

火电厂电气工段故障诊断专家系统

邓启民 陈铁军 冯冬青

(郑州工业大学计算机与自动化系)

摘要:本文介绍火电厂电气工段中的故障诊断专家系统,对诊断内容、知识库和知识表达及推理机制等进行了探讨。针对实际中存在的问题,对诊断内容作了进一步的研究。

关键词:专家系统,故障诊断,知识表达,推理

中图分类号:TP317

1 引言

火电厂是能源系统的重要组成部分,待监测和控制的要素多,对可靠性要求高。首先,由于火电厂设备的精度越来越高,结构愈来愈复杂,一般不拆装设备进行测试检查,相应地就要有准确性很高,知识密集型的火电厂故障诊断系统。该系统能充分利用很少信息进行故障诊断。其次,由于火电厂待监测的量品种多、数量大,且有些参数变化范围广、传统的人工或仪表检测已明显适应不了生产的需要。随着计算机技术的发展,采用计算机实现对火电厂的监控和故障诊断是当前国内外研究的热点问题。

国外在用计算机对火电厂机、炉、电监测诊断方面取得了较好的进展。我国进口的多数火力发电系统大都配有此类系统^[1]。国内有些科研单位也对火电厂局部系统采用了计算机监测及诊断。但由于其复杂性,具体实施困难性,对于火电厂监控系统的研究仍局限于对过程参数的检测及诊断,对系统内部故障和硬件故障的研究仍做得不够。这些系统只实现了分散监测而不具备层次故障诊断,未能对整体系统综合考虑和优化协调。

由于火电厂电气部分结构、机理复杂,难以建立精确的数学模型,而专家具有丰富的故障诊断知识。因此,开发了用于火电厂电气工段的故障诊断专家系统,以期解决未能很好解决的问题。

2 火电厂电气部分故障诊断概述

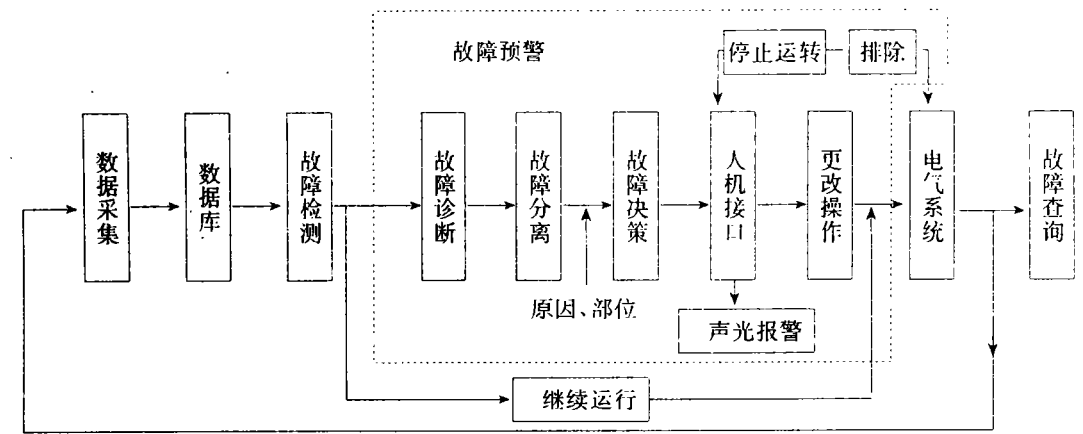
2.1 火电厂故障诊断专家系统基本内容和工作原理如图(1)所示^[2]。

由图(1)知故障诊断主要包括以下四个方面、故障检测、故障诊断、故障分离和故障决策。电气工段故障诊断系统是这样工作的:数据采集系统采集的数据放入动态数据库。通过故障检测系统对过程参数、过程状态及特征量进行检测,当所有过程参数在预定范围内,而且波动幅度也在正常范围内,就认为过程正常,系统继续正常运行。否则就进入故障诊断系统,诊断

河南省自然科学基金资助项目,项目编号:954060100

收稿日期:1995-11-03

出故障源及故障类型(参数故障、仪表故障、系统故障等)。通过人机接口进行声光报警的同时,提示操作人员对诊断结果进行相应的决策。然后重复以上过程。



图(1)专家系统基本内容和工作原理

2.2 火电厂电气工段故障诊断专家系统知识库的组成知识表达

知识库的建立基于二类故障的判别准则：

1)信号故障判别准则

(a)静态准则

$$xi < Ei$$
 (1)

其中 xi 是检测参数,Ei 是常数,为检测故障的下界限值。

(b)动态准则

$$|xi(t) - xi(t - 1)| > ei$$
 (2)

其中 ei 是常数,为检测值变化率故障界限值。

2)系统故障判别准则

(a)静态准则

$$|xi - \bar{x}| > Gi \text{ 或 } xi < Gi^m, xi > Gi^M$$
 (3)

其中 Gi 是常数为运行故障界限,Gi^m 是下限,Gi^M 是上限。

(b)动态准则

$$|xi(t) - xi(t - 1)| > gi$$
 (4)

其中 gi 是常数,为变化速率界限。

归纳总结为：

$$Si(t) = \begin{cases} 1 & Xi(t) > Ei^M \\ -1 & xi(t) < Ei^m \\ 0 & Ei^m < xi(t) < Ei^M \end{cases}$$
 (5)

其中 xi(t)为检测信号,E^M,E^m 为参数,分别为上限值和下限值。

当 Si(t)=1 时;依据深层知识,得出操作不当或某设备故障。

Si(t)=-1 时;依据浅层知识,可判为仪表本身的故障。

知识库中存放的内容是基于专家经验的浅层知识和基于理论知识的深层知识抽取出的规则。这些知识均以产生式规则来表达。具体描述如下：

$$IF x_1 \text{ and } x_2 \cdots \text{and } x_i \cdots \text{and } x_n \text{ THEN } F_i$$

(6)

其中 x_i 为检测信号; x_1 and $x_2 \cdots$ and $x_i \cdots$ and x_n 为前提条件; F_i 为结论。

举一实例,说明产生式规则表达知识方法。

例 1“发电机运行时,运行工况如定,转子电流、定子电压、功率因数、周波都在正常运行允许变动范围内,进风温度、定转子温度都异常升高,可能故障为冷却水系统”,用产生式规则表达故障知识如下:

$$IF (TR - TRO) = \Delta TR \text{ OR } TR > 55 \text{ C}) \text{ AND } (T_1 - T_{10}) = \Delta T_1 \text{ OR } T_1 > 105 \text{ C}) \text{ AND } (TZ - TZO) = \Delta TZ \text{ OR } TZ > 130 \text{ C}) \text{ THEN } GZ = 1$$

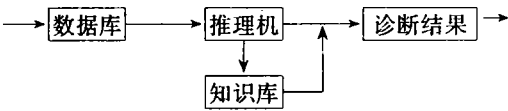
(7)

其中 TR 为进风温度, TRO 为上一时刻进风温度, ΔTR 为允许进风温度温升上限值; T_1 为定子温度; TZ 为转子温度; $GZ = 1$ 代表“冷却水系统故障”。

值得提出的是实际专家系统的知识库要具有较强的可维修性,即随着专家知识的不断积累变化,可增添、修改、删除规则基,而不必修改其它部分。火电厂电气工段故障诊断专家系统知识库是用指令性语言 Quick Basic 构造的结构化程序模块,易于修改,增强了整个系统的灵活性。

2.3 火电厂电气工段故障诊断专家系统推理机的推理方式及诊断过程

考虑到实际中存在的问题,该专家系统推理机采用正向链接推理方式,其推理过程如图(2)所示



图(2) 正向链结推理过程

诊断开始时,推理机自动从数据库中取得实时数据,并驱动这些数据按正向链接推理方式去搜索匹配知识库中规则基的前提条件。若成功,则得出相应结论;否则,继续搜索,直到匹配成功;若搜索遍历整个知识库中规则基的前提条件,匹配仍未成功,则通过分析各个数据及相互关系,推理得出最有可能发生的故障(大部分为仪表故障),同时自动追加一规则基至知识库中,该规则基反映该时刻故障信号及诊断结果。

举例说明上述推理过程:

例 2:“同例 1”,推理机从数据库取得有关数据如表:下表

信号 时刻	电压 V	电流 A A	电流 B A	电流 C A	周波 HZ	入口温 ℃	出口温 ℃	定子温 ℃	转子温 ℃
$t - 1$	6300	1347	1347	1372	50	45	70	100	120
t	6300	1375	1374	1374	49.9	80	75	110	140

推理机驱动这些数据,按正向链接推理,当搜索至例 1 中规则时,由于 $TR = 80 \text{ C} > 55 \text{ C}$, $T_1 = 110 \text{ C} > 105 \text{ C}$, $TZ = 140 \text{ C} > 130 \text{ C}$,与该规则基前提条件相匹配,故得出 $GZ = 1$ 的结论,从而完成了此次推理过程。

3. 结论

火电厂电气工段故障诊断专家系统用 *Quick Basic* 语言开发。作者对整个系统进行了实验室仿真,结果表明,它可对火电厂电气系统 22 种常见故障迅速作出诊断,并给出相应解决策略。其结果是令人满意的。

在线故障诊断专家系统仅有很短的历史,但它对电力工业的未来起着非常重要的作用。对提高电厂设备利用率、效率及利润率举足轻重^[3]。针对这一问题,改进火电厂电气工段故障诊断专家系统将是下一步研究的课题。

参 考 文 献

- 1 范仲元等 《火电厂计算机控制技术与系统》 南京电力高等专科学校出版 1993 年 6 月
- 2 杨良士 钟延炯 《动态系统故障诊断新方法——专家系统》,《信息与控制》 1988. 3
- 3 《火电厂的在线诊断系统》《中国电力》 1993 年第 5 期

A Fault Diagnosis Expert System for Generating Factory Electrical System

DengQimin Chen Tie Jun FengDogQing
(ZhengZhou University of Technology)

Abstract In this paper, a fault diagnosis expert system which is called FDGFES, and used to generating factory electrical system is presented. The authors briefly discuss the diagnosis contents, knowledge base and knowledge representations, and inferencing mechanism. Facing practical problems, the authors furth research into diagnosis contents.

Keywords Expert system, Fault diagnosis, Knowledge representation, Reasoning.