

IEC61850 过程层的网络通信传输与实现

李益民¹, 董张卓², 王玲³

(1. 西安铁路职业技术学院, 陕西 西安 710014; 2. 西安石油大学, 陕西 西安 710065;
3. 陕西电力职工培训中心, 陕西 西安 710038)

摘要: 根据数字化变电站运行时数据流的特点, 结合了 IEC 61850 协议体系, 假设出数字化变电站的网络构架, 通过对其相关参数的计算、分析, 验证了方案的可行性。以工程中 110 kV 数字化变电站为实例, 设计出 10 kV 侧主接线图, 采用单母线分段接线, 包括电子式互感器、合并单元经交换机与保护、测量装置间各类光、电信号的连接方式。

关键词: 数字化变电站; IEC61850; 通信协议; 合并单元; 电子式互感器; 接线方式

Application of communication network based on IEC 61850 process level

LI Yi-min¹, DONG Zhang-zhuo², WANG Ling³

(1. Xi'an Railway Vocational & Technical Institute, Xi'an 710014, China; 2. Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China;
3. Producer Training Center of Shaanxi Electric Power Company, Xi'an 710038, China)

Abstract: Based on the data-stream characteristic of digitalized substation and connected with the communication protocol of IEC 61850, this paper supposes the parameter of digitalized substation network, which passes through analyzing and calculating to make it viable. An example of 110kV digitalized substation is introduced to show the frame structure of 10kV, using subsection of single bus, including the link mode among electronic instrument transformer, merging unit and protections and measure devices.

Key words: digitalized substation; IEC61850; communication protocol; merging unit; electronic instrument transformer; link mode

中图分类号: TM764; TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)19-0033-03

0 引言

随着光、电信号技术的发展和网络技术的应用, 智能化的一次设备及网络化的二次设备日趋成熟, 使得符合 IEC 61850 标准的数字化变电站自动化系统成为了代表当今变电站自动化技术发展的方向: 一二次设备的网络链接取代了大量的二次电缆, 解决了二次接线复杂的现象, 实现了各智能电子设备信息共享, 同时对于某个功能可分布于不同设备, 而其有独立动作机能; 电子式互感器抗电磁干扰的能力强、不受饱和和影响, 易于暂态分量等数字信号的传输。

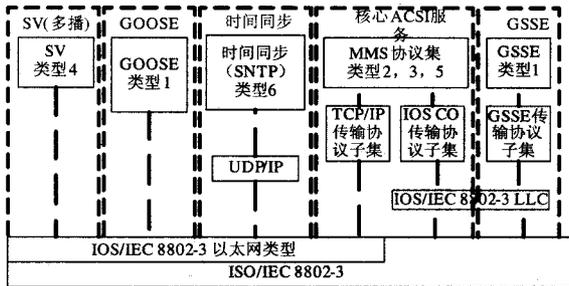
1 数字化变电站的网络结构

基于 IEC 61850 标准^[1]的数字化变电站网络结构模型为分层分布式, 分别为变电站层、间隔层、过程层, 并且明确规定了各层之间接口的含义, 此模型将 SAS(变电站自动化系统)所有智能设备之间的通信标准划分为十个逻辑接口, 当进行通信网络

配置时, 根据 SAS 通信规模的大小以及通信数据流的多少, 由这十个接口可以形成单网结构或双网结构。

根据 SAS 的运行特点, 数据流从通信方式上可以分为两大类: 层间传输数据和层内传输数据。其中层间传输数据包括: (1) 周期性上传、下传数据; (2) 非周期性上传、下传数据; (3) 非周期性召唤上传数据。层内传输数据是指网络保护算法需要的共享数据、控制共享信息及闭锁信息等。而不同的数据流所形成的通信报文在通信的网络服务质量参数 QOS 上有不同的要求, 针对以上数据流实时性特点, 可将报文分为六类, 如图 1 所示, 其中类型 1 为快速报文, 主要包括故障时断路器的位置信号、故障报警、非故障时设备状态的变化等; 类型 2 为中速报文, 主要包括周期性状态刷新数据和视频音频信号、电能累计等; 类型 3 为低速报文, 主要包括变电站层下传命令、整定值更改、直接手动操作命令、故障保护报警和跳闸信号等; 类型 4 为生数数据报文, 主要包括周期性采样数据; 类型 5 为文件

传输报文, 主要包括故障后故障记录文件, 例如: SOE 带时标的扰动数据等; 类型 6 为时间同步报文, 主要包括站总线时间同步和过程总线时间同步。



“类型x”是定义在IEC 61850-5的报文类型和特性分类; SV为采样值; GOOSE为通用面向对象变电站事件; GSSE为通用变电站状态事件

图1 IEC 61850协议栈体系

Fig.1 Architecture of IEC 61850 protocol stack

基于上述报文类型的实时性要求, 针对本文变电站进行了总线负载评估的假设, 得出了各层之间较为宽裕的网络构架: 变电站层与间隔层之间用于传输 2、3、5 类型报文, 拟用 100 Mbps 光纤自愈环网以太网通信, 实例表明在网络发生故障时, 网络配置时间不超过 100 ms, 具有一定的经济性可靠性^[2]。过程层与间隔层之间主要通信负载为 1、4 类型报文, 在 IEC61850 标准中针对 10 kV 侧要求总传输时间应在半个周期内, 即定义 10 ms, 本工程对两种报文类型并没有单独组网, 即将所有的合并单元、保护测控设备和断路器智能操作箱链接在一个环网上, 采用 100 Mbps 以太网, 采用 IEC 61850-9-2: 特定通信服务映射 (SCSM) 通过 ISO/IEC8802-3 的采样值通信协议, 实例表明符合标准实时性要求。

2 数字化变电站系统结构的通信单元计算

IEC 61850 变电站内通信单元的划分方式有两种^[1]: (1) 物理单元: 依赖其内容将变电站分成不同间隔单元, 这些单元与高压设备的安排相对应;

(2) 功能单元: 考虑设备内的数据流。在通信块内实现控制、保护等功能共享同一数据, 在每个区内的各个装置设备要求从位于区内的所有电流互感器、电压互感器取得数据, 进行处理后发送跳闸信号到区内所有断路器。由于受到带宽的限制, 变电站内通信单元划分的依据为可使用的数据速率小于数据速率, 即:

$$S_R \times T_L \times n_{mu} \leq D_R \quad (1)$$

其中: D_R 为数据速率(网络带宽如 10 Mbps 或 100 Mbps), 实际应用中可使用的数据速率通常取决于发送端或接收端内部 CPU 的能力。 S_R 为采样速率。

T_L 为最大报文长度, 26 字节以太网报头+4 字节优先权标记+8 字节以太网型 PDU+2 字节 ASN.1 标记/长度+2 字节块的数目+46 字节通用数据集+23 字节状态量=111 字节*8 位=888 位+96 位帧间隔=984 位。 n_{mu} 为所连接的合并单元的数目。

式 (1) 决定可使用的数据速率仅仅是理论上的, 实际上应计及 10% 左右的裕度。基于目前保护装置的采样频率为 0.5 ms, 即 $40 \times f_r$ (f_r : 额定频率), 假设所连接的合并单元数目 n_{mu} 不大于 2, 则

$$S_R \times T_L \times n_{mu} = (40 \times 50 \text{ Hz}) \times 984 \text{ Bit} \times 2 =$$

$$39.36 \text{ Mbps} \leq 100 \text{ Mbps}$$

在裕度范围内。因此 100 Mbps 以太网可使用的带宽足以允许 2 个合并单元向同一个接收设备传输采样值。

3 数字化变电站系统结构工程方案

鉴于我国电力系统变电站的现状, 在变电站的建设和改造过程中实施 IEC 61850 标准还处于研究与摸索阶段^[3]。文中所提变电站工程是一个 110 kV 变电站, 具有 110 kV 和 10 kV 两个电压等级, 变电站有两台 110 kV/10 kV 变压器; 110kV 侧采用双母线接线方式, 10 kV 侧是单母线分段接线, 10 kV 侧保护测控配置图部分见图 2, 如图所示与原有变电站的不同体现在: 过程层被独立出来, 由电子式互感器和智能化一次设备组成, 完成二进制状态和模拟输入/输出功能, 如数据采集(包括采样)和发布命令。针对采样值经合并单元进行信号同步后送给交换机, 改变了常规变电站中一次与二次设备硬连线方式, 采用光纤连接, 数据传输遵循 IEC61850-9 和 IEC60044 等相关标准。二次侧各智能保护装置及测量装置经以太网共享交换机所提供一次侧数据。

3.1 电子互感器

电子式互感器是建设数字化变电站的决定性设备, 起着至关重要的作用。电子式互感器与传统互感器相比有其独特的优越性, 根据原理不同可以分为有源式和无源式^[4]。本工程中有两个电压等级即 110 kV 和 10 kV, 均采用有源电子式互感器, 有源电子式互感器利用电磁感应原理感应被测信号^[4]。110 kV 配置电子互感器通过光纤输出至控制室内的间隔合并单元 1; 10 kV 布置在开关柜内, 本工程采用集中组屏, 输出模拟信号经智能终端数字化后至控制室合并单元 2。TV 经合并单元输出数字信号给各间隔的智能终端。电容器的转换单元需增加一路常规 TV (100 V) 输入通道, 小电流接地选线功能

通过电子式零序互感器实现。

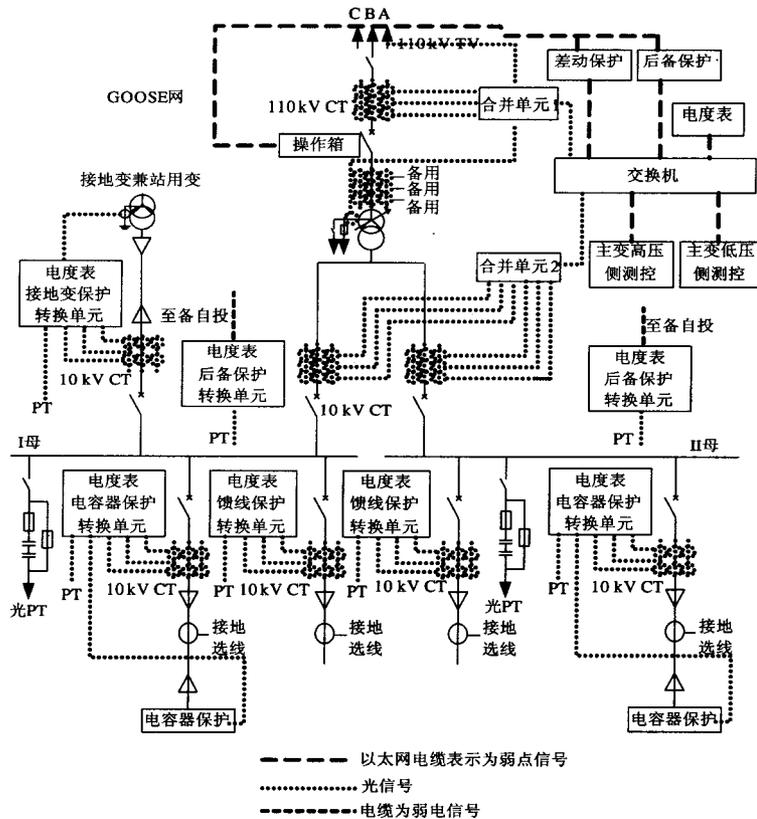


图 2 基于 IEC 61850 的变电站接线方式

Fig.2 The link mode of substation based on IEC61850

3.2 合并单元

合并单元是电子式互感器、智能化一次设备与数字化保护测控装置的中间环节，主要作用是接收一次设备信号，采样数据汇总及输出数据。本工程中 MU 接入信号为电子式电流、电压互感器输出的数字采样值。按照 IEC61850-9 中描述的以太网，使用同步脉冲得到时间连续的一次电流和电压采样信号，与数字化变压器差动、后备保护采用 IEEE 802.3 以太网协议传输采样值数据，其传输媒介为多膜光纤。

3.3 智能操作箱

在实际工程中，对于同一个断路器可能会有很多保护装置向其发控制命令，在本工程中各保护装置可以通过以太网接口，根据 IEC61850-9 协议接收合并单元的信号，同时也可以将保护出口逻辑通过以太网以 GOOSE 的结构形式输送给智能操作箱，由智能操作箱统一控制断路器。这种方式大大减少了保护测控装置之间的连线。

3.4 过程层网络系统方案

本段着重说明的是本工程中针对类型 1、4 报文（即采样值和 GOOSE）并没有采用物理分离的方式。在 10 kV 电压等级，采样速率为 40 点/周波情况下，100Mbit/s 以太网既可以保证保护装置对通信实时性的较高要求，也能满足 IEC61850 标准中对 GOOSE 信息传输的实时性要求，同时也可满足测控、计量等对通信实时性要求不高的信息传输。针对种类如此多的信息传输也就要求交换机同时支持 802.1P 和 802.1Q 协议，同时也节省了交换机的数量。

4 结语

本文针对 10 kV 电压等级变电站应用了符合 IEC 61850 标准的网络构架，采用了电子式互感器、智能化一次设备、合并单元等光电信号处理、网络新技术应用的设备，将合并单元、保护测控装置、智能操作箱链接在一个 100 Mbps 以太环网，实现了数字化变电站过程层的网络通信传输。

（下转第 39 页 continued on page 39）

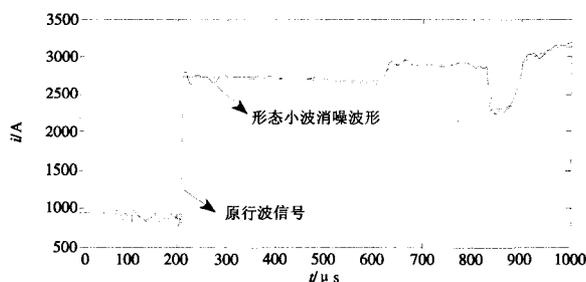


图11 形态小波消噪效果

Fig.10 The morphology wavelet reducing noise effect

比较去噪前后的波形,发现硬阈值小波消噪算法能够较好地滤除大部分噪声,但不能滤除尖脉冲。形态学消噪算法能够完全滤除尖脉冲的影响,较好的滤除大部分噪声,消噪效果优于硬阈值小波消噪法。而形态小波消噪算法不仅能够完全滤除尖脉冲的影响,在滤除白噪声方面,较单纯的小波消噪和形态学消噪波头平滑,较好的保持原信号形状,准确反映输电线路故障电流行波信号的突变时刻,为行波波头的准确检测提供了保证。

4 结论

为了克服传统小波方法在抑制噪声方面的不足,引入数学形态学的理论。在故障行波上模拟噪声,Matlab 仿真结果证明形态小波在滤除脉冲干扰方面的优越性明显,在滤除白噪声方面略优于单纯小波和形态学消噪,在输电线路行波保护和行波故障测距中具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 岳蔚,刘沛.基于数学形态学消噪的电能质量扰动检测

(上接第 35 页 continued from page 35)

参考文献

- [1] IEC 61850, Communication Networks and Systems in Substation[S].
- [2] 胡道徐,李广华.IEC 61850 通信冗余实施方案[J].电力系统及其自动化,2007,31(8):100-102.
HU Dao-xu,LI Guang-hua.Application of Redundant Communication Using IEC 61850[J].Automation of Electric Power Systems,2007,31(8):100-102.
- [3] 孙一民,李延新,黎强.分阶段实现数字化变电站系统的工程方案[J].电力系统及其自动化,2007,31(5):90-93.
SUN Yi-min,LI Yan-xin,LI Qiang.A Grading Solution for Building Digital Station[J].Automation of Electric Power Systems,2007,31(5):90-93.
- [4] 李九虎,郑玉平,古世东,等.电子式互感器在数字化

方法[J].电力系统自动化,2002,26(7):13-17.

YUE Wei, LU Pei. Detection of Power Quality Disturbances Based on Mathematical Morphology MM Filter[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(7):13-17.

- [2] 崔屹.图像处理与分析-数学形态学方法及应用[M].北京:科学出版社,2000.
CUI Yi. Process and Analysis of Image- The Method and Application of Morphological Method in Math[M]. Beijing: Science Press, 2000.
- [3] 林湘宁,刘沛,刘世明,等.电力系统超高速保护的形态学一小波综合滤波算法[J].中国电机工程学报,2002,22(9):19-24.
LIN Xiang-ning, LIU Pei, LIU Shi-ming, et al. A Novel Integrated Morphology-wavelet Filter Algorithm Used for Ultra-high Speed Protection of Power Systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2002,22(9):19-24.
- [4] 胡昌华,张军波,夏军,等.基于 MATLAB 的系统分析与设计一小波分析[M].西安:西安电子科技大学出版社,1999.
HU Chang-hua, ZHANG Jun-bo, XIA Jun, et al. Analysis and Design Based on the System of Matlab-Wavelet Analysis[M]. Xi'an: Xidian University Press,1999.

收稿日期: 2008-02-26

作者简介:

康忠健(1971-),男,博士,副教授,从事电力系统分析与控制、电力系统故障检测与诊断和油田自动化设备开发及相关教学与科研工作;E-mail:kangzjzh@163.com

王升花(1979-),女,硕士,助教,研究方向电力系统故障检测与诊断;

樊建川(1982-),男,硕士研究生,研究方向电力系统故障检测与诊断。

变电站的应用[J].电力系统及其自动化,2007,31(7):94-98.

LI Jiu-hu,ZHENG Yu-ping, GU Shi-dong, et al. Application of Electronic Instrument Transformer in Digital Substation[J].Automation of Electric Power Systems,2007,31(7):64-98.

收稿日期:2007-12-29; 修回日期:2008-02-15

作者简介:

李益民(1966-),男,工学硕士,副教授,从事电力电子与电力系统自动化的教学与研究;

董张卓(1962-),男,博士,从事电力系统自动化的教学与研究;

王玲(1983-),女,硕士研究生,从事电子系统自动化的教学与研究。E-mail:wangling_xust@126.com