

文本复制检测报告单(全文标明引文)

№:ADBD2021R_2021072315351220210723154743311183147980

检测时间:2021-07-23 15:47:43

检测文献: 028

作者: 唐国誌

检测范围: 中国学术期刊网络出版总库

中国博士学位论文全文数据库/中国优秀硕士学位论文全文数据库

中国重要会议论文全文数据库

中国重要报纸全文数据库

中国专利全文数据库

图书资源

优先出版文献库

学术论文联合比对库

互联网资源(包含贴吧等论坛资源)

英文数据库(涵盖期刊、博硕、会议的英文数据以及德国Springer、英国Taylor&Francis 期刊数据库等)

港澳台学术文献库

互联网文档资源

源代码库

CNKI大成编客-原创作品库

个人比对库

时间范围: 1900-01-01至2021-07-23

检测结果

去除本人文献复制比: 22.9%

跨语言检测结果: 0%

去除引用文献复制比: 22.7%

总文字复制比: 22.9%

单篇最大文字复制比: 16.8% (3804122_樊敏_配电网馈线自动化技术与应用研究)

重复字数: [6887]

总段落数: [3]

总字数: [30091]

疑似段落数: [3]

单篇最大重复字数: [5070]

前部重合字数: [574]

疑似段落最大重合字数: [3146]

后部重合字数: [6313]

疑似段落最小重合字数: [1208]



指 标: ☐ 疑似剽窃观点 ☒ 疑似剽窃文字表述 ☐ 疑似整体剽窃 ☐ 过度引用

表 格: 0

公 式: 没有公式

疑似文字的图片: 0

脚注与尾注: 0

12.4%(1208) 12.4%(1208) 028_第1部分 (总9758字)

27.7%(2533) 27.7%(2533) 028_第2部分 (总9130字)

28.1%(3146) 28.1%(3146) 028_第3部分 (总11203字)



(注释: 无问题部分 文字复制部分 引用部分)

1. 028_第1部分

总字数: 9758

相似文献列表

去除本人文献复制比: 12.4%(1208)

文字复制比: 12.4%(1208)

疑似剽窃观点: (0)

| | | |
|---|--|-----------------------|
| 1 | 3804122_樊敏_配电网馈线自动化技术与应用研究 樊敏 - 《学术论文联合比对库》- 2017-02-16 | 6.4% (620) 是否引证: 否 |
| 2 | 公共卫生事件中微博舆论场的形成及治理研究 徐陆伟(导师: 汪青云) - 《江西师范大学硕士论文》- 2020-06-30 | 2.7% (261) 是否引证: 否 |
| 3 | 新湘艺版高中音乐鉴赏“同课异构”教学研究 刘鑫(导师: 王秀萍;任秋莉) - 《洛阳师范学院硕士论文》- 2021-05-01 | 2.5% (241) 是否引证: 否 |
| 4 | 公管学院-行政管理-YB130010186-张雷堃 行政管理 - 《学术论文联合比对库》- 2018-10-15 | 2.0% (200) 是否引证: 否 |

| | | |
|----|--|-----------------------|
| 5 | 边境地区公共安全治理问题与对策研究——以广西凭祥市友谊镇为例 张雷堃 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-12-13 | 2.0% (200) 是否引证: 否 |
| 6 | 范欢峰-2014G103-管理学院 范欢峰 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-03-12 | 1.8% (179) 是否引证: 否 |
| 7 | 农村与区域发展 范欢峰 2016120111 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-03-12 | 1.8% (179) 是否引证: 否 |
| 8 | 边境地区公共安全治理问题与对策研究 张雷堃(导师: 徐莺) - 《广西大学硕士论文》 - 2018-12-01 | 1.6% (153) 是否引证: 否 |
| 9 | 基于PSCAD的架空馈线自动化系统仿真分析平台研究 姜映辉(导师: 陈平) - 《山东理工大学硕士论文》 - 2014-04-01 | 1.0% (93) 是否引证: 否 |
| 10 | 区域优势农产品品牌建设研究 翟真杰(导师: 尹少华) - 《中南林业科技大学硕士论文》 - 2013-11-01 | 0.9% (89) 是否引证: 否 |
| 11 | 1427072215-马妮娜-管理 马妮娜 - 《学术论文联合比对库》 - 2016-11-07 | 0.9% (89) 是否引证: 否 |
| 12 | 毕业论文461222060 - 《学术论文联合比对库》 - 2014-03-24 | 0.9% (85) 是否引证: 否 |
| 13 | 黄玫蕾+毕业论文新11657870968 - 《学术论文联合比对库》 - 2014-03-13 | 0.9% (85) 是否引证: 否 |
| 14 | Z16066-张咪-硕士-农村与区域发展-闫云仙 张咪 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-10-19 | 0.9% (84) 是否引证: 否 |
| 15 | Z16066-张咪-硕士-农村与区域发展-闫云仙 张咪 - 《学术论文联合比对库》 - 2018-12-06 | 0.9% (84) 是否引证: 否 |
| 16 | 3678392_马妮娜 马妮娜 - 《学术论文联合比对库》 - 2016-11-05 | 0.8% (78) 是否引证: 否 |
| 17 | 207-杨丽琼-2013212073248-配电网自动化技术在武汉城区配电网的应用研究与方案设计 杨丽琼 - 《学术论文联合比对库》 - 2017-10-17 | 0.7% (71) 是否引证: 否 |
| 18 | 北京电网自动电压控制系统(AVC)的应用研究 王珖玮(导师: 赵冬梅;朱勇) - 《华北电力大学(北京) 硕士论文》 - 2011-06-01 | 0.6% (58) 是否引证: 否 |
| 19 | 4262645_王发举_高校隐性思想政治教育存在问题及对策新探 王发举 - 《学术论文联合比对库》 - 2017-05-28 | 0.6% (54) 是否引证: 否 |

原文内容

专业硕士学位论文
配电网馈线自动化技术研究
Research on feeder automation technology of
distribution network
唐国誌
2021 年 3 月
国内图书分类号: TM72 学校代码: 10079
国际图书分类号: 621.3 密级: 公开
专业硕士学位论文配电网馈线自动化技术研究
硕士研究生: 唐国誌
导师: 姜彤教授企业导师: 潘闻高级工程师
申请学位: 工程硕士
专业领域: 电气工程培养方式: 在职
所在学院: 电气与电子工程学院
答辩日期: 2021 年 6 月
授予学位单位: 华北电力大学
Classified Index: TM72
U.D.C: 621.3
Dissertation for the Professional master's Degree
Research on feeder automation technology of
distribution network
Candidate: Tang Guozhi
Supervisor: Prof. Jiang Tong
Academic Degree Applied for: Master of Engineering

Speciality: Electrical Engineering

Cultivation ways: Full-time/On-job

School: S

School of Electrical and Electronic
Engineering

Date of Defence: June, 2021

Degree-Conferring-Institution: North China Electric Power University

华北电力大学硕士学位论文原创性声明

本人郑重声明：此处所提交的硕士学位论文《配电网馈线自动化技术研究

》，是本人在导师指导下，在华北电力大学攻读硕士学位期间独立进行研究工作所取得的成果。据本人所知，论文中除已注明部分外不包含他人已发表或撰写过的研究成果。对本文的研究工作做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式注明。本声明的法律结果将完全由本人承担。

作者签名： 日期： 年月日

华北电力大学硕士学位论文使用授权书

《配电网馈线自动化技术研究》系本人在华北电力大学攻读硕士学位期间在导师指导下完成的硕士学位论文。本论文的研究成果归华北电力大学所有，本论文的研究内容不得以其它单位的名义发表。本人完全了解华北电力大学关于保存、使用学位论文的规定，同意学校保留并向有关部门送交论文的复印件和电子版本，允许论文被查阅和借阅，学校可以为存在馆际合作关系的兄弟高校用户提供文献传递服

务和交换服务。本人授权华北电力大学，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存

论文，可以公布论文的全部或部分内容。

本学位论文属于（请在以上相应方框内打“√”）：

保密□，在年解密后适用本授权书

不保密□

作者签名： 日期： 年月日 导师签名： 日期： 年月日

摘要

馈线自动化主要是属于一种集成系统，用于监控配电网各项设备，进行故障定位及处理等，其中馈线终端设备用于连接相关开关与系统，是基础控制单元。

在馈线自动化的作用下，能够较好提升配电系统供电的可靠性，由于馈线自动化运用了多种先进技术，包括电力工程技术、通信技术、控制技术，所以能够让馈线系统处于一个良好的运行状态。因此，有必要对配电网馈线自动化展开研究。

本文首先阐述了课题的研究背景、研究意义、国内外研究现状等内容；然后介绍了配电网馈线自动化的理论基础，包括馈线自动化结构、系统保护原理、自动化模式等；之后对馈线自动化系统的 IEC61850 标准进行了分析，介绍该标准的相关情况，进行了相应的信息建模；接着对宁波市配电网馈线自动化总体建设进行了分析，介绍了宁波市配电网的相关情况，对总体建设的内容进行了阐述；

最后则进行了具体的建设分析，包括馈线自动化建设、配电设备与终端建设、配电通信网络建设等。

通过建设分析，本文完成了宁波市配电网馈线自动化系统的建设，包括馈线自动化部分、设备与终端部分、通信部分。经过验证，发现所建设的馈线自动化系统能够较好提高供电可靠性，减少综合线损，提高电压合格率，优化一次网架，实现配电自动化，具有一定的应用价值。

关键词：配电网；馈线自动化；IEC61850 标准

II

Abstract

Feeder automation is a kind of integrated system, which is used to monitor the equipment of distribution network, locate and deal with faults. Feeder terminal equipment is used to connect related switches and systems, which is the basic control unit. Under the role of feeder automation, it can better improve the reliability of power supply of distribution system. Because feeder automation uses a variety of advanced technologies, including power engineering technology, communication technology, control technology, etc., it can make the feeder system in a good running state. Therefore, it is necessary to study feeder automation of distribution network.

This paper first describes the research background, research significance, research status at home and abroad; then introduces the theoretical basis of distribution network feeder automation, including feeder automation structure, system protection principle, automation mode, etc.; then analyzes the IEC61850 standard of feeder automation system, introduces the relevant situation of the standard, and carries out the corresponding information construction. Then it analyzes the overall construction of feeder automation of distribution network in a city, introduces the relevant situation of distribution network in a city, and expounds the content of the overall construction; finally, it carries out specific construction analysis, including feeder automation construction, distribution equipment and terminal construction, distribution communication network construction, etc.

Through the construction analysis, this paper completed the construction of a city distribution network feeder automation system, including feeder automation part,

equipment and terminal part, communication part. After verification, it is found that the feeder automation system can improve the reliability of power supply, reduce the comprehensive line loss, improve the voltage qualification rate, optimize the primary network structure and realize the distribution automation, which has certain application value.

Key words: distribution network; feeder automation; IEC61850 standard

III

目录

| | |
|-----------------------------------|----|
| 摘要..... | I |
| Abstract..... | II |
| 第 1 章绪论..... | 1 |
| 1.1 研究背景与意义..... | 1 |
| 1.1.1 研究背景..... | 1 |
| 1.1.2 研究意义..... | 1 |
| 1.2 国内外研究现状..... | 2 |
| 1.2.1 国外发展现状..... | 3 |
| 1.2.2 国内发展现状..... | 4 |
| 1.3 研究内容与方法..... | 5 |
| 1.3.1 研究内容..... | 5 |
| 1.3.2 研究方法..... | 6 |
| 第 2 章配电网馈线自动化理论基础..... | 7 |
| 2.1 配电网馈线自动化简述..... | 7 |
| 2.2 配电网馈线自动化结构..... | 7 |
| 2.3 配电网馈线系统保护原理..... | 8 |
| 2.3.1 基本原理..... | 8 |
| 2.3.2 故障区段信息..... | 9 |
| 2.3.3 系统保护动作速度及其后备保护..... | 9 |
| 2.4 配电网馈线自动化模式..... | 10 |
| 2.4.1 集中智能模式..... | 10 |
| 2.4.2 分布智能模式..... | 12 |
| 2.4.3 就地控制模式..... | 12 |
| 2.5 本章小结..... | 14 |
| 第 3 章馈线自动化系统的 IEC 61850 标准分析..... | 15 |
| 3.1 IEC 61850 标准发展现状..... | 15 |
| 3.1.1 IEC 61850 标准简述..... | 15 |
| 3.1.2 IEC 61850 标准发展情况..... | 17 |
| 3.1.4 IEC61850 在配网自动化中的应用情况..... | 18 |
| 3.2 基于 IEC 61850 的配电终端信息建模..... | 19 |
| 3.2.1 信息模型分析..... | 19 |
| 3.2.2 馈线控制终端功能分析..... | 20 |
| 3.3 本章小结..... | 22 |
| 第 4 章宁波市配电网馈线自动化总体建设..... | 23 |
| 4.1 宁波市配电网发展状况..... | 23 |
| 4.2 配电网馈线自动化建设思路..... | 23 |
| 4.3 配电网馈线自动化建设原则..... | 24 |
| 4.3.1 配电自动化配置原则..... | 24 |
| 4.3.2 继电保护配置原则..... | 24 |
| 4.3.3 配电通信网络建设原则..... | |
| IV | |
| 1、建设原则..... | 28 |
| 2、通信方式分析..... | 28 |
| 4.3.4 二次系统安全防护建设原则..... | 28 |
| 4.4 本章小结..... | 31 |
| 第 5 章宁波市配电网馈线自动化建设成果..... | 32 |
| 5.1 馈线自动化建设案例展示..... | 32 |
| 5.1.1 主线故障分析..... | 32 |
| 5.1.2 用户侧故障分析..... | 33 |
| 5.2 项目建设效果..... | 34 |
| 5.3 本章小结..... | 35 |
| 第 6 章总结与展望..... | 36 |
| 参考文献..... | 37 |

第 1 章 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景目前我国配电网馈线系统中常用的馈线自动化技术主要是指从变电站到电气设备的线路，可以实现自动化管理、运行监控、数据自动计算和自寻优。当整个馈线发生暂时性故障时，该技术可以自动诊断、隔离和恢复供电。目前，馈线自动化技术主要应用于 10kV 中压配电网。可以说，完成馈线自动化是实现配网自动化的必要条件。

事实上，我们所提出的馈线自动化技术主要是帮助减少配电网馈线发生故障时的停电时间。在这一时期，馈线自动化的技术解决方案还仅仅停留在一般的放射状配电网网络结构中，其应用场景大多是无通信通道。经过探索和发展，该技术逐渐成熟，并已应用于更复杂的配电网网络结构中，并已转向在具有通信信道的配电网中实现更高效的故障处理。我国在馈线自动化技术的研究道路上也经历了长期的探索和发展。上世纪 90 年代，我国开始借鉴日本采用的基于重合闸分段的自动化技术，随着配电网的建设与改造，这项技术得到了进一步的推广和完善。

从我国近几年配电网改造工程来看，为了完善配电网自动化的实施方案，在很多地区重新布局布线方式，投入了大量的人力、物力和财力。迄今为止，我国配电自动化技术的发展取得了长足的进步，不仅实现了电网调度自动化和用户侧负荷管理自动化。目前，我国配电网自动化工程建设重点是实现馈线自动化技术。

1.1.2 研究意义与其他配电网自动化技术方案相比，馈线自动化是保证其稳定供电的最基本的技术保障。因此，在大多数情况下，我国电力企业在实施各种配电自动化项目时，都会把馈线自动化作为项目实施初期的改造重点。从其现实意义上，本文认为可以分为以下几点：

(1) 提高供电可靠性

① 降低停电事故的发生率是安全供电的有力保障。为了实现这一目标，有必要对配电网馈线系统中的所有设备和线路进行实时监控。对发现异常运行状态的设备和线路形成数据报告，可供电力运行单位及时组织隐患排查和消缺工作。 2

② 减少故障排查和处理时间。大多数时候，由于外界环境因素的干扰，如人为因素、环境因素、线路复杂等因素的干扰，从故障发生到恢复供电的这段时间，往往占据了绝大部分时间。实现馈线自动化后，配电网发生突发故障时，故障恢复时间将从几小时缩短到几分钟甚至短毫秒，从而提高了整个配电网的供电稳定性。

(2) 改善电能质量在配电网建设方案中，如何保证电能质量是我国电网领域的一个重要技术问题。馈线自动化的出现提供了一个很好的解决方案。它可以实时监测和调整配电线路的运行状态，通过电压、谐波的数据变化，帮助维护人员分析影响电能质量的问题，然后根据实际问题调整变压器和无功补偿电容器组等设备，帮助改善电能质量。

在馈线自动化技术方案的实施过程中，需要利用环网柜、控制终端和每条线路的断路器来实现自动化改造。同时，馈线终端设备还需要根据监控设备选择设计方案和设备型号。实现馈线远程监控的方案，有助于实现馈线网络的远程监控和远程保护等功能。

IEC61850 协议主要用于构建互操作模式。该协议实现了应用和通信的相对独立性，并采用分布式体系结构保证了系统中各种数据类型的面向对象和统一建模。因此，本文提出的协议为配网系统的部署和实现提供了一个更好的平台和可行性。本文介绍了该协议的优点：

① 系统实现了信息的无缝共享。IEC61850 协议为数据建模提供了统一的描述标准。在数据源中声明和定义不同的数据，而没有以前的协议。

② 良好的互操作性。该协议优化了配电自动化终端与控制中心的连接，实现了即插即用，提高了平台的可操作性。

③ 该协议使配网自动化方案的实施减少了大量的实际工作量，使系统的执行和运行更加智能化和直观化。

④ 协议隔离了通信过程，保证了通信过程的长期稳定运行。

1.2 国内外研究现状配电网馈线自动化技术的发展始于上世纪七八十年代，当时许多欧美国家都提出了如何解决长时间停电和供电不稳定等问题的技术方案。馈线自动化技术正逐步向信息通信全覆盖、可快速排除故障恢复供电所、更适应复杂电网结构的方向发展。

配电网自动化技术的应用为电力部门在设备和线路运行维护过程中节省了更多的人力物力成本，也大大提高了供电系统的供电可靠性。早期，该技术仅用于双电源和单相电源回路。后期，馈线电力保护装置的研发逐步趋于完善，馈线 3

自动化技术开始在多电源回路、多备用电源的场景下正式应用。通过快速通信，

为配电网自动化系统提供分布式保护，快速研判、隔离和修复馈线故障，恢复正常供电。

1.2.1 国外发展现状国外配电网自动化技术从概念的提出到后期的发展时期可以分为三个阶段。

第一阶段为初期发展阶段，Andrianesis等（2019）指出，日本针对供电线路中的隔离永久性故障和暂态性故障提出了一种技术解决方案，即采用带有重合闸功能的断路器，设计自动控制开关装置，实现配电网自动化。经过十年的技术改进，

配电自动化正式进入中期发展阶段。在上述技术方案中，加强了配电网系统的遥控功能，并利用遥控装置实现了远动和遥测功能。20世纪70年代，日本的供电通信技术有了新的突破，越来越多的地区开始在现有的配电自动化方案中加入现代信息通信功能的远程控制模块，为配电网馈线系统的管理和调整提供了技术支持。

Haoran（2019）指出，配电网馈线自动化技术的发展始于上世纪七八十年代，

当时许多欧美国家都提出了如何解决长时间停电和供电不稳定等问题的技术方案。馈线自动化技术正逐步向信息通信全覆盖、可快速排除故障恢复供电所、更

适应复杂电网结构的方向发展。

Mohammadi等（2018）指出，配电网自动化技术的应用为电力部门在设备和线路运行维护过程中节省了更多的人力物力成本，也大大提高了供电系统的供电可靠性。早期，该技术仅用于双电源和单相电源回路。后期，馈线电力保护装置的研发逐步趋于完善，馈线自动化技术开始在多电源回路、多备用电源的场景下正式应用。通过快速通信，为配电网自动化系统提供分布式保护，快速研判、隔

离和修复馈线故障，恢复正常供电。

Parlier等(2019)指出,comet项目于1994年由英联邦爱迪生电力公司实施。

该系统的主要技术核心是SCADA系统。该系统的主要实现对象是34kV馈线。在实现自动化之前,传输系统的传输对象是位于芝加哥的本地工业用户。它是由

34kV/12kV和34kV/4kV变电站组成的分输系统。

Jain等(2020)指出,COMED系统对馈线分段开关采用分布式软件设计架构,

保证供电设备发生短路故障后可以自动重组并闭合开关。这里的自动分段开关直接选择“S&Cscada-Mate”模型,而控制电路系统设备则选择能源线系统引入的控制产品。在开关装置中,将所有电路软件集成到结构中,其中包括电压传感器、电流传感器。整个模块的设计结构可以保证开关对状态的自动控制。此外,

由于自动复合模块中的监测技术选择了三相电压和三相电流,即使在配备了多组自动分段开关后,也使COMED系统能够应用于具有接触点的双辐射线。4

Hasan等(2019)指出,当自动分段开关装置因馈线故障而出现异常时,将首先判断线路内电流,电压是否达到整定值,然后实现自动分离。开关组所有开关将响应线路故障进入状态过渡准备阶段。然后重合闸功能将根据分段开关的状态将电源恢复到最近的区域,快速有效的恢复供电。Davarzani等(2019)指出,

当通信系统发出通知时,每组交换机将根据指令状态自动执行相应的操作,以保证故障点的快速研判和隔离。然后对其他区域进行再次扩展,确保无故障点后自动重合闸恢复供电。Mohanty等(2018)指出,“异常即保”的自动化及之使得整个系统出现故障要改变开关状态时,不需要借助与建立通信以后实现状态的判定与改变。Mortazavi等(2019)指出,配电网自动化系统进入高峰负荷期后,

如果馈线实现自动重构,将导致线路负荷过载。因此,系统中专门设置了控制算法,以防止过载和功率转移。Alnajjab等(2020)指出,自上世纪80年代末以来,

韩国开始推广配电网馈线自动化技术,并逐步发展成为目前的模式,几乎实现了全国所有城区馈线自动化的全覆盖。

1.2.2 国内发展现状近十年来,我国许多城乡都开始了配电自动化试点建设。虽然在规模和功能上有所不同,但从目前的成效来看,还是比较成功的。但试点地区的配网自动化实施方案大多采用开环运行方式,徐伟斌(2019)指出,这种模式使得供电系统从发生故障到隔离故障恢复供电的时间往往是半分钟以上甚至几分钟。因此,对于供电可靠性要求较高的地区,配电网自动化的技术方案仍需改进和优化。在这种背景下,促进了配电网馈线自动化改造建设进程,增加了许多高成本的技术,

如自备发电、多回路供电等。因此,如何将闭环运行方式应用于配电网馈线自动化,是本系统的主要问题。

陈新平(2019)指出,传统的馈线故障检修方法主要是由供电运维人员进行现场巡视和故障排除,并手动操作改变开关设备的运行状态,实现供电恢复。

陈朝新(2019)指出,如果馈线中某段线路发生故障,将导致线路上级断路器切断故障线路。同时,FTU智能控制装置将检测出故障线路中的电压和电流。

如果FTU检测到某开关附近线路无电流信号,系统自动判断故障区域,然后启动自动隔离,维持非故障区域的供电。从以上原理可以看出,配电网馈线自动化系统必须依靠FTU和通信系统对其线路进行监控。

翁兴航等(2019)指出,20世纪90年代末,日本基于重合闸分段器的馈线自动化技术被国内电力公司大规模引进和应用,并在城乡电网改造中得到应用。

总之,馈线自动化技术在我国的应用才刚刚起步,经验数据较少。馈线自动化的实现方式相对简单,适合城市配电网建设和改造的特点。袁晓楠(2019)指出,在发达国家,城市建设相对稳定,往往一条路、一栋楼几十年甚至几百年都

不会改变,城市电网的电网结构相对稳定。然而,在中国,城市建设日新月异。

为了更好地适应我国城市电网的发展和建设,有必要开发一套更好的馈线自动化系统,以满足电网改造的需要。

当前,我国经济正处于快速发展的形势下,在加大配电网铺设规模的同时,

必须保证供电质量,减少停电时间。与国外成熟的配电网自动化技术相比,我国供电系统在实际建设中对配电技术的选择有着固定的设计模式,其中配电网负责发电站与用户侧的互联控制。因此,为了满足城乡电网改造的迫切需要,实现城市配电网自动化建设,对配电网自动化进行合理的规划设计,确保配电网系统在运行过程中的稳定性和安全性,是电网正常运行的重要前提。

综上所述,学者们对配电网馈线自动化进行了一系列研究,指出拥有高质量的馈线自动化方案和成熟的技术是非常重要的。既能提高电力部门的工作效率和运行质量,具有缩短停电时间、减少停电面积、减少线损等诸多优点;又能为电力部门的营造良好的营商环境,为用户带来更优质分供电服务。因此,本文展开对新型高质量的馈线自动化系统进行研究,对城市电网的发展和建设具有重要意义。

1.3 研究内容与方法

1.3.1 研究内容本文的研究内容如下:

第1章阐述本文的研究背景、研究意义、国内外现状等内容,进一步明确本文的研究方向。

第2章详细介绍配电网馈线系统保护原理及配电网的馈线自动化模式:集中智能模式和分布智能模式。阐述两种模式的基本实现方法,对两种模式优缺点进行比较。

第3章详细介绍 IEC 61850 通信体系的内涵及其在馈线自动化系统中的应用,面向对象的建模思想。分析 FTU 的功能,利用 IEC 61850 的建模方法提出馈线终端 FTU 建立信息模型。

第4章主要对宁波市海曙区供电公司配电网馈线自动化的建设进行分析,介

绍了海曙区供电公司自动规划的相关情况,指出了总体建设的思路,阐述了相应的建设原则,并对自动化建设过程中的重要环节继电保护配置做出了分析。

第5章主要对宁波市海曙区供电公司配电网馈线自动化的建设的案例进行展示,通过效果分析验证自动化建设的成效。

第6章则对全文进行了总结,提出展望。6

1.3.2 研究方法

(1) 文献法从各学术网站中搜集与课题密切相关的文献资料，筛选出有用的信息，并进行归纳总结，以便为本文的研究提供依据。

(2) 理论与实践结合法本文主要以配电网馈线自动化技术的相关理论为基础，结合实际的区域配网自动化系统的设计与建设等来进行分析。 7

第 2 章配电网馈线自动化理论基础

2.1 配电网馈线自动化简述馈线自动化 (FA) 是配电网自动化 (DA) 中最重要的功能和组成单元。它是指在变电站和电力设施 (用户) 的馈线上实施的智能控制技术。馈线自动化包括

两个功能:

一是在正常运行的情况下, 实时监测线路的U/I剖面和控制开关、分段开关以及联络开关等控制设备的运行状态, 可对馈线开关进行一系列操控, 以实现配电网合理、安全、有效的运行方式。

二是在故障状态下, 能够快速获取线路上传送的异常数据, 对线路发生故障的区域进行研判和隔离, 对非故障区域快速恢复供电, 从而达到减少停电时长、

缩小影响范围的目的。

2.2 配电网馈线自动化结构典型的配电自动化系统在结构上划分为三个层次, 如下图所示, 由上而下分别是主站层、子站层以及终端层。

图 2.1 系统结构图

(1) 主站级: 该层位于系统结构的顶层, 是配电自动化系统的核心部分, 起到统筹全局的作用。它通过远程控制实时监控整个配电网的运行状态, 通过故障数据分析建立模拟操作步骤并下达操作指令远程处理故障, 保障整个配电网处于最优的运行状态。

(2) 子站级 (变电站级): 是配电网系统的控制子中心, 一般都设置在变电站内, 是主站和终端的枢纽中心, 即可以收集、汇总和向主站报告区域内各终端的信息, 也可以将主站的指令发送给各终端单元。此外, 分站可与主站分离,

自行控制, 在其职责范围内对终端层设备进行独立管理, 提高了故障研判的速度和精度。 8

(3) 终端层: 是配电网系统的设备单元层, 即配电线路、开关站、变压器等电气设备。通常在设备上安装配电终端, 具备可直接对电气设备进行数据采集、

监控、远程操作等高智能化功能。此外, 配网自动化还要求馈线终端必需具备遥测、遥信、遥控和自动重合闸等功能。

配电终端种类有DTU、FTU、TTU等, 其功能没有本质上的区别, 只不过根据安装位置和数量的不同而叫法不同。通常配电终端安装在开关站环网柜内、线路上的柱上断路器上、变压器的计量设备上。受外界环境和自然气候影响, 我们对配电终端的设计制造提出了防雷击、放震动、防凝露, 以及在极端温度下的精密

度要求。

一般来说, 馈线自动化系统是由数据采集与监控系统 (SACDA) /配电管理系统 (DMA) 主站、馈线自动化 (FA) 主站、通信系统、FTU和一次侧设备五个设备模块组成的综合功能整体。

2.3 配电网馈线系统保护原理

2.3.1 基本原理以下条件是馈线系统保护的前提:

- (1) 快速通讯;
- (2) 以断路器为控制对象;
- (3) 终端不是传统的RTU, 而是一种保护装置。

在高压线路保护中, 主保护主要是通过快速通信实现的, 如高频保护、电流纵差保护等。馈线系统的区域保护只能通过冗余两台设备之间的通信来实现。其实施的基本原则如下:

典型的配电系统如图2.2所示。系统中显示的A、B、C、E、F、G点为分段开关, D点为联络开关, 实际上是断路器。A和D之间的上级电源点是变电站M, G和D

之间的上级电源点是变电站N。它由1和4到馈线URC侧的保护单元组成。 9

图 2.2 一种典型配电系统当BC段线路发生故障F1时, 故障电流会流过开关A和B, 而不会流过开关C,

但会产生低压。在这种情况下, 系统的保护单元将执行以下步骤:

① 启用保护功能, 分别启动UR1、UR2、UR3;

② 通过采集到的故障电流值、传导时间, 通过传导速度换算出故障位置所在范围即B-C段;

③ 将故障信息传送到B、C两端;

④ UR2、UR3接令后自动跳闸, 切除故障;

⑤ 如果发生UR2重合闸成功, 说明故障已隔离, 则命令UR3执行重合闸指令;

⑥ 如果UR2重合不成功, 说明故障点无法自动隔离, 开关保持分闸状态;

⑦ 此时UR3检测到电压未恢复, 立即将信息传导给UR4执行合闸命令, 将C-D

段负荷切换至对侧联络线路。另一种情况下, 在UR2再次跳闸时越过UR3直接将命令传导给UR4, UR4执行合闸命令将C-D段负荷切换至对侧联络线路;

⑧ 当UR4接收到UR2或UR3的合闸指令时, 将自动计算C-G段的电流值, 如电流值小于变电站N侧设定的限额则执行合闸命令, 恢复C-D段供电; 如电流值大于变电站N侧设定的限额则拒绝执行合闸命令, B-D段为失电状态;

⑨ 完成故障点隔离任务, 安全区域自动恢复供电。

2.3.2 故障区段信息在故障部分, 主要信息定义如下:

逻辑1: 表示由保护单元测量故障功率 (电流) (两者均可配置), 故障功率 (电流) 方向与供电方向一致 (有方向锁定)。

| | | |
|----------|--|--|
| 疑似剽窃文字表述 | | |
| 1. | 研究。 本文首先阐述了课题的研究背景、研究意义、国内外研究现状等内容；然后介绍了 | |
| 2. | This paper first describes the research background, research significance, | |
| 3. | research status at home and abroad; then introduces the | |
| 4. | terminal construction, | |
| 5. | distribution communication network construction, | |
| 6. | loss, improve the voltage qualification rate, optimize the | |
| 7. | 绪论 1.1 研究背景与意义 1.1.1 研究背景目前我国配电网馈线系统中常用的馈线自动化技术主要是指从变电站到电气设备的线路， 我国配电自动化技术的发展取得了长足的进步，不仅实现了电网调度自动化和用户侧负荷管理自动化。目前，我国配电网自动化工程建设重点是 发展和建设具有重要意义。 1.3 研究内容与方法 1.3.1 研究内容本文的研究内容如下： 第1章阐述本文的研究背景、研究意义、国内外现状等内容，进一步明确本文的研究方向。 第2章详细介绍配电网馈线系统保护原理及配电网的馈线自动化模式：集中智能模式和分布智能模式。阐述两种模式的基本实现方法，对两种模式优缺点进行比较。 第 3 章详细介绍 IEC 61850 通信体系的内涵及其在馈线自动化系统中的应用，面向对象的建模思想。分析 FTU 的功能，利用 IEC 61850 的建模方法提出馈线终端 FTU 建立信息模型。 第 4 章主要 | |
| 8. | ④ UR2、UR3接令后自动跳闸，切除故障； ⑤ 如果发生UR2重合闸成功，说明故障已隔离，则命令UR3执行重合闸指令； ⑥ 如果UR2重合不成功，说明故障 | |

| | | |
|--|---|------------------------|
| 2. 028_第2部分 | | 总字数：9130 |
| 相似文献列表 | | |
| 去除本人文献复制比：27.7%(2533) 文字复制比：27.7%(2533) 疑似剽窃观点：(0) | | |
| 1 | 3804122_樊敏_配电网馈线自动化技术与应用研究 樊敏 - 《学术论文联合比对库》- 2017-02-16 | 23.0% (2100) 是否引证：否 |
| 2 | 2102215063赵翠然 - 《学术论文联合比对库》- 2012-12-24 | 8.5% (779) 是否引证：否 |
| 3 | 基于IEC61850的配电终端建模及自描述研究 赵翠然(导师：张铁峰) - 《华北电力大学硕士论文》- 2012-12-01 | 8.2% (745) 是否引证：否 |
| 4 | 基于IEC 61850的配电终端模拟器开发 辛红汪(导师：丁巧林) - 《华北电力大学硕士论文》- 2013-12-01 | 4.7% (428) 是否引证：否 |
| 5 | 110kV变电站二次系统设计研究 杨杨(导师：王雁凌;王慧絮) - 《华北电力大学(北京)硕士论文》- 2016-03-01 | 0.5% (43) 是否引证：否 |
| 6 | 016 - 《学术论文联合比对库》- 2015-12-07 | 0.5% (43) 是否引证：否 |
| 7 | 110kV变电站二次系统设计研究 - 道客巴巴 - 《互联网文档资源 (http://www.doc88.com) 》- 2019 | 0.4% (38) 是否引证：否 |
| 8 | 基于无线网络的馈线自动化系统的研究 陈冠升(导师：胥布工) - 《华南理工大学硕士论文》- 2011-05-01 | 0.4% (33) 是否引证：否 |
| 原文内容 | | |

逻辑2：表示故障功率（电流）未被保护单元测量，或故障功率（电流）方向与电源方向不一致或相反。当故障发生时，故障保护单元将信息传递给相邻的保护单元。

为了确保故障区域信息研判的准确性，一般在逻辑1阶段都会通过增加低压和功率方向闭锁来判断。

2.3.3 系统保护动作速度及其后备保护与其他相应的后备保护配合，可以更好地保证馈线保护系统的可靠性。首先，由于没有考虑馈线系统保护和后备保护电流整定值的差异，系统保护动作只存在于两台侧装置中，没有同时启动或通信丢失信息。因此，需设置后备保护功能，

可采用以下两种方案：

(1) 馈线首端开关UR1设置限时速断电流保护动作时限。因为变电站出线间隔过流Ⅱ段保护时限宜设为0.3秒及以上，所以限时速断电流保护动作时限宜设 10

为0.1秒，以实现与变电站出线及用户配变熔断器的级差配合。在此期间，馈线自动化系统在20毫秒内研判出故障区域并传输信息指令，在0.1秒内完成故障隔离。因光纤通信的最大特点之一就是速度快，为了重传多帧信息，故障点两端终端的信息传输需要在30毫秒内完成。断路器的动作时间一般应保持在30~80毫秒之间，在这些理想的应用中，保护系统可以快速实现。

(2) 在快速通信过程中，所有开关的保护动作设置为各信息端传输保留短时的停滞状态。当时间超出定值保护时间，仍未接收到信息时，则向上一级终端传达该区域传输信息字段为空，此时上一级终端接收并启动跳闸指令完成自动隔离。这个方案可在短时间内隔离故障点，较比整条馈线跳闸更为实用。

2.4 配电网馈线自动化模式馈线自动化的内容包括：故障定位、隔离和转移供电，无功补偿和电压调节、网络结构优化以及终端设备侧数据的远程采集。其中，故障定位、隔离和切换电源是提高供电可靠性最直接的环节。对于单电源放射状配电线路，如果断路器、隔离开关、负荷开关、熔断器、配电变压器或线路任何部分发生故障，线路上所有（部分）用户将被切断。如果对线路进行分段，无疑会增加线路上的设备数量，从而增加故障率。但是，它也可以通过减少停电范围来提高供电可靠性。因此，在线路分段时，应将划分的区段数和所选设备作为一个整体来考虑。

对于多电源系统或双电源系统，只要一个电源失电，就可以用另一个电源恢复供电。环网配电系统的主要功能是简化继电保护或限制短路电流。正常情况下，

负载仅由单个电源供电。当提供负载的电源发生故障时，负载将由另一个电源提供。

辐射状线路只使用一个电源，往往不具备环网供电的稳定性和可靠性。因此，

环网供电方式在配电网中得到了广泛的应用，也可以采用多电源供电方式进行供电。馈线自动化必须在此基础上实现。

实现多电源供电或环网供电的方式多种多样，但由于故障处理形式的不同，

将配电网馈线自动化模式分为分布式智能模式和集中智能模式。在选择故障处理方式时，应参考和分析系统的实际问题 and 情况，在满足要求时选择故障处理模式。

下面将介绍这两种模式的实现方法。

2.4.1 集中智能模式集中智能模式又称为远程控制模式。当配电网发生故障时，通信系统将相关故障信息、FTU或交换机状态等重要信息发送给配电主站系统。在使用逻辑算法的过程中，系统首先会参考配电网的拓扑结构，然后确定故障区段。通信系统分 11

析故障后，在人工或自动干扰操作指令后，将故障信息发送至配电主站系统，执行相应设备的切换。

该系统的主要特点是综合考虑馈线的整体状态，对开关的切换操作步骤、线路负载情况、馈线裕度等提出最佳方案后，下达指令进行馈线恢复操作。

以图2.3所示情况为例，下游区有多个恢复方案。

图 2.3 下游区恢复方案

当馈线A的Z2段发生故障后，S11和、S12开关为分闸隔离状态，此时下游区Z3、Z4、Z5段的供电恢复方案组合如下：

①当馈线B的负荷裕度超过一定范围时，联络开关ST1闭合，将馈线A的后部Z4、Z5段的负荷转移到馈线B；

②当馈线C的负荷裕度超过一定范围时，联络开关ST1闭合，将馈线A的后部Z4、Z5段的负荷转移到馈线C；

③当馈线C和馈线B的负荷裕度不能满足馈线A的后部Z3、Z4、Z5段的全部负荷接入时，而馈线B的负荷裕度可以满足Z3、Z4段的负荷接入，且C馈线负荷裕度可以满足Z5段的负荷接入，此时可以先分开S14开关，然后合上ST1、ST2开关下游区全部恢复供电。

当馈线出现负荷裕度不足，通常所说的不满足N-1情况，需对该网架内的线路及设备进行合理改造，提升馈线的负荷裕度，以备紧急情况。当然，如果配电网线路复杂或电网规模较大，恢复方案的组合将呈现几何倍数增长状态。这样，

可以约束电压和潮流，解决网络拓扑的约束，使恢复方案满足要求；在许多条件的限制下，一个可行的恢复方案代表了最优方案。

分布式模式存在一定的弊端，会对电网冲击产生冷负荷现象，为了规避可采用集中模式，用于多联络馈线的复杂结构网架中。随着光纤通信成本的不断降低和新型自动化设备技术的不断涌现，馈线自动化故障处理的主要解决方案也将趋向于集中式控制方案。

自动化配电网在发生故障后应选择合适的处理模式，这将直接影响供电质量与可靠性。当通信条件或主网结构较复杂时，宜采用集中控制方式；当主网结构 12

简单、网段少、无通信时，可选择分布式方式应用。同时，根据一次网的实际结构和供电方式，故障处理方式可分为集中控制模式和分散控制辅助模式。

现场FTU不具备自动判断故障和重构网络的能力，只具备将故障信息传输至主站系统，再通过主站软件判断故障点，进而起到遥控作用，最终达到供电效果传输和故障隔离的智能模式。

在这种模式下，由于故障诊断由主站完成，因此要求通信系统和主站系统的可靠性和速度。当主站系统管辖的系统中设备较多时，会影响故障隔离的速度。

解决方案是在小区域内设置变电站，由变电站完成该区域内的故障诊断隔离、送电等功能。主站与变电站相连，而不是直接与现场FTU相连。变电所可设在变电所或供电变电所。

因集中智能模式可用于架空系统和电缆系统，有一定的通用性。集中式智能故障处理系统以配电网整体拓扑信息为依据，建立模型做出合理性负荷转接方案，以适应不同配电设备和配电网结构的变化，处理多电源网络故障。在配电网的高级应用中，同样可以采用集中智能模式进行拓扑分析，对模糊信息或缺失字段信息进行估算优化控制方案。所以，馈线自动化的一个重要选择趋势就是集中智能模式的选择。同时，系统还可以安装电能质量监测和补偿装置，全面提高电能质量控制水平。

2.4.2 分布智能模式该模式FTU的功能是自动隔离故障和网络重构。在自动隔离和送电过程中，

只需FTU操作开关，不需要通信，涉及主站系统。该模式为分布式智能模式。

在这种模式下，故障由FTU进行判断和隔离，因此通信系统和主站系统的作用较小。这两种系统对可靠性和速度的要求都不高，可以用于多种通信方式。这样，主站只用于监控和管理。

实现分布式智能模式的设备包括重合闸、带智能FTU的断路器、分段器（电流脉冲计数型和电压时间型）、智能负荷开关。配备智能FTU的电力负荷开关，

可实现电流脉冲计数式分段器和电压时间型分段器的全部功能。

由于断路器与重合闸的第二个断路器之间应装设速断保护装置，故应考虑在二次断路器中安装重合闸保护装置，断路器的0秒速断应改为延时速断，或增大启动电流值。特别是当线路上安装有多个重合闸时，保护配合更加困难。

2.4.3 就地控制模式目前，本地控制FA模式包括以下两类：

（1）重合闸之间的相互协调。重合闸是一种具有保护功能（不需要安装继电保护和操作设施）、控制（检测故障电流、按顺序操作和执行）并能断开短路 13

电流的开关装置。它能根据预期的分、合闸动作次数自动实现分、合闸操作，并记忆分、合闸次数，自动闭锁或复位。重合闸是安装在馈线上的一种关键开关装置，作为区间开关使用，是重合闸之间的配合方式。当发生馈线故障、停电时，

相应馈线区段的各重合闸按预先设定的保护动作时限和顺序依次分闸、合闸，最终达到在非故障区域定位、封锁故障部位、修复送电的目的。

（2）重合闸和分段器的配合。这样，在变电站出线处安装重合闸，在馈线上安装分段器。若因故障造成停电，重合闸和分段器应相互配合，就地处理。分段器本质上也是一种开关器件，但不能切断短路故障电流。根据故障诊断方法的不同，有两种类型的时间（U-T）分段器和电流计数器（I-C）分段器。前者基于无电压时间，后者基于通过电流的次数，配合电源侧前级开关自行完成分闸动作

（在无电流或无电压状态下）。

当重合闸与电压时间（U-T）型分段器配合时，如果馈线故障停电，重合闸断开，线路失压，分段器跳闸。经过一定的时间间隔后，重合闸闭合，分段器按预定的时限和顺序逐渐闭合。如果轮到故障点，重合闸将再次闭合，电压损失后，

最靠近故障位置的分段器将再次闭锁，达到断开故障点的目的。电流计数器（I-C）

型分段器可记忆流过电流的次数。在重合闸和电流计数（I-C）型分段器的配合方式下，需要预先对馈线上的每个分段器设定不同的值。当记录的过流次数达到预定值时，分段器自动断开闭锁，实现隔离功能。

本地模式的优点是不存在取电问题，无主站控制，结构简单，建设和实施成本低，故障处理不依赖通信系统。第一个缺点是必须多次重合闸，这将对系统和设备造成明显的影响。因此，开关设备必须满足严格的性能和质量标准；第二，

只有当故障发生时才启用，监控功能在正常运行中不起作用，所以没有办法优化运行方式；第三，重合闸与重合闸之间存在一定的延时，重合闸与分段器的配合也存在一定的滞后性。馈线上重合闸和分段器越多，延时越长，速度越慢，不利于故障的快速排除。因此，它一般适用于偏远地区小负荷和农村电网。 14

2.5 本章小结本章对配电网馈线自动化的理论基础进行了分析，阐述了配电网馈线自动化的基本情况、结构，分析了配电网馈线自动化的保护原理以及故障模拟案例分析，

并对其自动化模式进行了探讨。 15

第 3 章馈线自动化系统的 IEC 61850 标准分析

IEC61850 是变电站通信网络和系统的国际标准，它是世界上唯一基于网络通信平台的变电站网络通信标准，是建立中国电力行业相关标准的基础，它为实现不同智能设备之间的互操作提供了基础。其优点是支持设备的自描述和面向对象建模，广泛应用在变电站自动化建设中。国家电网公司在“2009 特高压输电技术国际会议”上提出建设“坚强智能电网”的发展规划，受其影响，基于国际标准的配电自动化建设逐步走上正轨，随着 IEC61850 标准的思想、技术和方法推广到 IEC61850，采用建模的思想，配电自动化的建设仍能应用于配电系统作为参考，对配电终端进行了建模。这样可以实现配电网的互操作性，减少配电网维护和人员的工作量。

3.1 IEC 61850 标准发展现状

3.1.1 IEC 61850 标准简述为了使变电站自动化系统中的不同设备相互操作，国际电工委员会（TC57）

采用最新的高性能通信网络，以适应日益增长的技术要求，使变电站通信网络和系统的标准体系适用于 IEC61850 标准。本标准的制定是世界上唯一具有网络通信平台的变电站网络化通信标准。相当于中国电力行业标准（DL/T860 系列标准）。本标准的主要目的是统一变电站自动化通信系统，实现不同厂家 IED 之间的互操作性，实现通信的无缝互联。

1993 年 3 月，IEC61850 标准草案提出并于 2003 年发布。ABB、Alstom、KEMA、

Siemens 等知名电器制造商都投入了大量的经验来研究 IEC61850，研发相关产品。在过去十年的探索 and 实践中，IEC61850 04 版还存在许多不足，如没有定义逻辑点，目前还满足不了电力系统自动化建设的诸多要求。变电站、电站和控制中心之间的通信没有具体规范，滋生了一系列的科研难题，例如分布式能源接入、

自动化系统的应用与扩展、一致性测试标准等问题，国际电工委员会投入了大量的资源和人力，致力于 IEC61850 标准的研究和开发。

国际电工委员会在 WG10、WG11、WG12 等工作组的基础上，成立了能源管理系统接口工作组称为 WG13。负责通信和数据安全称为 WG14。负责电力市场通信的工作组称为 WG15，负责电力市场通信的工作组称为 WG16，负责分布式能源

（DER）通信的工作组称为 WG17，负责水电站通信监测工作组称为 WG18，负责 TC57 长期协调工作组称为 WG19，负责高压和超高压系统电力线载波系统规划工 16

作组称为 WG20，负责网络系统接口工作组称为 WG21。在国际电工委员会（IEC）

多方努力和实施多次举措的情况下，IEC61850 已成为整个电力系统中通信系统

的标准。近年来，国际电工委员会不断完善通信系统模型，扩展应用领域，修订 IEC61850 应用标准。如表 3.1 所示，为 IEC61850 系列新增标准：

表 3.1 IEC 61850 新增加的标准系列

2009 年 11 月初，“IEC61850-7-410”和“IEC/TR61850-7-510”于 2009 年

11 月初发布。2011 年底发布了分布式能源 “IEC61850-7-420、IEC 61850-90-X

系列”。此外，“IEC 91850-90-8 是与电气化运输相关的对象模型”和“IEC91850-90-7”是与储能、光伏或光伏相关的标准。2012 年，IEC91850-90-6“IEC61850 应用于自动化系统”草案发布。

IEC61850 的 2.0 版从 2008 年开始陆续发布，其英文全称为“电力自动化通信网络和系统”。在 IEC61850 规定的标准中，其他项目的研究进展是 IEC61850-7-1 到 IEC61850-7-4，IEC61850-5 和 IEC61850-3 已经发布了 IEC61850-6、IEC61850-9-1、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2、IEC61850-10；

IEC61850-1 的 TR 版本已经完成；技术报告草案（DTR）版本为 IEC61850-8-1，IEC 61850-2 将于 2013 年发布。版本 2.0 的主要工作内容是调整本地化。第一

版在实际应用和领域拓展方面存在不足。但是，基本框架不变。具体调整主要体现在对 IEC61850-6 模型、IEC61850-10 一致性测试、IEC61850-7 对象模型、

IEC61850-9 过程总线等的修改。另外，以 IEC61850 和 IEC61857 为研究中心，逐步建设电力系统和无缝通信系统，不断解决相关标准的配套问题。预计未来随着智能电网通信系统的恢复，IEC61850 标准的完善将起到促进作用。此外，分布式发电标准将在变电站和水电行业得到广泛应用，并将在电力行业得到广泛应用。与其他通信协议系统相比，IEC61850 具有以下优点：

- (1) 用相关对象建模；
- (2) 采用分级制；
- (3) 利用 SCSM 技术和 ACSI 映射通信业务；
- (4) 采用 MMS 技术；
- (5) 引入变电站配置描述语言（SCL）标准，使 IED 产品实现自描述；
- (6) 具有较强的互操作性；
- (7) 有满足未来需求的架构。

以上优点是 IEC61850 具有解决变电站自动化技术发展中存在的问题的能力和效果。

3.1.2 IEC 61850 标准发展情况 IEC61850 标准采用了先进的通信和计算机技术。因此，基于本标准的产品还具有组网能力强、工程造价低等优点。在这些优势的支撑下，IEC61850 展现出了自身的优越性和市场空间，因此国内外电气设备制造商和用户不断对其进行研究和开发，收获颇丰。在制定 IEC61850 标准的过程中，国际知名的电气设备制造商如西门子、ABB、KEMA 等多次对 IEC61850 标准进行了测试。主要目的是检验本标准的不足之处，并对其进行改进和修改。以下是测试过程中的相关项目：

- (1) 西门子、ABB、阿尔斯通等公司 2000 年在德国进行了间隔层与控制层互操作性实验；
- (2) 西门子和 ABB 公司 2001 年在加拿大进行了设备间互操作性实验，以达到验证不同厂家设备互操作性的目的；
- (3) 西门子和 ABB 公司 2002 年在美国进行了“采样值”之间的互操作性测试；
- (4) 西门子、ABB、阿尔斯通等公司 2002 年至 2004 年在德国进行了“海湾设备”的互操作性测试；
- (5) 2003 年，对“内部控制站”进行了测试；
- (6) 为了配合 IEC61850 的工作，IEC61850 国际互操作性会议于 2011 年 3

月 28 日至 4 月 2 日在法国巴黎举行。发起互操作性试验的组织建立了公用事业通信体系结构（Ucutility communications architecture）的用户协会，测试的全称向所有制造企业和用户开放。实验中，goose 测试、用户服务器测试、变电站配置语言（SCL）配置实验、网络性能测试和样本值发布订阅测试是测试的五个主要部分。本实验充分得向电力用户证明了 IEC61850 是可互操作的。实验过程中虽然因结构配置不正确等问题引发一些问题和错误，但不影响核心目标，通过技术上的交流与改进，极大地促进了 IEC61850 在智能电网中的应用，目前已实现了 IEC61850 的预期效果。在国外，IEC61850 的发展情况比较成熟，大多数 18

开发者和用户已经基本认可了这一标准，经过电气厂家的长期努力研制，已开发出了符合该标准的电力设备。

在我国对 IEC61850 的关注始于上个世纪末，电气科学技术研究所退休专家谭文舒教授是最早提出的。目前掌握的变电站综合控制技术已经与国际水平接轨，相关产品也基本达到国际水平，但在采用 IEC61850 标准后的研发还存在一定差距。本标准相当于中国电力行业标准（DL/T860），其将影响我国该领域技术的发展。

国家电科院积极与国家电网、国家调度中心和相关用户进行沟通和联系，积极研究 IEC61850 一致性测试环境的建设工作。2004 年底，国家调度中心提出并参与了国内互操作性试验的前期准备工作，并在 2005 年 5 月进行了第一次互操作性测试，促进了 IEC61850 在我国的应用前景。浙江大学和浙江省共同研究开发的“继电保护故障信息处理系统”随之孕育而生，在国内各大变电站试点投运，

首次引进国内外 8 家主流厂家生产的 IED 设备，取得了良好的效果，为厂家提供了实现互操作工程的平台，促进了 IEC61850 产品的快速发展。

3.1.4 IEC61850 在配网自动化中的应用情况目前市场上可使用的配电终端产品多种多样，功能参差不齐，这就暴露出设备间是否可互操作的突出问题。此外，配电终端存储的数据量巨大，这将大大增加维护成本，许多用户的需求无法得到很好的满足。IEC61850 标准提出后，解决了这一问题。从发展趋势来看，IEC61850 与配电终端的结合是必然的。配电终端可以采用 IEC61850 统一的数据建模方法，建立模型，避免和控制由于厂家

自行设置配电终端而造成的混乱。它可以应用于整个系统的开发中，采用分布式，

UML 和 XML 的实现提供了方便。陕西 110kV 少陵变电站于 2006 年 3 月投入运行，

这也是我国应用 IEC61850 标准后新建的第一座示范变电站，主要采用国电南子综合自动化系统，设计和施工过程基于 IEC61850 标准。到目前为止，已有许多基于 IEC61850 标准的变电站终端互操作试点。IEC61850 标准适用于配电网有以下三个原因：

1、在配电网中，IEC61850 逻辑节点类和面向数据对象的建模方法是可行的。

IEC61850 定义了大量的逻辑节点和数据类型，几乎涵盖了变电站自动化系统的所有领域，与 IEC61970 的模型几乎相同。

将 IEC61850 标准应用于配电自动化系统时，可以省去大量的建模工作量。当模型不足时，可根据 IEC61850 标准对逻辑点进行扩展。

2、基于独立网络的 IEC61850，满足了配电网统一通信协议的要求。配电系统常用的通信协议是 IEC60870-5-104 和 IEC60870-5-101。前者通常用于数据通信网络，后者通常用于数字传输信道的点对点连接。IEC61850 采用的接口 ACSI 19 是独立网络协议站的专用通信服务接口。相关协议通过 SCSM 的映射手段来实现。

3、在 IEC61850 互操作性的支持下，配电自动化系统可以不断优化，其可操作性也可以不断提高。在同一网络中不同设备通过 IEC61850 统一模型和业务接口的情况下，可以实现互操作。设备之间可以在系统发生故障时通过配电终端互操作进行信息共享。故障区域的故障定位和隔离以及供电恢复都不依赖主站，信息在传输过程中速度较快，对提高配电自动化系统的稳定性和可靠性有很大的作

用。在配电领域，IECTC57 开始了 IEC61850 向应用扩展的研究方案，并制定了一系列与 IEC61850-7x0 相关的标准。这些标准主要包括需求侧管理、分布式自动化、计量服务等领域中的共享信息模型的定义，制定出更好的规范和标准，为以后智能配电网的快速发展打下坚实的基础。目前，在配电自动化领域，IEC61850 技术正在进行深入研究，并尝试应用。但是，还需要完善服务映射和模型建立等重点工程。

3.2 基于 IEC 61850 的配电终端信息建模
3.2.1 信息模型分析信息的组织与表达是信息模型的表现形式。建模是信息化改造的最直观方式，IEC61850 采用的是面向对象的方式对二次设备进行建模。其将功能分解为逻辑模块，把每个节点串联起来，以满足 IEC61850 的自由分布，实现数据交换。

为了方便用户选择，IEC61850 根据属性和服务来定义类别。信息模型的层次结构如下图所示。

| 指 标 |
|---|
| 疑似剽窃文字表述 |
| <div><div>1. 配电网馈线自动化模式馈线自动化的内容包括：故障定位、隔离和转移供电，无功补偿和电压调节、网络结构优化</div><div>2. 基础上实现。</div><div>实现多电源供电或环网供电的方式多种多样，但由于故障处理形式的不同，</div><div>3. 分为分布式智能模式和集中智能模式。在选择故障处理方式时，应参考和分析系统的实际问题 and 情况，在满足要求</div><div>4. 组合如下：<div>①当馈线B的负荷裕度超过一定范围时，联络开关ST1闭合，将馈线A的后部Z4、Z5段的负荷转移到馈线B；</div><div>②当馈线C的负荷裕度超过一定范围时，联络开关ST1闭合，将馈线A的后部Z4、Z5段的负荷转移到馈线C；</div><div>③当馈线C和馈线B的负荷裕度不能满足馈线A的后部Z3、Z4、Z5段的全部负荷接入时，而馈线</div></div></div> <div>5. 重构网络的能力，只具备将故障信息传输至主站系统，再通过主站软件判断故障点，进而起到遥控作用，最终达到供电效果传输和故障隔离</div> <div>6. 模式。</div> <div>在这种模式下，由于故障诊断由主站完成，因此要求通信系统和主站系统的可靠性和速度。当主站系统管辖的系统中设备较多时，会影响故障隔离的速度。</div> <div>解决方案是在小区域内设置变电站，由变电站完成该区域内的故障诊断隔离、送电等功能。主站与变电站相连，而不是直接与现场FTU相连。变电所可设在变电所或供电变电所。</div> <div>因集中智能模式可用于架空系统和</div> <div>7. 系统对可靠性和速度的要求都不高，可以用于多种通信方式。这样，主站只用于监控和管理。</div> <div>8. 断路器的0秒速断应改为延时速断，或增大启动电流值。特别是当线路上安装有多个重合闸时，保护配合更加困难。</div> <div>9. 标准，它是世界上唯一基于网络通信平台的变电站网络通信标准，是建立中国电力行业相关标准的基础，它为实现不同智能设备之间的互操作提供了基础。其优点是支持设备的自描述和面向对象建模，广泛应用在变电站自动化建设中。国家电网公司在“2009 特高压输电技术国际会议”上提出建设“坚强智能电网”的发展规划，受其影响，基于国际标准的配电自动化建设逐步走上正轨，随着 IEC61850 标准的思想、技术和方法推广到</div> <div>10. 本标准的主要目的是统一变电站自动化通信系统，实现不同厂家 IED 之间的互操作性，实现通信的</div> <div>11. 如表 3.1 所示，为 IEC61850 系列新增标准：<div>表 3.1 IEC 61850 新增加的标准系列</div><div>2009</div></div> <div>12. 。此外，“IEC 91850-90-8 是与电气化运输相关的对象模型”和“IEC91850-90-7”</div> <div>13. 主要体</div> <div>现在对 IEC61850-6 模型、IEC61850-10 一致性测试、IEC61850-7 对象模型、IEC61850-9 过程总线</div> <div>14. IEC61850 具有解决变电站自动化技术发展中的问题的能力和效果。</div> <div>3.1.2 IEC 61850 标准发展情况IEC61850 标准采用了先进的通信和计算机技术。</div> <div>15. IEC61850 在我国的应用前景。浙江大学和浙江省共同研究开发的“继电保护故障信息处理系统</div> <div>16. 基于 IEC61850 标准。到目前为止，已有许多基于 IEC61850 标准的变电站终端互操作试点。IEC61850 标准适用于配电网有以下三个原因：</div> |

- 1、在配电网中，IEC61850
17. IEC61850 定义了大量的逻辑节点和数据类型，几乎涵盖了变电站自动化系统的所有领域，与 IEC61970 的模型几乎相同。将 IEC61850
18. 制定了
一系列与 IEC61850-7x0 相关的标准。这些标准主要包括需求侧管理、分布式自动化、计量服务等领域中的共享信息模型的定义，
19. 3.2 基于 IEC 61850 的配电终端信息建模
3.2.1 信息模型分析信息的组织与表达是信息模型的

| 3. 028_第3部分 | | 总字数：11203 |
|-----------------------|--|------------------------------|
| 相似文献列表 | | |
| 去除本人文献复制比：28.1%(3146) | | 文字复制比：28.1%(3146) 疑似剽窃观点：(0) |
| 1 | 3804122_樊敏_配电网馈线自动化技术与应用研究 樊敏 - 《学术论文联合比对库》- 2017-02-16 | 21.0% (2350) 是否引证：否 |
| 2 | 王秋艳_曲阜城区配电网自动化系统的升级改造及应用 王秋艳 - 《学术论文联合比对库》- 2016-09-29 | 9.9% (1109) 是否引证：否 |
| 3 | YZ1104077商志强 - 《学术论文联合比对库》- 2015-04-23 | 9.9% (1106) 是否引证：否 |
| 4 | Z2013430099-李喆-自动化与电气工程学院 李喆 - 《学术论文联合比对库》- 2016-10-21 | 8.0% (893) 是否引证：否 |
| 5 | 配电自动化工程建设实施专业技术方案（参考版） - 图文 - 百度文库 - 《互联网文档资源（ https://wenku.baidu.com ）》- 2019 | 7.4% (827) 是否引证：否 |
| 6 | 22-44-2011220343-袁龙岗-县域城市中心区集中型配电自动化系统建设实施方案的 44 - 《学术论文联合比对库》- 2014-04-30 | 6.8% (760) 是否引证：否 |
| 7 | 县域中心区配电自动化工程设计与应用 李喆(导师：马平) - 《青岛大学硕士论文》- 2016-11-26 | 3.8% (429) 是否引证：否 |
| 8 | 配网自动化故障定位问题的研究与应用 胡波(导师：王秀和) - 《山东大学硕士论文》- 2012-04-30 | 3.7% (410) 是否引证：否 |
| 9 | 22-44-2011220343-袁龙岗-县域城市中心区集中型配电自动化系统建设实施方案的 44 - 《学术论文联合比对库》- 2014-11-11 | 3.0% (339) 是否引证：否 |
| 10 | 新湘艺版高中音乐鉴赏“同课异构”教学研究 刘鑫(导师：王秀萍;任秋莉) - 《洛阳师范学院硕士论文》- 2021-05-01 | 3.0% (337) 是否引证：否 |
| 11 | 陵县城区配电自动化建设实施方案研究 于松(导师：丛伟;闫法力) - 《山东大学硕士论文》- 2014-11-16 | 2.5% (277) 是否引证：否 |
| 12 | 22-44-2013221209-于松-陵县城区配电自动化建设实施方案研究 44 - 《学术论文联合比对库》- 2014-11-11 | 1.6% (183) 是否引证：否 |
| 13 | 陵县城区配电自动化建设实施方案研究 于松 - 《学术论文联合比对库》- 2014-11-09 | 1.6% (183) 是否引证：否 |
| 14 | 配电网自动化系统中馈线自动化建设方案的研究 王聪;刘悦; - 《电子世界》- 2013-12-30 | 0.7% (83) 是否引证：否 |
| 15 | 配电网自动化系统中馈线自动化建设方案的研究 徐立红; - 《电子世界》- 2014-03-15 | 0.7% (83) 是否引证：否 |
| 16 | 用户分界开关与馈线自动化的兼容性分析及策略研究 许明;吕永杰;李笋; - 《电气应用》- 2013-12-31 | 0.3% (38) 是否引证：否 |
| 17 | 顺德城区中压馈线自动化实施模式研究 丘忠;邹文; - 《佛山科学技术学院学报(自然科学版)》- 2011-03-15 | 0.3% (29) 是否引证：否 |
| 18 | 中压配电网规划模型研究 杨江(导师：黄玉水;王天华) - 《南昌大学硕士论文》- 2009-11-01 | 0.3% (29) 是否引证：否 |
| 原文内容 | | |

图 3.1 信息模型的层次结构IEC61850 可将建模方法用户配电终端的信息模型建立。首先对终端的各种功能进行了概括，然后对它们的功能进行了分析概括。采用建模方式对设备进行 20 逻辑定义，得出每个节点的参数，最终获取每个配电终端的逻辑设备（LD），LLN0

和 LPHD 节点包含在每个逻辑设备中。其中逻辑节点 LLNO 涵盖了物理设备的相关信息，可以控制 IED 的自检。逻辑节点 LPHD 为物理设备提供公共信息建模，如设备自检结果、铭牌信息等。此外大多数应用将被 IEC61850-5 定义的 90 多个逻辑节点覆盖。在选择逻辑节点时，应尽量使用 IEC61850 中已定义的逻辑节点，

以保证模型的一致性。

3.2.2 馈线控制终端功能详细分析了馈线控制终端（FTU）的功能，并为每个逻辑节点提供了相应的功能。

（1）数据采集和监控功能

FTU 的 SCADA 功能就是所谓的“三遥”功能，即“遥测、遥信、遥控”功能。

FTU “遥测”的主要功能是指利用终端自动化远程对馈线的相电压、线电压、

零序电流、相电流、零序电压、三相功率、三相不平衡电流、开关动作时间等运行数据进行实时监测。选取 MMXU 中包含的 PHV、PPV、W、A、VAR、Hz 等数据测

量相电压、电压、三相功率、相电流，功率因数和频率；逻辑节点 MSQI 中的 SEQV、

SEPA、IMBA 等数据将用于测量零序电压、零序电流和三相不平衡电流；使用 XSWI

中的 OPCNT 数据测量开关动作时间。

FTU “遥信”的主要功能是指对开关状态、终端信号、仪表告警指示等进行远程监控收集信号。利用 XSWI 逻辑节点中的 CHAMOTENA、POS、BLKCLS 数据显示 开关储能状态、开关状态、保护动作、开关合闸位置等信号；端子状态选用 11n0

逻辑节点的 POS 数据；内部自检故障采用 GGIO 逻辑节点的 ALM 数据；SF6 开关

压力信号采用 SIMG 逻辑节点；蓄电池报警信号可选择使用 ZBAT 逻辑节点的

BATLO 数据。

FTU “遥控”的主要功能是远程控制开关分闸、合闸、启动储能过程并使其

接收信号、执行命令、动作闭锁、遥控激活电池等。CSWI 逻辑节点中的 OPPN 和

opcIs 数据通常用于控制开关跳闸和闭合；CILO 逻辑节点中的 ENACLS 用于控制

动作闭锁；GAPC 逻辑节点中的 STR 数据用于控制储能过程；ZBTC 逻辑节点中的 SPCSO 和 DPCSO 数据用于远程控制单元激活退出和启动系统。

（2）电能监测功能它主要记录电压暂降、谐波等电能数据，因此选用 MHAI 逻辑节点。

（3）设备自检功能利用逻辑节点 GGIO 的数据进行设备自检。

（4）电能状态监测与管理功能选择 ZB 电源控制节点的逻辑。 21

（5）故障检测和定位功能当线路短路时，线路中的电流将超过指标。因此，可以选择过流保护 PIOC 逻辑节点来检测短路故障；选择 PSDE 逻辑节点来检测接地故障；LN 可以用来处理接地故障和电网中性点接地方向的补偿，因此，为了补偿故障电流测量的准确性，需要由逻辑节点 TCTR 完成电流测量，利用逻辑节点 RFLO 完成故障定位。

（6）故障方向检测功能故障方向检测功能可选择逻辑节点 RDIR。

（7）故障录波功能当检测到线路故障时，需要把故障发生前后的电气参数值分别记录下来。选择 RDRE 逻辑节点记录故障。触发故障记录为 REDTRG，启动记录为 REDSTR。这实际上意味着记录是 REDMAKE 的属性，故障号是 FLTNUM。

（8）在 PIOC 逻辑节点的选择中，可实现零序过流的四段保护以及瞬时过流保护功能。可选择逻辑节点的 RREC 保护重合闸，从过程层的电压互感器 TVTR

和电流互感器 TCTR 处可得知保护输入值。

（9）通信功能实例化的配置文件是通信功能和设置的主要体现。通过对上述 FTU 功能的分析，将实际 FTU 设备抽象为测量、录波、保护、控制、电池管理五个逻辑器件。

每个 LD 中至少包含三个 LN 对象。必要的节点是 LLNO 和 LPHD，以及一个功能逻辑节点。FTU 的信息模型如图 3.2 所示。

图 3.2 FTU 的信息模型 22

3.3 本章小结本章介绍了 IEC 61850 标准的发展轨迹和现状，研究 IEC61850 通信体系的内涵及其在馈线自动化系统中的应用，通过面向对象的建模方法，并对其进行了详细介绍，并利用 IEC 61850 的建模方法对馈线终端 FTU 建立信息模型。最后简要介绍了馈线控制终端的功能。 23

第 4 章宁波市配电网馈线自动化总体建设

4.1 宁波市配电网发展状况宁波市供电公司依据《配电自动化主站系统功能规范》、《配电自动化建设与改造标准设计技术规范》、《配电自动化技术导则》等规范结合实际情况，遵循规划前瞻性、建设差异性、产品实用性和应用全面性的原则实行配电自动化改造建设意见。通过信息集成平台的建设，逐步完成核心应用模块的集成，构建覆盖公司核心业务的精益、高效、协同、统一的信息交互与集成平台。在2023年宁波市海曙区实现双环配电自动化全覆盖网络，可“三遥”的自动化架空线路，A 类网格内供电可靠率达到99.995%，全面消除 B\C 类网格。通过自动化改造可大大提升配电网的快速恢复能力和供电可靠性，改善管理和运行水平，有效减少配电线路的停电时间，提高了客户满意度。

4.2 配电网馈线自动化建设思路

1、存量设备改造原则

（1）电缆线路：

主干网开关站配置三遥 DTU，站间联络（进线）间隔、馈线（出线）间隔至分支网的采用“三遥”改造，馈线（出线）间隔至台区的不改造，通信方式采用光纤，全覆盖；

分支网配电室配置电缆型故障指示器，通信方式采用无线，视分配量而覆盖；

A+、A、B 类区域全自动 FA 全覆盖，C 类区域半自动 FA 全覆盖。

（2）架空线路：

主干线普通开关配置架空型故障指示器，通信方式采用无线，全覆盖；

一级分支线首端配置智能开关，通信方式采用无线，全覆盖；

二、三、...N 级级分支线首端普通开关配置架空型故障指示器，全覆盖。

2、增量设备建设原则

(1) 电缆线路:

全量配置三遥 DTU, 站间联络(进线)间隔、馈线(出线)间隔至分支网的采用“三遥”改造, 馈线(出线)间隔至台区的采用“二遥”改造(接入断路器保护遥信, 通过 DTU 上送至配电主站), 通信方式采用光纤。

(2) 架空线路:

全量配置智能开关, 通信方式采用无线; 特殊情况允许配置带弹操机构的普通开关(预留 FTU 接口)。 24

4.3 配电网馈线自动化建设原则

4.3.1 配电自动化配置原则

1. 电缆网主干网站点(开关站、环网室、环网箱)安装三遥 DTU, 且变电站出线第一

个站点和联络站点必须为自动化站点。站内联络(进线)间隔采用“三遥”改造, 馈线(出线)至分支网的间隔采用“三遥”改造, 馈线(出线)至配变的间隔采用“二遥”改造(接入断路器保护遥信, 通过 DTU 上送至配电主站), 通信方式采用光纤。

分支网站点(配电室、环网室、环网箱)安装三遥 DTU。站内联络(进线)

间隔采用“三遥”改造, 馈线(出线)间隔采用“二遥”改造(接入断路器保护遥信, 通过 DTU 上送至配电主站), 通信方式采用光纤。

2. 架空网主干线路首端(3#杆及之前)安装远传型故障指示器, 分段开关处宜安装智能开关, 剩余分段开关处安装远传型故障指示器, 联络开关处安装智能开关, 通信方式采用无线。

大分支线(与主干线相连分支线的配变数量大于等于 3 台或容量大于等于 1000kVA)首端安装智能开关, 分支线中其它开关处安装远传型故障指示器, 通信方式采用无线。

3. 混合网电缆线路上杆后 1#杆安装远传型故障指示器或智能开关。(若配电站房为零散分布或无光缆通道, 可由电缆型故障指示器代替三遥 DTU)。其他部分参照电缆和架空线路进行配置。

4.3.2 继电保护配置原则

1. 电缆网

(1) 主干网站间联络(进线)间隔、馈线(出线)至分支网的间隔, 分支网站间联络(进线)间隔, 采用断路器柜或负荷开关柜, 不宜配置保护。

(2) 馈线(出线)至配变的间隔采用断路器柜或负荷开关-熔断器组合柜, 配置保护。 25

(3) 容量大于1600KVA的馈线、重要用户分支、故障频发分支线路以及运行年限较长分支线路配置断路器柜。容量小于或等于1600KVA的馈线可配置负荷开关-熔断器组合柜, 高压侧采用熔断器保护, 低压侧短路和过载保护利用空气断路器自身具有的保护特性来实现, 定值详见附表4.1。

(4) 断路器柜投速断保护, 与变电站出线间隔II段(时限通常为0.2-0.3S)

保护形成级差配合, 保护动作时限设置为0S, 电流定值设置为额定电流的8倍,

且应小于变电站出线间隔II段电流定值的0.9倍; 投过流保护, 与变电站出线间隔III段(时限通常为0.5-0.6S)保护形成级差配合, 保护动作时限设置为0.4S,

电流定值设置为额定电流的1.5倍, 且应小于变电站出线间隔III段电流定值的

0.9倍。投合闸涌流保护功能(若有)。

(5) 用户高配柜投速断保护, 配置参数与断路器柜一致, 两者不做级差配合; 投过流保护, 与断路器柜的过流保护形成级差配合, 保护动作时限设置为

0.3S, 电流定值设置为额定电流的1.3倍。投合闸涌流保护功能(若有)。

(6) 断路器柜CT配置原则: 主干网站内联络(进线)间隔采用三相双绕组CT, 变比600/5, 精度0.5/5P10, 容量5VA; 馈线(出线)间隔采用三相双绕组CT,

变比400/5, 精度0.5/5P10, 容量5VA。分支网间隔采用三相双绕组CT, 变比400/5,

精度0.5/5P10, 容量5VA。CT测量绕组接入柜内电流表计, 保护绕组接入柜内微机保护与DTU, 二者串联。

(7) 断路器柜配置的微机保护若为有源模式, 供电电源由DTU长供电源提供。

2. 架空网

(1) 架空网配置有保护功能的设备有普通开关(基于涌流控制器的保护)、

智能开关、跌落式熔丝具, 其中能够精确可靠整定的设备是智能开关。

(2) 主干线分段、联络普通开关不投入保护功能, 分支线首端普通开关宜投入保护功能。

(3) 主干线中央处的分段智能开关宜投入速断保护和重合闸功能, 与变电站出线间隔II段(时限通常为0.2-0.3S)保护形成级差配合, 保护动作时限设置为0.1S, 电流定值设置为变电站出线间隔过流II段电流定值的0.9倍, 一次重合闸时间设置为3S, 重合闸功能恢复时间设置为60S。其余分段智能开关不投入保护功能。

(4) 大分支线(一级分支, 即与主干线相连分支线的配变数量大于等于3 台或容量大于等于1000kVA)首端智能开关投入速断保护和过流保护功能。容量小于1000KVA的分支线路宜配置跌落式熔丝具, 定值详见附表4.1。

(5) 大分支线(一级分支)首端智能开关投速断保护, 与变电站出线间隔II段(时限通常为0.2-0.3S)保护形成级差配合, 保护动作时限设置为0.1S, 电流定值设置为支线最大负荷电流的8倍, 且应小于变电站出线间隔过流II段电流 26 定值的0.9倍。

(6) 大分支线(一级分支)首端智能开关投过流保护, 与变电站出线间隔III段(时限通常为0.5-0.6S)保护形成级差配合, 保护动作时限设置为0.3S,

电流定值设置为支线最大负荷电流的3倍, 且应小于变电站出线间隔过流III段电流定值的0.9倍。

(7) 支线最大负荷电流 I_{\max} =智能开关后段变压器总容量/(10* 3)。

(9) 二级分支首端智能开关投速断保护, 与上级智能开关速断保护形成级差配合, 保护动作时限设置为0S, 电流定值设置为支线最大负荷电流的8倍, 且应不大于上级智能开关速断电流定值。

(11) 对于主干线分段开关未投入重合闸功能的线路, 宜考虑大分支线 (一

(12) 主干线联络智能开关投入速断保护功能, 与所联络的两个变电站出线间隔II段(时限通常为0.2-0.3S)保护形成级差配合, 保护动作时限设置为0.1S,

(13) 所有投入保护功能的智能开关均投入合闸涌流功能，合闸涌流保护时限宜设为0.4s。

(2) 电缆部分配置负荷开关柜, 架空部分配置柱上开关投入保护或跌落式熔丝具。 27

电流A

4.3.3 配电通信网络建设原则

2、通信方式分析无线公网 GPRS：宁波市供电公司已具备光纤 VPN(虚拟专用网)专线连接，可降低网络建设费用及周期。

图 4.1 系统横向安全防护示意图

(2) 无线公网通信的综合防护在使用 GPRS 的过程中, 通常使用无线加密技术。此外, 需要许多特殊的安全措施, 如访问

控制，逻辑隔离，物理隔离，身份验证和加密。在使用无线网络 GPR 的过程中，还需要打开公共网络的安全保护系统，其中 APN + VPN 技术用于为信息交换创建无线虚拟通道；当终端连接时，需要通过认证服务器系统地 30 址分发并验证终端的身份。公共网络和主站系统使用有线专用线+ GRE。

图 4.3 无线公网通信安全解决方案组网示意图无线通信安全保护网络分为两种形式：网络级别和数据级别。并使用物理隔离技术解决无线公共网络数据集中的安全入侵问题，尤其是在 I 区域的安全生产控制。此外，应使用无线 VPN 网络，专用线路访问和无线终端身份验证技术来提高系统安全保护的性能。为了解决配电终端的无线数据收集问题，应采用 ECC 数据加密技术。 31

4.4 本章小结本章主要对宁波市海曙区供电公司配电网馈线自动化的建设进行分析，介绍了海曙区供电公司自动规划的相关情况，指出了总体建设的思路，阐述了相应的建设原则，并对自动化建设过程中的重要环节继电保护配置做出了分析。 32

第 5 章 宁波市配电网馈线自动化建设成果

5.1 馈线自动化建设案例展示

5.1.1 主线故障分析

东工线CB1

中心站FD0001

向阳站F1 F3

东工线供电区域

青北线供电区域F2

青北线

CB2

FD0002 LW0003 FD0004 FD0005

图5.1 集中型馈线自动化典型案例以10kV 东工线为例，解释了集中式自动化的工作原理。 10kV 青北线与10kV 东工线为手拉手联络架空线路，变电站断路器开关已投重合闸功能，速断极差为 0.2S，主线智能开关保护退出并未投重合闸功能。

1、F1点发生短路故障

(1) 检测到故障后，变电站的10kV 出线断路器 CB1分闸后重合，重合不成功说明故障为永久性故障。

(2) 主站接收 CB1自动化系统传输的过流信息后，定位故障范围为 CB1与FD0001之间。

(3) 主站发出遥控指令，首端智能开关 FD0001分闸隔离故障点。

(4) 隔离成功后，主站继续发出遥控指令，智能联络开关 LW0003合闸，恢复10kV 东工线故障外线路供电。

2、F2点发生短路故障

(1) 检测到故障后，电站的10kV 出线断路器 CB1分闸后重合，重合不成功说明故障为永久性故障。

(2) 主站接收首段智能开关 FD0001传输的过流信息后，定位故障范围为FD0001与 FD0002之间。

(3) 发出遥控指令，首端智能开关 FD0001分闸，分段智能开关 FD0002分闸隔离故障点。

(4) 隔离成功后，主站继续发出遥控指令，断路器 CB1合闸，智能联络开关 LW0003合闸，恢复10kV 东工线故障外线路供电。 33

3、F3点发生短路故障

(1) 检测到故障后，变电站的10kV 出线断路器 CB1分闸后重合，重合不成功说明故障为永久性故障。

(2) 主站接收首端智能开关 FD0002传输的过流信息后，定位故障范围为FD0002与 LW0003之间。

(3) 发出遥控指令，分段智能开关 FD0002分闸隔离故障点。

(4) 隔离成功后，主站继续发出遥控指令，断路器 CB1合闸，恢复10kV 东工线故障外线路供电。

5.1.2 用户侧故障分析

东工线CB1

中心站FD0001

向阳站F1 F3

东工线供电区域

青北线供电区域F2

青北线

CB2

FD0002 LW0003 FD0004 FD0005

安泰公司

F4

FB0003

图 5.2 用户侧馈线自动化典型案例

10kV 青北线与10kV 东工线为手拉手联络架空线路，变电站断路器开关已投

重合闸功能，速断极差为0.2S，主线智能开关保护退出并未投重合闸功能，支线侧开关投重合闸功能，保护定值设置为用户额定电流的3倍，速断极差为0.1S。

1、F4点发生瞬时短路故障

(1) 支线智能开关 FD0003分闸并重合。

(2) 主站接收支线智能开关 FD0003故障信息并上报。

1、F4点发生永久短路故障

(1) 支线智能开关 FD0003分闸并重合不成功，此时会出线2种情况：

①支线智能开关 FD0003直接跳开自动隔离故障点。

②支线智能开关与变电站断路器速断极差时间配合不当或反应不及时造成变电站断路器 CB1分闸并重合成功。

(2) 主站接收支线智能开关 FD0003传输的过流信息后，定位故障点为安泰用户专变。

(3) 发出遥控指令，停止支线智能开关 FD0003重合功能，自动分闸，隔离故障点。

3、F4点发生单相接地故障发生单相接地故障后，支线智能开关 FD0003直接切断故障，而不会影响其他用户和主线。 34

5.2 项目建设效果配电自动化建设实施后，配电网结构基本得到改善。以小型配电自动化为主站，逐步实现了核心业务在系统各部分的应用，为自动化配电网提供了技术和数据支持，实现了运行、配电、调度、运输一体化的运营管理模式。

本项目建成后，主要经济技术指标对比如表5.1。

表 5.1 城市中心区域主要经济技术指标预期指标现状预期成效供电可靠性 (RS-3) 99.9391% 99.99%

用户电压合格率 99.498% 99.65%

10kV 综合线损率 4.07% 3.95%

满足“N-1”线路比例 0 100%

开关站“三遥”比例 0 0

环网柜“三遥”比例 0 100%

电缆分支箱“一遥/二遥”比例 0 0

分段、联络开关“三遥”比例 0 100%

用户分界开关“二遥”比例 0 100%

柱上变压器“二遥”比例 0 100%

配电终端覆盖率 0 100%

(1) 提高供电的可靠性在电网中实现馈线自动化后，可以节省大量的故障查找或供电时间。分线开关应设置在用户的产权线上，保证用户的故障不影响配电线路的运行。

通过合理划分线路，大大减小停电范围，通过对配电设备的检修和制定优质

线路检修方案，使停电工作量减少60%以上，大大提高城市中心区供电可靠性。将RS-3的可靠性提高到99.99%。降低综合线损，提高电压合格率优化建设一次网，

缩短线路供电半径，优化配电信息实时监控。通过调整负载设备运行，使电路负载优化良好，降低线损率，提高电压合格率。

(2) 优化一次电网配电自动化通过优化一次网络结构，实现区域配电网线路应满足 n-1供电安全标准要求，形成以“两遥”，“三遥”为主要模式的配电自动化模式。 35

5.3 本章小结本章主要设计搭建完成宁波市海曙区配网自动化系统，包括馈线自动化建设，提出配电设备方案、配电通信网络建设方案、二次系统安全防护建设方案，

并对工程实施效果进行分析对工程实施前后配网进行比较。配电网馈线自动化技术的应用，为宁波市配电网建设和管理提供了有力的技术、数据支持，并对配网自动化相关功能的实际应用效果进行验证。 36

第 6 章总结与展望

本文以配电网馈线自动化技术及其应用为主要内容，详细介绍了配电网馈线系统保护原理和配电网两种常用的馈线自动化方式，IEC61850 通信系统的内涵及其在馈线自动化系统中的应用，面向对象的建模思想。分析了 FTU 的功能，采用 IEC61850 建模方法，建立了馈线终端 FTU 的信息模型。城市区域配电自动化系统的设计与建设，结合馈线自动化技术在城市配电网中的应用，为配电网管理提供了强有力的技术和数据支持，应用效果良好。

馈线自动化是变电站出线和终端设备之间的线路自动化应用。实现了正常运行下的线路及终端设备的检测，并根据数据进行测评和优化。在故障情况下具有故障研判、故障点隔离、主动恢复供电等功能。因此，在今后的研究中，我们需要对自动化设备的使用寿命和系统操作速率进行更深入的讨论。 37

参考文献

[1] Andrianesis P , Caramanis M . Distribution Network Marginal Costs -- Part II: Case Study Based Numerical Findings[J]. 2019.

[2] Haoran L I . Research on intelligent distributed feeder automation system for urban distribution network[J]. Automation & Instrumentation, 2019.

[3] Mohammadi M , Soleymani S , Niknam T , et al. Distribution automation planning and operation considering optimized switch placement and feeder reconfiguration strategies from reliability enhancement perspective[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2018(3):1-14.

[4] Parlier G , Gueguen H , Hu F . Smart brute-force approach for distribution feeder reconfiguration problem[J]. Electric Power Systems Research, 2019, 174(SEP.):105837.1-105837.9.

[5] Jain A , Verma M K . Monitoring, control, and protection of radial distribution networks by using a two - level control architecture[J]. European transactions on electrical power engineering, 2020, 30(3):e12213.1-e12213.23.

[6] Hasan M S , Majeed R A , Hameed H S . Analysis of Diyala Power Network for the Distributed Feeders Between Iraq and Iran: 132 kV

- Baquba-Sarbilzahab[J]. International review of electrical engineering, 2019, 14(5):358-365.
- [7] Davarzani S , Granell R , Taylor G A , et al. Implementation of a novel multi-agent system for demand response management in low-voltage distribution networks[J]. Applied Energy, 2019, 253(NOV. 1):113516.1-113516.13.
- [8] Mohanty R , Pradhan A K . Faulted section identification for DC distribution systems using smart meter data[J]. Iet Generation Transmission & Distribution, 2018, 12(4):1030-1037.
- [9] Mortazavi S H , Moravej Z , Shahrtash S M . A Searching Based Method for Locating High Impedance Arcing Fault in Distribution Networks[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2019, 34(2):438-447.
- [10] Alnajjab B , Samudrala A N , Chen C , et al. Outage Detection 38 for Distribution Networks Using Limited Number of Power Flow Measurements[J]. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, 2020, 8(2):315-324.
- [11] 徐伟斌. 城市配电网馈线自动化技术的发展及应用研究[J]. 电子测试, 2019, No. 428(23):123-125.
- [12] 陈新平. 试论 10kV 配电网馈线自动化系统的控制技术及应用[J]. 中国科技投资, 2019, 000(001):92.
- [13] 陈朝新. 10 kV 配电网馈线自动化自愈系统浅析[J]. 农村电气化, 2020, No. 392(01):80-81.
- [14] 翁兴航, 陈永进, 黄慧, 等. 计及 DG 接入的山区配电网馈线自动化规划方法[J]. 机电工程技术, 2019, 048(004):178-182.
- [15] 苑校楠. 10kV 配电网馈线自动化系统控制技术的有效运用分析[J]. 数字化用户, 2019, 025(006):143.
- [16] 温彦军. 10kV 配电网馈线自动化系统控制技术的分析及运用[J]. 电力系统装备, 2018(6):94-95.
- [17] 赵渊, 吴林, 刘庆尧, 等. 含重合器式馈线自动化的配电网可靠性评估[J]. 重庆大学学报, 2018, 41(05):4-17.
- [18] 孙伶俐, 陈羽, 徐丙垠, 等. XMPP 和 GOOSE 在分布式馈线自动化中的应用[J]. 电力系统自动化, 2020, 044(010):180-185.
- [19] 李济山 . 配电网馈线自动化技术分析 [J]. 科技风 , 2019, No. 401(33):189-189.
- [20] 高晓龙, 张恒. 配电网馈线自动化的研究与设计[J]. 南方农机, 2019, 050(011):258.
- [21] 陈西寅. 配电网馈线自动化研究[J]. 科技视界, 2019, 264(06):54-55.
- [22] 蔡美玲. 10kV 配电网馈线自动化的优化配置方式略谈[J]. 科学与信息化, 2018, 000(036):95.
- [23] 阮俊义. 试析 10kV 配电网馈线自动化系统控制技术[J]. 百科论坛电子杂志, 2018, 000(004):504.
- [24] 张志健. 试论 10kV 配电网馈线自动化系统的控制技术及应用[J]. 大科技, 2018, 000(012):78.
- [25] 张长军. 关于电力配电网馈线自动化技术措施及其特征探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2018, 000(033):3952.
- [26] 刘远威. 配电网馈线自动化技术应用探究 [J]. 百科论坛电子杂志, 2018, 000(019):361.
- [27] 刘杨涛. 农网改造中配电网馈线自动化技术的研究 [J]. 电气时代, 39 2018, No. 446(11):44-46.
- [28] 王若帆, 杜博文. 配电网馈线自动化解决方案的技术策略[J]. 区域治理, 2018, 000(015):212.
- [29] 高盛, 刘冰, 张卫东, 等. 一种智能配电网馈线自动化技术的研究[J]. 电子技术与软件工程, 2018, 145(23):112-112.
- [30] 刘贞贤. 基于供电可靠性的配电网馈线自动化配置改造[J]. 机电信息, 2019, No. 599(29):79-80.
- [31] 马开波. 配电网馈线自动化技术及其应用[J]. 科技创新与应用, 2018, 000(033):151-152. 40

致谢

首先, 致谢于指导教师, 其在我整个论文的写作期间, 不辞劳苦地帮我检查, 给我提供意见和建议, 让我能够进一步完善论文, 提高论文的质量。对于不理解的问题, 教师也一一帮我解答, 帮助我排忧解难, 让我节约了不少的时间来用于细节部分的完善。另外, 本人在图书馆查阅资料时, 各工作人员也给我提供了较多的帮助, 所以在此不胜感谢。

其次, 致谢于各位研究本课题相关内容的学者。本文在开始写作时, 借鉴了一些学者的研究观点, 研究理论, 来丰富本文的内容, 提升本文的权威性和规范性, 所以表示感谢。

再次, 致谢于我的朋友和家人。我的朋友为我提供了一些参考资料, 并提供了一些研究方向、研究建议。在我写作中碰到一些小问题时, 也能积极帮助我解决。我的家人给了我莫大的鼓励、关系, 让我更有动力不断向前, 不断提升自我。

最后, 由于本人知识有限, 研究能力还不足, 所以对于本课题的研究难免有所缺陷。因此, 在未来的研究中, 本人会进一步做出改进。 41

作者简介

1984 年 6 月 3 日出生于吉林省柳河县。

2003 年 9 月考取东北电力学院建筑工程学院土木工程系, 2007 年 7 月本科毕业并获得工学学士学位。

2015 年 5 月考取华北电力大学电气工程专业研究生。
工作经历：2007 年 8 月至 2013 年 3 月，在国网浙江宁波市鄞州区供电公司担任农电工区线路运行与维护专职；2013 年 4 月至 2016 年 7 月，在国网浙江宁波市鄞州区供电公司集士港供电所担任运检班长、安全员、技术员；2016 年 8 月至今在国网浙江宁波市海曙供电分公司集士港供电所担任生产副所长。

| 指 标 |
|---|
| 疑似剽窃文字表述 |
| <div><div>1. 信息模型的层次结构IEC61850 可将建模方法用户配电终端的信息模型建立。首先对终端的各种功能进行了概括，然后对它们的功能进行</div><div>2. 其中逻辑节点 LLNO 涵盖了物理设备的相关信息，可以控制 IED 的自检。逻辑节点</div><div>3. MMXU 中包含的 PHV、PPV、W、A、VAR、Hz 等数据测量相电压、电压、三相功率、相电流，</div><div>4. 动作闭锁；GAPC 逻辑节点中的 STR 数据用于控制储能过程；ZBTC 逻辑节点中的SPCSO</div><div>5. FTU 的信息模型如图 3.2 所示。</div><div>图 3.2 FTU 的信息模型 22</div><div>3.3 本章小结本章介绍了</div><div>6. 依据《配电自动化主站系统动能规范》、《配电自动化建设与改造标准设计技术规定》、《配电自动化</div><div>7. 原则实行配电自动化改造建设意见。通过信息集成平台的建设，逐步完成核心应用模块的集成，构建覆盖公司核心业务的精益、高效、协同、统一的信息交互与集成平台。在2023年宁波市海曙区</div><div>8. 接口服务器还可以通过防火墙与其他系统通信。 29</div><div>图 4.1 系统横向安全防护示意图</div><div>2、纵向系统通信垂直系统操作的主要目标是满足主站系统的配电终端的操作，主要是通过主站系统和终端之间的通信方法获得无线通信方法。</div><div>9. 电网认证的 PCI 硬件加密卡，并在配电终端上安装 ECC 加密软件。在主站系统中，</div><div>10. 集中型馈线自动化典型案例以10kV 东工线为例，解释了集中式自动化的工作原理。 10kV 青北线与10kV 东工线为手拉手联络架空线路，</div><div>11. 3、F4点发生单相接地故障发生单相接地故障后，支线智能开关 FD0003直接切断故障，而不会影响其他用户和主线。</div><div>12. 小型配电自动化为主站，逐步实现了核心业务在系统各部分的应用，为自动化配电网提供了技术和数据支持，实现了运行、</div><div>13. 分线开关应设置在用户的产权线上，保证用户的故障不影响配电线路的运行。</div><div>通过合理划分线路，大大减小停电范围，通过对配电设备的检修</div><div>14. 停电工作量减少60%以上，大大提高城市中心区供电可靠性。 将RS-3的可靠性提高到99.99%。降低综合线损，提高电压合格率优化建设一次网，</div><div>缩短线路供电半径，优化配电信息实时监控。通过调整负载设备运行，使电路负载优化良好，</div><div>15. 自动化系统，包括馈线自动化建设，提出配电设备方案、配电通信网络建设方案、二次系统安全防护建设方案，并对工程实施效果进行分析对工程实施前后配网进行比较。配电网馈线自动化技术的应用，为宁波市配电网建设和管理提供了有力的技术、数据支持，并对配网自动化相关功能的实际应用效果进行验证。 36</div><div>第 6 章总结与展望</div><div>本文以配电网馈线自动化技术及其应用为主要内容，详细介绍了配电网馈线系统保护原理和配电网两种常用的馈线自动化方式，IEC61850 通信系统的内涵及其在馈线自动化系统中的应用，面向对象的建模思想。分析了 FTU 的功能，采用 IEC61850 建模方法，建立了馈线终端 FTU 的信息模型。</div><div>16. 配电自动化系统的设计与建设，结合馈线自动化技术在城市配电网中的应用，为配电网管理提供了强有力的技术和数据支持，</div><div>17. 致谢</div><div>首先，致谢于指导教师，其在我整个论文的写作期间，不辞劳苦地帮我检查，</div><div>给我提供意见和建议，让我能够进一步完善论文，提高论文的质量。对于不理解的问题，教师也一一帮我解答，帮助我排忧解难，让我节约了不少的时间来用于细节部分的完善。</div><div>18. 工作人员也给我提供了较多的帮助，所以在此不胜感谢。</div><div>其次，致谢于各位研究本课题相关内容的学者。本文在开始写作时，借鉴了一些学者的研究观点，研究理论，来丰富本文的内容，提升本文的权威性和规范性，所以表示感谢。</div><div>再次，致谢于我的朋友和家人。我的朋友为我提供了一些参考资料，并提供了一些研究方向、研究建议。在我写作中碰到一些小问题时，也能积极帮助我解决。我的家人给了我莫大的鼓励、关系，让我更有动力不断向前，不断提升自我。</div><div>最后，</div></div> |

说明：1. 总文字复制比：被检测论文总重合字数在总字数中所占的比例
2. 去除引用文献复制比：去除系统识别为引用的文献后，计算出来的重合字数在总字数中所占的比例

3. 去除本人文献复制比：去除作者本人文献后，计算出来的重合字数在总字数中所占的比例
4. 单篇最大文字复制比：被检测文献与所有相似文献比对后，重合字数占总字数的比例最大的那一篇文献的文字复制比
5. 指标是由系统根据《学术论文不端行为的界定标准》自动生成的
6. 红色文字表示文字复制部分；绿色文字表示引用部分；棕灰色文字表示作者本人文献部分
7. 本报告单仅对您所选择比对资源范围内检测结果负责



 amlc@cnki.net

 <http://check.cnki.net/>

 <http://e.weibo.com/u/3194559873/>

研究生学位论文 (TMLC)