



国家电网公司
电力科技著作出版项目

电网二次设备 智能运维技术

GRID
SECONDARY EQUIPMNET
INTELLIGENT OPERATION
& MAINTENANCE
TECHNOLOGY

葛亮等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网公司
电力科技著作出版项目

电网二次设备

智能运维技术

GRID
SECONDARY EQUIPMNET
INTELLIGENT OPERATION
& MAINTENANCE
TECHNOLOGY

葛亮 秦红霞 赵纪元 翁磊 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书立足于智能电网建设,介绍电网二次设备智能运维技术的发展历程,以及二次设备智能运维技术的原理和系统构建准则,并采用详尽的案例说明智能运维技术在电网中的应用。本书包括概述、二次设备智能运维技术综述、二次设备智能运维诊断技术、二次设备智能运维检修辅助决策技术、二次设备智能运维可视化技术、二次设备建模技术、二次设备智能运维主站设计、二次设备智能运维子站设计、智能变电站设计配置一体化工具软件、二次设备智能运维工程实践、二次设备就地化保护运维 11 章内容。

本书可供电力相关专业的研究人员、规划设计人员和工程人员参考,也可从事智能电网二次设备信息管理技术研究和智能运维系统建设的人员提供有益帮助。

图书在版编目(CIP)数据

电网二次设备智能运维技术 / 葛亮等编者. —北京:中国电力出版社, 2019.2
ISBN 978-7-5198-2723-6

I. ①电… II. ①葛… III. ①电网—二次系统—智能系统—设备管理 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 284461 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 刘 薇 (010-63412357)

责任校对: 黄 蓓 李 楠

装帧设计: 左 铭

责任印制: 石 雷

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

版 次: 2019 年 2 月第一版

印 次: 2019 年 2 月北京第一次印刷

开 本: 710 毫米×1000 毫米 16 开本

印 张: 24

字 数: 429 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 108.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社营销中心负责退换

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

前 言

近年来，随着智能电网的快速发展，电力系统变电站正在进行着由传统向智能转变的过程。通过使用网络、信息技术对变电站进行技术改造，变电站二次设备的智能化提升到了更高的水平。随着智能变电站技术的发展，传统的二次设备运维模式已经不能满足智能变电站二次设备的运维工作要求。为适应智能变电站二次系统的变化，利用二次设备智能化、信息化后产生的信息优势，以数据为核心，利用计算机技术和数据分析技术，发现表征二次设备故障的特征数据，从而合理安排对二次设备进行维护，实现对二次设备的智能运维已经成为智能电网发展的迫切要求。

本书编者结合长期进行电力系统保护产品及自动化系统的研发和工程经验，分析和总结了二次设备智能运维技术的发展历程，从工程实践角度介绍了二次设备智能运维所涉及的环节和关键技术。本书着力聚焦于可视化技术、二次设备状态评估技术、智能诊断技术、智能检修处理和设备管理及大数据处理技术等一系列高新技术的介绍，并结合当前二次设备运维在湖北电网二次设备智能运维系统建设、南方电网二次设备智能运维系统建设等多个工程项目的实际应用，力图为读者全面、深入地了解二次设备智能运维技术的基本概念、系统结构、关键技术和发展方向提供参考。

本书的章节内容安排如下：

第 1 章为概述，介绍智能电网和变电站自动化技术的发展，并简单介绍智能变电站发展对二次系统运维的影响。

第 2 章为二次设备智能运维技术综述，介绍变电站二次系统、二次设备运维系统的发展历程，分析国内二次设备运维技术现状，提出二次智能运维系统的目标，以及智能运维系统设计的技术路线，阐述智能运维系统的总体架构和所涵盖的关键技术。

第 3 章为二次设备智能运维诊断技术，详细介绍设备状态评价、运行智能预警、自检信息智能分析、动作行为分析与故障原因诊断等方面的技术。

第 4 章为二次设备智能运维检修辅助决策技术,详细介绍检修辅助决策、检修智能安全措施等技术。

第 5 章为二次设备智能运维可视化技术,详细介绍设备在线监视及实现方法。

第 6 章为二次设备建模技术,详细介绍构建二次设备运维系统所需要的关键支撑技术,包括数据建模和通信模型技术、数据处理技术和设计配置一体化技术等。

第 7 章为二次设备智能运维主站设计,介绍主站系统设计的架构、支撑平台、一体化综合模型和功能应用体系等方面内容。

第 8 章为二次设备智能运维子站设计,介绍子站系统的架构、信息处理和功能应用等方面内容。

第 9 章为智能变电站设计配置一体化工具软件,介绍智能运维工具的架构、信息处理和功能应用等方面内容。

第 10 章为二次设备智能运维工程实践,介绍二次设备智能运维系统在工程中的应用情况。

第 11 章为二次设备就地化保护运维,介绍就地化保护整体方案、智能管理单元以及测试仿真系统等内容。

本书在编写过程中,借鉴参考了近年来北京四方继保自动化股份有限公司与中国南方电网电力调度控制中心、国网浙江省电力公司电力调度控制中心、国网湖北省电力公司电力调度控制中心、广东电网有限责任公司电力调度控制中心等单位合作完成科研项目研究成果,以及一些公开发表的科研成果,在参考文献中已注明,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有疏漏之处,还望广大读者批评指正。

编者

2018年3月

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 智能电网	1
1.2 智能变电站及其发展	3
1.3 二次设备智能运维	5
参考文献	7
第 2 章 二次设备智能运维技术综述	8
2.1 二次设备智能运维技术概念及功能	10
2.2 二次设备运维方式发展历程	12
2.3 二次设备智能运维系统	19
2.4 二次设备智能运维的关键技术	25
2.5 二次设备智能运维技术的发展趋势	30
参考文献	33
第 3 章 二次设备智能运维诊断技术	34
3.1 设备状态评价	35
3.2 运行智能预警	75
3.3 自检信息智能分析	83
3.4 动作行为分析与故障原因诊断	96
参考文献	111
第 4 章 二次设备智能运维检修辅助决策技术	112
4.1 检修辅助决策	114
4.2 检修智能安全措施	124

参考文献	136
第 5 章 二次设备智能运维可视化技术	137
5.1 二次设备可视化	138
5.2 虚端子可视化	151
5.3 动作逻辑可视化	157
5.4 动作回路可视化	159
5.5 运维 KPI 指标可视化	161
参考文献	165
第 6 章 二次设备建模技术	167
6.1 二次设备模型现状	167
6.2 二次设备建模技术的发展	171
6.3 智能变电站配置设计技术	194
参考文献	198
第 7 章 二次设备智能运维主站设计	199
7.1 智能运维主站系统概述	199
7.2 智能运维主站平台架构方案	206
7.3 一体化综合建模	222
7.4 二次设备智能运维主站应用功能	231
7.5 二次设备智能运维主站展望	245
参考文献	255
第 8 章 二次设备智能运维子站设计	256
8.1 智能运维子站发展过程	256
8.2 智能运维子站系统架构	273
8.3 智能运维子站信息	279
8.4 智能运维子站基本功能	284
8.5 智能运维子站高级应用	288
参考文献	295
第 9 章 智能变电站设计配置一体化工具软件	297
9.1 一体化工具设计目标与原则	298
9.2 一体化工具主要功能	299

9.3	SCD 管控	318
	参考文献	323
第 10 章	二次设备智能运维工程实践	324
10.1	智能运维工程概述	324
10.2	二次设备智能运维主站工程案例一	325
10.3	二次设备智能运维主站工程案例二	331
10.4	二次设备智能运维主站工程案例三	340
10.5	二次设备智能运维子站工程实施案例一	346
10.6	二次设备智能运维子站工程实施案例二	352
10.7	子站案例主要功能	354
第 11 章	二次设备就地化保护运维	362
11.1	就地化保护整体方案	362
11.2	就地化保护特点及运维需求	363
11.3	就地化保护智能管理单元	364
11.4	全景测试仿真系统	372

概 述

1.1 智能电网

近年来，智能电网的发展已经引起了世界范围的广泛关注。智能电网利用先进的信息通信技术、计算机技术、控制技术及其他先进技术，实现对发电、电网运行、终端用电和电力市场中各利益方需求的协调，在提高电网系统各部分的运行效率、降低成本和环境影响的同时，尽可能提高系统的可靠性、自愈能力和稳定性。智能电网的主要特征有自愈、激励和抵御攻击、提供满足用户需求的电能质量、容许各种不同发电形式的接入、启动电力市场以及资产的优化高效运行等。智能电网的最终目标是把电网建设成覆盖电力系统整个生产过程，包括发电、输电、变电、配电、用电及调度等多个环节的全景实时系统。即在高速通信网络的基础上，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和使用安全的目标。

发展智能电网是社会经济发展的必然选择，为实现清洁能源的开发、输送和消纳，电网必须提高其灵活性和兼容性。为抵御日益频繁的自然灾害和外界干扰，电网必须依靠智能化手段不断提高其安全防御能力和自愈能力。为降低运营成本，促进节能减排，电网运行必须更为经济高效，同时须对用电设备进行智能控制，尽可能减少用电消耗。分布式发电、储能技术和电动汽车的快速发展，改变了传统的供用电模式，促使电力流、信息流、业务流不断融合，以满足日益多样化的用户需求。与传统电网相比，智能电网体现出电力流、信息流和业务流高度融合的显著特点，其先进性和优势主要表现在：

(1) 具有坚强的电网基础体系和技术支撑体系，能够抵御各类外部干扰和攻击，能够适应大规模清洁能源和可再生能源的接入，电网的坚强性得到巩固和提升。

(2) 信息技术、传感器技术、自动控制技术与电网基础设施有机融合,可获取电网的全景信息,及时发现、预见可能发生的故障。故障发生时,电网可以快速隔离故障,实现自我恢复,从而避免大面积停电的发生。

(3) 柔性交/直流输电、网厂协调、智能调度、电力储能、配电自动化等技术的广泛应用,使电网运行控制更加灵活、经济,并能适应大量分布式电源、微电网及电动汽车充放电设施的接入。

(4) 通信、信息和现代管理技术的综合运用,将大大提高电力设备使用效率,降低电能损耗,使电网运行更加经济和高效。

(5) 实现实时和非实时信息的高度集成、共享与利用,为运行管理展示全面、完整和精细的电网运营状态图,同时能够提供相应的辅助决策支持、控制实施方案和应对预案。

(6) 建立双向互动的服务模式,用户可以实时了解供电能力、电能质量、电价状况和停电信息,合理安排电器使用;电力企业可以获取用户的详细用电信息,为其提供更多的增值服务。

支撑智能电网安全可靠运行的基础是电网全景实时数据采集、传输和存储,以及对累积的海量多源数据快速分析。随着通信、计算机、自动化等技术在电网中得到广泛深入的应用,新技术在与物理电网高度集成的基础上实现与传统电力技术的有机融合,极大地提升了电网的智能化水平。例如,传感器技术与信息技术在电网中的应用,为系统状态分析和辅助决策提供了技术支持,使电网自愈成为可能。调度技术、自动化技术和柔性输电技术的成熟发展,为可再生能源和分布式电源的开发利用提供了基本保障。电力通信网络的逐步完善和用户信息采集技术的推广应用,使电网与用户的双向互动成为可能。

建立高速、双向、实时、集成的通信系统是实现智能电网的基础。高速双向通信系统使得各种不同的智能电子设备、智能表计、控制中心、电力电子控制器、保护系统以及用户进行网络化的通信,实现智能电网的数据获取、保护和控制。以电力设备为节点建立上述的通信网络,实现整个电力系统各组成元件的互联互通需具备两个前提条件:① 开放的通信架构,即形成一个“即插即用”的环境,使电网各元件之间能够进行网络化的通信;② 统一的技术标准,在此标准下所有的电力数据能被有效采集,所有的传感器、智能电子设备以及应用系统之间实现无缝通信,也就是信息在所有这些设备和系统之间能够得到完全的理解,实现设备和设备之间、设备和系统之间、系统和系统之间的互操作功能。IEC 61850《变电站通信网络和系统》系列标准的推出满足了上述的两个前提条件。

1.2 智能变电站及其发展

智能变电站是坚强智能电网建设中实现能源转化和控制的核心平台之一。智能变电站遵循 IEC 61850 系列标准,以当前先进的自动化信息技术为基础,以通信平台网络化、全站信息数字化和信息共享为支撑,在信息采集、控制、测量、保护、监测和计量过程中,实现了管控自动化,根据需要对电网进行自动控制、智能调控、在线分析和协同互动。智能变电站的这些优势有效地满足了电网对电气设备高效、稳定、节能和安全的要求。由此可见,智能变电站的应用可以有效提高电网资源的优化配置和安全可靠性。在智能变电站中,一次设备智能化,二次设备网络化,以网络通信平台为基础,实现了变电站监测信号、控制命令、保护跳闸命令的数字化采集、传输、处理和数据共享。同时智能变电站在应用实践中还采用了先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备,电子式互感器、合并单元的引入实现了二次系统采样环节的智能化,智能操作箱的引入实现了开关量采集和控制输出环节的智能化。

二次系统是智能电网数据采集、智能调度和自动化控制的主要载体。在变电站中,二次系统承担着对电网一次设备进行监视、测量、控制、保护和调节的功能,是整个变电站自动化控制和监视的中枢系统。二次系统由多个二次设备及其相互间的联络关系组成。近年来,变电站自动化技术得到了较快的发展,二次系统的组成也随技术的进步不断地发展,尤其是 IEC 61850 系列标准推出以后,进一步推进了变电站二次系统设计和应用的标准化,使得各类二次设备能够以标准的方式建模和通信,在变电站内能够完成统一的信息交互,形成了以 IEC 61850 系列标准为核心技术的智能变电站技术体系。

国内变电站自动化技术的发展可分为三个阶段:常规变电站、数字化变电站、智能变电站。

1.2.1 常规变电站

常规变电站的二次系统主要由间隔层和站控层构成。在实践中,由于没有一个相对统一的建模,信息标准呈现出多样化的特点,接口多样且兼容性差,同时,常规变电站综合自动化软件版本比较多,而且存在保护、监控、计量和远动等多个网络。常规变电站的站控层设备主要包括带数据库的远动工作站、操作员站和“五防”主机等;间隔层设备主要包括测控、保护和智能电子设备(Intelligent Electronic Device, IED)等二次设备。录波、测控和保护等二次设备

与一次设备之间通过二次电缆连接，导致二次电缆的布线非常多，且存在重复问题。此外，常规变电站运行过程中的信息采集主要是基于电磁型电压互感器、电流互感器的应用。系统中各设备之间是相互独立的，且功能较为分散，整体协调机制、功能优化机制等难以落实，以至于信息输入难以实现有效的共享，进而限制了系统的兼容性和扩展性。传统的二次设备包括继电保护、测控装置、监控主机、远动机等。

1.2.2 数字化变电站

数字化变电站是站内信息（电压电流值、开关量）数字化的一类变电站，是由智能化一次设备（电子式互感器、智能化开关等）和网络化二次设备分层（过程层、间隔层、站控层）构建，建立在 IEC 61850 系列标准基础上，能够实现变电站内智能电气设备间信息共享和互操作的现代化变电站。数字化变电站是应用 IEC 61850 系列标准进行建模和通信的变电站。数字化变电站体现在过程层设备的数字化，整个站内信息的网络化，以及开关设备的智能化实现。

在数字化变电站中，一次设备被检测的信号和被控制的操作驱动回路经过重新设计，采用了采样微处理器和光电技术设计。原来要通过二次采样电缆输入的电压电流信号，通过电子式互感器取代传统互感器的方式，使开关位置、闭锁信号和保护、测控的跳合闸命令等原来用二次电缆传输的信号量，都通过集成智能化一次设备实现。简化了常规机电式继电器及控制回路的结构，用数字程控器及数字公共信号网络取代传统的电缆导线连接。变电站内常规的二次设备之间的连接全部采用高速的网络通信，二次设备不再出现常规功能装置重复的输入/输出（I/O）现场接口，通过网络真正实现数据共享、资源共享，常规的功能装置在这里变成了逻辑的功能模块。数字化变电站可看作是从常规变电站到智能变电站的中间过渡状态，以 IEC 61850 系列标准的智能电子设备和电子式互感器为基础，促进变电站的数字化改造。

数字化变电站二次设备包括继电保护、测控装置、监控主机、数据通信网关机、综合应用服务器、同步相量测量装置、合并单元、智能终端、网络分析仪、网络交换机、时间同步装置等。

1.2.3 智能变电站

智能变电站所包含的二次设备基本与数字化变电站相同，在数字化变电站的基础上，进一步完善了变电站的智能化应用与管理。智能变电站以当前先进的自动化信息技术为基础，以通信平台网络化、全站信息数字化和信息共享为

支撑,在信息采集、控制、测量、保护、监测和计量过程中,实现了管控自动化,根据需要对电网进行自动控制、智能调控、在线分析和协同互动。智能变电站的这些优势有效地满足了电网对电气设备高效、稳定、节能和安全的要求。由此可见,智能变电站的应用可以有效提高电网资源的优化配置和安全可靠性。根据功能定位和要求,智能变电站主要包括过程层、间隔层和站控层。这三层之间既相互独立,又紧密联系。其中,过程层由不同电压的电子式互感器、智能变压器、智能断路器和一次智能化设备构成;间隔层主要由基于继电保护设备的保护单元和基于计量状态检测的测控单元、消防报警系统、智能化消防报警系统构成;站控层主要由以远程通信和外部通信为核心的站域控制通信系统、电力用户智能管理系统和调度指挥系统构成。

以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本特点的智能变电站,利用先进的网络技术、智能化技术,实现了电气设备间、变电站与电气设备间、变电站间的信息数据数字化控制和智能化传输,完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能,并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能,为智能电网的发展提供技术支撑。

1.3 二次设备智能运维

二次系统是智能变电站的核心组成部分,二次系统安装调试、日常运维的水平直接关系到整个变电站乃至系统能否安全可靠运行,是保障变电站安全运行的重要组成部分。变电站基建完毕正常投运后,如无异常情况,二次系统一般不发生变化,需通过运行过程中持续的运维来保障其功能的正常,对二次系统的日常运维与管理主要针对变电站二次设备进行。

一个功能齐全的变电站,拥有众多功能各异的设备,通过各类设备相互作用与配合成为一个整体系统,这些设备不但安装起来较为复杂,而且其配合关系复杂,因此设备的维护工作具有较强的专业性。对变电站的运维,并不是查看与维修那么简单,而是需要进行日常巡视与运维,使设备和器具保持良好的状态,除了日常设备检查外,还要加强值班安排、交接、记录等工作,对运维中出现的停电间断、设备静电感应、电压留存、线路跳闸等可能影响供电效果的各个运维环节也要科学仔细检测,做好硬件、软件的运维管理工作,全面掌控二次设备在购置、建设、运维、大修、退运、报废等关键环节的相关信息,实现各个管理环节的有效衔接和信息及时更新。长期以来,在我国电力系统中,

对常规变电站的二次设备运维已经形成一套较为全面的方法与制度，保障了电网的安全运行。

近年来，随着智能电网的快速发展、变电站自动化技术的进步，智能变电站成为变电站建设的发展方向，通过使用网络、信息技术对变电站的技术改造，变电站二次设备的智能化提升到了更高的水平，同时智能化的设备也给变电站二次设备的管理、运维、检修人员的工作带来了新的问题，传统的运维模式已经不能适应智能变电站的运维需求。例如，智能变电站采用数字信息取代了常规变电站的模拟量信息，采用少量光纤代替传统变电站的大量电缆，将设备的功能从硬件回路中解脱出来，有效降低了投资成本，还解决了电缆信号易受干扰的问题。但同时，由于智能变电站中保护装置无端子、无连线，所有信息都隐没在光纤中，二次回路成了“虚回路”，使变电站可实际操作的二次回路变成了可编辑的文本信息，由看得见、摸得着的电缆连接，变成了看不见、摸不着的虚连接。在运维人员眼中，一个可以操作可以检测的变电站，由“实”变“虚”了，传统运维方式中的检查回路端子连接状况等检查方法不再具备实施的对象了。

同时，从常规变电站到智能变电站的发展，由于采用了新设备、新技术，设备自检能力和通信能力由弱变强，二次设备能够提供的信息也更加全面，设备与设备之间、设备与人之间的信息能够得到充分交互，使得二次设备运维人员能够更全面准确地掌握设备的运行情况，为二次设备的运维提供了新的方法和思路。例如，常规变电站中为了及时掌握设备的运行状态，处置异常运行状态，达到跟踪控制设备的目的，需花费大量的人力、物力对变电站设备进行日常巡视、专业巡视等。在智能变电站中，由于二次设备数据采集能力和通信能力的加强，可以利用自动化的手段周期性地对表征二次设备运行状况的数据进行巡视，代替人工巡视。再如，传统二次设备运维模式中为确保装置和回路基础状态良好，通常会安排停电计划，对二次设备进行定检、全检、特殊维护等设备检修试验工作。但在设备数量大量增加、新技术大量引入的情况下，由于运维人员有限，为提高供电可靠性，停电检修时间往往又要求很短，在有限的时间内，要完成大量的运维检修任务往往会产生问题，如维修不足（该修的项目未修）、维修过剩（不该修的项目修了）、提前维修（设备未坏，修坏）、维修滞后（坏了才修，达不到预防检修的目的）、盲目维修（不知道该不该修，时间到了就修）。在智能变电站中，由于二次设备运行数据可被实时采集和存储，利用计算机技术对这些数据进行分析，可以获知设备当前运行状况及异常趋势，有针对性地安排设备检修计划，避免周期性检修的盲目性。

总之,随着智能变电站技术的发展,传统的二次设备运维模式已经不再能满足智能变电站二次设备的运维工作要求。为适应智能变电站二次系统的变化,同时利用二次设备智能化、信息化产生的信息优势,以数据为核心,利用计算机技术和数据分析技术,发现表征二次设备故障的特征数据,从而合理安排对二次设备进行维护,实现对二次设备的智能运维已经成为智能电网发展的迫切要求。

参考文献

- [1] 赵文波. 浅析智能变电站与常规变电站运行维护的差异[J]. 低碳世界, 2016(25): 34-35.
- [2] 秦红霞, 武芳瑛, 彭世宽, 等. 智能电网二次设备运维新技术研讨 [J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43 (22): 35-40.
- [3] 邓子良. 浅析智能变电站与常规变电站运行维护的差异来源[J]. 科技与创新, 2014(23): 25-26.

第2章

二次设备智能运维技术综述

智能变电站采用光缆代替常规变电站的二次回路电缆，避免了因使用电缆导致电磁兼容、传输过电压、交直流误碰等造成继电保护的误动和拒动。通过光纤传输简化了二次回路，实现了监控联/闭锁、保护采样、跳/合闸、启动、闭锁等变电站二次系统的分布式功能，使用通信校验与自检技术，提高了二次信号的可靠性。相比常规变电站二次系统，智能变电站二次系统的不同主要体现在以下几个方面：

(1) 二次系统复杂度增加。智能变电站中的所有智能电子设备均采用对等的方式相连，运行过程中的信号以数字信息的形式基于网络系统来实现信息的传递。过程层利用面向通用对象的变电站事件(Generic Object Oriented Substation Event, GOOSE)代替了传统变电站的“开入信号”的设计方式，打破了原有的继电保护采样、计算与出口的一体化形式，数据信息、保护对象及装置不再进行绑定，从物理设备上增加了合并单元、智能终端及大量交换机，二次系统构成更加复杂。同时因各种采集信息以网络通信方式传输给需要的装置，二次系统对于网络设备的依赖性也同步增加，特别是对于一些“网采网跳”的装置，一旦交换机发生异常或故障，将直接导致装置失去作用。二次系统的可靠性建立在网络链路的可靠性上。

(2) 二次回路数字化。在常规变电站中，各种保护装置功能的实现都是通过“点对点”的方式，保护装置与一次设备之间、各保护装置之间、保护装置与操作箱之间都是通过二次电缆连接，是一一对应的。而智能变电站中，物理上的电缆连接变成了逻辑上的数字信号，对运维人员来说，变电站站内巡视和检查对象由看得见摸得着的电缆连接，变成了看不见摸不着的虚连接，二次回路(虚端子、虚回路)变成了“黑匣子”。

(3) 压板操作方式变化。保护装置取消了传统意义上的保护硬压板，将跳闸、合闸压板结构简化为软件操作控制逻辑，采用装置内部的相应软压板实现。

软压板类型包括功能软压板、出口软压板、接收软压板等。在智能变电站中,所有开关保护装置的跳、合闸控制逻辑都在智能控制装置内,可通过后台实现智能控制。与传统变电站的硬压板相比,GOOSE软压板及检修压板隔离措施存在不直观、易漏投退等问题。传统的综合自动化变电站设备检修时,将继电保护设备退出仅需要退出其屏柜上的出口硬压板,就可以解开该设备和其他继电保护设备间的逻辑联系,在操作中并不需要严格的控制执行顺序。然而智能变电站因其采样方式和跳闸回路的设计,继电保护设备退出时需考虑对其他设备的波及。例如线路因检修需退出运行,在投入该线路合并单元的检修压板之前,一定要在母差保护装置中将设备元件退出,不然将造成母差保护装置误动,常规变电站“明显电气断点”安全措施的理论将无法在智能变电站中得到继承。

(4) 全站系统配置文件管控复杂。与常规变电站相比,智能变电站整个二次系统基于全站系统配置文件(Substation Configuration Description, SCD)描述,在变电站基建时通过厂内联合调试检测,从而保证SCD描述的数据模型与变电站实际连接基本一致。但SCD文件在工程应用中存在以下问题:① SCD文件大而全,浏览不方便,各种应用或业务信息深度耦合在一起,局部改动往往影响全局,即在完成智能变电站工程验收后进行智能变电站间隔扩建或智能电子设备(Intelligent Electronic Device, IED)装置升级时,有时不得不采取全站停电或模拟搭建完整站方案进行SCD验证试验;② SCD文件中各个IED相互关系离散,模型结构层次多,配置复杂度高,完全依赖厂家配置和维护,存在较大风险,调试或运维人员在使用和操作SCD文件时存在较大困难,管理人员缺乏SCD文件的有效管控手段,目前对于SCD文件的管理基本采取离线模式。

二次设备运维工作模式伴随着变电站自动化技术的发展而逐步发展,为研究适应智能变电站的二次设备智能运维技术,需分析常规变电站二次设备运维的工作模式和工作内容,将智能变电站技术和常规变电站二次设备运维的经验有机融合,实现安全高效的智能变电站二次设备智能运维。

二次系统由二次设备及其回路构成,二次设备种类繁多,包括继电保护、测控装置、监控主机、数据通信网关机、综合应用服务器、同步相量测量装置、合并单元、智能终端、网络分析仪、网络交换机、时间同步装置等,其运维方式大体相同,部分设备因功能不同略有差异。而在变电站众多的二次设备中,继电保护占据了90%以上的数量,特别是继电保护之间功能配合关系较多,相应运维工作相对复杂,比较有代表性,因此本书选取继电保护的运维进行重点介绍。