

# 基于面向对象的电能质量管理系统电网构造

车 权, 杨洪耕

(四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065)

**摘要:** 针对当前电能质量管理系统电网构造开发维护难度大、可扩展性差的缺点, 提出了基于面向对象的电能质量管理系统电网构造。采用此技术设计电能质量管理系统电网图, 可以大大缩短开发周期, 降低开发成本。所开发的软件具有编码效率高、运行速度快、可扩充性强、易于维护和升级等特点。

**关键词:** 面向对象; 电能质量; 图形编辑

**中图分类号:** TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)08-0045-04

## 0 引言

电能质量管理系统是管理、分析电力系统电能质量的有力工具<sup>[1]</sup>。而电网构造子系统在整个电能质量管理系统占有很重要的地位。

目前, 实现电能质量管理系统电网构造大致有两种方法, 即: 直接绘制方法和基于结构化程序设计方法。直接绘制方法: 该方法利用绘图工具绘制实际的电网画面, 然后将电网画面以图形的方式装载进入应用程序, 定义热区或单独制作操作元件处理用户的操作。这种方法的优点是不用开发电网构造程序, 在一定程度上降低了开发成本; 但用绘图工具绘制电网图比较繁琐, 而且需要另外建立一个库存放热区范围、用户操作等, 当电网图形比较复杂, 用户进行的操作较多时, 程序将变得非常复杂、庞大, 而且不便对做好的图进行修改。因此, 直接绘制方法最大的缺点就是功能单一、灵活性差、维护工作量大, 即使对电网图形做细小的修改也需要大量的工作, 因此维护成本大大增加。基于结构化程序设计方法的电网构造采用传统的、基于功能分解的结构化软件开发方法来开发电能质量管理系统电网图形, 它将面临问题空间与解题空间在描述上的不一致问题(语义间隙), 这不仅使得软件开发难度大、重复工作多, 而且也会使得开发出的软件难以理解与维护。并且这些电网构造软件大都是在设计过程中确定电气接线图的, 实际运行过程中要修改接线图很不方便, 需要开发人员回到设计状态下进行改动, 这就增加了用户使用的难度和系统维护的工作, 同时也不利于系统扩充与升级。

针对当前电能质量管理系统电网构造存在的这些缺点, 本文提出了基于面向对象(Object-oriented)技术的电能质量管理系统电网图的设计与实现, 很

好地解决了传统的电网构造系统所遇到的问题, 开发出的软件用途广泛。采用该技术设计开发的电能质量管理系统现已投入实际运行, 用户反映效果良好。

## 1 基本思想

面向对象软件开发技术以其对客观世界活动的良好模仿能力逐步引起人们的广泛重视。用面向对象方法开发软件显得比较自然, 设计出的软件结构与问题结构有较好的对应, 它不仅使得软件设计容易, 而且开发出的软件对问题的变化有较好的适应性, 易于维护。另外, 面向对象方法中的数据抽象、封装、继承以及多态等机制为软件的设计与复用带来了便利, 大大缩短了软件开发周期和成本。

与结构化程序设计不同, 面向对象的程序是用类的抽象代表现实的实体, 用类之间的继承关系来代表设计的抽象过程。类是数据和数据操作的集合, 是非常贴近现实实体的表示形式, 并且类之间的继承关系可以是设计的抽象过程的显示表示形式。本文采用了面向对象技术开发电网构造子系统, 充分利用了面向对象的各种机制, 整个设计过程和类的使用非常人性化, 设计出的软件利于维护和扩充。

## 2 系统的面向对象设计

在电网构造子系统中, 要绘制各种图形形状, 如: 发电机、变压器、线路、负荷等, 或者是其它以后可能添加的元件。虽然图形的形状可能有很大的差异, 但如果我们从抽象的角度来看, 它们有些属性和操作是相同的, 如它们都有自己的颜色, 都可以进行显示、打印、保存、缩放等操作, 因此, 我们可以依据这些共同的性质建立抽象基类。发电机、负荷、变压器、线路等均从基类派生, 形成自己的类, 它们可以

拥有自己的属性和操作,这一系列的类就形成了电网构造系统的元件类库。所有电网图形中实际的元件都是这些类库中对应类的对象,元件类库的描述如图 1 所示。

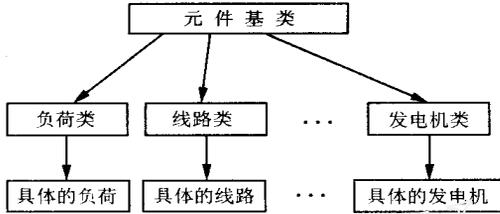


图 1 元件类结构

Fig. 1 Class structure of elements

由图 1 可见,所有元件类均从基类派生,而实际的元件又是各自类的对象。这样,每个元件都从基类继承了它们的共同属性和方法,而它们同时也都有自己特有的数据和方法,各元件之间保持了相对的独立性。基类的设计如表 1 所示。

表 1 基类的数据和方法

Tab. 1 Data and method of base class

成员数据	方法	备注
颜色	颜色存取操作	
线宽	线宽存取操作	
线型	线型存取操作	
缩放比例	比例存取操作	
方向	方向存取操作	
	绘制(Draw)	虚函数
	打印(Print)	虚函数
	装载(Load)	虚函数
	保存(Save)	虚函数

表 1 建立一个电网构造子系统元件类的抽象基类,它具有各种电网元件图形的基本属性,如:颜色、线宽等,并具有相应的属性存取操作;此外,基类中还有抽象出来的用于元件绘制、打印、装载、保存等的操作。将元件类中的共同的数据和操作抽象提升到基类,减少了元件类中的重复代码。同时,也为各元件类提供了一个对外部的公共接口,如:绘制(Draw)、打印(Print)、装载(Load)、保存(Save)等。这样,对外部而言,要绘制元件都利用公共的接口 Draw 实现,而不必考虑是什么元件。

在具体的元件类中,除了自动继承了基类的数据成员和成员函数外,还可以根据元件本身的特性添加自己特有的数据成员和针对本元件的特有操作,以及对抽象操作(如:Draw、Print、Load、Save 等函数)的具体实现。元件类设计如表 2 所示。

本文设计的该类层次结构具有如下特点:

1) 类的顶部是一个基类,它提供了公共的功能(包括公共数据成员和成员函数)。特别是为各派生类提供了公共的接口;

2) 派生类继承了基类所有的数据成员和成员函数,同时派生类可以通过添加新的数据成员和成员函数来扩展基类;

3) 派生类可以覆盖基类的成员函数,特别是虚函数,从而在派生类中给该函数提供新的行为。

表 2 元件类的数据和方法

Tab. 2 Data and method of element class

成员数据	方法	备注
基类的数据	基类的操作	继承
转折点坐标	坐标的存取操作	
其它数据	其它操作	
	绘制(Draw)	重载
	打印(Print)	重载
	装载(Load)	重载
	保存(Save)	重载

### 3 系统设计的技术要领

#### 3.1 虚函数机制的利用

所谓虚函数,简单地说即是在基类中给出定义,但不给出具体实现的函数,具体实现放在派生类中,也即在派生类中覆盖该函数,根据该类的特性,给出该函数的具体实现。如本文用到的绘制(Draw)、打印(Print)、装载(Load)、保存(Save)等函数。由于每个电网元件的具体形状不同,因此它们的绘制、打印等方式也各不相同,但它们都需要进行绘制、打印等操作。因此我们将元件的绘制函数 Draw、Print 等放到基类中,定义为虚函数,而不给出具体实现,在具体的派生类中再给出其具体实现,比如,发电机类按照发电机的形状进行绘制、变压器类就按照变压器的形状进行绘制。

采用虚函数机制的最大优点就是给各个类对外部提供一个公共的接口。这样,所有元件的绘制对外部都是一样的调用接口 Draw,我们在绘制电网时就不再需要考虑现在是什么类,需要调用什么函数来绘制。采用这项技术的另一个优点就是便于系统扩充与维护。比如,当需要改变某类元件的绘制方式时,只需要修改该元件类中 Draw 的具体实现方式,对系统其它元件不会造成任何影响,也不需要修改系统其它部分。当系统根据运行情况需要增加元件时,在增加的元件类中根据该元件的形状重写 Draw 函数即可完成该元件的绘制,外部调用形式不需要改动,因此,大大减少了系统维护和扩充的工作量。

### 3.2 动态联编机制

采用动态联编机制利于电网构造系统中各元件有机组织起来,考虑本文虚函数 Draw 在实际运行中的调用方法:

```
class CEntity
{public:
virtual void Draw(...);
};
class CGenerator : public CEntity
{
public:
void Draw(...);
}
class CLine : public CEntity
{
public:
void Draw(...);
}
.....
CEntity * arrEntity[10]; // 元件对象指针数组
CGenerator * pGenerator;
arrEntity[0] = pGenerator;
CLine * pLine;
arrEntity[1] = pLine;
...
arrEntity[0] -> Draw();
// 以上调用的是 CGenerator::Draw
arrEntity[1] -> Draw();
// 以上调用的是 CLine::Draw
```

这样,数组 arrEntity 保存了指向 CEntity 类的对象的指针,但在创建了新的派生类对象时(如: CGenerator 和 CLine),把该对象指针保存在数组中的一个 CEntity \* 元素,也即是在基类中保存了指向派生类对象的指针,也就是说,此时用指向派生类对象的指针(CGenerator \* 或 CLine \*) 取代了指向基类对象的指针(CEntity \*)。这样做的结果是,在数组中保存的指针指向派生类的任意一个对象,是一个发电机或是一条线路。

因此,这样调用:

```
arrEntity[i] -> Draw();
```

调用的 Draw 函数是具体元件类的 Draw 函数。这是因为,尽管 arrEntity[i] 具有 CEntity \* 类型的数据,但在数组元素保存的对象类型决定调用哪一个 Draw 函数时,这个过程不是在编译时确定的,而是在运行时确定的,属于动态联编过程。采用动态联编机制,就可以将系统各元件统一存放在一个数组

或一个链表中,统一进行管理。

### 3.3 数据结构的选择

对于一个电网构造系统,数据结构是整个系统的核心问题,它们直接关系到系统的整体性能。即:如何有效组织构造电网所需要的信息才能有效地节省存储空间,才能提高程序处理速度。这些信息包括图形信息和非图形信息。图形信息包括构成电网图的元件的位置、相互关系及几何尺寸等,非图形信息包括元件参数等,如:发电机容量、变压器变比等。

在电网构造系统中,有效的数据结构是节省存储容量、提高程序执行速度的关键。我们可以采用数组、链表、映射(字典)等数据结构来存储和管理数据。它们各有各的特点,可根据实际系统的特点以及对系统的要求进行选择,以下介绍本文采用的 C++ 模板方法存储元件:

```
CArray < CEntity *, CEntity * > arrEntity;
```

用以上数组模板来存放已创建对象的指针。

使用方式为:

```
CEntity * pEntity = new CGenerator;
```

以上构建一个新的发电机对象。

```
arrEntity.Add(pEntity);
```

以上将构建的发电机元件加入数组。获取某个元件方式为:

```
CEntity * pEntity = arrEntity[nIndex];
```

通过以上方式就可以将许多零散的元件有机地组织起来。当然,也可以采用如链表等其它数据结构,这三种数据结构特点比较如表 3 所示。

表 3 三种数据结构对比

	链表	数组	映射
是否有序	有序	有序	无序
索引	无索引	按整数	按键值
数据插入	快	慢	快
搜索	慢	慢	快
元素重复	允许	允许	不允许

## 4 实际运用

采用本文提出的面向对象技术构造的电网图,在实际中具有多种用途。由于采用了类的封装,各类都可以具有自己的数据和方法,而类中封装的数据除了进行电网图形构造的图形数据外,还可以具有用于计算分析的元件参数数据。类中封装的方法除了一般的用于图形构造方法(如:绘制、打印等),还可以具有计算分析等扩展方法。因此,本文构造的电

网除了作为一般的监测管理系统图形界面外,还可以进行各类计算分析、数据管理与检索、仿真模拟等,如图2所示。目前运用于实际的大致有: 电力系统谐波分析,以及闪变、波动、三相不平衡等的计算; 蒙特卡罗(Monte - Carlo)模拟,对于构造好的电网图,可进行多谐波源蒙特卡罗模拟分析,如图3所示; 电能质量监测与数据检索,利用本文构造的电网图可以很方便地进行电能质量监测、数据检索与分析等,如图4所示。这些运用均已投入实际运行,取得了满意的效果。

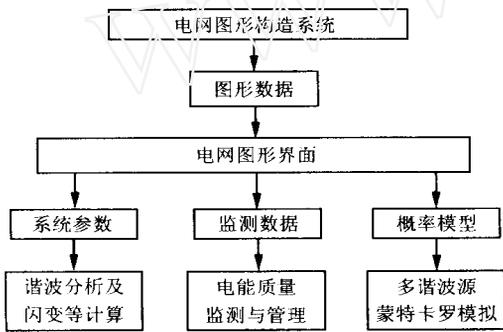


图2 系统应用框图

Fig.2 The application framework of system

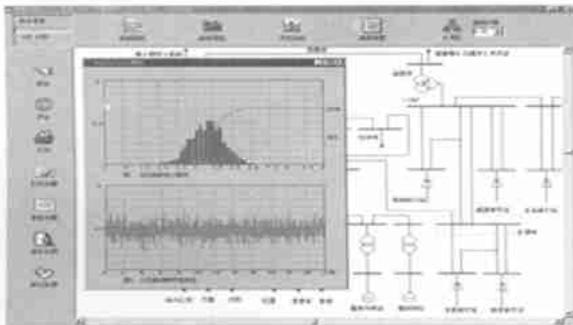


图3 用于蒙特卡罗模拟

Fig.3 Used for Monte-Carlo simulation

### 5 结论

本文采用面向对象技术开发电能质量管理系统电网构造,可以大大缩短开发周期,降低开发成本。开发出的系统具有较强的适应能力,可以适应于各种不同拓扑结构的复杂电网。当需要升级程序时,一

### Power network construction in power quality management system based on object-oriented technology

CHE Quan , YANG Hong-geng

(College of Electrical Information , Sichuan University , Chengdu 610065 , China)

(下转第 76 页 continued on page 76)

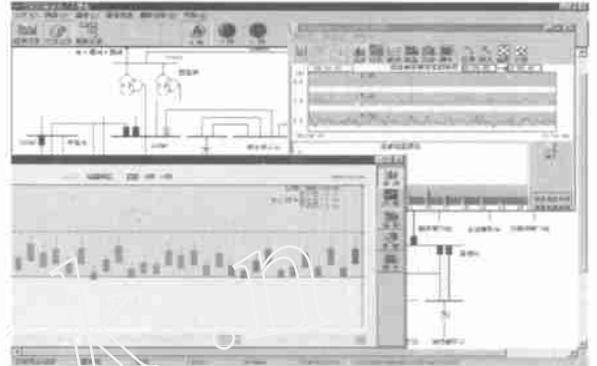


图4 用于电能质量管理数据检索

Fig.4 Used for data query of power quality management

般只需要修改基本类库,其它部分则不需要改动,因此具有很好的扩充性和可维护性。

采用面向对象技术开发的电能质量管理系统,已经投入实际运用,实践证明,本程序具有运行稳定可靠、可修改、可扩充性好、二次开发成本低等特点。

### 参考文献:

- [1] Alexander P A , Senior M. IEEE Power Quality Monitoring in UCA Based Substation Automation Systems[A].Brazil: 10<sup>th</sup> International Conference on Harmonics and Quality of Power Proceedings[C]. 2002. 75-80.
- [2] Mike F, Anjan B. An Object Based Graphical User Interface for Power Systems[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1993, 8(1).
- [3] Watson N R. A Graphical Interface for Interactive AC/DC System Harmonic Analysis[A]. 8<sup>th</sup> ICHQP Proceedings[C]. 1998. 407- 411.
- [4] 王鸿雁(WANG Hong-yan). 基于图形界面的电力系统分析软件的研究和开发(Research and Development on Power System Analysis Software Based on Graphical Interface) [J]. 电力系统及其自动化学报(Proceedings of the EPSA) ,2002 ,14(4) :80-84.

收稿日期: 2003-08-14; 修回日期: 2003-09-12

作者简介:

车 权(1978 - ),男,硕士研究生,研究方向为电能质量监测与治理及电力系统计算机应用;

杨洪耕(1949 - ),男,教授,长期从事电能质量与谐波的研究工作。

s。经 10 s 延时后,闭锁合闸回路。同时发闭锁信号至太、苦变闭锁两变的远方备自投装置,以免误跳 484 断路器或 911 断路器。

### 3 应用前景及推广价值

1) 装置已在我局 110 kV 岩寺、苦竹溪、太平三个变电站投入运行,该装置还可推广应用于其它类似供电网络的远方备用电源自投。我们还将着手岩寺、草市、阳湖三个变电站的远方备自投功能的实现。

2) 岩寺变、太平变装置是由模数化结构静态型继电器组成。苦竹溪变装置是采用晶体管分板元件组装而成,与当地微机备自投共组一面屏。

3) 未安装远方备自投装置以前,一旦上一级电源故障或陈太 484 线路发生永久性故障,太平变、苦竹溪变将全站失电。恢复供电至少需 30 min,负荷按 6 万 kW 计算,一次可避免少供电 3 万 kWh,按 0.5 元/kWh 计算,一次可增加收入 RMB 15 000 元。

4) 该装置投入运行后,其社会效益也是显著的。它的投入使用更加保障了电网安全、经济运行,大大提高了黄山北部电网的供电可靠性。

### 4 致谢

感谢黄山供电公司洪天炘及奚振乾对本文的大

力支持。

### 参考文献:

- [1] 贺家李,宋从矩(HE Jia-li, SONG Cong-ju). 电力系统继电保护原理(Scheme of Protective Relaying in Power Systems) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press),1994.
- [2] 毛京丽(MAO Jing-li). 数字通信原理(Principle of Digital Communication) [M]. 北京:中国人民大学出版社(Beijing:Renmin University of China Press),2000.
- [3] 张金菊(ZHANG Jin-ju). 光纤通信原理(Principle of Optical Communication) [M]. 北京:中国人民大学出版社(Beijing:Renmin University of China Press),2000.
- [4] 黄梅(HUANG Mei). 电力系统自动装置(Automatic Equipment in Power Systems) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press),2000.
- [5] 王佩珠,张惠明(WANG Pei-zhu, ZHANG Hui-ming). 模拟电路与数字电路(Simulant Circuit and Digital Circuit) [M]. 北京:经济科学出版社(Beijing:Economic Science Press),2000.

收稿日期: 2003-07-21; 修回日期: 2003-09-08

### 作者简介:

凌永华(1973 -),男,大专,助理工程师,从事继电保护和变电检修工作;

李卫国(1973 -),男,工学学士,工程师,研究方向为电力系统综合自动化。

## Development and application of the 110 kV remote auto-switch in device of stand-by power supply

LING Yong-hua, LI Wei-guo

(Huangshan Power Supply Company of Anhui Power Corporation, Huangshan 245000, China)

**Abstract:** This paper solves the the problem of developing and popularizing remote auto-switch in device of stand-by power supply among three substations in Huangshan power supply network. The successful application of this device has a great social and economical meaning to power supply reliability of Huangshan scenic spot. With its new principle, low cost and high reliability, this device can be widely popularized.

**Key words:** remote auto-switch in device of stand-by power supply; power supply reliability; interface of communication

(上接第 48 页 continued from page 48)

**Abstract:** In accordance with some disadvantages of current power network construction in power quality management system, this paper presents a new implementation method for power network construction in power quality management system, which based on object-oriented technology. Using this technology to design power network of power quality management system can greatly shorten the developing cycle and reduce the developing cost. The developed software has the advantage of high efficiency coding, rapid running speed, strong expandable performance, easy maintenance and so on.

**Key words:** object-oriented; power quality; graphic editing