

计算机应用

基于故障树的电力机车故障诊断专家系统

王 轶, 冯晓云

(西南交通大学 电气工程学院, 四川 成都 610031)

摘 要: 分析了我国电力机车故障诊断技术的现状和发展前景, 介绍了电力机车故障诊断专家系统的设计思想和实现方法, 重点解释了利用故障树进行知识获取的过程和方法, 并对系统深入研究进行了铺垫。

关键词: 电力机车; 故障诊断; 专家系统; 故障树

中图分类号: U269; TP274

文献标识码: A

文章编号: 1672-1187(2004)06-0035-02

Electric locomotive fault diagnosis expert system based on Fault Tree

WANG Yi, FENG Xiao-Yun

(College of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: This paper analyzes the current situation and prospect of electric locomotive fault diagnosis technology in our country, presents the design idea and realization method of a electric locomotive fault diagnosis expert system, explains the process and method of its knowledge acquisition based on Fault Tree (FT). It gives the basic to study deep at last.

Key words: electric locomotive; fault diagnosis; expert system; Fault Tree (FT)

目前,我国机车行业的故障诊断技术,基本上还局限在对设备、部件零件等方面的诊断。这些诊断方法,都未涉及整个机车大系统的综合诊断。本文介绍的故障诊断是从可靠性工程的观点来进行的。可靠性工程从宏观的角度去分析故障的可能性、分布以及对整个系统可靠性和质量带来的后果,从总体上以系统的观点来研究和分析故障。电力机车是一种极其复杂的工业产品,产生故障的因素繁多,对整个机车大系统的故障诊断,需要大量的人类专家经验。专家系统是运用大量本领域专家的经验知识和一定的推理方法求解复杂问题的一种人工智能计算机程序^[1]。所以,建立电力机车故障诊断专家系统,能有效地提高机车故障诊断的技术水平,迅速准确地确定故障的部位和原因。

1 电力机车故障诊断专家系统设计

基于产生式规则的故障诊断专家系统具有表达直观,形式统一,模块性强和推理机制简单等特点,一直是诊断专家系统中应用最广泛的一种模式。它通常由四大部分组成:人机接口(界面),知识库,知识处理模块和诊断推理模块^[2]。其工作原理图见图1。

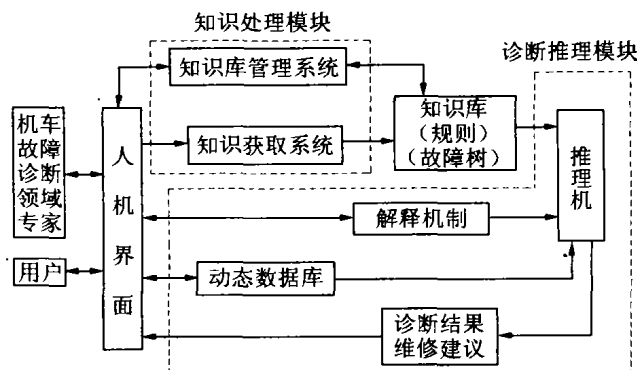


图1 电力机车故障诊断专家系统原理框图

基于产生式规则的诊断专家系统最突出的弱点就是知识获取的“瓶颈”问题,寻求一种有效、简洁、通用的知识获取方法一直是大家关注的问题。将故障树分析法和基于规则的诊断专家系统有机地结合起来能很好的解决该问题。

2 知识库建立

2.1 故障树

故障树分析法(FTA)是分析系统可靠性和安全性的一种重要方法。故障树模型是一个基于研究对象结

构、功能特征的行为模型,是一种定性的因果模型,以系统最不希望发生的事件为顶事件,以可能导致顶事件发生的其它事件为底事件,并用逻辑门表示事件之间关联的一种倒树状结构的逻辑图^[3]。

故障树定性分析的目的是寻找导致顶事件发生的原因或原因组合,识别导致顶事件发生的所有故障模式,即所有最小割集。

2.1.1 故障树节点的重要度概念

重要度 (Importance Factor) 是衡量底事件对顶事件影响大小的尺度。所谓临界重要度 (Marginal Importance Factor, MIF) 是指某一模块在失效和正常情况下,系统可靠性的差别。而诊断重要度 (Diagnosis Importance Factor, DIF) 是衡量一个特定的模块出现故障,对系统可靠性的影响(用概率值表示)。这些量可以用来在故障树定量分析中指引系统的诊断过程^[4]。

在各底事件发生概率基本相同的情况下,低阶最小割集中出现的底事件比高阶最小割集中出现的底事件重要;在最小割集阶次相等的情况下,重复出现次数越多的底事件越重要。

2.1.2 基于故障树的知识获取

故障树分析方式对可能造成系统故障的各种因素进行分析,从而确定各种故障因素的组合方式及传播途径。如将故障树分析法与专家系统有机结合,既发挥了专家系统的故障诊断快速有效的特点,又利用故障树分析法增强了诊断知识的获取,从而保证了诊断知识的完整性。

2.1.3 故障树与专家系统的联系

故障树的顶事件对应于专家系统要分析解决的任务,其底事件对应于专家系统的推理结果,故障树由顶到底的层次和逻辑关系对应于专家系统的推理过程,而割集则是故障树与专家系统诊断知识库的联系纽带。故障树的一个割集就是系统的一种失效模式,它对应于知识库中的一条规则。具体地说,割集中的基本事件对应于知识库中规则的结论(故障源或故障原因),割集中顶事件到底事件的路径,对应于知识库中规则的前提^[5]。

2.2 由故障树生成诊断知识库

2.2.1 故障树定性分析

故障树定性分析的基本结果是求得最小割集,求最小割集的方法主要是下行法(Fussell-vesely法)及上行法(Semanders法)。求出最小割集以后,可以得到简化故障树;对简化故障树增加相应的辅助诊断信息,主要是故障现象描述,故障结论描述,得到扩展故障树;扩展故障树知识再转化成产生式表示的知识存储

于知识库中,形成诊断知识库。具体过程见图2。

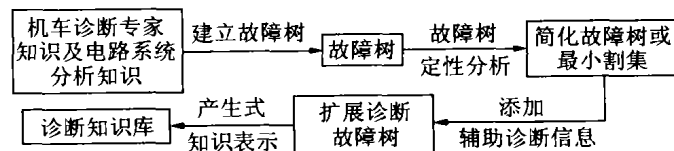


图2 基于故障树的知识获取

2.2.2 知识表示

故障树模型的知识表示方式设计采用产生式规则表示结合框架表示法。框架表示法可以把大系统分成几个子系统表示出来,这在电力机车这样的复杂系统分析中很有意义。产生式规则表示法是目前最常用的知识表示方法,符合人们的思维习惯,有利于知识的清晰表达,最主要的是规则具有模块性,易于增加、删除和修改。根据故障树的不同结构,最基本的规则形式有AND和OR两种。对某一具体的故障树,首先根据节点的不同层次对其进行编号,然后自顶向下根据逻辑关系的不同运用AND和OR两种规则完成知识表示。

2.2.3 故障树定量分析

在数据足够的情况下,能够对故障树各个底事件发生概率做出推断,则应作定量计算。最小割集的故障概率等于它所包含的各底事件概率的乘积,故障树顶事件故障概率可以根据其逻辑关系式推算出来。

由故障树定量分析形成诊断专家系统的诊断决策树(Diagnosis Decision Tree, DDT),可以有效地指导系统诊断和维修,使维修程序尽可能集中。其方法主要有两种:

(1) 系统诊断以前建立决策树。由诊断重要度(DIF)指导系统模块诊断的顺序,以便尽早发现故障源;

(2) 系统分析以前就已大致确定的故障源,再建立其余部分的诊断决策树,由DIF指导诊断^[4]。

由于电力机车是一个极其复杂的大系统,除了本身的电路复杂,元件繁多之外,还要考虑人为、天气、线路等因素,所以底事件元件的具体故障率很难得到。目前系统分析主要是定性分析,并且已经可以对维修起到指导作用,定量分析可在其中的子系统分析中使用。

3 推理机

推理机是整个专家系统处理问题的核心模块,它根据用户提供的故障征兆,利用知识库中存贮的知识,按一定的推理策略逐步求解问题。常用的推理策略有:正向推理、反向推理及正反向推理。电力机车系统复杂,情况多变,采用正反向混合推理机制比较合理。

(下转第49页)

停留就继续加大手柄给定,使牵引电流猛增,会引起剧烈的拉伸冲动。

3.2 下坡道过分相绝缘的操纵方法

3.2.1 纯电阻制动过分相

过分相前考虑过分相期间惰行增速因素,适当降低速度,分段退级,使电阻制动力缓慢衰减。过分相后如需继续使用电阻制动时,调速手柄移至“制”区,出现 50 A 的初制动电流后稍停(SS4 改型机车使用 A 组操纵时,调速手柄一打到“制”区就有 50 A 的初制动电流。SS4 改型机车使用 B 组或 SS1、SS3 型等机车的初制动电流应人为控制,一般不宜超过 100 A),待车钩压缩后再根据需要逐渐往上给,使制动电流稳定上升。

3.2.2 空电联合制动过分相

提前分段解除电阻制动后,稍停数秒,待车钩恢复自由状态后,带闸过分相。过分相后等劈相机、压缩机正常起动后,再缓解空气制动。速度允许时,顶上电阻制动后再缓解空气制动。缓解空气制动前制动电流不要给得太多,一般有 100 A 左右即可。缓解后随即逐渐

提高手柄位置,加大电阻制动力,使之与车辆缓解后的前冲力相平衡为宜。如果电阻制动给得过快过猛,反而会出现前阻后拥冲动。

3.3 多机重联过分相的操纵方法

不连重联线的重联机车过分相时,应严格遵守《机车操纵规程》规定,不得同时进退级。无论牵引还是电阻制动,在分相前本务机车应提前鸣示关汽信号,重联机车复示后,从后往前依次退级。过分相后需牵引或使用电阻制动时,本务机车先进级,待车钩伸张或压缩后再鸣示开汽信号,重联机车复示后再依次进级。

连重联线的两台机车牵引力和电阻制动力都成倍增加,因此过分相需进退级时,更应适当缓慢。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国铁道部. 机车操纵规程[M]. 北京:中国铁道出版社, 2000.
- [2] 闫永革. 机车乘务员通用知识[M]. 北京:中国铁道出版社, 2001.

(上接第 36 页)

(1) 结合机车故障诊断领域专家的经验,根据故障树节点的重要度、设备重要度及故障紧急程度等因素,初步确定故障树中各事件的优先级别;

(2) 根据用户给定的故障征兆(某一顶事件),选取知识库中的某一段故障树,依照故障树中各事件的优先级别正向推理,寻找相应的故障原因(底事件);

(3) 在数据不充分的情况下,往往会有多个可能的故障原因,再用反向推理进行验证。

4 结论

如图 1 所示,电力机车故障诊断专家系统由故障树分析生成诊断知识库。用户通过人机界面提供故障征兆,专家系统利用知识库中存储的知识(包括规则和故障知识),按一定的推理策略(如正反混合推理)逐步求解问题。推理结果再通过人机界面显示给用户。另外,系统还添加解释机制,对规则、故障树以及推理的过程和各中间结果进行必要的解释。用户对诊断知识库进行完善、更新也通过人机界面进行。

将专家系统引入故障诊断是诊断技术的重要发展

方向。电力机车系统结构复杂,工作环境宽泛多样,应用专家系统可以较好地解决复杂系统的系统诊断;利用故障树生成专家系统的知识库,保证了诊断知识的完整性,并较好地解决了知识获取的“瓶颈”问题。但是建立电力机车系统故障树需要大量的专业知识和诊断专家经验,须将系统分解成子系统分别分析建造。作者将在电力机车故障树建造及专家系统创立方面进行深入研究。

参考文献:

- [1] 吴今培,肖健华. 智能故障诊断与专家系统[M]. 北京:科学出版社, 1997.
- [2] 张健,廖瑛,庄景钊. 基于故障树分析法的某型直升机故障诊断专家系统设计分析[J]. 航空计算技术, 2002, (3).
- [3] 朱大奇. 电子设备故障诊断原理与实践[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [4] Assaf T, Dugan J B. Automatic Generation of Diagnostic Expert Systems from Fault Trees[A]. Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium[C]. IEEE, 2003.
- [5] 陈朝阳,张代胜,任佩红,等. 基于故障树分析法的汽车故障诊断专家系统[J]. 农业机械学报, 2003, (9).