

DTS中继电保护仿真方法的改进

崔鸿斌^{1,2}, 常鲜戎^{1,2}

(1. 华北电力大学电力系统保护与动态安全监控教育部重点实验室, 河北 保定 071003;

2. 华北电力大学电气工程学院, 河北 保定 071003)

摘要: 定值判断法和逻辑判断法是调度员培训仿真系统(DTS)中继电保护仿真的主要实现方法。该文针对不同的应用和保护类型,分析了两种继电保护仿真方法的适用范围和选用原则,并且提出了关于逻辑和定值法的改进方法。通过工程实践中的实例做出分析和说明,在解决DTS继电保护仿真的实时性和逼真性矛盾方面作了进一步的探讨和研究。

关键词: 调度员培训仿真器; 继电保护; 逻辑判别法; 定值判别法; 协调法

中图分类号: TM743 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)01-0022-05

0 引言

随着人们对电力系统调度员培训仿真器(DTS)的认识逐渐增强,继电保护仿真的实用性、逼真性和灵活性的要求也日益提高。因此,继电保护仿真是DTS重要的组成部分,它对模拟系统在事故情况下的继电保护装置动作及运行情况有着重要的意义^[1-4]。

当前电力系统继电保护仿真有两种实现方法:一是早期的逻辑判别法,其速度快、保护参数的维护工作量小,并且在无需或难以得到详细的故障计算数据信息的情况下,根据电力系统故障信息实现其继电保护仿真。但在某些运行条件下仿真结果与实际情况有较大出入,仿真的逼真性较差;二是后期DTS的定值判别法,能够准确地计算系统在故障后的实际过程并模拟继电保护装置的動作,结果准确,可与实际情况校核,但遇到庞大及结构复杂的电网则难以做到实时。随着调度员培训系统开发的日趋发展,计算机水平的不断提高,电力系统DTS潮流计算和故障后仿真计算的不断完善,使得对继电保护仿真软件开发提出了更高要求,特别是对其实时性和逼真性的要求方面显得尤为突出。

本文为解决DTS中继电保护和安全自动装置的实时性和逼真性这一主要矛盾提出新的仿真方法——协调式仿真方法。协调法既满足继电保护仿真的实时性要求又兼顾电力系统模拟的逼真性,从而体现出其较逻辑法和定值法的优势所在,因此本文将通过逻辑和定值法来引入并重点对协调法的实现原理及适用范围作详细介绍。

1 逻辑判别法及其仿真^[5]

逻辑判别仿真是基于保护规则的。在逻辑判断仿真中,无需建立详细的继电保护装置数学模型,只需要知道保护的名称,根据具体保护的動作规则来进行模拟,建立对应每个保护装置的動作规则库,根据故障发生地点、类型查找其相关的电气开关及保护装置,再根据对应的動作原则来判断是否启动保护装置。

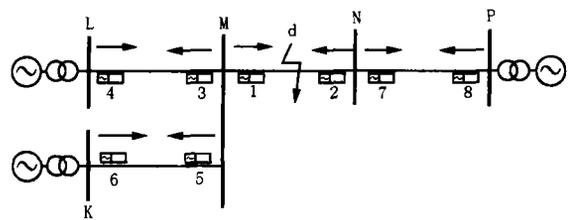


图1 电网接线示意图

Fig 1 Schematic diagram of power net connection

例如在图1中,我们安装了高频速断保护及方向性电流速断保护。假如在线路MN上发生故障,根据故障信息对应的继电保护可以准确快速地动作。但由于逻辑判别法无需测出线路MN中的故障电流及两端电压,因此1、2装设的高频及方向性速断保护无电流的测量值和整定值,从而难以再现电力系统中继电保护装置的运行及動作过程,使逻辑法缺乏其仿真的逼真度,而不能满足电力系统静态和动态运行及反事故演习中调度员培训要求。

由此可见,逻辑判别仿真与电力系统故障计算无关,程序运行速度快,实时性好,易于满足速动性的要求;但不能反映保护装置的灵敏性的要求,相比利用继电保护装置的整定值和故障仿真计算所得电

量值进行判断的定值判别仿真也不够逼真,不能真实地再现电力系统继电保护动作行为这一 DTS的重要特征^[6,7]。

2 定值判别法及其仿真

定值判断仿真是根据系统发生故障情况下系统中各电气量的变化来判断继电保护装置是否满足定值条件,而且需要建立准确详细的数学模型,因此也就更接近实际电力系统的运行情况,使得 DTS更具真实性但同时增加了仿真程序的执行时间,给实时性带来困难。

利用定值判别法进行电力系统的静态及动态仿真,不仅需要计算一次系统的正序电压、电流,还要知道负序、零序分量的分布情况,从而大大地增加了系统的计算量。如图 2 所示网络,在添加负序及零序分量前后计算机的运行时间增加将近 30%。假设在 9、10 节点之间发生接地故障,如图装设高频闭锁距离保护,由定值法根据 9、10 保护测量值及与整定值的动作判据实现仿真,但由于满足定值法要求而添加负序及零序电气量判断环节,使得二次系统判断计算量增加^[8-10]。

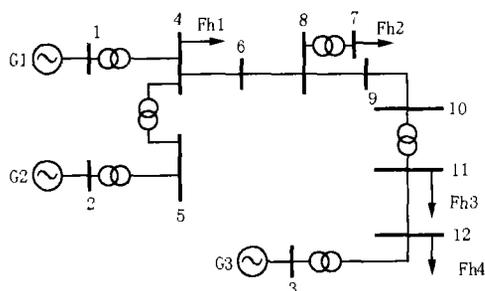


图 2 电网接线示意图

Fig 2 Schematic diagram of power net connection

由此可见,如果电力网较为庞大(如网省级),利用定值法来实现其继电保护仿真则会大量增加一次系统的计算量及二次系统的判断时间,况且对于保护装置的模拟并不仅仅是看保护单元的动作方程是否满足,还要涉及启动及选相等多方面的问题,这些问题使定值判别法难以体现调度员培训的实时性。

3 继电保护改进仿真法——协调法

3.1 协调式仿真方法实现原理及应用原则

实际电力系统中继电保护装置形式多样,种类繁多。当前国内 DTS 继电保护仿真主要应用以上本文所介绍的两种实现方法以及针对不同的运行方

式对保护定值的关注并不相同而采取两种方法交替使用的方式来实现的继电保护仿真(具体做法是选出电网中一部分保护用定值判别法,其余用逻辑判别法)。但在针对某一具体保护仿真的实现仍是逻辑判别法或定值判别法,且实时性及逼真性这一继电保护仿真的核心矛盾依然存在^[11-13]。

工程开发中潮流计算和故障计算有部分数据难以得出或即使全部算出也需要很大的计算量和占用 CPU 较多的运行时间(如电流、电压的负序及零序分量),因此我们在软件开发时要充分考虑到实现 DTS 继电保护功能模块的运行时间和实现难度。这就要求建立数学模型和编制 DTS 继电保护程序时尽量使用现有的较为精确的电气量和故障发生地点、类型及相关信息作为保护动作的基本数据。从而满足 DTS 对实时性的要求又充分体现了调度员培训的逼真性和灵活性。

因此正如本文 1、2 中的分析,逻辑判别法求实时而缺少逼真;定值判别法求真而不易做到实时。因此我们有必要充分认识到 DTS 继电保护仿真存在的问题并就逻辑判别法和定值判别法在实时性及逼真性的协调方面作一比较和分析,提出了它们的改进方法——协调法。

协调法是针对 DTS 中继电保护仿真实时性和逼真性这一主要矛盾的解决而提出。协调法不同于定值判别法和逻辑判别法,它以一定的电气量,充分的故障信息及数据库传递信息为基本前提,并通过继电保护原理实际应用的错位与嫁接(如零序电流保护的方向判别用功率方向判别法而非实际现场的负序方向原理),既包含定值类保护原理仿真的特色,同时也节约了这一具体保护的运行时间(因无需零、负序分量的电气量计算及判断而只有正序分量值)通过减少某一种或几种保护仿真的运行时间来实现其某一大类保护整体的实时性,同时也有效保持其仿真与模拟的逼真性与灵活性。因此,协调式仿真是基于快速故障信息判断的逻辑法及具有逼真电气量动作判据的定值法的优化与结合,并体现在某一种具体的保护(零序电流保护、变压器差动保护及高频方向闭锁保护等)的实现中而不是某一大类的保护仿真(如线路保护仿真,母线保护仿真,变压器保护仿真,发电机保护仿真),这也体现出协调法的应用原则及在具体保护仿真实现方面的优势。

3.2 协调式仿真法的数学模型

由 3.1 节中可知,协调法适用于某一种具体保护的仿真,而电力系统继电保护装置形式多样,但原理

基本一致,因此根据协调法的仿真思想,本文提出了一个新的继电保护装置模型,其具有良好的兼容性和适应性,并用此模型进行了继电保护的协调式仿真。

协调法数学模型主要由测量及信息采集环节、综合判据环节及动作环节组成。继电保护装置通过测量环节子装置采集必要的或能够获得的电气量,将其与整定值相比较判断,而后结合故障类型、地点及位置等信息通过与关系来构成综合判据环节来判断保护是否启动和动作,最后结合延时及外部信号来启动保护动作发跳闸信号。继电保护基于协调法的模型框图如图 3。

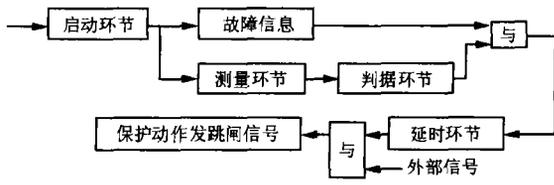


图 3 基于协调法保护仿真总体模型

Fig 3 Simulation model of the protection based on the coordinated method

3.3 基于协调法的仿真实例分析

为了验证本文提出的应用协调法实现继电保护仿真功能的正确性和实际开发中的优越性。我们以零序电流保护仿真来举例说明:如图 4 中,三机系统安装了零序电流保护且系统为变压器中性点接地系统,设在线路 MN 上发生接地故障。以 M 侧保护为例进行说明。图 5 为 MN 线路内部故障时的零序网络图,图中箭头标识的是故障后零序电流的流向^[14,15]。

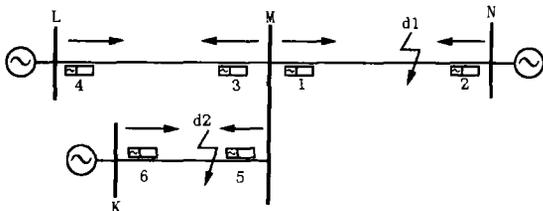


图 4 零序电流保护仿真电路图

Fig 4 Simulation circuit of zero sequence current relay protection

1) 仿真过程

故障发生后, M 侧保护首先判断线路系统是否为变压器中性点接地系统,判断结果为肯定;然后判断线路系统所发生故障是否为接地故障,判断结果仍为肯定;而后再从 DTS 系统所给信息判断本侧是否有零序电流通过,判断结果为肯定;此时,引入本侧电压电流量的模值与相角,应用功率方向判别法,

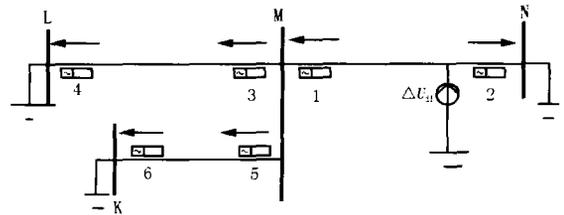


图 5 故障时电路零序网络图

Fig 5 Zero-sequence circuit network on fault

判别故障方向,判断结果为正向故障且故障处于保护动作范围内,则保护动作并发跳闸信号,跳开本侧开关,以切除故障。

图 6 为本文具体设计的零序电流保护流程图。

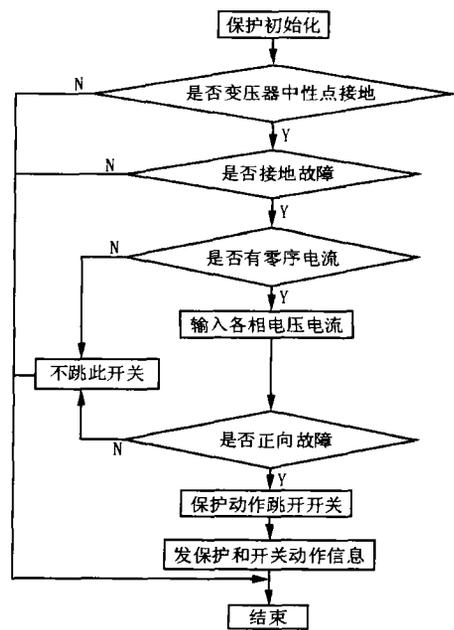


图 6 零序电流保护仿真流程图

Fig 6 Simulation flow chart of zero sequence current relay protection

2) 仿真结果分析

本文实例中由于在工程现场难以或无需计算零序电流的具体电气量,因此实现其仿真则不同于文献 [12] 中采用定值法的零序电流方向判别环节,而是由正序分量为为主的功率方向判别法,从而省去了电流负序、零序分量的计算,大大节约程序的运行时间(近 20%),较定值法提高了其实时度但又不失模拟的逼真性。

协调法及其建立的数学模型不仅仅适用于零序电流保护的仿真,对其它保护如变压器差动,发电机定子接地短路,母联差动及高频方向等保护功能的实现和软件开发都有很强的实用性并取得了理

想的效果。虽然作为实现方法仍存在问题,但在实际的开发和研究中会得到不断完善。

表 1 零序电流保护动作一览表

Tab 1 Action schedule of zero-sequence current relay protection

故障类型	A相接地			BC相接地		
	正向		反向	正向		反向
	区内	区外		区内	区外	
零序保护动作情况	+	-	-	+	-	-

注: +表示保护动作; -表示保护不动作。

4 结语

1)逻辑判断仿真和定值判断仿真是当前继电器保护仿真主要的两种方法。本文通过实例分析指出两种方法在解决实时性及逼真性方面的局限性。

2)本文通过对逻辑判别法及定值判别法的实时性和逼真性这一主要矛盾的分析和探讨,提出了具有较强的实用性的协调式仿真的优化方法,建立了基于协调法的新的继电器保护数学模型,并用此模型实现其继电器保护仿真。

3)逻辑判断法和定值判断法以及协调法均具有其特点,尤其是针对某一具体保护的仿真实现方面协调法有其独特的优势和生命力,因此可根据工程开发的需要进行仿真方法的合理选择使用。

参考文献:

- [1] 张慎明,姚建国. 调度员培训仿真系统(DTS)的现状和发展趋势[J]. 电网技术, 2002, 26(7): 60-66
ZHANG Shen-ming, YAO Jian-guo The Actuality and the Direction of Development[J]. Power System Technology, 2002, 26(7): 60-66
- [2] 王新然,王心丰. 基于 AutoCAD 的 EMS/DTS图形系统[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(3): 36-38
WANG Xin-ran, WANG Xin-feng The Figure System Based on EMS/DTS About AutoCAD[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(3): 36-38
- [3] 王为国,代伟,万磊,等. DTS中继电器保护和安全自动装置方法的分析[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(5): 58-60
WANG Wei-guo, DA I Wei, WAN Lei, et al The Analysis About Relay Protection and Security Automechanism in DTS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(5): 58-60
- [4] 白玮,高平. DTS-SOTS实时通信接口的设计与实现[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(6): 33-35.
BA I Wei, GAO Ping The Design and the Implement A-

- bout the Real Time and Communicate Meet in DTS-SOTS [J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(6): 33-35.
- [5] 王庆平,陈超英,陈礼义. DTS技术及其展望[J]. 继电器, 2002, 30(5): 29-32
WANG Qing-ping, CHEN Chao-ying, CHEN Li-yi The Technology and Its Prospect in DTS[J]. Relay, 2002, 30(5): 29-32
- [6] 谷毅,赵玉柱,张国威. 我国 DTS技术及其应用[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(13): 60-62
GU Yi, ZHAO Yu-zhu, ZHANG Guo-wei The Technology and Application of DTS in China[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(13): 60-62
- [7] 孔艳,袁启海. DTS中基于用户自定义的自动装置模拟[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(6): 36-37.
KONG Yan, YUAN Qi-hai The Automechanism Simulation Bases on the User-defined in DTS[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(6): 36-37.
- [8] 钱华,张良. 新一代地区电网 DTS系统中的继电器保护仿真[J]. 电力系统及其自动化学报, 2002, 14(4): 72-75.
QIAN Hua, ZHANG Liang The New Generation Relay Protection Emulation of Region Electricity Web in DTS [J]. Proceedings of the EPSA, 2002, 14(4): 72-75.
- [9] 孙宏斌,张伯明,吴文传,等. 面向地区电网的调度员培训仿真系统[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(4): 49-52
SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, WU Wen-chuan, et al The Dispatcher Training System About Region Electricity Web[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(4): 49-52
- [10] 李,舒彬. 北京电网调度员培训仿真系统的建设及应用[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(1): 48-50.
LI Yang, SHU Bin The Construction and Application of DTS in Beijing Electricity Web[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(1): 48-50.
- [11] 姚建国,张慎明. 调度员培训仿真系统的功能要求和设计原则[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(23): 15-19.
YAO Jian-guo, ZHANG Shen-ming The Function Request and the Design Principle in the Dispatching Training System[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(23): 15-19.
- [12] 杨胜春,王力科,张慎明,等. DTS中基于定值判断的继电器保护仿真[J]. 电力系统自动化, 1998, 22(8): 30-32
YANG Sheng-chun, WANG Li-ke, ZHANG Shen-ming, et al Simulation of Relay Protection Based on Quantitative Comparison in DTS[J]. Automation of Electric Pow-

- er Systems, 1998, 22 (8): 30-32
- [13] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1996
- WANG Wei-jian Relay Protection of Electric Main Equipment Their Principle and Application [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1996
- [14] 姚建国, 王元林, 王力科, 等. 新一代调度员培训仿真器的设计和实现 [J]. 电力系统自动化, 1995, 19 (2): 12-17.
- YAO Jian-guo, WANG Yuan-lin, WANG Li-ke, et al Designing and Realizing of Advanced Dispatcher Training Simulator [J]. Automation of Electric Power Systems, 1995, 19 (2): 12-17.
- [15] Kyuwa S, Yoshida T. Operator Training Simulator with Real-time Transient Stability Analysis [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1994, 9 (2): 721-727.

收稿日期: 2005-05-26; 修回日期: 2005-08-24

作者简介:

崔鸿斌 (1978 -), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统稳定、分析与控制; E-mail: hw17812@sina.com

常鲜戎 (1956 -), 男, 博士, 教授, 研究方向为非线性系统控制、电力系统分析与稳定控制、电机故障监测与控制等。

Improvement of the simulation method about relay protection in DTS

CU I Hong-bin^{1,2}, CHANG Xian-rong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Power System Protection and Dynamic Security Monitoring and Control under Ministry of Education, North China Electric Power University, Baoding 071003, China; 2. School of Electrical Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: The fixed value judge method and the logic judge method are mostly implementation ways in relay protection simulation from Dispatcher Training Simulator (DTS). In accordance with the different applications and protection types, this paper analyses applicable ranges and chooses principles about two relay protection simulation methods. And improvement of the quantitative judging method and the logic judge method are put forward as well. Some examples in engineering application are illustrated. The conflicts of the actual character and the reality character in the relay protection simulation are studied.

Key words: dispatcher training simulator; relay protection; logic judge simulation; quantitative judging simulation; coordinated simulation

网站改版通知

为了更好地服务于读者和作者,继电器杂志社对网站 (<http://www.powerkingdom.com/rep/ress/>)进行了改版。新版网站内容更丰富,分类更合理,并将不断推出各种新的业务和服务。

为了方便广大读者和作者更及时地了解继电器杂志社近期动态,我们在网站上开通了新闻版块;为了方便投稿作者更快捷地了解稿件的录用情况,我们在网站上增加了近期录用文章的公布;为了感谢各电力高校对我刊的支持,我们依据各学校自2005年1月1日在我刊投稿并被录用的文章数量在网上公布了录用排行榜;为了广大读者能够更方便更快捷地了解到最新杂志,我们在网站上刊登了每一期的文章摘要,并且从2006年1月1日起,我们还将提供英文摘要;同时我们还在留言板里开通了“稿件咨询、文章发表及评定、杂志发行、主任在线、作者联络站”等几个留言板系统,欢迎大家访问。如果您在作者联络站里留下您详细的地址,您将有机会获得我刊赠送的半年到一年的期刊。网站改版运行的初始阶段,部分页面尚在完善过程中,可能会出现网站访问不正常和资料更新延迟的现象,由此给用户带来的不便,敬请谅解。

继电器杂志社