

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.12.025

直流输电设计软件的面向对象设计方法研究

谢 超, 徐 政*

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要: 直流输电系统现有的应用软件大部分都侧重于对系统进行仿真,不具备对系统进行成套设计的能力,并且这些软件采用面向过程开发,难以扩展和维护。针对以上问题,首先分析了直流输电软件的功能需求,提出了模块化设计方法;在此基础上采用面向对象设计方法,按照输电设备的系统接入方式提出了一种分层的直流输电软件体系结构。针对该体系结构设计了具有继承关系的设备类,并声明了相应的设备对象;接着利用Windows Forms设计了系统图形界面,然后利用Microsoft Access设计了系统数据库。研究表明,采用面向对象方法设计的直流输电软件,既能满足工程设计需要,同时具有模块化、可复用、易维护的特点。

关键词: 直流输电; 面向对象; 软件设计

中图分类号: TM71; TP273; TM769 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)12-1554-05

Object-oriented design method of HVDC design software

XIE Chao, XU Zheng

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Most existing HVDC applications focus on system simulation and don't have the package design ability. They are mostly based on process-oriented development approach and difficult to extend and maintain. Aiming at those problems, the functional requirements of HVDC design software were analyzed and the modular design method was proposed. According to the access way of system transmission equipment, the layered HVDC transmission software architecture was presented, which was on the basis of the object-oriented software design methods. Then, the device class with inheritance was designed, the relevant device object was declared, the graphic system was designed with Windows Forms, the database system was designed with Microsoft Access. The results indicate that this object-oriented programming (OOP) method can not only meet the needs of engineering design software, but also be modular, reusable and easy to maintain.

Key words: HVDC transmission; object-oriented programming(OOP); software design

0 引 言

远距离大功率直流输电项目是庞大而复杂的工程,其投产前的成套设计对保证系统稳定运行、降低故障发生概率至关重要^[1-2]。目前,高校和相关部门主要采用PSCAD/EMTDC^[3]和PSS/E^[4]等程序进行直流输电系统的设计。但以上工具几乎只针对直流输电系统的某一方面进行仿真计算,缺乏对实际工程进行成

套设计的能力。基于以上事实,开发一套功能全面、符合实际工程设计需要的直流输电软件显得非常重要。

面向对象程序设计方法以其对客观世界良好的抽象描述能力而逐渐受到电力行业的重视^[5-6]。它是一种运用对象、类、继承、封装和多态等概念来构造系统的软件开发方法。利用面向对象方法设计直流输电软件,可以将不同设备抽象成如滤波器、发电机等相应的类;并且每个类包含自身的属性和方法,如滤

收稿日期: 2013-07-25

作者简介: 谢 超(1988-),男,江苏南京人,主要从事直流输电方面的研究。E-mail:xcxiechao@126.com

通信联系人: 徐 政,男,博士,教授,博士生导师。E-mail:xuzheng007@zju.edu.cn

波器类包含类型、数量、元件参数等属性,包含添加至正极、添加至负极的方法,这样就将直流滤波器类自身数据和处理数据的方法结合在一起。

本研究介绍直流输电软件的设计要求和功能划分,根据直流输电系统的结构特点,采用面向对象技术对直流输电软件进行架构和设备类、设备对象设计,并根据系统数据访问要求进行数据库设计。

1 软件总体设计

1.1 软件功能

直流输电设计软件应具有完善的研究和成套设计直流输电系统的能力,因此,按照直流输电系统成套设计的要求,软件应主要包含以下功能:

- (1) 主回路参数计算功能^[7];
- (2) 无功平衡计算功能^[8];
- (3) 交流谐波计算和滤波器设计功能^[9];
- (4) 直流谐波计算和滤波器设计功能^[10];
- (5) 系统损耗计算功能^[11];
- (6) 线路参数计算功能^[12];
- (7) 直流回路谐振扫描功能^[13];
- (8) 交、直流 PLC(Power Line Carrier)噪声滤波器设计功能^[14];
- (9) 系统可靠性计算功能^[15]。

功能模块划分如图1所示。

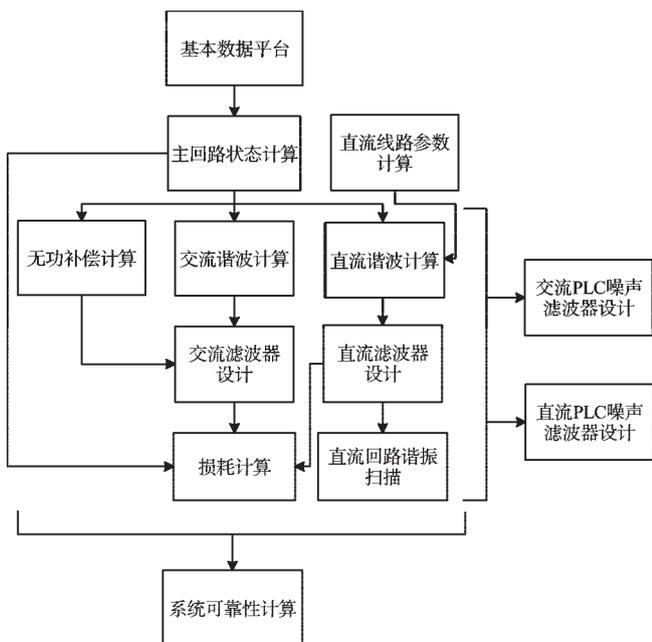


图1 直流输电设计软件的功能

按照图1的逻辑结构,直流输电设计软件应包含3个子模块,分别是基本设计模块、交/直流 PLC 噪声滤波器设计模块和系统可靠性计算模块。基本设计模

块包含了(1~7)项功能,通过基本设计模块可以得到系统主设备型式、无功平衡条件、控制策略、运行方式以及交直流滤波器配置情况等。交/直流 PLC 噪声滤波器设计模块的功能是计算由换流阀通断引起的换流站的载波噪声,并进行 PLC 噪声滤波器设计,从而降低对 PLC 通信系统的干扰。系统可靠性计算模块的功能是对整个直流系统进行可靠性评估,确保系统稳定运行。

1.2 软件构架

直流输电系统的基本组成元素是各种输电设备,这些设备按照系统接入方式可以分为串联设备、并联设备和母线。串联设备包括平波电抗器、直流线路、换流器和变压器,并联设备包括发电机、交流滤波器和直流滤波器,母线包括交流母线和直流母线。所有这些设备按照一定的网络拓扑结构,以电力线路连接,就构成了直流输电系统的主回路,并且按照电流性质分成交流系统和直流系统。交流系统包含的设备有发电机、变压器、交流母线和交流滤波器,直流系统包含的设备有平波电抗器、直流线路、直流母线和直流滤波器,作为交直流媒介来沟通交、直流系统的设备是换流器。

面向对象技术的重要概念之一就是继承和派生,通过继承,可以将对象按层次方式组织起来,使系统结构更加清晰。在类的继承关系中,子类继承了父类的通用属性和方法,并创建了自身特有的属性和方法。如可以构造设备父类,并按照接入方式的不同派生出不同子类,再添加详细的状态和功能,便可以派生出直流输电系统的具体设备,如发电机、变压器等。当直流输电系统需要进行扩展时,只需要从基类中派生出一个子类,并添加相应的状态和功能即可。这种扩展方式能够在不改变原有系统结构的前提下为系统进行扩展,非常灵活。直流输电系统一次侧的层次关系如图2所示。图2中,自上而下是类继承关系,包含3个层次;自下而上是聚合关系,即一个主回路包含交流系统和直流系统,而交直流系统又各包含属于自身的系统设备。使用聚合,可以更好地组织对象。

2 软件功能实现

2.1 设备类构造

直流输电系统的物理层次关系图如图2所示,面向对象的类继承关系正好满足这种结构层次。图2中,实线部分的3层代表了程序中的3个设备类层次。由于第3层中的输电设备对象是实际存在的,上面两层都是抽象地提取了设备中的共性,在设计类的

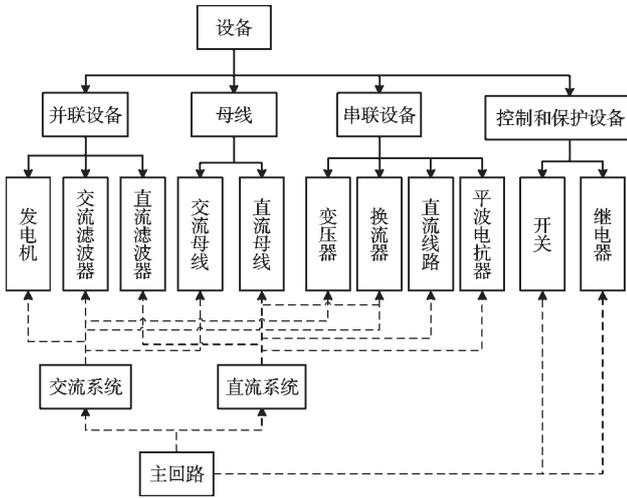


图2 直流输电系统层次图

时候,上两层父类不会产生具体对象。首先构造设备父类 Device:

```
class Device {
protected:
    string name;//设备名称
    string type;//设备类型
    int identifier;//设备编号
public:
    //返回属性,纯虚构造函数等
}
```

Device 父类包含所有设备所共有的属性,即名称、类型和编号。接着按照设备不同接入方式,从该父类中派生出表示设备类型的亚父类,分别为母线类 Bus、并联设备类 ParallelDevice 和串联设备类 Cascade-Deivce,以并联设备为例:

```
class ParallelDevice:public Device {
protected:
    int headNode;//首节点
    complex nodeVoltage;//节点电压
    bool IsConnected;//是否接通
    ... //根据实际要求添加的其他属性
public:
    virtual complex CallImpedance()=0;//计算阻抗
    void Connect();//接通设备
    void Cut();//断开设备
    bool ConnectionState();//返回设备连接状态
    ... //根据实际需要添加其他方法
}
```

并联设备亚父类主要包含设备节点信息、连接信息、控制连接状态的函数,还有计算阻抗值的纯虚函数,由于不同设备的系统结构不一样,所以计算设备阻抗值函数应该在具体类中实现。最后从设备亚父类派生出具体的系统设备,包括发电机、变压器、交/直

流滤波器等。本研究以滤波器 Filter 为例,说明具体类的实现:

```
class Filter:public ParallelDevice {
protected:
    FilterType type;//滤波器类型
    FilterPosition position;//滤波器参数
    double QFactor;//品质因数
    double R,L,C;//基本电气参数
    ... //其他参数
public:
    complex CallImpedance();//计算线路阻抗
    ...//其他属性和方法
}
```

当构造出所有的设备类之后,就拥有了一个设备类库。这时再利用设计模式中的工厂模式^[16],创建一个设备工厂,专门负责声明设备对象。这样做可以将类的构造与对象的声明分开管理,当系统中需要添加一种新的设备类型,如接地极监视装置,只需要从设备亚类中派生出对应设备类;当系统中需要添加一台新设备,如直流滤波器,只要通过设备工厂声明一个新的滤波器对象即可。

2.2 图形系统设计

对于直流输电设计软件,实现设备图形化是最基础也是最重要的功能。该软件在基于面向对象思想的基础上,利用 Windows Forms 将属性和功能合二为一来设计设备图形。具体即为每种设备定义一个图形类,使该类既具有图形的属性,如大小、形状等,又具有图形的功能,如移动、删除等。同时,在该类中声明相应设备类的对象,使其既具有该设备的属性,如滤波器的类型、位置、数量等,又具有该设备的功能、如滤波器的投入、切除等。除了上述特征外,该图形类的每个图形还都具有参数编辑框,包含该设备具有的所有属性和数据,如此一来用户通过选中网络中的图形即可编辑其参数。用上述方法构造出所有的图形类之后,就拥有了一个图形类库。当网络中需要添加一台新设备时,只需要新建一个图形对象并输入完整的设备参数,就可以实现某一设备的建模。

2.3 数据库设计

直流输电系统的参数主要包括设备参数、系统电气参数、交直流基波潮流、谐波分布、PLC 噪声滤波器参数以及系统可靠性评估结果。由于数据的数量级、复杂度和实时性要求不高,通过采用关系型数据库可以很好地支持直流输电系统的数据管理。关系型数据库具有通用性强和简单高效的优点,目前广泛应用于电力系统软件中。考虑到系统数据的数量级大小,使用小型数据库软件 Microsoft Access 进行数据开发,

随着移动终端等技术的发展,网络技术在人们日常生活中的应用越来越普及。GSM无线通讯技术与网络技术的结合应用,拓宽了网络技术的应用层面,弥补了网络技术应用的局限性。实现电器硬件的远程自动控制和信息化管理,将是智能生活技术发展的必由之路。

参考文献(References):

- [1] 陈教科,胥芳,林佳新,等.水质在线多参数自动监测仪的研制[J].机电工程,2003,20(5):121-122.
- [2] 楼鸿强,赵光宙.嵌入式区域水质监测站系统设计[J].机电工程,2006,23(11):32-35.
- [3] 卫生部,国家标准化管理委员会. GB5749-2006生活饮用水卫生标准[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [4] [作者不详].直饮水机,我误会你了么?[J].军民两用技术与产品,2012(2):17.
- [5] 冉丛波.中国直饮水机市场体系现状及完善对策[J].集团经济研究,2006,210:130-131.
- [6] 佛山市美的清湖净水设备有限公司. MRO118-L-Y21-MRO118C-L-说明书(D版)[EB/OL]. [2013-05-16]. http://www.midea.com/cn/Household_Products/water_purification/zj/201305/120130524_11820.shtml.
- [7] 艾欧史密斯(中国)热水器有限公司. AR600-A1型家用反渗透直饮水机安装与使用说明书[EB/OL]. [2013-07-31]. <http://www.aosmith.com.cn/products/download.aspx?id=178>.
- [8] 李智彬.柳州市学校直饮水机卫生现况调查及分析[J].预防医学情报杂志,2013,29(3):266-267.
- [9] 陈帅,周见行,姜伟.基于GSM的塔式起重机安全监控管理系统[J].机电工程,2011,28(3):337-341.
- [10] 徐之健,史伟民,彭来湖,等.基于GSM短消息的滚动式广告机远程通信控制系统[J].机电工程,2011,28(3):357-359.
- [11] 张美足. GSM的水情数据自动采集系统在消防给水系统中的应用[J].机电工程技术,2011,40(9):89-91.
- [12] 陈小平,陈红仙.水电导率的双频测定方法[J].仪器仪表学报,2006,27(5):520-522.
- [13] 卢红.电导率法测定水样中溶解性总固体[J].中国卫生检验杂志,2005,15(12):1524-1525.
- [14] 王益萍,沈仁富,陈海红,等.电导率法直接测定水中溶解性总固体的可行性探讨[J].中国卫生检验杂志,2009,19(7):1689-1690.
- [15] 周珊,周章轩,叶国剑.农村饮用水中溶解性总固体快速检验方法探讨[J].环境卫生学杂志,2013,3(1):66-68.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

仇悦,孙晖,路扬.基于GSM的直饮水机远程网络化控制平台设计[J].机电工程,2013,30(12):1564-1568.
 QIU Yue, SUN Hui, LU Yang. Remote control platform for straight drinking fountains based on GSM[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013, 30(12): 1564-1568.
 《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第1557页)

参考文献(References):

- [1] 罗德彬,汪峰,徐叶玲.国家电网公司直流输电系统典型故障分析[J].电网技术,2006,30(1):35-39.
- [2] 杨迪,杨煜.±800 kV特高压直流输电系统孤岛运行稳定控制研究[J].机电工程技术,2011,40(10):70-74.
- [3] 屠卿瑞,徐政,郑翔,等.模块化多电平换流器型直流输电内部环流机理分析[J].高电压技术,2010,36(2):547-552.
- [4] 常勇,徐政,郑玉平.大型风电场接入系统方式的仿真比较[J].电力系统自动化,2007,31(14):70-75.
- [5] 朱明春,范瑜,吴命利,等.面向对象技术在电力系统仿真建模中的应用[J].计算机仿真,2002,19(4):109-112.
- [6] 顾晓辉,冯林桥,周明,等.面向对象的可视化电力系统分析软件研究[J].电力自动化设备,2001,21(3):20-22.
- [7] 王峰,徐政,黄莹,等.高压直流输电主回路稳态参数计算[J].电工技术学报,2009,24(5):135-140.
- [8] 王峰,徐政,黄莹,等.高压直流输电无功管理的原则与算法[J].电力系统自动化,2008,32(4):85-88.
- [9] 李普明,徐政,黄莹,等.高压直流输电交流滤波器参数的计算[J].中国电机工程学报,2008,28(16):115-121.
- [10] 段玉倩,黎小林,饶宏,等.云广特高压直流输电系统直流滤波器性能的若干问题[J].电力系统自动化,2007,31(8):90-94.
- [11] 邱有强,刘洪涛,邹江,等.南方电网直流输电损耗分析及基于降损的交直流潮流优化探讨[J].南方电网技术,2008,2(4):104-107.
- [12] 徐韬,翁华,徐政,等.高压直流输电非解耦线路模型改进算法[J].中国电机工程学报,2011,31(7):71-76.
- [13] 徐政,裘鹏,黄莹,等.采用时域仿真的高压直流输电直流回路谐振特性分析[J].高电压技术,2010,36(1):44-53.
- [14] 张琪祁,郝全睿,黄莹,等.直流输电系统PLC噪声滤波器的设计[J].高电压技术,2009,35(9):2299-2305.
- [15] 刘海峰,徐政,金丽成.世界远距离大容量高压直流输电工程可靠性调查综述[J].高压电器,2002,38(3):1-4.
- [16] 沙洛韦,罗伯特著.设计模式精解[M].熊节,译.北京:清华大学出版社,2004.

[编辑:洪炜娜]