

⑤
24-29

辅助设计智能控制器的专家系统

An Expert System Approach to the Computer Aided Design
of Intelligent Controllers

TP391.72

涂亚庆
Tu Yaqing

李祖枢
Li Zushu

黄尚廉
Huang Shanglian

(重庆大学电子信息工程学院)

(重庆大学光电精密机械研究所)

摘 要 对智能控制器 CAD 专家系统的设计思想进行了探索,模仿人在解决复杂问题时的行为功能,提出了辅助设计的二步模型化思想,并介绍了该系统的结构、功能概况、特点、智能控制器的设计过程、系统知识库的内容及模型仿真功能。

关键词 专家系统; 计算机辅助设计; 控制器; 人工智能 / 智能控制器

中国图书资料分类法分类号 TP302.2 CAD

ABSTRACT The idea for an expert system approach to the computer aided design of intelligent controllers(ESCADIC) is discussed and the idea of two step modelling of an intelligent controller is presented on the basis of emulating human control behaviours to solve complex problems. The structure, functions and characteristics of ESCADIC system, and the design procedures of intelligent controllers are given. The knowledge base and simulating functions for designing intelligent controllers are also described.

KEY WORDS computer aided design; controller; artificial intelligence / intelligent controller

0 引 言

随着计算机辅助设计技术的发展,计算机被逐步引入到包括控制系统设计的工程设计领域,形成了计算机辅助控制系统设计(CADCS 或 CSCAD). CADCS 程序包在控制系统离线设计和分析中起到了一定的作用.但是对于不经常进行控制系统设计或没有具体设计经验的用户来说,使用这种软件包难于较好地进行设计.近年来,随着人工智能技术的发展,专家系统技术用于 CADCS 的管理逐步地减少了用户运行 CADCS 软件包所需的各种知识,使设计者能方便地获得满意的结果。

但是,传统的 CADCS 以及智能的 CADCS 所设计的对象(常规控制器)是建立在古典控制理论以及现代控制理论基础之上的.随着人们对自动控制本质认识的深化,控制理论逐步

* 收文日期 1992-06-29
国家自然科学基金资助项目

发展到智能控制理论。设计的对象(智能控制器)要求拥有的智能程度逐渐增加。控制器具有分层的、信息处理和决策机构;在线的特征识别和特征记忆;开、闭环控制结合和定性决策与定量控制相结合的多模态控制;以及启发式和直觉推理逻辑的应用等特点^[1,2]。显然,这样的控制器是不可能仅借助 CADCS 以及智能的 CADCS 来进行设计的。CADCS 以及智能的 CADCS 设计的控制器,在智能控制理论意义下是不具智能的,或是低智能的。因此,本文认为目前正发展的 CADCS 仅解决了软件包使用界面提高的问题,而智能控制器的计算机辅助设计专家系统不仅要求使用界面更加友善,而且要求设计本身拥有一定智能的控制器。要实现智能控制器的 CAD 专家系统,必须采用计算机辅助设计及专家系统技术,而且辅助设计的思想和方法较 CADCS 以及智能的 CADCS 显然有所不同。

1 辅助设计的思想

控制论研究的对象是复杂的控制系统,对它们进行分析、评价、选择和检验时,要涉及到与系统本身和系

统存在环境的许多因素,所以特别需要应用模型化方法考察和表达控制系统,以突出系统和环境的最主要影响因素^[3]。本文认为由于智能控制器是对人控制器的模拟,辅助设计智能控制器的专家系统应在对控制专家的认识与决策行为模拟的基础上,建立具有专家水平的智能控制器。

图1表示了人在求解问题时的思维过程。显然,建立求解问题的模型往往不是一次能够完成的,对复杂的问题必须通过认识、修正、再认识、再修正的反复思维过程,才能使建立的模型逐步完善精确。事实上,无论哪一门科学技术,当它向精确化目标前进时,都是以大脑对所研究的事物和过程的解决办法的形象化认识为基础的,而形象化的认识本质上是人类求解此问题的一种知识。对智能控制器的设计而言,这一知识就是控制专家的认识和决策行为知识,初始的模型就是据此作出的。由于控制决策行为是有精确化目标的,必然导致进一步对初始确定的模型进行细化和量化。这是在上一步对所求解问题进行模型化的继续,是更具体的模型化。在智能控制系统的设计中,按这两步建立模型一般需要反复进行直到满足控制要求为止。

由此,本文提出了一种辅助设计智能控制系统的二步模型化思想,即(如图2所示)首先充分利用专家知识,在验前可获条件的驱动下,对控制系统进行初始模型化。这主要是确定模型的结构、类别及参数值的大致范围,这一较粗的确定是对整个系统模型化的第一步,使设计的模型在充分利用专家知识库内知识的前提下,极大地缩小直接控制时可利用知识的搜索范围,以满足实时控制的需要。其次是在此基础之上,通过系统仿真,并根据对仿真结果的分析进行再一次模型化,即对模型进行细的调整及参数值的确定。这个过程在辅助设计智能控制器的专家系统中应当可以循环进行,直到(至少在仿真下)满足设计的要求。

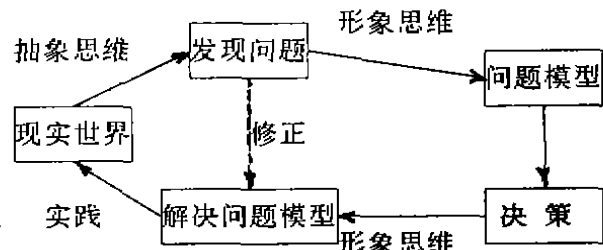


图1

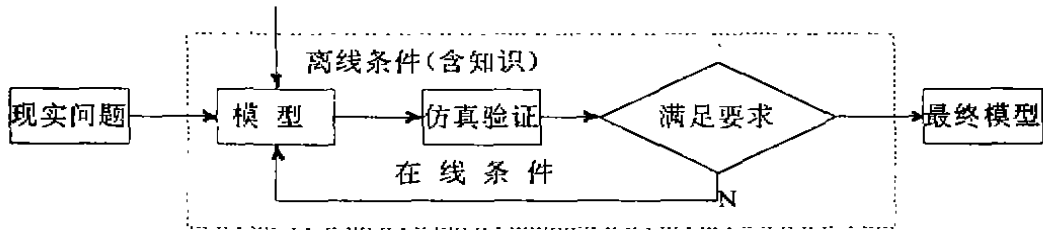


图 2

2 系统结构、功能概况及特点

ESCADIC 是借助计算机辅助设计及专家系统技术设计智能控制器的系统。据以上提出的辅助设计思想,针对智能控制器的设计所需的知识及智能控制器本身具有的知识特点,多专家系统协调、可进行立体交叉设计的 ESCADIC 应具有以下总体功能结构(如图3)。作者用 Turbo-Prolog(2.0)、Turbo-C 及高级 BASIC 语言实现了上述完整系统的最小原型系统。

最小原型系统主要包括设计智能控制系统,建立智能控制系统的模型,智能控制系统的各种仿真以及对分类分级知识库的管理及维护等功能。另外,尽可能地提供了必要的系统帮助及维护功能。如在系统中运行全部操作系统的命令,辅助编辑程序及功能说明等功能。

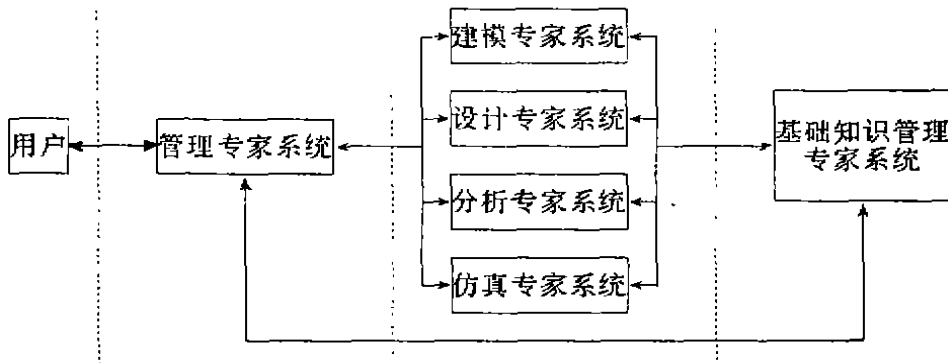


图 3

已实现的系统具有以下特点:

- (1)既便于专家使用,又便于一般设计人员使用。
- (2)能支持建造特征模型,决策与控制所依据的多模态控制模型。
- (3)便于通过反复试凑的过程学习训练,最终使建造的模型在一定条件下达到满意的仿真效果。
- (4)在系统内及建立的智能控制器模型内,能灵活运用人的启发与直觉推理逻辑。
- (5)便于离线研究和总结经验。

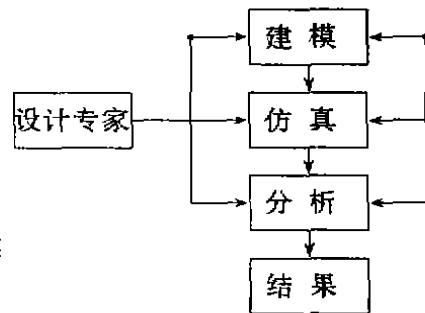


图 4

3 智能控制器设计的过程

由于本系统功能较多,且是一开放系统,可以说应用的方法及步骤随使用对象及目的不同而不同。对系统管理人员,主要应用知识库管理及维护功能对专家系统所用的知识库进行管理;对于智能控制器的设计者,主要应用建模专家系统和已实现的大量仿真过程,在设计专家系统指导下进行。对于智能控制器的设计既考虑可以充分发挥设计人员的主动性,又考虑到对缺乏经验的设计人员具有引导作用。应用本系统的方法及步骤在一定程度上,体现了设计者的能力及本系统功能作用的发挥。

智能控制器的一般设计过程总体上可由图4描述。

按上述二步模型化思想,第一步是在专家知识的引导下建立控制器及对象的大致模型,第二步是在仿真过程中进一步调整此模型,确定模型的参数(阈值)等。这里控制器模型的结构与参数在对仿真结果的反复分析中得到调整,最终得到满足设计要求的结果。

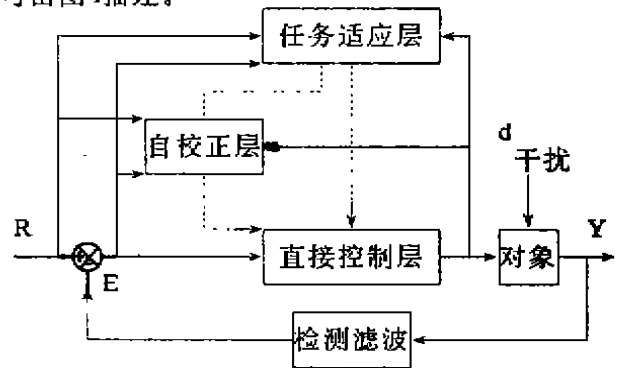


图 5

对于目前已实现的原型系统,设计由设计专家功能执行,建模由建模专家系统进行,仿真由已实现的大量仿真过程执行,分析由设计功能中的仿真结果分析功能执行。

对一种新型的仿人智能控制器(图5)^[2],可得如图6所示的设计过程。在使用者输入的控制要求及验前已知信息的驱动下,进行控制类别,对象类别及大致模型的确定并使其形式化。然后在控制类别确定的基础上进行特征的抽取及其形式化,形成控制器的特征模型及多模态控制模型,即控制器模型。由控制器模型及对象的大致模型构成用于仿真研究的模型,并调用仿真过程进行仿真。对仿真的结果应用分析功能进行分析,据不同情况相应转入图6中的1,2,3,4处。转入1是进一步调整初始所得的控制器模型;转入2是进一步进行模态的确定;转入3是进一步进行特征的确定或对象类别及大致模型的确定;转入4是重新进行控制类别的确定。若对仿真结果的分析已符合设计要求,则输出设计结果,整个设计过程结束。

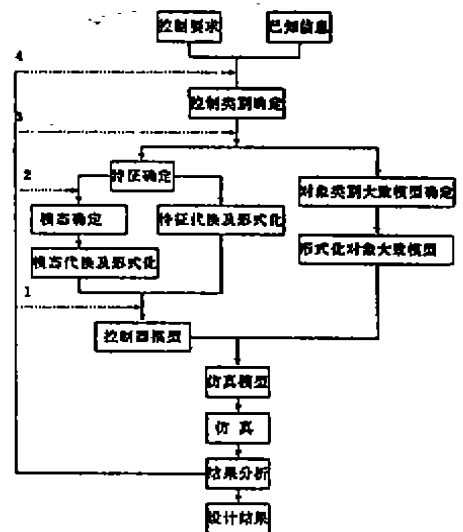


图 6

4 系统的知识库

目前,系统的知识库主要有以下8类:

(1)对象及系统控制性能要求类型判定知识库:通过询问广义对象的特征,如阶跃,抛物线,正弦型等和控制要求有无超调,调整及上升时间大小以及有无非线性条件等,大致确定出对象及控制性能要求的类型。

(2)特征确定(选取)知识库:据知识库(1)确定的大致对象及控制要求的类型,决定选取的特征,以使用这些特征表征类型。此知识库内包含抽取智能控制器各种特征的知识,以适应不同特征的需要。

(3)特征简化(代换)及形式化知识库:知识库(2)确定的特征是字符串形式表达的文字描述,本知识库的目的是将文字描述的特征形式化为算式(有些逻辑条件不再需形式化),并在此基础之上进行简化(代换),以得到更加实用的特征表示形式。

(4)控制模式确定知识库:本知识库的目的是在知识库(1)确定的类型,主要是知识库(2)确定的相应特征下,确定需采用的控制模式。控制模式的组织是采用黑板控制结构。在不同的特征下采用不同控制模式,也可能在同一特征下采用不同的控制模式的组合控制模式。这就必然形成多模态控制的格局,而且将传统控制方式,如PID控制,纳入智能控制范围内。因为PID控制模式,可看作为P或I或D模式的不同组合。

(5)模式简化(代换)及形式化知识库:知识库(4)确定的控制(决策)模式是字符串形式表达的文字描述,本知识库的目的(与知识库(3)类似)是将文字描述的模式形式化为算式(当然,有些逻辑结论也许本身不再需形式化),并在此基础之上进行简化(代换),以得到更加实用的模式表示形式。

(6)确定对象大致模型的知识库:本知识库主要目的是根据知识库(1)确定对象的大致模型。如一阶近似、二阶近似、有无纯滞后、自衡与非自衡等等。

(7)对象模型简化(代换)及形式化知识库:在知识库(6)确定的对象的大致文字描述模型的基础上,确定出其形式,并在此基础之上进行简化(代换),以得到较有用的表示形式。

(8)对设计的智能控制系统模型及用此模型仿真得到的结果进行咨询的知识库:主要包括对设计的智能控制系统模型在仿真前后进行知识的调整,用此知识库协调建模与仿真功能。

对以上知识库每次调用时所得推理的结果,也存入相应知识库内作为历史知识,以便下次遇到相同问题时,直接给出结果。从这个意义上来说,所有的知识库是自增长(也可专家人为输入)和自繁殖的,是开放的库。

目前的知识库内知识很有限,不过我们不难看出,沿着这条路走下去是有前途的。因为智能控制的一个很重要方面就是将智能引入一般非智能或低智能的控制器中,而将专家的智能与一般设计人员的智能引入控制器中的效果是有区别的。我们设计此系统的目的,就是为了便于将专家的知识引入控制器之中,而且利于更好地收集整理专家的知识,使之作为一笔系统的财富逐步聚集起来,提高智能控制器的设计效率,推动智能控制的发展。

5 智能控制系统模型的仿真

本功能主要是对建模功能得到的初步智能控制系统模型进行仿真研究,以便进一步确定(细调)某些关键阈值,验证其模型。本功能收集了有关连续系统和采样系统仿真的主要算法及其相应程序,以及系统参数优化有关程序。可解决线性、非线性、在线、离线、病态、非病态等多种类型系统仿真及单变量、多变量的典型参数寻优问题。

主要由以下十四类仿真程序及其相应输入、输出接口等组成。(1)面向微分方程的数字仿真,(2)面向传递函数的数字仿真,(3)面向结构图的数字仿真,(4)离散相似法数字仿真,(5)逆拉氏变换法数字仿真,(6)时域矩阵法数字仿真,(7)增广矩阵法数字仿真,(8)线性替换法数字仿真,(9)最小拍控制系统的数字仿真,(10)采样控制系统的数字仿真,(11)黄金分割法的数字仿真,(12)外推内插法的数字仿真,(13)PID参数寻优的数字仿真,(14)求系统开环剪切频率的数字仿真。仿真程序主要来源于文献[4]。由于14个过程中,对可利用的信息,如给定、偏差、输出,干扰等均有较统一的标志,故十分便于智能控制器利用。对于建模子系统推出的模型,如是标准的智能控制算法,有编制好的 Turbo-C 或 BASIC 过程,然后在相应位置以子程序调入即可。这样一来减少了大量的技术性工作,极大地方便了设计人员。

6 结束语

为了提高设计智能控制器的效率,首先可在专家知识的引导下建立一个大致控制器模型,然后通过仿真及咨询对模型进行进一步的细化,最终得到性能较好的智能控制器模型。基于此,提出了二步模型化法的辅助设计思想,并基本实现了辅助设计智能控制器的专家系统^[5]。

ESCADIC 系统对辅助设计智能控制器的模型提供了较好的开发环境。作者用此系统探索了智能控制器的设计方法,用此方法在此系统上作了大量的仿真实验,显示了其优越性^[6]。

但是,作者感到以上研究是不很完善的,如知识的获取问题,推出模型的合理评价问题以及推出模型自动转换为仿真过程问题等有待得到更好的解决。

参 考 文 献

- 1 李祖枢. 智能控制理论研究. 信息与控制, 1991, (5): 27~38
- 2 李祖枢, 徐鸣, 周其鉴. 一种新型的仿人智能控制器(SHIC). 自动化学报, 1990, (6): 503~509
- 3 邓燮麟编著. 控制论的模型化方法及应用. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1985. 7
- 4 汪瑞芳等编著. 微机上可实现的系统仿真程序及应用. 重庆: 重庆大学出版社, 1986
- 5 涂亚庆. 辅助设计智能控制器的专家系统. 重庆大学硕士论文, 1991. 3
- 6 Li Zushu, Tu Yaqing, Zhou Qijian, Gao Fuqiang, Hikaru Inooka and Goro Obinata. Design and Application of Controllers Based on Method for Emulation Human Intelligence. AIMAC' 91, Kyoto, JAPAN; 327~332