

# 模拟五防系统设计

周慧莹

(四川电力试验研究院, 四川 成都 610072)

**摘要:**微机五防系统是变电站操作过程中防误闭锁的主要手段。介绍了四川 500 kV 变电站仿真系统中微机五防系统的基本设计思想, 阐述了五防闭锁设计、电脑钥匙、操作票专家系统、操作票预演和设备查找以及五防解锁功能的仿真实现指导原则。重点介绍了仿真变电站推理机的防误流程的设计, 举例演示了推理机的防误功能, 为微机五防在模拟系统中的设计和实现提供了思路。

**关键词:**微机五防系统; 模拟系统; 500 kV 变电站

**Abstract:** The computer-based five-proof system are the main means to prevent maloperating in the substation operation. The basic design ideas of the computer-based five-proof system for the simulation system of 500 kV substation are introduced in Sichuan province. The guidelines of the simulation system are described for the design of the computer-based five-proof system, the electronic key, the operating ticket expert system, the preview of operating ticket, the equipment searching and the five-proof unlock function. Another substation simulation focuses on the design of anti-false process of inference engine, and the anti-false function of inference engine is demonstrated by examples, which provides the ideas for the design and realization of computer-based five-proof system in a simulation system.

**Key words:** computer-based five-proof system; simulation system; 500 kV Substation

**中图分类号:** TM743 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)05-0032-03

"五防"即:防止误分、误合断路器;防止带负荷拉、合隔离开关;防止带电装设接地线;防止带接地线合闸;防止误入带电间隔。变电站微机五防系统是为了防止变电站系统误操作的一种闭锁装置,可打印操作票,同时对所有一次设备实行强制闭锁,满足“五防”要求,是变电站操作过程中防误闭锁的主要手段。四川 500 kV 变电站仿真系统很好地完成了对微机五防系统的模拟,为利用仿真机对变电站运行值班员进行培训提供了一种行之有效的办法。

据自动化系统送上来的断路器、隔离刀闸、接地刀闸的位置信息,对本次操作的电气设备重新进行闭锁,并将下一步电气操作解锁。由此可见五防闭锁装置是运行人员接触最多的设备之一。因此变电站仿真系统对五防闭锁装置进行全仿真,根据“五防”要求和现场设备的状态打印出操作票。运行人员可按照五防闭锁装置已通过的操作票来进行操作。这样既符合现场的操作程序和习惯,也使运行人员感到更加真实从而达到较好的仿真效果。

根据设计研究的总体要求,变电站微机五防系统以珠海优特 UT2000 微机防误闭锁与操作票专家系统为模拟对象。该系统是用于电力系统防误倒闸操作,实现变电站综合自动化的一种新型装置。实现了监控系统、五防闭锁系统和操作系统的统一,具备相当强大的功能。UT2000 微机防误闭锁与操作票专家系统由工控机、电脑钥匙、机械编码锁、电气编码锁等几部分组成,具有技术先进、功能完善、操作简单等优点。其与站内的监控系统和调度局的调度系统有机地结合起来,可以充分利用已有信息。仿真系统通过模拟电脑钥匙采集到的虚遥信,可以使监控系统增加信息量、同时转发服务器使用。它的应用使整个系统

## 1 程序设计的基本思想

### 1.1 概述

按照 500 kV 变电站的工作程序和习惯,变电运行人员的几乎所有操作都离不开五防装置的操作。首先必须在微机防误装置上进行模拟操作,操作完全正确后打印出操作票,并取得操作电脑钥匙后,才能在真实设备上进行操作。同时通过自动化系统和微机五防闭锁系统之间的通讯联系,将允许解锁信号传送到控制后台,运行人员就可以在自动化控制系统中完成电气操作任务。每完成一步电气操作,工控机根

更具灵活性、真实性和可靠性。

## 1.2 微机五防闭锁设计

四川 500 kV 变电站仿真系统将计算机及网络通信技术应用用于微机五防闭锁系统。它通过软件将现场大量的二次闭锁回路变为电脑中的五防闭锁规则库,实现了防误闭锁的数字化,并可以实现以往很难实现的防误功能。以下为部分微机五防闭锁设计条件。

5011 边开关合条件为其两侧隔离开关在合位。  
表示为 5011 H; 50111=1 50112=1

5011 边开关拉条件为其两侧隔离开关在合位。  
表示为 5011 L; 50111=1 50112=1

50111 隔离开关合条件为母线地刀、开关所属地刀、开关在合位。表示为 50111 H; 5117=0 501117=0 501127=0 5011=0!

## 1.3 电脑钥匙

电脑钥匙是微机五防闭锁系统中重要的组成部分,对其模拟的程度直接关系到整个系统能否正常运行。为此对电脑钥匙以下性能进行了全面仿真。

(1)能按操作票内容开启各种机械编码锁和电气编码锁;

(2)具有验电功能;

(3)具有全字库液晶汉字显示;

(4)按照操作票内容依次进行解锁操作、中止操作、检修操作和非正常跳步操作等功能;

(5)具有操作票浏览、操作追忆等功能。

## 1.4 操作票专家系统

在整个微机五防闭锁系统中,核心内容是操作票专家系统。操作票专家系统是倒闸操作票的智能处理系统。四川 500 kV 变电站仿真系统实现了图形开票、预存操作票开票、典型票开票、手工输入开票等多种开票方式,该系统能对各种系统方式改变按照规则进行判断、推理。如果运行人员在开操作票时违反了预设的设备操作顺序的逻辑关系,系统会立刻有报警提示,并自动闭锁往后的操作。仿真系统重点模拟了图形开票,在图形开票中可自动或手工插入二次操作和提示性操作,并可根据实际情况对操作票进行修改和整理。操作人员不仅可以看到全站的电气主接线图及一次设备和二次设备,还可以在电气主接线图上改变任何一次、二次设备状态,通过一系列的操作,完成倒闸任务。用户在改变各元器件状态的同时,系统已经自动将各元器件状态的改变转换成操作票的操作项,操作人员无需输入一个字便可使用图形开

票开出一张完整合格的操作票。操作票的自动生成,减少了由于人为因素而产生的误差,增强了倒闸操作直观性和可靠性。

## 1.5 操作票预演和设备查找功能

根据实际培训的需要,新的操作票系统除了可以严格对现场操作进行监控和限制之外,还首创了操作票预演功能,这一功能加强了操作人员对操作票的熟悉。操作票预演可以读取当前的操作票里面的内容并进行分析,系统会筛选出需要执行的指令,并根据指令的先后顺序进行排列。然后系统会根据指令的先后顺序先找到该操作指令的操作对象所在的位置,用一个箭头标记予以提示,并在其上方将要执行的指令显示出来,用户可以一目了然地了解到要执行的指令。待提示完毕后,系统将根据指令对操作对象执行相应的操作,比如开关的分/合操作等。操作成功后,系统将发出蜂鸣声提示操作成功,设备状态也进行相应的变化。整个操作票的预演跟在现场操作完全相同,能够真实地预演出来,使操作人员更直观地了解将要执行的操作,有效提升了培训效果。

为了能让操作人员在短时间内尽快熟悉仿真系统,新设计的五防操作票系统还添加了设备查找功能。设备查找可以方便地根据设备的名称进行设备的模糊查询,在确定设备名称后系统会自动定位,并提示该设备具体所在的位置。

## 1.6 五防解锁

"五防"闭锁装置在教学培训中也有一些局限性,例如:培训人员进行故障培训和对学员进行考核时,由于五防装置的闭锁作用就不容易出现误操作,也就无法对他们进行某些故障培训和考试,无法真正对受训人员的操作能力进行了解和使之进一步提高。为此仿真系统增加了五防闭锁解除功能,让他们能随意操作并对其每一步操作进行记录,然后再根据其操作步骤进行评价和总结。在进行操作训练时,其误操作造成的损害和现象可以通过多媒体画面的声光效果生动地表现出来,让受训人员能深刻感受到错误操作对变电站的严重危害性,从而提高受训人员工作责任心和提高反事故能力。

## 2 专家系统推理机设计

### 2.1 推理机的防误流程

仿真变电站在图形开票中,设备的操作规则被分

成一次设备操作规则和二次设备操作规则两个部分,因而相应的推理也分成两个层次:先推出一次设备的操作项,再把二次设备操作项(包括检查验电等项)插入到一次设备的操作序列中。由于采用了逻辑表示一次设备操作规则,因而一次设备的推理转化成基于逻辑控制的从初始状态到目标状态的状态空间转移。初始状态就是系统的当前状态,目标状态由操作任务指定。一张完整的操作票的生成过程就是上述一、二次设备推理的交叉、组合的过程。

电气设备的操作主要涉及三个方面的内容:一是状态变化,单元设备由运行→热备用→冷备用→检修这四类状态自身的变化(设定运行为最高状态等级,检修为最低状态等级);二是保护的定值及状态变化;三是合、解环的操作,主要目的是转移当前的负荷,引发设备的自身状态变化。不考虑设备本身性能与设备的特定规定,对电气设备的操作应遵守以下 4 类规则。

1)电压等级控制规则:一般情况下,设备单元状态变化由最高等级向最低等级状态变化时,低电压等级设备状态优先变化;逆向时,高电压等级设备状态优先变化,形成按电压等级控制的操作票编辑制度。

2)设备状态控制规则:由高状态等级向同电压等级的低状态等级转化的单元设备,应按运行→热备用→冷备用→检修顺序依次进行,设备单元状态不能突变。

3)设备当时状态控制规则:主要是根据当时设备的状态决定保护状态与定值在何时改变。也就是说,一次状态变化将控制二次状态变化,即电力系统常说的“二次跟着一次走”。

4)最佳路径控制选择控制规则:无状态变化的设备单元称为路径,有状态变化的设备称为路标。对于单元设备,路标的状态变化决定路径的最佳选择,引发合、解环的操作过程。路标的状态变化由给定的最终运行方式导出。

仿真变电站推理机常用的网络操作规则如下。

1)停电规则:一般线路停电时,先断掉开关,然后拉开负荷侧刀闸,再拉开电源侧刀闸,最后合上地刀及装设接地线等其他的安全措施。

2)送电规则:与停电规则相反,首先拆除所有地线和其他安全措施,拉开接地刀闸,再合上电源侧刀闸,再合上负荷侧刀闸,最后才合上开关。

3)倒负荷规则:热倒负荷先合电源侧一把刀闸合环,后拉电源侧另一把刀闸解环;冷倒负荷先拉负

荷侧刀闸,后合电源侧刀闸送电。

以下为仿真变电站推理机的防误流程图。

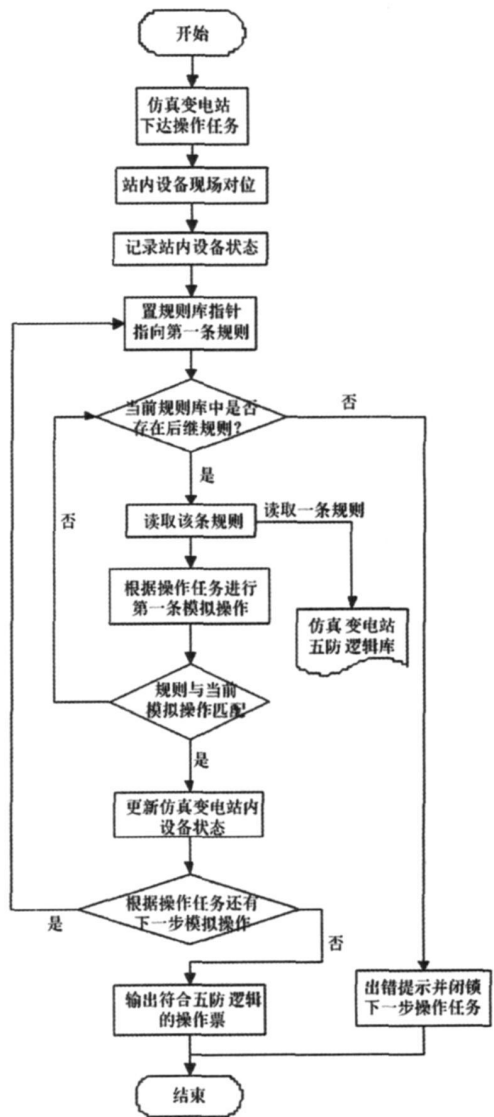


图 1 仿真变电站推理机的防误流程图

## 2.2 仿真实例

仿真变电站的图形开票在一次模拟过程中,5011 开关带电运行的情况下,误合 501117 接地刀闸,系统发出警告,闭锁下一步模拟操作,并给出错误的相关提示。

## 3 结束语

目前四川已经建好的 500 kV 综合自动化站有德阳潭家湾 500 kV 站、华阳尖山 500 kV 站、南充 500 kV 站、眉山东坡 500 kV 站等。变电站综合自动化已是大势所趋,微机五防系统如何与之相适应显得非常重要。四川 500 kV 综合自动化变电站仿真系统对微

(下转第 49 页)

## 4 结 论

利用该方法进行故障诊断,不但可以克服 BP 网络的缺点,又能利用 BP 网络获得 D-S 证据理论的基本概率赋值,解决了 D-S 证据理论难以获得基本概率赋值的弊端。使用 D-S 证据理论合成法则进行信度合成,可以提高局部诊断网络的诊断能力,提高了诊断准确度,降低了诊断的不确定性。通过变压器故障诊断实验证明,神经网络与 D-S 证据理论相结合的融合诊断算法能够提高诊断精度,并能满足复杂系统实时诊断的要求。

### 参考文献

[1] 靳蕃等. 神经网络与神经计算机 [M]. 成都:西南交通大

学出版社, 1991.

[2] 史忠植. 神经计算 [M]. 电子工业出版社, 1993.

[3] 焦李成. 神经网络理论 [M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 1990.

[4] 夏虹. 基于数据融合技术的设备故障诊断方法研究 [D]. 哈尔滨工程大学博士论文, 2000.

[5] 臧宏志. 基于信息融合的大型电力变压器故障诊断 [D]. 山东大学硕士论文, 2002.

[6] 张兆礼. 神经网络数据融合算法研究 [D]. 哈尔滨工业大学博士论文, 2001.

[7] 吴艳. 多传感器数据融合算法研究 [D]. 西安电子科技大学博士论文, 2003.

[8] 刘宜平, 沈毅. 一种基于多级信息融合技术的系统故障诊断方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2000, 22(12): 97-100.

(收稿日期: 2009-07-22)

(上接第 34 页)

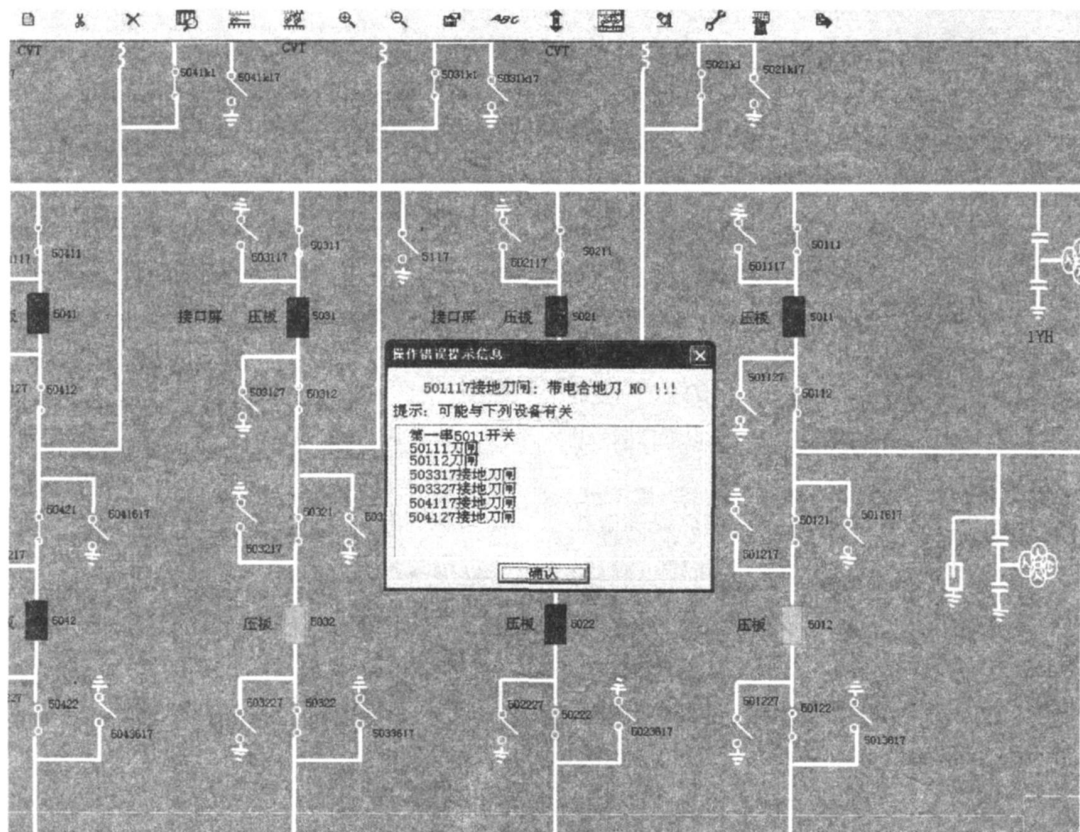


图 2 仿真变电站防误演示

机五防进行了全面的模拟,其在电力数学模型、五防等方面的创造性贡献已为变电运行人员的培训迈上新台阶提供了可靠的技术支持和保障。

### 参考文献

[1] 防止电力生产重大事故的二十五项重点要求 [M]. 北

京:中国电力出版社, 2000.

[2] DL/T 687-1999. 微机型防止电气误操作装置通用技术条件 [S].

[3] 游景玉主编. 仿真控制论文集 [M]. 珠海出版社, 1999.

(收稿日期: 2009-07-10)