

# 可视化编程在微机保护中的实现

邓秋娥<sup>1</sup>, 杜奇壮<sup>2</sup>, 卢娟<sup>3</sup>

(1. 五凌电力有限公司, 湖南 长沙 410007; 2. 湘潭供电局, 湖南 湘潭 411104;  
3. 中国长江电力股份有限公司, 湖北 宜昌 443002)

**摘要:** 提出了一种新的编程方法来实现微机保护——可视化保护。可视化保护的思想是根据相应的保护定制对应的保护逻辑图, 然后在保护平台上搭建图形程序, 运行得到可执行程序, 再下装到硬件平台中。介绍了可视化平台的功能与特点——高效性、可靠性、灵活性和开放性。论述了可视化平台微机保护系统的结构、功能和特点, 以及保护元件库的构成。通过实现方向低压闭锁过流保护的应用实例说明了可视化编程方法在微机保护中应用的可行性和优点, 并对可视化编程与常规编程两种不同方法进行了比较。得出的结论是可视化编程在微机保护中的应用具有非常重要的意义, 使微机保护的实现变得更加简单、灵活和可靠。

**关键词:** 电力系统; 微机保护; 可视化编程; 模块化; 可视化保护

## Implement of visual programming in microcomputer-based protection

DENG Qiu-e<sup>1</sup>, DU Qi-zhuang<sup>2</sup>, LU Juan<sup>3</sup>

(1. Wuling Electric Power Co., Ltd, Changsha 100085, China; 2. Xiangtan Power Supply Bureau, Xiangtan 411104, China;  
3. China Changjiang Electric Power Co., LTD, Yichang 443002, China)

**Abstract:** This paper presents a new programming approach to microcomputer-based protection — visual protection. The idea of visual protection is getting protection logic figure, building graph program, running and loading down to hardware platform. A new visual platform function and characteristic—high efficiency, reliability, flexibility and openness is introduced. In addition, a visible platform is discussed for microcomputer-based protection system structure, functions and features, and the composition of the protection components. An application example of directional overcurrent protection with undervoltage-locked is used to illustrate the feasibility and superiority of the visual programming method in microcomputer-based protection, and the visual programming method is compared with the general programming method. The conclusion is that visual programming in the protection is of very important significance, and microcomputer-based protection of the more simple, flexible and reliable.

**Key words:** power system; microcomputer protection; visual programming; modularization; visual protection

中图分类号: TM77; TP312 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)03-0001-04

## 0 引言

计算机技术在近几年内的飞速发展, 带动了电力系统继电保护技术的快速发展。自从许多微机保护装置投入电力系统运行以来, 系统供电的安全性和可靠性得到了大大提高, 获得了显著的社会效益和经济效益。但是, 运用传统的软件开发工具进行系统的保护设计, 语句代码繁琐、界面不美观、调试麻烦、升级困难等不足愈发突出。利用可视化编程环境进行电力系统的保护设计, 不仅使程序界面美观和友好, 而且省时、省力、扩充性强<sup>[1]</sup>。目前

在电力系统中使用可视化编程来实现微机保护的厂家有国内的国电南瑞、许继, 国外的 ABB、日立等大公司。许继的可视化编程主要是在 VISIO 软件平台上绘制各种图元来组成逻辑框图, 然后再调用专业应用软件来自动生成源程序, 用计算机进行编译, 生成可执行程序<sup>[2]</sup>。南自的可视化编程实现则是先通过可视化保护软件将逻辑图输入, 然后根据图论学解析逻辑图, 形成编译文件下装到保护装置, 最后在保护装置中实现保护程序运算<sup>[3]</sup>。国外的 ABB 公司采用自行开发可视化软件平台, 从编程到生成可执行程序均在平台上完成, 完全采用模块化的设

计思想,不仅可以实现电力系统的保护功能,而且可以广泛应用于控制领域。本文提出的可视化软件平台也完全是自行开发,它具有美观的编程环境,且从编程到生成程序都是在该平台上完成,执行效率高,是国内先进的可视化微机保护实现软件平台。

## 1 可视化平台简介

该可视化平台采用数据流模型为体系结构,并提供交互方便的可视化编程界面,用户以“搭积木”的元件级编程方式从元件库中选取所需的可视化元件,直接构造其可视化应用实例,而无须人工编写保护代码,有效地提高了软件生产率。它把复杂、繁琐、费时的语言编程简化为一种通过定义和连接代表各种功能元件的图标来建立应用程序。这种透明化的编程方法使保护工程师从手工编写代码中解脱出来,减少繁重的重复性劳动,且使出错率降到最低。

我们的可视化平台微机保护系统中的模块化设计思想,就是在微机保护的设计过程中,先进行层层功能分解,最后只需要设计基本模块即可。在应用时,只要对这些基本模块进行有机组合就可以实现各种保护功能。继电保护系统设计就如同面向对象程序设计一样,对这些基本模块进行封装,来实现所需的各种保护功能模块,而且在对某一模块进行改变时,不会影响到其它功能模块。

该可视化软件平台所具有的特点:

(1) 高效性:用户只要在可视化平台编辑界面上搭建图形,然后编译直接生成可执行的应用程序,不必编写复杂的程序代码,而且调试简单,大大提高了程序设计的效率;

(2) 可靠性:该软件的元件功能块都严格定义了各参数接口,经过严格测试正确后才放入到元件库中,因此功能块的可靠性得到了保证,且功能块的调用由系统完成,避免了手写代码容易出错的情况;

(3) 灵活性:用户可以灵活组态来构建应用程序,很适合用户的多样性。同时模块化的结构使得我们可以更加容易地在设备运转期间进行可能的替换和升级;

(4) 开放性:用户可以根据自己的特殊需求来增加软件的元件库,资源扩充性强。

## 2 保护元件的研究

可视化平台微机保护系统的“模块化”包含 2 个过程:“分解”微机保护模型,并从中抽象出独立的保护模块;将独立的保护模块“组合”,并建立新的保护仿真模型或构建应用程序实例。微机保护系

统中的模块就是通过对各种保护原理进行研究,把保护模型中的“重复模块”抽出,把这些功能相似的模块进行简化、统一化,归并成为一种或几种典型的功能单元,然后再把这些典型的功能单元从产品中分离出来,使之成为能通用于多种保护的具有特定功能的独立单元,即从实际微机保护系统分解得到通用的保护模块<sup>[4]</sup>。其中模块的大小要适中,分得太大,用起来感觉不方便,但是分得太小组合起来又比较麻烦,因此两者都得兼顾。

以分析方向低压闭锁的过流保护为例说明怎样得到保护库中的元件。该保护模型可以分成以下几个主要元件:① 傅氏计算元件:由实时采样的数据得到所需要的量,同时有滤波作用;② 低电压元件:实际电压与定值电压比较,如果实际电压低于定值电压就开放被闭锁的保护元件;③ 过流元件:实际电流超过定值电流就保护启动;④ 功率方向元件:正方向就开放被闭锁保护;⑤ 延时元件;⑥ 与、或、非逻辑判断元件。再通过分析其它的保护模型,补充保护库中的元件,达到能实现各种保护功能。

## 3 可视化平台的微机保护系统的功能和特点

### 3.1 可视化平台的微机保护系统的功能

(1) 编写微机保护程序。提供一个友好的编程环境,用户在可视化平台的编辑界面下,通过调用保护功能元件库,然后根据相应的保护算法,搭建应用程序,编译运行就能得到可执行的应用程序,从而实现该保护功能。

(2) 进行微机继电保护装置的动态仿真。本软件可以利用 EMTP、ATP 的仿真数据或记录的真实的故障电压、电流值对继电保护进行性能校验。这种动态仿真方法很灵活,能改变保护装置或系统的结构、故障地点、故障类型等,同时不需要复杂而昂贵的故障再现和测试设备。用于保护装置中,可以提高效率、降低费用等优点。

### 3.2 可视化平台微机保护系统的结构

系统保护元件的结构如图 1 所示,这些元件可以执行基本的操作,如复制、粘帖等。当用户经常要用到几个基本元件组成一个大的功能块时,用户可以将这个大的功能块自定义为基本元件,以后使用时就不需要再去重复性工作,直接使用这个自定义的功能块就可以。当用户在元件库中选择一个元件时,在元件列表的下面就会显示相应元件的引脚定义,或者右击图形编辑面板上的元件,选择“帮助”就能看到很详细的元件说明书。该系统的元件库中包括保护功能元件和保护控制元件。其中保护功能元件有:测量计算元件、比较元件和附加元件;

保护控制元件有：逻辑元件和时间元件。

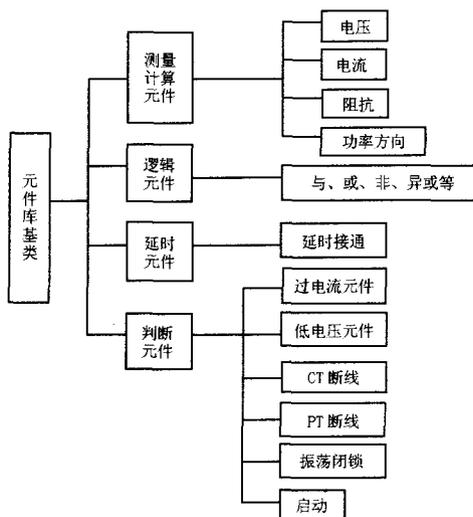


图1 保护元件的结构

Fig.1 Configuration of protection components

### 3.3 可视化平台微机保护的特点

本可视化微机保护软件平台提供了最优的执行顺序和高效的执行速度，完全满足实时性要求，因此该可视化保护系统的质量得到了有力的保证。采用可视化保护的目的是要把保护编程变得更简单、更灵活、更可靠；只要元件库的每个元件都通过测试验证没有错误，那么用户用此软件平台来编程的可靠性就得到了根本上的保证。同时容易实现技术分工，避免了资源浪费，相关专业人员可以根据技术特点进行硬件设计、软件设计、通信、保护原理研究等。从而可以使保护开发人员从繁重的重复性劳动中解脱出来，大大减少人为因素所造成的错误，可靠性高、运行维护简单。与传统的手工编写微机保护程序代码的方式相比，该软件具有编程简单、直观、高可靠性和高开发效率的突出优点。

保护开发人员在利用该软件进行保护编程时，只要对保护算法和元件参数的设置进行分析研究就可以，不需要担心代码的正确与否。而且可以进行在线调试，直接双击引脚标签就可以得到当前引脚的值，纠错容易，同时还可以检验用户保护算法的正确性。

### 3.4 可视化保护思想和编程方法

可视化保护就是根据相应的保护定制对应的保护逻辑图，然后在保护平台上搭建逻辑图的图形程序，编译运行得到可执行程序再将其下装到硬件平台上，这样就实现相应的保护功能<sup>[5]</sup>。强大的硬件平台、高速CPU、优质的算法完全能保证保护在1ms内计算几十至几百个元件组成的保护逻辑图得到输

出结果。因此，一旦系统发生故障，保护就能准确快速动作。

本软件实现可视化保护编程的方法是在软件平台相应的保护元件库中，根据保护算法所画出逻辑图选择所需的元件，利用工具栏或菜单项的各绘图工具，在图形编辑面板内进行图形化的程序设计。其中选择元件库的下拉列表框中的保护元件库名，在元件库下面的单选框中就会列出了此元件库的所有元件名，选择某元件后，在元件说明框中即可看到该元件的详细功能描述，再点击“放置”按钮，可将该元件放置到图形编辑面板上，进行图形化程序设计，然后用工具栏上的功能连接线把各元件按照逻辑图连起来，就得到了保护的图形化程序。开发人员要是想更详细的了解元件，就可以右击图形编辑面板上的元件，选择帮助就可以看到该元件各引脚的数据类型，实现功能和详细的实现过程，以及输入输出的关系等。

## 4 应用实例

### 4.1 用可视化编程实现三段式过流保护

利用该软件的可视化编程来实现方向低电压闭锁的三段式过流保护。低电压元件在三个线电压中的任意一个低于低电压定值时动作，开放被闭锁保护元件。保护的動作条件是：(1) $I_{\phi} > I_{dn}$ ； $I_{dn}$ 为n段电流定值， $I_{\phi}$ 为相电流。(2) $T > T_{dn}$ ； $T_{dn}$ 为n段延时定值。(3)过流相的方向条件及低电压条件满足<sup>[6]</sup>。逻辑图如图2所示。进行图形化编程如图3所示，首先根据三段式过流保护动作条件得出保护逻辑图，再根据逻辑图在可视化软件平台上利用保护库里的元件构建电流保护的图形化程序，运行图形化程序得到保护装置执行的逻辑功能代码进行实时保护计算，这样就实现了可视化保护。

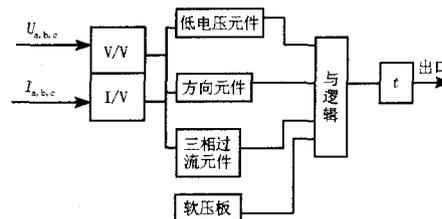


图2 带方向和低电压闭锁的过电流保护逻辑图

Fig.2 Protection logic of directional overcurrent protection with undervoltage-locked

其中该保护程序用到的功能模块有：数据倒入模块（可以用来对仿真数据或实际记录数据进行保护功能分析）、三相傅氏变换模块、复数变相幅模块、方向模块、单相过流模块、单相低电压模块、与逻

辑模块、或逻辑模块、时间模块。根据图 2 的保护逻辑图,用上述模块搭建出对应的可视化保护程序,并对某些模块对应的参数进行设置(如整定值等),即得到了图形化保护的源程序。

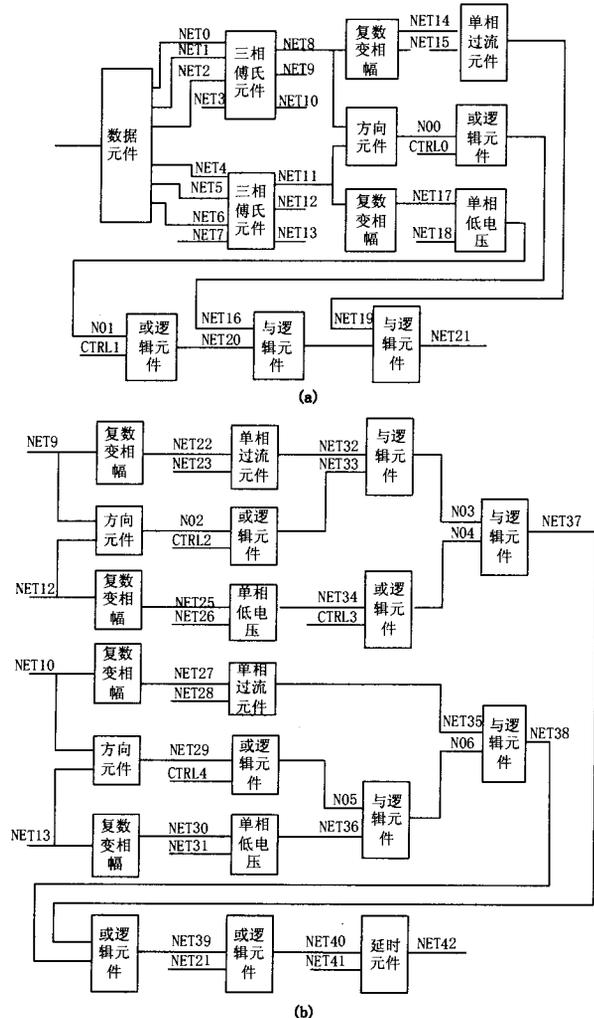


图 3 (a) 与 (b) 两图实现带方向和  
低压闭锁的过电流保护

Fig. 3 (a) and (b) Implement directional overcurrent  
protection with undervoltage-locked

#### 4.2 可视化编程与常规编程比较

可视化编程具有常规编程无可比拟的优势,在编程的效率、准确性和灵活性等方面尤为突出。具体如表 1 所示。

#### 5 结束语

在微机保护程序中运用可视化编程对继电保护行业的发展具有重要的意义,将更好地将计算机软件开发技术应用于继电保护领域,促进继电保护技术的

表 1 可视化编程与常规编程方法的比较

Tab. 1 Visual programming with the conventional methods of programming

	可视化编程方法	常规编程方法
编程效率	编程效率高,用户先根据逻辑图搭建所需模块,然后再进行在线调试,因而短时间内就可编出复杂的程序	编程效率低,需手工编写代码,同时容易出现人为的错误
编程准确性	准确性高,保护库中的元件都通过严格测试,因此只要保护逻辑图是正确就能准确地实现保护功能	准确性较低,即使是同一个保护逻辑图,不同的编程人员编出来程序也有差异,因此可靠性也有差异,还有人为因素的影响
保护动作性能	保护的可靠性和实现效率高,同时可以根据现场情况修改保护功能,灵活性高	灵活性差,如果设计的保护与现场的保护逻辑控制功能不一致时,修改麻烦,同时容易出现错误

发展。这种可视化编程极大地提高了微机保护软件的开发效率,专业人员只要研究完保护算法,根据算法的逻辑框图在这个可视化的软件平台环境中搭出类似逻辑图而由库元件构成的图形就可以准确地实现保护功能,而且用这种方法编出来的程序可靠性得到大大的提高。因此,这种用可视化编程来实现微机保护的新方法因具有简单、灵活、可靠、稳定等诸多优点而有强的生命力,它不仅会促进继电保护领域的发展,同时也大大的推动电力系统的发展。

#### 参考文献

[1] 王健,卢娟.可视化编程在电力系统测控技术中的实现[J].电力自动化设备,2004,24(2):92-94.  
WANG Jian, LU Juan. Implement of Visual Programming in Measuring and Control Technology of Power System[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(2): 92-94.

[2] 赵志华.图形化编程与继电保护装置开发[J].电力自动化设备,2004,24(2):70-72.  
ZHAO Zhi-hua. Discussion of Graphical Programming and Protective Relay Development[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(2): 70-72.

[3] 王胜,王家华,兰金波.图形化保护的原理与实现[J].电力自动化设备,2004,24(2):76-78.  
WANG Sheng, WANG Jia-hua, LAN Jin-bo. Theory and Implementation of Graphic Protection[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(2): 76-78.

(下转第 9 页 continued on page 9)

### 3 结论

本文构造了中性点不接地和中性点经消弧线圈接地系统的仿真用数学模型,针对不同故障情况下的单相接地故障应用电磁暂态程序(EMTP)进行了仿真,通过编制 Matlab 应用程序对 EMTP 仿真产生的接地故障数据进行了处理,得到了相应的零序电压及零序电流的仿真数据及波形,据此比较故障稳态特征与暂态特征得到的结论如下:

1) 不论是中性点不接地系统还是中性点经消弧线圈接地系统,故障线路的暂态零序电流幅值均远远大于非故障线路,而且极性相反,所以暂态零序电流检测法的灵敏度高于稳态零序电流检测法;它不仅适用于中性点不接地系统,而且也适用于中性点经消弧线圈接地系统;

2) 基于暂态零序电流的故障检测方法同样适用于间歇性电弧接地故障;

3) 稳态零序电流与暂态零序电流的幅值均与故障点的接地过渡电阻有关,过渡电阻越小,电流幅值越大,检测灵敏度越高。当过渡电阻增加到一定值时,暂态零序电流的幅值很小,因而检测不出故障线路。这是中压配电网中有关故障检测与选线的难题,有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] 薛永端,冯祖仁,徐丙垠,等.基于暂态零序电流比较的小电流接地选线研究[J].电力系统自动化,2003,27(9):48-53.  
XUE Yong-duan, FENG Zu-ren, XU Bing-yin, et al. Study on Earth Faulty Line Selection Using Transient Zero Sequence Current in Non-Solidly Earthed Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(9): 48-53.
- [2] XUE Yong-duan, XU Bing-yin, CHEN Yu, et al. Earth

Fault Protection Using Transient Signals in Non-solid Earthed Network[A].In: IEEE/CSEE International Conference on Power System Technology Proceedings[C]. Kunming:2002.1763-1767.

- [3] 薛永端.基于暂态特征信息的配电网单相接地故障检测研究(博士学位论文)[D].西安:西安交通大学,2003.  
XUE Yong-duan. Earth Fault Detection Based on Characteristic Transient Information in Non-Solidly Earthed Network, Doctoral Dissertation[D]. Xi'an :Xi'an Jiaotong University,2003.
- [4] 吴维韩,张芳榴,等.电力系统过电压数值计算[M].北京:科学出版社,1989.  
WU Wei-han, ZHANG Fang-liu. Overvoltage Numerical Calculation in Power System[M]. Beijing: Science Press, 1989.
- [5] Dommel H W. Transients Program User's Manual[Z].
- [6] 李福寿.中性点非有效接地电网的运行[M].北京:水利电力出版社,1993.  
LI Fu-shou. The Operation of Non-directly Grounded Networks[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1993.
- [7] ATP-EMTP Rule Book [M].Canadian-American EMTP Users Group, 1997.
- [8] 刘万顺.电力系统故障分析[M].北京:水利电力出版社,1992.  
LIU Wan-shun. Fault Analysis of Power System[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1992.

收稿日期:2007-03-15; 修回日期:2007-11-13

作者简介:

张新慧(1971-),女,博士研究生,副教授,研究方向为电力系统继电保护;E-mail:zhxh626@126.com

潘贞存(1962-),男,教授,博士生导师,研究方向为电力系统继电保护及电力系统自动化监控技术;

徐丙垠(1961-),男,教授,博士生导师,研究方向为电力系统故障检测及其配电网自动化。

(上接第4页 continued from page 4)

- [4] 杨永生.基于面向对象技术的微机保护仿真[J].电力自动化设备,2001,7(21):46-48.  
YANG Yong-sheng. Based on Object-oriented Technology to Micro-protection Simulation[J]. Electric Power Automation Equipment,2001,7(21):46-48.
- [5] 卢娟,李兆成,陈钢杰,等.保护与测控领域通用可视化平台的设计与实现[J].电力系统自动化,2005,29(4):58-61.  
LU Juan, LI Zhao-cheng, CHEN Gang-jie, et al. Design and Implementation of a Universal Visual Platform in Protection and M&C Fields[J]. Automation of Electric Power Systems,2005,29(4):58-61.
- [6] 贺家李,宋从矩.电力系统继电保护原理(第三版)[M].北

京:中国电力出版社,1994.

HE Jia-li, SONG Cong-ju. Power System Protection Principles, Third Edition[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1994.

收稿日期:2007-03-10; 修回日期:2007-06-10

作者简介:

邓秋娥(1977-),女,硕士,研究方向为电力系统自动化和微机保护;E-mail:dengqie@126.com

杜奇壮(1977-),男,硕士,研究方向为电力系统人工智能;

卢娟(1976-),女,硕士,研究方向为电力系统自动化和微机保护。