

继电保护的现状与思考

孙建波¹, 廖永红², 权宪军¹, 王玲¹

(1. 东方电子股份有限公司, 山东 烟台 264000; 2. 湖北省鄂州供电公司, 湖北 鄂州 436000)

摘要: 在研究 IEC 61850 标准的基础上, 通过对标准中有关数字化变电站描述的相关特点的分析, 结合目前微机继电保护的发展现状, 对数字化变电站中的间隔层设备的未来发展从研发及应用的角度进行探讨, 分别从间隔层设备的硬件、软件、网络及应用方面进行分析, 提出保护装置的设计思路: 硬件模块化, 软件元件化, 保护功能网络化, 装置功能集成化, 并分别对相关方面的观点进行了阐述。

关键词: 继电保护; IEC 61850; 模块化; 元件化; GOOSE; 合并单元; 网络化

The status quo and thinking of relay protection

SUN Jian-bo¹, LIAO Yong-hong², QUAN Xian-jun¹, WANG Ling¹

(1. Dongfang Electronics Co., Ltd, Yantai 264000, China; 2. Ezhou Power Supply Company, Ezhou 436000, China)

Abstract: Based on researching IEC61850, analysis of the feature for description of digital substation, and linking the development situation of relaying, this paper discusses the future development of the bay level equipment in digital substation and analyzes the hardware, software, net and application belong to the bay level. It proposes design thoughts of relay protection: modularization of hardware, componentization of software, networking of relay function, integrating of equipment function, and expounds the relevant aspects.

Key words: relay protection; IEC61850; modularization; componentization; GOOSE; merge unit; networking

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)12-0077-03

0 引言

随着现代化程度的不断深入, 人们对用电的依赖性迅速增加, 有效地保证供电的可靠性已经不能仅仅从普通的意义上来解释, 往往与国家的经济大计紧密联系在一起, 因此电力系统安全的重要性已为众人所知, 而继电保护是电力系统安全运行的保护神, 其自身的发展至关重要, 所以自从有了继电保护以来, 每一次新技术的出现, 都导致继电保护在相关技术的基础上发生很大的飞跃, 随着国际上 IEC 61850 标准的出现及电子式互感器相关技术的发展, 其对保护的未来发展必将产生举足轻重的影响, 继电保护已发展到了微机保护时代, 各种技术已相当成熟, 在此基础上受 IEC 61850 技术的影响, 继电保护也必将发生相应的变化, 本文试从设计及应用的角度出发对未来可能的发展方向做了几种简单分析。

1 继电保护发展状况

中国的电力系统的发展是随着电子技术、计算

机技术与通信技术的飞速发展而不断发生形式和内容上的变革, 在过去的 50 余年的时间里完成了机电式继电保护、晶体管继电保护、集成电路保护和微机继电保护四个历史阶段, 微机继电保护技术的成熟与发展是近三十年来继电保护领域最显著的进展。微机保护具有自检功能, 强大的综合逻辑处理能力、数值计算能力和记忆能力, 并且具备很强的数字通信能力, 这一切都是电磁继电器、晶体管继电器所难以匹敌的。目前, 高压线路、低压网络、各种主电气设备都有相应的微机保护装置在系统中运行, 并得到广泛应用。到 2003 年底, 220 kV 以上系统的微机保护已占到 70.29%, 线路的微机化率达到 97.6%。实际运行中, 微机保护的正確动作率要明显高于其他保护, 一般比平均正常动作率高 0.2~0.3 个百分点。国产微机保护经过多年的实际运行, 依靠先进的原理和技术及良好的工艺已全面超越进口保护。经过长期的研究和实践, 现在人们已普遍认可了微机保护在电网中无可替代的优势。

2 继电保护发展的思考

继电保护装置的发展随科技水平的不断提高及科技成果的不断转化而不断发生新的变化,装置结构由零散变集中,体积由大变小,成本由高向低、维护由繁到简。

随着光电互感器的技术日渐成熟,相关网络技术的日益完善及原有综合自动化变电站技术的迅速发展,在此基础上 IEC 标准委员会提出了数字化变电站概念,数字化变电站概念的提出,使变电站的各部分发生了较大的变化。首先,数字化变电站明确提出了三层设备的概念即过程层、间隔层、站控层,变化最大的是原来由微机保护设备完成的功能要将控制、模拟量及信号量的采集回路放于过程层,由过程层的电子式互感器与合并单元及智能断路器控制器来完成这一功能。这样导致原来由高集成度的微机保护直接完成的保护、控制、测量、数据通信等功能分解成两部分,原来的微机保护(即 IEC 61850 标准中的间隔层设备)现在只完成保护数据计算、逻辑处理及数据通信等相对较少的功能,而原来的数据采集及断路器的控制等功能从微机保护中分离出来由过程层的设备完成。随着数字化变电站的迅速推广,这种完成任务的重新划分势必影响原有的微机保护形成的维护、功能配置及现场运行等多方面的格局。那么出于成本及技术方面的考虑,微机保护的设计会发生相应的改变,究竟如何改变,我们进行如下分析。

2.1 继电保护装置硬件模块化

微机保护是一个集保护逻辑处理、测控、采样、出口控制、信号采集等于一体的装置,通常装置中一般要包含有电源模块(装置、信号采集及控制等的电源)、CPU 模块(进行采样、采样数据计算、信号处理及逻辑处理等)、CT/PT 交流模块(负责电流电压的变换)、出口模块(负责最终跳合闸出口等功能)及装置箱体。由于保护装置所保护的元件及范围不同,所采集交流量及跳合闸出口的性质及数量不尽相同,导致设计出的不同保护装置的交流采集模块及出口模块有较大的不同,无法做到所有保护装置的交流及出口部分硬件的模块化,而数字化变电站三层结构的提出,使原来由保护装置完成的交流采集功能改由过程层的 MU (Merge Unit) 与电子式互感器来实现,跳合闸功能由智能操作箱来完成,这样简单来看,保护装置只需包含电源模块(装置电源)、CPU 模块(数据计算、通信转换及逻辑处理)及装置箱体,而电源模块及 CPU 模块在统一的平台情况下大部分装置是标准化的、统一

的,没有什么不同,对拥有相同硬件的情况下装置的箱体大小是相同的,只是在于其拥有的功能及应用场合的不同,可能命名有所不同,如变压器保护、线路保护等等,如果不存在命名不同情况下完全可能将全站大部分甚至全站的间隔层保护装置的硬件设计模块化、统一化、标准化,对保护装置的命名如果想有所区别可以对不同的装置的标牌进行分别标识即可,从而达到全站保护设备真正意义上的硬件模块化,统一化及标准化的目标,这样设计既降低了设计成本又简化了全站维护工作量。

2.2 继电保护装置软件元件化

随着电力系统自动化水平的不断提高,微机继电保护技术更加成熟可靠,新的设计方法不断出现,特别是对于中低压输变电领域的保护产品,工程需求变化多,传统的微机保护装置面对繁多的工程现场,只能根据工程需求频繁进行程序修改,改造任务量大,且很难满足可靠性的要求。对于现在的保护装置设计往往受研究领域的不同而使每一种保护装置都有专门的人员进行研究及处理,CPU 模块中的保护程序千差万别,无法进行有效的统一管理,大大影响了装置的可靠性,而且在每次新装置设计的时候都要对原有的程序进行重新封装、利用,工作量较大且可靠性验证的工作很多,数字化变电站概念的提出为硬件模块化奠定了基础,如何使软件也达到模块化的目的,这就使我们引入了保护功能元件化处理的思路。

针对目前大部分保护功能的保护原理已经比较成熟,对于每一种保护功能无需经常更改相关程序,鉴于这种情况,将相关保护功能用高级语言进行合理地封装起来形成一个个标准的元件,只开放标准元件的出口及入口,内部的功能处理形成一个个功能统一标准的黑匣子,由众多黑匣子组成众多保护功能元件库^[1],当设计的时候只需从元件库中提取相关的已经经过验证的元件按一定关系组装成相应装置,元件的划分程度建议参考 IEC 61850 标准的模型来进行划分,避免在使用的过程中与模型相差较大,在互操作的过程中造成各生产厂家间不必要的麻烦和解析,这不仅有利于新产品开发,降低产品开发过程的不确定因素,也增强了装置对不同现场的适应能力,更避免了不同设计者在应用过程中由于对不同保护功能的理解程度而造成的不必要中间问题处理过程,具有极强的实用意义。

2.3 保护功能网络化

随着电子式电流、电压互感器的产生应运而出合并单元,在一定程度上实现了过程层数据的数字化和共享化。过程层的 MU 及智能操作机构所采集

的数据发到网上,使得全站任何一台设备得到相关的数据成为可能。而信息化的主要特点是信息的有效利用和共享,这样可极大提高装置或系统性能的价格比,对于继电保护,将通过信息共享,可达到一台装置实现多种保护功能的集成,同时也有利于变电站的综合自动化优化设计的实现。如母线保护装置不再为采集不同单元的数据而增加单元的采集CT/PT,而只需设计出拥有强大通信网络处理能力的母线单元接收网络中由过程层发送上来的采样数据和开关量信息来计算处理即可,并将处理结果通过GOOSE网络发送至相关处理单元,完成跳闸实现保护切除故障点的功能,这样设计的母线保护装置不再依靠自身采集的数据及跳闸出口来完成保护功能,而是依靠全站母线连接设备的数据及出口硬件来完成母线保护功能^[2],小电流接地选线装置也无需对每一处的零序CT亲自采集数据,而直接从网上接收相关MU的即时数据来进行计算即可,选线试跳功能也很容易实现,装置只需将判断结果发至相应的过程层设备进行试跳即可,这样设计充分利用网络的优势,形成了网络化的保护功能。随着网络化及数字化发展的进一步深入,充分利用网络化及数字化的成果,达到全站数据有机的、统一的、智能化分析,网络化的保护功能势必会有进一步的发展。

2.4 保护装置功能集成化

随着装置主处理器处理能力的进一步增强、现场应用情况的日益复杂、减少投资、简化设计及合理利用现有资源等方面的考虑,许多现场要求设计一台融合众多功能的装置,例如进线保护在完成自身相关功能的前提下完成进线自投功能,分段保护在完成自身功能的同时完成分段开关自投功能以及变压器保护主后备一体化的设计等,这样设计可以充分利用已有资源,又可以减少不同间隔单元多台装置间的信息交换,避免过多中间环节,降低出错概率。数字化变电站的提出,数字化变电站的维护成为一个较大的问题,由常规电磁继电保护到现在的微机保护,使用单位的保护维护工作量一致在逐步减小,同时维护的难度逐步降低,微机保护的维护只需对相应的板件更换即可完成维修工作,由于数字化变电站中牵涉更多的保护信息配置及各设备间关联关系的逻辑编程,以前微机保护简单更换相应元件及板件的做法,对数字化变电站来说存在诸多问题,使目前的数字化变电站的维护成为大多数使用单位的难题,大多数人员无法有效的维护。而现在保护装置的配置与以前相同,按间隔配置,这样不但间隔层与过程设备需要进行合理的配置,而且间隔层设备间,甚至是间隔层与站控层设备间也

需要进行合理的信息传递设置与解析,各种设备间形成一个复杂关系网,给数字化变电站的维护工作带来极大的困难,在间隔层设备数量较多的情况下无法做到有效预留备件,尽管间隔层的保护是按模块化的设计思路设计的,但是由于涉及较多的配置及逻辑编程等原因,各间隔层的保护设备无法做到简单互换达到冗余备份的目的,假如提出间隔层保护装置通用化处理,不再明确地划分出进线保护、出线保护、电容器保护,甚至是变压器保护等,装置一般只含电源部分、程序处理部分、通信部分,设计出一个通用的间隔层模块保护,尽可能将线路、变压器、电容器等相关逻辑放于其中,在处理能力容许的情况下处理一个小型变电站的全部数据及逻辑。这样装置备份只需备份一套间隔层的保护即可,这一点相比备份按间隔单元配置的保护装置容易得多,而且对于现场的维护来说可能不必分辨装置的使用安装处、如何配置相关参数及编制相应的逻辑处理程序。如果是考虑网络流量的问题,无法将所有数据全部通过一个网络传输的话,我们可以考虑将保护装置按电压等级或按单元间隔设置,例如对110/10kV的变电站,将10kV的出线设计成一台间隔层的保护单元,将110kV的进线设计成一台间隔层的保护单元,将全站变压器设计成一台间隔层保护单元,由三台间隔层的保护单元来完成全站的保护处理功能,考虑到计量部分与保护部分的要求精度及所用算法的不同,可以将测控部分的装置与保护单元相对应进行设置,这样,对一个不太复杂的小型变电站,我们可以只用三台保护设备来完成全站的保护功能,备份的时候我们只需备份三台间隔层保护设备提前设置好的备件即可,在紧急维修时更换相应的板件即可完成维修工作,而不需要关心其中的设置工作,这未尝不是一种解决方法。

3 结束语

新技术的不断应用,使继电保护产品不断发展,IEC 61850标准的发布及新的光电式互感器的应用,使微机保护发生新的变化,本文只是从开发及应用的角度对继电保护产品进行了分析,但IEC 61850标准的影响远不止这些,在未来几年的开发与应用中必将会出现新的更大的变化。

参考文献

- [1] 黄海悦, 缪欣, 权宪军, 等. 基于元件化和可编程逻辑构建的继电保护平台[J]. 继电器, 2006, 34(14): 11-14

(下转第85页 continued on page 85)

- [3] Dorigo M, Maniezzo V, Colorni A. Ant system: optimization by a colony of cooperating agents[J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, 1996, 26 (1): 24-29.
- [4] Tsai Chen-Fa, Tsai Chun-wei, Wu Han-Chang, et al. A novel data clustering approach for data mining in large databases[J]. The Journal of Systems and Software, 2004, 73: 133 - 145.
- [5] Chin Kuan Ho, Yashwant Prasad Singh, Hong Tat Ewe. An enhanced ant colony optimization metaheuristic for the minimum dominating set problem[J]. Applied Artificial Intelligence, 20:881 - 903.
- [6] 向铁元, 周青山, 李富鹏, 等. 小生境遗传算法在无功优化中的应用研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(17): 48-51.
XIANG Tie-yuan, ZHOU Qing-shan, LI Fu-peng, et al. Research on nichegenetic algorithm for reactive power optimization[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(17): 48-51.
- [7] 李秀卿, 王涛, 等. 基于蚁群算法和内点法的无功优化混合策略[J]. 继电器, 2008, 36 (1): 22-26.
LI Xiu-qing, WANG Tao, et al. A hybrid strategy based on ACO and IPM for optimal reactive power flow[J]. Relay, 2008, 36 (1): 22-26.
- [8] 刘方, 颜伟, Yu C. 基于遗传算法和内点法的无功优化混合策略[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(15): 67-72.
LIU Fang, YAN Wei, Yu C. A hybrid strategy based on GA and IPM for optimal reactive power flow[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(15): 67-72.
- [9] 黄挚雄, 张登科, 黎群辉. 蚁群算法及其改进形式综述[J]. 计算技术与自动化, 2006, 25(3): 35-38.
HUANG Zhi-xiong, ZHANG Deng-ke, LI Qun-hui. Ant colony algorithm and summary of its improved algorithms[J]. Computing Technology and Automation, 2006, 25(3): 35-38.
- [10] 陈焯. 用于连续函数优化的蚁群算法[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2004, 36(6): 117-120.
CHEN Ye. Ant colony algorithm for continuous function optimization[J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 2004, 36(6): 117-120.
- [11] 夏桂梅, 曾建潮. 基于锦标赛选择遗传算法的随机微粒群算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(4): 51-53.
XIA Gui-mei, ZENG Jian-chao. Stochastic particle swarm optimization algorithm based on genetic algorithm of tournament selection[J]. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(4): 51-53.
- [12] 张武军, 叶剑锋, 梁伟杰, 等. 基于改进遗传算法的多目标无功优化[J]. 电网技术, 2004, 28(11): 67-71.
ZHANG Wu-jun, YE Jian-feng, LIANG Wei-jie, et al. Multiple-objective reactive power optimization based on improved genetic algorithms[J]. Power System Technology, 2004, 28(11): 67-71.
- [13] 王志华, 尹项根, 李光熹. 伪并行遗传算法在无功优化中的应用[J]. 电网技术, 2003, 27(8): 33-36.
WANG Zhi-hua, YIN Xiang-gen, LI Guang-xi. Application of pseudo parallel genetic algorithm in reactive power optimization[J]. Power System Technology, 2003, 27(8): 33-36.
- [14] 林昭华, 侯云鹤, 熊信良, 等. 广义蚁群算法用于电力系统无功优化[J]. 华北电力大学学报, 2003, 30 (2): 6-9.
LIN Zhao-hua, HOU Yun-he, XIONG Xin-yin, et al. Generalized and colony optimization algorithm for reactive power optimization in power systems[J]. Journal of North China Electric Power University, 2003, 30 (2): 6-9.

收稿日期: 2009-01-20; 修回日期: 2010-03-22

作者简介:

阮仁俊 (1983-), 男, 硕士, 研究方向为电力系统稳定与控制、调度自动化; E-mail:51591753@qq.com

何冰 (1974-), 男, 高级工程师, 研究方向为需求侧管理;

孔德诗 (1983-), 男, 硕士, 研究方向为电力工程及能源管理。

(上接第 79 页 continued from page 79)

- HUANG Hai-yue, MIAO Xin, QUAN Xian-jun, et al. Relay protection platform based on elemental and programmable logic[J]. Relay, 2006, 34(14): 11-14.
- [2] 宋小舟, 操丰梅, 等. 基于 IEC61850 功能分层的母线保护方案研究[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(S1): 40-43.
SONG Xiao-zhou, CAO Feng-mei, et al. Study on a scheme of bus protection in substation communication network and system based on IEC61850[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(S1): 40-43.

收稿日期: 2009-07-24; 修回日期: 2009-08-20

作者简介:

孙建波 (1972-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护的研发工作; E-mail:sunjianbo@dongfang-china.com

廖永红 (1972-), 男, 工程师, 主要从事电力系统电网建设工作;

权宪军 (1963-), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护的研发管理工作。