

# 电网调度微机开票系统的研究和开发

刘文举<sup>1</sup>, 钱珞江<sup>1</sup>, 刘文先<sup>2</sup>

(1. 武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072; 2. 山西省大同市供电公司输配电部, 山西 大同 037008)

**摘要:** 针对电网调度微机开票系统研究和开发基本属于空白的现状, 提出了一种适合于电网调度微机开票系统研究和开发的新方法。该方法以网络图论和坐标定位的设计思想为理论基础, 通过面向对象的编程语言实现软件系统的功能要求; 先后介绍了软件系统的理论基础及其功能和面向对象语言的编程实现。目前, 该系统已经在华东网调投入运行, 运行情况良好, 体现了该方法的有效性和可推广性。

**关键词:** 电网调度自动化; 命令票; 面向对象方法; 图论; 坐标定位法

**中图分类号:** TM734 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)02-0044-05

## 0 引言

目前, 微机开票的软件研究和开发多是围绕着倒闸操作票进行的, 针对电网调度命令票的软件研究和开发基本属于空白。

电网调度命令票微机开票系统所完成的功能要比倒闸操作票系统更多, 而且该系统更复杂、实现难度更大。以往, 倒闸操作票微机开票系统主要是由开发者在开发软件的同时对电网系统结构和操作规则进行定义, 对于实际的工作人员这样难免具有局限性, 更不能将实际的运行经验总结生成新的操作规则, 不能满足电网调度复杂性和灵活性要求。因而在电网调度命令票微机开票系统中不能再沿用倒闸操作票微机开票系统的开发思想, 必须提出一种新的解决方案。

本文将介绍一种基于图论和坐标定位的方法以及软件系统的功能实现和面向对象语言的编程实现。该系统不仅具有图形界面生动直观, 操作方便快捷等优点, 更为突出的是真正实现了面向实际系统用户的通用性和灵活性, 大大提高了电网调度命令票微机开票系统的效率和合格率。

## 1 软件系统的理论基础

调度操作就是切除或投入电气设备。从图论的观点来说, 调度操作即改变图的拓扑结构。在把元件抽象为点的基础上, 将其电气属性归纳为位置属性和状态属性, 这时图就成了点及其属性关系的集合。图在计算机中存储时将传统矩阵一分为二: 一个用来记录网络元件设备, 另一个用来记录元件运行状态。在进行图的坐标定位搜索运算时, 首先确定被操作元件在整个图中的位置, 再根据这个位置

到图的存储数据结构中去找到该元件的记录, 进行下一步操作。以上就是坐标定位法的基本思想。

坐标定位法在软件开发中的具体实现方法如下: 把图形界面以左上角为原点, 以向右、向下的方向为正方向, 将整个视图划分为  $50 \times 50$  个小区域, 每个区域用来显示一个设备对象的图形。这样, 每个设备图形在界面上的属性就有  $x$  和  $y$  坐标, 按照设备属性中的坐标值, 就可以确定其对应图形在视图上显示的位置。

### 1.1 电网拓扑结构数学模型的实现

据图论原理整个电网拓扑结构可描述为:

$$G = \{ G_1(S_1, P_1), G_2, \dots, G_N(S_N, P_N) \}$$

式中:  $G_i (i = 1, 2, \dots, N)$  为电网中的某个变电站;  $S, P$  为每个变电站中所有元件的位置属性和状态属性分别组成的集合。

### 1.2 图在计算机中的存储

设图  $G$  为变电站, 将其网络拓扑划分为  $v \times v$  个网格, 每个网格中最多有一个表示元件的点, 则位置矩阵为:

$$P = [p_{ij}]_{v \times v}$$

变电站的状态矩阵为:

$$S = [s_{ij}]_{v \times v}$$

式中: 当网格  $(i, j)$  处存在元件时,  $p_{ij}, s_{ij}$  有记录; 当网格  $(i, j)$  处不存在元件时,  $p_{ij}, s_{ij}$  空。

### 1.3 图的坐标定位法

对于某一变电站  $G(S, P)$ , 有一站内元件  $w$ , 建立网络拓扑图时, 首先要在位置矩阵中定义该元件的位置:

$$p(w) = [p_{ij}]_{v \times v} \cdot w$$

对元件进行操作时, 首先在  $P$  矩阵中找出与该

元件位置属性相匹配的元素  $p(w)$ , 再将该元件的状态属性按操作要求变位。

对元件进行的操作, 首先要满足规则设置的限制。在本系统的拓扑图数据结构中, 就是要使被操作元件以及与其相关的若干元件的状态与规则中对这些元件的状态限制相符。通常用逻辑关系来实现这些规则。对元件  $w$  进行操作, 首先根据位置矩阵在状态矩阵中找到该元件的状态:

$$s(w) = [s_{ij}]_{v \times v} \cdot w$$

然后用同样的方法找到与其相关的其他元件的状态, 再根据调度规则的逻辑来进行判断, 当逻辑关系成立时, 操作可以进行, 即将矩阵中的状态替换为新的状态; 逻辑关系不成立, 则不能进行操作。

## 2 软件系统的功能分析

### 2.1 电网调度命令票的特点

1) 电网调度每一项调度指令都有可能涉及不止一个变电站, 而倒闸操作仅针对某一特定的变电站。

2) 电网调度涉及的可操作元件较多, 倒闸操作主要涉及开关、刀闸、地刀这三种双态元件。

3) 电网调度中元件状态不再像倒闸操作按分、合两个状态定义, 而是按检修、冷备用、热备用、运行四个状态定义。

4) 电网调度中线路以及变电站的每一个元件状态的定义通常都与其自身以及多个相关的元件有关, 必须考虑多重的逻辑关系。

5) 电网调度规程较倒闸操作规程更复杂。它不仅要考虑国家有关部门制订的规程, 而且还要综合考虑各地区实际情况根据安全高效原则自行制订。

基于以上的分析, 电网调度命令票微机开票系统应具有以下功能。

### 2.2 软件系统的功能要求

#### 2.2.1 电网结构可编辑功能

电网的结构(如接线图等)可由用户自己构造形成。而且当电网结构发生变化时(如增减变电站或设备), 用户可以自行对电网结构和电站结构进行编辑和修改。

#### 2.2.2 操作逻辑规则库用户可编辑功能

用户不仅可以根据实际的电网结构进行逻辑规则的设置, 而且还能够据实际电网结构增减和定义新的逻辑规则。之所以强调用户可编辑, 是因为用

户对规则的理解和对本单位运行经验的掌握, 是任何其他人无法比拟的。只有用户本身才有能力制订出既符合统一安全原则, 又适合本地特殊情况的操作顺序法则。同时也只有用户本身才有能力判别一份命令票正确与否, 并对命令票的合格性负责。

#### 2.2.3 逻辑规则自动检测和判断功能

根据电网结构和用户设置的逻辑规则, 能够自动对每一项操作进行检查、判断和功能实现。

#### 2.2.4 操作仿真平台和模拟操作功能

开票工作应在生动直观的图形界面上进行。相关的被操作元件图形能够随着开票过程而自动变位, 这就将操作人员的开票方式转化成了模拟操作预演, 实现了每项操作步骤都受到规则检验。如果规则制定无误的话, 那么所开操作票的合格性就完全能得到保证。

#### 2.2.5 具有操作票分级管理的功能

操作票要采用分级管理, 管理人员和操作人员要具有不同的操作和编辑权限。

以上的几点是对该系统的主要功能要求。图 1 所示是该系统的总体结构功能框图。

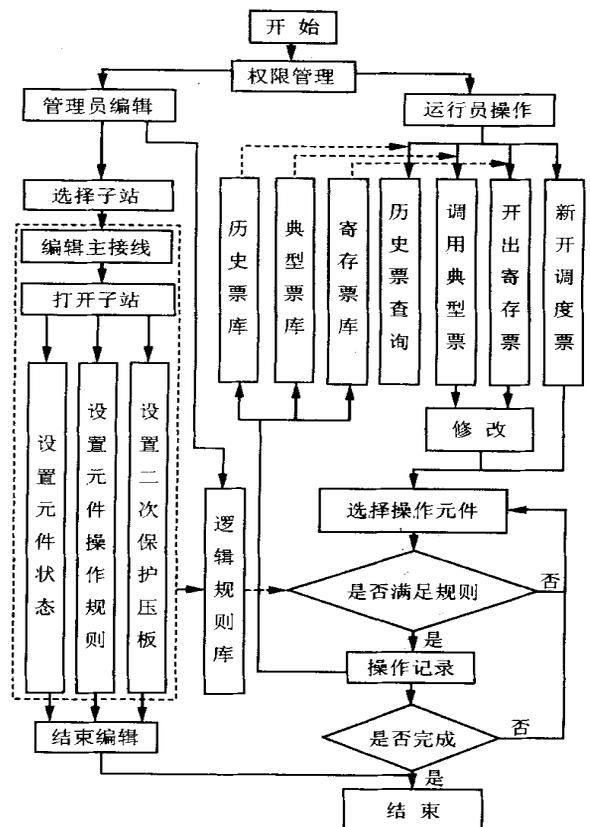


图 1 系统总体结构框图

Fig. 1 Overall structure of the presented system

### 3 软件系统编程设计要点

该系统以 Visual C++ 作为开发平台,利用面向对象的语言的特点,既可避免描述中的信息冗余,又增强了对知识的使用和管理,便于维护。

#### 3.1 软件系统对象的描述

##### 3.1.1 电网对象

调度操作将设备的运行情况大体分为“检修”、“冷备用”、“热备用”和“运行”四种状态。按照调度操作术语中设备状态数的不同,可将一次设备分为以下几类。四态元件:开关、电容器、低压电抗器(检修、冷备用、热备用、运行);三态元件:高压电抗器(检修、冷备用、运行);两态元件:刀闸(分、合),变压器、母线、出线(检修、冷备用);不操作元件:发电机、变电站内连接线。

##### 3.1.2 调度命令票对象

每张调度命令票不仅有一条条的操作语句,它还与变电站操作前和操作后的状态有关。因此,在建立调度命令票对象时,还要考虑记录开票前后电网运行状态。

#### 3.2 类及其对象属性的确定

##### 3.2.1 电气元件类及其派生类

利用 OOP 的特点,对各设备类确定继承关系,根据各电气设备的共同属性抽象出父类——基本元件类,再派生出不同电气元件子类。对不能进行操作的其他设备类(如线、文字类)进行封装,以防误操作。

基本元件类具有所有元件类的共有特性,各派生元件类在继承这些共有特性的同时,又各自拥有与众不同的属性,共同组成电气元件类集合。

##### 3.2.2 对象属性的确定

首先从最基础的元件对象类开始。基本元件类是所有元件类的父类,它所应具有的属性有元件名称、元件编号、元件定语(用于调度命令票中的习惯称谓)、元件对应图形在界面上的坐标位置。

对于派生类还具有其他的属性,四态元件的属性还有:四种状态的定义,当前状态和过去状态,四态操作规则;三态元件的属性还有:三种状态的定义,当前状态和过去状态,三态操作规则;两态元件的属性还有:两种状态的定义,当前状态和过去状态,两态操作规则。

变电站的属性有:变电站名、站的当前状态(从计算机操作的角度来看该站是否处于激活状态)、站内设备状态、站内二次保护设备状态,以及各类元件

的链式数据集合。电网由变电站组成,其主要数据就是变电站类对象的链式数据集合。

同时,在系统开发中要把调度命令、调度任务和操作前后电网运行状态变化记录均视作调度命令票对象的属性,即数据。

#### 3.3 类对象和方法的编程实现

##### 3.3.1 类对象的实现

编程语言将每个基本元件类和派生类描述出来,派生类自动继承基本元件类的属性。例如基本元件类的实现如下:

```
class CComponent : public CObject
{
    DECLARE_SERIAL(CComponent)
public:
    CString m_ComName;
    CString m_ComCode;
    CString m_ComAdj;
    int m_xInt;
    int m_yInt;
public:
    CComponent();
    virtual ~CComponent();
    void Serialize(CArchive&ar);
};
```

##### 3.3.2 类方法的实现

方法是类中定义的代码单元,描述该对象对其数据结构的操作和对象执行操作的算法。

设计的各个类方法,可以分成以下几类:构造对象方法,包括一般构造函数和析构函数;基本属性的设定和获取函数;类名标识函数;删除对象方法;其它(为实现特定的功能而设定的方法)。

例如:闸刀类的一个函数,它的功能是根据闸刀的定义来检测闸刀的状态。

```
void CSwitch::MoniStatus(CSubStation * pSub)
```

```
{
    BOOL IsCool = TRUE;
    BOOL IsRun = TRUE;
    int k;
    //判断是否为冷备用
    for(k=0;k<10;k++)
    { ... }
    //判断是否为运行
    for(k=0;k<10;k++)
    { ... }
```

```

if (IsCool == TRUE && IsRun == FALSE)
{ CurrentStatus = 0; // 冷备用 }
else
{ if (IsCool == FALSE && IsRun == TRUE)
{ CurrentStatus = 2; // 运行 }
else
{ CurrentStatus = 5; // 不存在 }
}
}

```

### 3.4 图形的界面功能设计

#### 3.4.1 图形的显示

从面向对象的观点出发,把单个电气设备作为基本类对象,计算机屏幕上所显示的变电站一次主接线图,就是这些单个电气设备对应图形的组合。

首先为每个设备对象类创建一个位图资源,用来表示设备没有投入运行时的未定义状态。另外再根据设备状态的不同,设计相应的位图资源。绘制变电站一次接线图时,在一个标有纵横坐标的网格中,按照现场情况,在对应坐标处填写元件代码、元件编号和元件定语。系统根据坐标和元件代码利用坐标定位法,在相应位置处显示该元件以及元件编号。

#### 3.4.2 元件图形在操作时的状态变位

电力系统中的调度操作是为了某一任务而进行的一系列转变电气设备运行状态的操作。本开票系统的图形界面具有点击操作功能。要将某一元件从 A 状态转变到 B 状态,在该元件图形上点击鼠标左键,系统判断此时点击位置所属的小区域的坐标值,根据坐标值找到该元件对象的数据记录,获得元件的名称、编号、当前状态等属性值;接着,界面弹出一对话框,显示元件属性值,并且操作者可在此对话框中改变元件状态,确定后,系统内部关于该元件对象的状态值也相应地发生改变。

#### 3.4.3 操作规则的设置

规则以某种数据形式存储在元件类对象中,操作时,先搜索相关元件,看其状态是否满足规则要求,再判断能否安全地进行操作,即将操作规则用限制某些元件状态的方式表达出来。每种操作规则都可能有一些限制,只要符合其中的任意一条,就可以进行操作。所以把操作规则的设置转变到对相关元件状态的限制,把每条规则设置为一行。规则设置输入界面如表 1 所示,每行代表一个限制条件,每三列代表一个指定元件的状态。

每行设置条件将进行如下逻辑运算:

$$\text{Result}_1 = \text{not}(((x_{11}, y_{11}) s_{11}) \text{ and } ((x_{12}, y_{12}) s_{12}) \text{ and } \dots \text{ and } ((x_{18}, y_{18}) s_{18}))$$

$$\text{Result}_N = \text{not}(((x_{N1}, y_{N1}) s_{N1}) \text{ and } ((x_{N2}, y_{N2}) s_{N2}) \text{ and } \dots \text{ and } ((x_{N8}, y_{N8}) s_{N8}))$$

行与行之间进行或运算,即可得出最后的逻辑结果:

$$\text{RESULT} = (\text{Result}_1) \text{ or } (\text{Result}_2) \dots \text{ or } (\text{Result}_N)$$

结果为真,则此操作可以执行;结果为假,则此操作不可执行。

表 1 规则设置输入界面

Tab. 1 Input interface of regulation setting

	$X_1$	$Y_1$	状态	...	$X_8$	$Y_8$	状态
行 <sub>1</sub>	$x_{11}$	$y_{11}$	$s_{11}$	...	$x_{18}$	$y_{18}$	$s_{18}$
...	...	...	...	...	...	...	...
行 <sub>N</sub>	$x_{N1}$	$y_{N1}$	$s_{N1}$	...	$x_{N8}$	$y_{N8}$	$s_{N8}$

## 4 结束语

本电网调度微机开票系统已经在华东网调投入运行。从运行情况看,该系统性能稳定,操作灵活简便,出票速度快,通用性好,不仅可以保证在当前的运行方式下运行,而且可以在电网系统结构变更和增设变电站的情况下完成调度命令票生成和管理。该系统在调度命令票生成及管理中有较高的应用推广价值。

### 参考文献:

- [1] 华田生 (HUA Tian-sheng). 发电厂和变电所电气设备的运行 (Electric Equipment Running of Power Plant and Substation) [M]. 北京:水利电力出版社 (Beijing: Water and Power Press), 1975.
- [2] 钱振华 (QIAN Zhen-hua). 电气设备倒闸操作技术问答 (Technique Answer of Substation Operation) [M]. 北京:水利电力出版社 (Beijing: Water and Power Press), 1992.
- [3] Kruglinski D.J. Visual C++ 技术内幕 (Programing Visual C++) [M]. 潘爱民, 王国印, 译 (PAN Ai-min, WANG Guo-yin, Trans). 北京:清华大学出版社 (Beijing: Tsinghua University Press), 1999.
- [4] Thompson R.D. MFC 开发人员参考手册 (MFC Developer Reference) [M]. 前导工作室译 (Qiandao Studio Trans). 北京:机械工业出版社 (Beijing: Mechanical Industry Press), 1998.
- [5] 陈建春 (CHEN Jian-chun). Visual C++ 高级编程技术 (Visual C++ Advance Programing) [M]. 北京:电子工业出版社 (Beijing: Electrical Industry Press), 1999.
- [6] 唐国庆 (TANG Guo-qing). 一个已开发的操作票调度管理系统 (A Developed Dispatching Order Sheet Management

- System) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems) 1990, (3).
- [7] 陈允平,周理 (CHEN Yun-ping, ZHOU Li). 计算机生成操作票的理论与实践 (The Theory and Practice of the Operation Order Generated by Computer) [J]. 电网技术 (Power System Technology), 1996, 20(2): 39 - 42.
- [8] 陶维青,鲍道良,等 (TAO Wei-qing, BAO Dao-liang, et al). 面向对象的发电厂网络开关操作票专家系统 (A Switching Working Order Expert System Based on Object-oriented Method for Power Plant Network) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 1997, 21(12): 65 - 67.
- [9] 刘志刚 (LIU Zhi-gang). 湖南电网调度命令指令操作票改革的设计思想 (The Design of Hunan Power Dispatching Order Sheet Reform) [J]. 湖南电力 (Hunan Power), 1998, (5): 42 - 45, 62.
- [10] 李剑辉 (LI Jian-hui). 广东电网操作票专家系统 (The Operation Order Expert System of Guang Dong Network) [J]. 广东电力 (Guangdong Electric Power), 1998, 11(10): 1 - 4, 25.
- [11] 廖小平,谭建成,等 (LIAO Xiao-ping, TAN Jian-cheng, et al). 参数化自动生成变电所主接线图形 (Parameter Auto-generation of Substation Main Connection Draw) [J]. 计算机应用 (Computer Application), 1998, (11).

收稿日期: 2003-05-19; 修回日期: 2003-07-09

作者简介:

刘文举 (1975 - ), 男, 硕士研究生, 主要从事电力系统及其自动化的研究工作;

钱珞江 (1961 - ), 男, 副教授, 主要从事电力系统及其自动化的研究工作;

刘文先 (1969 - ), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统输电设备及高电压技术的研究工作。

### Research and development of dispatching order sheet generating system in electric power load dispatching system

LIU Weir-ju<sup>1</sup>, QIAN Luo-jiang<sup>1</sup>, LIU Weir-xian<sup>2</sup>

(1. Electric Engineering School of Wuhan University, Wuhan 430071, China; 2. Datong Power Supply Co., Datong 037008, China)

**Abstract:** This paper presents a novel method that suits the research and design of dispatching order sheet generating system in electric power load dispatching system. The theoretical basis of the method is graph theory and coordinate orientation, which are explained in detail. In addition, the realization of software system and programming are concerned in this paper. The application of the software system shows that this method is effective.

**Key words:** power load dispatching; dispatching order sheet; object-oriented programming; graph theory; coordinate orientation

(上接第 39 页 continued from page 39)

作者简介:

王 晶 (1974 - ), 博士研究生, 主要研究电力系统电能质量以及电力系统人工智能应用;

束洪春 (1961 - ), 博士后, 教授, 国家自然科学基金项目

评审专家, 主要研究新型继电保护与故障测距、数字信号处理及 DSP 应用、电力系统 CTI 技术等;

陈学允 (1934 - 2001), 教授, 博士生导师, 长期从事电力系统分析与控制以及电力系统计算机应用等教研工作。

### A summary of AI & mathematics transform applied to power quality study

WANG Jing<sup>1</sup>, SHU Hong - chun<sup>2</sup>, CHEN Xue - yun<sup>1</sup>

(1. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;  
2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650001, China)

**Abstract:** In the past decades, faults, dynamic operations and nonlinear loads together made the dynamic power quality more and more complex. Thereby, more interest has been laid in power quality. With the development of wavelet theory, worldwide spread of the study on wavelet algorithm and the successful applications of various AI techniques to power system, the causes and origins of dynamic power quality have got a better comprehension. Meanwhile, the methods of the identification, detection, classification and statistics of power quality have been greatly advanced. In order to propel the further study on the power quality and make the researches needed to be done clear, the main achievements and methods of power quality study, i. e. AI, Fourier transform, Short-time Fourier transform, Wavelet transform, are surveyed in this paper after consulting lots of PQ theses in international conferences and science periodicals. Literature also presents certain problems to be solved.

**Key words:** power quality; Fourier transform; wavelet transform; artificial intelligence