

时间同步系统在 220kV 智能变电站中的配置浅析

董垒垒

上海酷能工程咨询有限公司, 上海 200000

[摘要] 高精度的时间同步系统对于智能变电站的安全稳定运行以及事故后的准确分析有着非常重要的作用。电力系统常用设备对于时间同步准确度的要求越来越高, 例如合并单元、同步相量测量装置和故障录波器要求的时间同步准确度在 $1\mu\text{s}$, 微机保护装置、安全自动化装置要求的时间同步准确度在 $10\mu\text{s}$ 。这样在时间同步系统本身满足技术要求的同时也要求我们在具体的工程中不断优化设计方案, 从而保证整个变电站设备运行在统一的时间基准内。文章通过对时间同步系统在 220kV 智能变电站中的配置进行分析, 探讨在实际图纸设计中应注意的问题。

[关键词] 时间同步系统; 智能变电站; 配置

DOI: 10.33142/hst.v7i3.11700

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Brief Analysis of the Configuration of Time Synchronization System in 220kV Intelligent Substation

DONG Leilei

Shanghai Kuneng Engineering Consulting Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

Abstract: A high-precision time synchronization system plays a very important role in the safe and stable operation of intelligent substations and accurate analysis after accidents. Common equipment in power systems has increasingly high requirements for time synchronization accuracy, such as merging units, synchronous phase measurement devices, and fault recorders, which require a time synchronization accuracy of $1\mu\text{s}$. The required time synchronization accuracy for microcomputer protection devices and safety automation devices is $10\mu\text{s}$. This not only meets the technical requirements of the time synchronization system itself, but also requires us to continuously optimize the design scheme in specific engineering, so as to ensure that the entire substation equipment operates within a unified time benchmark. The article analyzes the configuration of time synchronization system in 220kV intelligent substation and explores the issues that should be paid attention to in actual drawing design.

Keywords: time synchronization system; intelligent substation; configuration

在 220kV 智能变电站中, 时间同步系统作为全站设备唯一的授时来源其重要性不言而喻, 既要保证微机保护装置、安全自动化装置、合并单元、同步相量测量装置、故障录波器、各种监控装置等等设备的协调配合, 同时也是事故后各种报文分析以及判断各种设备的动作先后顺序的主要参考依据, 从而为事故的处理提供依据。

1 220kV 智能变电站简单介绍(以具体工程为例)

1.1 电压等级

220\110\20kV。

1.2 主变规模

远景规模 $3\times 240\text{MVA}$, 本期建设 $2\times 240\text{MVA}$ 。主变户内布置。主变低压侧经小电阻接地。

1.3 220kV 配电装置

本期及远景 220kV 主接线均为双母线方式, 一次采用 GIS 设备, 户内布置。

本期 220kV 部分共 7 回出线, 至沙湖变方向 2 回、宝带变方向 2 回、北部燃机方向 2 回、星港变 1 回; 另有 2 台 240MVA 主变, 1 个母联断路器, 共 10 个断路器。

远景 220kV 共 10 个出线间隔, 1 个母联, 3 台主变共 14 个断路器。

1.4 110kV 配电装置

本期及远景 110kV 主接线均为双母线接线方式, 一次采用 GIS 设备, 户内布置。

本期 110kV 部分共 10 回出线, 3 回园区变、2 回觅渡变、1 回星红变、1 回干将变、2 回公园变、1 回娄门变, 另有 2 台主变, 1 个母联断路器, 共 13 个断路器。

远景 110kV 共 15 回出线, 1 个母联, 3 台主变共 19 个断路器。

1.5 20kV 配电装置

本期 20kV 主接线为单母线 4 分段接线方式, 远景按单母线 6 分段环形接线方式。

本期 20kV 出线 24 回, 远景出线 36 回。

本期每台主变配置 3 组 12MVar 容性无功补偿装置, 1 组 10MVar 感性无功补偿装置。本期共配置 8 组无功补偿装置。远景每台主变按 4 组位置预留, 共配置 12 组无功补偿装置。

1.6 状态监测系统

配置 1 套变电设备状态监测系统, 状态监测系统采用分层分布式结构, 由传感器、状态监测 IED、后台系统构成, 后台主机功能利用一体化监控系统的综合应用服务器实现。

1.7 智能辅助控制系统

配置1套智能辅助控制系统,实现图像监控、火灾报警、消防、照明、采暖通风、环境监测等系统的智能联动控制。智能辅助控制系统不配置独立后台系统,利用状态监测及智能辅助控制系统后台主机实现智能辅助控制系统的的功能分类存储分析、智能联动功能。

1.8 交直流一体化电源系统

全站采用交直流一体化电源设计,变电站交直流一体化电源系统由站用交流电源、直流电源、交流不停电电源(UPS)、直流变换电源(DC/DC)等装置组成,并统一监视控制,共享直流电源的蓄电池组。系统中各电源一体化设计、一体化配置、一体化监控,能实现接地和远方控制功能;其运行工况和信息能够上传站内自动化系统,采用DL/T 860 通信标准与变电站自动化后台连接,实现对一体化电源系统的远程监控维护管理。

1.9 自动化系统

在功能逻辑上分为三层:站控层、间隔层和过程层,通过高速以太网络完成变电站的信息集成。三层设备之间用分层、分布、开放式的二层网络系统实现连接。站控层设备由监控系统主机、数据服务器、数据通信网关机以及其他各种功能站构成。站控层设备通过站控层MMS网实现本层设备间以及与间隔层设备间的通信,数据通信网关机实现变电站与各级调度之间的通信。间隔层设备包括测控装置、保护装置以及其他智能接口设备等。间隔层设备通过MMS网与变电站层设备进行通信,通过过程层网络与本层设备以及过程层的智能终端、合并单元进行通信。过程层设备由智能终端与合并单元构成,完成与相应断路器单元有关的开关及隔刀、地刀的分合控制、状态采集、闭锁命令输出以及电流电压量的采集等。本站电流互感器及电压互感器都采用常规互感器设备,各电压等级设备配置智能终端和合并单元。220kV合并单元均双重化配置,母线、主变本体智能终端单套配置,断路器智能终端均双重化配置;110kV智能终端、合并单元除主变间隔双套配置外,其余间隔均单套配置。

1.10 全站远景电气单线图

见图1。

2 变电站需授时设备性质及分布分析

2.1 站控层设备组柜方式

- a. 2套监控主机兼操作员工作站工程师工作站组2面柜,布置于二次设备室;
- b. 1套数据服务器组柜1面柜,布置于二次设备室;
- c. 1套综合应用服务器组1面柜,布置于二次设备室;
- d. 2套I区数据通信网关机组1面柜,布置于二次设备室;
- e. 2套II区数据通信网关机及1套III/IV区数据通信网关机组1面柜,布置于二次设备室;
- f. 1套PMU组1面柜,布置于二次设备室。

2.2 间隔层、过程层设备组柜方式

2.2.1 220kV设备

- a. 220kV线路保护1+智能终端1+合并单元1+过程层交换机1+电能表组柜1面,布置于220kV GIS室;
- b. 220kV线路保护2+智能终端2+合并单元2+过程层交换机2+测控装置组柜1面,布置于220kV GIS室。
- c. 220kV母联保护1+智能终端1+合并单元1+过程层交换机1组柜1面,布置于220kV GIS室;
- d. 220kV母联保护2+智能终端2+合并单元2+过程层交换机2+测控装置组柜1面,布置于220kV GIS室。
- e. 220kV I母线智能终端+220kV母线合并单元1+220kV I母母线测控组柜1面,布置于220kV GIS室;
- f. 220kV II母线智能终端+220kV母线合并单元2+220kV II母母线测控+避雷器状态监测IED组柜1面,布置于220kV GIS室。
- g. 220kV母线保护1+2台220kV过程层中心交换机1组柜1面,布置于220kV GIS室;
- h. 220kV母线保护2+2台220kV过程层中心交换机2组柜1面,布置于220kV GIS室。

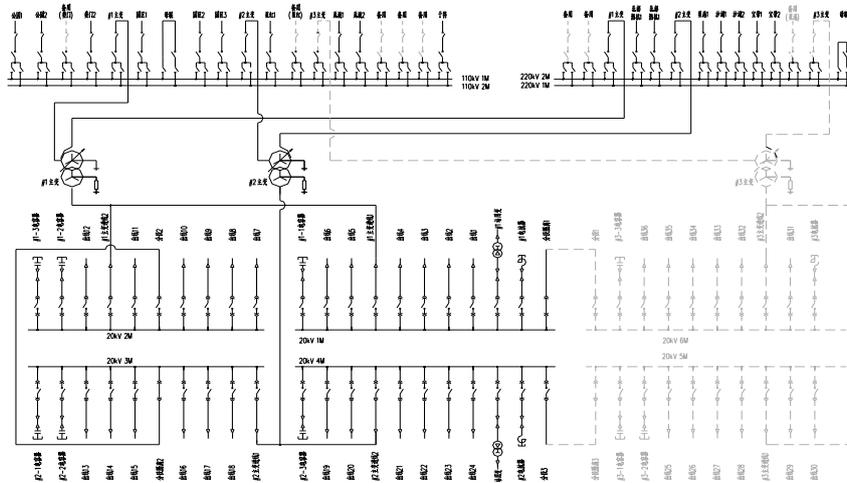


图1 全站远景电气单线图

2.2.2 110kV 设备

- a. 110 线路保护测控+智能终端+合并单元+过程层交换机+电能表组柜 1 面，布置于 110kV GIS 室。
- b. 110kV 母联保护测控+智能终端+合并单元+过程层交换机组柜 1 面，布置于 110kV GIS 室。
- c. 110kV I 母线智能终端+110kV 母线合并单元 1+110kV 母线测控组柜 1 面，布置于 110kV GIS 室；
- d. 110kV II 母线智能终端+110kV 母线合并单元 2 组柜 1 面，布置于 110kV GIS 室。
- e. 110kV 母线保护+3 台 110kV 过程层中心交换机组柜 1 面，布置于 110kV GIS 室。

2.2.3 主变设备

- a. 220kV 主变间隔智能终端 1+合并单元 1+智能终端 2+合并单元 2+过程层交换机 1+过程层交换机 2 组柜 1 面，布置于 220kV GIS 室。
- b. 110kV 主变间隔智能终端 1+合并单元 1+智能终端 2+合并单元 2+过程层交换机 1+过程层交换机 2 组柜 1 面，布置于 110kV GIS 室。
- c. 20kV 主变间隔低压侧合并单元、智能终端就地布置于 20kV 开关柜。
- d. 主变压器本体智能终端+主变压器中性点合并单元 1+主变压器中性点合并单元 2+主变压器状态监测 IED 组柜 1 面，布置于主变室。
- e. 每台主变压器双重化保护装置组柜 2 面，布置于二次设备室。
- f. 每台主变压器高压侧及本体、中、低压侧各测控装置组柜 1 面，布置于二次设备室。
- g. 本期工程两台主变压器各侧的电能表 8 只及电能采集终端组柜 1 面，布置于二次设备室。

2.2.4 20kV 设备

- 20kV 保护、测控一体化装置分散就地布置于 20kV 开关柜。

3 其他二次系统设备组柜方式

- a. 故障录波装置：暂态录波单元等装置组柜 2 面，布置于二次设备室。
- b. 网络记录分析装置：4 套网络记录单元及 2 套网络分析主机组 1 面柜，布置于二次设备室。
- c. 一次设备状态监测系统。配置主变压器油色谱状态监测装置 2 台，就近布置于变压器场地；配置 1 台避雷器状态监测 IED，布置于 220kV GIS 母设汇控柜内。
- d. 智能辅助控制系统，视频服务器及辅件组柜 1 面布置于二次设备室。
- e. 交直流一体化电源系统，布置于二次设备室。
- f. 调度数据网设备：两套调度数据网设备分别组两面屏，每面屏内含 1 台路由器、2 台二层交换机、2 台纵向加密装置，布置于二次设备室。
- g. 同步相量主机屏布置于二次设备室内，另在 220kV

GIS 室及 110kV GIS 室内各配置 1 面同步相量采集屏。

4 网络设备组柜方式

- a. 6 台站控层交换机与 I 区数据通信网关机共同组屏，布置于二次设备室；
- b. 220kV GIS 室设 1 面网络柜布置 4 台间隔层交换机，布置于二次设备室；
- c. 110kV GIS 室设 1 面网络柜布置 2 台间隔层交换机，布置于二次设备室；
- d. 20kV 开关柜室设 1 面网络柜布置 6 台间隔层交换机，布置于二次设备室；
- e. 220、110kV 电压等级过程层交换机组柜于各间智能控制柜或保护测控柜。

5 变电站小室布置

变电站设置 4 个小室，分别为二次设备室、220kV GIS 室、110kV GIS 室及 20kV 开关柜室。

6 时间同步系统原理及装置配置

6.1 时间同步系统原理

时间同步系统分为主时钟装置和扩展时钟装置，其中主时钟装置用于接收卫星信号和有线时间基准信号，并对扩展时钟装置进行对时；扩展时钟装置接收主时钟装置的对时信号并对被授时设备进行时间同步。时间同步系统信号有多种，传输介质也多样，具体如下：

(1) 脉冲输出信号。脉冲输出可设置为秒脉冲(1PPS)、分脉冲(1PPM)、时脉冲(1PPH)、天脉冲(1PPD)等，脉冲宽度一般为 10ms~200ms，输出方式主要有 TTL 电平、静态空接点、RS-422、RS-485、光耦信号等。一般采用屏蔽电缆或光缆传输。

(2) IRIG-B 码输出信号。IRIG-B 码时间对时信号分为交流(AC)和直流(DC)码，其中交流码适合较远距离的传输，直流码传输距离较近。一般采用屏蔽电缆或者光缆传输。

(3) 网络输出信号。网络对时方式分为 IEEE1588 和 NTP/SNTP。一般采用屏蔽网线传输。

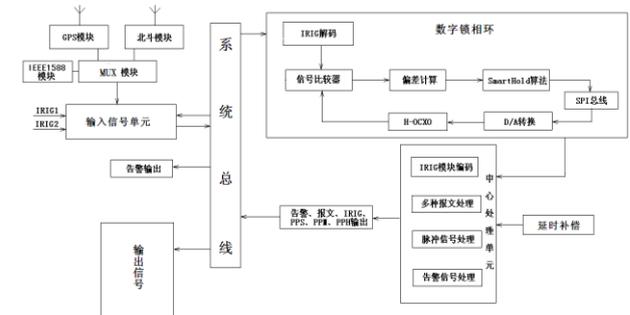


图 2 时间同步系统装置原理图

6.2 时间同步系统装置配置

(1) 时间同步系统装置配置原则。变电站设置一套全站统一的时间同步系统，所有需要时间同步的二次系统设备的时间同步信号都纳入该系统。为了提高时间同步系

统的可靠性主时钟双重化配置,支持北斗系统和 GPS 系统单向标准授时信号,优先采用北斗系统,时钟同步精度和授时精度满足站内所有设备的对时精度要求。该系统预留与地基时钟源接口。

时间同步系统对时或同步范围包括监控系统站控层设备、微机保护装置、安全自动化装置、测控装置、故障录波装置、合并单元及站内其他智能设备。

时间同步系统应具备脉冲, IRIG-B 及网络对时方式及各种类型对时输出接口。

(2) 时间同步系统对时方式的选择。全站需授时设备由于对时间同步准确度的要求以及与时间同步装置之间的距离不同,采用不同的对时方式,具体如下:

站控层设备包括监控主机、数据服务器、综合应用服务器、防火墙、站控层交换机、正/反向隔离装置等采用 NTP/SNTP 网络对时方式,由于上述设备与时间同步装置在同一个小室内,距离较近所以采用屏蔽网线传输。

间隔层设备包括微机保护装置、测控装置、网络报文分析装置以及故障录波装置等采用 IRIG-B (DC) 对时方式,由于上述设备与时间同步装置在同一个小室内,距离较近所以采用屏蔽电缆传输。

过程层设备包括合并单元、智能终端以及合智一体化装置采用 IRIG-B (DC) 对时方式,由于上述设备与时间同步装置距离较远所以采用光缆传输。

全站时间同步系统对时网络图见附图 3。

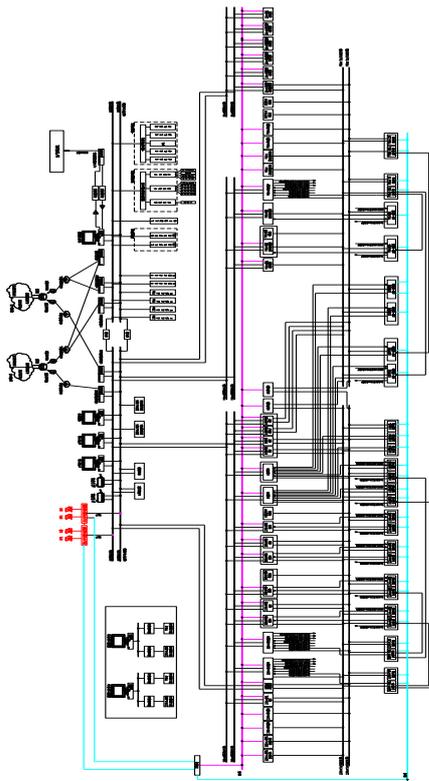


图 3 全站时间同步系统对时网络图

(3) 时间同步系统装置数量及分布

根据变电站设备室的布置以及变电站各种二次系统设备其位置分布和数量,时间同步系统配置 4 面屏,其中 1 面为时间同步系统主时钟屏,内含 2 台主时钟及 1 台扩展时钟布置于二次设备室,2 套主时钟天线均布置于二次设备室楼顶;另 3 面为时间同步系统扩展屏,分别布置于 220kV GIS 室、110kV GIS 室及 20kV 开关柜室内。其中 220kV 时间同步系统扩展屏和 110kV 时间同步系统扩展屏内含 3 台扩展时钟,20kV 时间同步系统扩展屏内含 2 台扩展时钟。时间同步系统主时钟和扩展时钟之间采用光缆连接,如图 4:

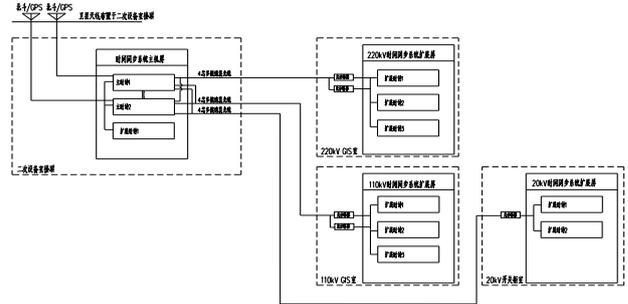


图 4 时间同步系统主时钟和扩展时钟之间采用光缆连接

7 结束语

统一的时间基准是实现智能变电站内监控系统、微机保护装置、测控装置、合并单元、智能终端及各种智能辅助系统之间协调工作的基本要求也是接收调度的调控指令和向调度上传设备信息的重要参考。时间同步装置的配置既要考虑到项目经济性也要满足需授时设备对时间同步准确度的要求,这样就要求我们的设计师在具体工程中通过采用不同的对时方式以及不一样的传输介质来找到平衡点。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国国家标准. 智能变电站时间同步系统及设备技术规范 (GB/T 33591-2017) [M]. 北京: 中国国家标准化管理, 2017.
- [2] 中国国家标准. 电力系统时间同步基本规定 (GB/T 36050-2018) [M]. 北京: 中国国家标准化管理, 2017.
- [3] 高翔. 智能变电站技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.

作者简介: 董垒垒 (1986.2—), 男, 上海酷能工程咨询有限公司, 毕业学校和专业: 石家庄学院, 电气工程及其自动化。