

汽轮机冷态启动专家系统

王清照 程伟良 杨勇平
(华北电力大学动力工程系)

[摘要]本文基于专家系统开发工具设计了白城发电厂汽轮机冷态启动的专家系统。该系统具有正、反向推理功能,友好的窗口界面,并可显示推理的结论指导现场人员操作。为启动过程快速、高效及智能化顺利地完成任务提供了一种很有效的途径。

关键词 专家系统 开发工具 知识库 规则
分类号 ●TM726.2

0 引言

现代火力发电厂对于安全和经济运行的自动化管理水平要求愈来愈高,随着人员素质的提高和计算机应用的普及,也有可能并且有必要把人工智能的一个分支学科即专家系统应用于火力发电厂来进一步提高其智能化管理水平。已经有了应用于火电厂的汽轮机故障诊断专家系统和凝汽器故障诊断专家系统,解决了现场的一些实际问题。针对汽轮机启动过程要求快速、准确,并及时对出现的问题作出决策,我们采用专家系统,就可指导现场人员操作并对产生的故障作出判断等。本专家系统总体结构是由知识库、推理机和人机接口三部分组成,来完成指导现场操作及故障判断,并显示和打印一些必要的信息和结果。

1 专家系统开发工具

专家系统的基本结构由推理机和知识库构成,并且两者是按相分离的原则设计。知识库中存放求解问题所需的知识,推理机负责使用知识库中的知识去解决实际问题。如果把某一专家系统知识库中与该领域有关的知识移去,只剩下一个专家系统的“骨架”,这个骨架只有必不可少的推理机和控制功能,该专家系统的“骨架”,就是专家系统开发工具。应用合适的专家系统开发工具从事专家系统的研制可提高开发专家系统的产量、质量和自动化水平。我们在这里应用 VP-EXPERT 开发工具进行开发汽轮机冷态启动的专家系统。

2 推理机

推理机的功能是根据一定的推理策略,从知识库中选择有关知识对现场传输来的数据应用规则进行推理,直到得出相应的结论。

收稿日期 1996-08-05 收修改稿 1996-09-04

推理机包括推理方法和控制策略两部分。该系统是一种基于规则的推理。对于表示知识的规则,其推理是采用反向推理方式,即沿着使目标变量赋值的顺序进行;而对知识库中的数据库中的数据采用正向推理方式的搜索方式。

3 知识库的构造

知识库中知识的获取需要知识工程师与领域专家密切合作把领域专家(或称现场有相当丰富经验的专业人员)头脑中的经验性知识整理出来,并用专家系统要求的表示形式即规则存入知识库中,而且在实际应用中要及时进行不断修改和补充,从而使该专家系统逐渐完善。本专家系统的知识库由规则库和数据库组成,各自采用了不同的表示方法。

3.1 规则库

专家系统中,规则库存放着反映某领域的规律及经验性的规则,是有关问题的过程性知识,所有规则的编程在结构上是相同的,这样增加了系统的可读性。本规则库包括三部分:1. 行为模块,包括指导推理机工作过程的内容,并在屏幕上显示说明目标变量的要求;2. 规则模块,它是以 IF……THEN 的格式容纳领域专家的知识,即可给目标变量赋值的规则;3. 陈述模块,其含有 ASK 及 CHOICES 语句等,用来提示用户由键盘输入内容来对变量赋值。

3.2 数据库

专家系统中,数据库存放着反映客观环境和条件的数据,也被称为有关问题的叙述性知识,在本系统中,采用 dBASE III 计算机语言建立数据库存放作为应用规则进行推理的数据。而该数据是通过自动化仪表传输来经模/数转换得来的。

4 白城发电厂 3 号汽机冷态启动专家系统

基于以上专家系统开发工具 VP-EXPERT 的要求,同领域专家相结合,针对该汽机冷态启动过程的具体要求,例如:

- 4.1 暖管过程中必须严格控制金属管壁升温速度,并随金属管壁温度升高,逐渐提高压力,保证管道均匀膨胀;
- 4.2 当转子冲动后,应保证转速在 300~500 r/min,才可进行低速暖机;
- 4.3 升温暖机过程是转速和各部件的金属温度升高的过程,要严格控制金属温升率、各金属部分温差、汽缸与转动部件的胀差和机组振动等等。其中任一指标过大时,都应适当延长暖机时间,使控制指标不得超过允许范围;
- 4.4 当汽机升速至调速系统投入工作时,将自动主汽门全开。机组变为调速系统控制,可调整同步器继续升速;
- 4.5 机组达到额定转速时,对调速系统和保安系统静态试验后,并入电网和带负荷;
- 4.6 机组并入电网后,空负荷和低负荷时间不能过长等。

在冷态启动过程中,如发生故障,要求及时调整参数并消除故障,继续进行机组的启动。其中一些常见的主要故障如下:

- 4.6.1 油系统工作失常,它是用于轴承润滑和调速用等;
- 4.6.2 真空下降,其主要现象是排汽温度升高、真空表指示下降和凝汽器端差明显增大;
- 4.6.3 当水或低温蒸汽进入汽轮机缸内时,会发生水冲击故障;
- 4.6.4 叶片损坏或断落,该现象会产生剧烈震动及不同程度的冲击声;
- 4.6.5 甩负荷,当机组并列带负荷后,由于油开关动作等原因导致机组与电网解列至甩

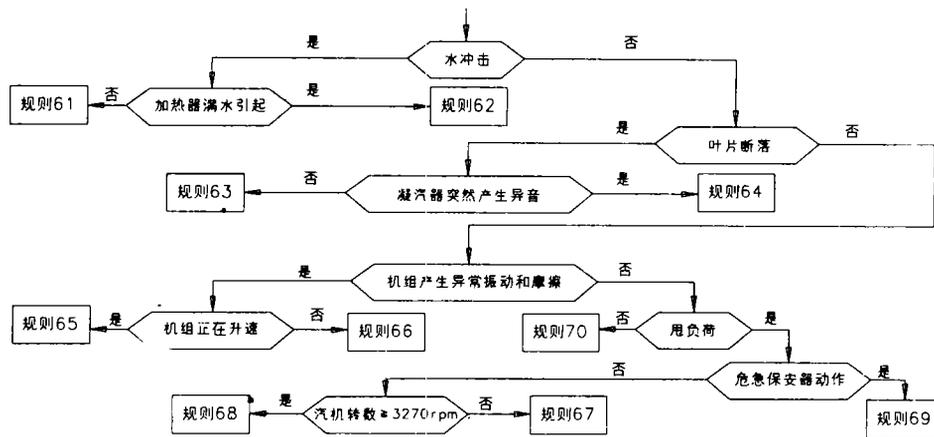
负荷到零;

4.6.6 振动异常,由于疏水不当,使蒸汽带水;暖机不充分;升速过快或加负荷过急;轴承油温过低使大轴弯曲等使得在启动升速和带负荷过程中振动加剧;

4.6.7 厂用电全停,各运行水泵全停、机组发生异常响声和真空下降等。

结合以上介绍编制如“条件结果处理方法”表示形式的规则。这样的规则形成的规则库容量越大,说明该专家系统代替领域专家

解决现场启动过程中处理具体问题的能力愈强。这样的规则列出许多条,各规则中条件和结果的相同情况,也就决定它们之间的联系,这种联系便成为专家系统推理机的推理过程。而且为了避免 VP-EXPERT 向操作人员重复提问,加快推理机工作速度,提高专家系统的工作效率,也需要明确推理顺序,即是程序的执行框图。如上图,为既不占篇幅又能说明问题,仅举出该专家系统关于水冲击、叶片断落和甩负荷等部分程序的执行框图。



依据各条规则的语言描述及推理过程,结合 VP-EXPERT 要求即可完成该专家系统的程序编制,它容纳了该机组冷态启动过程的步骤及遇到事故时的处理方法。在应用它指导汽机启动时,推理机就可根据规则库中规则结合数据库中数据进行推理,把要求操作人员执行的任务显示在屏幕上,也可使用打印机按标准格式输出要求执行的任务等。(略)

5 结束语

目前应用专家系统开发工具已经研制出了在火电厂故障诊断和寿命管理方面许多成

作者简介 王清照 男,52岁,现任华北电力大学动力工程系主任。从事教学和科研工作,主持参加八项科研课题研究,共中一项获电力部科技二等奖,发表论文十余篇,指导硕士生四人次。(通讯处:102206 北京)

熟的软件,在投入使用后显示出了强大的生命力,也越来越受到电力生产部门的广泛重视。同时,随着电厂生产管理水平的日益提高,专家系统的应用会越来越广阔。

参考文献

- 1 赵瑞清. 专家系统原理. 北京: 气象出版社, 1987
- 2 白城发电厂汽轮机运行规程及检修规程. 1985
- 3 王冰晓 & Gariel Silva. 用于故障诊断的知识库系统. 热能动力工程, 1988. 3(4)
- 4 黄可鸣. 专家系统. 南京: 东南大学出版社, 1989
- 5 夏国平. 专家系统开发工具与 VP-EXPERT. 北京: 清华大学出版社, 1984 (渠源 编辑)

programs of "Windows", such as the use of MDI multi-window display, the realization of dynamic call-in of function subprograms, the breakthrough of the internal memory limitation of DOS, etc. Key words: heating network monitoring, system design, Windows application

汽轮机冷态启动专家系统 = An Expert System for Steam Turbine Cold-state Start-up [刊, 中] / Wang Qingzhao, Cheng weiliang, Yang Yongping (North China Electric Power University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 1996, 11(6): 395~397

An expert system for steam turbine cold-state start-up at Baicheng Power Plant has been designed through the use of expert system development tool. The latter has positive and negative inference functions, a user-friendly window interface, and can show inference conclusions to guide on-site workers in conducting operations, thus providing an effective approach for a fast, highly efficient and successful intelligent start-up. Key words: expert system, development tool, knowledge warehouse, rule

沸腾炉旋风燃尽室的冷态及热态试验研究 = Cold and Hot-state Experimental Study of the Burn-out Chamber of a Fluidized Bed Boiler [刊, 中] / Tian Maocheng, Cheng Lin, et al. (Shandong University of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 1996, 11(6): 398~401

A cold-state model test and hot-state combustion test were conducted of the cyclone burnout chamber of a fluidized bed boiler. During the cold-state test investigated and measured were the aerodynamic field characteristics, particle movement, distribution and separation conditiose of the cyclone burn-out chamber. The boiler combustion efficiency was evaluated in the course of the hot-state combustion test. The test results show that it is feasible to enhance the combustion efficiency of fluidized bed boilers through the use of the cyclone burn-out chamber. Key words: cyclone-fired fluidized bed boiler, aerodynamics, combustion efficiency

谈循环流化床锅炉给煤系统的改进 = Some Observations on the Improvement of the Coal-Feeding System of a Circulating Fluidized Bed Boiler [刊, 中] / Xu Zhongping, Fang Weiqun (Thermal Power Plant of Maodanjiang Hualin Group Co.) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 1996, 11(6): 402~404

With regard to the coal-feed interruption phenomena of a fluidized bed boiler coal-feeding

Edited and Published by Harbin 703 Research Institute and Editorial Staff of this Journal

Printer: Printing House of Harbin Institute of Technology

Address: P. O. Box 77, Harbin China

Tel: (0451)5650888—2092

Fax: (0451)5662885

Post Code 150036

Periodical Registration: ISSN1001-2060
CN23-1176/TK

Distributed by China International Book Trading Corporation,
P. O. Box 399, Beijing, China