

一种基于规则的工作票描述语言自动生成算法

吴宁¹, 闫相国², 潘克非³

(1. 西安交通大学计算机科学与技术系, 710049, 西安; 2. 西安交通大学生物医学工程研究所, 710049, 西安;
3. 西安交大辰方科技有限公司, 710075, 西安)

摘要: 为了加快工作票的生成速度和保证操作过程的安全性,提出了一种基于规则的工作票描述语言自动生成算法.根据选定的工作设备,以电力行业知识为基础,由电气系统图自动生成操作设备链表,通过基于规则的推理机制,实现了从设备操作到自然语言的解释和翻译,最终生成完整、准确的操作描述.实验结果表明,所提算法比传统手工方法的生成速度提高约20倍,利用它可以大幅度提高工作票的生成速度,保证操作过程的安全性,有效地降低操作人员的劳动强度.该算法已在数十家供电企业得到了应用.

关键词: 工作票;推理机;描述语言;规则

中图分类号: TM76;TP182 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-987X(2007)10-1224-05

Rule-Based Algorithm for Automatic Generation of Work Order Description Language

Wu Ning¹, Yan Xiangguo², Pan Kefei³

(1. Department of Computer Science and Technology, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. Biomedical Engineering Institute, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 3. Xi'an Jiaotong University Chancefine Co. Ltd., Xi'an 710049, China)

Abstract: To speed up the generating procedure of work order and guarantee the operation safety, a rule-based algorithm for the automatic generation of work order description language is presented. According to the selected equipment and on the basis of the knowledge of the electrical industry, the link list of operating devices is automatically derived from an electrical system drawing. The interpretation and translation from device operation to natural language is established with the help of the rule-based inferential mechanism. As a result, a complete and exact operation description is created. The experimental results show that this algorithm is about 20 times faster than the traditional method. Thus, the labor intensity of operators can be effectively reduced and the operation safety can be guaranteed. The proposed algorithm has been used in tens of electrical enterprises.

Keywords: work order; inferential engine; description language; rule

工作票制度是电网调度管理的重要内容,是电气设备进行安全检修的保证.建立工作票制度,是保证安全生产(人身安全、电网安全、设备安全)的有效措施,也是电力调度部门进行倒闸操作、安排检修的基础.

在西方工业化国家,电力行业的信息管理大都采用了企业资产管理(EAM)系统或企业资源规划(ERP)系统^[1],如德国SAP AG公司的SAP R/3系统.尽管国内部分电力企业也引进了SAP系统,但SAP系统在电气设备的检修、维护管理上并没有得

到充分的应用,原因是其关注的重点和安全管理模式有所不同.我国现行工作票管理制度对工作票有一些特殊的要求,所以在应用 SAP^[2-3]上也有一定困难.

近年来,针对供电企业工作票系统的开发与应用主要包括电网调度工作票管理系统、工作票自动生成管理系统^[4-5]、智能负载分配系统、高压绝缘设备诊断系统^[6-7]、工作票生成的专家系统^[8-10]等.

在上述工作的基础上,本文提出了一种基于电气连通性分析结果的、通过分析推理机的工作票描述语言自动生成算法.

1 描述语言自动生成系统结构

基于推理机的工作票描述语言自动生成系统的结构框架如图 1 所示,主要包括如下模块.

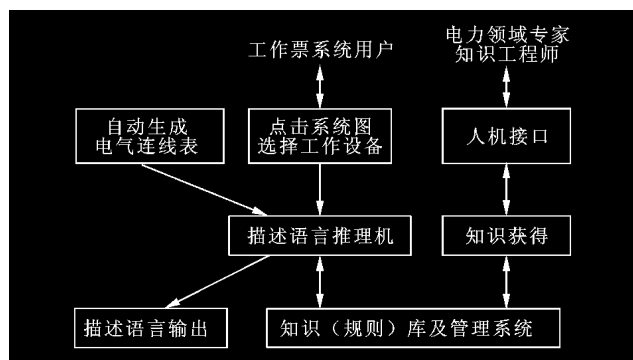


图 1 工作票描述语言自动生成系统结构

(1)人机接口.它是系统与领域专家、知识工程师及一般用户间的交互界面,以完成输入输出工作.

(2)知识获取.基本任务是将领域知识输入到知识(规则)库之中,并负责维持知识的一致性和完整性.

(3)知识(规则)库和管理系统.知识存储领域内的原理性知识、专家的经验性知识以及有关的事实等,它来源于知识获取单元,并为推理机求解问题提供依据.知识库管理系统负责组织、检索、维护知识等.

(4)自动生成电气连线表.一张完整的电气系统图是由多个基本图元通过链表的形式组织起来的,为了达到自动生成工作票的目的,应通过程序来分析电气系统图的拓扑关系,从而生成具有连通性的电气连线表.

(5)描述语言推理机.根据已知的事实,利用知识库中的知识,按一定的推理方法和控制策略对所求问题进行推理,获得推理结果或证明假设条件的

正确性.性能与构造一般的、和知识的表示及组织方式有关,但与知识的内容无关,这有利于保证推理机与知识库相对独立.

2 规则描述和冲突处理

2.1 电气设备分类

要生成工作票,用户首先要根据工作对象(维修的设备)来选择相关设备,系统会依此自动生成维修设备的电气连线表,并产生工作设备链表.根据电力系统的设备特点和行业规范,设备分为可操作设备、接地设备和标识等 3 种类型,其中:接地设备包括地刀、接地线、隔板和绝缘套,标识包括标识牌和遮栏;可操作设备又分为一次设备和二次设备,一次设备包括开关、刀闸、保险、小车等,二次设备包括开关、刀闸、保险、压板等.

2.2 规则定义

计算机进行推理的基础是知识库,它将工作票的生成知识用规则来描述.每次开票时,推理机根据用户命令会动态调用知识库中的规则,自动生成工作票.

根据电力系统工作票管理模式的特点及设备的分类方法,可将自动生成描述语言的规则定义为设备类型规则(规则 1)、设备描述短语规则(规则 2)、操作描述语句规则(规则 3),其中规则 1 可判定所选设备的类型,规则 2 可根据设备类型对输入设备的特性进行分析,生成描述语言中的描述短语,规则 3 将针对选中的设备,再根据当前操作状态类型(票申请、票许可),并在设备描述规则库生成的短语基础上生成相应的操作描述语句.实用例句描述如下.

规则 1:If 设备在一次线路图上 and 设备是(开关 or 刀闸 or 保险 or 小车),

Then 该设备是一次设备.

规则 2:If 设备是一次设备, Then 短语为线路名称+设备名称+设备类型.

规则 3:If 设备是一次设备 and 票申请操作, Then 短语为“应拉开”+线路名称+设备名称+设备类型.

在规则库的基础上,推理机根据规则可自动生成工作票描述语言.例如,在电力系统的电气一次线路图上,当选择建东线 3216 开关时,由规则 1 确定设备类型(一次设备),再根据规则 2 生成描述短语“建东线 3216 开关”.如果目前处于申请票操作状态,则根据规则 3 生成描述语句“应拉开建东线 3216 开关”;如果目前处于允许票操作状态,则生成

描述语句“已拉开建东线 3216 开关”。

2.3 规则优化

在实际操作中,完成一次检修等相关操作可能需要操作多个设备,从而会生成多个描述短语和语句。为了满足用户的具体要求,需要对这些短语和语句进行优化,形成符合要求的规范化描述语言。根据电力系统的行业特点,优化规则分为以下 4 种。

(1)简化描述。根据用户的具体要求,按操作相同、线路相同、设备类型相同这样的顺序进行选择,将具有以上相同属性的描述语句进行简化操作,且合并为一条语句。

(2)不分行、归类描述。把设备类型相同、操作也相同的合并为一个语句。

(3)分行、归类描述。把设备类型相同且操作相同的合并为一个语句。

(4)分行、顺序描述。根据设备在设备操作链表中的位置顺序生成描述语句。

2.4 冲突处理

在某些情况下,利用推理机生成的描述语言可能会出现冲突或语义歧义,此时需进行相应的处理。冲突一般分以下 2 种。

(1)描述冲突。这种冲突一般发生在一些特殊的设备和有特殊要求的操作上,如设备描述规则规定开关的描述格式为“线路+设备名称+设备类型”,而特殊开关则要求为“电压等级+设备名称+设备类型”。

(2)描述混淆。假设要拉开建东线 3216 三相开关的 A 相,生成的描述语言为“应拉开建东线 3216A 开关”,但有可能存在另外一个开关设备 3216A,这样会出现描述混淆。

对于上述 2 种冲突,解决方法如下。

(1)描述冲突处理。对一般的设备类型,定义基本规则,对于特殊设备,定义特殊规则。特殊规则采用优先级策略,优先级按由高到低进行,指定具体设备的顺序为:支线名为基础—模板名为基础—库类型为基础—设备类型为基础—电压等级为基础—变电站名为基础。在规则搜索时也按此优先级进行。

(2)语义歧义处理。在生成描述语言时,如果出现歧义,则在发生歧义的二者之间添加空格。例如,“建东线+3216+A 开关”中第 2 部分的结束字符为 6,而第三部分的开始字符为 A,经语义歧义处理后应为“建东线 3216 A 开关”。

3 工作票描述语言自动生成算法

当用户在电气系统图上选定了工作设备以后,

系统经电气连通性分析,会自动生成与该设备相关的电气连通连线表,进而生成操作设备链表,再由操作设备链表生成工作票描述语言。工作票描述语言的生成算法步骤如下。

步骤 1: 由用户选择工作设备。

步骤 2: 对电气系统图上选中的设备进行电气连接关系分析,得到操作设备链表。在分析过程中,首先断开所有的开关设备和接地设备,然后进行自动分析。该步骤由电气连通性分析算法实现。

步骤 3: 如果操作设备链表不为空,取操作设备链表的第 1 个节点设备,否则转步骤 11。

步骤 4: 操作设备如果需要用设备特殊规则生成描述短语,转步骤 6,否则继续步骤 5。

步骤 5: 根据设备基本规则,生成描述短语,转步骤 7。

步骤 6: 根据设备特殊规则,生成描述短语。

步骤 7: 分析生成的描述短语歧义性,若存在歧义,进行语义歧义处理。

步骤 8: 以生成的描述短语为基础,根据操作规则生成描述语句。

步骤 9: 以生成的描述语句为基础,根据组规则生成描述内容。

步骤 10: 如果未完成操作设备链表分析,取下一个节点设备,并转步骤 4。

步骤 11: 结束描述语言生成过程并输出工作票安全措施内容。

算法中所说的工作设备是指工作票工作的目的设备,也就是说要对该设备进行大修、试验、消缺。操作设备是指,在保证工作票安全的情况下,需要执行安全措施所涉及到的设备。

描述语言自动生成算法的流程如图 2 所示。

4 算法应用

本文的描述语言自动生成算法已应用于陕西省科技攻关项目“基于图形的电气工作票开发平台”,并在西安市高压供电局、甘肃省天水供电局、新疆供电局等数十家企业得到了应用。

工作票生成系统对 1153 开关大修之前生成的电气系统图如图 3 所示,由自动描述语言生成的 1153 开关大修工作票的电气系统图如图 4 所示。从图中可以看出,与 1153 开关相连的设备已根据实际要求进行变位,并悬挂了相应的标示牌且设置了安全遮栏。所有的安全措施均是通过所提算法得到的。对应本实例的拉闸、拉开开关所生成的描述语言为:应

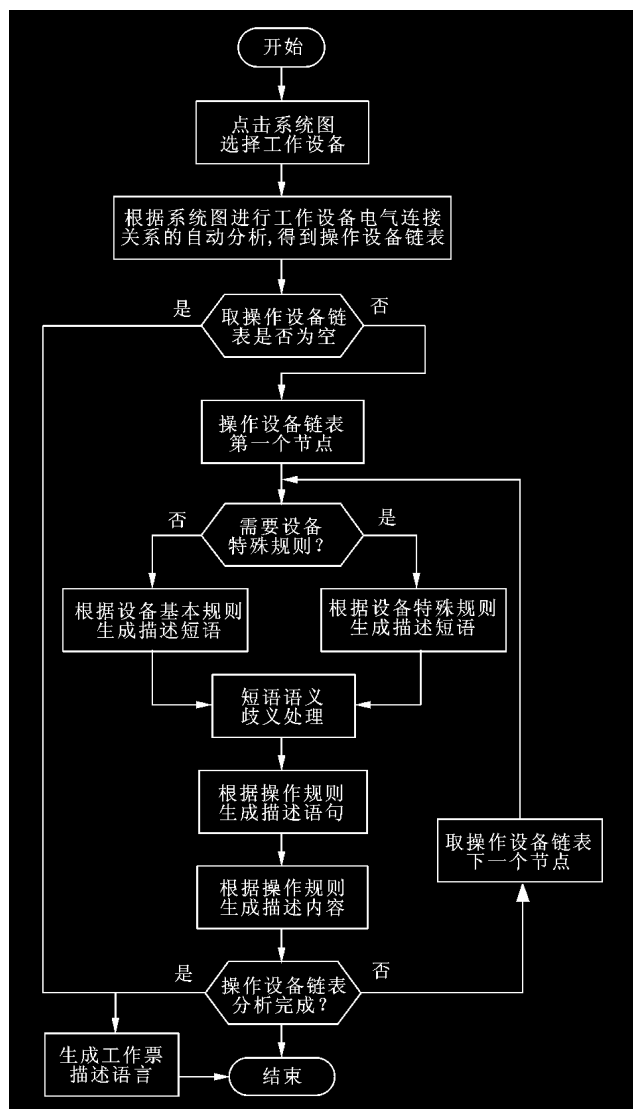


图2 描述语言自动生成算法

拉开 1153 东水开关;应拉开 11532 东水刀闸;应拉开 11531 东水刀闸;应拉开 11536 东水刀闸;断开上述开关及刀闸操作能源;将上述开关及刀闸操作把手锁住。

有关接地线、设置遮栏、悬挂标示牌的描述语言,这里不再赘述。

5 结 论

准确地下发工作票单,可保证电力部门对已投入运行的电气设备及场所进行安全检修、试验。工作票安全措施描述语言自动生成是工作票系统开发的关键技术,本文提出的工作票描述语言自动生成算法是以电力行业知识为基础的,根据电气设备的连通性分析结果,通过推理机推理,可实现设备从图形操作到自然语言的解释和翻译。利用本文所提算法,可加快工作票的生成速度,保证操作过程的安全性,

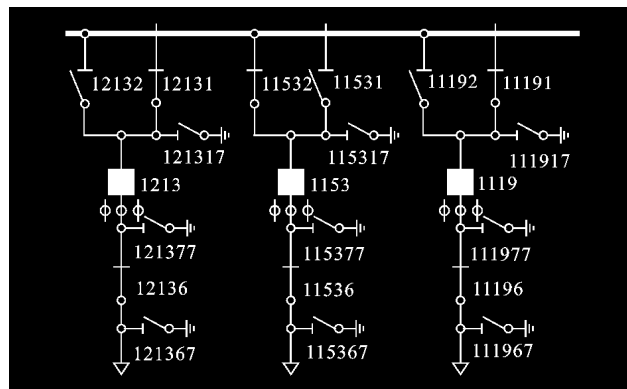


图3 对 1153 开关大修前的电气系统图

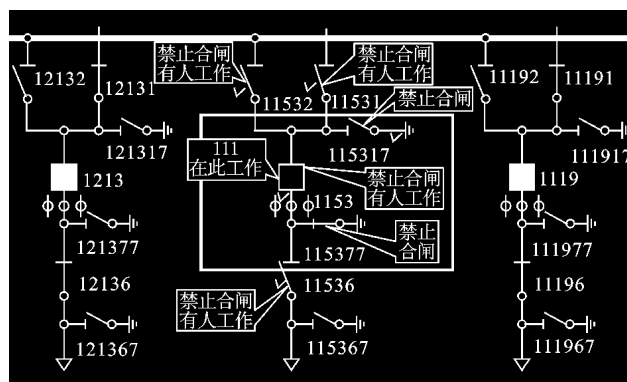


图4 自动生成的带安全措施的电气系统图

有效地降低操作人员的劳动强度。本算法已用于基于图形的电气工作票开发平台,并经过了数十家供电企业的成功应用。

参考文献:

- [1] Curran T, Keller G, Ladd A. SAP R/3 业务蓝图 [M]. 潇湘工作室译. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [2] 尹世明. SAP 的 EAM 解决方案 [J]. 电力信息化, 2004, 2(8):32-33.
Yin Shiming. An EAM solution using SAP [J]. Electric Power Information Technology, 2004, 2(8):32-33.
- [3] 寿猛生. 企业资源计划系统为电力企业增值 [J]. 中国电力, 2003, 38(1):75-78.
Shou Mengsheng. ERP system increases value for power enterprises [J]. Electric Power, 2003, 38(1): 75-78.
- [4] 陈裔生, 蔡泽祥, 尹亮, 等. 变电检修管理一体化工作票研究 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2005, 17(6):67-70.
Chen Yisheng, Cai Zexiang, Yin Liang, et al. Research on integrative work sheet of substation equipment maintenance and repair management [J]. Proceedings of Electric Power System and Automation,

- 2005, 17(6):67-70.
- [5] 李志勇, 朱政. 电网调度工作票管理系统的优化设计[J]. 河北电力技术, 2001, 20(3):29-31.
Li Zhiyong, Zhu Zheng. An optimized design of work sheet management system for power network dispatching [J]. Hebei Electric Power, 2001, 20(3):29-31.
- [6] Park C, Lee Y, Kim D, et al. An inference technique based on semantic primitives for the development of intelligent load distribution systems [C]//2006 International Conference on Power System Technology. Piscataway, USA: IEEE, 2006:1-5.
- [7] Zalis K. Application of expert systems in diagnostics of high voltage insulating systems [C]//Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Solid Dielectrics. Piscataway, USA: IEEE, 2004:691-694.
- [8] 敖丽敏, 张启安, 王树大, 等. 基于过程性知识的电气工作票专家系统[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(1):44-47.
Ao Limin, Zhang Qi'an, Wang Shuda, et al. Procedural-knowledge-based expert system for transmission and distribution networks electrical work order [J]. Journal of China Agricultural University, 2005, 10(1):44-47.
- [9] 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.
Liu Yulan, Lu Huixian, Gao Zuoxue. An object-oriented programming (OOP) based expert system for electrical work order [J]. Electric Power, 2000, 33(5): 86-88.
- [10] 刘小冰, 张学军, 陈佩林, 等. 基于面向对象技术的继电保护工作票专家系统[J]. 电力学报, 1999, 14(1):40-42.
Liu Xiaobing, Zhang Xuejun, Chen Peilin, et al. The expert system of relay protection work ticket based on oriented object technology [J]. Journal of Electric Power, 1999, 14(1):40-42.

(编辑 苗凌)