

变电站交流回路 智能检验系统设计与实现

主编 陈勇



吉林人民出版社

变电站交流回路 智能检验系统设计与实现

主 编 陈 勇

副主编 张占军 陈国平

吉林人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

变电站交流回路智能检验系统设计与实现 / 陈勇主

编. -- 长春: 吉林人民出版社, 2015.12

ISBN 978-7-206-12143-2

I. ①变… II. ①陈… III. ①变电所—智能技术—自

动化系统—系统设计 IV. ① TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 317718 号

变电站交流回路智能检验系统设计与实现

主 编: 陈 勇

副 主 编: 张占军 陈国平

责任编辑: 陆 雨 崔 凯

封面设计: 翰育文化

吉林人民出版社出版 发行 长春市人民大街 7548 号 邮政编码: 130022

咨询电话: 0431-85378033

印 刷: 四川和乐印务有限责任公司

开 本: 787mm×1092mm

1/16

印 张: 11.5

字 数: 170 千字

标准书号: ISBN 978-7-206-12143-2

版 次: 2015 年 12 月第 1 版

印 次: 2015 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

序 言

电力是我国国民经济的基础，而变电站是连接发电厂和用户的枢纽和桥梁，是整个电网安全、可靠运行的重要保障和环节。智能变电站作为现代的智能电网的重要基础和支撑，是电网运行数据的采集源头和命令的执行单元，将贯穿智能电网建设的整个过程，因此，智能变电站的网络结构作为智能变电站的核心内容对智能变电站以及智能电网的建设具有重要的现实意义。

本文首先概述性地介绍了国内外变电站自动化技术的发展情况，分析了变电站自动化系统的基本结构、特点、功能和技术规范，如集中式、分布式、分散结构的特点，对变电站的过程层、间隔层、站控层三层的物理结构进行介绍。同时，本文对变电站自动化发展进程作了简介。

变电站分布范围广、距离远，又多位于野外区域，传统的人工值班、看守的管理方法已经无法适应信息技术的发展和要求，远程图像监控系统能根据工作人员预先设定的时间间隔自动记录原始数据和现场的运动声像，用户可在有网络的地方通过手机和电脑随时查看变电站的现场状况、历史纪录等情况，因此，计算机监控系统在变电站中起到了举足轻重的作用，本文对计算机监控系统在变电站中的应用、优势等作了介绍。

涉及到远程监控视频，如何对监控图像进行采集、处理、传输等正是计算机图像处理所涉及到的知识。本文对变电站远程监控采集到的图像进行处理，可以通过图像压缩、图像增强、图像复原等方法改善采集图像的质量，提高图像的分辨率，对传输过程中所引起的图像模糊、图像退化、图像占用空间较多等问题进行处理，满足变电站实际中对远程图像的要求。

结合我国变电站自动化的研究及应用现状，对其在工程应用中存在的问题进行了探讨，并提出相应的理解及认识。本文对变电站交流回路智能检验系统进行了设计，指出了智能化变电站与传统变电站的区别和联系，对系统具有的功能和主要性能指标进行了描述。

变电站智能回路的设计和实现离不开通信网络的发展，本文介绍了现有的通信网络技术，数字化变电站的通信网络技术以及常用的变电站组网方案，提出采

用面向对象的变电站事件模型，进一步发挥变电站交流回路的优势。

本文描述了变电站交流回路智能检验系统的实现过程，包括智能断路器的使用、工作原理和工作模式，同时对变电站交流回路系统的关键设备选择进行了说明，如接口、采集仪等。同时，对智能变电站网络的结构进行了优化，通过组网方式去除了数据冗余。

本书各章节内容安排如下：

第一章对变电站自动化技术进行综述，1.1节介绍国内外变电站自动化技术的发展，1.2节介绍了变电站自动化系统的基本结构和特点，1.3节介绍了变电站综合自动化系统的功能，1.4节介绍了变电站综合自动化技术规范。

第二章介绍了变电站综合自动化技术的发展历程，对一些新的技术进行阐述，如数字化变电站、继电保护、静止无功功率补偿装置、故障录波器等。

第三章对变电站综合自动化系统的结构和模式进行介绍，首先3.1节—3.3节介绍集中式、完全分布式、分层分布式三种结构，3.4节介绍变电站自动化系统的物理结构，包括过程层、间隔层和站控层。

第四章研究了计算机监控系统在变电站中的应用，说明了计算机监控系统在变电站系统中的优势，给出了具体的实例。

第五章研究了数字图象处理技术在变电站中的应用，针对视频监控采集到的图象存在的问题，如图象占用空间大、分辨率不高等问题，研究采用数字图象处理技术对采集图象进行压缩、图象增强，对传输过程中的受损图象采用图象复原技术对其进行复原，确保了采集图象的质量。

第六章介绍了变电站交流回路智能检验系统的设计，说明了设计的总体框图，需要配置的环境，可靠性、可维护性的考虑等。

第七章介绍了数字化变电站系统的通信技术，7.1节对通信网络技术进行了概述，7.2节介绍了常用的通信网络，7.3节介绍了变电站层、过程层的网络结构，7.4节介绍了光电互感器，7.5节介绍了互感器单元的合并，7.6节介绍了变电站通信网络应该具备的特点和要求，7.8节介绍了数据的传输过程，最后对这一章进行了总结。

第八章介绍了智能变电站系统的配置和网络架构，8.1节介绍了智能变电站的特点，8.2节介绍了智能变电站的系统结构，8.3节介绍了智能变电站的网络架构，8.4节介绍了智能变电站系统的硬件配置。

第九章介绍了变电站交流回路智能检验系统的实现。9.1节介绍了智能断路

器，9.2 节介绍了智能断路器的工作原理和工作模式，9.3 节介绍了智能断路器技术的特点，9.4 节介绍了变电站交流回路系统的关键器件选择，9.5 节介绍了系统配套软件和方案，9.6 节介绍了基本逻辑及方案。

第十章介绍了智能变电站网络结构的优化方案。首先对智能变电站网络结构的现状进行了分析，阐述了网络结构优化方案，并对智能变电站网络系统的发展进行了展望。

本文存在较多的问题，请读者指出，不甚感激。

作者

2015 年 11 月

目录

01	第一章 绪 论
03	1.1 国内外变电站自动化技术发展概况
03	1.1.1 国外变电站综合自动化系统概况
04	1.1.2 国内变电站自动化技术发展现状和趋势
05	1.2 变电站自动化系统的基本结构及特点
06	1.2.1 集中式系统结构
06	1.2.2 分布式系统结构
06	1.2.3 分散(分层)分布式结构
07	1.3 变电站综合自动化系统的功能
09	1.4 变电站综合自动化技术规范
12	第二章 变电站综合自动化的发展
12	2.1 变电站综合自动化建设的历程
13	2.2 变电站远动设备发展
13	2.2.1 早期的变电站远动技术
14	2.2.2 中期的变电站远动(监控)技术
14	2.2.3 现在的变电站自动化技术
15	2.3 变电站自动化系统的新发展

15 2.3.1 数字化变电站

16 2.3.2 继电保护

18 2.3.3 静止无功功率补偿装置

19 2.3.4 故障录波器

22 2.3.5 架空线路零序电流及接地距离保护

25 **第三章 变电站综合自动化的结构及模式**

25 3.1 集中式结构形式

26 3.2 完全分布式系统结构

27 3.3 分层分布式结构

29 3.4 变电站自动化系统的物理结构

30 3.4.1 过程层

31 3.4.2 间隔层

31 3.4.3 站控层

31 3.5 本章小结

33 **第四章 计算机监控系统在变电站的应用**

33 4.1 变电站中的计算机监控系统

34 4.2 计算机监控系统在变电站的应用

35 4.3 计算机监控系统在变电站的优势

37 4.4 计算机监控系统在变电站的应用实例

37 4.4.1 远程图像监控系统的功能

37 4.4.2 系统的构成及设计要点

38 4.4.3 无人值守变电站的实现

41 4.5 本章小结

42 **第五章 数字图像处理在变电站中的应用**

- 42 5.1 数字图像技术概述
- 45 5.2 远程视频监控系统概述
- 46 5.3 视频监控图像压缩
 - 47 5.3.1 霍夫曼编码
 - 48 5.3.2 动态霍夫曼树及编码
- 54 5.4 视频监控图像增强
 - 55 5.4.1 空域图像增强技术
 - 60 5.4.2 频域图像增强技术
- 63 5.5 远程视频监控图像复原
 - 65 5.5.1 无约束图像复原
 - 69 5.5.2 有约束图像复原
- 70 5.6 非线性图像复原
 - 70 5.6.1 Lucy-Richardson 算法
 - 71 5.6.2 盲去卷积
 - 74 5.6.3 正则滤波法
- 75 5.7 本章小结

76 **第六章 变电站交流回路智能检验系统设计**

- 76 6.1 智能化变电站和传统变电站继电保护的异同
- 80 6.2 数字化变电站分层网络
 - 80 6.2.1 分层结构
 - 81 6.2.2 变电站总线和过程总线
- 82 6.3 变电站交流回路智能检验系统背景
- 84 6.4 系统功能描述和主要性能指标
- 85 6.5 系统总体框图及各单元功能说明
- 90 6.6 产品设计方案
 - 90 6.6.1 可靠性设计
 - 90 6.6.2 可维护性设计

94 6.7 开发环境

94 6.7.1 ARM 开发环境

95 6.7.2 配套软件开发环境

95 6.8 本章小结

96 第七章 数字化变电站的通信网络

96 7.1 通信网络概述

101 7.2 常用的网络通信技术

102 7.2.1 Lonworks(LocaloperatingNetwork) 网络

102 7.2.2 CAN(ContrallerAreaNetwork) 网络

103 7.2.3 Profibus 网络

103 7.2.4 以太网 (Ethernet) 网络

105 7.3 通信网络拓扑结构

108 7.3.1 变电站层网络

110 7.3.2 过程层网络

116 7.3.3 网络结构冗余

119 7.4 光电互感器

120 7.5 合并互感器单元

120 7.5.1 合并单元数据同步问题

121 7.5.2 继电保护配置

123 7.6 变电站通信网络应具备的特点和要求

124 7.7 变电站组网方案

124 7.7.1 总线组网方案

125 7.7.2 过程总线的组网方案

127 7.8 数据的传输

127 7.8.1 采样值传输 (SAV) 模型

128 7.8.2 面向通用对象的变电站事件模型 (COOSE)

130 7.9 本章小结

131 第八章 智能变电站系统配置及网络架构

- 131 8.1 智能变电站的特点
- 133 8.2 智能变电站的系统结构
- 134 8.3 智能变电站的网络架构
 - 134 8.3.1 网络架构方案的选择
 - 136 8.3.2 过程层网络的组网方案
 - 137 8.3.3 交换机应用分析
- 139 8.4 智能变电站系统的硬件配置
 - 139 8.4.1 站控层配置方案
 - 139 8.4.2 过程层及间隔层配置方案
- 140 8.5 本章小结

141 第九章 变电站交流回路智能检验系统实现

- 141 9.1 智能断路器概述
- 143 9.2 智能断路器工作原理与工作模式
- 145 9.3 智能断路器技术的特点
- 145 9.4 变电站交流回路系统关键器件选型
 - 145 9.4.1 采集仪核心 MCU
 - 146 9.4.2 主要接口与外围关系
- 148 9.5 系统配套软件和方案
- 152 9.6 基本逻辑及方案
- 153 9.7 本章小结

154 第十章 智能变电站网络结构优化方案

- 154 10.1 概述
- 156 10.2 智能变电站网络结构现状分析
 - 156 10.2.1 升压站自动化系统

157 10.2.2 升压站的网络组网方案

158 10.3 智能变电站网络结构优化

158 10.3.1 网络结构优化方案

159 10.3.2 网络流量优化

161 10.4 智能变电站网络系统展望

161 10.4.1 全网络化设计方案

162 10.4.2 同步对时网络化应用

163 10.5 本章小结

164 参考文献

第一章 绪 论

传统的电力系统等工业化领域已不能满足人们的生产和生活需求，随着信息化技术的不断发展，迫切需要将信息化技术运用于工业化领域，对传统工业进行改革，信息化与工业化的融合将加快推进我国现代化的发展，我们可以从人类社会活动的特征看融合本质、从工业化自身发展的角度看融合需求，信息化建设将抓住类似电力系统等具有带动作用的重点领域和关键环节，找准不同领域的着力点和支撑点，目的是使信息化建设渗透到社会发展和国民经济的各个领域，提高生产力，信息化建设和工业领域的融合主要表现在以下几个方面：

1. 信息建设与制造业的融合

以信息化技术的应用为突破点，以数字化、虚拟化、网络化、智能化、敏捷制造为方向，对传统企业的设计、生产流程进行改造和升级，实现不同工业领域生产流程的信息化管理。不同工业领域的推广和应用将包括 CAM、CAE、CAPP、CAD 等软件领域，以及并行计算、虚拟设计与辅助制造等先进制造技术、分布式控制（DCS）、数控（CNC）、现场总线控制（FCS）、先进控制（APC）、可编程序控制（PLC）、柔性制造单元（FMC）、柔性制造系统（FMS）等先进加工与控制技术，推广精益生产、敏捷制造、虚拟制造、网络化制造，满足现代人们对生产过程的要求，例如自动化、低耗、高效、多品种、优质、高产、大批量等要求，满足客户日益强烈的个性化、多样化、特别化需求。通过提高重大技术装备研制水平和成套设备集成能力，如数控技术和数控机床、智能技术及机器人、先进发电、输电和大型工程施工成套设备、大型自动化成套设备等，满足现代工业装备更新换代的需要。

2. 信息建设与传统工业的融合

信息化建设已经成为提升工业领域产业生产效率、附加值不可缺少的手段，

包括电力、钢铁、汽车、化工、纺织等，在产品加工、升级、生产调控以及市场销售的各个环节，越来越离不开信息化建设的应用。如汽车加工工业和销售，既是我国的传统产业，也是新兴产业。据统计，在汽车的整车成本中平均超过 20% 来源于信息技术或信息产品。越高级的汽车或轿车，信息化的费用比重越高，国外不少国家已经超过了 50% 甚至 60%；再比如化学工业、生物、医药以及大型工程生产领域，利用已经研发成功的实验模型，利用信息化技术把实验数据导入模型，可以极大地缩短实验时间和研发周期，降低研发成本，更加适应市场需求的变化。

3. 信息化建设与服务业的融合

信息化建设与服务业的融合，能提升和加速传统服务业水平，催生出新兴行业：（1）借助信息技术强大的信息处理能力，促进保险业、物流业、金融、管理咨询业等现代服务业的发展；（2）依托强大的信息技术，将加快发展包括信息通信服务、信息技术服务、信息内容服务在内的信息服务业；（3）信息化建设将大力发展电子商务，促进经济发展已有模式的创新，尤其是将进一步发展第三方电子商务平台，不断创新电子商务内容和服务模式，加强电子商务信息、现代物流、交易、供应链、支付等管理流通平台以及信用自律体系的建设，为现代电子商务应用的主体提供更加便捷、安全、灵活、高效的服务；（4）促进传统已有服务业的发展，发展面向中、小企业的第三方公共服务平台，加强信息化建设服务，提升商贸、旅游、餐饮和社区服务等传统服务业的创新发展。

本文将信息化建设与传统的变电站技术相结合。在信息化与工业化的融合过程中，变电站综合信息化是指利用较为先进的现代计算机技术、电子技术、通信技术、数字信号处理（DSP）等技术，实现对变电站主要设备、以及输电、配电设备的自动监视、调控、控制、保护，以及与调度通信等较为综合性的自动化功能，变电站综合信息化综合了变电所内，除了交直流电源以外的全部二次相关设备的功能。此外，我国在电力系统进行的农网改造、城网改造过程中，对于传统变电站二次系统的改造主要是以综合自动化系统替换传统的常规二次系统，变电站综合自动化具有较大的现实意义，它是一项提高变电站安全、可靠性、稳定运行、降低运行和维护成本、提高经济效益，向不同领域用户提供高质量电能服务的一项措施。随着农网和城网改造的深入，以及目前电网运行水平的提高，采用变电站综合自动化技术是计算机和通信技术主流的应用方向，也是我国现代电网发展的必然趋势。

变电站综合自动化系统的发展和运用是电网运行管理中的一次变革，它为不同领域的变电站实现智能化、小型化、扩大监控范围以及为变电站的可靠、合理、安全、经济的运行提供了强大的数据采集及监控能力，同时为实现高可靠性的无人值班变电站的管理和运行奠定了基础。此外，变电站综合自动化也是电网调度的自动化基础，因此只有利用厂站自动化装置，以及系统向调度自动化管理系统提供的不同变电站完整和可靠的信息，管理控制中心才能了解、掌握整个电力系统的实时运行、变电站设备的工作情况，同时为系统的控制、调整提供决策依据；此外，也只有基于变电站的自动化装置，用户才能响应调度控制中心发出的操作命令、实现远程控制。因此，可以说一个先进的、可靠的、信息化的变电站综合自动化系统，是建成一个先进的、高水平、高可靠的电网调度和控制自动化的基础和前提。

随着我国电网运行水平的不断提高，同时各级调度中心需要更多的信息，以便用户能及时掌握电网及变电站的工作情况，提高和监控变电站的可控性，进而要求不断提高采用远方集中控制、操作、反事故等措施，即建设无人值班的管理模式，来提高生产率、减少人为误操作的发生、提高电网系统运行的可靠性。此外，当代计算机技术、通信技术等先进技术手段的不断发展和应用，逐渐改变了传统二次设备的管理模式，在信息共享、减少电缆、减少占地面积、简化系统、降低造价等方面已改变了原来变电站运行的面貌。基于上述的原因，变电站自动化由“热门话题”已转向了实用化和智能化阶段，我国各级电力行业各有关部门把变电站自动化作为一项新技术革新手段，也应用于电力系统运行中来，来满足电力系统中的需求。

1.1 国内外变电站自动化技术发展概况

1.1.1 国外变电站综合自动化系统概况

国外从上世纪 70 年代末、80 年代初就开始进行设计、实验和控制综合自动化系统的新技术开发和研究工作^[1]。例如由美国西屋电气公司、美国电力科学研究院联合研制的 SPCS 变电站控制和保护综合自动化系统；日本关西电力公司和三菱电气公司联合研制的 SDS- I、II 型保护、控制综合自动化系统，从 1977 到

1979年进行了现场试验及试运行,并于上世纪80年代初就交付给商业应用。当前,美国的通用电气公司(GE)、西屋电气公司(Westing house),日本的东芝、日立、三菱公司,德国的 AEG、西门子公司(Siemens)公司,瑞士的 ABB 公司、法国的阿尔斯通公司(AL-STHOM),瑞士的 Landis & Gyr 公司等国际著名大型电气公司均研究和实验了变电站综合自动化系统(同时也称为保护与控制的一体化装置),并取得了成功,获得了较为成熟的运行经验。

国外变电站综合自动化系统的主要特点为:系统通常采用分层分布式结构,系统由站控级、元件/间隔级组成;大部分自动化系统在站控级和元件/间隔级间的通信采用星形、光纤通信;继电保护装置放到就地;主控制室与各级电压、配电装置之间只有光缆联系,没有强电的控制电缆进入到主控制室,该设计可节约大量控制电缆,极大地减少了对主控制室内计算机系统和其它电子元件器之间干扰,提高了设备运行的安全、可靠性。

1.1.2 国内变电站自动化技术发展现状和趋势

上世纪90年代以来,其它国家新建的变电站大部分都采用了全数字化二次设备,并相应的采用了变电站的自动化技术;我国开展变电站综合自动化的研究和开发工作相比于其他西方发达国家起步较晚,但是随着数字化保护装置的成熟和广泛的应用,以及管理自动化系统的较成熟应用,变电站的自动化系统已被众多电力系统用户接受并使用,在电力部门使用的过程中大概有两方面的原则:

(1) 中低压变电站采用自动化设备和系统,以便更好的实现无人值班,实现减少工作人员和增效的目的;

(2) 对于高压变电站(即 220Kv 及以上)的设计和建设来说,要求用更先进的调控方式,解决不同领域在技术上的自成系统和分散现象,甚至将影响系统的运行可靠性,在实际的工作中还存在以下问题^[2]:

(1) 功能重复

表现在计量、远动、当地监测系统所用的变送器及各自进行设置,加大了 CT 和 PT 的负载,使得投资增加,还造成远程数据测量的不一致性;此外,远动装置和微机监测系统一个受控于远程调度所;另一个服务于当地部门的监测,没有实现资源的共享,并增加了投资,容易造成现场的复杂性,影响整个系统的可靠性;

（2）缺乏系统化设计

系统以一种“拼凑”功能的方式构成和设计，导致整个系统的性能指标较低，原来设计的部分功能和系统指标无法实现。

（3）缺乏规范性

变电站综合自动化系统的工程设计缺乏一定的规范性，特别是系统内各部分接口的通信规则和规约，如关系到不同厂家的产品，则存在较多的难题，会导致不同系统的联调时间增长，对以后的维护和运行都带来了极大的不便，进而影响了变电站自动化系统的投入率。

经过十几年的发展，国内变电站自动化系统虽然取得了一定的成绩，但目前还满足不了整个电力工业发展的步伐，能真正实现自动化、无人值班变电站的地区并不多见，因此变电站的社会和经济效益还不够显著，这说明我国的变电站自动化技术还不太规范，市场的发育并不成熟，这与制造、规划、基建、研制和运行等相关部门对变电站自动化的认识存在差异有很大的关联。

目前，我国的数字化变电站自动化系统的研究正在稳步、逐步发展。我国针对变电站研究的主要内容集中在过程层方面，例如光电互感器、智能化开关设备、状态检测等设备与技术的研究和开发。国外发达国家已具有一定的成熟经验，我国不同的大专院校、科研院所和有关变电站厂家都已经投入了较大的人力进行研究和开发，且在智能、监控等方面取得了实质性的进展。然而归纳起来，目前我国变电站主要存在的问题是：

（1）研究和开发过程中专业协作需要加强，例如变电站智能化电器的研究和设计至少存在机械、电子、光学三个专业的协同攻关；

（2）材料和器件等方面的缺陷需要不断改进；

（3）测试方法、检验标准、试验设备，尤其是 EMC（电磁干扰与兼容）的控制与实验还是较薄弱环节。

1.2 变电站自动化系统的基本结构及特点

变电站自动化系统主要有集中式、分布式、分散式三种结构^[3]。