

ZHINENG BIANDIANZHAN
YUNWEI SHOUCHE

智能变电站

运维手册

张志昌 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

ZHINENG BIANDIANZHAN
YUNWEI SHOUCHE

智能变电站

运 维 手 册

张志昌 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书围绕智能变电站的特点,理论与实际相结合,较为全面地介绍了智能变电站的运维要点,有助于变电运维人员及时、准确分析问题,排除故障,减少隐患。

本书共分八章,分别介绍了智能变电站主要智能设备、主要技术标准及运维管理规定,智能变电站当地监控数据规范及验收,智能变电站后台画面制作规范,智能变电站防误设置及验收,智能变电站顺序控制(操作),智能变电站保护操作,智能变电站巡视特殊点,智能变电站故障及异常处理。

本书可供变电站运行和维护工作的管理人员、专业技术人员、电力工作人员使用,也可供相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站运维手册 / 张志昌主编. —北京: 中国电力出版社, 2018.6
ISBN 978-7-5198-2037-4

I. ①智… II. ①张… III. ①智能系统—变电所—电力系统运行—手册 IV. ①TM63—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 092953 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: 罗 艳(010-63412315, 965207745@qq.com) 马玲科

责任校对: 朱丽芳

装帧设计: 张俊霞

责任印制: 邹树群

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

版 次: 2018 年 6 月第一版

印 次: 2018 年 6 月北京第一次印刷

开 本: 710 毫米×1000 毫米 16 开本

印 张: 11.75

字 数: 186 千字

印 数: 0001—2500 册

定 价: 68.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

编 委 会

主 任 张志昌

副主任 吴 健 黄国栋

成 员 邓洁清 许建刚 周 飞 徐近龙 蒋昊松

编 写 工 作 组

组 长 黄国栋

副 组 长 蒋昊松

编写人员 李 博 张耀勋 马亚辉 吴小良 孟屹华

张永生 陈 伟 夏 峰 徐 俊 周 阳

花 盛 陆 川

前 言

近年来,电力系统中对智能电网的推广应用和客户对供电质量越来越高的要求,传统的常规变电站已经不能满足社会发展需求,取而代之的是逐步实现了高智能化的智能变电站系统。智能变电站作为坚强智能电网建设中的核心内容之一,是智能电网的重要组成部分。相对而言,智能变电站由于技术的大幅提升,它的日常运行维护与调试检修等环节也更为复杂。但由于各地采用的实现技术和智能化程度有所差异,尤其是缺乏统一的运行维护规程和标准,各地采用的维护手段存在较大差异,这使得运维人员在巡检维护智能变电站过程中缺乏相应技术依据,从而给智能变电站的安全运行埋下隐患。本书针对智能变电站的特点,结合了变电运维人员的日常工作,较为全面地介绍了智能变电站的运维要点,帮助变电运维人员及时、准确分析问题,排除故障、减少隐患,实现变电技能、经验的有效传承,为电网安全稳定运行作出贡献。

本书共分为八章,首先引入了智能变电站的概念及组成简介;在此基础上叙述了智能变电站特有的信号、智能变电站后台画面的制作规范、智能变电站防误设置要点、智能变电站程序化操作及保护操作流程;在本书最后部分,还介绍了智能变电站巡视要点、智能变电站故障及异常处理要点等。

本书有别于一般理论阐述较多的同类书籍,紧紧围绕智能变电站的特点,将理论与实际有机结合,实用性、针对性和新颖性较强,浅显易懂、便于自学,不仅可供变电运维人员学习,还可为电力设计、施工人员提供一些提示和参考,给有专业理论知识但相对缺乏实际工作经验的学校老师和学生带来裨益。但是限于作者水平,书中错漏之处在所难免,敬请专家和读者批评指正。

编 者

2018年5月

目 录

前言

第一章 智能变电站概述	1
第一节 智能变电站与常规变电站	1
第二节 主要智能设备	2
第三节 智能变电站主要技术标准及运维管理规定	4
第二章 智能变电站当地监控数据规范及验收	6
第一节 数据采集	6
第二节 数据使用（监视）	9
第三节 数据管理	11
第四节 压板管理	17
第五节 数据验收	20
第三章 智能变电站后台画面制作规范	25
第一节 主/分画面及其实现功能概述	25
第二节 各类分画面功能区域划分及相关要素	27
第四章 智能变电站防误设置及验收	49
第一节 智能变电站与常规变电站防误技术区别	49
第二节 防误设置	50
第三节 防误验收	65
第四节 特殊防误	80
第五章 智能变电站顺序控制（操作）	82
第一节 顺序控制基本知识	82
第二节 顺序控制（操作）条件	83
第三节 顺序控制操作要求	95
第四节 顺序控制检修及验收要求	100

第六章 智能变电站保护操作	102
第一节 保护状态定义	102
第二节 保护操作	116
第七章 智能变电站巡视特殊点	127
第一节 巡视类型及周期	127
第二节 智能装置巡视	129
第三节 后台巡视	148
第八章 智能变电站故障及异常处理	150
第一节 电子式互感器故障及异常处理	150
第二节 保护装置故障及异常处理	162
第三节 合并单元故障及异常处理	164
第四节 智能终端故障及异常处理	174
第五节 网络通信设备故障及异常处理	177
参考文献	180



第一章 智能变电站概述

智能变电站是采用先进、可靠、集成和环保的智能设备，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要求，自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和检测等基本功能，同时，具备支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策和协同互动等高级功能的变电站。

第一节 智能变电站与常规变电站

一、技术特点

与常规变电站相比，智能变电站中使用了大量的新设备和新技术，例如电子式互感器、智能组件、交换机设备等，这些方面的应用给变电站的信息传输带来了便捷，再结合状态监测和智能辅助控制技术，变电站的智能化系统就基本形成了。具体改变表现在以下方面：

(1) 智能变电站的二次设备采用网络化装置、电信告警信号。站内采用面向通用对象的变电站事件（generic object oriented substation event, GOOSE）技术，该技术是由 IEC 61850 通信规范所定义的一种通信机制，用于快速传输变电站的命令、告警、指示的信息，同时也可以传送开关量和诸如变压器温度等模拟量。智能电子设备（intelligent electronic device, IED）负责单个 GOOSE 信息的发送和接收。

(2) 状态监测系统和智能辅助控制技术可以及时一次性获取各种特征的独立变量，进而分析判断设备的可靠性能，及早发现系统潜在的故障，保证安全可靠用电。

(3) 智能变电站的物联网技术可将变电站的图像监视、主变压器的防火报警、采暖通风等孤立的辅助设备有机地整合起来，建立智能化的系统来统一管理。

二、智能变电站在运行维护方面的转变

智能变电站通过光缆的信息化传输，在站内设备之间实现了网络化和智能化的管理。在信息传输的过程中，可以通过对计算机信息的处理，有效地将电磁信号转化为数字信号，这样将对设备工作进行监视、控制、测量、调节和保护的第二回路变成虚回路形式。和常规变电站相比，智能变电站的运行和维护的转变具体表现在以下方面：

(1) 实现了自动保护装置投入和退出的改变。常规变电站在保护系统的过程中，采用的是硬压板的保护形式，即用连接片之类的硬件设备来实现保护；而智能变电站的操控人员只需通过后台系统就能实现远程操作保护，实现了远程无人监控的智能管理。

(2) 检修压板的作用发生变化。变电站检修压板的主要功能是检测、排除系统故障，防止故障信息对控制信息产生干扰。智能变电站在使用检修压板的过程中可有效避免误操作。当带有保护装置的检修压板使用时，会使该保护的跳闸命令失效，极大地减小了断路器误跳闸的可能性。

(3) 全球定位系统有完整的时间一致性。智能变电站的全球定位系统有更完整的时间一致性，能够在完整规范的动作基础上完成变电站之间的实时信息交换，实现了变电站区域内的实时监控。

(4) 设备验收方面发生变化。智能变电站对新投设备的工作进行监视、控制、测量、调节和保护是靠全站系统配置工具来完成的，在进行设备验收时所描述的数据模型在内外方面是保持一致的，实现了工作量的最优化。

第二节 主要智能设备

1. 智能电子设备

包含一个或多个处理器，可以接收来自外部源的数据或向外部发送数据，或进行控制的装置，如电子多功能仪表、数字保护装置、控制器等，为具有一个或

多个特定环境中特定逻辑触点行为且受制于其接口的装置。

2. 智能组件

由若干智能电子装置集合组成，承担宿主设备的测量、控制和监测等基本功能；在满足相关标准要求时，智能组件还可承担相关计量、保护等功能。可包括测量、控制、状态监测、计量、保护等全部或部分装置。

3. 智能终端

一种智能组件，与一次设备采用电缆连接，与保护、测控等二次设备采用光纤连接，实现对一次设备（如断路器、隔离开关、主变压器等）的测量、控制等功能。

4. 电子式互感器

一种装置，由连接到传输系统和二次转换器的一个或多个电流或电压传感器组成，用于传输正比于被测量的量，以供给测量仪器、仪表和继电保护或控制装置。

5. 合并单元

用于对来自互感器二次转换器的电流和/或电压数据进行时间相关组合的物理单元。合并单元可以是互感器的一个组成部分，也可以是一个分立单元。

6. 在线监测设备

通过传感器、计算机、通信网络等技术，及时获取设备的各种特征参量并结合一定算法的专家系统软件进行分析处理，可对设备的可靠性作出判断，对设备的剩余寿命作出预测，从而及早发现潜在的故障，提高供电可靠性的装置。

7. 交换机

一种有源的网络元件。交换机连接两个或多个子网，子网本身可由数个网段通过转发器连接而成。

8. IED 能力描述（IED capability description, ICD）文件

由装置厂商提供给系统集成厂商。该文件描述 IED 提供的基本数据模型及服务，但不包含 IED 实例名称和通信参数。

9. 全站系统配置（substation configuration discription, SCD）文件

该文件描述所有 IED 的实例配置和通信参数、IED 之间的通信配置以及变电站一次系统结构，由系统集成厂商完成。SCD 文件应包含版本修改信息，明确描述修改时间、修改版本号等内容。应全站唯一。

10. 系统规格 (system specification description, SSD) 文件

该文件描述变电站一次系统结构以及相关逻辑节点, 最终包含在 SCD 文件中。应全站唯一。

11. IED 实例配置 (configured IED description, CID) 文件

每个装置有一个, 由装置厂商根据 SCD 文件中本 IED 相关配置生成。

第三节 智能变电站主要技术标准及运维管理规定

智能变电站主要技术标准及运维管理规定如下:

DL/T 860 《变电站通信网络和系统》

DL/T 1171 《电网设备通用数据模型命名规范》

Q/GDW 383—2009 《智能变电站技术导则》

Q/GDW 393—2009 《110 (66) kV~220kV 智能变电站设计规范》

Q/GDW 394 《330kV~750kV 智能变电站设计规范》

Q/GDW Z 410—2010 《高压设备智能化技术导则》

Q/GDW Z 414 《变电站智能化改造技术规范》

Q/GDW 424—2010 《电子式电流互感器技术规范》

Q/GDW 425—2010 《电子式电压互感器技术规范》

Q/GDW 426—2010 《智能变电站合并单元技术规范》

Q/GDW 427—2010 《智能变电站测控单元技术规范》

Q/GDW 428—2010 《智能变电站智能终端技术规范》

Q/GDW 429—2010 《智能变电站网络交换机技术规范》

Q/GDW 430—2010 《智能变电站智能控制柜技术规范》

Q/GDW 431—2010 《智能变电站自动化系统现场调试导则》

Q/GDW 441—2010 《智能变电站继电保护技术规范》

Q/GDW 580 《智能变电站改造工程验收规范 (试行)》

Q/GDW 616 《基于 DL/T 860 标准的变电设备在线监测装置应用规范》

Q/GDW 624 《电力系统图形描述规范》

Q/GDW 640 《110 (66) kV 变电站智能化改造工程标准化设计规范》

Q/GDW 642 《330kV~750kV 变电站智能化改造工程标准化设计规范》

Q/GDW 678—2011 《智能变电站一体化监控系统功能规范》

Q/GDW 689 《智能变电站调试规范》

Q/GDW 750—2012 《智能变电站运行管理规范》

Q/GDW 751 《变电站智能设备运行维护导则》

Q/GDW 752—2012 《变电站智能巡视功能规范》

Q/GDW 6411 《220kV 变电站智能化改造工程标准化设计规范》

国家电网科〔2011〕487 号《关于印发〈变电站智能化改造工程验收规范〉
标准的通知》

国家电网科〔2012〕414 号《智能高压设备技术导则》

运检一〔2015〕138 号《国网运检部关于严防智能变电站人员责任事故的通知》



第二章 智能变电站当地 监控数据规范及验收

由于智能变电站智能设备的大量应用，可感知和采集的数据呈几何级数增加，因此对于数据展示、监控的优化就显得尤为重要，其基本原则是“分层展示、合理组合、适度够用、简单明了”。同时，由于一体化监控系统的建立及无人化值班模式实施，变电站当地监控系统的功能正在弱化，与调控中心的监控端正走向同质化。所以，明确监控中心承担监控功能，深度数据分析由网络数据分析仪、故障录波器完成；当地工作站（后台机）仅承担倒闸操作、常规监视、常规故障/异常分析的功能，工作站（后台机）数据采集和展示方式可参考后叙要求，并根据各地的习惯及要求进行具体确定。

第一节 数 据 采 集

一、总体要求

数据采集的总体要求如下：

- (1) 应实现电网稳态、动态和暂态数据的采集。
- (2) 应实现一次设备、二次设备和辅助设备运行状态数据的采集。
- (3) 量测数据应带时标、品质信息。
- (4) 支持 DL/T 860《变电站通信网络和系统》，实现数据的统一接入。

二、电网运行数据采集

(一) 稳态数据采集

电网稳态运行数据包括电网运行状态数据和量测数据两大类。

(1) 电网运行状态数据主要通过测控装置采集，信息源为一次设备辅助触点，通过电缆直接接入测控装置或智能终端。测控装置以 MMS 报文格式传输，智能终端以 GOOSE 报文格式传输。状态数据采集包括以下内容：

- 1) 馈线、联络线、母联（分段）、变压器各侧断路器位置；
- 2) 电容器、电抗器、站用变压器断路器位置；
- 3) 母线、馈线、联络线、主变压器隔离开关位置；
- 4) 接地开关位置；
- 5) 电压互感器隔离开关、母线接地开关位置；
- 6) 主变压器分接头位置、中性点接地开关位置等。

(2) 电网运行量测数据通过测控装置采集，信息源为互感器（经合并单元输出）；电能量数据来源于电能计量终端或电子式电能表。量测数据采集包括以下内容：

- 1) 馈线、联络线、母联（分段）、变压器各侧电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数。
- 2) 母线电压、零序电压、频率。
- 3) 3/2 接线方式的断路器电流。
- 4) 电能量数据有变压器各侧有功/无功电量；联络线和线路有功/无功电量；旁路开关有功/无功电量；馈线有功/无功电量；并联补偿电容器、电抗器无功电量；站（所）用变压器有功/无功电量。
- 5) 各类统计计算数据。

（二）动态数据采集

动态数据通过同步相量测量装置（phasor measurement unit, PMU）采集，信息源为互感器（经合并单元输出），采集和传输频率应根据控制命令或电网运行事件进行调整。电网动态运行数据包括以下内容：

- （1）线路和母线正序基波电压相量、正序基波电流相量。
- （2）频率和频率变化率。
- （3）有功、无功计算量。

（三）暂态数据采集

电网暂态运行数据的范围包括主变压器保护录波数据；线路保护录波数据；母线保护录波数据；电容器、电抗器保护录波数据；开关分、合闸录波数据；测量异常录波数据。录波数据通过故障录波器采集。

三、设备运行状态数据采集

(一) 一次设备数据采集

一次设备在线监测信息范围和来源。

(1) 数据范围。

1) 主变压器油箱油面温度、绕组热点温度、绕组变形量、油位、铁芯接地电流、局部放电数据等；

2) 主变压器油色谱各气体含量等；

3) GIS、断路器的 SF₆ 气体密度（压力）、局部放电数据等；

4) 断路器行程—时间特性、分合闸线圈电流波形、储能电机工作状态等；

5) 避雷器泄漏电流、阻性电流、动作次数等；

6) 其他监测数据可参考 Q/GDW 616 《基于 DL/T 860 标准的变电设备在线监测装置应用规范》。

(2) 在线监测装置应上传设备状态信息及异常告警信号。

(3) 一次设备在线监测数据通过在线监测装置采集。

(二) 二次设备数据采集

二次设备运行状态信息范围包括：装置运行工况信息；装置软压板投退信号；装置自检、闭锁、对时状态、通信状态；装置 SV/GOOSE/MMS 链路异常告警信号；测控装置控制操作闭锁状态信号；保护装置保护定值、当前定值区号；网络通信设备运行状态及异常告警信号；二次设备健康状态诊断结果及异常预警信号。

二次设备运行状态信息由站控层设备、间隔层设备和过程层设备提供。

(三) 辅助设备数据采集

辅助设备运行状态信息范围包括：

(1) 辅助设备量测数据。直流电源母线电压、充电机输入电压/电流、负载电流；逆变电源交、直流输入电压和交流输出电压；环境温、湿度；开关室气体传感器氧气或 SF₆ 浓度信息。

(2) 辅助设备状态量信息。交、直流电源各进、出线开关位置；设备工况、异常及失电告警信号；安防、消防、门禁告警信号；环境监测异常告警信号。

(3) 其他量测数据及状态量。

辅助设备量测数据和状态量由电源、安防、消防、视频、门禁和环境监测等装置提供。



第二节 数据使用（监视）

一、总体要求

运行监视的总体要求如下：

- (1) 应在 DL/T 860 的基础上，实现全站设备的统一建模。
- (2) 监视范围包括电网运行信息、一次设备状态信息、二次设备状态信息和辅助应用信息。
- (3) 应对主要一次设备（变压器、断路器等）、二次设备运行状态进行可视化展示，为运行人员快速、准确地完成操作和事故判断提供技术支持。

二、电网运行监视

电网运行监视内容及功能要求如下：

- (1) 电网实时运行信息包括电流、电压、有功功率、无功功率、频率，断路器、隔离开关、接地开关、变压器分接头的位置信号。
- (2) 电网实时运行告警信息包括全站事故总信号、继电保护装置和安全自动装置动作及告警信号、模拟量的越限告警、双位置节点一致性检查、信息综合分析结果及智能告警信息等。
- (3) 支持通过计算公式生成各种计算值，计算模式包括触发、周期循环方式。
- (4) 断路器事故跳闸时自动推出事故画面。
- (5) 设备挂牌应闭锁关联的状态量告警与控制操作，检修挂牌应能支持设备检修状态下的状态量告警与控制操作。
- (6) 实现保护等二次设备的定值、软压板信息、装置版本及参数信息的监视。
- (7) 全站事故总信号宜由任意间隔事故信号触发，并保持至一个可设置的时间间隔后自动复归。

三、设备状态监视

（一）一次设备

一次设备状态监视内容如下：

(1) 站内状态监测的主要对象包括变压器、电抗器、组合电器 (GIS/HGIS)、断路器、避雷器等。

(2) 一次设备状态监测的范围：根据 Q/GDW 534—2010《变电设备在线监测系统技术导则》，110kV 及以下变电站一般情况下不设置一次设备状态监测；220kV 变电站一般监测主变压器、高压组合电器、金属氧化物避雷器；500kV 变电站一般监测主变压器、高压并联电抗器、高压组合电器、金属氧化物避雷器。

(3) 一次设备状态监测参量：500kV 变电站，主变压器应包含油中溶解气体、局部放电；高压并联电抗器宜包含油中溶解气体；500kV 和 220kV 高压组合电器应包含局部放电；220kV 及以上电压等级金属氧化物避雷器宜包含阻性电流；220kV 变电站，主变压器宜包含油中溶解气体、局部放电；220kV 高压组合电器应包含局部放电；金属氧化物避雷器宜包含泄漏电流和放电次数。

(二) 二次设备

二次设备状态监视内容如下：

(1) 监视对象包括合并单元、智能终端、保护装置、测控装置、安全稳定控制装置、监控主机、综合应用服务器、数据服务器、故障录波器、网络交换机等。

(2) 监视信息内容包括设备自检信息、运行状态信息、告警信息、对时状态信息等。

(3) 应支持 SNMP 协议，实现对交换机网络通信状态、网络实时流量、网络实时负荷、网络连接状态等信息的实时采集和统计。

(4) 辅助设备运行状态监视。

四、可视化展示

(一) 电网运行可视化

电网运行可视化应满足如下要求：

(1) 应实现稳态和动态数据的可视化展示，如有功功率、无功功率、电压、电流、频率、同步相量等，采用动画、表格、曲线、饼图、柱图、仪表盘、等高线等多种形式展现。

(2) 应实现站内潮流方向的实时显示，通过流动线等方式展示电流方向，并显示线路、主变压器的有功、无功等信息。

(3) 提供多种信息告警方式，包括最新告警提示、光字牌、图元变色或闪烁、