

南阳电网 110kV 线路重合闸软件包的设计与实现

向铁元¹, 李勇汇¹, 张伟², 全猛²

(1. 武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072; 2. 河南省南阳电业局, 河南 南阳 473000)

摘要: 针对南阳电力网 110 kV 线路研制了一个自动重合闸软件包。该软件包基于面向对象的思想, 使图形、数据库和计算等功能结合在一起, 很好地解决了现场中的实际问题。文中给出了一种实际算例。

关键词: 自动重合闸; 面向对象

中图分类号: TM773 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2003)S0-0005-03

1 引言

河南省南阳市 110 kV 电力网的简化图如图 1 所示。其南部、西部分别与湖北和陕西两省相邻, 担负着南阳市及周边十多个县(市)区的供电任务。市内主要电源有南阳热电厂(30 MW)和蒲山火电厂(2 × 125 MW), 来自丹江口、鸭河口和姚孟电厂的电能通过 220 kV 宛北变电站和市区 110 kV 电网相连。现市区 110 kV 系统开环运行, 建(西)滨(河)线备用。

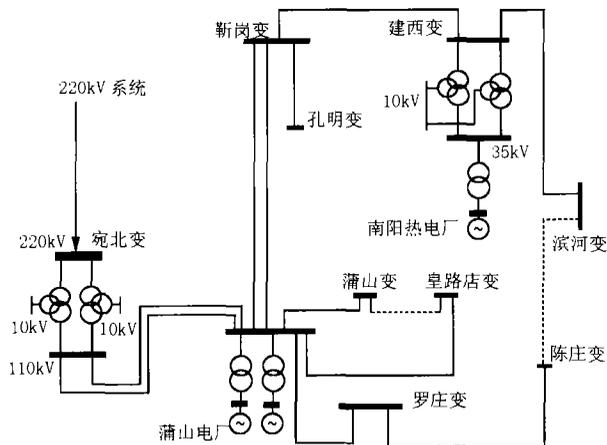


图 1 南阳电力网 110 kV 系统简化图

Fig.1 Sketch of 110 kV network in Nanyang system

110 kV 系统中的(靳)岗 - 建(西)线路上装设有高频距离主保护并采用快速断路器, 满足自动重合闸的条件。但对于这条线路, 由于运行操作人员一直担心因故障造成的振荡会引发整个建西变电站停电, 因而重合闸保护一直没有投入使用。而每当故障时, 运行操作人员就将南阳热电厂从系统中解列, 在切除故障后, 就采用在靳岗变电站侧检查无压, 在建西变电站侧检查同期的人工方法让系统恢复正常运行。运行操作人员现急切需要一种实用计

算工具, 便于他们能根据系统运行方式的改变迅速地判断线路的重合闸能否投入以及重合闸的投入时间, 进而为其它保护与系统运行方式的配合使用提供依据。鉴于此, 本文采用 VisualC++ 6.0 针对性的开发了重合闸整定仿真计算软件包。

2 软件设计

重合闸整定仿真计算软件包由基本元件 CAD 模块、数据库模块、计算模块、图形输出和数据输出等模块组成。各模块间的关系如图 2 所示。

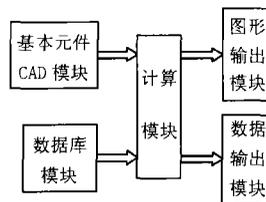


图 2 重合闸整定仿真计算软件包模块图

Fig.2 Module diagram of software package to set the reclosing time

2.1 基本元件 CAD 模块

该模块将电力系统中的发电机、母线、各种类型的变压器、输电线路、电抗器以及负荷等以基本图元的形式储存, 用户可以根据需要, 灵活地通过该模块绘制系统单线图。图 3 是软件包基于面向对象的编程思想所构造的图形 - 数据库类关系图。

图中的 CBus、CACLine、CDTrans、CTTrans、CGen 和 CLoad 等分别为表示母线、交流线路、双绕组变压器、三绕组变压器、发电机和负荷等元件的图形 - 数据库类。基本元件类 CTool 是派生于 MFC 的最底层的基类 Cobject, 它主要从以下 5 个方面来描述图元的基本属性。

(1) 检索号。为了便于检索或编辑, 给系统图中每个元件赋予的一个连续而唯一的编号。

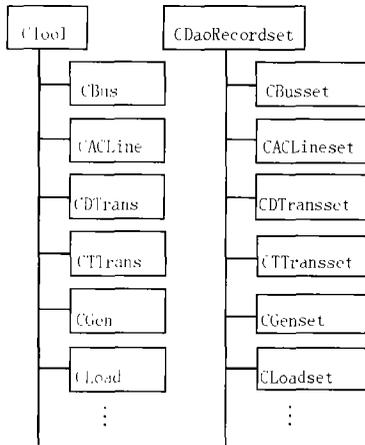


图3 图形-数据库类关系图

Fig.3 Relationship diagram of graph-database class

(2) 颜色。用不同的颜色表示元件所处的电压等级。同一元件的不同颜色表示其电压等级不相同。

(3) 运行状态。重合闸整定计算中只计及系统图中相互连接的运行元件。

(4) 图形操作。用于图元的增加、删除、移动、旋转、放大、缩小、复制、粘贴等基本绘图操作。

(5) 输入输出。利用 Cobject 类的序列化功能对生成的单线图进行存储和显示。

此模块除了能绘制各种图元以及系统单线图外,还可对同类元件按照其绘制的先后顺序,赋予一个与其在数据库中的记录号相一致的唯一编号。如当用户在窗口中绘制完一条交流线路后,其图元将被增加到一个双向链表的尾部,向前指向前一个已绘制的图元,向后指向第一个已绘制的图元。新增图元被相应的图元类根据前一个同类图元的编号分配一个递增的编号,新增编号和相应图元数据库中新增记录的记录号相一致。用户双击该图元可弹出相应的对话框或属性界面,设定图元的网络拓扑信息和参数信息,如该元件的连接状态和等值参数、所处电压等级等。

2.2 数据库模块

数据库模块以 CDaoRecordSet 作为基类,包含有 CBusset、CACLineset、CDTransset、CTTransset、CGenSet 和 CLoadset 等。其操作对象是以 Microsoft Jet 为数据引擎建立的 Data Access 数据库。

数据库模块的功能:首先是能对单线图中出现的所有系统元件进行分类集中管理;其次是对绘制图形时没有设定参数的图元,用户可通过该图元数据库来编辑与其对应记录的空白字段。数据库模块

能可靠的保证图元参数的有效性、一致性和完整性,最大限度地避免由文本方式录入数据时可能带来的错误。它屏蔽了操作数据库的增加和删除的功能,以防止数据库中的记录和单线图上的图元不一致。在编辑图元记录时,只有用户在单线图中增加或删除了一个图元时,相应图元的数据库才可能相应增加或删除一条记录。数据库模块还可以集中的方式编辑每个图元的参数。

此外,数据库模块中还专门设置了一个数据库用于管理系统的重合闸信息,用户可以用其设定重合闸保护的安装地点、投入退出状态、动作时间等信息。

基本元件 CAD 模块、数据库模块构成了计算模块的数据源,两者共同完成系统的生成。

2.3 计算模块

图4为计算模块的程序框图。计算模块与数据库接口,根据数据源提供的系统网络拓扑、参数和初始运行状态等信息进行潮流、短路和暂态稳定仿真计算。

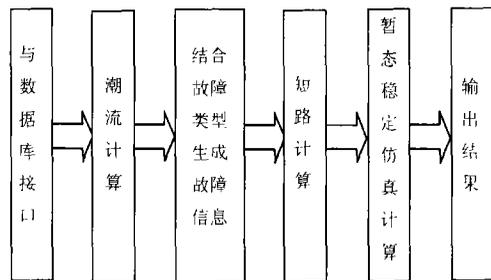


图4 计算模块的程序框图

Fig.4 Flowchart of calculating module

2.4 图形、数据输出模块

图形或数据输出模块将暂态稳定仿真计算的结果以图形曲线和数据表格形式输出,用户通过观察和分析各种电磁量的波形和时域仿真计算结果,提出相应的控制对策。

3 算例分析

按照《电力系统暂态稳定导则》的规定,110 kV 系统中的暂态稳定必须用三相短路故障校验。由于 110 kV 线路上的自动重合闸为三相一次重合闸,故其每次动作对系统都构成一次类似于三相对称的扰动。相对于不对称故障而言,三相一次重合闸在联立求解线性方程组和微分方程组时,可以不必将系统分解为正序、负序和零序网络,计算快速方便。

下面以南阳 110 kV 电网闭环运行时,建(西)-滨(河)线上的重合闸保护为例进行计算分析。

表 1 110 kV 闭环运行建滨线三相短路
重合闸动作时仿真计算结果

Tab.1 Simulation results when recloser operates at three-phase
short-circuit fault on 110 kV line

时间/s	相对功角		电压/p. u.		
	南阳热电厂	蒲山电厂	建西 10 kV 母线	建西 35 kV 母线	建西 110 kV 母线
0	27.39°	20.01°	0.955	0.958	0.987
0.01	27.37°	20.06°	0.195	0.258	0.005
0.2	43.14°	40.58°	0.149	0.197	0.004
0.3	71.44°	63.83°	0.140	0.185	0.004
0.4	115.60°	92.56°	0.133	0.176	0.003
0.5	133.30°	112.10°	0.632	0.631	0.674
0.6	81.66°	105.4°	0.721	0.726	0.737
1.0	20.56°	-24.40°	0.901	0.901	0.937
1.5	53.04°	43.09°	0.97	0.969	1.015
2.0	22.52°	26.07°	0.987	0.985	1.037
2.5	23.12°	5.97°	0.974	0.972	1.023
3.0	35.97°	19.27°	0.968	0.967	1.013
3.5	30.09°	15.56°	0.957	0.956	0.999
4.0	34.70°	9.33°	0.945	0.945	0.984
5.0	31.65°	9.27°	0.940	0.941	0.978

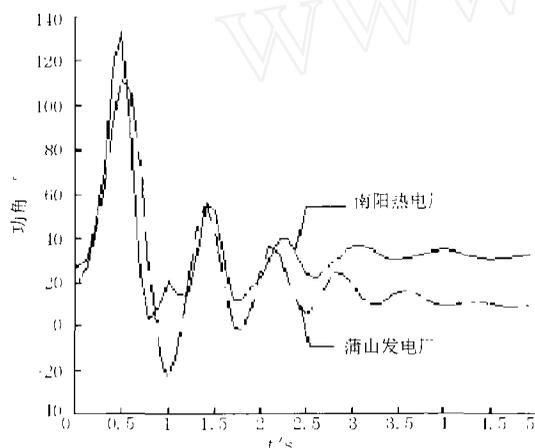


图 5 发电厂功角摇摆曲线

Fig.5 The power-angle swing curve

假定在建滨线建西变电站 110 kV 侧发生三相短路,线路两侧保护在 0.2 s 时切除故障,并在 0.5 s 实行重合闸。按此条件,利用软件包仿真计算的结果如表 1 所示,重合闸动作后蒲山发电厂和南阳热

电厂的功角曲线如图 5 所示。由表 1 和图 5 可见,对于建滨线路采用快速重合闸时,两厂在扰动过后仍可维持同步,其运行功角分别为 9.27° 和 31.65°。因此,这条线路的重合闸是可投的,其整定时间为 0.5 s。同理,岗建线路的自动重合闸也是可投的。但当 110 kV 电网开环运行时,仿真计算结果表明岗建线或其它线路上的重合闸是不可投的。

4 结束语

软件使用直观,用户通过观察暂态稳定仿真计算过程中的状态变量和非状态变量,即可决定线路重合闸是否可以投入以及相应的重合闸整定时间。该软件包已在南阳电业局运行,仿真计算的多项结果及结论得到了现场人员的认可,有较好的实用价值。软件包虽然是专门针对重合闸问题开发的,但它也具有其它继电保护软件的功能,可进行各种对称或非对称故障的计算,为继电保护的整定提供参考数据。此外,此软件包的数据库结构可稍作修改和 EMS 系统接口,与实时潮流相结合,实现重合闸、继电保护的在线整定计算。

参考文献:

- [1] 电力系统继电保护汇编[M].北京:中国电力出版社,1997.
- [2] 陈建春. Visual C++ 高级编程技术 - 开发实例剖析 [M].北京:电子工业出版社,1998.
- [3] DL/T755,电力系统安全稳定导则[S].

作者简介:

向铁元(1953-),男,副教授,硕士生导师,从事电力系统分析、运行与控制等方面的教学和研究工作;

李勇汇(1972-),男,博士,从事电力系统分析等方面的教学和研究工作;

张伟(1958-),男,高级工程师,从事电力系统的管理工作。

Design and realization of reclosing software used in Nanyang 110 kV line

XIANG Tie-yuan¹, LI Yong-hui¹, ZHANG Wei², TONG Meng²

(1. DEEE, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. Nanyang Power Bureau, Henan Province, Nanyang 473000, China)

Abstract: For Nanyang grid's 110 kV transmission line, a reclosing software package is presented in this paper. Based on the idea of Object-Orient Programming, this software package combines graph, database and calculation as a whole and has successfully solved a practical problem. A practical sample is given in this paper as well.

Key words: automatic reclose; object-orient