

基于变电站操作票专家系统的评价系统设计

张文楷, 张东英, 徐珊

(华北电力大学电气与电子工程学院, 北京 102206)

摘要: 国内现有的变电站仿真系统大多数只提供操作票的开票功能, 但是往往新学员对重点线路的操作或者是在处理复杂的倒闸操作任务上缺乏经验, 记忆强度也不够。因此有必要在提高培训强度的同时以扩充新功能优化软件的方法来增强培训效果, 针对以上问题, 在基于自主研发的变电站操作票开票系统基础上提出了统计受训人员操作步骤、完整性评估、正确性评估、操作顺序评估四个方面的校验层次, 围绕着这四个校验层次搭建了操作票评价系统的总体设计平台。

关键词: 变电站; 仿真系统; 操作票; 评价系统

Design of operation assessment system based on expert system of dispatch operation sheet in substation

ZHANG Wen-kai, ZHANG Dong-ying, XU Shan

(School of Electrical & Electronic Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: Most domestic substation simulation systems only provide the function of generating dispatch operation sheet and the new personnel always fail to cope well with the operation for the vital network and the complex dispatch task due to their lacking of practice and shortage of intensive memorization. It is necessary to enhance the training intensity while the new function should be implemented for optimizing in order to promote training effectiveness. For above problems, statistics of operation steps, integrity assessment, correctness assessment and the operation sequence assessment in this passage are presented based on the self-invented substation simulation system of generating dispatch operation sheet. The general platform of evaluation system for dispatch operation sheet is constructed surrounding four check levels for calibration.

Key words: substation; simulation systems; dispatch operation sheet; assessment system

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)09-0078-04

0 引言

现在大多数变电站以及调度仿真中心都可以利用不同的电力软件结合 SCADA 系统^[1]开具实时或者离线操作票, 但是在受训人员对某项任务操作完毕以后, 如果能够及时对操作者的操作正确性进行现场评估的话, 这样会更好促使受训人员迅速发现错误, 做到印象深刻从而提高培训效率。本设计也可以运用到受训人员岗前考核当中去, 根据培训期间评价系统给出的多项操作平均成绩分配岗位, 针对以上的问题本文提出了基于操作票系统的操作票评价系统设计。

1 评价系统的运行环境配置

操作票评价系统对倒闸操作进行有效评价是建立在操作票开票系统基础上的, 国内大多数操作票开票系统都是基于人工智能的专家系统开发的, 本文所运用的操作票系统是华北电力大学电力系统研

究所自主研发的操作票开票软件。

本开票系统开票形式包括点图开票和自动开票两种模式, 自动开票模式需要提前人为设置参数不利于现场培训, 本设计主要运用点图开票模式。在人机界面上可以直接在主接线图上点击需要操作的设备, 无论是一次设备和二次设备都可以通过主接线和可视化界面进行操作, 同时可以利用可视化技术对室外设备进行监控, 点图开票是本设计进行的前提条件。

2 评价系统的校验因子设置

评价设置是评价系统中评判标准的体现, 本文针对仿真与现场实际的比照提出了统计受训人员操作步骤、进行完整性评估^[2]、正确性评估、操作顺序评估四个方面的校验层次。

(1) 统计操作步骤是为了和存放在 Access 数据库里的标准票进行比较, 程序通过 ODBC 与数据库连接, 它能使应用程序访问以结构化查询语言作为

数据访问标准的数据库管理系统的数据库,从而判断步骤数是否与标准票一致,针对步骤数的多少出入进行有选择性的后续操作。

(2) 完整性评估主要对五个部分进行校验:附属检查项、验电检查项、巡视设备检查项、二次设备的投切漏项检查以及过程操作检查项。完整性校验主要是通过扫描预先存放在数据库里本次任务需要操作的间隔和设备代码以及这些检查项的标签,然后对比实际操作过程,以确定操作项是否被操作。

a. 附属检查项

断路器拉合后的分合闸状态检查,挂接地线后的分合闸状态检查等等都属于附属检查项范围,凡是在设备状态变更后都需要对设备的目标态进行确认检查,以避免诸如高压断路器偷跳闸、假合闸等^[3]情况在后续操作中引起事故的发生。

b. 验电检查项

c. 巡视设备检查项

巡视检查项主要是针对在复杂操作中在阶段性操作之后对某些设备的运转情况进行检查,诸如“检查母线已经具备送电条件”、“检查1号主变压器110 kV侧负荷确已由2号主变压器带出”、“检查101开关三相电流正常”。

d. 二次设备的投切漏项检查

e. 过程操作检查项

在操作票的执行过程中,往往会遇到一些设备的操作属性不易界定的情况,其既不同于典型的二次设备操作也不属于巡视设备检查项操作,例如“启用检测同期装置”,“将290开关保护定值改为代261开关保护定值”等等,本文将这一系列的漏项操作归并为过程操作检查项。

完整性评估设置的目的主要是检查运行、热备用、冷备用、检修状态相互倒换过程中相关人员进行操作时是否遗漏操作步骤,变电站值班人员和调度员在进行事故处理和复杂的倒闸操作的时候容易遗漏某些操作项,这些情况的存在为电网的正常运行留下了隐患。

(3) 正确性评估

正确性评估主要是检查操作过程中对设备的操作是否得当。是否误拉合设备、二次设备多态性操作是否正确、挂接地线数目校验都是评估的设置对象。在整个评价系统的校验过程中,都需要用到五防^[4]规则程序,五防^[4]规则在四个层次校验方面特别是对一次设备的操作起到了全局控制作用。

a. 是否误拉合设备

b. 二次设备多态性操作是否正确

二次设备的多态性操作主要是针对一些切换把

手在不同档位具有不同的作用,例如重合闸的切换形式有单重、停用以及综重,如果对设备运行情况不了解,容易引起误操作,造成多次冲击断路器或者造成人身伤亡。

c. 地线接地数目校验

在断路器和馈线线路检修的时候,挂接地线数目不一,在由检修转其他状态的时候应注意正确操作地线组数,以免造成接地合刀闸的恶性事故。

在正确性评估检查中,主要是针对在整个操作票的操作步骤中保证操作的正确性,避免误操作的出现,线路操作应避免误操作其他间隔设备,对仿真保护屏的模拟操作应该注意二次设备的多态性操作和选择。

(4) 操作顺序评估

在操作顺序校验中,主要是将受训人员的操作步骤顺序与数据库中各种设备所定义的规则进行匹配,符合匹配条件以后按照人为设置的逻辑关系进行校验。设备的规则简单地讲就是操作设备之间的动作逻辑顺序关系,基本上每个设备都有自己的操作规则,倒负荷倒母线、停用变压器、检修母线、检修变压器这类复杂操作都是由单个设备规则按一定的组合顺序进行操作的。

a. 一次设备操作顺序评估

一次设备操作顺序的校验判断是基于拓扑接线分析的规则校验,可以通过对断路器、隔离开关的连接关系和分合状态进行分析,判断系统的带电情况以及断路器、隔离开关的综合信息。

b. 一二次设备配合操作顺序评估

一二次设备配合的一般原则是在停电过程中先拉一次设备后退保护,送电过程中先投保护后合一次设备。简单的二次设备的逻辑顺序主要是依附相应的一次设备,在程序中,搜索到要操作的一次设备后,找到与它相关的二次设备,通过比较相关二次设备的状态和系统运行实时库中该二次设备的状态,来判断该二次设备的状态是否满足一次设备操作前或操作后对此二次设备的状态要求。

简单的一次设备动作顺序和简单的一二次设备配合是可以通过规则制定的,但是制定适用于整个电网的通用性方案是目前人工智能在电力系统中的应用还难以解决的问题,只能根据厂站实际情况通过通用性规则以及结合人为选择来进行局部仿真解决。

3 评价系统架构设计

3.1 评价系统算法流程

操作票评价系统的实现需要建立完整而缜密的

算法流程,面向对象的 C++程序设计^[5]是本次设计所采用的编程语言,清晰的算法流程是整个研究的核心。

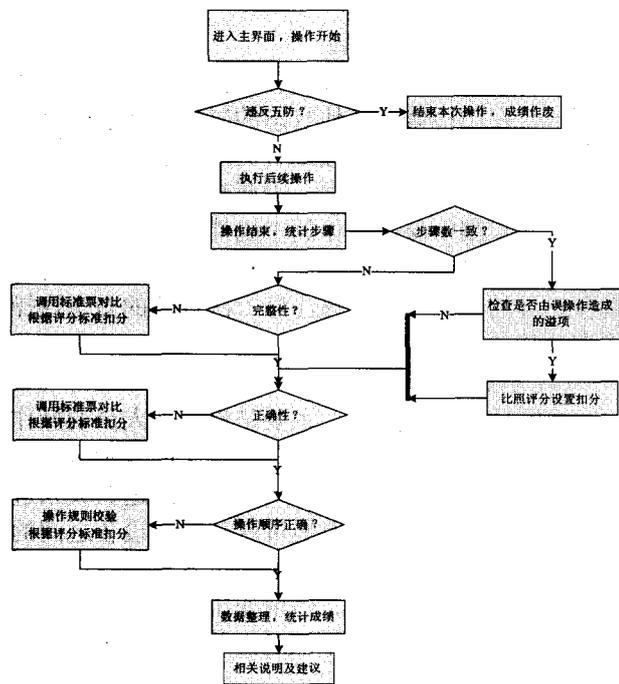


图1 操作票评价系统算法流程图

Fig.1 Flow chart of assessment system

3.2 评价系统计分模块

本评价系统的成绩统计功能主要通过引入百分制的计分模块来实现,程序将按照完整性、正确性和操作顺序逐层进行审核,模块图表结构如图2所示。

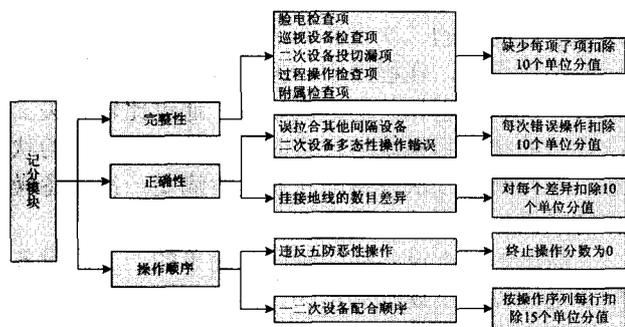


图2 计分模块示意图

Fig.2 Calculation module chart

4 实例模拟分析

4.1 宁扬II线由运行转检修任务

现利用鄂尔多斯杨四海220 kV仿真集控站宁扬II线的具体操作任务来说明评价系统的评价过程,

首先在主接线上进行点图开票,从主接线上选择需要操作的设备,在弹出的对话框中选中操作类型,根据所选的设备和操作类型开始判断、校验,如果符合规则就生成一条记录项,如果不符合则根据规则表中的解释给出提示。

操作过程如图3、图4所示,一二次设备的操作实现可以通过可视化功能完成,操作完毕以后操作记录自动存放在 Access 数据库。

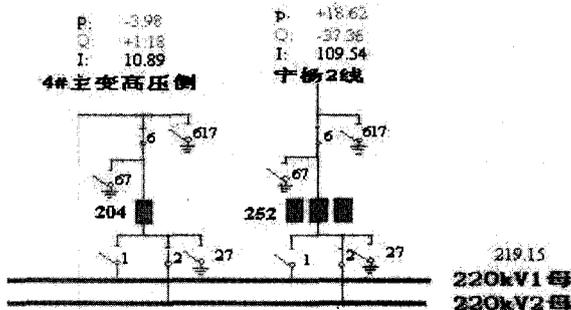


图3 鄂尔多斯杨四海220 kV仿真集控站部分接线
Fig.3 Partial wiring diagram of 220 kV simulation station in Yangsihai of E'erdusi

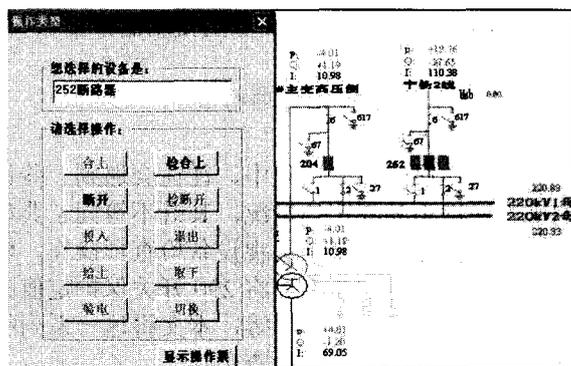


图4 宁扬II线点图开票操作示意图

Fig.4 The illustration of the graphic mode for generating dispatch operation sheet

根据评价算法和评价系统计分模块的设计,算法流程的程序逐步对操作步骤进行校验并在 Access 数据库记录正确和错误信息,系统自动在 Access 数据库以表格的形式记录操作任务名称、操作项内容、设备编号、设备初始态和目标态等相关数据。图5是福建三明220 kV列西变电站216开关由运行用转检修的数据记录表格图。

4.2 评价系统评价报告

当宁扬II线由运行转检修任务点图开票结束的同时,会在数据库里生成类似图5的表。操作完毕以后马上开始进行完整性的校验,漏缺项错误存放在临时数据库里,操作正确性和操作顺序都通过 Access 数据库记录操作的正确与否,“操作类型相

关说明”里面针对每项正确和错误信息附加相关说明。最后各种信息进行汇总统计, 最后自动生成操

作票评价报告如图6。

操作任务名称	序号	操作项	设备编号	操作属性	操作类型相关说明	分值显示	初态	终态
216开关由运行用转检修	1	拉开列西变216沙列开关断路器	KLx216Z1	正确	分闸操作正确	不扣分	1	0
216开关由运行用转检修	2	检查列西变216沙列开关断路器三相确在断开位置	KLx216Z1	正确	分闸状态正确	不扣分	-2	-2
216开关由运行用转检修	3	拉开列西变2163刀闸隔离开关	SLx2163Z1	正确	操作正确	不扣分	1	0
216开关由运行用转检修	4	检查列西变2163刀闸隔离开关在断开位置	SLx2163Z1	正确	分闸状态正确	不扣分	-2	-2
216开关由运行用转检修	5	拉开列西变2162刀闸隔离开关	SLx2162Z1	正确	操作正确	不扣分	1	0
216开关由运行用转检修	6	检查列西变2162刀闸隔离开关在断开位置	SLx2162Z1	正确	分闸状态正确	不扣分	-2	-2
216开关由运行用转检修	7	合上列西变2166丙接地刀闸接地刀闸	SLx21663Z1	正确	操作正确	不扣分	0	1
216开关由运行用转检修	8	合上列西变2166乙接地刀闸接地刀闸	SLx21663Z1	错误	缺少验电项	-10	-3	-3
216开关由运行用转检修	9	合上列西变2166甲接地刀闸接地刀闸	SLx21662Z1	正确	操作正确	不扣分	0	1
216开关由运行用转检修	10	合上列西变2166乙接地刀闸接地刀闸	SLx21662Z1	错误	缺少验电项	-10	-3	-3

图5 福建三明 220 kV 列西变电站 216 开关由运行用转检修的部分数据记录表格图

Fig.5 The partial data record of 216 switch operation task of Sanming in Fujian

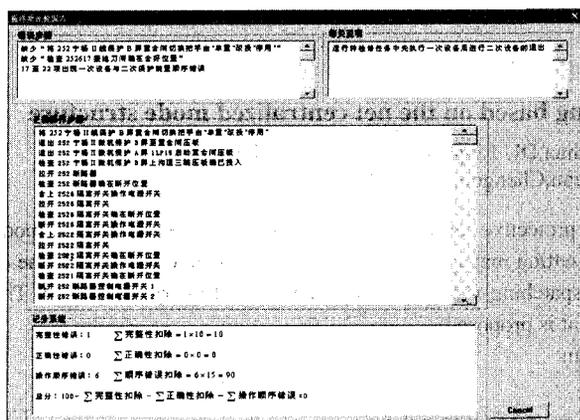


图6 操作票评价报告示意图

Fig.6 Illustration of assessment report

5 结束语

本文在国内较早地提出了操作票评价系统的设计, 本设计的软件研发可以为电力公司培训新岗变电站以及调度人员提供更为完善的业务能力培训, 可以对开票经验的不足和知识掌握不充分的地方进行有针对性的训练, 建议报告着重指出仿真操作中需要强调的操作步骤, 并给出相应知识解释, 较以前的培训系统具有更强的指导性。本评价系统还可以用来作为受训人员的定岗考核测试, 培训完毕后对受训人员进行业务素质测试, 以此测试成绩作为上岗定岗的考核依据之一。可以看出操作票开票系统在整合了评价系统以后功能更加强大, 在仿真培训中可以发挥更大的优势, 因此操作票评价系统的开发必定会得到更多的关注。

参考文献

[1] 李先彬, 张建华, 赵冬梅. 电力系统自动化[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

LI Xian-bin, ZHANG Jian-hua, ZHAO Dong-mei. Power System Automation[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.

[2] Schulz N N, Wollenberg B F. Incorporation of An Advanced Evaluation Criteria in an Expert System for the Creation and Evaluation of Planned Switching Sequences[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1997, 12(3).

[3] 国家电力调度通信中心. 电网调度运行实用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.

The National Dispatching Communication Center. The Practical Question-answering Technology for Power Grid Dispatching[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.

[4] 李坚. 电网运行及调度技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

LI Jian. The Power Grid Running and Question-answering Technology for Dispatching[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.

[5] 谭浩强. C++程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004. TAN Hao-qiang. The C++ Programming[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.

收稿日期: 2008-06-18; 修回日期: 2008-09-01

作者简介:

张文楷 (1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统运行、分析及控制, 人工智能在电力系统中的应用; E-mail: zhangwenkaivip@tom.com

张东英 (1971-), 女, 教授, 研究方向为电力系统运行、分析及控制, 人工智能在电力系统中的应用, 电网故障诊断与恢复;

徐珊 (1984-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统运行、分析及控制。