

纵差线路保护装置 RTDS 实验方案设计

王学强¹, 黄立滨¹, 崔伟²

(1. 国家继电器检测中心数字模拟实验室, 河南 许昌 461000; 2. 中原石油化工有限公司, 河南 濮阳 457000)

摘要: 介绍一种应用 RTDS 对纵差线路保护进行测试的实验方案, 应用此方案可以对纵差线路保护进行较为全面的考察, 以便对保护性能作出评价。

关键词: 纵差线路保护; 实时数字仿真仪(RTDS); 动模实验

中图分类号: TM743 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003 - 4897(2003)09-0026-05

1 引言

纵差线路保护由于其灵敏度高、选择性强、动作快速等特点在高压线路上得到了越来越多的应用, 众多厂家纷纷推出了各自的纵差线路保护装置。但由于纵差保护尚未形成一套完整成熟的理论, 各个厂家的保护装置的理论基础、研发水平和制造工艺也不同, 因此产品的各项性能指标存在着较大的不同。同时, 即使是同一厂家的产品, 由于各种因素的存在, 也可能导致动作行为上的差异, 这就影响了对一个保护装置的客观评价。产品在参与实际运行前, 动模实验是检验装置性能的最好方法, 因此一套全面、客观的实验方案设计在审定保护装置性能上的作用非常重要。在本文中, 作者根据实践, 提出了一套较为全面的纵差线路保护装置数模实验方案。

2 RTDS 简介

与传统的物理模拟方法不同, 数模实验采用 RTDS 设备对电力系统进行数字化模拟。RTDS 的全称为实时数字仿真仪(Real-Time Digital Simulator), 加拿大曼巴托尼 HVDC 研究中心开发, RTDS 公司制造, 是一种专门用于研究电力系统中电磁暂态现象的装置。基于 DSP 的强大计算能力, RTDS 能够实时计算电力系统状态并输出到工作站或外部装置如保护。在运行于工作站上的 PSCAD 软件中, 用户可以使用元件库中的各种电力系统元件模型, 方便快速地搭建电力系统模型, 编译后下载到 DSP 中计算, 在模拟系统运行过程中能够通过工作站对所模拟的电力系统进行控制。相比传统的物理模拟方法, 数字模拟方法具有建模周期短、灵活性强、安全性好、结果直观等特点, 其计算精度和模型的合理性已通过国内外多年的运行实践证明是可以信赖的。

3 实验方案考虑的主要性能指标

纵差线路保护装置的主要性能指标是确定实验方案的主要因素, 也是不同产品之间考查比较的项目。因此在提出实验方案之前, 有必要对目前纵差保护装置的主要性能指标作一小结。

动模实验的目的是为了让电力系统用户了解保护装置的主要指标, 并在不同装置之间作出比较和选择。电力系统对保护装置主要要求集中于保护的可靠性、选择性、灵敏性和速动性四个指标上, 实验方案考查对象也主要是这四个指标, 其他性能指标如结构、电气性能、冲击、高低温、湿热、盐雾、电磁兼容等应由其他实验考查, 不在本方案考虑之列。

对于微机纵差线路保护而言, 主要性能指标的考查项目如下:

(1) 选择性

主要通过各种线路纵差区内外故障来考查保护的选择性, 在线路区内发生故障时应可靠动作, 故障发生在区外时应可靠不动作。

(2) 可靠性

微机纵差线路保护在系统异常情况下应能正确判别和动作, 这些异常情况包括: 系统振荡、非全相运行、线路充电、非正常频率下运行。

微机纵差线路保护在其他装置处在不正常工作状态时应正确动作, 这些情况包括: TA 饱和、TV 闪络、开关跳闸失败或偷跳、通信故障。

另外保护装置一般有距离、零序等保护作为后备保护, 故在考查装置整体性能的时候, 后备保护的考核也应列入实验项目。

(3) 灵敏性

保护的灵敏性主要反映在判断高阻接地故障的能力中, 在区内故障经一定电阻接地时, 保护应当可靠动作。由于制动电流随着负荷电流的增大而增

大,因此保护在重负荷下的动作情况也应当考查。

(4) 速动性

由于超高压线路在系统连接和功率传送中占重要地位,因此一旦发生故障,必须快速地切除,以免故障扩散和造成其他元件损坏。

4 实验设计方案

4.1 实验所用的电力系统模型

实验采用单机对无穷大系统双回线路模型和短线环网模型,实际实验过程证明这两种模型能够完成所有实验项目。

4.1.1 双回路系统模型

双回路系统结构如图 1。

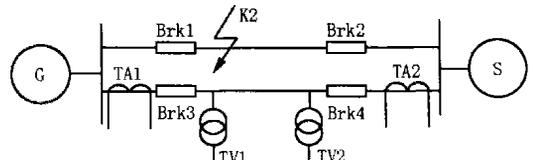


图 1 测试用双端系统结构

Fig. 1 2-end power system in test

由于 RTDS 设备以 Rack 为单位,每个 Rack 的计算能力受其中的 DSP 数目的限制,图 1 所示的系统加上相应的 TA、TV 元件模型及模拟/数字输入/输出元件模型所需的计算量已经超过了单独一个 Rack 的能力。我们使用 RTDS 中的行波线路模型将整个系统分为两个子系统,分别运行于两个 Rack 中。

实际在 PSCAD 中的系统模型如图 2、图 3 所示。

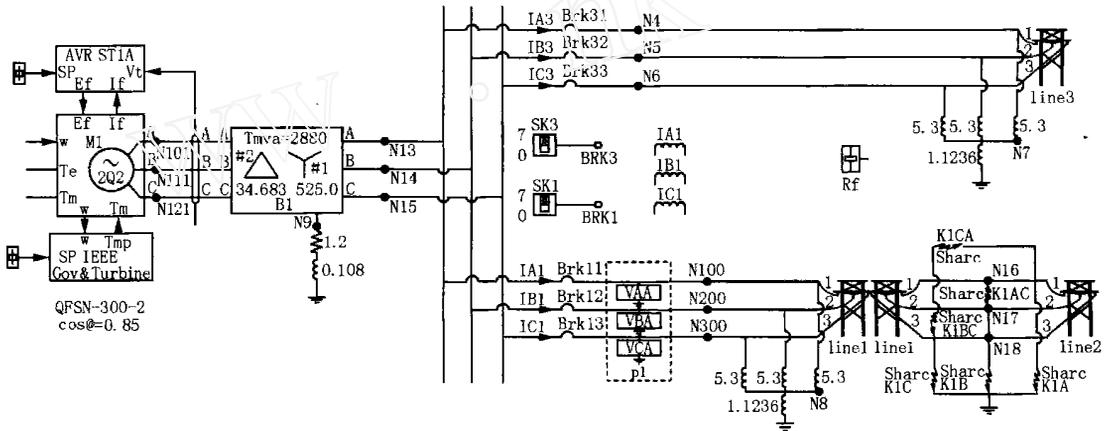


图 2 双端电力系统在 RTDS 上的实现 (第一部分)

Fig. 2 Implement of 2-end power system in RTDS(part 1)

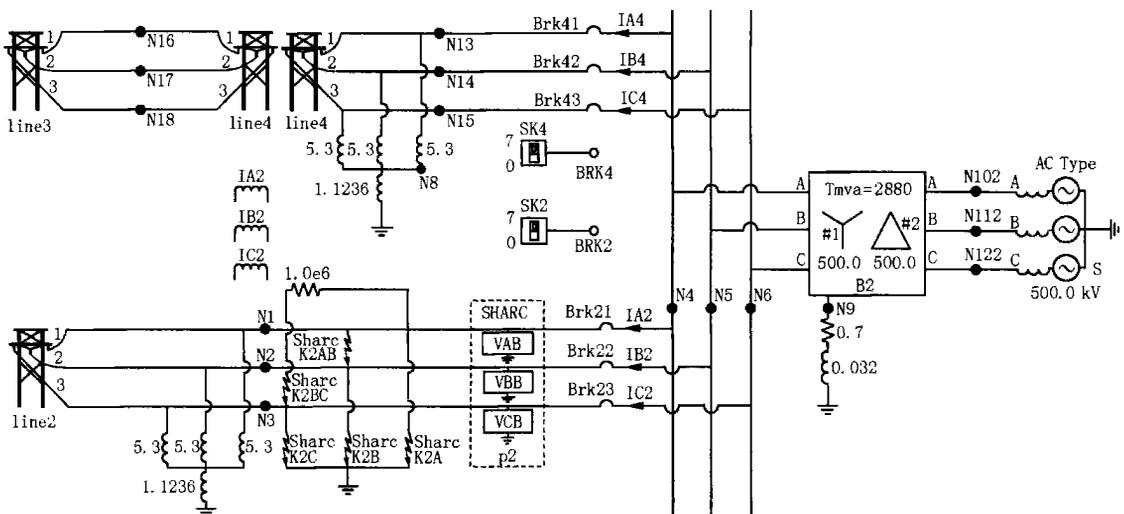


图 3 双端电力系统在 RTDS 上的实现 (第二部分)

Fig. 3 Implement of 2-end power system in RTDS(part 2)

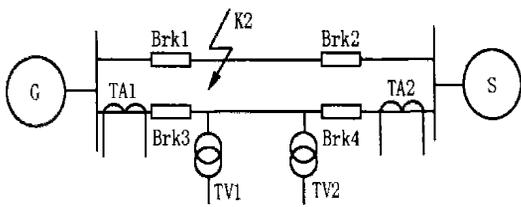


图4 短线环网系统结构

Fig. 4 Short-line loop-net system in test

线路实验时,应将模型中所用线路分别设为长、短两种情况,如300 km、150 km,对应不同系统情况。

4.1.2 短线环网模型

短线环网系统结构如图4所示。

同样,我们将这个系统分为两个子系统,在PSCAD中建立的系统模型如下:

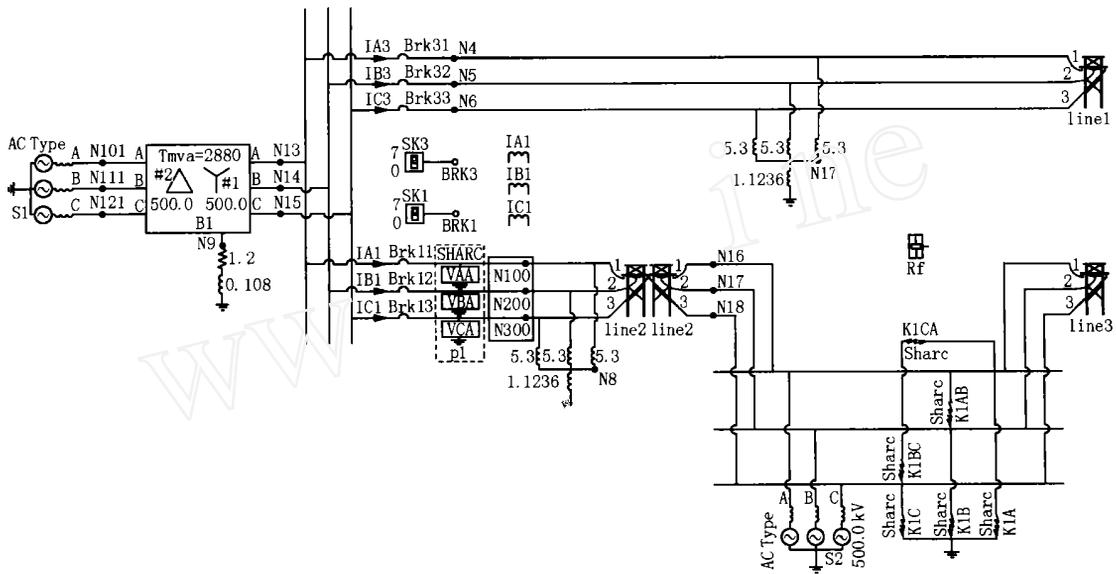


图5 短线环网系统在电力系统上的实现(第一部分)

Fig. 5 Implement of short-line loop-net system in RTDS(part 1)

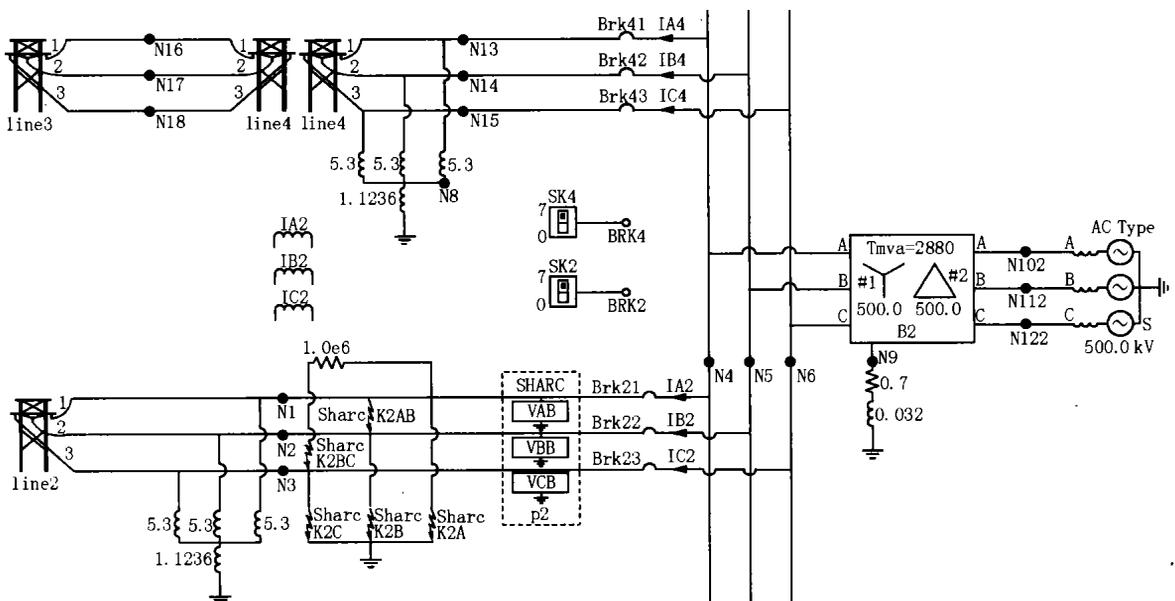


图6 短线环网系统在电力系统上的实现(第二部分)

Fig. 6 Implement of short-line loop-net system in RTDS(part 2)

4.2 实验方案设计

4.2.1 选择性实验方案

对线路保护选择性的测试主要是考查保护在发生各种区内外故障和转换性故障时的动作行为,有如下实验项目:

(1) 区内简单故障

在区内线路发生的金属性接地故障,包括故障点在线路始端、中间和末端处的单相、相间和三相接地故障,故障时间分瞬时性和永久性两种,考查保护对区内故障的动作行为。

(2) 区外简单故障

在区外线路发生的金属性接地故障,包括母线和另一回线路上的单相、相间和三相接地故障,故障时间分瞬时性和永久性两种,考查保护对区外故障的动作行为。

(3) 区内发展性故障

在区内线路的始端、中间和末端某处发生单相接地故障后 10 ms、20 ms、50 ms、100 ms 发展为相间或三相短路故障。

(4) 区内外转换故障

故障类型有区内转区外同名相故障、区内转区外异名相故障、区外转区内同名相故障、区外转区内异名相故障,故障分别发生于区内外不同地点,故障转换时间分别为 10 ms、20 ms、50 ms、100 ms、200 ms。

应当使用上文所述的两种系统模型分别实现上述的实验项目。

为更严格考察产品性能,在进行简单和转换性故障项目检测时,可以改变系统(由电流源模拟)的大小,以模拟强电源和弱电源两种情况,其故障角可以分别设定为 0° 、 45° 、 90° 。

以上实验项目均是电力线路发生故障的常见形式,因此对保护在这些故障下的动作行为的检验是十分必要的。

4.2.2 灵敏性实验方案

由于在高阻接地时的故障电流比金属性接地时大大减少,穿越的负荷电流相应增加,保护用以判别故障的差流也相应减少,保护装置在高阻接地时的行为能够反映其动作的灵敏程度。

具体实验方案为:在 PSCAD 中改变 Fault 模型参数中的 Ron 值为 $0 \sim 300$,在区内线路的始端、中间和末端以及区外线路上施加各种单相接地和相间故障。

由于目前并未有判别纵差保护装置的灵敏程度是否合格的统一标准,高阻接地实验结果一般用来在不同保护装置之间作对比。

应用上文所说明的两种系统模型分别进行实验。

4.2.3 可靠性实验方案

保护装置的可靠性是实际电力系统运行和实验方案考虑的重点内容。线路保护在异常情况下应能正确判别和动作,如前所述,这些异常情况包括:系统振荡、非全相运行、线路充电、非正常频率下运行、TA 饱和、TV 闪络、开关跳闸失败或偷跳、通信故障,具体实验项目如下:

(1) 系统振荡

静稳振荡:图 1 系统以单回线全相运行(断开区外线路),运行至稳定状态后,在 Run Time 中加大发电机的 Tmset 以增加发电机出功,然后改变发电机运行频率以引发振荡,振荡过程中在区内线路的始端、中间和末端施加各种单相接地故障,考查保护这时的动作行为。

发电机改变后的运行频率 Fset 减去 50 Hz,即为系统振荡频率,设 Fset 为不同值可以实现不同的系统振荡周期,在实验中应分别实现周期为 200 ms、600 ms、1500 ms 的静稳振荡。

动稳振荡:图 1 系统以双回全相线路运行,运行至稳定状态后,在 Run Time 中手动切除区外线路后引发振荡,振荡过程中在区内线路的始端、中间和末端施加各种单相接地故障,考查保护这时的动作行为。

非全相振荡:与动稳振荡做法类似,但在 Run Time 中手动切除区内或区外线路某相后引发振荡,振荡过程中在区内线路的始端、中间和末端施加各种单相接地故障,考查保护这时的动作行为。

为达到非全相振荡目的,线路所输送的潮流应当比动稳振荡实验项目中的大,可以通过增加发电机出功、调节转子角度等方法实现。

(2) 线路充电

线路充电:图 1 系统以双回线路运行,区内线路一端开关初始状态为断开,系统运行稳定后,合上另一侧开关并在区内线路的始端、中间和末端施加各种单相接地和相间故障,考查在这些故障下保护的动作行为。在实际操作中,可以使用 Run Time 中的 Script 功能编写动作脚本,以控制故障发生时间在线路充电过程中。

手合故障线路:图 1 系统以双回线路运行,区内线路两端开关初始状态为断开,分别在区内线路的始端、中间和末端施加各种单相接地和相间故障,系统运行稳定后,合上两端开关,考查此时保护的动作行为。

(3) 非正常频率

图 1 系统以双回线路运行,但是发电机、电源等的工作频率设为 48 或 52 Hz,在此情况下,在区内线路的始端、中间和末端及区外线路上施加各种单

相接地和相间故障,考查保护的动作为。

(4) TA 饱和

为达到 TA 磁芯饱和效果,可以在 PSCAD 中修改 TA 的负荷电阻(Burden 电阻值)和 TA 磁芯的 B-H 曲线并同时增加故障时的短路电流,具体做法有:

(a) 图 1 系统以双回线路运行,修改一端 TA 参数,在线路该端区内施加各种单相接地、相间和三相短路故障,在两端 TA 由于饱和出现差流的情况下考查保护的动作为。

(b) 图 1 系统以双回线路运行,修改一端 TA 参数,在线路该端区外施加各种单相接地、相间故障和三相短路故障,考查保护的动作为。

(5) TV 闪络

在现场实际中,TV 闪络是由于螺丝松动、清洗等原因造成 TV 电压暂时的开路。在数模实验室条件下,要逼真地模仿闪络较为困难,现在的做法是在系统运行过程中,将放大器的输出断续地与保护输入接通,以考查保护是否有误动作。

(6) 开关动作错误

开关偷跳:图 1 系统以双回线路运行,将区内线路的断路器通过数字信号输入或 Run Time 中的控制手动跳开一相,观察这种情况下的保护动作和启动情况。

开关拒动:图 1 系统以双回线路运行,在区内线路的始端、中间和末端施加各种单相接地故障,但断路器不跳开,观察这种情况下的保护动作和启动情况。

4.2.4 快速性实验方案

线路保护的快速性是其重要指标之一,故障快速切除可以提高系统并列运行的稳定性,防止事故进一步扩大,减轻电气设备的损坏程度,还能提高自动重合闸的成功率。

快速性指标一般有两个方面。一是保护在常规条件下的动作速度,在上文所述的选择性试验中使用录波器或在工作站的 Run Time 中记录下保护动作信号与故障的时间差来考察产品在常规条件下的动作速度性能。

另一方面是特殊项目下的性能考察,主要有考察保护在系统振荡、有串补电容、空投故障线路和弱

电源等情况下的动作速度。考察方法是在上文所述的可靠性试验中通过录波器或在工作站的 Run Time 中记录下保护动作信号与故障发生的时间差。

4.2.5 其他实验项目

保护抗干扰能力检查:用外加噪声信号源对保护进行干扰,考验对保护的影响,简便的信号源可以采用手机或对讲机;保护直流电源缓慢上升或下降,考察对保护的影响;电源拉合及直流熔断器打火,考察对保护的影响。

保护通信能力检查:考查保护监测误码率、两侧保护同步及传输时间能力;在两侧保护通信中断时,检查保护的告警信息,在恢复通信时,保护应能回复到正常工作状态;在通路中加入光衰耗器,使通道产生误码,检查在不同误码率下保护的工作状态。

5 结束语

本文针对微机纵差线路保护提出了一套较为全面的实验方案,以便为电力系统用户对纵差线路保护产品的整体性能进行评估。实验方案在充分考虑电力系统使用部门实验条件的基础上,针对纵差线路保护产品的各个主要性能指标给出了具体的实验项目和实验方法。该实验方案已经在我实验室中多次应用,经过对 WXH-801、WXH-803、RCS-101 等装置的测试证明,应用此方案可有效地对保护产品进行严格考察。

参考文献:

- [1] 南京电力学校. 电力系统继电保护[M]. 北京: 电力工业出版社, 1981.
- [2] 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, 2002.

收稿日期: 2003-01-24

作者简介:

王学强(1977-),男,助理工程师,从事电力系统数字仿真研究工作;

黄立滨(1974-),硕士,主要从事电力系统数字仿真研究工作。

Test scheme of line differential relay by RTDS

WANG Xue-Qiang¹, HUANG Li-Bin¹, CUI Wei²

(1. Digital Simulation Lab of NCQTR, XuChang 461000, China;

2. Zhong Yuan Petroleum and Chemical Limited Responsibility Company, Puyang 457000, China)

Abstract: This paper presents a method of testing differential line protection with RTDS. Using this method can appraise the protection's overall performance.

Key words: differential line relay; RTDS; dynamic simulation