

用于三态监控的多功能 IED 研究

万博, 苏瑞

(中国电力科学研究院, 北京 100192)

摘要: 由传统变电站自动化向数字化变电站的转换是目前电力系统的发展趋势, 而 IED 是他的核心元件。IEC61850 标准以及高性能和高集成度的硬件技术为多功能 IED 的产生提供了基础。分析了目前变电站自动化系统面临的主要问题, 提出了用于三态(稳态、动态、暂态)数据监控的新型多功能 IED 的实现方案, 分析了组网方式和性能, 总结了多功能 IED 的特点和优势。多功能 IED 将为推动智能电网发展起到重要作用。

关键词: 多功能 IED; 三态数据监控; IEC61850; 数字化变电站; 智能电网

Research on multi-functional IED for three-state supervision

WAN Bo, SU Rui

(China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China)

Abstract: The conversion from the traditional substation to the digital substation is the trend of electrical power system, and the kernel component is the IED. The developments of highly integrated and high-performance hardware technology as well as IEC 61850 provide the foundation for the new multi-functional IED. This paper analyzes the critical questions of the current substation automation system, presents the approach of a new multi-functional IED for three-state supervision, and analyzes the structure and performance of the communication network. The characteristics and advantages of the multi-functional IED are summarized in this paper. The multi-functional IED will play an important role in the development of the smart grid.

Key words: multi-functional IED; three-state supervision; IEC61850; digital substation; smart grid

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)22-0111-05

0 引言

随着电网建设规模的不断扩大,电网的安全性、可靠性、高效率等问题显得尤为重要^[1,2],因而要求电网运行监控不仅需要关注稳态信息,还要关注动态和暂态信息。目前变电站内稳态、动态和暂态信息分别由测控单元、相量测量装置(PMU)^[3]和故障录波装置^[4]、继电保护装置^[5]采集,三种设备分属不同的部门管理,并且在功能上有交叉。这不仅带来了重复投资的问题,而且也加大了设备管理的难度。

目前主站方面能量管理系统(EMS)与广域测量系统(WAMS)^[6]的集成和一体化进程正在逐步推进^[7,8],必将带来变电站方面自动装置的变化。

本文提出了以 IEC61850^[9]通信架构以及高集成度处理器平台为基础,实现用于三态数据监控的新一代多功能 IED 的设计方案,应用统一的平台整合数据采集、测控、保护、相量测量、计量等多种应用功能。文章还研究了应用多功能 IED 对变电站

自动化通信系统结构产生的影响,多功能 IED 通过信息共享和功能优化在减少网络负担、提高信息利用率等方面的优势。

1 存在的问题和挑战

为了实现对电网运行状态的全方位监控,各种类型的自动装置应用于变电站。如采集稳态数据的监控系统测控单元、采集动态数据的相量测量装置(PMU)、采集暂态数据的保护装置和故障录波装置等。但是,由于开发背景、设计理念、技术水平、运行习惯、管理部门等因素的影响,造成数据源不统一、硬件重复、功能交叉。而且各种类型的智能设备硬软件技术水平参差不齐,通信能力和规约不尽相同,目前大多分别组网,互相之间基本不进行数据交换,设备间信息独立,部分设备应用功能设置重叠。

随着数字化变电站的推广^[10],如果仍按照目前的监控方式进行设计将会带来如下问题:

1) 由数据采集要求带来的过程总线传输压力

过大、通信结构复杂。

在数字化变电站中，eCT/ePT^[11]、智能开关控制器、智能变压器等过程层设备的应用使得过程总线的作用突显重要，连接方式也由点到点连接向交换式网络方向发展。过程总线的数据量和传输压力都在不断加大，从而产生带宽与响应速度之间的矛盾以及传输时延不确定性和冲突带来的可靠性和安全性问题。在 100 Mbps 以太网交换机已经在数字化变电站投入使用的情况下^[12]，下一步考虑的将是 1000 Mbps 甚至 10 Gbps 以太网交换机在过程层的应用，伴随而来的就是网络可靠性以及数字化建设成本问题。

2) 三态数据分别采集导致的时钟源不统一的问题。

目前的变电站自动装置广泛采用的是通过专用电缆或光纤连接实现点对点的时钟同步的方式，甚至是各自带有自己的时钟源实现对时功能。由于对时间精度要求的不一致导致各种装置对时精度难以保证，随之而来的问题是不同系统提供的带有时标的信息甚至会相互矛盾。而未来的发展方向是使用通信网络采用高精度时间同步协议如 IEEE1588 实现网络对时^[13]。这就要求每个智能设备都要具有高精度时钟同步信息接收的能力和失去时钟时的守时能力，甚至部分设备可能需要能够发送时钟同步信息。并且，相关联的智能设备的数量越多，设备间时钟同步的实现困难和成本也就越大。

3) eCT/eVT 和传统 CT/VT 采样的采样时间同步问题。

在传统的变电站自动化系统中，CT/PT 通过二次电缆连接方式与间隔智能单元连接，间隔 IED 接入自身所需的全部模拟量信号进行采样计算，其采样时差非常微小，因此基本不存在采样时间不同步问题。数字化变电站发展过程中存在传统互感器和电子式互感器并存的情况，间隔 IED 需要接入来自合并单元和传统 CT/PT 的两种不同信号，同时由于各个间隔的电子式互感器相对独立，间隔 IED 为获得在同一时刻的电流、电压瞬时值，需要在传统 CT/PT 采样和 eCT/ePT 之间实现采样时间同步。

4) 功能分散造成的信息共享性差、利用率低和硬、软件资源浪费问题。

监控系统的测控单元、相量测量装置 (PMU) 和故障录波装置、继电保护装置采集的一次设备的开关量是基本一致的。相量测量装置 (PMU)、故障录波装置和继电保护装置的启动判据也相差不大。分别采集无论在硬件还是软件上都是一种浪费。

2 多功能 IED 的功能分析和方案设计

为解决上面提到的问题，尤其是数据共享和采样同步等关键问题，有必要统一数据源和通信网络。电子式互感器频率范围宽、无磁饱和、动态范围大、抗干扰能力强等特点能够适应稳态、动态、暂态不同功能的数据要求，从而为多功能数据共享提供了保证。本文提出一种集中三态数据的多功能 IED 的实现方案，将数据采样、输入输出和应用处理功能整合在一个设备内，统一进行三态数据采样和计算。将三态数据应用功能集中在一个设备内实现有效解决了随着动态、暂态数据处理装置的加入带来的过程总线通信节点增加问题。同时，多功能集中便于将采集到的高采样率数据就地分类处理，从而尽量避免通过网络高速传送生数据等大数据量信息以及重复信息。

2.1 三态数据源和功能构成

考虑到变电站各应用功能的特点、需求和相互之间的关联情况，以变电站的一个物理间隔为单位将其相关的数字量数据采集、模拟量数据采集、开关量输入输出以及相量测量、保护、故障录波和计量功能集中在一个多功能 IED 内，实现间隔内三态数据整合以及间隔间的信息交换。多功能 IED 将对采样频率要求较高的功能和采样单元整合在一起，采集高采样频率的采样值并进行就地处理，通过网络发送低采样频率的采样值提供给需要本间隔采样信息的其他 IED，从而降低过程总线数据传输速率，减少网络负荷。主要包括三个方面：

1) 三态数据源

由于稳态、动态数据的采样频率大多在几 kHz，而暂态数据的采样频率要求在几十 kHz 以上。因而多功能 IED 的数据采集部分需要达到或超过对采样频率要求最高的功能需求以便同时满足多种功能的需要。由于数字量数据采集、模拟量数据采集、开关量输入输出在一个设备内实现，因此只要设备具有统一对时模块，则所有数据均具有相同时标。

2) 多功能配合

三态数据整合是功能间配合的基础。高同步性和高精度的相量数据可以提供给测控、计量和保护功能；保护功能又可以为故障录波提供判据。相量测量、控制、保护、故障录波和计量功能相互配合可以实现效率最大化。从而打破目前稳态装置、动态装置、暂态装置互相孤立的局面，形成一个整体。

3) 对象模型和服务

实现多功能 IED 所需的对象模型和服务支持包

括:

具备 LLN0、LPHD 等智能设备公共数据相关节点; TCTR、TVTR、XCBR、XSWI、YPTR、SIML、SIMG 等一次设备功能相关节点; MMXU、MMTR、CSWI、PTRC、CILO、GAPC、GGIO 等二次设备功能相关节点。

支持包括 Server(服务器); Association(关联); Logical Device(逻辑设备); Logical Node(逻辑节点); DATA(数据); DATA-SET(数据集); Report Control(报告控制); Substitution(取代); Setting-Group Control(定值组控制); Control(控制操作); LOG(日志); GOOSE(通用面向对象变电站事件); SNTP(时间传输协议); File Transfer(文件传输); SV(采样值传输)等 IEC61850 通信模型和服务。

由于多功能 IED 面向各物理间隔, 各 IED 间硬件独立, 这样可以提供良好的可扩展性, 例如每增加一条线路只需增加一个设备, 而当其中某一个设备处于异常或检修状态时不会影响其他设备的正常运行, 从而方便系统配置、维护和升级等操作。设备间通过网络通信还可以相互配合实现分布式功能。

2.2 通信接口

多功能 IED 与一次设备的通信主要采用点对点通信和直接电缆连接方式, 通过与 eCT/eVT、传统 CT/VT、I/O 等的接口, 实现数据收集功能。多功能 IED 与智能一次设备、其他 IED 和站级主站通信主要采用网络通信方式, 用于设备间数据共享, 实现跳、合闸命令传输, 开关状态、相量等实时数据传送, 以及录波文件、电能量等文件或数据的定时传送。点对点通信相对简单, 这里主要讨论网络通信方式。

网络通信完全采用 IEC61850 规定的通信方式, 以实现设备间的无缝连接。由于多功能 IED 涉及数据类型较多, 对通信要求也各不相同, 按照速度要求可以分为快速报文、中速报文和低速报文等; 按照功能要求可以分为实时数据传输、定时数据传输和文件传输等。

快速报文采用 GOOSE、SV 和报告 (Report) 服务实现。GOOSE 主要用于 IED 向智能开关发送跳、合闸命令, 接收来自智能开关的状态信息, 以及 IED 间实现开关状态、同期、保护功能间联锁、联跳等快速性要求很高的重要报文的实时传输。SV 用以提供满足 IEC61850 要求的采样值传输^[14]。采用 IEC61850 的报告服务传送数据到主站数据集中

处理单元, 由于同步相量测量要求数据传输的实时性非常高^[15], 因而要求相关的数据集尽可能精简, 仅包含实时相量测量相关数据, 采用精确定时的周期上送; 其他信息如幅值、电能量、一般状态量等另外创建数据集以满足功能要求的中、低速度传输。

中速报文通过报告及其它 IEC61850 Client/Server 模式的服务实现, 主要用于与主站的一般通信, 用于状态信息、保护信息、控制命令等的传输。

低速报文主要包括电能计量等时间间隔较长的定时数据传输、记录和保护定值等低速数据传输以及故障录波文件的传输等, 通过 Client/Server 模式的报告、定值组控制、文件传输等服务实现。

2.3 结构设计

多功能按功能划分包括多路光纤数据接收处理模块、模拟量数据采集和信号量输入输出模块、计算/计量模块、保护模块、监视控制模块、故障录波模块、GPS 同步模块、通信处理模块、数据池以及 XML 解析模块等。

以 GPS 同步模块提供的标准时间信号为基准, 通过多路光纤数据接收处理模块、模拟量信号量数据采集模块收集 eCT/eVT、传统 CT/VT 采样信息以及通过硬结点连接的信号量输入输出方式实现传统开关、变压器等一次设备信息接入和智能化; 通过通信模块接收和发送来自合并单元、智能开关控制器和其他 IED 的 GOOSE 和 SV; 通过计算/计量模块实现电压相量、电流相量、有功功率、无功功率、功率因数、频率、频率变化率, 以及正 / 反向有功功率、正 / 反向无功功率、四象限无功功率等相量测量和电能计量; 通过保护模块、监视控制模块和故障录波模块实现数据分析处理和保护、控制以及录波功能; 三态数据统一通过数据池进行有序的收集、存储和交换并且由 XML 解析模块根据配置文件提供的配置信息静态建立统一信息模型。

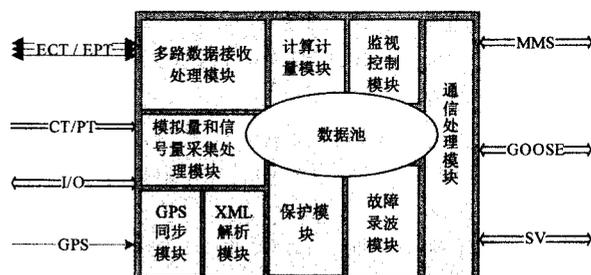


图 1 多功能 IED 功能分布示意图

Fig.1 Sketch map of the functional structure of multi-functional IED

多功能 IED 采用多 CPU 和插件式结构，为保证安全性保护和通信模块采用单独的 CPU 管理，并且数字量、模拟量、信号量输入输出模块分布在不同插件中，可以根据不同应用选择不同插件的组合并且通过配置文件进行配置。例如：在全数字化变电站中可以屏蔽信号量输入输出插件，通过网络通信接口直接与智能一次设备进行 GOOSE 通信；也可以采用通过自身数字量接收处理模块直接与 eCT 或 eVT 接口以及通过通信模块接收其他合并单元采样值两种途径相配合的方式实现对 eCT/eVT 的数据采集。

2.4 性价比

为了适应暂态数据采集处理需要，多功能 IED 在硬件方面不得不提高某些芯片的性能，从而增加了硬件成本。但是，应用多功能 IED 所能够带来的诸多好处使得其性价比更高，反而更具优势，主要表现在以下方面：

- 1) 由于对多种功能进行了整合和优化，一台多功能 IED 可以取代多台单一功能装置，从而大大降低了变电站内智能设备的配置数量。
- 2) 集成度的增高减少了诸如机箱、电源模块、液晶显示面板等相应部件的数量。
- 3) 多功能 IED 能够有效降低外部网络上的流量和节点数量，优化通信网络结构，降低网络通信压力。
- 4) 外部接线和接口数量的减少有利于提高系统的可靠性、降低系统的安装成本和维护费用。

2.5 通信网络组网方案

由于采用以太网通信方式，考虑到数据流量和重要程度，建议采用站级总线和过程总线分开组网的实现方式。采用多功能 IED 的数字化变电站通信网络结构示意图见图 2。

相比较而言过程总线数据传输无论数据流量还是实时性要求都比站级总线要高许多，并且在过程总线数据传输中，采样值传输的带宽占用量最大，下面就以 IEC61850-9-1 采样值传输为基础，讨论过程总线的性能问题。

根据 IEC61850-9-1 给出的计算方法，可用速率应小于等于网络速率： $SR \times TL \times nMU \leq DR$ ，其中 SR 为采样速率，TL 为最大报文长度（984 比特），nMU 为合并单元个数，DR 为网络速率。

在采用多功能 IED 发送采样值的情况下，nMU 相当于过程总线连接的多功能 IED 以及其他可能用到的合并单元的数量。假设高速数据采集经由多功能 IED 处理以后以 4000 Hz 的采样速率按照

IEC61850-9-1 通过 100 Mbps 以太网发送，则可以计算出 $SR \times TL \times nMU = 4000 \text{ Hz} \times 984 \text{ Bit} \times 1 = 3.936 \text{ Mbps} \leq 100 \text{ Mbps}$ ，理论上可以连接的最大设备数量为 25 个。但是综合过程总线其他类型数据传输的需要以及对响应速度和极限情况下带宽冗余问题等多方面因素的考虑，实际设备连接数量要比理论值小得多。

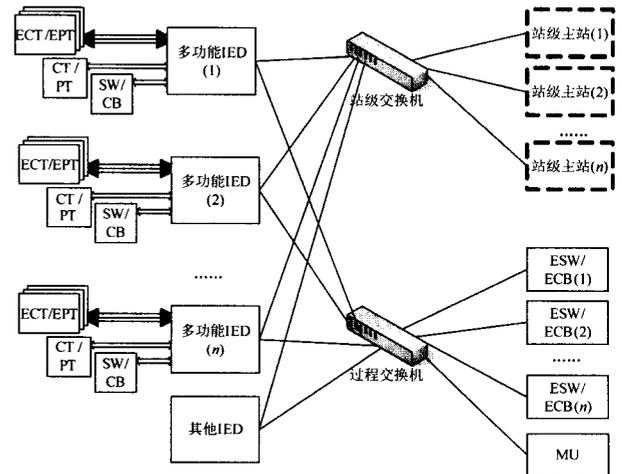


图 2 数字化变电站通信网络结构图

Fig.2 Communication network in digital substation

当然通过采用组播方式、设置优先级、划分 VLAN 等多项技术和方法可以有效缓解部分带宽与响应速度的矛盾。并且采用双机双网的主/备冗余系统运行方式也可以在一定程度上确保满足系统安全性能要求。

3 多功能 IED 的优越性

1) 统一的数据源和时标

多功能 IED 将传统 CT/VT 采样、eCT/eVT 采样、信号输入和输出集中在一个设备内，所有数据均时间同步，无须另外时钟同步环节，有效解决了由于各分散设备时钟同步性能差异带来的数据时间不同步问题，并且通过对时模块保证与其他设备时间一致。高集成度和高紧凑性统一了各种功能的数据源，简化了站内各分散处理环节，有效地提高了数据可信度和利用率，有利于提高系统可靠性、降低出错概率。

2) 统一的三态数据管理

多功能 IED 采用 IEC61850 标准对各功能进行统一建模，通过逻辑设备和逻辑节点管理三态数据，通过逻辑节点间的通信实现数据交互共享。采用数据池对三态数据进行统一整合和存储，实现三态数据有序、有效、规范管理。

3) 统一的通信接口

多功能 IED 充分满足 IEC61850 的通信要求, 具备基于 MMS 的 Client/Server 通信模式, 以及基于 ISO/IEC 8802.3 的 GOOSE 和 SV peer-to-peer 通信模式, 可以实现同一个设备既可以满足稳态、动态、暂态不同类型的数据传输到主站的传输性能要求, 又可以进行间隔层 IED 间的数据交换以及实现目前过程层智能设备所具备的状态量和采样值传输等功能。而且仅需通过交换配置文件, 即可实现与支持 IEC61850 的其他智能设备的无缝通信。

4) 统一的功能协调和处理

由于整合了稳态、动态、暂态三态数据, 以及通过 GOOSE 与其它单元通信获得全站范围信息, 因而 IED 获得的信息量范围更加广泛和全面, 设备的自治性和快速反应能力更强。多种数据类型整合和实时分析使得设备能够更好的感知系统环境的变化(如状态估计的应用), 快速采取有效应变措施, 从而尽可能地降低变电站设备和电力系统所受各种异常系统状况的影响。

在系统故障情况下信息量会急剧增大, 多种功能可能同时产生大量信息需要传输, 因而需要 IED 自动改变运行参数降级运行, 根据优先级调整发送, 保证紧急数据立即发送, 重要信息记录之后延时发送, 暂时屏蔽一些非紧急数据, 在故障恢复后再恢复到正常运行状态。由于多功能 IED 将多种功能集中在一个设备内处理, 各功能之间的协调更加方便快捷, 对故障情况的降级处理也相对简单易行。

4 结束语

现代化计算机及通信技术以及 IEC61850 标准是实现多功能 IED 的基础和必要条件。在经历了由集中到分散的变电站自动化发展历程后, 变电站自动化系统将随着 IT 和通信技术的进步再次由分散走向新水平的集中。相比以往单一功能的集中, 这种多功能的集中处理方法实质上是将变电站自动化系统的功能的分散转变为功能的分布, 从而在可靠性、健壮性、灵活性、经济性等多方面具有明显改进和提高。

随着数字化变电站和智能电网的逐步开展, 电力系统各层次的设备将越来越多地实现数字化和智能化, 对于多功能 IED 的研究也将会为数字化变电站功能整合和性能优化起到借鉴作用。

参考文献

[1] 谢开, 刘永奇, 朱治中, 等. 面向未来的智能电网[J]. 中国电力, 2008, 41(6): 20-22.
XIE Kai, LIU Yong-qi, ZHU Zhi-zhong, et al. The Vision

- of Future Smart Grid[J]. Electric Power, 2008, 41(6): 20-22.
- [2] Christian Sasse. 未来的电力网[J]. 华东电力, 2007, 35(增刊): 1-7.
Christian Sasse. Electricity Networks of the Future[J]. East China Electric Power, 2007, 35(Supplement): 1-7.
- [3] 胡绍谦, 王晓茹. 基于 GPS 技术的电力系统同步相量测量装置[J]. 电子工程师, 2003, 29(11): 21-23.
HU Shao-qian, WANG Xiao-ru. Synchronized Phasor Measurement Device in Power System Based on GPS[J]. Electronic Engineer, 2003, 29(11): 21-23.
- [4] 夏芳, 刘沛. 变电站微机故障录波装置设计方案[J]. 继电器, 2000, 28(3): 40-43.
XIA Fang, LIU Pei. A Design of Fault Recorder Used in Substation[J]. Relay, 2000, 28(3): 40-43.
- [5] 王丽华, 江涛, 盛晓红, 等. 基于 IEC61850 标准的保护功能建模分析[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(2): 55-59.
WANG Li-hua, JIANG Tao, SHENG Xiao-hong, et al. Analysis on Protection Function Modeling Based on IEC 61850 Standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(2): 55-59.
- [6] 高宗和, 戴则梅, 翟明玉, 等. 基于统一支撑平台的 EMS 与 WAMS 集成方案[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(16): 41-45.
GAO Zhong-he, DAI Ze-mei, ZHAI Ming-yu, et al. Integrative EMS and WAMS Based on a Unified Supporting Platform[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(16): 41-45.
- [7] 洪宪平. 建设电网动态安全防御系统[J]. 华东电力, 2007, 35(3): 41-44.
HONG Xian-ping. Constructing Dynamic Security Protection System for Power Grids[J]. East China Electric Power, 2007, 35(3): 41-44.
- [8] 许树楷, 谢小荣, 辛耀中. 基于同步相量测量技术的广域测量系统应用现状及发展前景[J]. 电网技术, 2005, 29(2): 44-49.
XU Shu-kai, XIE Xiao-rong, XIN Yao-zhong. Present Application Situation and Development Tendency of Synchronous Phasor Measurement Technology Based Wide Area Measurement System[J]. Power System Technology, 2005, 29(2): 44-49.
- [9] IEC61850, Communication Networks and Systems in Substations[S].
- [10] 孙军平, 盛万兴, 王孙安. 新一代变电站自动化网络通信系统研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(3): 16-19, 145.
SUN Jun-ping, SHENG Wan-xing, WANG Sun-an. Study of the New Substation Automation Network Communication System[J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(3): 16-19, 145.

- Protection of Main Electric Equipments[M]. Beijing:Qinghua University Press, 2001.
- [2] RUAN Jian-guo, LIN Jia-jun. Analysis on Stability of Digital Protection Algorithms[A]. in:Proceedings of 2005 IEEE International Conference on Information Acquisition[C]. 2005. 313-317.
- [3] 樊恩, 聂明新. 采用稳态 Kalman 滤波器简化 Kalman 滤波器的计算[J]. 武汉理工大学学报, 2005, 27(5): 272-274.
FAN En, NIE Ming-xin. A Simplified Kalman Filter Algorithm Using a Steady-state Kalman Filter[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2005, 27(5):272-274.
- [4] 董峰, 金宏斌, 白晶. 用 Visual C++ 仿真实现卡尔曼滤波[J]. 微计算机信息, 2005, 21(7): 147-149.
DONG Feng, JIN Hong-bin, BAI Jing. Kalman Filter Simulation with Visual C++[J]. Control and Automation, 2005, 21(7):147-149.
- [5] 邓自立, 毛琳, 高媛. 多传感器最优信息融合稳态 Kalman 滤波器[J]. 科学技术与工程, 2004, 4(9): 743-747.
DENG Zi-li, MAO Lin, GAO Yuan. Multisensor Optimal Information Fusion Steady-state Kalman Filter[J]. Science Technology and Engineering, 2004, 4(9):743-747.
- [6] 伍尤富. 基于分布式算法 FIR 滤波器的设计与实现[J]. 信息与电子工程, 2007, 5(5): 388-390.
WU You-fu. Design of FIR Filter Based on the Distributed Arithmetic[J]. Information and Electronic Engineering, 2007, 5(5): 388-390.
- [7] 贺卫东, 段哲民, 龚诚. 基于 FPGA 的大点数 FFT 算法研究[J]. 电子测量技术, 2007, 30(11): 14-16.
HE Wei-dong, DUAN Zhe-min, GONG Cheng. 2D-parallel Method for Ultra Long FFTs in FPGA[J]. Electronic Measurement Technology, 2007, 30(11): 14-16.
- [8] 张德学, 郭立, 傅忠谦. 一种基于 FPGA 的 AES 加解密算法设计与实现[J]. 中国科学技术大学学报, 2007, 37(12): 1461-1465.
ZHANG De-xue, GUO Li, FU Zhong-qian. Design and Implementation of AES Algorithm Based on FPGA[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2007, 37(12): 1461-1465.
- [9] Girgis A A, Brown R G. Application of Kalman Filtering in Computer Relaying[J]. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1981, 100(7): 3387-3397.
- [10] Girgis A A, Brown R G. Modeling of Fault-Induced Noise Signals for Computer Relaying Applications[J]. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1983, 102(9): 2834-2982.
- [11] 于九祥. 微机保护中卡尔曼滤波模型参数的选择[J]. 电力系统自动化, 1993, 17(2): 26-33.
YU Jiu-xiang. Kalman Filtering Model Parameter's Selection in Micro Computer Protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 1993, 17(2): 26-33.
- 收稿日期: 2008-12-01; 修回日期: 2009-02-22
作者简介:
阮建国(1956-), 男, 博士, 副教授, 从事信号处理、智能检测、微机应用、FPGA 在算法实现中的应用等方面的研究。E-mail: jgruan@ecust.edu.cn
-
- (上接第 115 页 continued from page 115)
- [11] 李九虎, 郑玉平, 古世东, 等. 电子式互感器在数字化变电站的应用[J]. 电力系统自动化, 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): 94-98.
- [12] 高翔, 周健, 周红, 等. IEC61850 标准在南桥变电站监控系统中应用[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(16): 105-107.
GAO Xiang, ZHOU Jian, ZHOU Hong, et al. IEC 61850 used in Nanqiao Substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(16): 105-107.
- [13] Lars Andersson, Klaus-Peter Brand, Dieter Fuechsle. Optimized Architectures for Process BUS with IEC61850-9-2[A]. in:42 CIGRE Session[C]. Paris:2008.
- [14] 窦晓波, 吴在军, 胡敏强, 等. IEC61850 标准下合并单元的信息模型与映射实现[J]. 电网技术, 2006, 30(2): 80-86.
DOU Xiao-bo, WU Zai-jun, HU Min-qiang, et al. Information Model and Mapping Implementation of Merging Unit Based on IEC61850[J]. Power System Technology, 2006, 30(2): 80-86.
- [15] 李建, 谢小荣, 韩英铎. 同步相量测量的若干关键问题[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(1): 45-48.
LI Jian, XIE Xiao-rong, HAN Ying-duo. Some Key Issues of Synchrophasor Measurement[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(1): 45-48.
- 收稿日期: 2009-04-13; 修回日期: 2009-05-22
作者简介:
万博(1979-), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向为 IEC61850 和变电站自动化系统研究与应用; E-mail: wanbo@epri.ac.cn
苏瑞(1973-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为 IEC61850 和变电站自动化系统研究与应用。