

基于实时信息的县级调度操作票系统

许琦, 王磊, 徐青山

(东南大学电气工程系, 江苏 南京 210096)

摘要: 县级调度操作票一般为调度操作任务票, 一套调度任务票往往会涉及多个变电站。由于调度任务票涉及的设备运行状态和元件逻辑关系比具有严格逻辑关系的倒闸操作要复杂得多, 因此增加了研发智能型调度操作任务票系统软件的复杂性与难度。以电网的实时拓扑信息和实时潮流为基础, 对智能操作票系统建立了通用的认知模型和分层的推理结构, 使系统具有良好的通用性和智能性。

关键词: 操作票; 调度; 推理结构

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)20-0036-04

0 引言

随着电力系统的发展, 智能操作票系统将成为调度自动化系统的必备配置。智能操作票系统应具有以下功能: 能根据当前电网的运行方式和操作目的进行推理, 辅助调度员自动开票, 并能够对开出的票进行安全校核, 在此基础上生成规范合格的操作票。

县级调度操作任务票相对于网调、省调或变电站智能操作票来说, 在操作范围、操作规则和操作术语上都有其自身的特点。针对县级调度操作任务票的特点, 本文深入研究了调度员进行调度操作的过程, 以实时拓扑信息和实时潮流为基础, 建立了跨厂站和厂站内的分层推理结构的县级调度操作任务票系统, 具有良好的通用性和智能性。

1 县级调度操作票的特点

县级调度操作票一般为调度操作任务票, 用于调度几个甚至数十个变电站。由于调度命令涉及的运行状态和元件逻辑关系比具有严格逻辑关系的倒闸操作要复杂得多, 因此增加了研制开发智能型调度操作任务票系统软件的复杂性与难度^[1]。其特征主要表现在:

1) 每一个调度任务都有可能涉及不止一个变电站, 因为输电线路的停役和复役, 至少会涉及两个与其连接的变电站的操作。

2) 在调度命令操作票中, 变电站的元件的状态不是按分、合两种状态定义, 而必须按照运行、热备用、冷备用和检修四种状态定义。

3) 由于县级调度的操作范围是配电网, 因此县调的运行方式和操作规则与配网的电压等级和网络

结构密切相关。

4) 调度命令操作规程一般由有关电力部门根据“五防”的要求自行制订, 同时由于电网调度命令不直接涉及设备本身的实际切换操作, 因而规程中许多条件并不是强制性的, 不同于变电站中开关、刀闸的倒闸操作具有严格的逻辑关系与操作顺序。

2 调度操作票的认知模型

针对县级调度操作票的这些特点, 本文深入研究了调度员进行调度操作的过程, 得出了县级调度操作票系统的认知模型。

调度员对操作目的的推理, 是一个分层次、从概括到具体、不断细化的过程。特别是在跨厂站的操作中更能体现这种特点。

本系统把调度员对操作目的的推理分为以下两个层次:

1) 厂站间操作层: 当操作改变了电网的运行方式时, 可能影响到多个厂站, 并且符合操作规则的操作路径可能不止一条。为了确定最佳操作路径, 系统必须与实时潮流相结合, 必要时要与调度员进行交互。这一层的操作主要是调整多个厂站间的潮流, 保证电网的供电可靠性;

2) 厂站内操作层: 对于一个厂站内部来说, 其操作步骤一般是相对固定的。这一层具体考虑了每个相关厂站内相关设备的状态变化以及操作顺序, 从而形成正确的操作步骤和操作术语。

2.1 厂站间操作层的概念模型

县级调度操作票的操作目的可以按设备分为三类: 母线的停、复役; 输电线路的停、复役; 主变的停、复役。

由于这三类设备在物理上相互连接, 其中任何

一类设备的停、复役操作都可能引起另两类设备的潮流变化。例如母线停役可能引起主变和连接其它厂站的输电线路失电。为了使设备不失电,必须为失电设备寻找新的电源。这些电源可能是厂站内的母线,也可能是其它厂站的母线。

由此可见,在厂站间操作层可以建立一个用线路、母线和主变的状态来概括系统运行状态的概念模型,如图1所示。

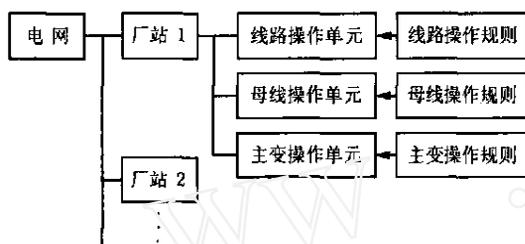


图1 厂站间操作层的概念模型

Fig. 1 Conception model of the operation layer between substations

在模型中引入设备操作单元的概念可以更好地反映设备得、失电的情况。设备操作单元包括设备本身以及相关的开关、刀闸和接地刀闸^[2]。根据操作单元中开关、刀闸和接地刀闸状态的逻辑组合就可以判断出操作单元是处于运行、热备用、冷备用还是检修状态,从而得出设备的得、失电情况。

例如线路操作单元^[3]包括线路本身以及与线路相连的开关、刀闸和接地刀闸,如图2所示。

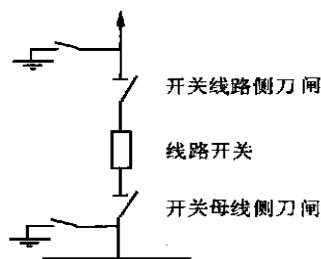


图2 线路操作单元

Fig. 2 Operation unit of line

由于联络线连接两个不同厂站,在判断其状态时,必须考虑线路两端操作单元的状态。

2.2 厂站内操作层的概念模型

跨厂站的操作最终要具体到每个相关的厂站。对于一个具体的厂站,操作对象包括开关、负荷、主变、电容器、电抗器等;设备的状态一般分为运行、热备用、冷备用和检修;具体的操作形式一般为某设备由一种状态转为另一种状态。而产生式规则表示方法特别适合于当前任务的状态转换和处理过程能由

一组独立的动作集合来表示的系统。因此用产生式规则来表示开操作票的规则是合适的。规则有固定的“IF-THEN”格式,简单清晰,易于表达。

3 基于实时信息的分层推理模型

在概念模型的基础上,本系统建立了基于实时信息的分层推理模型。

3.1 调度操作所需的信息

由调度员进行调度操作的过程可知,要形成正确的调度操作,必须获得以下信息:

1) 推理所需的电网原始数据:电网的物理连接关系;根据开关、刀闸的实时状态,得到的实时拓扑连接信息;电网的实时潮流信息;线路、主变的容量限制等安全性要求。

这些信息都可以由SCADA系统和状态估计系统得到。

2) 调度操作的原则:调度操作安全规程;保证负荷尽量不失电的原则。这些原则将细化为操作票专家系统的知识库。

3.2 基于实时信息的分层推理模型

根据调度操作票的认知模型,可以将形成操作票的推理过程分为厂站间操作层和厂站内操作层的分层推理模型。

3.2.1 厂站间操作层

这一层只考虑各厂站内母线、线路和主变三种设备的连接关系以及厂站间的潮流。图3解释了厂站间操作层的概念,图中的四块阴影部分表示四个厂站,各个厂站中的水平线为母线,以线条的粗细表明电压等级的高低;厂站间的有向线段表明潮流的方向。

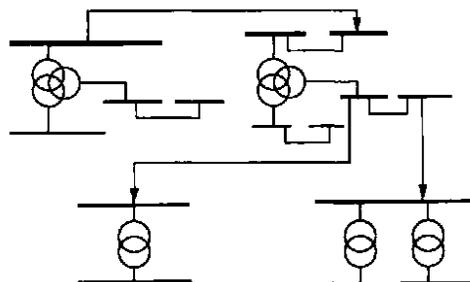


图3 厂站间层抽象图

Fig. 3 Abstract diagram of the operation layer between substations

厂站间操作层的推理模型包括知识库、推理机和人机接口三部分,如图4所示。

如果操作任务为某母线失电,为了实现厂站间

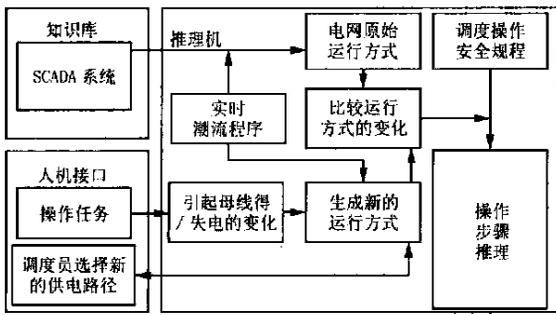


图4 厂站间操作层的推理模式图

Fig.4 Reasoning mode of the operation layer between substations

操作层的功能,首先要找出失电母线的备用电源。备用电源的搜索主要与以下三个因素有关:厂站的电压等级;电网的连接关系;实时潮流与线路输送容量。

如图5,假设厂站1、2、3都由区域外部的联络线供电,因此可以看作虚拟电源。电网的供电路径可以由本系统的实时拓扑程序得出。假设厂站4本来由线路1-4供电。如果线路1-4要检修,则厂站4必须通过厂站2或3供电。从电压等级来说,由厂站2供电较好;从实时潮流来说,如果厂站2的外部联络线难以增加容量,则应考虑由厂站3间接供电。供电的优先级还与调度员多年的操作习惯有关,可以建立接口使调度员能够输入优先级。将预设的优先级与规则相结合,就能找到较符合要求的操作方式。

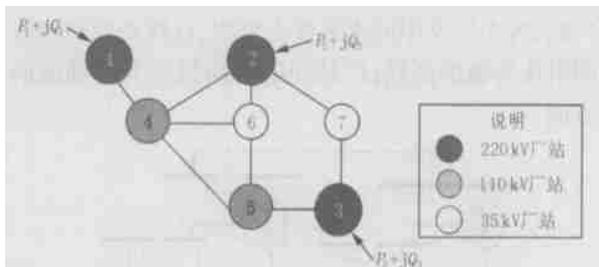


图5 厂站电压等级和厂站间连接关系

Fig.5 Voltage class and the structure of substations

当推理出一种以上的方式时,由潮流程序计算出新运行方式下的潮流情况,并通过人机接口和调度员交互,确定出较优的方式。

当运行方式变化时,系统的潮流将发生变化,从而对系统的安全性产生影响,因此必须进行安全校核。安全校核包括电压校核和线路及主变容量限制校核等。系统可以通过调用安全校核模块,对新的运行方式进行校核。

对于操作步骤的推理,主要运用了以下几个规则:

1) 断开厂站间的联络线时,先断开线路的负荷侧厂站端,再断开线路的电源侧厂站端;合上联络线时相反。

2) 保证供电可靠性是对调度操作基本的要求。在现实操作中体现为先对送电线路操作,后对停电线路操作,称为“不停电思想”^[4]。这就基本上确定了各线路间的协调关系。每条线路中各站的协调,各地区一般不同,可由规则给出。开发者可给出一个接口,供用户填写规则。

3) 满足配网开环运行的要求。由于调度员对操作的推理层次性较强,又有一定的推理次序,因此操作规则的表达形式为“规则架+规则体”知识表示模式^[5]。具体来说,就是对问题域的知识采用规则架和规则体两层描述。规则架层描述推理网络中的层次关系,规则体层描述推理规则或计算规则。

比如:线路转运行这个规则架包括以下三个规则体: 如果线路负荷侧处在运行状态,则转到热备用状态; 如果线路电源侧处在非运行状态,则转为运行状态; 将线路负荷侧转为运行状态。

这样,操作就可以满足“先合电源侧,再合负荷侧”的原则。

调度的操作任务决定了主要的操作规则有:线路停、复役规则;母线停、复役规则;主变停、复役规则。

每一个规则都是由一组规则架拼装而成,而每个规则架都包含一些规则体。每一个规则体还可以包含自己的子规则体。这种结构便于把操作任务不断细化,直到得到最终结果。

这里将以某地区的局部电网图为例来说明本层推理的过程。

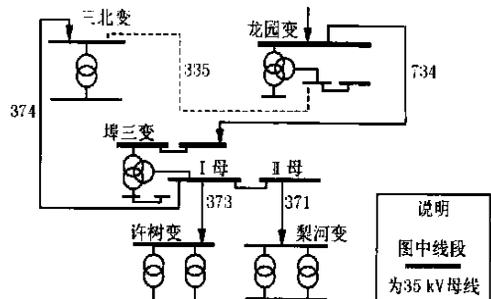


图6 某地区的局部电网图

Fig.6 Local network of some area

系统初始潮流流向如图6所示,图中各联络线状态为:

371、373、374、734 : 运行

335 三北变侧 : 运行

335 龙园变侧 : 冷备用。

假设操作目的为: 埠三变 35 kV 母停役。步骤:

1) 搜索出失电的母线: 埠三变 35 kV 母、洋树变 35 kV 母线、梨河变 35 kV 母线、三北变 35 kV 母线。

2) 搜索备用电源: 搜索后发现洋树变、梨河变为单一电源供电, 只有三北变 35 kV 母线可以由线路 335 从龙园变供电。

供电路径的变化可以由图 7 概括表示。

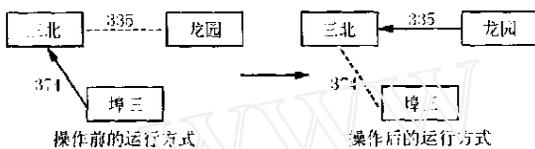


图 7 供电路径的变化

Fig. 7 Change of power supply path

3) 根据供电路径的变化, 形成合理的操作规则集。规则的表达方法采用“规则架 + 规则体”的模式。如本例的规则为母线停役: 规则架 1: 投入备用电源; 规则架 2: 退出原电源; 规则架 3: 母线停役 (本例中为埠三变 35 kV 母停役)。规则体还包括一系列子规则体。

4) 把电网的实时拓扑信息和各联络线的初始状态代入规则, 得到操作项目集。然后按照规则对操作项目集进行排序。最后得出以下操作步骤:

- a. 三北变: 335 三北变侧由运行转热备用;
- b. 龙园变: 335 龙园变侧由冷备用转运行;
- c. 三北变: 335 三北变侧由热备用转运行;
374 三北变侧由运行转冷备用;

由于县级调度操作一般保证开环运行, 可将步骤改为:

- a. 374 三北变侧由运行转热备用;
- b. 335 三北变侧由热备用转运行;
- c. 374 三北变侧由热备用转冷备用;
- d. 埠三变: 埠三变 374 转冷备用 (与 c 相同, 合并为母线停役项目集);
埠三变 371 转冷备用;
埠三变 373 转冷备用;
埠三变 374 转冷备用。

操作项目集的具体语句不涉及各个变电站中的具体设备, 这些将在厂站内操作层中进行考虑。

3.2.2 厂站内操作层

此层将厂站间操作层形成的概括的操作项目具体到相关厂站内部, 与具体设备相结合, 形成正确的

操作术语。这一层的推理是以操作单元为基础的。

操作单元概念的运用可以方便地从具体操作中抽象出共性的规则, 以便操作步骤和操作术语的形成。通过“规则架 + 规则体”的推理结构可以将操作目的分解为设备相关操作单元的状态变化。而操作单元的状态变化可以和操作术语规则相对应, 并结合具体的操作设备, 最终形成正确的操作术语。当电网有新的操作单元类型出现时, 可以在知识库中添加与新的操作单元所对应的操作规则, 而不需要修改源程序。

在这一层中还可进行五防检查, 以保证操作符合安全性要求。

4 结束语

基于县级调度操作任务票的跨厂站、实时性、操作灵活等特点, 本文从通用化设计出发, 深入研究了调度员的认知模型, 以电网的实时拓扑信息和实时潮流为基础, 对智能操作票系统建立了基于“规则架 + 规则体”的分层推理结构, 具有良好的通用性和智能性。

参考文献:

- [1] 靳希, 管相忠, 张磊, 等 (JIN Xi, GUAN Xiang-zhong, ZHANG Lei, et al). 华东电网智能调度命令操作票系统软件的研制 (Research and Development of an Intelligent Software for Dispatching Order Operating Ticket System) [J]. 上海电力学院学报 (Journal of Shanghai University of Electric Power), 2001, 17(3): 30-32.
- [2] 金华征 (JIN Hua-zheng). 通用化变电站操作票专家系统 (硕士学位论文) (An Generalized Expert System for Generating Operation Sequences of Substation, Thesis) [D]. 南京: 东南大学 (Nanjing: Southeast University), 2003.
- [3] 汤磊, 张伯明, 孙宏斌, 等 (TANG Lei, ZHANG Bo-ming, SUN Hong-bin, et al). 电网操作票专家系统中的通用认知模型 (General Cognitive Models of Power Network in Operating Command Expert System) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 2001, 25(11): 6-9.
- [4] 邓岳辉 (DENG Yue-hui). 发电厂和变电所操作票生成专家系统的研究 (博士学位论文) (The Research of Creating Switching Sequences Expert System for Substation and Plant, Doctoral Dissertation) [D]. 北京: 华北电力大学 (Beijing: North China Electric Power University), 1998.

(下转第 66 页 continued on page 66)

刘天琪(1962-),女,博士,教授,主要研究方向为电力系统分析计算与稳定控制,电力系统调度自动化,高压直流输电等;

黄志华(1979-),男,助理工程师,从事电力系统继电保护工作。

Research on dynamic state estimation based on Kalman theory in power system

LIU Hui-le¹, LIU Tian-qi¹, HUANG Zhi-hua²

(1. Sichuan University, Chengdu 610065, China; 2. Huzhou Power Supply Bureau, Huzhou 313000, China)

Abstract: State estimation, especially dynamic state estimation (DSE), which is one of the most important parts of the energy management system (EMS), can forecast the state vector one step ahead. This paper studies the Kalman algorithm of the DSE and some improved models presented by domestic and foreign scholars, then analyzes the main drawbacks of these algorithms in present applications of power system, finally proposes its new improvements and developments in future.

Key words: energy management system; power system; dynamic state estimation; Kalman filter

(上接第 39 页 continued from page 39)

[5] 孙雅明(SUN Ya-ming). 人工智能基础(Basis of Artificial Intelligence) [M]. 北京:水利电力出版社(Beijing: Hydraulic and Electric Power Press), 1995. 5-7.

许琦(1980-),女,硕士研究生,主要研究方向为电力系统仿真及计算机技术在电力系统中的应用; E-mail: ki-ki-cat@eyou.com;

王磊(1963-),女,副教授,从事配电网自动化、人工智能、决策支持系统在电力系统中的应用等研究;

徐青山(1979-),男,硕士研究生,主要从事电力系统安全与控制方面的研究。

收稿日期: 2004-02-24; 修回日期: 2004-04-07

作者简介:

Operation ticket expert system based on real-time information of rural power network

XU Qi, WANG Lei, XU Qing-shan

(Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Operation ticket of rural power network is always used for dispatching operation order. A set of dispatching order operation tickets can dispatch several power substations. The state and the logic connection of devices in dispatching order operation ticket are more complex than the scheduled operation ticket which is used for operating a single power station. So it is more difficult to work out an intelligent software for dispatching order operation ticket system. Based on realtime topology information and the power flow of rural network, this paper has developed a general cognitive model and a delaminate inference construction for operation ticket expert system. So the ability of universality and intelligence of this system is verified.

Key words: operation ticket; dispatch; reasoning structure

(上接第 61 页 continued from page 61)

5 结论

由于广州电网新一代调度集控一体化系统对广州电网的正常运行非常重要,因此,从数据、应用系统、通信系统等诸多方面详细考虑其容灾能力,将使

得这一系统达到较高的可持续运行水平。

收稿日期: 2004-03-25; 修回日期: 2004-06-16

作者简介:

熊文(1973-),男,硕士,工程师,研究方向为电力系统自动化。E-mail: Xiongwen@gzpsc.com

Research of disaster recovery and backup of Guangzhou power network SCADA system

XIONG Wen

(Guangzhou Power Supply Branch of Dispatch Center, Guangdong Power

Grid Group Co., Ltd, Guangzhou 510620, China)

Abstract: The requirement of the operational reliability and data security of SCADA system is increased quickly and the project for disaster recovery and backup is described from its application, data security and communication security. The technology of multi-server redundancy, data backup and disaster recovery of communication system are mainly introduced. The system is still available even if there are defaults in some part of the servers, storage device and communication device, which has highly improved its operational reliability.

Key words: SCADA; disaster recovery; backup