

WJ6G4A 发动机的数字式电子控制系统

南华动力机械研究所 谭风详 陈友彬

一、前言

WJ6G4A 发动机是航空发动机 WJ6 用作铁路机车动力的改型, (双轴), 以动力涡轮带动电机组来驱动机车。发动机用的主燃料是重油, 在起动和停车前用轻油切换。发动机输出功率为 4500 马力。JYZ-01 控制器由数字式和模拟式双通道组成。控制器在试验室完成了部件和系统试验。在 1987 年至 1988 年在发动机上分别完成了用轻油和重油的各种性能试燃和阶段性长期试车任务。证明 JYZ-01 控制器功能完整, 易于调整, 操作方便, 达到了预期设计要求。

二、系统功能和结构

1. 系统功能 控制器的基本功能有: (1) 按发动机加速供油曲线要求能自动起动、加速、减速发动机, 并按大气温度修正供油量, 以保证发动机在起动和加速过各中不喘振、不起温。(2) 保持发动机燃气发生器转速恒定, 使输出功率稳定。(3) 对发动机的重要参数如: n_1 转速、 T_4^* 温度、 n_2 动力涡轮转速进行自动限制和安全性保护。(4) 计算机显示并打印发动机的重要参数值。(5) 如数、模双控制通道同时出现故障, 可用手动方法操纵发动机。

2. 系统结构 系统分为两部分。

(1) 电控部分包括: Z8000 数字计算机系统、模拟控制器、传感器、信号变换电路、功率放大输出电路、电源装置、驱动电源等。(2) 执行机构和油路部分包括: 步进电机、计量活门、断油活门、切油活门、油泵、油滤等。

电控部分的数字控制通道和模拟控制通道是两个并行的、相互独立的通道。它们在外围电路的配合下, 都可以单独完成对发动机的控制。如某一通道出现故障时, 切换到另一通道继续控制发动机。传感器信号变换电路采用多路平行

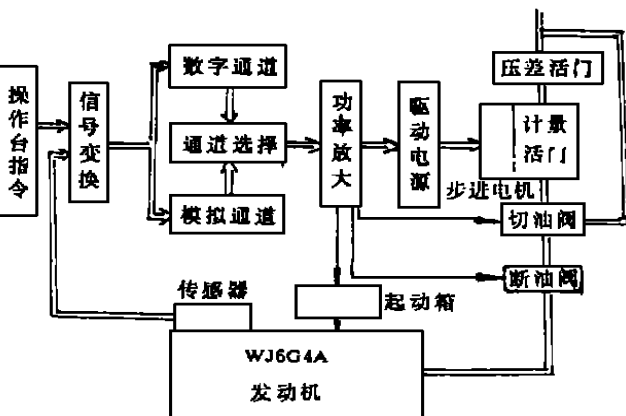


图1 双通道电子控制系统结构图

采样输入, 核心机进行判别选择。系统采用步进电机作为执行机构, 带动计量活门。改变步进电机所走的步数, 即可改变计量活门开度, 改变供油量。系统结构如图 1 所示。

数字控制通道由计算处理部分和输入/输出部分组成, 它们之间由多路暂存器边接。计算处理部分主要包 Z8000 中央处理器、32K 只读存储器、32K 随机存储器。只读存储器存所有控制、测试、显示、打印程序、及所需的原始数据。中央处理机根据此程序执行控制功能。随机存取存储器存放运算中间变量、采样的原始数据。中央处理器的软线也设在此区域。

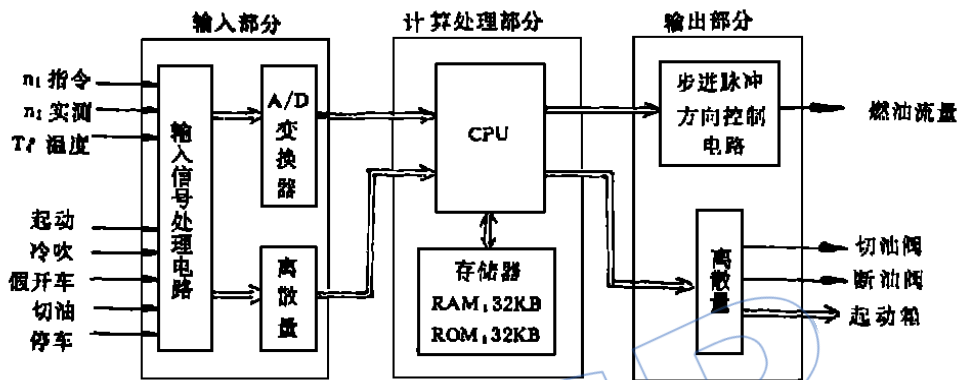


图 2 数字控制通道

输入/输出部分由 A/D 变换器、离散器 I/O 信号、步进电机控制脉冲输出电路等组成。A/D 变换器用 16 路输入 12 位 ADC809, 采样输入 n_1 转速指令信号、 n_1 转速实测信号、 T_4^* 温度实测信号等。离散量输入信号有: 起动、冷吹、假开车、切油、停车等命令。离散量输出有切油电磁阀、断油电磁阀、起动箱等控制信号。数字控制通道参见图 2。

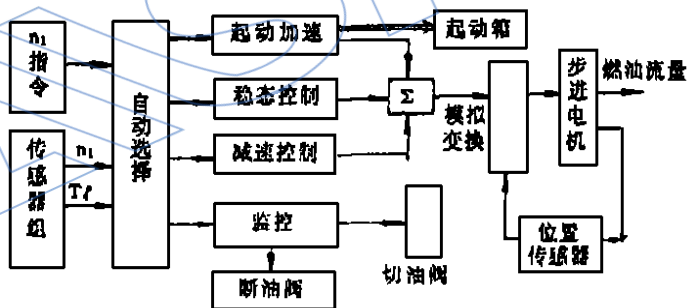


图 3 模拟调节通道框图

模拟控制通道主要由自动选择组件、起动加速组件、减速控制组件、稳态控制组件、监控组件、模拟变换组件等组成(图 3)。自动选择组件主要是根据 n_1 指令转速和 n_1 实际转速之差来选择控制组件。而模拟变换组件将模拟控制信号变换为频率信号, 驱动步进电机。

3. 系统软件 软件设计按 WJ6G4A 发动机的供油曲线及控制保护等要求编制的。总共有九个子程序组成, 关键子程序有四个, 即起动程序、加速减速程序、切油程序和停车复位程序。起动加速程序是将起动加速供油曲线用几段折线逼近(图 4、5)。存储在 Z8000 内存中, 起动时, 微机按发动机 n_1 转速, 依次向起动箱发出控制信号, 完成各种程序起动动作, 并用插值法找出对应的供油量, 经换算后发送给步进电机应转动的步数的增量及方向, 改变供油量, 使发动机转速迅速平稳地达到慢车转速; 并实时监测 T_4^* 温度, 进行安全保护。加速时, 微机在每个控制周期按指令转速、发动机实际转速和实际供油量, 通过函数关系计算出所需

加油量, 与加速供油曲线上该转速的相应供油量进行低选。试车数据见表 1。

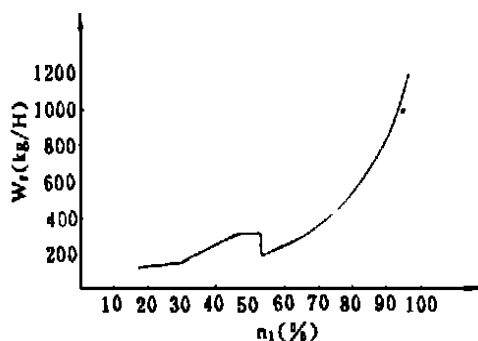


图 4 发动机加速供油曲线

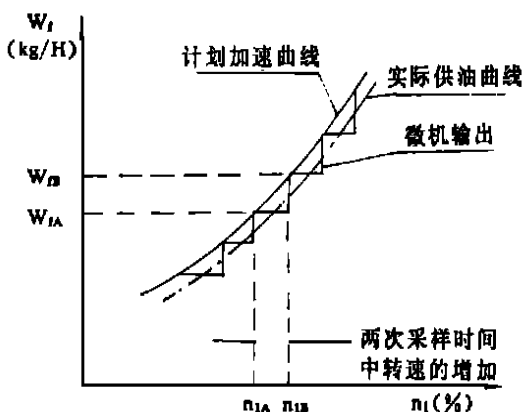


图 5 计划加速曲线与微机控制关系

当发动机进入稳态调节区, 即与指令转速误差不超过 3%, 采用类似于比例控制, 每次增减供油量 3kg (误差大于 0.5%) 或 2kg (误差小于 0.5%), 延时后将采样值与指令值比较。若未到指令值的预定稳态 (0.2%) 范围之内, 则继续增减供油直至达到稳态范围。在每个增减油循环中, 都对 n_1 、 T_4^* 进行监控, 对发动机保护。

减速控制按机车运行的特殊要求执行, 如紧急刹车、起、停频繁荣。

三、研制中主要技术问题

1. 数、模双通道协调工作 本系统以数字控制通道为主控制通道, 以模拟控制通道为备用控制通道。在程序控制箱设计时, 考虑了通道选择、显示, 离散功效、试车指令以及保护等综合逻辑性和硬件可换性。在数字控制通道正常工作时, 模拟控制通道处于备用状态。一旦数字控制通道出现故障, 立即切换到模拟控制通道。

2. 抗干扰技术措施 本系统为消除干扰源、抑制噪声藕全和设计低噪声电路采取了抗干扰措施: (1) 合理选用元器件, 精心设计线路。(2) 合理选择接地点, 采用共地接法和一点接地。(3) 感性负载所致的反电势干扰采用 D 型网络抑制。(4) 对触点抖动和机械振动所致干扰采用 RC 滤波器抑制。(5) 高电平信号线和低电平信号线分开敷设, 灵敏信号线与载有干扰的信号分开, 且屏蔽线或双绞线。(6) 采用光电隔离技术, 如利用光电耦合器的光传输的单极性发光二极管的低阻抗来抑制干扰信号。在强弱电路需要相互隔离的电路中采用了继电器隔离技术。系统中的数字和模拟通道之间也采用了光电隔离技术。(7) 在输入信号抑制板中设置去耦电路。(8) 系统软件采用平滑滤波。

3. 数字滤波 微机对于采样输入数据运用数字滤波方法进行处理, 以消除有用信号中的干扰成分。系统软件采用的滤波方法是取中间值与取算术平均值相结合。微机对于输入信号 (包括 n_1 、 T_4^* 等) 连续进行十次采样, 舍去最大值和最小值, 然后取算术平均值。

3. 采样周期选择 经试验调整确定本系统采样周期 T 为 0.02 至 0.025 秒比较合理。采样周期增加会给系统带来不稳定因素。

A NUMERICAL SOLUTION FOR INSTRUCTION TRACING PROBLEM

Zhang Linguan (*Wuxi Aeroengine Research Institute*)

ABSTRACT

This paper describes a simple numerical solution for instruction tracing problem in the engine multivariable control system. In this method the instruction tracing problem turns into the regulator problem to be solved only by simple algebraic transformation, and the optimal feedback control can be obtained with the matrix Riccati equation. Besides, a practical example is presented in which the method is applied in the simulating an aeroengine control system.

DIGITAL ELECTRONIC CONTROL FOR WJ6G4A ENGINE

Tan Fengxiang, Chen Youbin (*Nanhua Powerplant Research Institute*)

ABSTRACT

This paper deals with the technical problems in developing a dual channel electronic control system JYZD-01 for a modified turboshaft aeroengine WJ6G4A which serves as a powerplant of a locomotive. All performance tests and cyclic duration tests of the WJ6G4A engine burning kerosene and heavy fuel have been done under control of the developed system. The measured data meet the design requirements.

因印刷问题第4卷第4期326页文中公式(10)和(11)不全,特此更正如下,

$$(\phi_n)_{i,1} = (\phi_n)_{i,1+1/18} = 2 \frac{5\Delta y_{i,1} - 16\Delta y_{i,2}}{\Delta y_{i,1}\Delta y_{i,2}(\Delta y_{i,1} + \Delta y_{i,2})} \phi_{i,1}^+ + 2 \frac{16\Delta y_{i,2} - 9\Delta y_{i,1}}{\Delta y_{i,1}^2 \Delta y_{i,2}} \phi_{i,2}^+ + 2 \frac{9\Delta y_{i,1} - 12\Delta y_{i,2}}{\Delta y_{i,1}\Delta y_{i,2}(\Delta y_{i,1} + \Delta y_{i,2})} \phi_{i,3}^+ - \frac{8}{\Delta y_{i,1}} (\phi_r)_{i,1} \quad (10)$$

$$(\phi_n)_{i,jN} = (\phi_n)_{i,jN-1/18} = 2 \frac{5\Delta y_{i,jN-1} - 16\Delta y_{i,jN-2}}{\Delta y_{i,jN-1}^2 (\Delta y_{i,jN-2} + \Delta y_{i,jN-1})} \phi_{i,jN}^+ + 2 \frac{16\Delta y_{i,jN-2} - 9\Delta y_{i,jN-1}}{\Delta y_{i,jN-1}^2 \Delta y_{i,jN-2}} \phi_{i,jN-1}^+ + 2 \frac{9\Delta y_{i,jN-1} - 12\Delta y_{i,jN-2}}{\Delta y_{i,jN-1}\Delta y_{i,jN-2}(\Delta y_{i,jN-1} + \Delta y_{i,jN-2})} \phi_{i,jN-2}^+ + \frac{8}{\Delta y_{i,jN-1}} (\phi_r)_{i,jN} \quad (11)$$