

智能变电站继电保护系统 调试及运行

ZHINENG BIANDIANZHAN JIDIAN BAOHU XITONG
TIAOSHI JI YUNXING

皮志勇 袁志军 杨铭 皮志军 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

智能变电站继电保护系统 调试及运行

皮志勇 袁志军 杨铭 皮志军 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

近些年, 通信网络技术、电子式互感器、在线监测技术、IEC 61850 规约研究应用逐渐走向成熟, 智能变电站成为电力系统技术发展的必然选择。

本书围绕智能变电站继电保护调试方法展开论述, 结合 220kV 智能变电站改造、新建过程中继电保护系统调试实践经验, 对智能变电网络构建和继电保护系统调试等问题进行了研究。全书分为 6 章, 分别是概述、智能变电站设备及组网、智能变电站二次回路、智能变电站继电保护系统作业安全措施、智能变电站继电保护系统调试、智能变电站继电保护系统运行规范及要求。并包含合并单元、智能终端的调试作业指导书, 220kV 线路、主变压器、母线、母联继电保护装置检验报告 6 个附录。

本书可供从事继电保护及安全自动装置的安装和调试人员、变电站运行维护人员、变电运检管理人员使用和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

智能变电站继电保护系统调试及运行/皮志勇等编著. —北京:
中国电力出版社, 2017. 2

ISBN 978-7-5198-0156-4

I. ①智… II. ①皮… III. ①智能系统-变电所-继电保护
IV. ①TM63-39②TM77-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 320008 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2017 年 2 月第一版 2017 年 2 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 12.125 印张 212 千字

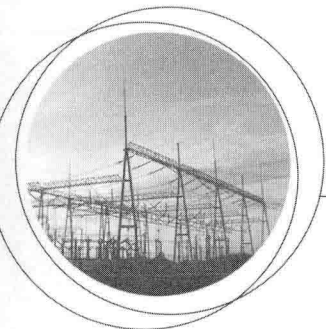
印数 0001—1500 册 定价 45.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

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

随着电力系统的迅猛发展,变电站控制与保护系统在经历了电磁式、半导体和集成电路保护阶段后,于20世纪90年代发展到微机保护时代。经过10年发展,在解决间隔层设备大量数字信息共享与传输问题的过程中,变电站综合自动化技术迅猛发展,常规的模拟信号控制屏以及间隔层到站控层的电缆被取消,变电站自动控制与保护达到较高水平。但是在发展过程中,微机保护和综合自动化系统的一些不足也逐渐显露出来。之前,由于通信技术不完善,必须采用现场计算、小数据量低速数据传输方式,金属通信线路在恶劣的电磁环境中会受到强烈信号的干扰,直接造成信息传输速度低、数据信息不丰富、终端设备成本高等。近些年,通信网络技术、电子式互感器、在线监测技术、IEC 61850 规约研究应用逐渐走向成熟,智能变电站成为电力系统技术发展的必然选择。

按照坚强智能电网的规划,智能变电站已大范围的应用,更多的新设备已应用在智能变电站中。如何规范有效地进行继电保护调试,确保继电保护选择性、速动性、灵敏性、可靠性的要求,具有重要的意义。

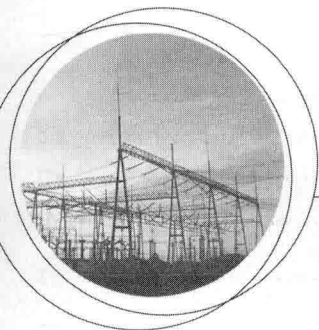
本书围绕智能变电站继电保护调试方法展开论述,结合220kV智能变电站改造、新建过程中继电保护系统调试实践经验,对智能变电网构建和继电保护系统调试等问题进行了研究。全书分为6章,分别是概述、智能变电站设备及组网、智能变电站二次回路、智能变电站继电保护系统作业安全措施、智能变电站继电保护系统调试、智能变电站继电保护系统运行规范及要求。并包含合并单元、智能终端的调试作业指导书,220kV线路、主变压器、母线、母联继电保护装置检验报告6个附录。

本书为现阶段开展的智能化变电站现场调试工作提供了参考,是确保智能变电站顺利投产的有效途径。同时,也为产品检测、现场调试技术规范提供了依据,为智能变电站稳定运行提供了有力保障。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2016年11月



目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 智能变电站概念	1
1.2 智能变电站的特点	2
1.3 智能变电站继电保护系统调试方法	4
第 2 章 智能变电站设备及组网	7
2.1 站控层设备及网络	7
2.2 间隔层设备	8
2.3 过程层设备及网络	10
2.4 智能变电站组网及网络构建标准	12
2.5 网络构建工程应用	13
第 3 章 智能变电站二次回路	20
3.1 智能设备过程层端口	20
3.2 光纤回路	39
3.3 虚回路	60
第 4 章 智能变电站继电保护系统作业安全措施	68
4.1 安全措施隔离技术	68
4.2 安全措施实施原则	71
4.3 现场操作注意事项	72
4.4 设备停电检修操作流程	74
第 5 章 智能变电站继电保护系统调试	82
5.1 调试要求及流程	82

5.2	单体调试	82
5.3	网络测试	89
5.4	整组调试	91
第 6 章	智能变电站继电保护系统运行规范及要求	97
6.1	一般原则	97
6.2	定值管理规范	97
6.3	压板操作规范	99
6.4	保护装置运行规范	99
6.5	智能终端及合并单元设备运行规范	100
6.6	装置检修要求	100
6.7	装置故障处理要求	101
6.8	保护停运方式要求	102
6.9	参数管理要求	102
附录 A	智能变电站合并单元调试作业指导书	104
附录 B	智能变电站智能终端调试作业指导书	125
附录 C	智能变电站 220kV 线路保护定期检验报告	142
附录 D	智能变电站 220kV 主变压器保护定期检验报告	156
附录 E	智能变电站 220kV 母线保护定期检验报告	170
附录 F	智能变电站 220kV 母联保护定期检验报告	179

概 述

随着电力系统的迅猛发展，变电站控制与保护系统在经历了电磁式、半导体和集成电路保护阶段后，于20世纪90年代发展到微机保护时代。经过10年发展，在解决间隔层设备大量数字信息共享与传输问题的过程中，变电站综合自动化技术迅猛发展，常规的模拟信号控制屏以及间隔层到站控层的电缆被取消，变电站自动控制与保护达到较高水平。但是在发展过程中，微机保护和综合自动化系统的一些不足也逐渐显露出来。之前，由于通信技术不完善，必须采用现场计算、小数据量低速数据传输方式，金属通信线路在恶劣的电磁环境中会受到强烈信号的干扰，直接造成信息传输速度低、数据信息不丰富、终端设备成本高等。近些年，通信网络技术、电子式互感器、在线监测技术、IEC 61850 规约研究应用逐渐走向成熟，智能变电站成为电力系统技术发展的必然选择。

1.1 智能变电站概念

智能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的变电站。

智能变电站以设备智能化为基础，具有变电设备的智能监控、供电安全的在线预警、薄弱环节的自动识别等功能。高可靠性的设备是变电站坚强的基础，综合分析、自动协同控制是变电站智能的关键，设备信息数字化、功能集成化、结构紧凑化、检修状态化是发展方向，运维高效化是最终目标。智能变电站由数字化变电站演变而来，经过多年的发展，技术已经日臻完善。智能变电站与传统变电站的差异主要体现在一次设备智能化和二次设备网络化两个方面。

一次设备的智能化和信息化是实现智能电网信息化的关键。采用标准的数字化、信息化接口，实现集在线监测和测控保护技术于一体的智能化一次设备，能



实现整个智能电网信息流一体化的需求。一次设备智能化的电气设备主要包括电子式互感器（光电互感器）、智能组件、智能变压器及其他辅助设备。由于一次设备被检测的信号和被控制的操作驱动装置采用微机处理器和光电技术，从而简化了常规机电继电器及控制回路的结构，数字控制信号网络也取代了传统的导线连接。同时，电子式互感器（光电互感器）的大规模使用，为一次设备智能化提供了基础。数字化继电保护、在线监测等二次设备都被集中到了智能组件或一次设备内。可以说，智能变电站的设备层集成了传统变电站过程层、间隔层的全部功能。智能化一次设备可通过先进的状态监测手段、可靠的评价手段和寿命预测手段来判断一次设备的运行状态，并且在一次设备运行状态异常时对设备进行故障分析，其对故障的部位、严重程度和发展趋势做出的判断可识别故障的早期征兆，并可根据分析诊断结果在设备性能下降到一定程度或故障将要发生之前进行维修。通过对传统型一次设备进行智能化建设，可以实时掌握变压器等一次设备的运行状态，为科学调度提供依据。

智能变电站二次系统总体上把全站分为过程层、间隔层和站控层 3 层。其中，过程层设备包含变压器、断路器、电压互感器（TV）/电流互感器（TA）等及其所属的智能组件（MU+智能操作箱）；间隔层设备一般指保护、测控等二次设备，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、传感器和控制器接口；站控层主要包括自动化站级监视控制系统、站域控制、通信系统、对时系统等，实现面向全站设备的监视、控制、告警及信息交互功能，完成数据采集和监视控制（SCADA）、操作闭锁以及同步相量采集、电能采集、保护信息管理等相关功能。变电站内的二次设备之间的连接全部采用高速的网络通信，而不再出现常规功能装置重复的 I/O 现场接口，通过网络真正实现数据共享、资源共享。可以说，二次设备网络化即是通过 IEC 61850 协议、光纤等设备实现分布式系统控制，从而代替总线方式，使得数据传输更加丰富、更加标准，这也为智能变电站“全景”式监控提供了保证。

1.2 智能变电站的特点

与常规变电站相比，智能变电站采用智能设备，自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能，实现了范围更广、层次更深、结构更复杂的信息采集和处理，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，实现了变电站技术水平和管理水平的全面提升。

从总体来看，智能变电站的主要技术特点有以下 3 个方面：



(1) 能实现很好的低碳环保效果。在智能变电站中,传统的电缆接线不再被工程所采用,取而代之的是光纤电缆,在各类电子设备中大量使用了高集成度且功耗低的电子元件,此外,传统的充油式互感器也没有逃脱被淘汰的命运,电子式互感器将其取而代之。不管是各种设备还是接线方式的改善,都有效地减少了能源的消耗和浪费,不但降低了成本,也切实降低了变电站内部的电磁辐射等污染对人们和环境形成的伤害,在很大程度上提高了环境质量,实现了变电站性能优化,使之对环境保护的能力更加显著。

(2) 具有良好的交互性。智能变电站的工作特性和所负担的职责,使其必须具有良好的交互性。它负责电网运行的数据统计工作,就要求其必须具有向电网回馈安全可靠、准确细致的信息的功能。智能变电站在实现信息的采集和分析功能后,不但可以将这些信息在内部共享,还可以将其和网内更复杂、高级的系统进行良好的互动。

(3) 软、硬件高度集成。智能变电站的软件技术和硬件技术相辅相成,二者形成完美的协作。软件系统是保证智能变电站正常运行的灵魂和钥匙,其不但能够实现信息控制和监控功能,还可以将相量测量单元(PMU)、录波等功能进行集成,这就完成了变电站内部的区域失控防误闭锁、在线状态监督、远程操作等高级功能。对于保证日益庞大和复杂的电力系统安全稳定运行,提高自动化程度具有深远意义。

随着科学技术的不断发展和进步,变电站二次系统硬件中开始有了描述语言的硬件,描述语言的硬件的出现使智能变电站在设计应用上有了集成、自动及模型化的特点,使得硬件系统中出现了功能全面的模块化的规划,能够将一些不同的逻辑问题固化到智能变电站内部的设备上,由软件的控制到达硬件的应用,从而确保了设计应用的准确、可靠,同时也解决了信息传送中的关键问题。

从形式来看,智能变电站的主要特点有以下6个方面:

(1) 在体系构架方面,完全遵循 IEC 61850 规范,系统建模标准化。统一的信息模型和信息交换模型解决了互操作问题,实现了信息共享,简化了系统维护、工程配置和工程实施。

(2) 在信息采集与传输方面,采用全数字接口的二次设备,实现遥测、遥信全数字化高精度测量与同步采集。具有精确绝对时标,全站数据统一采集及标准方式输出共享方便。利用光缆代替传统电缆,长期困扰继电保护安全稳定运行的 TA 开路、TV 短路、电磁干扰、一点接地等问题不复存在,节约了大量二次电缆和造价,体现了节能环保理念。



(3) 在一次设备智能化方面,采用智能组件技术实现一次设备在线故障诊断,为运维自动化及设备全寿命周期管理提供技术支撑。以变压器为例,变压器智能组件集成控制、测量、状态监测、非电量保护等 IED,实现冷却器、中性点开关和有载分接开关的控制;实现油温、油位、本体瓦斯、压力释放、油位异常等非电量保护信号的测量与远传;实现变压器油色谱及微水、变压器套管、铁芯接地电流状态监测信息的就地采集与处理,以 DL/T 860 标准接入信息一体化平台。

(4) 在监控系统方面,建立了全站信息一体化平台。信息一体化平台作为变电站全景数据收集、处理、存储的中心,融合监控、“五防”、保护故障信息站、高级应用、状态监测、各类智能辅助系统等多套系统的信息及功能,简化了二次系统的配置,实现全景数据集成、标准化后统一上送,实现了源端维护。

(5) 在高级应用方面,全站可灵活配置一键式顺序控制、智能开票、智能告警、故障分析综合决策,设备状态可视化、支撑经济运行与优化控制、源端维护等高级功能。使原先人工运维的工作全部实现自动化,为运维检修管理提供了可靠的技术保证。

(6) 在站用电方面,全站站用交直流、逆变、通信等电源采用一体化设计、一体化配置、一体化监控。通过一体化监控模块将站用电源各子系统通信网络化,实现站用电源信息共享,并以 DL/T 860 标准接入信息一体化平台。同时,部分变电站采用太阳能清洁能源作为站用一体化电源系统的补充和备用,实现光伏电源并网运行,提高站用电设备运行可靠性。

1.3 智能变电站继电保护系统调试方法

1.3.1 调试技术的发展

智能变电站是在数字化变电站的基础上发展起来的,网络化信息共享是其重要特征,智能变电站与常规变电站调试与运维的差异,主要源自数据传输方式和网络通信技术的发展,具体体现在站内计算机监控、继电保护、网络通信系统的试验等方面。

(1) 调试方法的变化。

1) 规约的变化引起调试方法的变化。常规变电站采用 IEC 103 规约,而智能变电站采用 IEC 61850 规范,数据的通信传输方式、变电站信息模型发生了巨大变化。基于 IEC 61850 标准的智能变电站可实现功能自由分布,逻辑节点依赖通



信网络实现信息传递和功能协同,功能间的信息流向关系则可以由规范化的变电站配置描述语言(SCL)来进行表达。

2) 网络的变化引起调试方法的变化。过程层的网络使得原有大量电缆硬连接被以太网络所替代,原来的多条实际的连接点被一条虚拟化的网络线所替代。智能变电站实现了二次设备网络化,其测试内容不仅包括一般网络的时延、吞吐量、丢帧率等基本性能测试,还包括多层级联后性能及 VLAN 划分、优先级处理、端口镜像、广播风暴等功能要求。

(2) 调试工器具的变化。智能变电站测试中出现了 IEC 61850 测试工具、数字化继电保护测试仪、网络报文分析仪等新型测试设备及工具,见表 1-1。测试工具从原来的模拟量向数字量转变,测试方法和要求也发生了变化,如原二次回路采用电信号连接无须考虑回路上的延时问题,而现在大量采用网络连接,需要验证各智能二次设备间的网络延时。

表 1-1 智能变电站调试试验项目所用设备

序号	系统名称	试验设备
1	继电保护系统	数字式继电保护测试仪
2	站内网络系统	网络性能测试仪、光纤检测仪
3	监控系统	数字式继电保护测试仪、综自测试仪、时间同步 SOE 测试仪
4	全站同步对时系统	变电站时间同步测试仪、时间同步 SOE 测试仪、综自测试仪
5	网络状态监测系统	便携网络分析仪
6	采样值系统	传统继电保护测试仪、电子式互感器校验仪、数字式继电保护测试仪
7	电能量信息管理系统	数字式继电保护测试仪、综自测试仪、标准信号源
8	远动系统	数字式继电保护测试仪、综自测试仪、时间同步 SOE 测试仪
9	其他常规仪器仪表	手持红外点温仪、光功率计、智能万用表、光纤检测仪、光纤熔接机

(3) 调试安全措施上的变化。传统的二次回路设有压板等明显断开点,可保证检修、调试时的安全性。智能变电站全面采用网络通信,设备之间不存在明显的物理断开点,智能设备的运行检修与传统方式发生了巨大转变。跳闸方式发生了变化,保护装置出口采用软压板方式进行投退;程序化操作,IEC 61850 的应用使保护等二次设备具备远方操作的技术条件。

1.3.2 基本方法

智能变电站从结构上增加了过程层设备,其交流采集和保护开入以数字化方提供信息,测试内容侧重于对合并单元、智能终端等装置的准确性、快速性和同步性等内容。总结智能变电站二次系统测试方法主要分为以下 3 种:



(1) 利用继电保护测试仪器加量,实现对二次系统部分设备的单体测试,这种方法加入的信号为模拟信号,多应用于常规变电站。这种方法的优点是测试方法简单、直观,但不能满足二次系统的完整功能测试。

(2) 通过一次设备加量,以实际互感器输出作为数据源,注入被测二次系统,通过其行为响应,判断功能的正确性。采用实际物理设备动态模拟一次系统,并按照变电站现场二次系统的保护配置情况,搭建过程层与间隔层之间的信息网络。在模拟各种故障的条件下对二次系统的功能进行测试。该方法虽然能有效检测二次系统,但由于动模系统的设备复杂、规模庞大,难以完成现场测试。

(3) 通过产生网络报文,激励二次设备动作,以检查二次系统网络功能。该方法模拟过程层、间隔层报文,通过网络交换机链接到二次系统,以检查二次系统的行为。

智能变电站设备及组网

智能变电站二次系统按 Q/GDW 383—2009《智能变电站技术导则》的要求采用三层两网结构，全站设备分为站控层、间隔层和过程层，各层设备之间采用过程层网与站控层网进行连接，如图 2-1 所示。

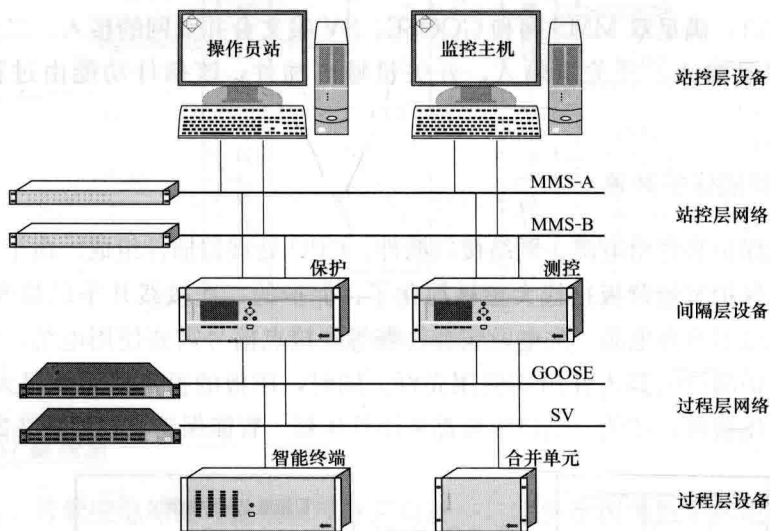


图 2-1 智能变电站网络结构

智能变电站按结构可分站控层设备、间隔层设备、过程层设备、站控层网络和过程层网络。

2.1 站控层设备及网络

站控层设备主要用于集中监控变电站当前运行状态的信息。常规变电站根据监控的功能采用不同的计算机实现，智能变电站在监控策略上较常规变电站设备更集中、资源更共享。站控层设备采用一体化服务器，集后台监控系统、五防系



统、在线监测系统为一体，实现了数据采集和统一存储、数据消息总线和统一访问接口以及人机对话功能。其中，人机对话功能指运行监视、操作控制、信息综合分析 with 智能告警、运行管理、辅助应用。实现了全站信息的统一接入、统一存储、统一展示。站控层设备均采用 100Mbit/s 的工业以太网，并按照 IEC 61850 标准进行系统建模和信息传输。

2.2 间隔层设备

间隔层设备主要指保护、测控、计量等二次设备。与站控层、过程层设备实现承上启下的通信功能。智能化保护、测控装置较常规装置也有所变化，一是全面支持 IEC 61850，设备的网络接口处理能力均大于 40Mbit/s；每个装置配置 4 个以上网口，满足双 MMS 网和 GOOSE、SV 报文合并双网的接入。二是不重复配置模拟量输入、开关量输入、开关量输出插件，该插件功能由过程层设备实现。

2.2.1 智能保护装置

智能保护装置由电源、网络接口插件、CPU 处理器插件组成。由于采用数字信号后，保护装置背板接线大量被简化了，保护的二次接线几乎已被光纤取代，每个屏柜最多只有电源、失电及装置告警等硬接点信号需要使用电缆。电流电压采集和保护测控的开入开出均使用光纤。同时，压板的投退发生了很大的变化，除了检修压板外，功能、出口压板都采用软压板。智能保护装置如图 2-2 所示。

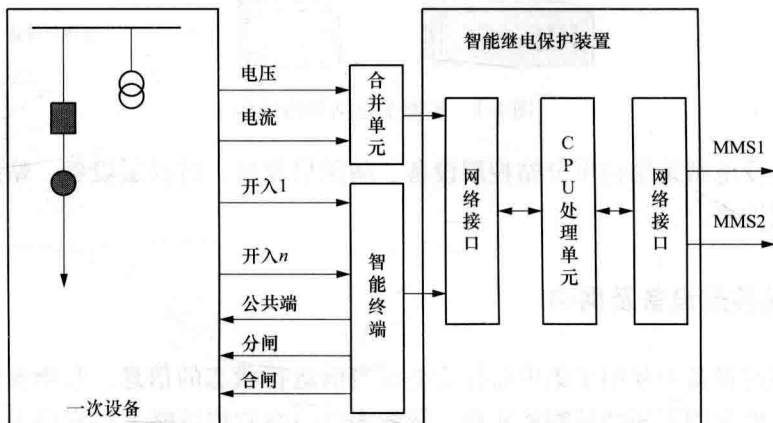


图 2-2 智能保护装置结构图



2.2.2 智能测控装置

智能测控装置由电源、网络接口插件、CPU 处理插件组成。智能测控装置功能与常规测控装置一样，实现全站监控。根据智能变电站继电保护和网络按双重化配置的要求，测控装置也需按双套配置。若将测控装置按双套配置，就难以保证控制信息的唯一性。为保证全站控制的唯一性，智能测控装置引入了“对上主备、对下双主”的概念，实现测控装置按单套配置并跨双网，网络控制上完全独立。智能测控装置如图 2-3 所示。

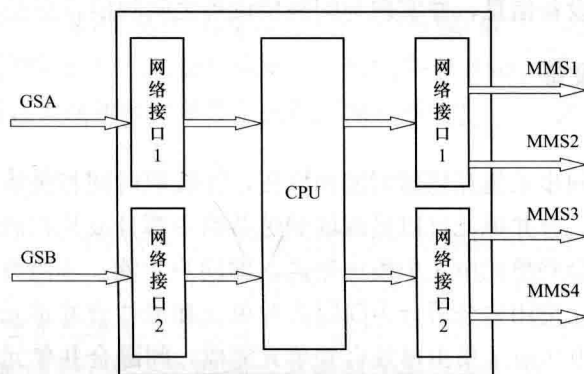


图 2-3 智能测控装置结构图

2.2.3 计量装置

目前，智能变电站的计量系统没有完全统一，主要是因为数字式电能表在运行中存在一些问题，因此关口计量通常采用常规电能表，非关口计量采用数字式电能表。常规电能表仍然采用常规电压并列装置。

2.2.4 其他设备

故障录波装置是常规变电站的记录装置，用于记录电气量故障时的故障波形和开关变位信号，在智能变电站内也有对应的装置，采集的是过程层的 SV 和 GOOSE 报文，功能和常规变电站的一样。220kV 及以上电压等级变电站宜按电压等级配置故障录波装置，主变压器故障录波装置宜独立配置。110kV 及以下变电站全站宜统一配置故障录波装置。



网络分析仪实现对全站各种网络报文的实时监视、捕捉、存储、分析和统计功能。网络分析仪在系统出现通信故障时起仲裁作用。

对时系统是智能变电站全站公用的时间同步系统，全站配置一套，主时钟应双重化配置，并支持北斗系统和 GPS 标准授时信号。过程层设备通过光 B 码的方式对时，间隔层设备仍然使用电 B 码对时。

2.3 过程层设备及网络

过程层是一次设备与二次设备的结合面，通过合并单元、智能终端及在线监测就地采集一次设备信息，并实现与间隔层设备之间的信息交互功能。

2.3.1 过程层设备

1. 合并单元

合并单元是同步采集互感器电流和电压，并按照时间相关组合将模拟量转换成数字量的单元。合并单元可以是现场变送器的一部分或是控制室中的一个独立的装置。典型的合并单元由 3 个模块组成，即同步功能、多路数据采集、接口功能模块。合并单元按用途分可分为间隔合并单元和母线合并单元。间隔合并单元仅采集电流量，电压量采集由母线合并单元完成，间隔合并单元通过与母线合并单元级联方式获取电压量。

2. 智能终端

智能终端是实现一次设备状态量转换和一次设备控制的智能单元。用电缆与一次设备连接，采集一次设备的状态量，用光纤与二次设备连接传递保护装置跳合闸命令、测控装置操作命令，具有传统操作箱功能和部分测控功能。其作用为：

- (1) 具有开关量采集功能。
- (2) 具有开关量输出功能。
- (3) 具有断路器控制和操作箱功能。
- (4) 具有完整的跳闸回路监测功能。
- (5) 配置足够数量的 GOOSE 网络接口，实现 GOOSE 报文的上传及接收功能。
- (6) 对于变压器本体，智能终端应具备常规主变压器非电量保护功能。

3. 过程层交换机

过程层交换机实现过程层网络信息交互，主要采用光电接口。交换机不仅被



用于采集间隔层设备的数据，也是控制和保护动作的信息通道，因此交换机的可靠性、电磁兼容性能、实时性、通信功能、安全性等方面显得尤其重要，在通信管理上要与继电保护装置同等重要对待。国家电网公司 2010 年 3 月发布了 Q/GDW 429—2010《智能变电站网络交换机技术规范》，使得公司系统内智能变电站网络交换机选型、设备采购等工作有了遵循的依据。对智能变电站交换机的要求如下：

- (1) 当交换机用于传输 SMV 或 GOOSE 等可靠性要求较高的信息时，应采用光接口；当交换机用于传输 MMS 等信息时，宜采用电接口。
- (2) 交换机 MAC 地址缓存能力不小于 4096 个。
- (3) 交换机学习新的 MAC 地址速率大于 1000 帧/s。
- (4) 传输各种帧长数据时交换机固有时延应小于 $10\mu\text{s}$ 。
- (5) 交换机在全线速转发条件下丢包（帧）率为零。

2.3.2 过程层网络

过程层网均可采用星形连接，根据信息传输不同可组成 SV 网络和 GOOSE 网络。SV 网络主要实现合并单元与继电保护及安全自动装置采样值数据交换，GOOSE 网络主要实现智能电子设备信息交换，如图 2-4 所示。按双重化原则配置的保护，SV 网络和 GOOSE 网络应遵循相互独立的原则，当一个网络异常或退出运行时不应影响另一个网络。

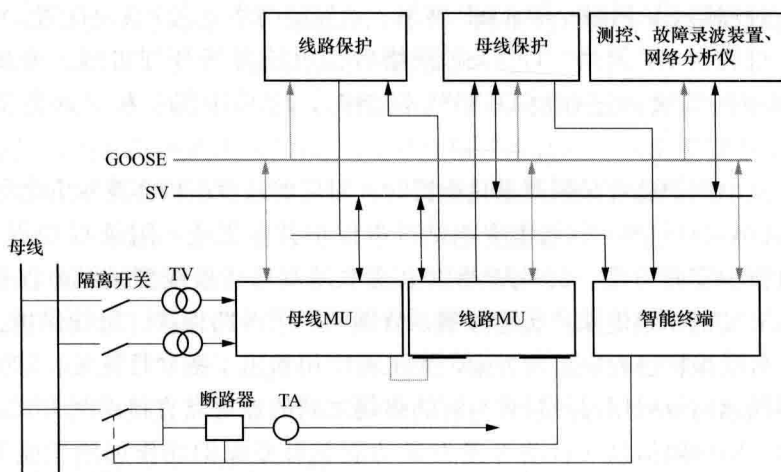


图 2-4 线路间隔网络示意图