

一种新型合智一体装置的研制

窦乘国, 张宏波

(上海思弘瑞电力控制技术有限公司南京分公司, 江苏 南京 210012)

摘要:为满足智能变电站结构紧凑化、网络设计简单化的要求,过程层的合并单元和智能终端的整合设计(合智一体)是智能电网的趋势。提出了一种新型合智一体装置的软硬件结构设计方案,采用该方案研制的装置,不仅能够满足合智一体的要求,而且能缩短装置模拟量数据从输入到输出的延时,提高装置数据传输的快速性,数据传输时间远低于行业标准规定的2ms时间要求,另外,合智一体设计对配合的间隔层保护装置的整体动作时间也有提高。

关键词:合并单元;智能终端;合智一体;采样值(SV);面向通用对象的变电站事件(GOOSE)

中图分类号: TM763

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2015)05-0062-03

合并单元与智能终端是智能变电站中的过程层二次设备的重要组成部分,合并单元通过直接或间接的方式采集电流、电压数据,并对这些数据完成同步处理后再提供给间隔层设备使用;智能终端则通过采集断路器、刀闸等位置信息上送间隔层,并接收间隔层的跳闸、遥控等命令。合并单元、智能终端与间隔层物理接口点基本相同,从现场安装情况看,无论是就地化智能控制柜安装,还是保护室的屏柜安装,一定是按间隔来划分安装的。因而两者一般安装到同一屏柜或相邻的2个屏柜中。随着智能变电站的发展,合并单元、智能终端相关规范已经比较完整^[1,2]。对于二者需要实现的功能、对外的物理接口、虚端子接口等的规定都已经很明确。国家电网公司相关规范也在制订中^[3],并明确要求110kV使用合智一体装置。然而在现场的使用过程中存在合智一体模拟量数据延时偏大、装置工程型号偏多、发热严重的现象。

1 合智一体装置设计思路

从目前主流的划分方式来看,合并单元包括电压合并单元、间隔合并单元;智能终端包括母线智能终端、断路器智能终端、变压器(高抗)本体智能终端。而合智一体化主要是从间隔的角度来看的,即间隔合并单元与断路器智能终端的集成。当然,部分电压合并单元也可以和母线智能终端集成。对于母线合智一体,其集成思想同间隔合智集成,但由于其现场数量较少,故而作用没有间隔集成那么明显。从间隔角度看,合智集成装置的组网方式如图1所示(保护直采直跳)。合智一体有以下优点:

(1) 由双装置变为单装置,减少空间。不仅节省硬件成本,而且减少了空间占用。尤其在现场就地安装的情况下,最终减少变电站占地。

(2) 减少了光纤连接数量,意味着光纤接口减少,

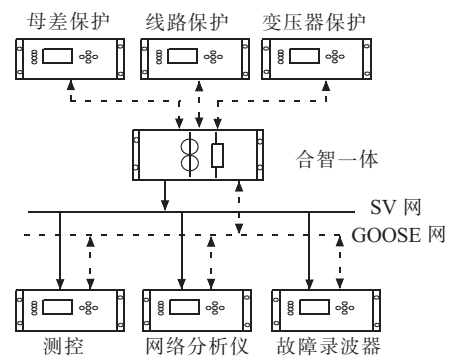


图1 合智一体点对点组网

不仅节省装置成本,而且降低装置功耗,减轻了跨多间隔保护装置的发热问题。例如在面向通用对象的变电站事件(GOOSE)及采样值(SV)均为点对点组网方式下,对于典型的支持24个间隔的集中式母差保护装置,按照单插件8路光口计算,则需要4块SV接口插件(除24个间隔对应的3块插件外,母线电压SV采样及SV组网需要1块插件),4块GOOSE接口插件(除24个间隔对应的3块插件外,GOOSE组网需要1块插件),共计64个光口。该结构的母线装置,发热量很大。而当合智一体装置出现后,SV和GOOSE通过共口方式连接,则可减少一半(4块)SV和GOOSE共口(简称为SG)的插件,此时母差保护在合理布置插件插槽位置后,发热量大幅降低。

从实际工程使用上看,合并单元、智能终端与间隔层物理接口点基本相同;从两者物理接口数据流动上看,2种装置的主要区别在于合并单元提供的采样数据流是单向的,而智能终端的数据流是双向的。因此硬件上存在共性。同时,随着通信技术的发展,现场可编程逻辑门阵列(FPGA)等芯片性能的提高,芯片功能的强大,单个硬件模块能承担的功能也日益增多。

基于上述工程实际情况和技术发展状况,文中提出了一种新型合智一体装置的软硬件结构设计方案。该方案从软硬件架构上实现了任务分流,能使重要任

务得到优先处理,进而使得关键性能指标得到提升;任务的模块化设计,使得功能重用便捷,进而提高了工程功能的扩展性。

2 合智一体硬件构架设计

为保证装置整体的可靠性,文中提出分级总线混合直连模式的硬件架构,合并单元与智能终端功能各自在独立插件中实现,一些智能板卡和扩展板卡,也都在独立插件中实现,通过总线支持完成相互间的数据交换,对于强实时要求的关键数据通过直连的方式进行交互。既可靠,又快速,在与间隔层保护装置互联配合时,减少了数据的中间传输延时,有利于加快整体的保护动作速度。

硬件构架如图 2 所示,插件间的数据连接包括两大部分:总线部分和直连线部分。其中,总线部分包括高速总线、低速总线和对时同步总线。高速总线用于合并单元和智能终端二者的高速数据交换,低速总线用于智能开入、智能开出、直流采集插件与合并单元、智能终端之间的低速开关量的数据交换,而对时总线则用于全装置的各插件同步。直连线部分包括模数转换(ADC)及电子式互感器数字输出接口数据(因其帧格式是采用 IEC 60870-5-1 定义的定长格式 Format FT3,简称 FT3 数据)直采插件与合并单元之间的连接、合并单元发送 IEC61850-9-2 及 GOOSE 数据的连接、合并单元发送 FT3 数据的连接、智能终端与出口插件的连接。整个合智一体装置的主要插件配置示意如表 1 所示。

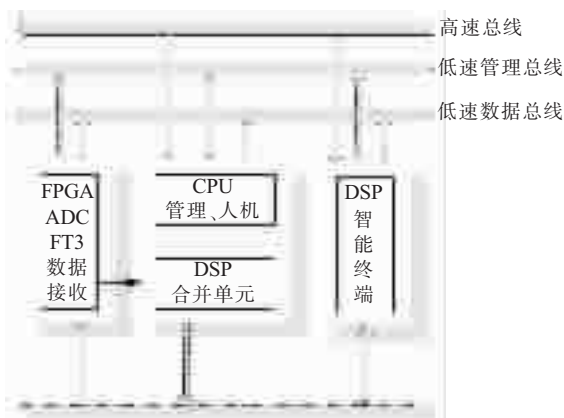


图 2 合智一体硬件主构架体系

插件功能包括:

(1) 交流信号采样插件完成传统电磁式互感器的小信号变换功能;直流信号采样插件完成直流传感器过来信号的接收功能。

(2) ADC 插件完成 ADC 采集及 FT3 输入功能。用于传统电磁式互感器模拟量输入情况下的数据采集,同时可接入 FT3 输入,完成电子式互感器与远端模块的输入接口或与电压合并单元的输入级联接口。

表 1 合智一体插件配置

装置插件槽位 / 个	插件类型
1~2	电源插件(DC)
3~8	交流信号采样插件(AC)
9	直流信号采样插件
10	ADC 插件
11	CPU 插件
12	SG 插件
13~15	开关量输入插件
16	扩展插件
17~19	开出插件
20	操作回路插件

(3) CPU 插件包括多个处理器。分别完成人机接口(HMI)功能(包括站控层的制造商信息规范(MMS)通信功能)、合并单元应用功能(包括数据 SV 数据接收、同步处理、电压切换)等。

(4) SG 插件完成智能终端功能。包括断路器和刀闸的位置采集、对于保护跳闸命令、遥控命令的处理等;16 号插件:扩展 SV、GOOSE 发送插件。

(5) CPU 插件光纤口不够时,配置扩展插件可完成 SV、GOOSE 扩展口的发送功能;同时还可将扩展插件配置为 FT3 数据发送插件。

该硬件构架设计具有以下特点:

(1)快速合并单元的功能支持。为达到该目标,则需要消除所有装置内部的中间延迟环节。一般实现方案中,由于同时考虑到模拟采样和数字采样时,在设计数据处理过程中,可能有多 CPU 分布协调处理的情况,而合并单元最终发出的数据又必须是全装置整体同步的,这样就会引入多板卡间的数据交换问题,若处理不当将会引起较大数据延时。该方案在数据接入方面,均采用硬线直连方式,即无论是传统的 ADC 采样接入、与电子式互感器的 FT3 接入、或电压合并单元 SV9-2 的级联接入均如此,使用高性能处理器统一完成数据处理;而对于数据发送,也采用插件内数据直发。经过实际测试,在此方案设计上,当仅有传统 ADC 采样时,合并单元采样数据延时为 500 μ s;当有电子式互感器的 FT3 接入时,采样数据延时为 750 μ s;在有 9-2 或 FT3 级联情况下,则采样数据延时最大为 1500 μ s。无论哪种情况均小于国网标准要求的 2 ms^[4]。由以上数据可见,无论哪种数据接入方式,均可最大限度降低了合并单元本身的处理延时,从而缩短间隔层保护装置的动作时延。

(2) 合并单元功能对 SV 混合采样的支持。通过上述插件功能配置,该硬件方案实现了对于传统 ADC、FT3、SV9-2 三种混合采样方式的支持。

(3) IEC 61850-9-2 的 SV、GOOSE 共口支持。点对点情况下,SV 数据要求强实时的 250 μ s 间隔均匀

发送,而 GOOSE 既发送数据又接收数据,其典型变化发送间隔为 2 ms。由于设计中充分考虑减少数据流的中间环节,合理布置总线功能和结构,减少了数据的处理工作,完全可以在发送 SV 数据的空隙时间片完成 GOOSE 数据的收发,因此既能满足合并单元数据传输与处理的实时性,也满足智能终端跳闸的快速和可靠性要求。

(4) 对时功能单插件实现,并全装置同步。在当前的智能变电站应用中,对时方式主要包括 B 码对时、IEC 61588、简单网络时间协议(SNTP)对时等。在硬件方案中,B 码对时或 IEC 61588 对时均直接接入到 CPU 插件,该插件直接完成同步、守时、外部时钟丢失与恢复过程中的内部时钟、中断调节等功能。保证合并单元较小的发送数据的抖动离散性。在 CPU 插件完成同步功能后,通过背板对时同步总线将信息发布给其他智能板卡,其他插件以此为基准再进行各自插件内的同步。

(5) 部分插件可灵活置换。为了兼容多种应用场景,方案支持部分插件的互换功能,既可以配置为开关量输入插件,也可以配置为扩展 IEC 61850-9-2 的 SV 及 GOOSE 的数据发送插件,还可以配置为 FT3 数据发送插件。这种配置方式设计灵活,可简化生产及工程应用过程。

3 合智一体软件系统设计

软件系统结合硬件系统构架,按照平台设计方法,分层、分模块地给出系统构架,从构架纵向划分,每个处理器所运行的程序都基于三层式结构:板级支持包(BSP)层、平台接口层、应用层;从构架横向划分,包括系统管理模块和子系统任务模块两部分。

由于采用分层模块化结构,软件任务可以合理分配,硬件芯片的负载更加均衡,有利于系统的稳定和功能的扩展。软件系统架构如图 3 所示。

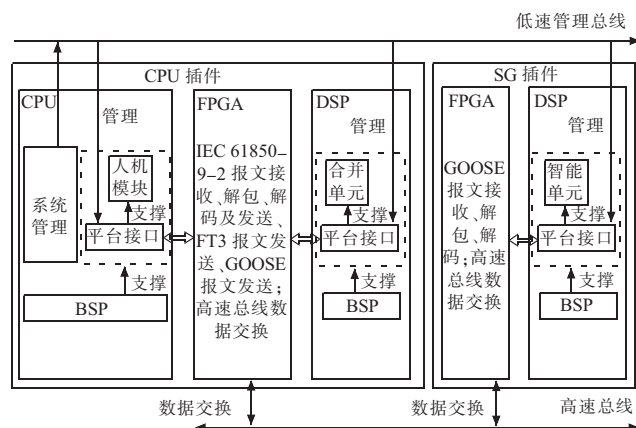


图 3 合智一体软件系统构架

- (1) BSP 层:完成底层的硬件驱动功能;
- (2) 平台接口层:完成系统级功能。包括与管理模

块的通信交互,与其他插件的数据交换等;

(3) 应用层:最终的应用程序。如合并单元模块、智能终端模块、人机接口模块等。

该软件构架设计具有以下特点:

(1) 结构清晰,分布高效。系统管理模块作为整个装置的枢纽,承担管理整个装置的各个插件上的程序协调一致运行、异常状况监测、参数定值的管理等功能;子系统任务模块作为整个装置的具体功能实现单元,接受系统管理模块的调度,在完成子系统功能的同时,并为外部其他子系统提供数据。而根据模块的划分,又可清晰的给出各个处理器所需承担的工作,同时选择出合适的处理器,使得整个系统的硬件资源配置达到最优。

(2) FPGA 与 CPU 分工协作。在以往的电力系统二次设备中,FPGA 通常仅完成数据码流处理及逻辑功能处理:如 IRIG-B 编解码、FT3 的编解码等。该方案中,FPGA 完成了 IEC 61850-9-2 的 SV 报文接收、解包、解码、有效数据通道抽取及 SV 的报文发送;GOOSE 报文接收、解包、解码、有效数据抽取;FT3 数据收发及编解码;IRIG-B 解码;高速总线数据交换等功能。FPGA 完成以上工作后,使得 CPU 负载有效降低。同时,也更易于实现对于网络风暴的抑制与过滤。

(3) 应用层代码唯一,自动适应多种应用场景。由于一次系统主接线方式的不同,也带来合并单元的多种应用场景。再考虑到传统电磁互感器与电子式互感器的不同应用,其产品型号较多。但分析其主要不同点,在物理层面上,在于其收发数据接口形式的不同;从逻辑层面上,主要表现为对外收发虚端子的不同。该方案由于软硬件均支持一定程度的灵活配置,可适应多种应用场景。基于该方案实现的装置通过工具完成研发级别的配置,对研发与工程进行了合理有效分工,最终实现了以较小的应用程序单一代码兼容所有应用场合,提高产品的易测性、易维护性。

4 结束语

为适应智能电网的发展趋势,结合合智一体装置的现场应用实际情况,提出了一种软硬件设计方案,并在此基础上研制出一种新的合智一体装置。该装置通过优化软硬件系统架构,减少模拟量数据从输入到输出延时,性能优于相关标准的要求,从而提高间隔层保护装置的速度;同时装置适应工程配置的要求,能适应当前智能站的工程要求,有一定的实际意义。

参考文献:

- [1] 国家电网公司. Q/GDW 426—2010 智能变电站合并单元技术规范[S]. 北京:中国电力出版社,2010.
- [2] 国家电网公司. Q/GDW 428—2010 智能变电站智能终端技术

存复核的问题。该装置实现了一次配油多次使用,可避免标准油取样、转移使用等环节引入的误差,并直接对在线色谱进行现场校验,在减少工作量的同时保证了变压器油色谱分析量值标准的统一性,使分析数据更准确、更具有可比性。标准油便携保存装置解决了将标准油运输传递至现场对在线色谱检测系统进行精准校验的难题,确保了在线色谱检测数据的准确性,有助于早发现变压器设备潜伏性故障,节约检修成本,减少非计划停电,增加供电可靠性,因此具有广泛的社会效益。目前,在线色谱现场校验标准油便携保存装置已应用于黑龙江、山东、福建等电科院,效果显著。

参考文献:

- [1] 范洁,陈霄,黄奇峰,等. 变压器油中多组分气体高精度在线检测研究[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(12):160-163.
- [2] 黄献涛. 浅谈变压器运行中异常现象的检修与维护[J]. 江苏电机工程,2009,28(5):14-16.
- [3] 操敦奎,许维宗,阮国方. 变压器运行维护与故障分析处理[M]. 北京:中国电力出版社,2008:164-169.
- [4] 郭伟,武志峰,郝菊屏,等. 变压器油在线色谱监测装置的应用现状分析[J]. 电力安全技术,2014,16(3):55-59.
- [5] 陈丽娟. 电力变压器故障监测分析应用[J]. 中国城市经济,2011(24):191.
- [6] 郭小波,姚文军,王军,等. 变压器在线色谱装置技术条件分析[J]. 中国电力,2009,42(5):72-75.
- [7] 赵学民,王鑫,赵哲军,等. 油中溶解气体在线色谱监测技术在变压器运行中的应用[J]. 华北电力技术,2007(10):29-31.

作者简介:

朱洪斌(1966),男,江苏南京人,高级技师,从事电力用油、气理化分析及用油气设备的故障预警评估、诊断工作;

张晓琴(1989),女,江苏南通人,硕士,从事电力用油、气理化分析工作;

王晨(1985),男,江苏盐城人,技师,从事电力用油、气理化分析工作;

刘建军(1979),男,江苏南京人,高级工程师,从事材料分析与评估工作。

The Portable Standard Oil Saving Device for Calibrating Transformer On-line Chromatography Monitoring Instrument

ZHU Hongbin, ZHANG Xiaoqin, Wang Chen, Liu Jianjun

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: Standard oil can be used to calibrate on-line monitoring chromatograph. Nowadays, there isn't an appropriate device to storage and transport the oil. A portable standard oil saving device is developed in this paper. The device adopts the design of internal capsule and pressure storage method. The oil conglutination on the inner wall is avoided, and the gas do not escape from the oil. Compared to the traditional saving devices, the new device's preservation effect is better, and its preservation time is extended from 4 days to 180 days. The stability of standard oil in any environment is guaranteed, which fulfills the standard of transformer chromatographic analysis. The device provides a reliable reference for transformer on-line chromatography monitoring.

Key words: power transformer; on-line monitoring device; standard oil; the saving device

(上接第 64 页)

- 规范[S]. 北京:中国电力出版社,2010.
- [3] 国家电网公司. Q/GDW1902—2013 智能变电站 110 kV 合并单元智能终端装置集成技术规范[S].北京:中国电力出版社,2013.
- [4] 国家电网公司. Q/GDW 441—2010 智能变电站继电保护技术规范[S].北京:中国电力出版社,2010.

作者简介:

窦秉国(1974),男,湖南永州人,工程师,从事继电保护、智能变电站应用研究工作;

张宏波(1975),男,吉林伊通人,高级工程师,从事嵌入式软件在电力系统、智能变电站应用研究工作。

The Development of a New Type of Merging Unit and Intelligent Terminal Integrated Device

DOU Chengguo, ZHANG Hongbo

(Shanghai SHR Electrical Power Technology Co. Ltd., Nanjing Branch, Nanjing 210012, China)

Abstract: For the purpose of compact structure and simple network design in smart substation, the integration of merging unit and intelligent terminal at the process level becomes a new trend in the smart substation. A new software and hardware solution for the integration of merging unit and intelligent terminal is proposed in this paper. Base on this scheme, not only the requirement of the integration of merging unit and intelligent terminal can be met, but also the transmission time delay from input to output of the analog data is shorten and the data transmission speed is improved. The transmission time delay less than 2 ms which is defined in related standards. It also improves the operation time of the protection devices connected to this new device.

Key words: merging unit; intelligent terminal; merging unit and intelligent terminal integrated device; SV; GOOSE