

数字化变电站技术丛书

DIGITAL SUBSTATION

运行维护分册

方丽华 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

数字化变电站技术丛书

运行维护分册



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

目前,数字化变电站试点及应用都取得了一些成果,为给今后工作提供借鉴,本书在大量收集整理国内外数字化变电站相关素材基础上,结合广东电网中山220kV变电站数字化改造的成果与工程经验,从设计、制造、安装调试、测试、运行维护、状态检修及成果与展望7个方面进行总结与归纳,分7个分册出版,形成本套《数字化变电站技术丛书》。

本书为《数字化变电站技术丛书 运行维护分册》,全书共4章,包括概述、设备管理、技术资料管理、运行管理。附录为相关作业指导书。

本书可供工作在各电网(力)公司、电力科研部门及建设施工单位以及其他相关专业领域的工程技术人员参考,也可作为高等学校相关专业本科生和研究生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字化变电站技术丛书. 运行维护分册/方丽华主编.

北京:中国电力出版社,2010

ISBN 978-7-5123-0021-7

I. ①数… II. ①方… III. ①数字技术-应用-变电所-电力系统运行②数字技术-应用-变电所-维护 IV. ①TM63-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 007623 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010年1月第1版 2010年1月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 12.5印张 229千字

印数 0001—3000册 定价 35.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

近几年对数字化变电站新技术的研究及应用成为热点，数字化变电站已在国内电力系统试点应用并取得一定经验，但尚未有一套完整的书籍对数字化变电站设计、制造、验收、安装调试、运行维护等方面进行归纳总结。本套丛书旨在全面总结广东电网公司中山供电局 220kV 三乡数字化变电站技术改造研究成果，并对今后数字化变电站设计及建设运行提供借鉴。该套丛书由广东电网公司组织有关单位技术人员编著而成，分为设计、制造、安装调试、测试、运行维护、状态检修、成果与展望 7 个分册。

《数字化变电站技术丛书 运行维护分册》一书共分 4 章，由方丽华担任主编。各章编写人员及编写分工如下：第 1 章和第 2 章部分内容在广东电网公司中山供电局方丽华编写；第 2 章部分内容和第 3 章由广东电网公司中山供电局洪毅文编写；第 4 章由广东电网公司中山供电局林韶文编写。

本书在编写的过程中，广东电网公司、广东电网公司电力科学研究院、广东省电力设计研究院、广东省电力调度通信中心、南瑞继保电气有限公司、武汉大学、四川大学等单位给予了大力支持。编写时还参阅了有关参考文献、国家标准、运行规程、技术说明书等。在此，对以上单位及有关作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2009 年 12 月

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 数字化变电站简介	1
1.2 数字化变电站运行维护依据	9
1.3 数字化变电站对运行维护的影响	11
第 2 章 设备管理	17
2.1 一、二次设备划分	17
2.2 维护管理	18
2.3 缺陷管理	66
2.4 定期检验轮换管理	85
2.5 状态评价管理	88
2.6 检修技改管理	90
2.7 反措管理	94
2.8 安全工器具管理	95
2.9 备品备件管理	95
第 3 章 技术资料管理	97
3.1 设备台账	97
3.2 现场运行规程	98
3.3 技术资料	110
3.4 运行记录	115
3.5 定值压板	116
3.6 作业标准	120
第 4 章 运行管理	126
4.1 巡视	126
4.2 “五防”管理	146
4.3 倒闸操作	148

4.4 运行分析.....	153
4.5 应急管理.....	153
4.6 定置与标识.....	154
附录 A 220kV 主变数字化保护定检作业指导书.....	161
附录 B 220kV 线路（旁路）数字化保护定检作业指导书.....	173
附录 C 220kV 母差数字化保护定检作业指导书.....	184
参考文献.....	191

概 述

1.1 数字化变电站简介

自电力系统进入实际应用以来,变电站就在其中扮演着重要的角色。自建国以来,电力工业始终处于高速发展中,而变电站的发展也非常迅速。变电站规模、电压等级以及数量都出现了大幅的增长。在这个过程中,也出现了若干种变电站的提法,常见的有“传统常规变电站”,“常规变电站”、“无人值守变电站”、“集中控制变电站”以及“数字化变电站”等^[1~5]。需要指出的是,这样一些概念通常没有一个非常精确的定义,只是大多具有一些鲜明的特点,而这些特点又往往与运行维护状况相关。因此,探讨这些概念及相互关系可以对变电站以及运行维护的发展历程有所认识 and 了解。在当前的提法中,“传统变电站”与“常规变电站”的概念基本上是一样的,而这样两个概念的提出通常是与“无人值守变电站”、“集中控制变电站”以及“数字化变电站”的概念相区分开的。

1.1.1 常规变电站

常规变电站一般均由分散式的油断路器、隔离开关、油浸式互感器等常规一次设备、普通的继电保护装置和屏式控制设备组成。

在电力系统服役多年的常规变电站多于 20 世纪 70~80 年代投入运行,设备的自然寿命、电气寿命和机械寿命已近极限,尤其是一些充油一次设备渗漏油现象比较普遍。大多一次设备老化、损坏及腐蚀严重,维护检修的工作量和费用逐年攀升,站内二次设备庞杂,有多个时代、多种类型的继电保护和自动装置同时运行,对变电站的安全运行构成很大威胁。通常在常规变电站中的保护多为老式的继电器保护,安全可靠性能低。每年都需要投入大量的资金、人力和物力进行维护、整治、局部改造,但效果很不理想,年年改造,年年都有新的问题出现,与当前的技术水平很不相称。而且,限于当时的经济发展水平,老旧变电站的设计标准低,绝大部分老旧变电站都不符合国家电力主管部门目前典型设计方案的要求。

1.1.2 无人值守变电站

无人值守变电站是借助于调度自动化系统,将现有变电站的运行任务重新分配,以通道为基础,实现主站对无人站的“四遥”(遥测、遥信、遥控、遥调),从而达到节约变电站基建投资、少占用土地、提高安全运行水平、节约运行费用以及提高整个调度自动化水平的目的。

无人值守变电站通常由后台监控系统来采集处理母线电压、有功、无功、电流、主变压器(简称主变)温度等信息;反映全站一次运行方式的断路器、隔离开关、接地开关位置信号,各类保护动作信息、各类异常信号、重合闸及低周减载等自动装置的动作信息,并将这些信息直接反映到监控系统及调度系统,从而方便了运行及事故处理。

无人值守变电站的优越性可大致归纳为:

(1) 传送负荷和限电速度快,电压调整迅速,从而改善电网电压质量,稳定电网运行,提高无功管理水平;预防事故,加快事故处理。由于预告信号、事故信号、各种越限信号提供调度员分析,可以及时采取措施预防事故发生,事故掉闸后,调度员直接判断并作遥控操作,加快事故处理,可避免事故扩大,缩短事故时间。

(2) 大量节省人员,提高企业劳动生产率。

(3) 遥控由调度员直接执行,无中间环节,不易发生误操作。无人值守变电站既发挥了明显经济效益,又大大提高了调度自动化水平。

1.1.3 集中控制变电站

集中控制变电站系统建立在调度系统和变电站之间,是对多个无人值守变电站进行集中监控和管理的自动化系统,它从局部电网的层面,对所辖变电站进行更高层次的综合控制和管理,其核心技术是电网调度对变电站“四遥”技术的具体实施。

随着经济的快速发展,电网规模发展加快,无人值守变电站及以上各类变电站数量不断增加,常规调度自动化系统处理的信息中又增添了另一种信息类型,即变电站内部信息过程。它们虽与电网运行无关,但也必须传至调度中心,由调度自动化系统提供给调度人员。调度员不仅要监视电网运行参数,指挥电网设备操作和事故处理,还必须替代变电站原值班人员承担的监视变电站本体的设备运行状况、各种保护操作及管理信息等工作,工作量太大,这样不但大大增加了调度人员的工作负担,而且主次不清,不能很好地发挥地区电网调度的职能,还可能造成信息混乱、操作失误等问题。

在现有无人值守变电站的管理中,运行维护人员通常要负责几十座无人值

守变电站的设备操作及维护,地理跨度太大,工作性质单一,他们每天奔波于各站进行设备的巡检、清扫维护及倒闸操作,工作量大,正常休息得不到保证,无暇顾及自身变电运行业务,设备隐患难以及时发现。加上各站之间路途较远,严重影响事故处理的进程,对变电站安全运行构成重大威胁。并且由于巡维队值班人员多数时间在路途上往返于各变电站,出车频次较高,交通安全难以保证。

针对传统调度自动化系统的弊端,在调度与无人值守变电站之间加设集控站,就可解决这些问题。集控站所监视的信息量相当全面,操作功能完善,防误性要求高,能够对变电站设备进行更好的管理和监控。

集中控制变电站实现了数据的集中处理、集中存储。在现有的实现方式中,无人值守变电站与集中控制变电站体系为数字化变电站的实施奠定了基础,主要有以下几个方面:

(1) 构建了一个具有充裕带宽的光纤通信网,该通信网可以很方便地应用在数字化变电站的建设中。

(2) 无人值守变电站运行维护积累的大量经验可以充分为数字化变电站所用,培养了大量新型变电站体系的运行维护人才,促进了变电站管理方式的改进。

(3) 集中控制变电站的设置与运行积累了变电站数据集控、处理中心的建设及维护经验,培养了专门的数据处理以及中心维护人才,这是常规变电站运行维护中没有涉及的。

当然,在无人值守变电站与集中控制变电站的体系发展中,也出现了若干问题,在数字化变电站的发展中也要充分地予以重视。

(1) 高度重视设备通信协议的兼容性。在无人值守变电站与集中控制变电站的体系发展过程中,生产厂家多发展了自己的通信规约及协议,因此设备相互之间的兼容性差,增加了企业的培训成本,限制了企业的选择余地。数字化变电站目前的发展也出现了类似的苗头,需要在现阶段在 IEC 61850 的基础上对企业的自主协议扩展加以限制及规范,降低今后的协议兼容风险,降低运行维护所需的培训成本。

(2) 坚持稳步推进的原则。数字化变电站技术本身处于发展过程中,协议在不断完善细化,设备的数字化程度也将不断提高,部分设备(如光电互感器)还需要理论与实践的突破才能得到更为广泛的应用。而在技术发展的过程中其稳定性也需要长期的运行实践加以验证。就目前搜集到的数据资料可知,在某些数字化变电站中已有误动及正确动作的案例出现。而变电站电压等级越高,其误动造成的损害越大。因此,坚持稳步推进的原则可有效降低数字化变电站的运行风险

及运行维护成本。

(3) 坚持实验与推广并举的原则。鉴于数字化变电站技术处于发展过程中, 因此尤其要重视实验性数字化变电站建设与推广之间的关系, 注重应用可升级及扩展的硬件设施, 降低系统升级成本, 也就此降低运行维护所需成本。

集控站已经可以实现区域的变电站综合管理, 但由于这种综合管理缺乏统一的通信标准及规约, 在广域范围内容易造成系统的差异性, 不便于在广域范围上对变电站进行统一管理, 而数字化变电站就由此应运而生。数字化变电站是以变电站一、二次设备为数字化对象, 以高速网络通信平台为基础, 通过对数字化信息进行标准化, 实现信息共享和互操作, 并以网络数据为基础, 实现继电保护、数据管理等功能, 满足安全稳定、建设经济等现代化建设要求的变电站。

1.1.4 数字化变电站

变电站信息的数字化, 可提供实时、可靠、完整的共享信息平台, 并以此为基础提升现有设备和功能的技术水平, 发展新的自动化功能, 同时提高变电站的技术性和经济性。

1.1.4.1 特点

(1) 变电站的各种功能可共享统一的信息平台。数字化变电站的所有信息采用统一的信息模型, 按统一的通信标准接入变电站通信网络, 避免了设备重复。变电站的保护、测控、计量、监控、远动、VQC 等系统均用同一个通信网络接收电流、电压和状态等信息以及发出控制命令, 不需为不同功能建设各自的信息采集、传输和执行系统, 便于变电站新增功能和扩展规模, 变电站的设备间信息交换均通过通信网络完成, 变电站在扩充功能和扩展规模时, 只需在通信网络上接入新增设备, 无需改造或更换原有设备, 保护用户投资, 减少变电站全寿命周期成本。数字化变电站的各种功能的采集、计算和执行分布在不同设备实现。变电站在新增功能时, 如果原来的采集和执行设备能满足新增功能的需求, 仅对原有设备进行软件升级即可, 硬件投资的压力不大, 因为目前数字化变电站设备采用的主控芯片功能强大。

(2) 通信网络取代了复杂的控制电缆。数字化变电站的一次设备和二次设备间、二次设备之间均采用计算机通信技术, 一条信道可传输多个通道的信息。因此数字化变电站的二次接线将大幅度简化。

1.1.4.2 系统结构

在对数字化变电站的运行维护进行讨论前, 有必要简要介绍其系统结构, 并给出一个 220kV 数字化变电站的系统结构实例, 作为后面运行维护操作的基础。

数字化变电站的系统结构继承了分层分布式变电站结构的优点,同时,由于高速以太网、新型传感器、智能断路器技术以及 IEC 61850 的实施,对数字化变电站的体系结构产生了重大的影响。从逻辑上,数字化变电站功能被分配到 3 个不同的层(即过程层、间隔层和站控层)中,其系统结构如图 1-1 所示。

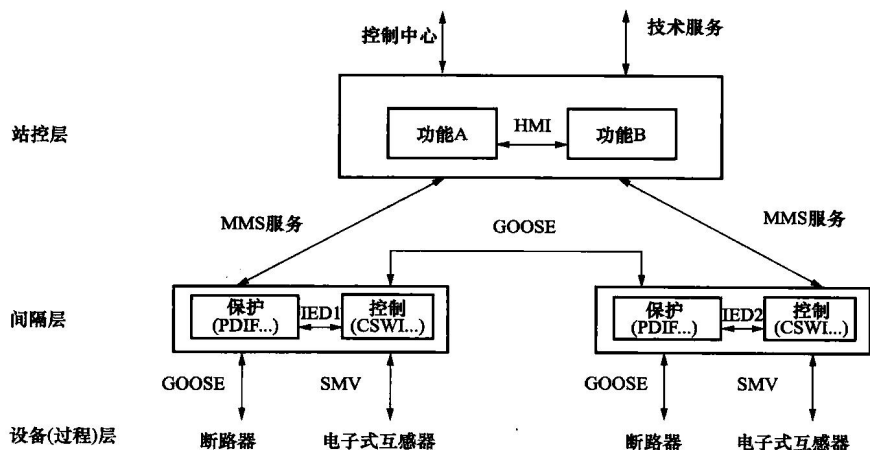


图 1-1 数字化变电站结构图

数字化变电站站控层设备是由传统意义上的后台监控系统、工程师站、远动服务器等构成。间隔层设备是由按间隔对象配置的测控装置、继电保护装置、计量装置以及与接入其他智能设备的规约转换设备等构成。其中的单间隔设备有线路保护、测控装置、计量装置,跨间隔设备包括母线保护、故障录波、变压器保护等。过程层设备主要包括电子式电流互感器、智能一次设备等,现阶段智能化断路器是由传统断路器加智能终端方式来实现断路器智能化,电子式电流互感器采用罗氏线圈加激光供能的方式来实现互感器设备的数字化。过程层设备具有自我检测、自我描述功能,支持 IEC61850 协议,其传输介质采用光纤。

客观地说,虽然我国的数字化变电站在一定范围内已经得到应用,但数字化的程度还不是很。出于稳妥考虑,已建成的数字化变电站多还是在若干间隔实现 IEC 61850,数字化变电站的管理也还未实现集中管理。从另一个角度来看,典型的、对于大量的 10kV 以及 35kV 变电站设备而言,不加分析地对所有设备都进行数字化改造在成本上是无法承受的。因此,在相当长一段时间内,现有的数字化变电站还会是一种混合状态的过渡数字化变电站,即数字化设备与常规设备并存,这对维护工作也将产生重大影响。

图 1-2 说明了在过程层中接入常规设备的多种方案，包括仅使用变电站总线、采用合并单元，以及利用基于 IEC 61850 的断路器控制器三种方法。

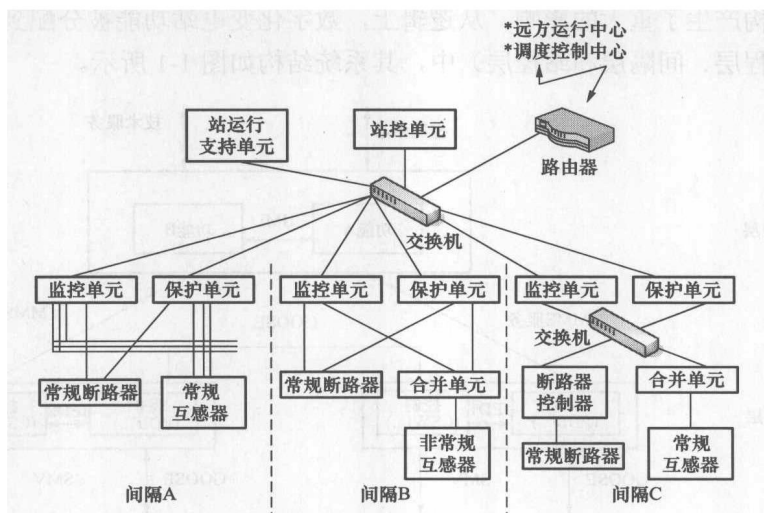


图 1-2 过程层中常规设备的接入方案

图 1-3 是一个间隔层接入常规 IED（或系统）的方案，这里 Server IED 事实上是一种协议转换设备，可能需要针对不同的设备提供不同的协议转换软件。

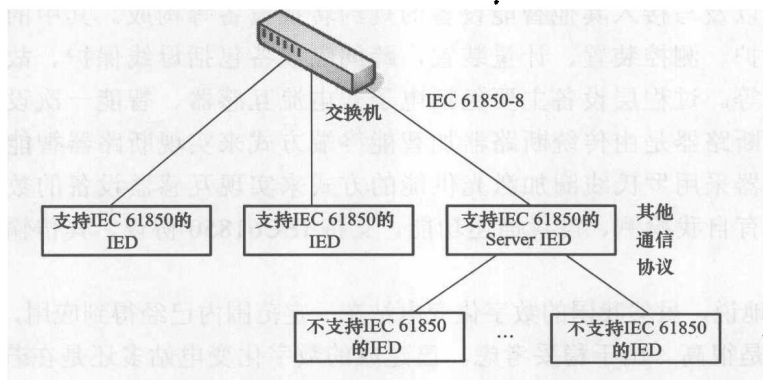


图 1-3 间隔层中常规 IED 的接入方案

传统上，变电站设备巡检是为了监视设备的运行情况，以便及时发现和消除设备缺陷，预防事故发生，确保设备安全运行，综合运用视觉、听觉、触觉、嗅觉等五官功能及一些相应的仪器对变电设备进行巡检。

作为变电运行常规工作之一，设备巡检在变电运行工作中占非常重要的地位，巡检质量直接影响安全生产，同时也反映了现场的生产管理水平。通过设备巡检能够及时掌握设备的运行情况，掌握设备运行规律是确保安全运行必不可少的基础工作，也可以在第一时间发现设备存在的缺陷，采取有效措施消除缺陷，确保设备的安全、健康、持续运行。尽管无人值守变电站的投入运行极大地降低了变电站的运行成本，提高了工作效率，但是通过“四遥”只能获得运行的部分数据。

1.1.4.3 三乡站简介

本书将以广东电网 220kV 三乡数字化变电站（以下简称三乡站）为例对数字化变电站的运行维护进行探讨。三乡站位于广东省中山市三乡镇，是一座户外、枢纽变电站。三乡站共有 6 回 220kV 出线，其中 220kV 三乐线、三凤乙线、斗三甲乙线是中山电网连接珠海电网的桥梁，三乡站同时还负责周边几个镇区的供电。

三乡站共安装 3 台 150MVA 主变。早期的三乡站是座有人值守的常规变电站，2004 年全站进行了四遥改造，2007 年转成无人值守变电站，2007 年 10 月，在广东电网公司的指导下开始进行 IEC 61850 数字化改造。

三乡站数字化改造分两个阶段进行：第一个阶段是对 10kV 间隔进行改造，包括更换 10kVA 母线上的开关柜、将 10kV 所有各间隔的保护更换成南瑞继保公司的 RCS 保护；10kV 改造时没有使用电子式电压、电流互感器，因此接入保护的仍然是模拟量的电压、电流，跳、合闸信号采用电缆传输。第二阶段是对 220、110kV 设备进行改造，按照 IEC 61850，220、110kV 设备按“过程层”、“间隔层”、“站控层”三层构建。

图 1-4 给出了三乡站系统一次接线图。显然，这种传统的、物理的一次接线图很难充分体现数字化变电站的特点，在本书中给出这样的一次接线图有以下主要考虑：

(1) 从一次接线图看，主要一次设备与传统设备的差别并不大，因此，从运行维护角度看，对于主要一次设备的运行维护管理差别并不大。从数字化变电站发展的历史及进程看，这个部分也是最难以实现数字化的部分。

(2) 目前的数字化变电站，数字化进程主要在间隔层与站控层，即传统的二次设备部分展开。这部分的运行维护将是调整与改变最大的部分，也是该图无法体现的部分。

(3) 变电站的运行维护部分内容（如标识等）可以参考图 1-4。

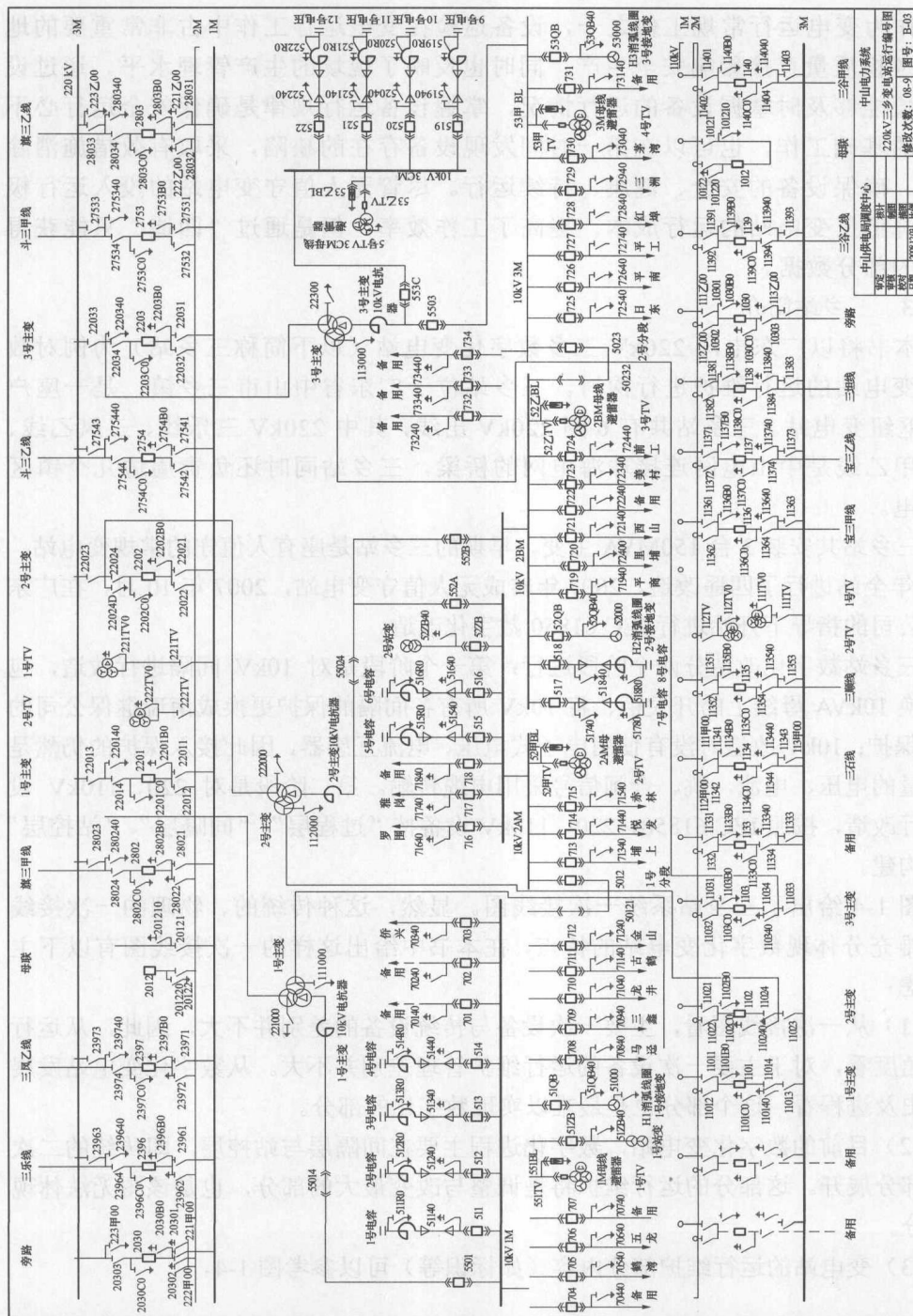


图 1-4 三乡站系统一次接线图

1.2 数字化变电站运行维护依据

数字化变电运行维护要遵照标准化、科学化、现代化管理要求。为了更好地贯彻电力生产,“安全第一,预防为主”的方针,遵循“保人身、保电网、保设备”的工作原则,以班组控制异常和未遂为安全目标,以设备运行管理为核心,开展变电运行管理。保证电网不间断供电和变电站安全、经济、可靠运行。需要制定相应的现场运行维护规范,指导现场的运行维护工作。通常,现场运行规程需要依据以下几个部分制定:

- (1) 制造厂说明书。
- (2) 本站有关图纸、技术资料及设备状况。
- (3) 电力工业技术管理法规。
- (4) 部颁有关典型技术规程。
- (5) 电力系统事故处理规程。
- (6) 继电保护要求。
- (7) 运行方式的要求。

一个典型的变电站运行规程制定可能需要参考以下规范及标准(含国家电网公司及南方电网公司的相关标准):

GB 50150—2006《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》

GB 50168—2006《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》

GB 50169—2006《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》

GB 50170—2006《电气装置安装工程 旋转电机施工及验收规范》

DL/T 5161.9—2002《电气装置安装工程 质量检验及评定规程 第9部分:蓄电池施工质量检验》

DL/T 5161.8—2002《电气装置安装工程 质量检验及评定规程 第8部分:盘、柜及二次回路结线施工质量检验》

DL/T 5161.12—2002《电气装置安装工程 质量检验及评定规程 第12部分:低压电器施工质量检验》

DL/T 5161.2—2002《电气装置安装工程 质量检验及评定规程 第2部分:高压电器施工质量检验》

DL/T 5161.3—2002《电气装置安装工程 质量检验及评定规程 第3部分:电力变压器、油浸电抗器、互感器施工质量检验》

DL/T 5161.4—2002《电气装置安装工程 质量检验及评定规程 第4部分:母

线装置施工质量检验》

GB 11032—2000《交流无间隙金属氧化物避雷器》

DL 408—1991《电业安全工作规程（发电厂和变电所电气部分）》

DL/T 572—1995《电力变压器运行规程》

DL/T 573—1995《电力变压器检修导则》

GB/T 10230.2—2007《分接开关 第2部分：导则》

DL/T 587—2007《微机继电保护装置运行管理规程》

DL/T 639—1997《六氟化硫电气设备运行、试验及检修人员安全防护细则》

DL/T 596—1996《电气设备预防性试验规程》

DL/T 603—2006《气体绝缘金属封闭开关设备运行及维护规程》

DL/T 620—1997《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》

DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》

DL/T 724—2000《电力系统用蓄电池直流电源装置运行与维护技术规程》

DL/T 727—2000《互感器运行检修导则》

DL 755—2001《电力系统安全稳定导则》

DL/T 781—2001《电力用高频开关整流模块》

《电力电缆运行规程》[(79)电生字第53号]

《电力工业技术管理法规》[(80)电技字第26号]

《继电保护及自动装置安全运行管理规程》

《电业生产事故调查规程》(国家电网生[2003]426号)

《高压断路器运行规程》(电供[1991]30号)

Q/CSG 2 0001—2004《变电运行管理标准》

Q/CSG 1 0006—2004《电气操作导则》

Q/CSG 1 0004—2004《电气工作票技术规范》

由于各地的实际工作情况有所差异，在制定变电站运行规程时还可能引用以下地方性电力公司的相关规范、规程：

电力系统调度规程

电网继电保护与安全自动装置运行管理规程

电网微机线路保护现场运行规程

电气、线路操作票和工作票制度的相关规定

变压器非电量及中性点保护管理规定

数字化变电站设备较新，在设备维护这个层次上缺乏相关的维护或检修规定，除了参考厂家的说明书，还进一步需要更多的现场经验数据支持，但站在整个变电

站管理这个高度上,很多运行规程可以参考无人值守变电站的相关内容。

1.3 数字化变电站对运行维护的影响

数字化变电站是变电站的最新发展,设备自动化程度有了较大提高,运行维护人员投入也大大减少,新的运行维护相关技术也蓬勃发展,为变电站的科学运行、经济维护提供了有力的保障。变电站的数字化必然引入新的检测技术与管理方法,以适应新形势下的要求。

1.3.1 新的变电站检测维护技术

本小节将介绍当前较新的运行维护相关技术进展。

1.3.1.1 基于红外测温技术的变电站设备巡检^[6, 7]

在变电站设备巡检中利用红外成像测温技术能在很大程度上提高运行人员发现缺陷的能力,对一些有发展性的缺陷,特别是设备内部缺陷可以提前发现。在政治保电、重大节假日、迎峰度夏期间可对保证变电站安全可靠供电起积极的预防作用。

红外成像测温技术是一种高科技检测技术。它集光电成像技术、计算机技术、图像处理技术于一身,通过接收物体发出的红外线红外辐射将其热像显示在荧光屏上,从而准确检测到表面的温度分布情况,进而可以准确、及时、快速地判断设备的发热情况。

目前,国内在多个电压等级中都得到了成功的应用,也取得了一定的成绩。但红外成像测温技术本身也存在易受干扰、对检测位置要求高等特点,限制了其广泛应用。

现有的红外测温多采用手持式设备,而现有这些设备大多基于 DSP 或者是嵌入式系统开发,如 ARM,这些基础平台具有非常强大的处理能力,因此,如果对软件稍作改进与升级,将已经获取的数据按照 IEC 61850 规约进行传输,就可以很快地将这些设备更改为数字化变电站的巡检设备。

1.3.1.2 基于三维模型的变电站设备巡检仿真培训系统^[8]

对于变电站而言,员工在上岗前多需要参与相应的专业技能培训,而对于数字化变电站这样的新生事物,大范围的培训是运行部门生产不可缺少的步骤。传统的平面知识传授缺乏互动性,职工参与度不高,培训效果有限。而对于数字化变电站这种自动化程度非常高的系统而言,一个错误可能会导致无法挽回的连锁反应,因此,对其巡检、操作进行交互式的仿真培训非常有必要。

已有研究者对变电站的所有一次设备如变压器、隔离开关、断路器、互感器、避雷器母线、连(引)线、支撑架等建立了模型,由此形成了设备建模库,设备库