

基于PSPICE的视频放大电路故障知识获取方法研究

丁国宝¹, 娄建安¹, 于建海²

(1.军械工程学院, 河北 石家庄 050003; 2.63961部队, 北京 100012)

摘要: 介绍了一种新的逆向思维故障诊断方法。将此方法应用于某型雷达系统内部视频放大电路故障知识的自动获取, 应用结果证实了所提方法可以降低知识获取的工作量以及对专家的依赖性, 能在一定程度上实现知识获取的“自动化”。

关键词: 雷达; 故障诊断; PSPICE; 知识获取

中图分类号: TP306*.3 文献标识码: B

Research on a method of circuit of a video amplifier fault knowledge acquisition based on PSPICE

DING Guo Bao¹, LOU Jian An¹, YU Jian Hai²

(1.Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;
2.The 63961th Unit of PLA, Beijing 100012, China)

Abstract: A new method is presented in fault diagnosis based on the converse thought. Auto-acquires fault knowledge is researched in a video amplifier of radar. The results of experiment prove its feasibility. The approach presented makes the work of knowledge acquisition (KA) engineer easier, and reduces the dependence on experts. It makes the process of KA "auto-matization" in a certain extent.

Key words: radar; fault diagnosis; PSPICE; KA (knowledge acquisition)

雷达系统作为现代战争的“千里眼”, 作用、地位十分突出, 某型炮瞄雷达系统已经开始装备我陆军大部分部队, 成为我军防空打靶训练中的主干设备, 是地面防空系统的重要组成部分, 它可在全天候条件下搜索、发现、监视和跟踪空中目标, 控制火炮对目标实施有效地射击^[1]。但是, 雷达系统也已成为战时首波遭受重点打击的对象之一, 其战损率高, 保障难度大。

电视跟踪系统作为某型雷达的重要组成部分, 是雷达系统保障的重点之一^[2]。本文以某型雷达电视跟踪系统的终端——电视监视器为研究对象, 对其内部的视频放大电路进行分析, 对基于仿真的故障知识生成方法进行研究, 为解决电路故障诊断系统知识获取的瓶颈问题提供了一个可行的方法。利用当前世界公认的PC级电路仿真软件Pspice作为仿真平台, 通过C语言编写的程序控制, 自动生成视频放大器故障知识库。在仿真环境下对电路注入故障不仅可以降低测试费用, 获得有效的故障知识, 而且能降低知识获取的工作量以及对专业知识的依赖性, 有效解决当前电路故障知识获取的难题^[3]。

1 故障知识获取方法研究

知识是诊断系统的核心与关键。把有关信息关联在一起所形成的信息结构定义为知识。知识具有相对正确性、不确定性、可表示及可利用性。目前智能诊断系统中, 知识常被分为深层知识和浅层知识, 所谓深层知识是指相关领域中的理论性知识、原理性知识, 而专家的经验通常被称为表层知识或浅层知识。一般来说, 浅层次的知识有利于诊断效率的提高, 深层次的知识有利于精确解的获得。目前大多数智能系统都比较强调专家经验知识的作用, 而较少关心深层知识, 这在一定程度上限制了智能系统求解的能力^[3]。

针对建立电子装备智能故障诊断系统的知识获取瓶颈问题, 专业人员对故障诊断知识获取技术进行了广泛的研究, 目前主要的方法有以下几种:

(1)基于数据发掘的知识获取方法。该方法是从包含大量真实数据的数据库中提取隐藏的、先前未知的及具有潜在应用价值的信息。

(2)基于模糊粗糙集的知识获取方法。模糊粗糙集是由波兰数学家PAWLAK Z提出的, 可以用于分析不完整、不

技术与方法 Technique and Method

确定的数据, 能够将隐藏在信息系统中的知识以规则的形式挖掘出来。

(3)基于因果图的知识获取方法。1994年张勤教授提出的动态因果图是一种不确定的基于概率论的图形化的知识表达推理方法, 可将产生式规则用直观的因果图表示。

(4)基于免疫算法的知识获取方法。免疫算法(IAs)是近年发展起来的一类求解多模态优化问题的算法, 基于该项技术的知识获取方法是将每个诊断规则看作是抗体群中之一, 通过免疫算子对抗体群进行反复迭代得到最优诊断知识^[4]。

(5)基于人工神经网络的知识获取方法。人工神经网络具有自组织、自学习、自适应能力, 基于人工神经网络的知识获取方法就是利用这些特点, 通过对训练样本的学习自动获取知识。

故障知识获取方法的研究促进了故障诊断技术的发展。目前比较成熟的故障诊断技术有专家系统和故障字典法。但是它们的基本思想都是依靠领域专家的启发性知识, 使用某种描述方法(例如: IF...THEN型规则)建立知识库, 在计算机采集到被诊断对象的信息后, 推理机在一定的推理策略下进行推理, 并通过解释机将系统的推理结果解释给用户, 从而可以迅捷有效地找到故障或者可能的故障, 再由用户进行必要的验证^[5]。

本文提出的故障知识获取思想与以往的故障知识获取方法在实现思路上有所创新, 因此故障诊断实现方法也与上述方法有所区别。它是直接从电路的最基本单元——元器件出发, 对每一个元器件建立比较准确实用的故障模型, 输入到故障模型库当中。然后通过程序控制实现故障模型之间的相互组合, 建立比较完备的故障知识库。

2 视频放大器电路故障知识自动生成的实现过程

2.1 故障器件模型库的建立

故障器件模型指的是对器件在非正常工作状态下的近似描述, 建立的目的是为了模拟器件在故障状态下的行为。目前常用的故障器件模型分为两种: 用于硬故障的构造模型和用于软故障的参数模型。构造模型一般根据器件的物理原理得到, 每种元器件可能产生故障的数目和模式是固定的。例如开路时, 对应的故障引脚电阻阻值设置为无穷大; 短路时, 其对应故障结电阻阻值一般设置为 $5\ \Omega$; 击穿时, 对应的故障结电阻阻值设置为 $700\ \Omega$ (PN结击穿后电阻阻值一般在 $500\ \Omega \sim 1500\ \Omega$ 之间)。在仿真硬故障时采用较为简单的模型, 在开路的引脚上串联无穷大的电阻, 短路引脚用阻值为零的电阻连接, 避免电源同时短路^[4]。

为了尽可能模拟电路中可能产生的所有故障, 参数模型的建立是解决问题的关键。在模拟电路的实际故障当中, 短路以及断路的情况发生的毕竟比较少, 排除起来也较为简单; 电路故障的排除难点在于元器件参数的漂移, 至今仍没有找到很好的解决办法^[6]。本文从元器件的本身出发, 详细分析内部参数与故障现象之间的关系, 进行元器件的参数建模。

参数模型完全建立在器件模型的基础之上, 每一个元器件的故障模型不止一个, 而同类型的元器件也完全可以用同一个故障模型来代替。因此, 完全可以按照元器件的类型进行建模, 根据实际需要建立一定的步长, 通过修改器件模型中的参数值, 建立实用的故障模型。

2.2 PSPICE的工程管理

PSpice软件主要包含5个部分:

(1)输入部分: 主要负责文本或图形的读入和编译;

(2)器件模型处理: 根据用户输入的器件参数将器件表示成数学表达式或参数数组;

(3)建立电路方程: 根据电路结构、元件参数、分析类型等用改进节点法建立方程;

(4)求数值解: 根据分析要求对上一步建立的方程求解;

(5)输出部分: 负责输出结果的后处理^[7]。

如果以PSpice软件作为仿真平台, PSpice软件就真正地成为了一个故障仿真器, 根据故障器件模型建立的原则, 使用Pspice软件中的Model Editor模块^[8], 根据器件手册给出的元器件特性参数建立元器件故障模型, 保存在本工程下的故障模型库当中^[9]。

最后将所有可能的故障情况的仿真结果仿真出来, 然后将每一种仿真结果输入到数据库中, 实现了视频放大电路故障知识库自动建立^[10]。

2.3 VC++编译环境下的程序设计

视频放大器电路故障模型库建立以后, 每一个元器件在故障模型库内均可以找到自己的故障模型, 然而电路故障发生的可能性往往是由故障器件之间的相互组合形成的, 因此可能出现的故障数量众多, 仿真结果数目也十分巨大。如果用传统的手工建立这样的数据库, 不仅耗时耗力, 而且非常难实现。

针对以上出现的难点问题, 本文提出在VC++编译环境下, 利用C语言程序控制已经建立好的故障器件模型自动地去替代原来正常的器件模型, 实现故障模型之间的相互组合, 理论上覆盖了所有可能的故障情况, 建立比较完备的故障仿真知识库。

利用C程序控制命令行, 通过命令行来启动PSpice仿真文件, PSpice可以通过配置命令行参数自定义启动模式。从Design Manager菜单中选择File/Properties命令, 用户可以在命令行文本属性对话框中自定义这些属性, 设置启动参数。通过实验验证了该方法的可行性, 实现了故障知识获取的新思路, 如图1所示。

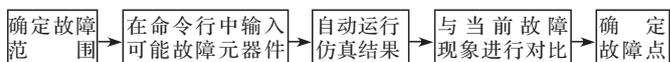


图1 故障知识的获取

3 验证

以视频放大器电路为例进行简单分析。视频放大器原理图如图2所示, 在输入输出端口放置探针, 观察输入输出波形。具体步骤为: (1)根据视频放大器内部电路元器件的

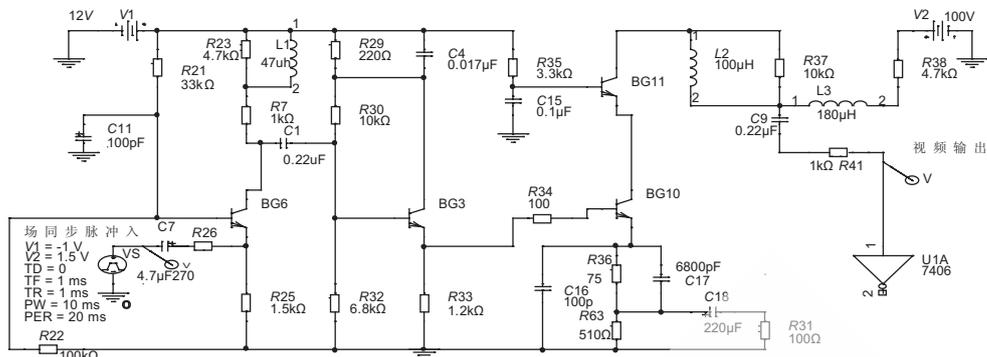


图2 视频放大器原理图

失效方式以及参数建立故障模型；(2)在VC++编译环境下利用C程序控制命令行建立与PSpice软件的链接。根据实际验证，命令行完全可以实现对PSpice文件的启动，而命令行又可以利用C语言程序进行控制。因此对PSpice软件的程序控制难题得到解决；(3)利用C程序控制故障模型库中的故障模型不停地去替换现有的元器件模型，并实现故障模型之间的相互组合，生成视频放大器电路故障知识库。

当电路处于正常状态时，输出波形如图3所示；当R25为故障状态短路时，程序进行自动控制用短路的故障模型5Ω进行代替并运行仿真结果，输出波形如图4所示。同理，完全可以观察到其他任何可能的故障情况所对应的输出波形^[12]。

本文利用逆向思维，提出了基于PSpice仿真的故障知

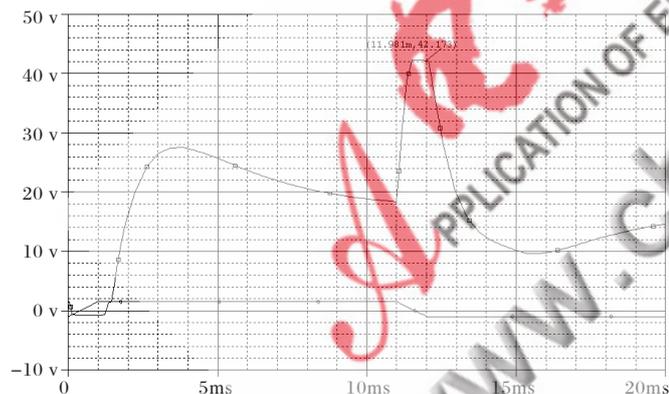


图3 输入输出曲线图

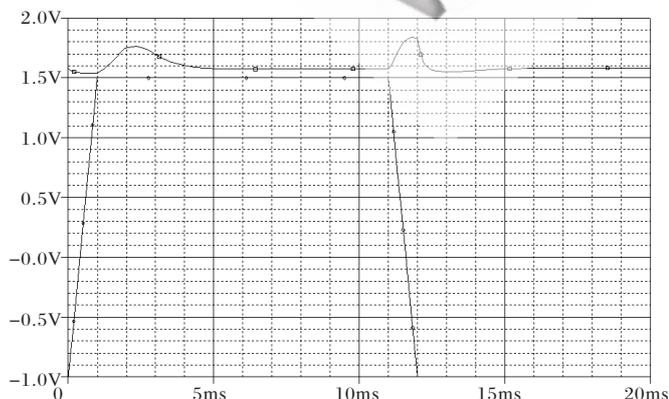


图4 输入输出曲线图

识获取新方法，以电视监视器电路为例具体分析了实现的过程，在一定程度上实现了知识获取的“智能化”。如果根据国家标准，定义元器件的故障失效方式以及具体参数，不断地更新元器件故障模型库，通过填写故障知识，就可以应用到雷达系统中的各个电路模块中，并可以根据不同模块添加故障知识，修改程序。在维护检修过程中，可以对模块进行检测从而缩小检测范围，提高效率，通过更换模块节约成本，结合专家经验设计一套简便而准确快速实用的故障字典。

参考文献

- [1] 段敏, 张锡恩. 基于仿真的通用模拟电路故障知识获取平台[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(1):129-131.
- [2] GATELANI M, GIRALDI S.A measurement system for fault detection and fault isolation of analog circuits[J]. Measurement, 1999, (25).
- [3] 郭梁. 基于仿真的二次电路, 故障知识生成技术研究[D]. 机械工程学院, 2007.
- [4] 贾新章. OrCAD/ PSpice9 实用教程[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005 :86-87.
- [5] 汪建民. PSpice电路设计与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [6] 周东华, 王桂增. 故障诊断技术综述[J]. 化工自动化及仪表, 1998, 25(1):58-62.
- [7] MASANOTTI D, LANGLOIS P, TAYLOR J.A method to model neuron activity. Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference, New York: Aug 30-Sept 3, 2006.
- [8] 祁士勇, 高洪涛. PSPICE在模拟电路故障诊断中的应用[J]. 科技资讯, 2008, (13).
- [9] 罗飞. 通用电路的计算机分析与设计——PSpice应用教程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.
- [10] 许颖. 基于知识的雷达设备故障诊断的研究[D]. 航天部二院, 1992.
- [11] 总装备部通用装备保障部. LLP12型雷达技术勤务与修理[M].
- [12] 李永平. PSpice电路仿真程序设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.

(收稿日期: 2008-12-16)