

基于全场景系统的新一代智能变电站 整组传动调试方法

李泳龙^{1,2}, 郑永康², 李小鹏², 沈大千³, 董汉彬²

(1. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065;

2. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610041;

3. 国网四川省电力公司广安供电公司, 四川 广安 638600)

摘要: 随着智能变电站的不断发展, 电子式互感器已广泛应用于新一代智能变电站。电子式互感器的应用导致常规智能变电站的整组传动调试方法难以适用于新一代智能变电站。提出了一种适用于新一代智能变电站的整组传动调试方法。首先对常规智能变电站的整组传动试验方法及其局限性进行了概述。其次, 介绍了适用于新一代智能变电站的全场景测试系统, 并结合某 220 kV 变电站现场调试实例, 详细介绍了全场景系统用于变电站现场调试的关键步骤。最后, 在对比两种整组传动调试方法的基础上, 总结了利用全场景系统进行整组传动调试的优势。

关键词: 新一代智能变电站; 整组传动试验; 全场景系统

中图分类号: TM76 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)03-0068-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.03.014

Whole Group Transmission Commissioning Method for New Generation of Smart Substation Based on Whole Scene System

Li Yonglong^{1,2}, Zheng Yongkang², Li Xiaopeng², Shen Daqian³, Dong Hanbin²

(1. Department of Electrical Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan, China;

2. State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China;

3. State Grid Guangan Power Supply Company, Guangan 638600, Sichuan, China)

Abstract: With the development of smart substation, electronic transformer has been widely used in the new generation of smart substation. But the traditional whole group transmission commissioning method is hardly used in the new generation of smart substation because of the application of electronic transformers. A whole group transmission commissioning method for the new generation of smart substations is presented. Firstly, an overview of the test method and its limitations in the conventional smart substation are given. Secondly, the whole scene system suitable for the new generation of smart substation is introduced. Combined with the example of a 220 kV substation commissioning, the key steps of the whole scene system in the field commissioning of substation are introduced in detail. Finally, based on the comparison between the two sets of transmission commissioning methods, the advantages of using the whole scene system for the whole group transmission commissioning are summarized.

Key words: new generation of smart substation; whole group transmission commissioning; whole scene system

0 引言

随着智能变电站各方面经验的积累, 国家电网公司提出并推进了基于电子式互感器的新一代智能变电站(以下简称新一代智能变电站)的建设, 这也

国家电网公司科技项目: 智能变电站二次系统优化关键技术研究 (521999160004)

对变电站现场调试工作提出了新的挑战。智能变电站中各种设备之间的关联越来越紧密, 多个设备的实时状态都会对保护装置产生影响^[1]。在变电站调试过程中, 整组传动试验是其中一项重要内容, 其目的是为了验证各有关保护装置相互动作、重合的情况, 检验各有关断路器跳合闸回路和传动开关的正确性, 以及各装置间相互配合的可靠性和动作时

间是否满足要求^[2]。

在基于常规互感器的智能变电站(以下简称常规智能变电站)中,整组传动试验通过继电保护测试设备在单间隔端子排上通入电流、电压的模拟量到合并单元,合并单元在内部转换为数字量发送到保护装置上,保护装置根据接收到的数据量做出相应反应,继而可完成整组传动试验。以线路间隔为例,可完成保护跳闸传动试验与母线保护配合性试验、软压板配合性试验、检修机制联动试验、监控及保护信息主机相关联调等。而在新一代智能变电站中,采用了电子式互感器,运用了罗氏线圈。罗氏线圈的引出线采用小信号屏蔽电缆并外套屏蔽管后,连接到底座内的采集单元。一次传感器采集到的模拟信号输出至底座内的采集单元,采集单元将其转化为与其成正比的数字信号,由光缆输出串行数字信号至合并单元^[3]。由于新一代智能变电站信号传输发生了变化,给合并单元通入模拟量的试验方法已不适用新一代智能变电站。另外,从一次侧加量的方法也不适用,该方法仅适用于稳态试验,即验证互感器的变比、极性等,而在整组传动试验中,从一次侧加量无法精确地实时控制试验设备输出故障大电流,也就无法模拟出真实的故障状态。

下面在分析常规智能变电站整组传动调试方法局限性的基础上,介绍了适用于新一代智能变电站的整组传动调试方法。该方法主要利用全场景试验系统完成调试。结合某220 kV新一代智能变电站现场调试工作,详细介绍了全场景系统调试的一些关键步骤和优势。

1 常规智能变电站整组传动调试方法

1.1 常规整组传动调试系统组成

常规整组传动调试系统包括计算机、继电保护测试系统软件、模拟量继电保护测试仪。

图1是利用常规整组传动调试方法的流程图。

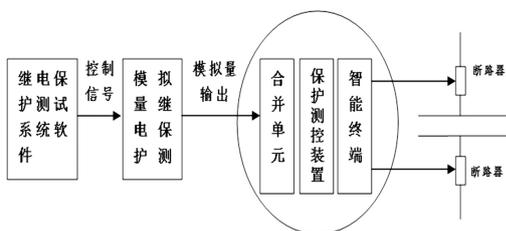


图1 常规整组传动调试方法的流程

1.2 常规整组传动调试方法的主要步骤

常规整组传动试验是通过给合并单元通入电流、电压模拟量信号,并模拟各种类型的故障,继电保护装置根据所测量的电流、电压信号动作于开关,从而达到检验保护装置动作情况、断路器的分、合闸线圈二次回路、各保护装置间的配合情况以及故障录波、网络交换机、监控后台系统的目的^[4]。

常规整组传动试验的步骤如下:

- 1) 将二次系统视为检验对象。试验前,应保证二次系统处于正确的联通状态。
- 2) 根据电流、电压互感器的变比以及合并单元的配置和试验需求,通入电流、电压模拟量检验各装置的显示情况。
- 3) 根据整组传动试验对二次系统性能的检验需要,计算并设定正常状态、故障状态的模拟量。试验完成后,试验人员需要检查保护装置、测控装置、合并单元、智能终端、监控后台系统等二次系统设备行为的正确性,检查信息传输显示以及开关动作情况的正确性。

1.3 常规试验系统的局限性

常规智能变电站的合并单元接收的是电流、电压互感器的二次模拟量信号。合并单元将接收到的模拟量信号转换为数字信号并传输给相应保护测控装置,所以可以通过传统保护测试仪来设置不同电流电压,模拟各种故障条件,从而验证二次系统各设备动作响应的正确性。而新一代智能变电站采用的是电子式互感器,其原理是采用罗氏线圈的一次电流传感器,将传感器输出的模拟电流电压信号输出至采集单元,采集单元再将模拟信号转换为数字信号后经光缆输出至合并单元。因此,传统测试仪不能对其进行加量。新一代智能变电站可以采用全场景测试系统来完成整组传动的单间隔试验,特别适用于跨间隔试验。

2 全场景测试系统

全场景测试系统由硬件部分和软件部分组成。其中硬件部分包括:无线控制主机、采集器模拟器、通用计算机。软件部分包括:智能变电站仿真平台、建模及试验控制平台。全场景系统信号传输如图2所示。

1) 智能变电站仿真平台

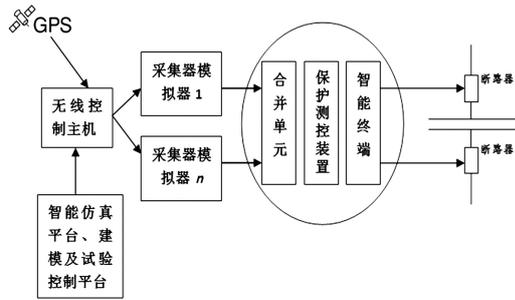


图 2 常规全场景系统信号传输

可显示模拟量波形,显示模拟断路器位置状态返回数据以及发生变化的时间,完成智能变电站的时域仿真。

2) 建模及试验控制平台

提供了电压源、断路器、隔离开关、线路、互感器、母线、变压器、阻抗元件、负荷等各种类型元件的模型库,分别用于搭建变电站仿真系统,建立起无线控制主机、采集器模拟器的通讯关联,以实现试验控制。

3) 无线控制主机

负责接收仿真平台仿真的数据,通过接收 GPS 的对时,保证无线传输到各采集器模拟器的数据与其保持同步。

4) 采集器模拟器

采集器模拟器用于模拟实际电子互感器采集单元的行为。通过将接收到的无线控制主机数据实时传输到合并单元,模拟了实际变电站中电子式互感器向合并单元数据传输的全过程。通过扩展采集器模拟器,配合建模、数据仿真,可完成多间隔的同时试验以及对整个变电站全景式仿真测试。

5) 通用计算机

提供功能软件运行的硬件条件^[5]。

3 全场景系统整组传动试验方法

基于全场景系统的新一代智能变电站整组传动试验步骤如下:

- 1) 根据试验目的确定试验方案;
- 2) 根据变电站实际情况、一次接线图建立变电站仿真模型;
- 3) 采集器模拟器参数配置,与无线控制主机进行关联,保证信号同步输出到合并单元;
- 4) 检查智能变电站采集器模拟器设置正确性、试验间隔开关状态;

5) 通过设置元件模型试验参数模拟所需试验条件,设置完成后仿真计算;

6) 通过无线控制主机将仿真完成后的数据发送到采集器模拟器,采集器模拟器再将信号下发到合并单元;

7) 试验人员检验二次系统的动作情况以及开关机构试验后的位置状态来确定试验正确性;

8) 试验结束。

试验步骤如图 3 所示。

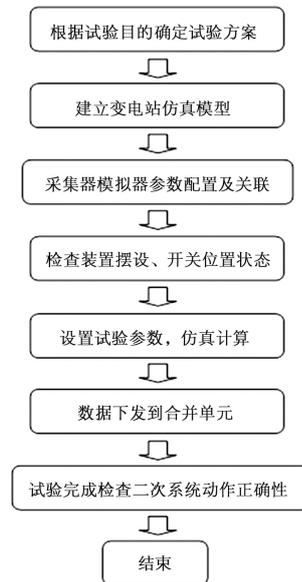


图 3 全场景测试系统试验步骤

3.1 试验关键步骤

1) 无线对时同步

为了保证系统输出数据的准确性,所有的采集器模拟器必须处于统一的同步对时状态。在对时系统中,无线控制主机作为主时钟,可接收 GPS 卫星信号保证自身时钟的准确性。各采集器模拟器作为对时系统的从时钟,通过接收主时钟的无线信号进行同步对时。在完成对时后,采集器模拟器自身的恒温晶振可保持守时状态。

2) 变电站仿真

变电站仿真系统接线图根据变电站主接线图搭建。该仿真平台涉及多种元件模型,包含电源元件、线路元件、变压器元件、阻抗元件、断路器元件、隔离开关元件、电流电压互感器元件以及故障模型元件等。利用各种元件的实际参数可搭建变电站仿真系统接线图。在接线图以及各元件参数设置完成后,可进行仿真操作^[6]。图 4 为某 220 kV 变电站仿真接线图。

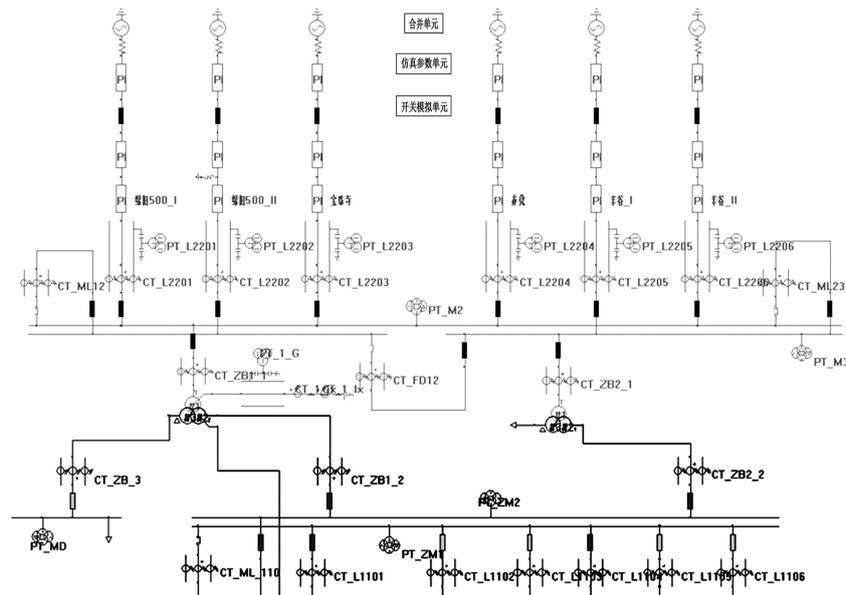


图 4 某 220 kV 变电站仿真接线

3) 与采集器模拟器进行通信

在仿真接线图中,通过“终端模拟器”图框进入设置,可设置相应采集器模拟器的各种实验参数。设置完成后,与无线控制主机进行关联。关联成功后,无线控制主机通过无线传输,将通讯信息下发到各采集器模拟器上,采集器模拟器再将接收完毕的消息返回,即建立了通信。在整个通信建立正确后,就可以向合并单元发送数据了。

3.2 测试注意事项

首先需要完成的是系统的仿真,然后根据试验需求以及电子式电流、电压互感器的参数配置,确定“采集器模拟器”的理想数量。当模拟器的数量足够时,可以实现对变电站二次系统多个电压等级、多个间隔的试验。当模拟器的数量不足时,可以按间隔分步完成二次设备的试验,最少可用两台模拟器完成最小试验系统。

在建立仿真对象时,需要对各种元件模型的参数进行设置,如断路器模型与隔离开关模型的位置状态、线路模型的长度与电阻抗、变压器模型的额定容量与绕组接法、故障模型的发生时间、故障电流的大小等等参数属性进行设置。参数设置好后进行仿真计算。待仿真计算完成后,无线控制主机再将仿真结果下发到各个采集器模拟器,采集器模拟器再将信号输出到相应的合并单元,从而完成对二次系统的加量。试验人员再根据所设故障检查二次系统各设备的响应行为是否正确。

4 两种整组传动试验方法对比

在智能变电站中,整组传动试验是二次系统调试中难度最大,需要配合最多的关键性试验,能够检验各一次、二次设备性能与设计、运行要求是否相符^[7]。由于智能变电采用全数字化信息,通过全场景试验系统建模仿真,当发生故障时,可以体现出变电站其他设备的状态,实现了变电站的整体测试^[8]。以下具体对常规智能变电站和新一代智能变电站整组传动试验方法进行了对比,如表 1 所示。

表 1 两种整组传动试验方法对比

对比项	常规智能变电站	新一代智能变电站
故障设置	瞬时性故障、永久性故障	瞬时性故障、永久性故障
压板及检修一致性检查	保护装置、智能终端、合并单元	保护装置、智能终端、合并单元
信号传输媒介	模拟量	数字量
软件仿真性能	不具备	具备,可直观显示一次模型
系统传输信号能力	单模块加量	多模块加量

两种方法的相同处如下:

- 1) 都有瞬时性故障和永久性故障的条件设置,用以检查断路器的断开、重合动作情况;
- 2) 设置瞬时性故障时都要检查双套保护装置和 A、B、C 三相。在压板及检修一致性试验中也设置了相同的试验步骤。

不同处在于:

1) 常规智能变电站合并单元通过电缆与电流、电压互感器连接,通过测试仪给合并单元输出电流、电压模拟量,传输媒介为电缆。新一代智能变电站中,采集器模拟器给合并单元输入的信号为数字信号,传输媒介为光纤跳线。

2) 常规智能变电站各厂家的继保测试软件界面简单,操作便捷。而全场景测试系统的 ISTS 软件,需具有一定仿真建模能力,各项参数配置较为复杂。ISTS 能够直观看到变电站的一次模型,将整个系统的输入信息纳入到了试验的范围中,进行系统级别的仿真,保证了变电站二次系统的完整性。

3) 传统继电保护测试仪只能对单间隔装置进行加量,其电流、电压输出端口也有限。全场景测试系统可根据试验需求,使用相应数量的采集器模拟器,且模拟器数量可扩充。

全场景测试系统的试验方法能发现工程实施中存在的错误。同时还具有以下优势:

1) 可以检验母线电压合并单元输出到间隔合并单元数据的延时正确性,检验各合并单元自身参数的设置;

2) 可以对多个间隔同时进行加量,检查动作行为,提高工作效率;

3) 可以检验智能变电站的监控系统、信息一体化平台对实际故障信息的处理能力。

5 结 语

全场景测试系统适用于新一代智能变电站的整组传动调试,该系统的先进性及可靠性已在某 220

kV 新一代智能变电站现场得到了验证。同时,该系统在现场试验中的效率优势具体体现在:线路间隔较多的情况下,利用多台采集器模拟器同时设置各线路间隔故障,可以同步完成各间隔的传动试验及检修一致性试验。该次试验结果也为今后新一代智能变电站整组传动试验积累了经验,提供了参考。

参考文献

- [1] 井实. 智能变电站二次系统测试方法及其关键技术研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
- [2] 陈鑫, 李冰. 智能变电站二次系统的调试方法研究及其应用[J]. 电子世界, 2016(16): 115.
- [3] 宋璇坤, 刘开俊, 沈江. 新一代智能变电站研究与设计[M]. 北京: 中国电力出版社, 2014.
- [4] 汪兴旺. 220 kV 绵阳东智能变电站调试研究[J]. 通讯世界, 2014(1): 77-79.
- [5] 王彪, 甄威, 张华, 等. 智能变电站二次系统试验方法综述[J]. 四川电力技术, 2012, 35(2): 4-8.
- [6] 李静. 智能变电站全场景试验系统仿真与测试软件平台研制[D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
- [7] 姜振超, 刘明忠. 智能变电站二次设备系统级调试方法探讨[J]. 四川电力技术, 2012, 35(2): 1-3.
- [8] 井实, 黄琦, 甄威, 等. 基于无线同步技术的智能变电站全场景试验系统[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(2): 72-78.

作者简介:

李泳龙(1988), 硕士研究生、工程师, 从事电力系统继电保护相关研究工作。

(收稿日期: 2018-02-01)

(上接第30页)

- [16] 李亚伟, 张星海, 陈洪波, 等. RTV 涂层表面绿球藻的生长对绝缘支柱电气性能的影响[J]. 电工技术学报, 2015, 30(12): 330-335.
- [17] 马仪, 李明. 高海拔直流绝缘子污秽特性试验研究[C]. 云南电力装备制造业振兴与创新论坛文集, 2008.
- [18] 赵宇明, 黎小林, 吕金壮, 等. 高海拔地区外绝缘参数海拔修正方法研究[J]. 南方电网技术, 2011, 5(2): 59-63.
- [19] 高电压试验技术 第1部分: 一般试验要求: GB/T 16927.1-2011 [S], 1998.
- [20] 高电压试验技术 第2部分: 测量系统: GB/T 16927.2-2011 [S], 1998.
- [21] 谷琛, 张文亮, 范建斌. 超/特高压输电工程典型间隙

操作冲击放电特性试验研究综述[J]. 电网技术, 2011, 35(1): 11-17.

- [22] Insulation Coordination, Part 2: Application Guide(3rd ed.): IEC 60071-2: 1996 [S], 1996.

作者简介:

罗强(1965), 高级工程师, 从事输电线路技术研究和设计工作;

王强(1965), 硕士、教授级高级工程师, 从事输电线路技术研究和设计工作;

罗鸣(1983), 硕士、高级工程师, 从事输电线路技术设计工作;

黄瑞平(1984), 硕士、高级工程师, 从事超高压输电研究工作;

张劲骁(1991), 硕士、助理工程师, 从事输电线路技术设计工作。

(收稿日期: 2018-01-29)