

大连理工大学 网络高等教育
本科生毕业论文(设计)

题 目: 智能变电站关键技术应用研究

论文指导老师: 娄 伟

论文完成时间: 2014年2月28日

学习中心: 陕西新城奥鹏

层 次: 专科起点本科

专 业: 电力系统及其自动化

年 级: 13年秋季

学 号: 201303536308

学生姓名: 张 鹏

内容摘要

智能变电站是坚强智能电网建设的基本前提和关键所在。本文分析智能电网的现状，阐述了智能变电站的概念和系统设备特点，对一种基于一体化信息平台的智能数据交换方案进行应用，并介绍了在一体化信息平台下的智能变电站的各种高级应用技术。

变电站作为输配电系统的信息源和执行终端，是智能电网发电、线路、变电、配电、用电以及调度这六个环节之一，其智能化是构筑智能电网的基础。同时，随着电网技术发展和电网的大规模互联，对变电站的功能提出了更高的要求。实时监视并快速控制联络线的功率变得更为迫切，保护和控制的功能及可靠性指标要求更严格。

本文从智能变电站与数字化变电站区别入手，首先讨论了智能变电站的概念及两者的不同，接着对智能变电站技术现状以及智能变电站的特征和结构进行了探讨，最后详细的讨论了智能变电站的关键技术，分为标准化、信息化、一体化、智能化四个部分的内容，最后对全文进行了总结与展望，随着智能变电站建设的进一步开展，一体化信息平台在智能电网中的作用更为凸显，在电网潮流变化加剧，变电站无人值班要求越来越高的今天，文章具有一定的指导意义。

关键词： 能源；智能电网；智能变电站；智能化；数据交换

目 录

内容摘要.....	I
1 绪论.....	1
1.1 课题的背景及意义.....	1
1.2 国内外发展现状.....	1
1.3 本文的主要内容.....	3
2 智能变电站概念及与数字化变电站区别.....	4
2.1 智能变电站的概念.....	4
2.2 智能变电站与数字变电站的区别.....	5
3 智能变电站技术现状.....	11
3.1 智能变电站的特征.....	11
3.2 智能变电站的结构.....	12
3.2.1 变电站智能设备的结构.....	13
3.2.2 智能变电站网络结构.....	13
4 智能变电站关键技术.....	16
4.1 标准化.....	17
4.2 信息化.....	18
4.3 一体化.....	19
4.4 智能化.....	21
5 结 论.....	24
参考文献.....	27

1 绪论

1.1 课题的背景及意义

智能电网是未来发展的趋势，随着电力需求的高度增加，数字经济的发展，环境监管的严格和各国能源政策的调整，电网和电力市场、客户之间的关系越来越密切。客户对电网质量要求逐步在提高，分布式能源不断增加，传统的电力网络已经无法满足现在的发展要求。为了满足电力供应的节能、环保、高效、可靠、稳定及可持续发展的要求，智能电网的建设势在必行。

智能化变电站是指采用先进、可靠、集成、低碳、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，实现与相邻变电站、电网调度等互动的变电站^[1]。

近年来，国内外的智能电网得到蓬勃发展。发展智能电网在欧美国家已经逐步上升到国家战略层面，成为国家经济发展和能源政策的重要组成部分。我国也在认真分析世界电网发展的新趋势和在适应中国国情的基础上，紧密结合中国能源供应的新形势和用电服务的新需求，提出建设智能化电网的发展方向。

国家电网公司在“2009 特高压输电技术国际会议”期间提出“将立足自主创新，加快建设以特高压电网为骨干网架，各级电网协调发展，具有信息化、自动化、互动化特征的统一的坚强智能电网。”

变电站作为输配电系统的信息源和执行终端，是智能电网发电、线路、变电、配电、用电和调度六个环节之一，其智能化是构筑智能电网的基础。同时，随着电网技术的发展和电网的大规模互联，对变电站的功能提出了更高的要求。实时监视并快速控制联络线的功率变得更为迫切，保护和控制的功能及可靠性指标要求更严格。

电力市场环境下，电网潮流变化加剧，柔性交流输电系统（FACTS）技术的使用加剧了运行状态的多变性，该情况下对变电站的监视、控制和保护提出了新的要求；变电站无人值班要求变电站的保护定值和控制装置的整定能在中心进行设定，各类保护能在电网层面进行协调和匹配，因此要求变电站传送足够完整的信息，建立统一的信息模型。

1.2 国内外发展现状

我国能源资源主要分布在西部、北部和西南等经济相对落后地区，而能源消费主要集中在东中部经济发达地区，总体来看，位于西部和北部的大煤电基地、西南大水电基地距离东部负荷中心一般为 800—3000km，基地电力外送规模大、距离远。而现有电网的远距离、大容量输送能力有限，且输电走廊利用率较、网损较大。已经不能灵活适应国家能源政策及行业发展需要。由于环境压力、土地资源的紧缺问题，使输电走廊的获得已变得非常困难，面临负荷迅速增长的形势，有必要进一步提高现有电网的输送能力，为了优化能源结构和提高能源效率。提升应对气候变化的能力。国家加大了对风能、太阳能等可再生能源的开发力度。尤其是处于“三北”地区的大型可再生能源基地，当地电力需求有限，无法实现电力就地消纳，需要通过电网远距离输送到负荷中心地区，可再生能源一般具有间歇性和波动性。无法像常规电源一样制定和实施准确的发电计划，相应地对电网的接纳能力和资源优化配置能力提出了更高的要求。

我国的智能电网与欧美智能电网在发展背景、目标和主要特征上不同。发展适合我国电力发展水平、技术水平和经济水平的智能电网，即建设中国特色智能电网是我国电网发展的必由之路，中国特色主要体现在以下方面^[2]：

(1)我国电网正处于快速发展阶段，美国、欧洲等发达国家电网的格局已基本稳定，负荷增长很小，所以他们将智能电网的研究及应用重点放在配电和用电领域，而我国电网的格局还将快速发展，负荷也增长很快，输电网的建设也在快速发展，特高压输电技术的研究及应用还应继续深入；

(2)可再生能源接入方面：欧洲因天然气管网发达、风能资源便利等原因大力发展了分布式发电，作为智能电网中主要的可再生能源接入方式，我国的风能、太阳能资源集中，主要分布在我国电网的边缘地带，故不能完全采用国外的发展模式，而应发展大容量、远距离可再生能源输电，综合考虑水火、水风、水光结合等输电方式，同时应加强储能技术研究和应用。

目前，随着智能电网时代的到来，世界各国的智能电网建设已经全面启动。在智能电网理念逐步成为业界共识的进程中，许多国家都确立了智能电网建设目标、行动路线及投资计划，但鉴于不同地区的监管机制、电网基础设施现状和社会经济发展情况的不同，各地的智能电网发展战略也有所不同。美国将重点放在智能配电网一侧，致力于应用通信技术和智能控制技术提高电网的智能性，强调用户的参与和互动，引导用户改变需求相应，错峰填谷，从而延缓发电、输电环节建设；欧洲智能电网发展的重点是可再生能源的接入和跨国互联电网的发展；日本致力于智能配电网的建设，逐步实现了中压线路（6kV）的实时量测和自动控制；韩国规划建设智能电网综合试点项目，2011年完成建设，2013年完成项目试验。

1.3 本文的主要内容

本文研究的是智能变电站涉及的关键技术应用以及研究方法。

全文共分为四章，各章内容简介如下：

第一章绪论，简述课题的背景和意义、论题的国内外发展现状，介绍论文的主要内容；

第二章智能变电站概念及与数字化变电站区别，主要讲述了智能变电站的概念以及与数字变电站的区别；

第三章智能变电站技术现状，简述了智能变电站的特征和结构；

第四章智能变电站的关键技术，其中讲述了标准化、信息化、一体化、智能化四个部分的内容。

本文最后对全文进行总结，并指出了研究课题的未来发展方向。

2 智能变电站概念及与数字化变电站区别

2.1 智能变电站的概念

智能变电站是采用先进、可靠、集成、低碳、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的变电站。

智能变电站能够完成比常规变电站范围更宽、层次更深、结构更复杂的信息采集和信息处理，变电站内、站与调度、站与站之间、站与大用户和分布式能源的互动性更强，信息交换和融合更加方便快捷，控制手段更加灵活可靠。智能变电站设备具有信息数字化、功能集成化、结构紧凑化、状态可视化等主要技术特征，符合易扩展、易升级、易改造、易维护的工业化应用要求。

2.1.1 智能变电站的发展目标是实现电网运行数据的全面采集和实时共享，支撑电网实时控制、智能调节和各类高级应用。实现变电设备信息和运行维护策略与电力调度全面互动。实现全站信息数值化、通信平台网络化、信息共享标准化、高级应用互动化。智能变电站对智能电网的支撑作用主要体现在以下几个方面^[3]：

1) 可靠性：可靠性是变电站最主要的要求，具有自诊断和自治功能，做到设备故障早预防和预警，自动将供电损失降低到最小程度。

2) 信息化：提高可靠、准确、充分、实时、安全的信息。除传统“四遥”的电气量信息外还应包括设备信息、环境信息、图像信息等等，并具有保证站内与站外的通信安全及站内信息存储及信息访问安全的功能。

3) 数字化：具备电气量、非电气量、安全防护系统和火灾报警等系统的数字化采集功能。

4) 自动化：实现系统工程数据自动生成、二次设备在线/自动校验、变电站状态检修等功能，提高变电站自动化水平。

5) 互动性：实现变电站与控制中心之间、变电站与变电站之间、变电站与用户之间和变电站与其它应用需求之间的互联、互通和互动。

6) 资源整合：通过统一标准、统一建模来实现变电站内外的信息交互和信息共享。将保护信息子站、SCADA、五防、PMS、DMS、WAMS等功能应用或业务支持集于一身，优化资源配置，减少重复浪费现象。

2.2.2 数字化变电站涵义

数字化变电站是由智能化一次设备和网络化二次设备按过程层、间隔层、站控层三层结构体系分层构建,建立在符合国际标准的 IEC61850 通信规范基础之上,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。数字化变电站使传统变电站的所有信息采集、传输、处理、输出过程由过去的模拟信息全部转换为数字信息,并建立与之相适应的通信网络和系统。数字化变电站强调实现手段的数字化,而智能电网的建设,对变电站自动化系统的一次设备智能化、高级应用、对智能电网的支撑等功能提出了新的要求,数字化变电站技术是智能变电站的技术基础,智能变电站是变电站整体技术的跨越和未来变电站发展的方向。

2.2.3 智能变电站内涵

智能变电站的设计及建设应遵循“统一规划、统一标准、统一建设”的原则,应按照 DL / T1092 三道防线要求,满足 DL/T 755 三级安全稳定标准;满足 GB 厂 I、14285 继电保护选择性、速动性、灵敏性、可靠性的要求;遵守《电力二次系统安全防护总体方案》。实现高压设备运行状态信息采集功能的接收、执行指令,反馈执行信息,实现保护宿主高压设备功能的逻辑元件(即测量、控制、保护等单元)应满足相应行业标准,建立包含电网实时同步运行信息、保护信息、设备状态、电能质量等各类数据的标准化信息模型,满足基础数据的完整性及一致性的要求。其采集的变电站数据不仅包含实时稳态、暂态、动态数据,还要有信息模型、设备在线监测、视频等数据。

智能变电站是比数字化变电站更先进的应用,智能变电站的重要特征体现为“智能性”,即设备智能化与高级智能应用的综合。

2.2 智能变电站与数字变电站的区别

从技术发展的路线来看,智能变电站的技术发展和建设是分阶段完成的。在近阶段,以数字化变电站技术体系为基础,探索建设符合智能电网要求的智能变电站;在未来几年,随着在线监测技术和资产全寿命周期管理理论的发展,逐步完善和建设具有智能预警监控功能的智能变电站。

可见,从技术发展的角度来讲,智能变电站是从数字化变电站技术体系中继承而来,数字化变电站技术体系构成了智能变电站的技术基础,在数字化变电站的技术构架上,再融入在线监测、全寿命周期综合优化管理、协同互动、信息一体化等高级应用技术,最终形成符合智能电网要求的智能变电站。

数字化变电站与智能变电站的区别分为以下几个方面:

在信息采集方面，数字化变电站对数据的全面数字化采集、传输和共享，而智能变电站全面覆盖的智能传感器根据分析要求进行采集；在通信方面，数字化变电站采用高速可靠的数字化通信，而智能变电站采用多种通讯介质实现的集成的、双向的通信；在决策方面，数字化变电站根据系统实时状态给出准确的处置方案，而智能变电站实时评估，快速判断，并自动生成控制策略；在控制方面，数字化变电站根据辅助决策结果进行人工控制，而智能变电站，智能控制系统对人工的代替，实现电网自愈。

智能变电站最大的特点是信息共享，随着智能变电站的推广应用，数字式保护装置得到快速、迅猛的发展。与常规变电站相比，对于继电保护装置而言，最显著的特征是开入模拟量数字化，二次回路网络化(无接点传输)，一次设备智能化，这就使得各保护设备的配置原则、技术性能要求、功能划分、维护检修等都与传统变电站大不相同，也为网域保护、站域保护等多种新技术的研究和应用提供了基础。

对于数字式保护装置本身，最显著的结构特征是取消了数据处理部分和操作回路部分，如图 2.1 所示。数据处理部分转移到合并单元中，操作回路转移到智能终端中，硬件结构大大简化。对于数据处理与保护装置间、保护装置与操作回路间的信息传输，由原来的装置内部总线转变为变电站的过程层网络。保护功能由原来的单装置单独完成，转变成分布到网络各个节点完成^[4]。

数字式保护比常规保护多了采样值和出口回路经过网络的传输时间，IEC 61850 对传输时间的定义如图 2.2 所示。传输时间包括装置各自通信处理器时间加上网络时间，其中有等待时间、路由器与其他网络设备所耗费的时间。则传输时间：

$$t = t_a + t_b + t_c \quad (2.1)$$

其中 t_a 、 t_c 为传输装置通信处理时间， t_b 为网络传输延时。

以典型的保护跳闸为例，PD1 为继电保护装置，PD2 为断路器智能终端，两者之间通过光纤以太网相连，设保护装置跳闸报文处理延时间 t_a 、智能终端报文处理延时 t_c 均为 $5 \mu s$ ，网络传输延时 t_b 为 $400 \mu s$ ，则继电保护装置通过网络方式跳闸，总传输时间为 $t = 5 + 400 + 5 = 410 \mu s$ 。

由于物理装置和网络设备可能来自不同的厂商，数字保护装置需要考虑网络传输的各种不确定因素，以及给保护带来的同步性、实时性等关键问题。同时，通过建模形成的数字保护装置出口逻辑与常规保护有了很大的差异。

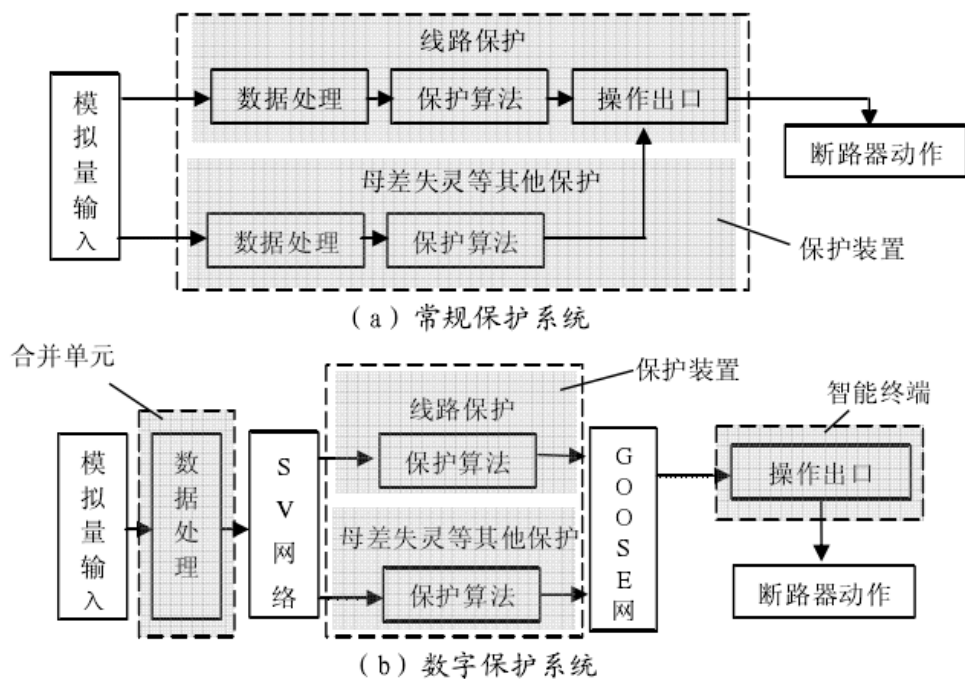


图 2.1 常规保护与数字化保护

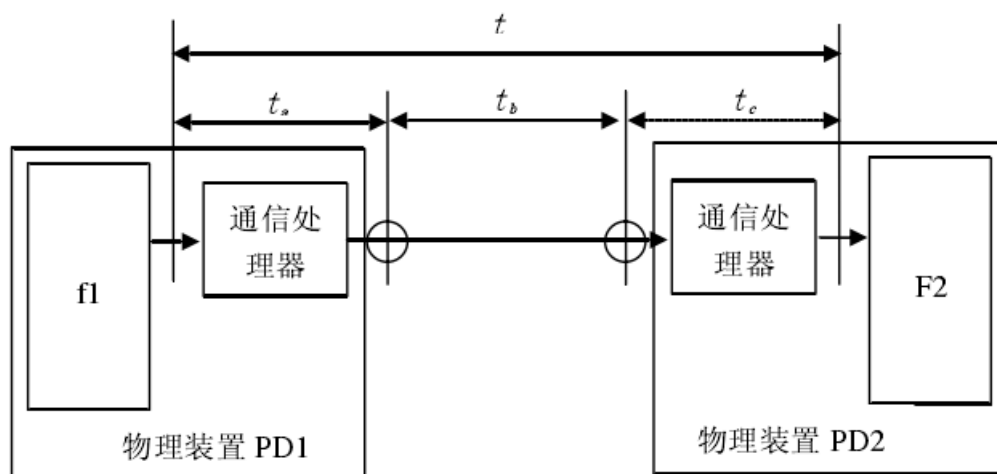


图 2.2 总传输时间的定义

2.3 智能变电站技术特点

2.3.1 智能变电站体系结构

智能变电站系统分为3层：过程层、间隔层、站控层，如图1所示。过程层包含由一次设备和智能组件构成的智能设备、合并单元和智能终端，完成变电站电能分配、变换、传输及其测量、控制、保护、计量、状态监测等相关功能。根据国网相关导则、规范的要求，保护应直接采样，对于单间隔的保护应直接跳闸，涉及多间隔的保护(母线保护)宜直接跳闸。

智能组件是灵活配置的物理设备，可包含测量单元、控制单元、保护单元、计量单元、状态监测单元中的一个或几个。

间隔层设备一般指继电保护装置、测控装置、故障录波等二次设备，实现使用一个间隔的数据并且作用于该间隔一次设备的功能，即与各种远方输入/输出、智能传感器和控制器通信。

站控层包含自动化系统、站域控制系统、通信系统、对时系统等子系统，实现面向全站或一个以上~次设备的测量和控制功能，完成数据采集和监视控制(SCA—DA)、操作闭锁以及同步相量采集、电能量采集、保护信息管理等相关功能。

站控层功能应高度集成，可在一台计算机或嵌入式装置实现，也可分布在多台计算机或嵌入式装置中。

2.3.2 智能一次设备

高压设备是电网的基本单元，高压设备智能化(或称智能设备)是智能电网的重要组成部分，也是区别传统电网的主要标志之一。利用传感器对关键设备的运行状况进行实时监控、进而实现电网设备可观测、可控制和自动化是智能设备的核心任务和目标。《高压开关设备智能化技术条件》、《油浸式电力变压器智能化技术条件》对~次设备智能化做了相关规定。在满足相关标准要求的情况下，可进行功能一体化设计，包括以下三个方面：① 将传感器或/，u 执行器与高压设备或其部件进行一体化设计，以达到特定的监测或/，u 控制目的；② 将互感器与变压器、断路器等高压设备进行一体化设计，以减少变电站占地面积；③ 在智能组件中，将相关测量、控制、计量、监测、保护进行一体化融合设计，实现一、二次设备的融合。

2.3.3 智能设备与顺序控制

实现智能化的高压设备操作宜采用顺序控制，满足无人值班及区域监控中心站管理模式的要求；可接收执行监控中心、调度中心和当地后台系统发出的控制指令，经安全校核正确后自动完成符合相关运行方式变化要求的设备控制，即应能自动生成不同的主接线和不同的运行方式下的典型操作票；自动投退保护软压板；当设备出现紧急缺陷时，具备急停功能。

2.3.4 智能变电站应实现的高级功能

智能变电站应实现的高级应用功能包括：设备状态监测、基于多信息融合技术的综合故障诊断、防误功能扩展应用、智能告警及事故信息综合分析决策、智能操作票系统等。

2. 3.5 设备状态监测

智能变电站设备实现广泛的在线监测，使设备状态检修更加科学可行。在智能变电站中，可以有效地获取电网运行状态数据、各种智能电子装置的故障和动作信息及信号回路状态；减少了智能变电站中二次设备状态特征量采集上的盲区。但就目前的在线监测发展水平来看，尚不具备实现囊括所有设备在内的全面在线监测的可能性，对变电站内主要一次设备采取有针对性的在线监测技术可取得较好的投资效益。对主变、HGIS / GIS、避雷器等设备实现在线监测，监测的参量主要为主变油色谱、HGIS / GIS SF₆ 气体微水和局部放电、避雷器泄漏电流、次数等。

信息融合又称数据融合，是对多种信息的获取、表示及其内在联系进行综合处理和优化的技术。多信息融合技术从多信息的视角进行处理及综合，得到各种信息的内在联系和规律，从而剔除无用的和错误的信息，保留正确的和有用的成分，最终实现信息的优化。数据融合也为智能信息处理技术的研究提供了新的观念。

状态监测与诊断系统是一套变电站设备综合故障诊断系统(见图 2)，依据获得的被监测设备状态信息，采用基于多信息融合技术的综合故障诊断模型，结合被监测设备的结构特性和参数、运行历史状态记录以及环境因素，对被监测设备工作状态和剩余寿命做出评估。

2. 3.6 防误功能扩展应用

智能变电站主要采用了以下防误闭锁的关键技术：

(1) 相对于常规变电站的防误闭锁，智能变电站增加了监控中心层面的防误闭锁逻辑。

(2) 顺序控制操作方式，所谓顺序控制是指通过监控中心的计算机监控系统下达操作任务，由计算机系统独立地按顺序分步骤地实现操作任务。全站所有隔离开关、接地开关防误操作方式为：远控、近控均采用逻辑防误加本间隔电气节点防误。其中逻辑防误通过 GOOSE 传输机制实现，取消常规 HGIS 和 GIS 跨间隔电气节点闭锁回路，通过 GOOSE 信息实现跨间隔操作的闭锁。

2. 3.7 智能告警及事故信息综合分析决策

智能变电站监控系统上安装有智能告警及事故信息综合分析决策系统 51，对信号进行分类显示处理，提取故障报警信息，辅助故障判断及处理(见图 3)。根据变电站逻辑和推理模型，实现对告警信息的分类和信号过滤，对变电站的运行状态进行在线实时分析和推理，自动报告变电站异常并提出故障处理指导意见，为主站提供智能告警，也为主站分析决策提供事件信息。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/268062006005006075>