

船用原动机调速系统仿真

李 风 (大连海运学院)

蔡小燕 (汕头公元感光材料公司)

〔摘要〕 本文对船用原动机调速系统进行了计算机仿真,是对“船用原动机调速系统的结构分析”〔热能动力工程1989,4(2);15—20〕一文的后续。给出了6种系统仿真的阶跃响应特性,并且给出了相应系统的动态性能指标:稳定性、阻尼性、快速性。

关键词 船用发动机 调速系统 模拟

一、前 言

文献〔1〕对船用原动机调速系统的结构进行了理论分析,给出了6种系统的稳态误差,在此基础上,本文进而对此6种不同结构的系统进行电子计算机仿真,算出数值并且打印绘制出它们的过渡过程曲线,从而得到系统的动态性能指标(稳定性、阻尼性和快速性)。结合文献〔1〕得出的系统稳态误差,便能对用UG型调速器与船用原动机相匹配而组成6种调速系统的调节品质作出全面的分析与判断,以供运行人员和设计师在设计新型调速系统时参考。

二、仿真说明

1. 被仿真的系统

根据文献〔1〕提供的原动机调速系统线性数学模型框图1和2,将系统分别组成6种结构形式的仿真系统:(1)软、硬反馈俱全;(2)切除硬反馈,保留软反馈;(3)切除软反馈,保留硬反馈;(4)软反馈改

成硬反馈,保留硬反馈;(5)软反馈改成硬反馈,切除硬反馈;(6)软、硬反馈均切除。

将以上6种不同结构形式的系统进行对阶跃输入信号和阶跃干扰信号的仿真。输入信号是转速给定信号,干扰信号是原动机的外界负荷的突变信号,系统的输出信号是原动机的转速。

2. 仿真程序

本文采用的仿真程序是结构图法仿真程序〔2〕。动态响应计算采用四阶龙格——库塔法。面向系统数学模型框图的数字仿真的主要优点是,无需计算系统的传递函数;能方便地考察系统中各个环节的参数改变对系统输出量的影响;可以获得各个环节的动态响应;若系统中有非线性环节也能较方便地加以处理;对各类系统(例如多输入多输出系统、非线性系统等)均能仿真。

三、系统的仿真数据和仿真曲线

下面给出6种系统仿真所得的数据和曲线。

1. 软、硬反馈俱全系统对阶跃输入信

号的响应曲线

(1) 当 $\lambda = 0, \varphi_0 = 1$ 时, 计算机输出的是离散值及离散形曲线, 连接各离散点便得出连续形式响应曲线图形(如图1所示)。由输出值及图形中可找出反映系统动态性能指标:

$$\varphi_{\max} = 1.705,$$

$$N = 2.$$

于是根据所得的 φ_{\max} 值和 N 值可知此系统的阻尼性尚可。

对应着最大值 φ_{\max} 的时间 $t_p = 0.25$ s。

系统的过渡过程时间 $t_s = 1.55$ s。

根据 t_p 和 t_s 的大小, 可知该系统的快速性较好。但是该系统的超调量很大 ($\sigma_p = 0.705$)。

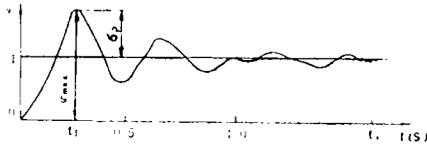


图1 当 $\lambda = 0, \varphi_0 = 1$ 时软、硬反馈具全系统的响应曲线

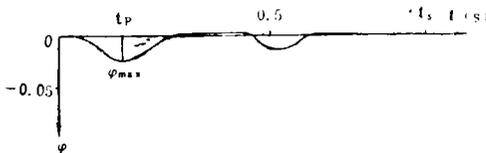


图2 当 $\lambda = -1, \varphi_0 = 0$ 时软、硬反馈具全系统的响应曲线

(2) 当 $\lambda = -1, \varphi_0 = 0$ 时系统的响应曲线如图2所示。由图2中的数据 and 曲线可知: 系统在甩满负荷 ($\lambda = -1$) 而且 $\varphi_0 = 0$ 时是稳定的。从打印数据中可以找到

$$\varphi_{\max} = 3.308\ 52\text{E-}02, N = 1,$$

$$t_p = 0.15\ \text{s}, t_s = 0.95\ \text{s}.$$

综合上述仿真所得的系统动态性能指标, 并且参考[1]中给出的系统稳态误差解析表达式, 就可以对此系统的品质作出判断: 原型系统具有固定形式的稳态误差, 系统在甩负荷时有较好的动态品质, 但系统在

(1) 情况下, 即转速给定值 φ_0 由零突然变到1时, 这时超调量很大 ($\sigma_p = 0.705$), 不能满足要求。因此在升速时常对给定转数的突增量加以限制, 以防止超速。

2. 切除硬反馈、保留软反馈

(1) 当 $\lambda = 0, \varphi = 1$ 时, 系统动态性能指标: $\varphi_{\max} = 1.717\ 22, N = 4, t_p = 0.15$ s, $t_s = 0.85$ s, $\sigma_p = 0.717\ 22$ 。除 N 外, 响应曲线形式类似于图1, 故省略。

(2) 当 $\lambda = -1, \varphi_0 = 0$ 时, $\varphi_{\max} = 3.306\ 08\text{E-}02, N = 2, t_p = 0.15$ s, $t_s = 0.85$ s。响应曲线与图2相似, 故省略。

由以上性能指标可知: 这种系统与原型系统相似, 虽然在甩负荷时的动态品质较好, 但当 φ_0 突变时, 超调量 $\sigma_p = 0.717\ 22$ 很大, 仍不能满足要求。

3. 切除软反馈、保留硬反馈

利用以上给出的原始数据, 仿真表明系统不稳定。若将参数 α/δ 取为5, 其它各参数不变, 则系统稳定。

(1) 当 $\lambda = 0, \varphi_0 = 1$ 时, $\varphi_{\max} = 1.123\ 17, t_p = 0.35$ s, $N = 1, t_s = 1.05$ s, $\sigma_{\max} = 0.123\ 17$ 。

(2) 当 $\lambda = -1, \varphi_0 = 0$ 时, $\sigma_p = 0, N = 0$, 系统的过渡过程为单调上升, $t_s = 0.95$ s。

该系统在两种阶跃输入信号作用下, 其品质参数已均列出。上述性能指标已能完全说明系统的品质, 为节省篇幅, 不再绘出图形。

4. 软反馈改成硬反馈、保留硬反馈

两种输入信号分别作用时的系统响应曲线都是单调的, 无超调, 系统稳定。 t_s 为1 s左右。

5. 软反馈改成硬反馈、切除硬反馈

系统的品质及响应曲线类似于4型系统。

6. 软、硬反馈均切除

对两种不同输入信号的系统响应曲线分

别如图3和图4所示。由此两图显然看出，这两个系统均不稳定，它们不能正常工作。我们在仿真时改变这两个系统的原始参数数值，毫无效果，仍然不能稳定。这是由于控制对象（原动机）的时间常数 T 较大，对象的传递函数 $1/(Tas + 1)$ 在调节过程中可以看成是积分环节，即 $1/Tas$ ，这时若把两种反馈都切除，则系统中存在着两个积分环节（油动机和控制对象均为积分环节），而两个积分环节相串联的系统是结构不稳定系统。对于结构不稳定系统仅仅改变系统的参数，是不能达到稳定的，欲使系统稳定，则必需改变系统的结构才行，最简单的办法是在执行机构的输出与输入端之间，加上一个反馈元件。这样可以得出结论：在切除系统中的硬反馈时，不能把此系统中的软反馈也切除，否则系统不能稳定。

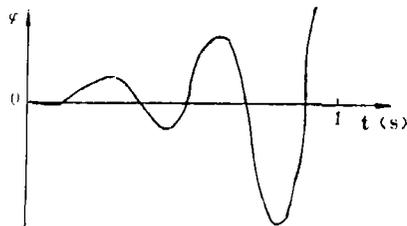


图 3 当 $\lambda = 0$, $\varphi_0 = -1$ 时软、硬反馈全切除的系统响应曲线

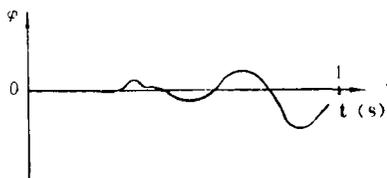


图 4 当 $\lambda = -1$, $\varphi_0 = 0$ 时软、硬反馈全切除的系统响应曲线

四、结 论

1. 对上述 6 种结构形式的系统仿真表明：显然，第 6 种系统是结构不稳定系统，

即切除软、硬反馈，系统不能稳定。这种系统不能工作。第 1 类系统和第 2 类系统在工作时应限制给定转速 φ_0 的突增量，否则超调过大，引起超速保护动作。在实际工程中，可以根据不同被控对象的要求，来选用前 5 种系统。

2. 在上述仿真时，所选用的各参数值不是唯一的，针对各类不同的被控对象，可以选取一组较合适的参数（例如 α 、 δ 、 β 、 θ_0 和 T_i 等）值，以便获得最佳的响应特性和调节品质。

3. 仿真与分析表明：具有软、硬反馈的调速器是适应性较强的调速器。利用此种结构的调速器与原动机相匹配，可以组成多种形式具有较好性能指标的调速系统。

仿真用的原始数据和符号

原始数据：

$T_d = 2 - 3$ s (原动机的时间常数)，

$T_s = 0.0248$ s (油动机的时间常数)，

$T_1 = 0.01$ s, $T_2 = 0.02$ s (调速器的时间常数)，

$T_i = 0.391$ s (阻尼器的时间常数可调)，

$\beta = 1.075$ (阻尼系数)，

$\alpha = 0.5 - 1$ (调速器的系数)，

$\delta = 0.03 - 0.04$ (离心飞块机构不均匀系数)，

$\theta_0 = 0 - 1$ (硬反馈系数)，

α/δ 取为 20。

符号说明：

σ_p —— 系统的超调量，

φ_0 —— 转速给定信号，

λ —— 外界负荷（干扰）信号，

φ —— 系统输出（转速）信号，

φ_{max} —— 系统输出最大值，

N —— 系统的振荡次数，

t_s —— 系统过渡过程时间 (s)，

t_p ——达到第一个极值的时间 (s),
 t ——时间 (s)。

- [1] 李风.船用原动机调速系统的结构分析.热能动力工程, 1989, 4 (2): 15—20
 [2] 涂健.控制系统的数字仿真与计算机辅助设计.华中工学院出版社, 1985

参 考 文 献

Simulation of Speed Governing Systems for Marine Prime Movers

Lj Feng

(Dalian Ocean Transportation Institute)

Cai Xjiao Yan

(Gongyuan Sensitive Material Manufacturing Company in Shantou City)

Abstract

This paper dealing with the simulation of speed governing systems for marine prime movers is the continuation of a previous paper "The Structural Analysis of a Speed Governing System for a Marine Prime Mover" (JETEP, Vol.4(20), 1989, 2, pp 15-20). It presents the step response characteristics of six systems being simulated and also the corresponding dynamic performance criteria, such as stability, damping criterion and fast response.

Key words: *marine engine, speed governing system, simulation*

(上接第27页)

Dnal Microcomputer-based Boiler-Turbine Coordinated Control System for a 200MW Generating Set

Xu Jiyu, Su Rongpej, Yu Daren

(Harbin Institute of Technology)

Yang Huanyi

(Harbin Steam Turbine Works)

Abstract

This paper presents the design version and control unit of a microcomputer-based coordinated control system for a home-made 200MW steam turbine and 670 t/h boiler. A detailed description is given of its working principle, simulation, hardware configuration and measures aimed at achieving reliability.

Key Words: *coordinated control, microcomputer-based control, boiler, steam turbine, simulation, reliability*