$  的变化,计算机将采集来的发电机输出电压信号与发电机上一个输出电压信号进行比较,自动找出“拍合”终止点  $C$  和电压最低点  $d$ ,计算出调压器的工作范围  $\Delta\theta$ ,与由数学模型计算得出的系统的稳定工作范围进行比较,判定调压器的好坏。再按照调整律指令步进电机带动调整螺钉的转动,将调压器调至最佳工作点。

## 2 调测系统数学模型

本文重点研究电源系统在调压器工作状态变化过程中,输出电压的变化规律和结果。属于单输入单输出系统,因此采用古典控制理论来建模。

在建立数学模型时,需要用微增量法对所考察的函数进行线性化处理。需要说明的是,进行线性化处理

收稿日期:2003-05-12

作者简介:刘勇智(1972-),男,湖南涟源人,讲师,主要从事航空电气检测与故障诊断研究;  
严东超(1960-),男,江苏无锡人,教授,主要从事航空电气工程研究。

是会带来误差的,但因调压器调整过程中,发电机处于高转速小负载状态,系统各部件特性的非线性程度不大,由微增量法建立起来的数学模型,用来分析系统所得到的结果与实际运行状况是一致的。

将系统的主电路、激磁电路与调压器的结构图按它们之间的传递关系综合在一起,即可获得图1所示的调测系统的结构图。考虑通用性,采用积木式的方法建立调测系统的结构图,这样,既可以方便地通过改变各模块的传递函数来选择不同型号电源部件,以建立不同型号电源系统组成的调测系统的结构图,而且可以通过代入不同的系统参数来确定对应调测系统中的调压器的稳态工作范围,使调测系统具有通用性<sup>[1]</sup>。

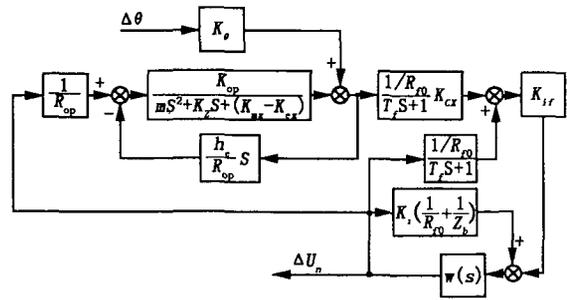


图1 自动调测系统的结构框图

### 3 系统详细设计

#### 3.1 信号采集电路设计

##### 3.1.1 角位移信号电路设计

调压器调整螺钉所产生的角位移信号通过与调整螺钉同轴相连的多圈电位计的调整轴输入电位计,使其电阻值随角位移信号的变化而改变;电位计所需的恒流信号由恒流源电路提供,这样就可以将调整螺钉所产生的角位移信号经电位计转换成大小与其成正比的电压信号输出。

##### 3.1.2 发电机电压信号电路的设计

调压器调整螺钉位置的改变,使发电机激磁电路的电阻值发生改变,改变发电机的激磁电流,发电机的输出电压随之改变,发电机电压信号由分压电路调理成采集卡所允许的输入电压范围。

#### 3.2 执行电路的设计

执行电路包括 PCL-818L 型数据采集卡相关通道、控制信号放大电路、步进电机、传动装置等。利用了数据采集卡的可选的转换控制模式-软件控制、可编程的脉冲控制、外部信号脉冲控制的基本特征,将计算机发出的控制指令,经过功率放大,来驱动步进电机通过传动装置按调整规律自动调整调压器的调整螺钉。

#### 3.3 算法确定

##### 3.3.1 调压器稳态工作范围确定

立足于调测系统的数学模型,输入系统参数,在 MATLAB 环境下,求解满足系统稳定的系统特征方程的根的分布范围所对应的 Δθ 的范围<sup>[2]</sup>。

##### 3.3.2 调压器工作点范围和工作点的确定

通过改变调压器调整螺钉的位置来改变其电磁吸力特性  $K_e = \partial F_e / \partial \delta$  和弹簧反力特性  $K_m = \partial F_m / \partial \delta$  之间的特性配合关系,使调压器具有良好的稳定性,并满足一定的精度要求。因此,图2所示的调压器的理论调整曲线反映了调压器特性配合关系改变的情形。同时,调整曲线又反映了炭柱压紧的程度随着调整螺钉拧入的距离而改变的情况:开始炭柱压紧,电压升高,后来炭柱拉松,电压降低,最后,炭柱又压紧,电压又升高。

a 点为剩磁电压。b 点弹簧受力不大,形变程度也小,易受机械振动影响,使电压变化过大;d 点,炭柱近乎全部压紧状态,失去调节能力,工作点愈靠近 d 点,稳定性愈好,但误差愈大,准确性愈差。c 点是“拍合”终止点,愈靠近 c 点,稳定性愈差,但误差愈小,准确性愈好。因此,调压器工作点的范围应为 c、d 段。用计算机自动检测 c、d 段所对应的 Δθ,并与仿真计算所得的 Δθ 比较,能判断被调测调压器的好坏。

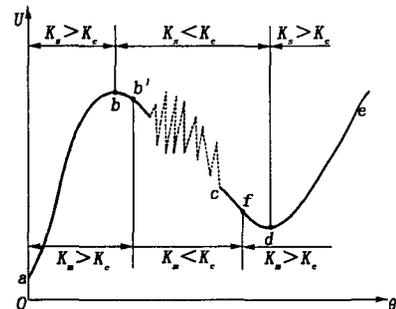


图2 调压器的理论调整曲线

由于 c 点有  $K_m < K_e$ 、d 点有  $K_m > K_e$  的特性配合关系,因此,在 c、d 段必然存在无差调节点 f,有  $K_m = K_e$  的特性配合关系。找到 f 点后,为了在误差满足要求的情况下,保证足够的稳定性,根据 GJB181-86 的有关规定,调压器调到 d 点后,再拧出调整螺钉,回调到距 f 点 1~1.5 V 处,此点即为调压器的最佳工作点。

#### 3.4 程序的编写

采用 VC++6.0 作为软件开发平台。首先加入数据采集板提供的驱动程序库文件(.lib)和头文件(.h)。其次通过调用驱动提供的动态链接库 DLL 文件,对硬件进行操作。实时性是调压器工作点稳定不漂移的关键,在设计软件时采用多线程技术,使用多个线程协同工作,来解决系统工作的实时性问题。

## 4 仿真结果及分析

### 4.1 系统仿真结果

利用建立的数学模型,代入 QF-6 型发电机、TY-2 型调压器、WY-1 型稳定变压器等电源部件的典型参数,得到调压器工作点调整过程的仿真曲线,见图 3。

### 4.2 结果分析

#### 4.2.1 仿真结果与理论结果的比较

比较图 2 和图 3 的曲线可知,两条曲线变化趋势完全吻合,证明系统数学模型比较准确地反映了实际的调测系统,由数学模型所确立的满足系统稳定的  $\Delta\theta$  的范围具有较高的可信度。

#### 4.2.2 自动调测结果与手动调测结果的对比

通过比较分别采用自动调测系统和手动调节方法对 3 台同型号的调压器的调整结果,发现自动调测系统的调整结果明显趋近理论和仿真结果。将调整好的调压器装到直流电源实验台分别进行稳定性和准确性试验,结果表明,经自动调测的调压器具有明显优良的准确和稳定综合性能。

#### 4.2.3 影响工作点最佳性的因素及其补偿措施

影响工作点最佳性的因素主要有:一是调测系统所造成的误差。主要由恒流源、角位移传感器和步进电机造成。由于角位移传感器输出的信号  $\Delta U_\theta = I\Delta\theta$ ,因此,在信号  $\Delta U_\theta$  处造成了相应的误差积累。不过,选用高精度的角位移传感器( $\pm 5\% \Omega$ ),降低恒流源电流的数量级(0.001 A),由此所产生的误差,远远低于系统所允许的误差限。二是环境温度造成的误差。主要是由于调压器内六角弹簧元件的刚度  $K_s$  受温度影响较大,造成  $K_s = K_s$  的  $d$  点随温度的变化而移动,在冷、热两种状态下相差  $10^\circ \sim 40^\circ$ ,这样容易造成工作点越过  $d$  点,出现调定电压过高,甚至电压失调的情况。由于  $K_s$  的变化暂时不能方便地用计算机实时监测,因此避免这一误差带来危害的唯一措施是通过计算机控制调整过程,使从  $d$  点回调至工作点的角度不小于  $45^\circ$ 。

### 参考文献:

- [1] 费劲峰. 甲类固态功放的交调分析与仿真[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2000, 1(5): 32-35.
- [2] 赵文峰. 控制系统设计与仿真[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2002.

(编辑:姚树峰)

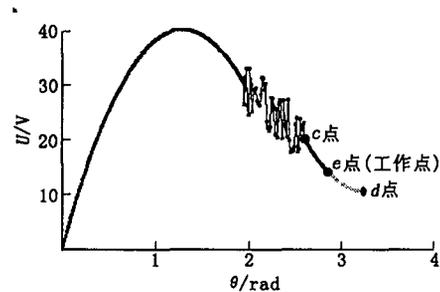


图3 调整过程的仿真曲线

## Design of a General - purpose Carbon - pile Regulator Automatic Adjusting - Testing System

LIU Yong - zhi, YAN Dong - chao, GAO Wei

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China)

**Abstract:** In the power system of plane, the work point of the carbon - pile voltage regulator is often drifted, so it needs testing and adjusting regularly. A design of a general - purpose carbon - pile voltage regulator automatic adjusting - testing system is presented which improves the original adjusting method. The mathematical model of the system is built up; both the software and the hardware of the adjusting - testing system are designed, simultaneously the result and error of the system are analyzed.

**Key words:** carbon - pile regulator; automatic adjusting and testing; simulation and analysis