

ZHINENG BIANDIANZHAN ERCI XITONG YUNXING YU WEIHU

智能变电站二次系统 运行与维护

刘宏新 主 编

李 强 王礼田 沈 同 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

ZHINENG BIANDIANZHAN ERCI XITONG YUNXING YU WEIHU

智能变电站二次系统 运行与维护

刘宏新 主 编

李 强 王礼田 沈 同 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书系统阐述了智能变电站二次系统配置与结构、二次设备功能及实现原理、二次系统验收内容和方法、日常巡视内容、异常告警分析及处理、SCD配置及可视化审查、典型运维工具的使用等。全书共13章和2个附录。第1章介绍智能变电站二次系统配置、结构、关键技术和运维注意事项；第2~11章分别介绍合并单元、智能终端、线路保护、变压器保护、母差保护、断路器保护、测控装置、交换机、故障录波器和网络分析装置、监控后台的功能实现原理、验收内容和方法、日常巡视内容和异常告警分析及处理方法；第12章介绍全站配置文件的配置过程、可视化审查要点；第13章介绍抓包工具、数字化试验仪和光功率测试仪器等的使用方法；附录A介绍交换机VLAN划分方法和镜像方法；附录B介绍二次设备插件更换方法。

本书可供智能变电站二次系统安装调试、运行维护、专业管理、运行监控等相关人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站二次系统运行与维护/刘宏新主编. —北京: 中国电力出版社, 2016.12

ISBN 978-7-5198-0221-9

I. ①智… II. ①刘… III. ①智能系统-变电所-二次系统-运行②智能系统-变电所-二次系统-维修 IV. ①TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第305284号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 畅 舒 (shu-chang@sgcc.com.cn)

责任校对: 郝军燕

装帧设计: 张俊霞 张 娟

责任印制: 蔺义舟

印 刷: 航远印刷有限公司印刷

版 次: 2016年12月第一版

印 次: 2016年12月北京第一次印刷

开 本: 787毫米×1092毫米 16开本

印 张: 14

字 数: 330千字

印 数: 0001—3000册

定 价: 62.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

《智能变电站二次系统运行与维护》

主 编 刘宏新

副 主 编 李 强 王礼田 沈 同

编委会成员 梁建伟 张军六 王德林 续建国
曹明德 吕鹏飞 刘 宇 牛四清
赵泰峰 张 涛 李鸣镝 田俊杰

编写组组长 张军六

编写组副组长 续建国 慕国行

编写组成员 张晓鹏 樊丽琴 韩卫恒 王 宁
刘一民 蔡伟伟 程 强 宋述勇
魏 强 马 安 李江龙 史新华
王小琪 张 鑫 侯超军 张志明
刘 洋 马振国 李 瑞 郝 伟
王 婷 王鹏程 韩国栋 张 骞
程 刚 王 亮 李弘毅 郭建国
梁小栋 王俊奇 李七鑫 石文章
张家玮 贾景东 田志瑞 令狐进军
冯李军 刘国瑞 刘 博

序



为适应电力发展新形势，实现能源资源的大范围、高效率配置，国家电网公司全面加快建设坚强智能电网，不断推动构建全球能源互联网。智能变电站作为建设坚强智能电网中必要且重要的一环，近年来其建设发展速度非常之快，新建变电站已全部按照智能变电站要求设计。目前，220kV及以上智能变电站数量已占总量的近20%，且该比例还将不断提高。随着智能变电站的规模不断扩大，其安全稳定运行对整个电网以及全球能源互联网稳步推进具有愈发重要的影响。

相对于常规变电站，智能变电站更多地引入了先进的计算机技术、通信技术、自动化技术等，以光纤代替大量电缆，以数字量传输代替模拟量传输，实现了全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化。智能变电站作为一个系统的交互性强，同时也容易出现牵一发而动全身的现象，因此，要求其内部设备具有较高的可靠性，对运行维护也提出了更加严苛的要求。

智能变电站目前更多地采用电磁式互感器+合并单元、断路器+智能终端的方式，合并单元、智能终端就地化布置，实现数据采集、数据同步和数字化传输，二次采用三层两网模式，实现了全站二次设备间的信息交互。智能变电站二次设备新技术的大量应用，对二次系统的调试、验收、运行与维护带来了较大困难和挑战。智能变电站要求二次人员不仅要掌握继电保护技术，还要熟悉计算机、通信、网络等技术，且要求更高、更严。因此，编写一本介绍智能变电站原理，阐述智能变电站二次系统运行维护的培训教材，对运维人员全面了解和掌握智能变电站技术具有重要的意义。

本书紧扣“智能变电站二次系统运行与维护”主题，以真正有助于智能变电站实际运行和维护消缺为目的，分别从二次系统结构、二次设备原理、SCD文件的配置、验收要点及方法、运行监视及告警、典型故障分析及消缺等方面进行了深入浅出地讲解和分析，对智能变电站二次系统的运行监视、

维护消缺等技术业务具有较强的针对性和指导性。



2016年10月24日

前言



智能变电站作为智能电网建设的重要一环，其建设速度和建设规模不断扩大，其安全稳定运行对整个电网的重要性不言而喻。智能变电站系统结构，从物理角度来分析，可分为智能化的一次设备及网络化的二次设备。较传统变电站，智能变电站二次系统发生了质的变化，引进大量先进的计算机技术、通信技术，实现了全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化。

智能变电站以光纤代替二次电缆，将传统单一模拟信号转变为高度集成的数字信号，传统二次电缆与传输信号一一对应，而智能变电站一根二次光纤内传输大量数字信号，信号以报文形式传输；以全站二次系统配置文件 SCD (substation configuration description) 描述二次信息连接关系，将传统二次图纸转变为基于 XML 语言描述的 SCD 文件，是智能变电站二次系统的核心，决定着全站二次系统的信息配置和流向；以软连接片代替硬连接片，继电保护装置功能、接收、出口连接片全部采用软连接片，并引入检修硬连接片，投退顺序正确性直接关系到现场二次设备安全健康运行；以交换机作为信息共享载体，继电保护、测控等设备间的信息交互由交换机完成，交换机内部配置文件的正确性成为信息顺利交互的关键。以上变化，给惯于常规变电站的运行维护人员带来巨大挑战。

对于智能变电站运行监控人员，需要掌握二次系统的运行特性，掌握二次系统各种异常告警的含义、紧急程度、影响后果及采取的措施；对于二次专业人员，除了掌握二次系统的调试验收、异常告警的分析及处理方法外，还需掌握 SCD 配置文件的配置及下装过程，能够审查 SCD 配置文件的正确性，具备独立完成 SCD 配置文件修改、审核、下装及检验的能力，掌握过程层交换机 VLAN 划分和站控层交换机镜像方法，具备独立完成交换机内部配置文件查阅、备份/恢复、修改及检验的能力，掌握过程层报文、站控层

报文的组成结构，具备独立利用抓包工具抓取报文并解读、分析报文内容的能力。对智能变电站技术的掌握，不仅要达到知其然，还要知其所以然，只有“知己知彼”，才能“百战百胜”，只有全面掌握智能变电站二次系统的组成及内部实现过程，才能做好专业管理和运行维护工作。

基于以上需求分析，本书结合现场实际，从二次系统组成结构及关键技术、二次设备的软硬件实现原理、验收内容及方法、运行监视及异常告警的分析处理、SCD文件的配置及下装、SCD文件审查要点、交换机 VLAN 及镜像方法、典型工具的使用、报文抓取及分析方法等方面进行了详细的介绍，对智能变电站的运行监视、二次专业管理和维护消缺工作具有较强的指导和帮助。

由于时间仓促，书中难免有疏漏和不足之处，恳请各位专家和读者批评指正。

编者

2016年12月

目 录



序 前言

第 1 章 智能变电站二次系统概述	1
1.1 二次系统结构	1
1.2 二次系统配置	2
1.3 关键技术介绍	9
1.4 二次系统运行与维护注意事项	23
第 2 章 合并单元运行与维护	29
2.1 概述	29
2.2 交接验收	37
2.3 运行监控与处理	40
2.4 维护消缺	42
第 3 章 智能终端运行与维护	47
3.1 概述	47
3.2 交接验收	52
3.3 运行监控与处理	55
3.4 维护消缺	58
第 4 章 线路保护装置运行与维护	63
4.1 概述	63
4.2 交接验收	68
4.3 运行监控与处理	73
4.4 维护与消缺	76
第 5 章 变压器保护装置运行与维护	83
5.1 概述	83
5.2 交接验收	88
5.3 运行监控与处理	92
5.4 维护与消缺	95

第 6 章	母差保护运行与维护	96
6.1	概述	96
6.2	验收	99
6.3	运行监控与处理	101
6.4	维护消缺	104
第 7 章	断路器保护运行与维护	105
7.1	概述	105
7.2	交接验收	109
7.3	运行监控与处理	112
7.4	维护消缺	114
第 8 章	测控装置运行与维护	116
8.1	概述	116
8.2	交接验收	120
8.3	运行监控与处理	121
8.4	维护消缺	122
第 9 章	交换机运行与维护	126
9.1	概述	126
9.2	交换机交接验收	132
9.3	运行监控	133
9.4	维护消缺	134
第 10 章	故障录波器和网络分析装置运行与维护	136
10.1	概述	136
10.2	交接验收	139
10.3	运行监控与处理	143
10.4	维护消缺	144
第 11 章	监控后台运行与维护	145
11.1	概述	145
11.2	交接验收	147
11.3	运行监控	149
11.4	维护消缺	151
第 12 章	全站配置文件运行与维护	157
12.1	概述	157
12.2	SCD 配置工具	158
12.3	SCD 文件配置过程	161
12.4	SCD 文件审查与验收	174
第 13 章	典型工具的应用	180
13.1	抓包工具	180

13.2	数字化继电保护调试仪介绍	186
13.3	光功率测试	200
附录 A	交换机模拟界面登录、VLAN 和镜像配置、内部配置文件备份及恢复方法	202
附录 B	二次设备插件底层程序备份、恢复及 SCD 配置下装方法	208
参考文献	212

第 1 章



智能变电站二次系统概述

智能变电站为采用先进、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。

变电站的智能化是一个不断发展的过程。就目前技术发展现状而言，智能变电站二次系统是由电磁式互感器（或电子互感器）+合并单元、断路器+智能终端以及保护、测控、监控后台等二次设备分层构建而成，建立在 IEC 61850 通信规范基础上，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。

1.1 二次系统结构

IEC 61850 系列标准提出了变电站的三层功能结构、功能间的逻辑接口以及逻辑接口到物理接口的映射。根据 IEC 61850 的指导思想，国内智能变电站在实施过程中设计了多种不同的体系结构，其中应用较多的是“三层两网”结构，也提出过“三层三网”结构及“三层一网”结构。各种结构形式都遵从三层结构，只是在网络配置上差异较大。本书介绍当前最典型的智能变电站三层两网结构，如图 1-1 所示。智能变电站二次系统分为站控层、间隔层和过程层三层，逻辑上由三层设备及站控层网络、过程层网络组成，其中站控层网络、过程层网络物理上相互独立，构成网络的主要设备即是工业以太网交换机。

智能变电站二次系统的各层设备主要包括：

(1) 站控层设备，包括站控主机、数据通信网关机、数据服务器、综合应用服务器、操作员工作站、工程师工作站、同步相量测量（Phasor Measurement Unit, PMU）数据集中器和计划管理终端等。

(2) 间隔层设备，包括继电保护装置、测控装置、故障录波装置、网络记录分析仪及稳控装置等。

(3) 过程层设备，包括合并单元、智能终端等。

变电站网络在逻辑上由站控层网络、过程层网络组成。站控层网络是间隔层设备和站控层设备之间的网络，实现站控层内部以及站控层与间隔层之间的数据传输；过程层网络是间

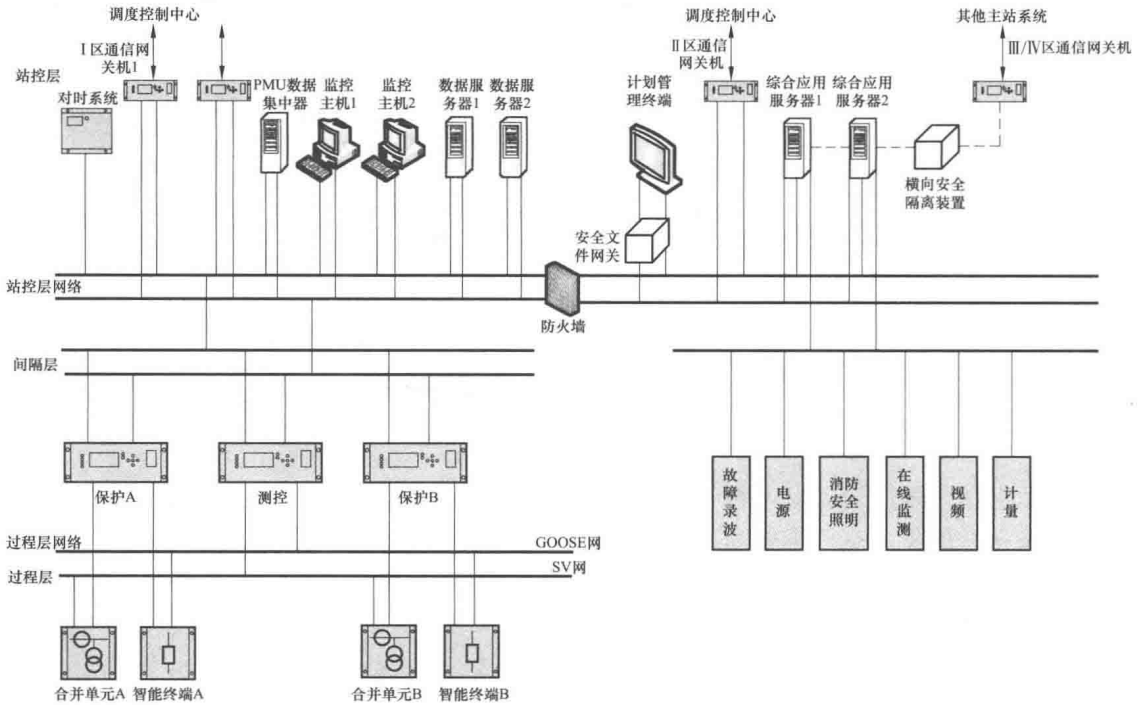


图 1-1 220kV 及以上电压等级智能变电站二次系统结构图

间隔层设备和过程层设备之间的网络，实现间隔层设备与过程层设备之间的数据传输。间隔层设备之间的通信，物理上可以映射到站控层网络，也可以映射到过程层网络。

1.2 二次系统配置

1.2.1 总体原则

(1) 220kV 及以上电压等级继电保护系统应遵循双重化配置原则，每套保护系统装置功能独立完备、安全可靠。双重化配置的两个过程层网络应遵循完全独立的原则。

1) 每套完整、独立的保护装置应能处理可能发生的所有类型的故障。两套保护之间不应有任何电气联系，当一套保护异常或退出时不应影响另一套保护的运行。

2) 两套保护的电压（电流）采样值应分别取自相互独立的合并单元（MU）。

3) 双重化配置的 MU 应与电子式互感器两套独立的二次采样系统（电磁式互感器两组独立绕组）一一对应。

4) 双重化配置保护使用的 GOOSE（SV）网络应遵循相互独立的原则，当一个网络异常或退出时不应影响另一个网络的运行。

5) 两套保护的跳闸回路应与两个智能终端分别一一对应；两个智能终端应与断路器的两个跳闸线圈分别一一对应。

6) 双重化的线路纵联保护应配置两套独立的通信设备（含复用光纤通道、独立纤芯、微波、载波等通道及加工设备），两套通信设备应分别使用独立的电源。

7) 双重化的两套保护及其相关设备（电子式互感器、MU、智能终端、网络设备、跳闸

线圈等)的直流电源应一一对应。

8) 双重化配置的保护应使用主、后一体化的保护装置。

(2) 按照 GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》要求“除出口继电器外,装置内的任一元件损坏时,装置不应误动作跳闸”。智能变电站中的电子式互感器的二次转换器(A/D采样回路)、MU、光纤连接、智能终端、过程层网络交换机等设备内任一元件损坏,除出口继电器外,不应引起保护误动作跳闸。

(3) 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。

(4) 继电保护设备与本间隔智能终端之间通信应采用 GOOSE 点对点通信方式;继电保护之间的联锁信息、失灵启动等信息宜采用 GOOSE 网络传输方式。

(5) 110kV 及以上电压等级的过程层 SV 网络、过程层 GOOSE 网络、站控层 MMS 网络应完全独立。继电保护装置接入不同网络时,应采用相互独立的数据接口控制器。

(6) 智能变电站应利用网络技术将保护信息上送至站控层,集成断路器变位动作信息、保护装置、故障录波等数据以及电子式互感器、MU、智能终端的状态信息和变电站监控信息,最终实现变电站故障信息综合分析决策。

(7) 保护装置、智能终端等智能电子设备间的相互启动、相互闭锁、位置状态等交换信息可通过 GOOSE 网络传输,双重化配置的保护之间不直接交换信息;3/2 接线形式,两个断路器的电流 MU 分别接入保护装置,电压 MU 单独接入保护装置。

1.2.2 线路保护

220kV 及以上电压等级 3/2 接线的输电线路,每回线路配置两套包含具有完整的主、后备保护功能的线路保护装置,线路保护中宜包含过电压保护和远跳就地判别功能。线路间隔 MU、智能终端均按双重化配置。图 1-2 所示为单套配置示意图,具体的配置要求如下:

(1) 按照断路器配置的电流 MU 采用点对点方式接入各自对应的保护装置。

(2) 出线配置的电压互感器对应两套双重化的线路电压 MU,线路电压 MU 单独接入线路保护装置。

(3) 线路间隔内,线路保护装置与 MU 之间采用点对点采样值传输方式,每套线路保护装置应能同时接入线路保护电压 MU、边断路器电流 MU、中断路器电流 MU 的输出,即至少三路 MU 接口。

(4) 智能终端双重化配置,分别对应于两个跳闸线圈,具有分相跳闸功能;其合闸命令输出则在智能终端处并接至合闸线圈。

(5) 线路间隔内,线路保护装置与智能终端之间采用点对点直接跳闸方式,由于 3/2 接线的每个线路保护对应两个断路器,因此每套保护装置应至少提供两路接口,分别接至两个断路器的智能终端。

(6) 线路保护启动断路器失灵与重合闸采用 GOOSE 网络传输方式。MU 提供给测控、录波器等设备的采样数据采用 SV 网络传输方式。SV 采样值网络与 GOOSE 网络应完全独立,目前一般通过交换 VLAN 划分进行隔离。

220kV 及以上电压等级双母线接线的输电线路,每回线路应配置两套包含具有完整的主、后备保护功能的线路保护装置。MU、智能终端均应采用双套配置。用于检同期的母线

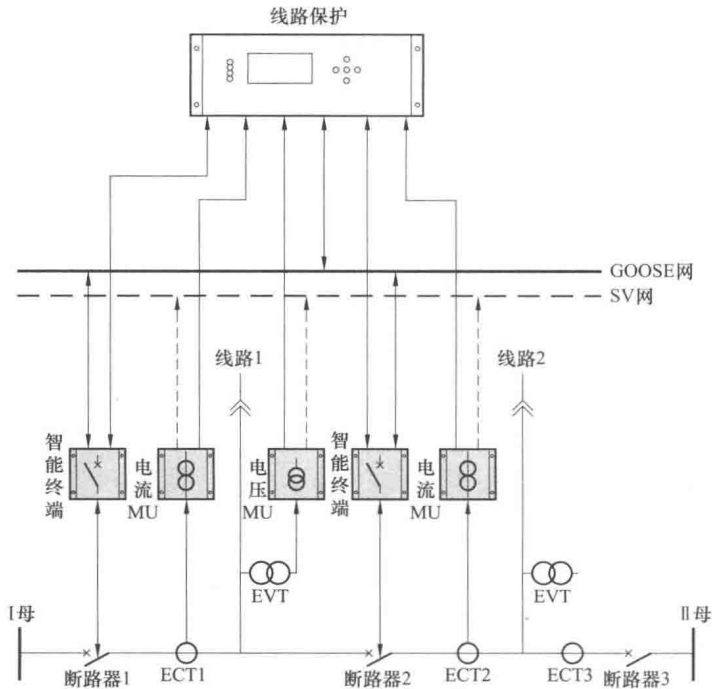


图 1-2 220kV 及以上电压等级 3/2 接线的线路保护配置图 (图示为单套)

电压由母线 MU 级联至间隔 MU 转接给各间隔保护装置。保护应直接采样，跨间隔信息 (启动母差失灵功能和母差保护动作远跳功能等) 采用 GOOSE 网络传输方式。单套配置实施方案如图 1-3 所示。

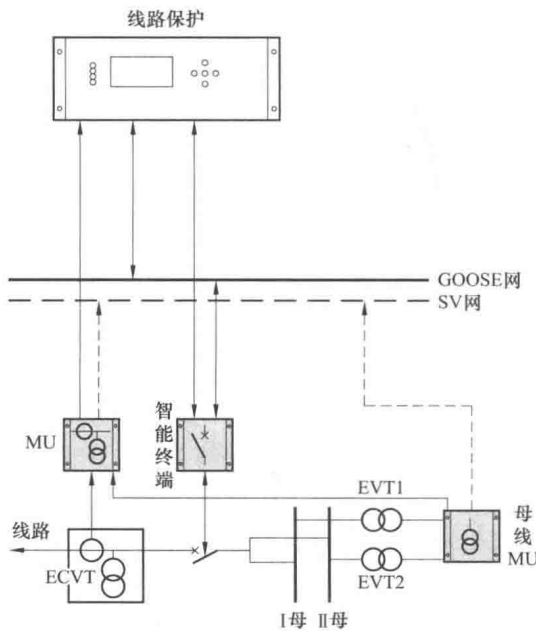


图 1-3 220kV 及以上电压等级双母线接线的线路保护配置图

110kV 线路保护每回线路宜配置单套完整的主、后备保护功能的线路保护装置。MU、智能终端均采用单套配置，配置实施方案如图 1-4 所示。

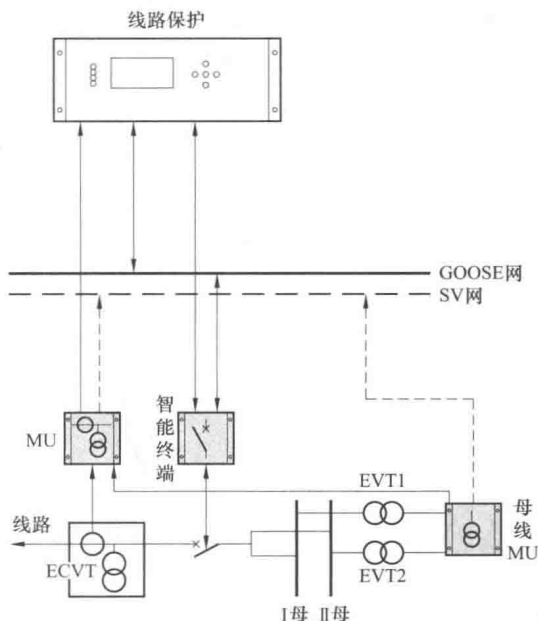


图 1-4 110kV 线路保护配置图

1.2.3 变压器保护

220kV 及以上变压器电量保护按双重化配置，每套保护包含完整的主、后备保护功能；变压器各侧及公共绕组的 MU 均按双重化配置，中性点电流、间隙电流并入相应侧 MU。

110kV 变压器电量保护宜按双套配置，双套配置时应采用主、后备保护一体化配置。变压器各侧 MU 按双套配置，中性点电流、间隙电流并入相应侧 MU。

(1) 变压器保护直接采样。单母线接线侧的电压和电流合并接入 MU，点对点接入保护装置；双母线接线侧的电压由母线 MU 级联至变压器间隔电流 MU，间隔电流 MU 点对点接入保护装置；3/2 接线侧的电流由两个电流 MU 分别接入保护装置，主变压器电压 MU 双套配置，单独接入保护装置。

(2) 变压器保护跳各侧断路器采用点对点直跳，跳母联、分段断路器及闭锁备自投、启动失灵等可采用 GOOSE 网络传输。变压器保护可通过 GOOSE 网络接收失灵保护跳闸命令，并实现失灵跳变压器各侧断路器。

(3) 变压器非电量保护采用就地直接电缆跳闸，信息通过本体智能终端上送过程层 GOOSE 网，用于测控及故障录波。

图 1-5 所示为 3/2 接线变压器保护 MU、智能终端配置方案，图 1-6 所示为变压器保护配置实施方案。

1.2.4 母线保护

(1) 220kV 及以上电压等级母线按双重化配置母线保护，各间隔 MU、智能终端均采用双重化配置。

(2) 110kV 及以下电压等级母线按单套母线保护配置。

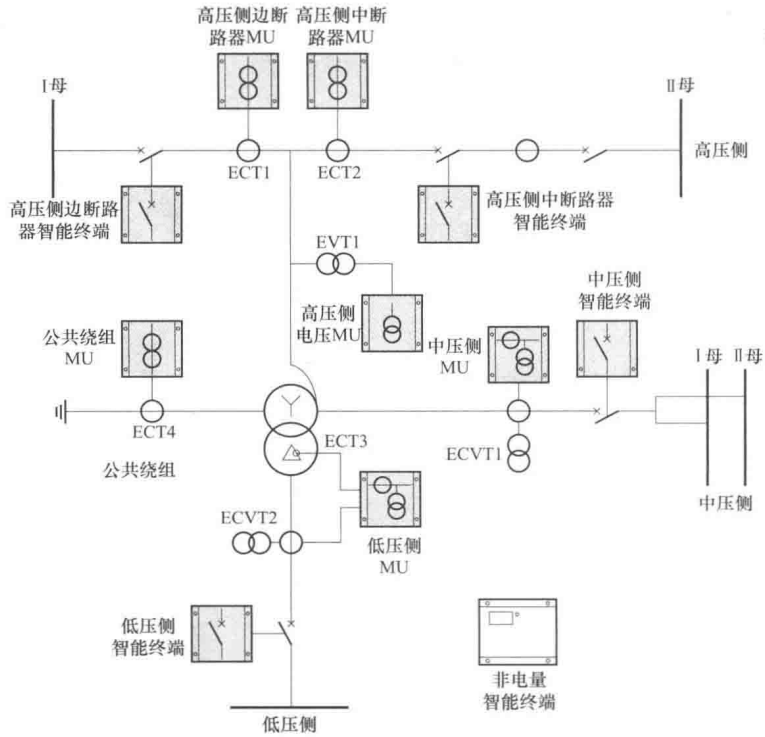


图 1-5 3/2 接线变压器保护 MU、智能终端配置图

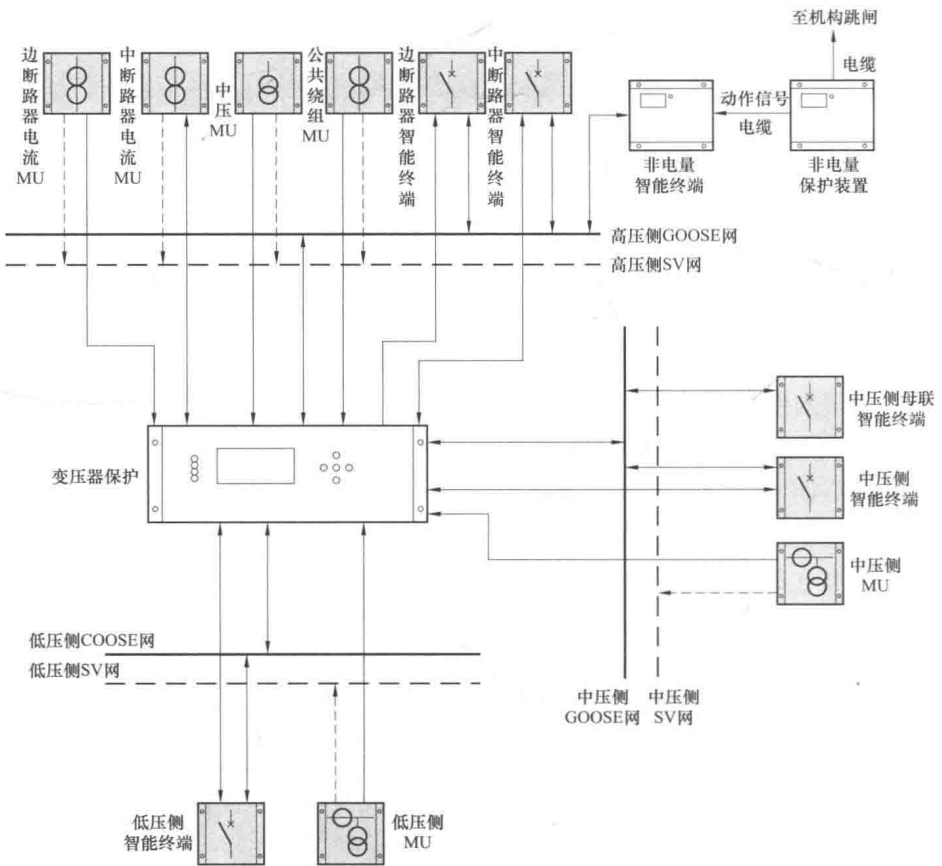


图 1-6 3/2 接线形式变压器保护单套配置实施方案图