

分布式母线保护在智能变电站中的应用

王风光¹,张祖丽²,张艳²

(1.南瑞继保电气有限公司,江苏南京 211102;2.海西供电公司,青海格尔木 816000)

摘要:随着智能变电站的广泛推广使用,当面对接入间隔数目较多的情况时,集中式母线保护装置已无法满足智能变电站大容量数据交换的要求,因此开发应用于智能变电站的分布式母线装置已成为当务之急。文中介绍了应用于智能变电站的分布式母线保护的配置方案,并针对大容量数据传输及同步采样提出了相应的解决方案。

关键词:智能变电站;分布式;母线保护;同步采样

中图分类号:TM773

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2012)02-0037-03

所谓智能变电站,是指由智能化一次设备(电子式互感器、智能化开关等)和网络化二次设备分层(过程层、间隔层、站控层)构建,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。随着智能变电站的广泛推广使用,应用于智能变电站中的继电保护装置在保证其“可靠性、选择性、灵敏性、速动性”的同时,也应提高其智能化水平。母线保护作为智能变电站中的重要元件保护装置,在模拟量采集与开关量的输入输出方面均发生了显著的变化,配置方法更加灵活。2010年4月,国家电网公司发布了《智能变电站继电保护技术规范》,对于智能变电站中的母线保护装置提出了明确的要求,在此情况下,当面对接入间隔数目较多的情况时,集中式母线保护装置已无法满足智能变电站大容量数据交换的要求,因此开发应用于智能变电站的分布式母线装置已成为当务之急。

相比于集中式母线保护装置,分布式母线保护装置符合变电站保护分散布置、就地化的发展趋势,且分布式母线保护采取数据分散采集,集中处理的方法,相比于集中式母线保护集中采集、集中处理的方法有很大优势。但是分布式母线保护相比集中式母线保护需要解决2个难题:一是大量数据的可靠、实时传输;二是高精度的同步采样^[1]。

1 分布式母线保护装置介绍

根据 IEC 61850 标准体系描述,智能变电站可分为三层:过程层、间隔层、站控层^[2-4]。其中过程层包括面向模拟量的合并单元(MU)和面向开关的智能操作箱单元;MU负责同步接收数字化的模拟量信号(SMV),并将接收到的数字量按标准规范要求(IEC 61850-9-2)发送给保护及测控装置;智能操作箱单元负责采集开关及刀闸位置信息传送给间隔

层的保护及测控装置,并接收间隔层跳闸信号控制开关跳闸。分布式母线保护装置整体设计方案如图1所示。

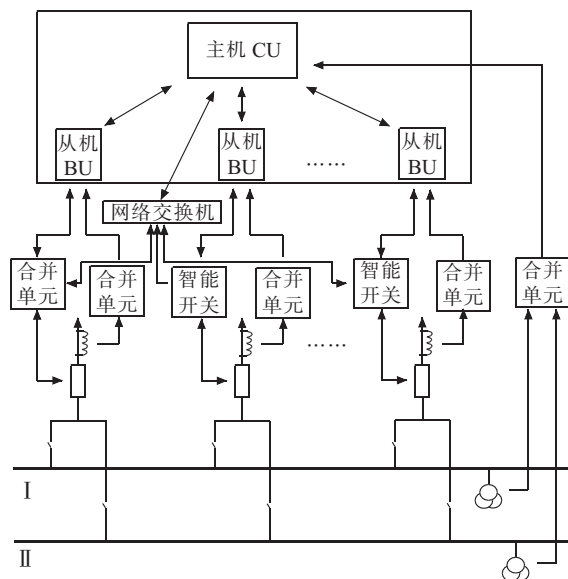


图1 分布式母线保护配置方案

图1框内为分布式母线保护装置的配置方案。从机处理单元(BU)与主机处理单元(CU)之间通过光纤连接。负责电流采集的合并单元及点对点传输的GOOSE开关量通过光纤与BU连接,负责电压采集的合并单元及网络传输的GOOSE开关量通过光纤与CU连接。分布式母线保护的CU与BU的硬件配置如图2所示。

CU共有四大功能插件:保护管理插件、逻辑运算插件、从机通信插件及过程层通信插件。其中保护管理插件由高性能的嵌入式处理器、存储器、以太网控制器及其他外设组成,实现对整个装置的管理、人机界面、通信和录波等功能。逻辑运算插件由高性能的数字信号处理器及其他外设组成,他通过高速数据总线与从机通信插件机及CU过程层通信插件通信,接收SMV数据及GOOSE开关量数据,两块逻辑运算插件接收的SMV数据完全独立,以保证某

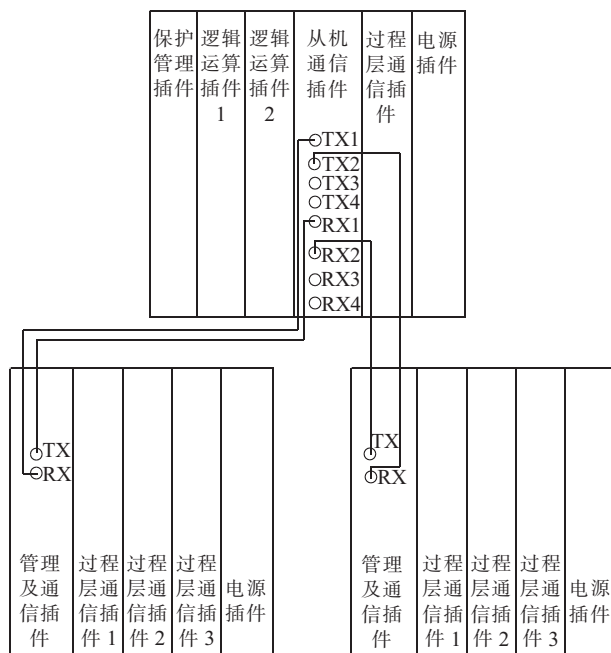


图2 CU与BU的硬件配置

一路采样数据无效的情况下可靠闭锁保护。从机通信插件由高性能的数字信号处理器、4组光纤收发口及其他外设组成,负责CU与BU之间通信,每块从机通信插件可连接4个BU。它接收BU打包上送的电流SMV数据及点对点GOOSE开关量数据,解压缩后传输给CU,并接收CU的跳闸命令,打包后发送给BU。过程层通信插件由高性能的数字信号处理器、8个百兆光纤以太网接口组成。插件支持GOOSE功能和IEC 61850-9-2规约,负责接收电压SMV数据及网络传输的GOOSE开关量数据并传输给逻辑运算插件。

BU共有两大功能插件:管理及通信插件和过程层通信插件。管理及通信插件由高性能的数字信号处理器、一组光纤收发接口及其他外设组成,它通过光纤与CU的从机通信插件连接,完成与CU的通信,并通过高速数据总线与BU过程层通信插件通信,接收电流SMV数据及点对点GOOSE开关量数据,并打包后传输给CU,接收CU下发的GOOSE跳闸命令并传输给过程层通信插件。过程层通信插件负责接收点对点采样数据,并向智能操作箱发送跳闸命令。每块过程层通信插件由8个百兆光纤以太网接口组成,连接4个间隔,因此每个BU共可以接收12个间隔的点对点采样数据。

2 大容量数据的可靠及实时传输

应用于智能变电站的分布式母线保护的每个BU负责采集间隔的SMV及GOOSE信号并上送给CU进行保护逻辑运算并接收CU下发的保护跳闸命令实现开关跳闸,因此保证CU与BU间可靠、

实时通信是分布式母差保护的关键之一^[5]。

针对SMV信号,目前MU传送给BU的采样频率广泛采用4 kb/s的标准,每间隔数字量通常包含保护用电流、电压、测量用电流、电压等12路数据,以12个间隔,4 kb/s,16位数据为例,BU每秒需要传送给CU的数据量为 $24 \times 12 \times 16 \times 80 \times 50$ bit,约18 Mb/s;此外BU还需要将每个间隔的SMV信号的品质状态上送给CU。针对GOOSE信号,BU负责采集每个间隔的开关位置(常开、常闭节点)及每个间隔每条母线的刀闸位置(常开、常闭节点),并将每个开入的GOOSE品质位上送给CU,以12个间隔,每个间隔传送16个GOOSE开关量及GOOSE开关量状态,BU每秒传送给CU的数据量为 $12 \times 16 \times 16 \times 2 \times 50$ bit,约307 kb/s。如果BU不预先对SMV及GOOSE信号处理,将会给BU和CU间的光纤传输造成很大的负担。

为解决上述问题,BU对SMV及GOOSE信号进行了处理:

(1) BU对每个间隔的SMV信号首先进行插值算法处理,即4 000点/s的采样信号通过插值算法后变成1 200点/s,且只上送保护用电流及测量用电流,舍弃其他不需要的数字量;

(2) BU将每个间隔的SMV品质状态按位处理,这样一个字(16 bit)即可以传送2个间隔的采样品质;

(3) BU对每个间隔的GOOSE开关量及GOOSE开关量状态按位处理,这样两个字(16×2 bit)即可传送一个间隔的GOOSE开关量及GOOSE开关量状态。

(4) BU与CU之间的数据传输采样,且自定义规约。

通过以上处理,BU和CU间的传输速率大大下降,目前,BU与CU间的光纤传输速率为10 Mb/s,需要交换的数据量仅为134 kb/s,可以充分保证BU与CU间数据的实时传输。

3 分布式母线保护的采样同步问题

差动保护计算所需要的各个间隔的电流采样数据必须是同一时刻的值,而分布式母差保护的各子站间没有电气上的连接,从而带来了各个子站的同步采样问题。采样同步的好坏,直接影响到差动保护的性能。

采用GPS同步时钟为每个间隔单元对时的方案在技术上是可行,但增加了硬件的复杂性,更重要的是当同步时钟受到电磁干扰或同步时钟失去时,差动保护的安全性问题更令人担忧。间隔单元采样

同步时钟要求是相对时钟准确,对绝对时间没有要求,如何在不增加硬件和通信网络负担的前提下,解决间隔单元的采样同步性问题,也是分布式母差要解决的一个关键性技术问题。

目前,国外分布式母差的情况是 ABB 公司的 REB500 最早投入商业运行的分布式微机母差保护,其工作原理是子站进行有关数据的收集、预处理之后,以一定的时间间隔将数据发送到主站,受到数据传输能力的限制,子站只传基波的实部和虚部,而且是每隔 8 ms 向主站传送一次,由主站进行综合计算处理,发出跳闸指令,因此动作速度偏低。西门子的 7SS52 分布式母线保护也由子站和主站构成,子站对电流量进行每周期 48 点采样,并进行模拟和数字滤波,将采样电流值转换为电流相量,然后将这些相量带上相应的时标,在算法设定的间隔传到主站,由主站负责算法处理、故障检测,并发出跳闸命令。

可见,国外一些厂家的分布式母线保护受数据传输能力和数据同步处理的限制,子站送到主站的都是相量数据,采用相量差动算法使得保护的行动速度和抗饱和性能都受到一定的限制。为此设计了不依赖于 GPS 的同步方案, CU 通过光纤向 BU 发布时间基准, BU 记录下 CU 发送过来的时间基准,并将此时间基准与本板中断时刻做比较,将二者的差值与同步基准做比较后自动调整 BU 采样中断,以保证各个 BU 发送给 CU 的 SMV 数据为同一时刻采样值,同步精度可保证为 5 μ s,完全满足母线保护跨间隔数据同步采样的要求^[6,7]。

4 分布式母线保护功能配置

与集中式母线保护相同,本分布式母线保护装置配置了母线差动保护、母联失灵保护、母联死区保护及断路器失灵保护功能。一套分布式母差最多可接入 4 个 BU,每个 BU 可接收 12 个间隔的 SMV 及 GOOSE 信号,最大可支持 48 个间隔。全新的面向间隔对象母线保护设计方法,在不同的主接线方式只需根据实际情况对间隔单元进行配置即可,不需修改保护主程序,母线保护的差动构成灵活可靠,而且不再只能适应已知的主接线模式。该分布式母差为每个支路提供 GOOSE 接收和发送软压板,用来控制每个支路的 GOOSE 开入开出。此外还为每个支路设置了支路使能软压板,用以控制支路的 GOOSE 及 SMV 使能,当支路投入软压板退出时,相应间隔的电流将退出差流计算,并屏蔽相关链路报警。

若支路投入软压板退出时相应间隔有电流,装置发“支路退出异常”报警信号,相应支路电流不退出差流计算。

为了防止单一通道数据异常导致保护装置被闭锁,装置将按照光纤数据通道的异常状态有选择性地闭锁相关的保护元件,具体原则为:

(1) 采样数据无效时采样值不清零,显示无效的采样值;

(2) 某段母线电压通道数据异常不闭锁保护,但开放该段母线电压闭锁;

(3) 支路电流通道数据异常,闭锁差动保护及其相应支路的失灵保护,其他支路的失灵保护不受影响;

(4) 母联支路电流通道数据异常,闭锁母联保护,母联所连接的两条母线自动置互联。

5 结束语

随着智能变电站的广泛推广使用,集中式母线保护在某些情况下已不能满足智能变电站大容量数据传输的要求。应用于智能变电站的分布式母线保护主站和子站之间通过光纤交换数据,采用 FPGA 实现硬件通信编码和 CRC 校验,可靠性高,不占用保护 CPU 的资源。目前,本文设计的分布式母线保护装置已在多个智能变电站成功运行。

参考文献:

- [1] 邹贵彬,王晓刚,高厚磊,等. 新型数字化变电站分布式母线保护[J]. 电力自动化设备,2010,30(11):94-97.
- [2] 操丰梅,宋小舟,秦应力. 变电站过程层的分布式母线保护的研制[J]. 电力系统自动化,2008,32(4):69-72.
- [3] 王攀峰,周晓龙,杨恢宏. 一种面向数字化变电站的母线保护方案[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(12):48-51.
- [4] 朱林,苏盛,殷献忠. 基于 IEC 61850 过程总线的分布式母线保护研究[J]. 继电器,2007,35(S1):40-44.
- [5] 王攀峰,张克元,文明浩. 应用于数字化变电站的分布式母线保护的研究[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(13):68-71.
- [6] 殷志良,刘万顺,杨奇逊. 一种遵循 IEC 61850 标准的合并单元同步的实现方法[J]. 电力系统自动,2004,28(11):57-61.
- [7] 高翔,张沛超. 数字化变电站的主要特征和关键技术[J]. 电网技术,2006,30(23):67-71.

作者简介:

王风光(1981),男,山东聊城人,工程师,研究方向为电力系统继电保护;

张祖丽(1977),女,河南南阳人,工程师,从事电网调度管理工作;

张艳(1973),女,山东乳山人,工程师,从事电网调度管理工作。

表1 传统验收时间统计

验收时间分类	变电站			合计时间/min	百分数/%
	110 kV 钓鱼变	110 kV 兴园变	110 kV 森园变		
重复校验所用时间 T1/min	1 710	2 332.8	1 789.2	5 832	90
现场人员点击发送信号所用时间 T2/min	151.2	206.8	160.4	518.4	8
其他 T3/min	39	38.8	51.8	129.6	2
全站验收总时间/min	1 900.2	2 578.4	2 001.4	6 480	100

表2 使用自动校验系统之后验收时间统计

验收时间分类	变电站			合计时间/min	百分数/%
	220 kV 马华变	220 kV 观五变	110 kV 元竹变		
重复校验所用时间 T1/min	137.14	133.4	101.7	372.24	47
现场人员点击发送信号所用时间 T2/min	148.9	144.46	109.76	403.12	51
其他 T3/min	5.8	6.04	4.8	16.64	2
全站验收总时间/min	291.84	283.9	216.26	792	100

4 结束语

综上所述,调度控制人员配合变电站现场人员

在校验信号时,结合变电站遥信功能自动校验系统作为辅助工具来完成验收工作,会大大解放验收双方的劳动力,并且在保证验收质量的基础上提高了工作效率。在运行管理方面,变电站遥信功能自动校验系统将成为对现有信号验收管理的有效完善和补充,并具备实际的推广意义。

参考文献:

- [1] 国家电力调度通信中心. 国家电网公司继电保护培训教材[M]. 北京:中国电力出版社,2009.
- [2] LIPPMANS B.C++ Primer 中文版(第4版)[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
- [3] THOMAS K. Oracle Database 9i/10g/11g 编程艺术:深入数据库体系结构(第2版)[M]. 北京:人民邮电出版社,2011.
- [4] 张永健. 电网监控与调度自动化(第3版)[M]. 北京:中国电力出版社,2009.

作者简介:

陆路(1984),男,江苏泰州人,助理工程师,从事电网调度控制工作;
杜积贵(1973),男,江苏南京人,高级工,从事配电线路运行维护工作;
全思平(1981),男,江苏泰州人,工程师,从事调度自动化工作;
陆成(1986),男,江苏泰州人,助理工程师,从事调度自动化工作;
韩禹(1986),男,江苏海安人,助理工程师,从事调度自动化工作。

Substation Remote Communication Function Automatic Calibration System

LU Lu¹, DU Ji-gui², QUAN Si-ping¹, LU Cheng¹, HAN Yu¹

(1. Taizhou Power Supply Company, Taizhou 225300, China;

2. Nanjing Power Supply Company, Nanjing 211800, China)

Abstract: The paper analyzed the problem which the staff faced in the acceptance signal process when new substation put into operation. Based on the basic principles of data acquisition and monitoring system, effective solution was proposed. Through trial operation in practical work, it can improve efficiency of the acceptance work, greatly reduce workload of inspector, provide reliable basis for the improvement of the acceptance process.

Key words: remote communication; database; calibration system

(上接第39页)

Application of Distributed Busbar Protection in Smart Substation

WANG Feng-guang¹, ZHANG Zu-li², ZHANG Yan²

(1. Nari-relays Electric Co.Ltd., Nanjing 211102, China;

2. HaiXi Power Supply Company, Geermu 816000, China)

Abstract: With widely utilization of the smart substation, the centralized busbar protection is unable to meet the requirements of high-capacity data exchange when there are more access intervals. So the development of distributed busbar protection for smart substation is the first imperative. A configuration of distributed busbar protection for smart substation was introduced in this paper, and the corresponding solution for high-capacity data transmission and synchronous sampling was proposed.

Key words: smart substation; distributed; busbar protection; synchronous sampling