

智能变电站二次设备的调试与检修

郑宇

中国能源建设集团华中电力试验研究院有限公司

摘要:在我国智慧电网快速发展中,智能变电站二次设备具有集成化的特点,结构较为复杂。为了提升智能变电站二次设备调试与检修的效率与质量,本文首先分析智能变电站二次设备的内容,并在此基础上建立详细的调试计划。在保证调试工作有效展开的同时,通过对智能变电站二次设备检修的研究,在快速诊断故障、处理故障的过程中提升智能变电站的可靠性,为我国智慧电网的运行质量、运行效果提供多方面的支持。

关键词:智能变电站;二次设备;设备调试;设备检修

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.22.076

相较于传统的变电站,智能变电站利用更加先进的技术来提升变电站的数字化、自动化水平。智能变电站的二次系统集成了各种传感器、继电器、保护装置、控制装置等设备,在对变电站工作情况监测和判断的同时,可以在发现故障时及时触发保护动作,以保证变电站运行的安全性。同时,二次系统还可以使用通信设备将相关的数据与上级调度中心进行实时的传输和交互,在实现自动管理、优化调度的情况下,确保变电站系统运行的稳定性与可靠性。现阶段智能变电站的二次系统集成度较高、结构紧凑,可以自主完成变电站运行数据的采集、分析和调整控制。在我国智慧电网建设的过程中,智能变电站的应用变得更加常见,但同时设备的正常可靠运行也需要在变电站的建设与安装阶段保证二次设备调试工作的质量,从而满足智能变电站的运行要求。

一、智能变电站二次设备

智能变电站的二次设备通常分为多个层级,主要包括过程层、间隔层、站控层等主要层级,负责变电站各项数据的收集、分析、处理与控制,保证智能变电站的自动、智能化控制。而在智慧电网建设的过程中,还需要使用“两网”结构,保证各项数据能够在智能变电站的各个设备以及上级调度中心之间进行有效的交互,从而提升电网智能控制的系统性。

(一) 过程层

过程层主要用于对智能变电站运行状态的监控、保护与控制。该层级主要由各种传感器、测量设备、执行器构成。通过实时获取变电站的工作参数,例如电流、电压、频率等参数,并将检测到的数据转化为电信号,通过二次系统测的接线装置,将数据传送到继电器和保护装置,并根据智能变电站的保护策略对智能变电站进行有效的保护^[1]。当遇到异常情况时,保护装置、继电器或者执行器会根据相应的保护策略触发保护动作,并

通过自动控制或者远程操控的方式,保证智能变电站运行的安全性与稳定性。

(二) 间隔层

间隔层通常位于过程层与管理层之间,在采集各项数据的同时,需要保证数据的传输处理符合智能变电站安全稳定运行的要求。当过程层利用传感器收集各项数据的同时,间隔层可以对相关的数据进行及时的汇总,并将数字化的数据转换为电信号进行传输。而在传输数据的过程中,利用间隔层的通讯网络,相关数据会被传送到站控层,并用于进一步的分析,以便于对变电站进行智能化的控制。传输的过程中可以使用有线、无线等方式展开,根据实际使用的需求以及设备的要求进行合理的布置。为了保证数据传输的准确性,间隔层还需要对系统内部的时钟进行同步,确保数据采集后能够通过时间协议,保证数据传输的准确性和及时性^[2]。

(三) 站控层

站控层通常是智能变电站二次系统管理的最高层,在接收间隔层、过程层数据的同时,向相关的设备下达控制指令,实现对智能变电站的智能化控制。站控层根据监测到的数据,在进行分析后与智能变电站的运行、保护策略进行对比,确定控制策略,并向过程层、间隔层发出控制指令,实现对相关设备的远程、智能控制。例如对接地开关、断路器开闭状态的智能、远程控制。同时,站控层会记录相关的事件,并对出现的异常发出告警信息,将相关数据上传至上级调度中心,以便于进行及时的处理和响应。这些事件和数据信息也会在站控层的支持下生成运行报表、故障诊断报告等内容,提供有关智能变电站的运行情况,以及设备可能出现的故障情况,从而为维护管理人员提供可靠的决策依据。

(四) “两网”结构

智能变电站二次设备的“两网”结构通常是指过程层的交换机,其主要目的是保证智能变电站通信网络的可靠性。通常情况下,变电站采用的通信网络为GOOSE网络和SV网络,也会使用MMS网络保证数据传输的准确性与可靠性。例如在使用GOOSE网络的情况下,利用GOOSE报文,变电站的保护装置之间可以保持快速可靠的通信,并交换被保护元件的运行参数、故障信息,以便于二次系统更精确、快速的完成故障定位、做出保护动作等控制行为。同时,变电站产生的各种数据也可以通过GOOSE报文实时传输到需要的设备或者系统,比如上级调度中心,从而实现数据的实时共享和分析。

二、智能变电站二次设备的调试

(一) 调试项目的确定

在展开智能变电站二次设备调试的过程中,首先需

要确定具体的调试项目。通常情况下可以分为单体和整组调试。单体调试主要针对具体的设备、元件的工作情况进行单项测试。整组测试则需要判断智能设备之间的协同工作情况是否正常，并验证二次回路是否正确。

(1) 测试仪。测试仪的数据接口通常是全数字化的，因此在调试的过程中，需要向测试仪发出数字信号，并使用相应的测试设备对二次系统的设备进行快速的闭环测试，以保证相关设备运行的可靠性。

(2) 继电器保护设备的调试。需要更新保护设备的程序版本，检查时序功能是否正常，并对继电器的保护动作进行检查和判断，确定其的启动时间、启动效果是否满足实际要求。然后检查继电器的数据收发情况是否正常。

(3) 测控设备的检测。在保证时序功能、程序版本、通讯能力正常的同时，还需要对测控设备的合闸功能进行验证，确定设备的采样精度、功能性满足安全运行的要求，并保证设备五防闭锁逻辑功能正常^[3]。

(4) 合并单元。需要检查其的自我诊断能力，判断是否出现失步的现象，然后查看合并单元的网络记录，确保合并单元通信功能的正常，并对合并单元的输出幅值、同步精度进行分析和检查。

(5) 智能终端设备的调试。通常需要分析设备的通信、报警、开关延时等工作情况。确保智能终端设备执行控制能力符合要求，并保证设备的通讯能力满足实际的控制要求。

(6) 通信测试。需要对整个智能变电站的二次设备通信连接情况进行测试和验证，确保各个设备之间能够正常通信，并且能够正确的传输数据和控制指令。

(7) 联锁、保护测试。需要对联锁逻辑和保护功能的工作情况进行测试，确保各个设备之间的互锁和保护关系的正确性与有效性，并对断路器隔离开关的联锁、保护装置之间的联锁情况进行测试。

(8) 控制逻辑与故障切换/恢复测试。该测试需要对控制系统的逻辑关系进行测试，确保各项操作、控制指令、逻辑关系的正确性。并对变电站发生故障后的切换与恢复功能进行检验，例如切换成自动或者人工操作模式，或者采用自动重启等方式，保证变电站的正常运行。

(9) 性能与稳定性的测试。对变电站的响应时间、数据传输速度进行整体性的测试，确保二次系统的性能和稳定性符合智能变电站的要求，以确保二次系统能够正常工作，并保证其的运行指标符合安全稳定运行的要求。

(二) 安全措施的生

在展开二次设备调试之前，需要采取相应安全措施保证设备的调试与运行系统的有效隔离，从而避免调试过程中可能出现的安全状况。在实际运行的过程中，需要解析变电站运行的SCD文件，确保被调试设备与其他关联的二次设备视为运行设备，以便于保证调试工作的稳定、安全展开。

(1) 获得调试项目的关系。使用XPath技术快速获取调试项目相关的二次回路文件，通常可以根据GOOSE/SV报文信息获取调试设备的控制块名称、IED名称，并确保调试设备中各项数据之间的对应关系，从而得出本次调试工作对变电站二次系统带来的影响范围，以便于制定安全调试策略^[4]。

(2) 标记调试IED信息。标记调试设备的发送以及接收的IED信息，并使用XPath技术快速搜索调试设备发出与接收的各项信息，并将其进行有效的标记，以便于建立调试系统的边界回路，隔离实验设备和运行设备。并制定相应的安全策略，确保调试过程的安全展开。

(三) 调试方法

调试的过程中，可以将智能变电站的SCD文件导入图形化虚拟端子连接，并根据调试工作的内容，匹配调试数据库，然后生成SCD解析结果，然后生成调试项目的详细信息文件。

(1) 配置信息的搜索。利用XPath技术快速搜索二次设备SCD文件的同时，根据调试项目的具体内容，确保调试项目的各项数据在系统中得以有效的展示。在记录核心装置编号的情况下，确定调试项目的范围以及工作的间隔，从而提升计算效率。并利用生成工具对调试项目运行中的SCD文件进行解析，以便于了解调试设备之间的链路关系。通过图形化的文件，展示二次设备安全措施的工作情况。然后将调试数据库中的SCD文件信息与设备运行中的SCD数据进行对比，确保通信参数、数据内容是否保持一致。但需要注意的是，在比对相关数据时，需要确保数据通道输出的一致性，然后使用IED功能测试，检验输出结果与调试数据库中的文件是否一致。

(2) 信息差异点的对比。使用XPath技术快速搜索调试数据库与设备运行SCD文件，然后在搜索结果中对比调试项目运行各项数据的信息差异点，确定IED数据通信参数与调试数据库的文件保持一致。并验证IED在通信输入的过程中是否出现异常警报。然后从发送侧输出调试项目运行的SCD文件，检查相关数据是否与调试数据库保持一致。若存在异常警报的情况下，需要对异常警报信息的一致性进行核实，然后对IED上传监控系统的数据以及警报信息进行检查，确保对异常信息的描述与实际的调试测试过程保持一致，使调试数据的准确性得到充分的保障^[5]。

(3) 调试作业书的生成。通过对SCD文件的解析，确保调试验证的项目符合安全措施保障的要求，并剔除与调试工作内容不相关的参数。然后根据SCD文件，由调试软件生成调试项目表。并在调试项目表中消除重复的内容，然后对设备信息、语义进行匹配，以便于解析SCD文件中的内容，保证调试设备的编号与实际设备保持一致，从而减少设备编号数据错误而导致的问题。同时，由于在实际调试的过程中，部分设备的调试会因为安全工作的要求而无法进行有效的测试。所以在生成调试作业书时，需要将未测试的设备数据进行一并输出，

从而提升数据的全面性与可靠性，并提升调试作业数的标准化水平。

三、智能变电站二次设备的检修

(一) 检修工作的划分

为了保证二次设备检修工作的有效展开，需要对检修工作进行明确的划分，通过确定检修工作的范围、工作的内容，从而确保同类型故障的检修效率与安全水平。在划分停电、非停电检修工作的同时，还需要根据具体的检修工作内容，进一步建立详细的检修工作范围，以保证良好的检修效果。通常情况下，检修工作需要针对保护设备、控制设备、测量设备、通信设备以及数据处理设备进行相应的检修。不同的设备检修工作内容有一定的差别，检修的流程和操作规程也有较大的差别。为了确保检修工作的安全展开，检修工作人员必须充分了解不同二次设备的工作原理、检修流程和操作规程，并合理制定维护计划和周期，以有效提升检修工作的效率与效果。

(二) 电子互感器的利用

由于在检修的过程中，相关数据的获取会受到电子互感集装箱器的影响，无法保证良好的检修效果。因此通常会使用专用的设备仪器对二次设备进行有效的检修。而在检修的过程中，需要利用互感器在运行过程中因电流等原因带来的影响，并使用MU合并器更有效的接收检修信号，从而保证检测信号收集的准确性与快速性，并实现对检修过程的有效管理。同时可以根据实际的检修要求对合并区的运行参数进行有效的调整，从而保证数据采集的准确性，并减少检修过程对二次设备带来的不良影响，提升二次设备检修、维护的稳定性与可靠性^[6]。

(三) 各类报文的检修

由于智能变电站二次设备多采用GOOSE、SV、MMS报文进行通信，在对各项报文进行检修的过程中，需要根据不同报文的类型进行有效的处理。但总体而言，各类报文的检修流程较为一致，只需要针对报文的特点进行调整，从而保证检修结果的准确性。在检修的过程中，首先需要将待检设备的状态调整为检修状态，通常可以合位检修硬压板，并向设备发送检修数据，测试数据是否能够正常发送和接收。并等待设备收集到相关数据后，展开采样数据和检修设备的状态数据的对比和分析，从而判断设备通信的状态良好与否。在具体的检测过程中，通常可以对报文的源MAC地址、报文数据、APPID数据进行验证，判断报文的合法性和正确性。然后对报文传输的延迟进行测量和分析，监测报文在发送到接收过程中的传输延时，确定延时是否满足预期设计的要求。当检测到报文出现丢失或者冲突现象时，则可以根据预设的检测优先级对报文信息进行处理，同时使用Priority和Qos技术，判断并控制报文检测的优先级。并模拟设备在通信过程中出现的故障或者错误，通过观察和分析的方式确定设备的故障现象，采取维修或者更换的方式，确保通信系统能够正常工作。

(四) 故障的隔离

对故障的隔离，可以有效减少故障对智能变电站运行带来的不良影响。在检修的过程中，需要根据不同的故障类型，采取相应的隔离措施，以保证良好的隔离效果，避免对设备运行带来的不良影响。

(1) 智能保护装置的隔离。由于智能保护装置的运行通常分为自动和远程控制，为了保证故障隔离的效率，通常会使用软压板的方式，避免对设备故障带来的不良影响。同时，还需要及时退出母差动保护，并使用故障软压板进行隔离。而在智能保护装置退出、停运的过程中，需要检查其他出口压板，并在故障发生的第一时间使用检修压板进行故障隔离。

(2) 单套保护装置的隔离。在出现故障时，需要使用母线插动保护装置以及软压板快速退出故障。或者使用智能检修压板以及纵联保护压板快速隔离单套保护装置。

(3) 合并单元的隔离。合并单元的隔离需要立即投入故障软压板、重合闸压板以及故障检修压板等方式，以保证良好的隔离效果。需要严格按照相应的检修操作流程执行故障的隔离，以避免对智能变电站带来的不良影响。

(4) 软压板的隔离。等压板在隔离的同时，还需要对其的投退情况进行全面的监测，并保证历史数据的全面性，以提升检测工作的效率和准确性。同时，需要对软压板进行编号，以便于提升软压板的隔离效率，并为故障的诊断和维修提供良好的基础。

四、结语

综上所述，智能变电站二次设备的调试和检修对变电站的正常运行有直接的影响，但由于技术的先进性和二次系统较高的集成度特点，智能变电站的调试与检修对相关人员的专业能力要求较高。为了提升二次设备的检修与维护水平，必须加强对相关技术的有效研究，从而保证智能变电站的安全稳定运行，为智慧电网服务质量提供可靠的基础。

参考文献

- [1] 石亚威. 智能变电站二次设备的调试与检修[J]. 光源与照明, 2023(02): 154-156.
- [2] 董树泉. 智能变电站二次设备调试及维护[J]. 中国设备工程, 2022(17): 51-53.
- [3] 姚鑫, 郭瑞, 秦光辉. 智能变电站二次设备调试与维护探讨[J]. 中国设备工程, 2021(08): 46-47.
- [4] 岑仕斌. 关于智能变电站的二次设备调试与检修[J]. 建材与装饰, 2019(19): 231-232.
- [5] 赵子涵. 智能变电站二次设备调试中几个问题的分析[J]. 低碳世界, 2017(13): 61-62.
- [6] 冉鑫. 智能变电站的二次设备调试与检修[J]. 中国高新技术企业, 2017(04): 128-129.

作者简介: 郑宇(1988.2-), 汉, 男, 山西临汾人, 本科, 工程师, 研究方向: 电气调试、安装、检修。