

分布式母线保护技术及实现

董杏丽¹, 徐瑞东¹, 薄志谦², 王红青³

(1. AREVA 上海公司, 上海 201315; 2. AREVA 英国公司, 英国; 3. 华东电力试验研究院, 上海 201315)

摘要: 分布式母差保护由于具有简化二次接线、减少占地面积、适应变电站综合自动化等需求而成为母线保护的发展方向。在总结已有分布式母线保护技术的基础上, 阐述了有主站分布式母线保护的实现方法。新型分布式母线保护由主站 (即中央处理单元 (Central Unit, CU)) 和间隔单元 (Bay Unit, BU) 构成; 在新颖的 CT 饱和检测方法的基础上提供了完善的电流差动保护功能; BU 的就地判据更为分布式母线保护的可靠性提供了保证。母线保护同时提供基于 PC 机的网络拓扑图形化输入功能, 以方便用户使用和保证母线保护的选择性, 从而使得保护具有极强的自适应能力。

关键词: 母线; 差动保护; 分布式

中图分类号: TM772 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)14-0019-04

0 引言

母线是电力系统中的枢纽元件, 母线故障的不及时切除将会对系统的供电可靠性造成严重影响; 而母线保护的误动作无疑也会造成系统无谓的大面积失电。因而绝对的可靠性和快速的动作性是电力系统对母线保护的基本要求^[1]。

微机式母差保护是目前应用最为广泛的母线保护。传统的微机母差保护由于采用集中式处理, 因而所有 CT 二次侧电流都要经过电缆引入同一保护装置, 这不仅要耗费大量电缆, 而且使得母差保护的二次侧接线变得十分复杂, 给现场运行和维护带来了诸多困难^[2]。另一方面, 随着无人职守变电站的出现和应用以及自动化技术的发展, 用户对母线保护下放的要求日益强烈。对于电压水平较高的厂站, 占地面积和电缆消耗费用都较大, 母线保护下放的经济效益也因此十分可观^[3]。

在通信技术高速发展的基础上, 针对上述种种问题, 继电保护工作者提出了分布式母差保护的概念^[4]。顾名思义, 分布式母线保护就是将传统的一套母差保护装置的功能通过多台 BU 完成。每一个 BU 与一个母线所连元件的 CT 连接, 不同 BU 之间通过光纤通信技术实现数据共享, 从而实现母线保护原理。

由于 BU 仅与对应的 CT 相连, 因此保护的二次侧接线将大大简化。同时 BU 集保护、测量、控制、录波等功能于一体, 能够充分满足变电站综合自动化技术的要求。不仅如此, 由于 BU 之间通过光纤通信实现数据交换, 因此无需专门的母差保护屏。

BU 可以与对应的线路保护装置安装在同一面屏上, 这不仅减少了屏柜的需求, 节约了厂站占地面积, 而且间隔单元与线路保护可以共同使用一组 CT, 其后备保护可以相互备用。

1 分布式母差保护的发展及现状

由于具有上述诸多优点, 因而分布式母线保护一经提出, 就引起了学术界和工程界的共同关注。从通信方式来讲, 目前提出或已经实现的方案有以下两种: 无主站分布式母差保护——各 BU 之间通过环形通信网络串接, 接受其它所有 BU 传过来的信息并向其它所有 BU 传递采集到的故障信息^[2,3], 各 BU 利用这些信息独立完成母线保护功能; 有主站分布式母线保护——各 BU 仅与主站进行通信, 向主站传输信息并接收来自主站的信息和命令^[5], 保护功能由主站和 BU 共同完成。无主站母线保护根据所采用原理不同又可以分为方向判别和电流差动式两种^[3]; 有主站母线保护主要采用电流差动原理, 辅助以其它判据, 以确保保护的可靠性^[5]。

上述两种方案各有优缺点。无主站分布式母差保护的通信方式相对复杂, 数据传输量较大。然而无主站母线保护的每一个 BU 都可以独立完成保护功能, 并且只动作于与其相连的断路器, 因而可基本消除造成母线全部停电的重大事故。有主站分布式母线保护通信方式比较简单, 各 BU 只与主站进行数据交换; 然而由于母线保护原理主要在主站中实现, 存在由于主站误判断造成母线全部停电的可能性。

尽管两种方案稍有不同,但它们都具有分布式母线保护的优点。由于无主站分布式母线保护对通信的要求过高,因而从实现的角度来讲,有主站分布式母线保护更容易一些。因此本文以有主站分布式母线保护为例,说明基于电流差动原理的母线保护的实现。

2 分布式母差保护的实现

2.1 母线保护的构成

有主站分布式母线保护由主站(CU)和 N 个间隔单元(BU)两部分组成,其简单的配置和连接如图1所示。

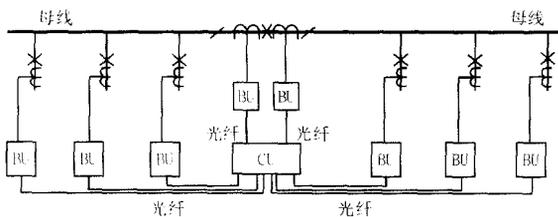


图1 有主站分布式母差保护的配置和连接

Fig 1 Configuration and connection of distributed busbar protection

BU主要实现数据和信息的采集;将采集到的数据和信息通过光纤通道实时传送到CU;接收CU的判断结果和跳闸等控制信息;根据CU判断结果结合就地判据判断发出跳闸信号。BU同时具有过电流、失流等保护功能和CT饱和和断线等检测功能。其中保护功能一方面可以作为母差保护的后备,另一方面可以作为电流差动保护的就地判据,以避免由于CU误判断而造成整个母线停电事故的发生。

CU在接收到所有BU传送的电流信息基础上,实时完成电流差动保护的判断,并将判断结果、跳闸信息连同其它控制信号通过光纤同时向所有BU发送。

数据的同步采样是实现电流差动保护的必要条件。与线路电流差动保护不同的是,所有BU的采样数据都通过相同的传输通道传送到CU,因此所有数据都具有同样的传输延时。这就是说,与线路电流差动保护相比,分布式母线保护数据同时性的实现相对容易,只需CU同时向所有BU发送采样命令即可。

2.2 硬件结构

母差保护CU的硬件结构如图2所示。其中管理板主要实现定值、逻辑、LCD、LED等的管理,与PC机的通讯以及故障录波、事件记录、故障记录等。

保护板主要实现母线差动保护以及相应的检测和控制功能。管理板和保护板的主要功能都由TI公司TMS320系列DSP实现,高速的数据处理能力为保护的速动性、数据管理和显示的正确性等提供了有力保证。CU的开入采用数字光耦专利技术实现。光耦只在一定时间段内导通,这不仅在很大程度上解决了装置的散热问题,而且大大提高了设备的抗干扰能力。不仅如此,光耦启动电压门槛值可通过软件整定,因而可以适应变电站的各种直流电压等级而不需要任何硬件上的更换。通讯板用来实现CU与BU之间的通讯,一台CU最多可提供7块通讯板,实现与28个BU单元之间的通讯。

BU的硬件结构如图3所示,其管理板、保护板、开入和开出的实现与CU相同。A/D数模转换板向整套保护提供48点的高速采样数据。高速的数据采样配合高速DSP技术即保证了保护和测量的精度,也保证了大量数据的及时准确处理。

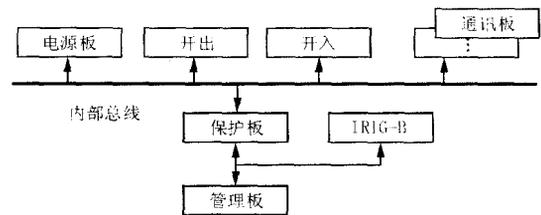


图2 CU硬件结构

Fig 2 CU hardware structure

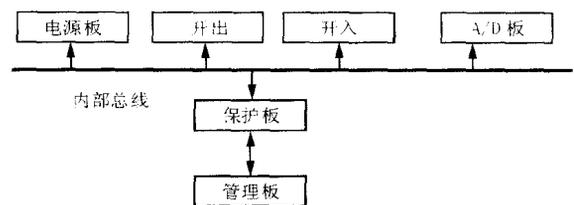


图3 BU硬件结构

Fig 3 BU hardware structure

2.3 保护功能的实现

2.3.1 电流差动保护

分布式母差保护采用具有比率制动特性的分相式电流差动原理构成^[1]。电流差动原理由CU实现,CU判断母线发生故障后向BU发出跳闸命令。为保证母差保护的可靠性,避免由于CU误判断而造成整个母线停电事故的发生,BU提供过电流就地判据。也就是说,CU发出的跳闸信号可以经过BU过电流元件确认后出口。保护具有CT断线检测功能,当检测到CT断线后,电流差动保护原理将被闭锁。

为保证母差保护在中性点经高阻接地的系统中仍具有较高的灵敏性,分布式母差保护还提供了零序比率制动式差动保护。

相电流差动和零序电流差动的共同作用,使得分布式母差保护适用于所有类型的接地系统。

2.3.2 CT饱和

CT饱和一直是影响母差保护正确动作的主要问题,分布式母差保护为此在BU中采用了两种检测手段实现CT饱和的判别。判据一为导数法。当系统采样率为每周波48点时,两个连续采样点之间的差值不会超过最大值的14%,因此若两个采样电流值较大,则认为CT饱和。判据二通过计算CT铁芯磁通实现。当实时计算得到的CT磁通超过最大铁芯磁通的20%时,认为CT发生饱和,如图4所示。

需要指出的是,只有上述两种判据同时满足,保护才认为CT发生饱和。

在每周波48点的高速采样率下,母线保护可以在不超过2ms的时间内检测出CT饱和,从而保证了母差保护的可靠性和选择性。大量实时仿真试验(Real Time Digital Simulation, RTDS)证明了这一算法的正确性和可靠性。

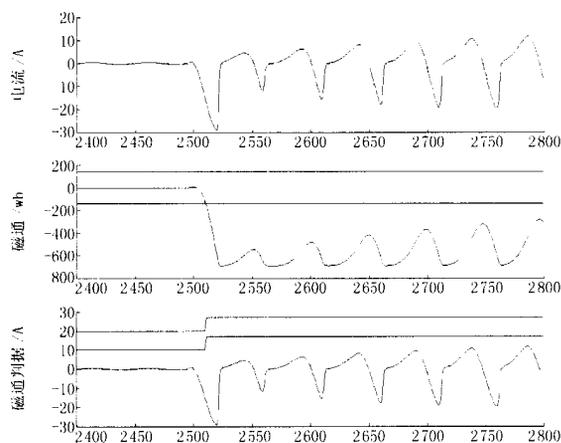


图4 CT饱和和检测

Fig 4 CT saturation detection

2.3.3 其它保护功能

除电流差动保护外,分布式母线保护还提供断路器失灵、相过电流、零序过流等后备保护功能。其中断路器失灵保护功能由BU完成。它既可以由其它保护启动,也可以由CU发出的跳闸命令启动。

2.4 拓扑配置器

为适应母线的不同运行方式,实时分析和获得变电站网络拓扑结构是保证母差保护可靠性的重要

因素。为此分布式母差保护专门开发设计了具有图形显示功能的拓扑配置软件。

在母差保护投运之前,用户只需将现有的网络结构拓扑信息如断路器、隔离开关、CT、母联及线路等以图形格式输入拓扑配置软件即可,如图5所示。该软件通过通讯端口可以将拓扑信息传送到CU和所有BU。当母差保护投入运行之后,BU实时检测隔离开关等状态并将这些信息通过光纤传送到CU,CU通过对这些信息的分析获得实时网络拓扑结构。

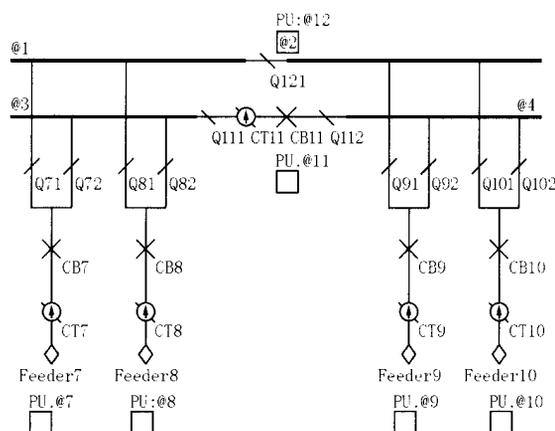


图5 网络拓扑结构配置

Fig 5 Network topology configuration

在实时网络拓扑结构的基础上,CU自动对母线进行区段划分,以保证故障母线的自动选择。即使当母联开关和母联CT之间发生故障时,CU依然可以根据实时网络拓扑结构跳开所有相关断路器,从而避免母联死区问题的出现。

拓扑结构的获得使得分布式母差保护可以自动识别和适应母线的各种运行方式,具有自适应功能。

3 结论

本文在对分布式母线保护的优点及现状论述的基础上,介绍了有主站分布式母线电流差动保护的实现。电流差动保护、就地判据、CT饱和检测以及断路器失灵等完善的保护功能使得有主站分布式母差保护能完全满足用户的各种需求。不仅如此,图形化的网络拓扑配置和实时检测功能不但使得保护简单、易用,更提高了母差保护的自适应性能。优良的性能和友好的界面使得这一分布式母差保护在系统中的应用前景极为广阔。

参考文献:

- [1] Network Protection and Automation Guide [Z]. Alstom

- (Areva), 2002
- [2] HE Jia-li, LUO Shan-shan, WANG Gang, et al Implementation of a Distributed Digital Bus Protection System [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1997, 12(4).
- [3] 李莹, 杨奇逊. 分布式微机母线保护的探讨 [J]. 电力系统自动化, 1999, 23(21): 45-47.
LI Ying, YANG Qi-xun A Study of Distributed Digital Bus Protection [J]. Automation of Electrical Power Systems, 1999, 23(21): 45-47.
- [4] Puri D, Hardy R H S, et al A Local Area Network for an Electrical Substation [J]. IEEE Trans on PAS, 1984, 103(9).

[5] Technical Guide [Z]. AREVA T&D, 2003.

收稿日期: 2004-10-20; 修回日期: 2004-12-06

作者简介:

董杏丽 (1975 -), 女, 博士, 主要从事电力系统继电保护方面的研究与应用; E-mail: shirley.dong@areva-td.com

徐瑞东 (1970 -), 男, 高级工程师, 长期从事电力系统继电保护方面的研究与应用;

薄志谦 (1955 -), 男, 博士, IEEE高级会员, 长期从事电力系统继电保护方面的理论与应用研究。

Technology and implementation of distributed busbar protection

DONG Xing-li¹, XU Rui-dong¹, BO Zhi-qian², WANG Hong-qing³

(1. AREVA T&D EA I, Shanghai 201315, China; 2. AREVA T&D, EA I, UK;
3. East China Electrical Power Test & Research Institute, Shanghai 210315, China)

Abstract: Distributed busbar protection is now more and more popular because it can not only simplify secondary wiring and reduce cabinet area requirement but cater for substation automation request. Based on all existing technologies, a distributed busbar protection that is composed of central unit (CU) and bay unit (BU) is described. Current differential theory together with novel CT saturation method is used to implement this scheme. Local confirmation theory in BU makes this protection more reliable. Easy use and excellent selectivity can be achieved by advanced topology technique which provides friendly graphic user interface software.

Key words: busbar; current differential protection; distributed

(上接第 14 页 continued from page 14)

- [6] 张国庆. 光学电流互感器的理论与实用化研究 (博士学位论文) [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2005.
ZHANG Guo-qing Theory and Practicability Research on Optical Current Transformer [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2005.
- [7] Saito S, Fujii Y, Yokoyama K, et al The Laser Current Transformer for EVH Power Transmission Lines [J]. IEEE J QE, 1966, QE - 2: 255-259.

收稿日期: 2005-05-28

作者简介:

郭志忠 (1961 -), 男, 工学博士, 哈尔滨工业大学教授、博士生导师, 许继电力科学研究院院长, 研究方向为电力系统分析与控制、数字化电力系统、电网络理论、电力系统光学测量技术。

Comment on the research of electronic current transformers

GUO Zhi-zhong^{1,2}

(1. Electric Power Research Institute of XJ Group Co., Beijing 100085, China;
2. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: The basic comment on electronic current transformer, including Rogowski coil current transformer and optical current transformer, is presented. It is obvious that the optical current transformer excels the Rogowski coil current transformer in respect of dynamic measurement quality. The practical technologies have been formed for the two kinds of electronic current transformer. The electronic current transformer is significant for improving the accuracy of dynamic observation of power network and the reliability of relaying, and is the fundamental of the construction of digital power system.

Key words: electronic current transformer; Faraday electric-magnetic effect; Faraday magnetic-optical effect; Rogowski coil