

基于过程性知识的电气工作票专家系统

敖丽敏^{1,2,3} 张启安⁴ 王树大² 吴庆⁴

(1. 中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083; 2. 现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室,北京 100083;
3. 东北电力学院 信息工程系,吉林 吉林 132012; 4. 白山电业局,吉林 白山 134300)

摘要 针对手工作票和以往工作票系统存在的推理性不足及实用性、通用性存在的问题,研究开发了一种基于B/S的自组开放式电气工作票专家系统。系统涉及的工作票种类有:变电工作票、电力线路工作票及调度停电作业会签票。系统采用过程性知识描述和动态框架等结构方案,使软件系统与电气系统的接线方式及电气设备种类无关,开放的自组平台具有很强的适应性;使用复合自动推理机制生成操作项;使用基于有限自动机的软件工作流程开发模型;使用流程管理解决了工作票工作流程管理中设备主管单位与人员主管单位不一致所带来的问题。

关键词 电力系统;电气工作票;基于对象;过程性知识

中图分类号 TM 76; TP 182

文章编号 1007-4333(2005)01-0044-04

文献标识码 B

Procedural-knowledge-based expert system for transmission and distribution networks electrical-work-order

Ao Limin^{1,2,3}, Zhang Qi'an⁴, Wang Shuda³, Wu Qing⁴

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, Beijing 100083, China;

3. Department of Information Engineering, Northeast China Institute of Electric Power Engineering, Jilin 132012, China;

4. Baishan Electric Power Co., Baishan 134300, China)

Abstract An open and self-forming expert system based on B/S was presented. The system involves several work-order-sheets, such as substation work-order-sheets, power line work-order-sheets and power-failure work-order-sheets. It can be used in transmission and distribution electrical maintenance and dispatching management system. By using procedural describing knowledge and dynamic frame, the expert system with strong adaptability is independent of system connection and equipment. A complex inference engine for generating operation-item and a developing model for software workflow based finite automaton were used in the system. This workflow management system solved some problems that engineers might meet in electrical maintenance.

Key words electric power; electric work order sheet; based-object; procedural knowledge

电气工作票与操作票专家系统是人工智能在电力系统中最早得到应用的领域之一。电力系统设备的检修、试验等工作均要在工作票的约束下完成。目前开发的一些计算机工作票系统存在一些不足,主要问题有:1)推理能力问题,系统功能受到限制。2)实用性问题,工作票自动生成后手工修改量较大。3)通用性问题,由于系统的开发面向给定设备环境,当电力系统中投入新设备时,常常不得不对系统中

设备描述部分进行修改;系统的一次接线方式具有典型性,很多系统建立依据都与系统接线方式相关^[1,2]。这些都限制了系统的通用性和灵活性。针对上述问题笔者研究了基于过程性知识的电气工作票专家系统。

系统的开发以某省电力局颁发的操作运行规程作为主要蓝本,以满足运行管理人员的要求以及实际使用人员的认可作为该系统开发的最终目标。

收稿日期:2004-10-20

作者简介:敖丽敏,教授,博士研究生,主要从事计算机软件和计算机在电力系统中的应用研究。

系统采用过程性和动态框架等知识结构方案,使软件系统与电力系统的接线方式及设备种类无关,开放的自组平台具有很强的适应性;用复合知识表示,全面描述了系统状态,在对系统多层面认知的基础上,复合自动推理机制能够准确无误地自动生成各种操作项和相关信息,例如变电第一种工作票中的“应拉开……”、“应挂/拉……接地线/刀”、“应挂标示牌、应设遮拦……”、“保留带电部分……”和“危险点及控制措施”等。

本电气工作票系统涉及的工作票种类有:变电第一种、第二种工作票,电力线路第一种、第二种工作票,调度停电作业会签票。基于 Web 的系统构成使流动的检修工作人员在有计算机的地方都可以工作。本文中主要以变电第一种工作票为例介绍系统构成。

1 系统结构

1.1 系统硬件网络结构

多人参与、异地工作是检修工作的特点。检修工作地点分布于辖区电网的各个部分,而不同工作票的工作流程又不同;因此一张工作票从产生到存入档案的生命历程比较复杂^[3]。根据这一特点,系统的软件系统选用 B/S(浏览器/服务器)工作方式,硬件结构依赖电力局内的 Web 服务系统(图 1)。优点主要表现在 2 个方面,一是有强大的网络服务器安全系统作保证,二是对各个变电所和检修单位计算机的性能要求不高。

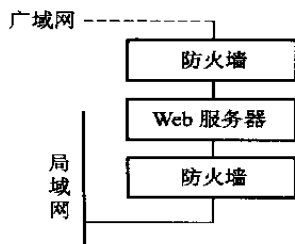


图 1 电气工作票专家系统硬件结构
Fig. 1 System structure of hardware

1.2 系统软件结构

选用跨平台的网络开发环境,软件系统对运行环境没有要求且不会因为服务器升级对系统造成影响。系统软件体系结构见图 2,应用软件结构(以变电第一种工作票为例)见图 3。由浏览器、Web 服务器和数据库服务器构成软件系统的 3 层结构。

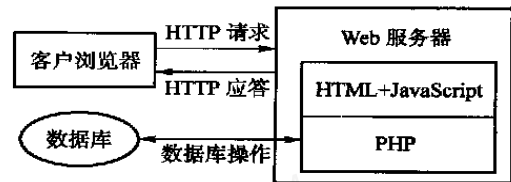


图 2 电气工作票系统软件体系结构
Fig. 2 System structure of software of electric work sheet at distribution

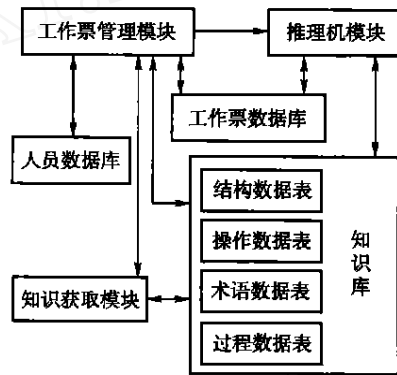


图 3 “变电第一种工作票”软件内部结构
Fig. 3 Architecture of software “The first kind of work order sheet of transformer substation”

1.3 系统知识库结构

系统知识库是系统的关键,正确选择知识表示形式至关重要。任何一种知识表示形式都有其局限性,以变电第一种工作票为例,仅使用一种知识表示形式难以准确描述,故系统采用多种知识复合表示形式^[4,5]。对象结构由[对象名,对象属性集,操作集]构成的元组表示;框架结构由[框架名,槽集]构成的元组表示;产生式知识由[左部,右部]构成的元组表示;过程性知识由上下文无关的函数式语言^[6]描述的逻辑过程表示。

软件系统知识由设备、操作、动态术语和过程 4 个概念空间以及它们之间的相关逻辑构成,其信息分别存放于结构数据表、操作数据表、术语数据表和过程数据表。每个知识结构中各个元素分别由系统中的 4 类数据直接或间接担任。

1) 结构数据表。用于存储电力系统结构数据。结构指电力系统中的各种设备,如开关、刀闸、屏、母线以及主变压器等,表中描述了设备及其属性。每一类设备 1 张表,各种结构数据表构成树形逻辑结构以表示它们之间的概念关系。表结构以及表种类均由使用人员动态建成,即描述是动态的,使用人员可根据自己的习惯和思维方式以及系统逻辑需要对

设备进行描述,可方便地实现设备的增减。变电站结构数据表例见图4。表中前2个字段由系统预定,每个表中都有;其他字段由使用者自行设定,其属性字段信息的值域是相关数据表。以单元表为例,出线刀闸取自刀闸数据表中的设备名字段。

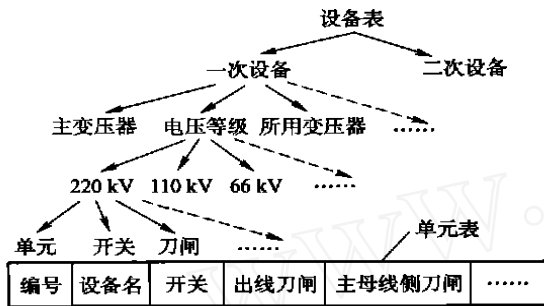


图4 变电站结构数据表例

Fig. 4 Example of structure data-list of power-station

2) 操作数据表。用于存放系统的操作术语,并依据系统涉及的工作票种类将其分类。它是对系统中设备检修任务的描述,是工作票内容推理中数据驱动“源头”的一部分。

3) 术语数据表。用于存放动态术语,采用框架式结构。动态术语由使用人员建立,包括基本术语和根据需要设定的动态信息获取部分。动态槽值动态确定,由过程性知识推理生成。

4) 过程数据表。用于存放过程性知识。所谓过程性知识,在这里就是一组可进行推理计算的中间程序,是由建立在上述3个数据表之上的函数式语言实现的。

上述4种数据表中数据的建立为知识表示建立了数据基础,同时也建立了4种知识表示结构。

知识的描述依据使用人员的工作习惯,模仿操作人员编写工作票的思维过程。上下文无关的函数式语言给使用人员提供了足够的使用灵活性,使其可以充分发挥自己的聪明才智,构建出完整准确的操作描述。系统推理机依据系统的知识库进行推理,自动生成电气工作票。

1.4 系统推理机

推理机是工作票专家系统的主要部件。因为系统中含有多重知识结构,所以推理是由复合推理机实现的。工作人员给出工作票的任务和工作范围作为系统推理的基本信息,由任务和范围组成与之等价的任务黑板,复合推理机根据任务黑板的内容推理生成电气工作票所需要的信息。复合推理机中多个推理机有机结合,相互配合自动推理生成工作票

的操作项,也就是说只要使用人员给出工作任务,系统就可以自动推理形成工作票。复合推理机工作模式见图5。

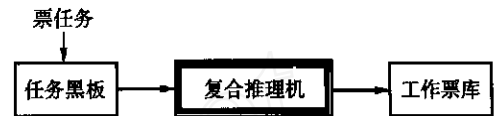


图5 复合推理机工作模式

Fig. 5 Work model of compound-reasoning machine

2 系统功能及实现

2.1 工作票生成

形成工作票的方式有3种:1)系统自动生成;2)调用历史票修改;3)手工录入。

生成工作票是系统的主要工作,下面以变电第一种工作票为例,介绍工作票自动生成过程。

1) 由开票人选择构造初始信息对[工作地点,工作任务]; 2) 由系统形成票任务黑板,黑板信息中包括一组操作任务,任务的形式是[检修设备,检修操作]; 3) 由操作任务推理生成工作票中的各个操作项[应拉……开关和刀闸],[应装……接地线],[应设遮拦……和标示牌]以及[保留带电部分]等。

电力线路第一种工作票的生成,同样是根据选择的[工作地点,工作任务]形成票任务黑板,不仅由工作任务推理生成工作票中的各个操作项[应拉开开关和刀闸,补充安全措施,保留的带电线路或带电设备,应挂接地线],同时还自动生成电力系统的操作简图。

2.2 系统的管理功能

软件系统包含用户管理、流程管理和工作票库管理系统。

用户管理系统的开发将以人为本作为基本点,采用以使用单位组织结构为主的管理模式,人员管理由系统总体控制。在网络中,每个工作人员都以特定的角色存在。系统仿实际人员的组织模式建立局内各个单位的组织结构(树形结构),工作人员信息建立在组织结构上,系统对工作人员的操作权限和操作范围进行限制。工作人员身份作为系统模块激活的主要条件,系统管理员按组织机构将工作人员信息输入,并赋予其一定的职责(例如:工作票负责人、工作票签发人等)。系统采用并发激活机制,不同身份的人员进入系统后,身份检验合格,系统即向其提供相应的功能,包括有权进行的操作、操作可

能实施的对象和范围。对于不同单位的人员同一种操作功能的操作范围有所不同,如变电所人员的操作范围只能是其所在的所,而变电工区人员的操作范围是其管辖的全部责任设备。

网络工作流程管理是网络编程不可忽视的一面。当工作中遇到设备主管单位与人员主管单位交叉作业时,任何一方签发工作票,都不能实现既熟悉设备又熟悉人员的双重要求,自然也就无法正确签发工作票^[4]。工作票工作流程管理很好地解决了这个问题。

新的工作模式是对以往工作模式的改进,设计目标是系统工作的每一步都尽可能自动实现,并为使用人员提供方便。系统除了工作票的操作功能之外,还包括工作票档案管理子系统,对流程中各个阶段工作票的检索操作随时可以进行。

3 结束语

本软件系统的主要特点是:以人为本的管理模式、自组的知识库系统、跨平台的系统模式和 B/S 工作方式,具有动态赋权功能,并可自动生成送电线路第一种工作票的电气简图。

本软件系统针对手写工作票和以往工作票系统工作流程存在的不足进行了改进。采用复合知识表

示方式,根据电气工作票的特点,构建与电气设备及电气接线方式无关的复合推理机,使系统的适应能力增强。

系统的使用减轻了工作人员书写工作票的劳动强度,改变了传统的工作票的工作流程方式,使系统的工作模式更趋于合理,提高了企业的标准化和信息化管理水平^[1]。本软件系统已经在某地区电力系统中得到应用。

参 考 文 献

- [1] 吴宁,闫相国,潘克非,等. 自主式可视化电气工作票系统[J]. 电工技术杂志,2002,(5):42-44
- [2] 刘玉兰,吕慧显,高作学. 面向对象的工作票专家系统[J]. 中国电力,2000,33(5):86-88
- [3] 仕淦.《安规》需增加工作票“双会签”内容[J]. 电力安全技术,2002,4(4):43
- [4] 朱永利,张建,杨子强,等. 面向对象的农网变电站工作票与操作票通用结构[J]. 电网技术,2003,27(4):27-30
- [5] 汤磊,张伯明,孙宏斌,等. 电网操作票专家系统中的通用认知模型[J]. 电力系统自动化,2001,25(11):6-9
- [6] 敖丽敏,汪懋华. 基于交互式语法制导 Web 方式的函数式语言的设计与实现[J]. 计算机应用,2003,23(8):21-22