

超高压线路保护的几点设想

赵志华 张保会 西安交通大学电气工程系 (710049)
李瑞生 张克元 王强 许昌继电器研究所 (461000)

【摘要】 首先回顾了继电保护的发展历程,介绍了目前超高压线路保护的发展现状,并对用于线路保护的原理进行了讨论,最后根据目前电子技术的发展现状和趋势,讨论了一些继电保护原理和技术的发展设想,展望了继电保护的发展趋势。

【关键词】 输电线路 继电保护

1 继电保护技术发展的历史回顾

自从本世纪初第一台机电型感应式过流继电器在电力系统应用以来,继电保护已经经历了一个世纪的发展。在最初的二十多年里,各种继电保护原理相继出现,如差动保护、电流方向保护、距离保护、高频保护,这些保护的原理都是通过测量故障后的稳态工频量来检测故障的。基于上述原理的继电保护装置经历机电型、整流型、晶体管型、集成电路型的发展,保护原理也经历了不同的发展阶段。但是这些保护的基本原理没有变,它们至今依然在电力系统继电保护领域里起着主导作用。目前,反应工频突变量的保护(如反应工频变化量的LFP-901型及反应正序故障分量的WXH-25型等产品)已在我国各大电网中获得日益广泛的应用,且运行效果良好,而反应暂态分量的行波保护,国外已有产品生产,但从国内引进的行波保护运行效果来看很不理想,几乎无法正常运行,其根本原因是故障信息处理的手段落后。

利用计算机实现继电保护的设想早在本世纪的60年代就已被提出,但由于当时技术和经济条件的限制,计算机保护的研究工作主要是做理论探索工作,着重于算法研究,数字滤波配置及实验室样机试验,这一阶段虽没有使计算机保护得以实现,但大量的研究成果都为计算机保护的进一步发展奠定了必要的理论基础,到70年代初期,计算机技术出现了重大突破,大规模集成电路技术的飞速发展及应用,使得微处理器和微型计算机进入了实用阶段,具体表现在体积缩小,价格大幅度降低,可靠性及运算速度大大提高等方面上,从而带来了微机型继电保护研究的高潮。由于微机式保护比模拟式保护具有许多无可比拟的优点,因此它的出现很快得到继电保护运行部门的接受和欢迎,在国内外继电保护工作者的辛勤努力下,微机保护迅速地跨入了实用化阶

段。到70年代中后期,国外便已有少数的样机在电力系统中试运行。迄今为止,英、日、美等国家已制造出多种不同功能的微机保护,广泛应用于电力系统及自动控制装置等领域。我国计算机保护的研究起步较晚,直至70年代末才开始从事这方面的研究和探索,但在我国继电保护工作者的辛勤工作下,进入实用阶段并不比国外先进国家晚,从1984年第一台微机线路保护装置投入现场试运行至今的十余年间,在输电线路保护、元件保护、变电站综合自动化、故障录波及测距等方面均取得了引人注目的成果,目前,微机保护的制造及研究均已居国际先进水平。

2 超高压线路微机保护的发展现状

微机线路保护装置自投入运行以来,普遍受到用户的好评,我国生产的微机线路保护装置在原理、性能、主要技术指标等方面均达到了国际先进水平,代表着当今继电保护发展的前沿,主要有WXH-11系列、CSL-100系列、LFP-900系列及WXH-25系列等产品,微波和光纤差动保护也有相应的产品投入运行。

根据系统稳定的要求,超高压线路保护的配置一般为两套主保护和一套完整的后备保护。

上述产品在硬件设计上普遍采用高冗余的多CPU结构,以提高硬件系统的可靠性。采用纵联保护方案作主保护以快速切除本线路上发生的故障,后备保护则普遍采用距离保护和零序电流(方向)保护。距离保护以其保护范围稳定而受到继电保护人员的青睐,当接地电阻很大时它将失去保护作用,但零序电流保护在此情况下可以很好地发挥作用,因此可以肯定地说阶段式距离保护与零序电流保护配合构成超高压输电线路的完整后备保护,必将在今后相当长时期的基本配置方式。

按通道原理实现的不同纵联保护原理有导引线保护、载波通道构成的纵联保护、微波及光纤通道构

成的纵联保护。

导引线保护具有构成简单、动作速度快、不受系统振荡、非全相运行及单侧电源运行方式的影响等优点,但由于它一方面随线路长度的增加,投资剧增;另一方面保护装置的安全可靠性受导引线参数和使用长度影响较大,这样就局限了导引线保护只能用在短线路。

目前国内广泛采用的利用载波通道实现的纵联保护,可分为方向比较式和相位比较式纵联保护:方向比较式纵联保护的应用比较普及,其基本思想是采用方向阻抗或其它方向元件来判别故障的方向,然后通过通道来获取对端的信息,按一定的逻辑处理后发跳闸脉冲,这类原理的保护在 PT 断线时将失去保护功能;相位比较式纵联保护是通过比较两端故障电流相位的方法进行故障判别的,用于相位比较式保护的操作电流大多采用 $I_1 + kI_2$ 。1986 年研制的 WXH-02 型微机式相位比较式保护,由于种种原因,目前未被用户接受,但就其原理而言,具有构成简单,不受系统振荡及 PT 断线的影响等特点。

采用微波或光纤通道构成的分相式电流差动纵联保护,是一种性能较佳的纵联保护原理,它克服了其它纵联保护原理存在的相应问题。目前在日本及西方国家,由于电力系统通讯事业的发达,已广泛地采用此保护原理作为主保护。在国内由于电力系统通讯手段较弱及实现手段问题,所以没有得到普遍应用,但目前许继电气股份有限公司已有 WXH-14 型微机微波差动保护装置及 WXH-35 型微机光纤差动保护装置的生产,从长远的发展来看,采用微波(光纤)实现纵联保护必然会随着电力系统通信手段的提高而占据线路主保护的主导地位。

反应暂态故障分量的行波保护,国外一些著名的继电器厂家先后推出了产品,例如 GEC 的 LFDC、ABB 的 LR91,国内目前正处于理论研究阶段,但国内引进的行波保护运行表明:其误动率较高,几乎无法正常运行,因而行波保护的实际应用还必须在提高可靠性方面做大量的研究工作。

3 微机继电保护的发展设想

众所周知,微机具有以下性能优势:自检能力;记忆能力;数值计算能力;逻辑处理能力;数据通信传输能力。鉴于此,可以断言,微机保护必将是今后相当长的时期内继电保护发展的主攻方向,对其今后的发展,提出如下 6 个方面:

高性能的硬件系统设计

继电保护自适应功能的开发和完善

故障再现功能设计

利用单端量判别的全线速动保护

利用暂态量实现故障的准确定位

相关功能的开发研究

以下就上述 6 方面的问题进行讨论。

3.1 高性能的硬件系统是高品质微机保护实现的基础,从早期的单板机发展到目前 32 位微处理机系统,已使微机保护的计算速度及处理数据能力得以极大的完善和提高。提高硬件系统性能的决定性因素是以下几个方面:

选用元器件的集成度和质量

硬件系统的制造工艺水平

电路设计的合理性

显然,电路设计在硬件系统的设计中仍占据极其重要的位置,设计完善的电路必须保证任何一个元器件的失效不会造成系统的瘫痪,并能方便地检出故障,并且在硬件升级时软件也能很方便地更新且向下兼容。

3.2 自适应保护是指能够根据电力系统的运行工况或故障状态而实时改变保护的功能、特性或定值的保护。目前国内外开发的保护系统在某种程度上已具有一定的自适应性。

主保护的自适应: a. 采用电流、电压量实现的纵联保护,如有一侧 PT 断线,将丧失全线速动的功能,对目前广泛使用的距离纵联保护,此时可将本侧切换为电流速断及反时限过流保护,并将本侧的异常信息传至对侧,使对侧将工作方式切换为传送跳闸命令的工作方式(其启动命令的判别元件工作范围需相应调整),以实现本线路发生故障时的全线速动;当然,在 PT 断线时将纵联保护的两侧同时切换为不受电压回路断线影响的相差保护,也不失为一种可行的方案。 b. 通道发生故障时,纵联保护丧失主保护功能是必然的,解决方案可采用主辅通道工作方式,在主通道故障时自动将两侧同时切换至辅助通道。 c. 不同运行工况下,纵联保护采用不同的工作原理,在正常运行情况下发生故障可选用正序故障分量原理,而非全相运行时则选用两键全相的工频变化量,以最大限度地发挥各保护原理的优越性。

后备保护的自适应:如前所述,距离保护在高压输电线路的保护配置中不可缺少,它既要满足躲负荷的要求,又要具有较大的耐受过渡电阻的能力,

电抗型继电器和四边型继电器能容许较大的过渡电阻,因此这种特性的距离继电器得到了广泛应用。大家知道,相间故障时的过渡电阻主要是弧光电阻,其值不大,而接地故障时,过渡电阻可能很大,因此可以在判别出发生单相接地故障后适当地扩大距离保护在电阻方向上的动作区,使耐受过渡电阻的能力增强。对双端电源线路,过渡电阻会引起距离保护范围的缩短或超越,采用在故障条件下实时计算零序分布系数以改变四边型特性电抗线的倾角,可以解决这一问题。

3.3 由于不可预见的原因造成微机保护误动或拒动的事故时有发生,事后复查保护装置又往往是正常的,仅能依靠故障录波(录波器失效也很普遍)及保护自身记录的有限的信息进行分析,难免造成冤假错案,而对保护装置的改进和完善也是不利的。在已经拥有大容量、高速微处理器的今天,如果将故障发生全过程的模拟量及开关量信息全部记录在案,事后将其调出,并反演至故障发生时刻的状态实现故障再现,毫无疑问,保护不正确动作的原因会很快查出,为保护性能的改进完善提供依据,并监测一次设备的运行状况,促使运行水平的提高。

3.4 目前使用的输电线路纵联保护都无一例外的是基于通道来实现主保护功能,是否能够仅用线路一侧的电气量来实现全线速动?行波保护装置的推出给我们以启发,故障暂态产生的高频信号中含有多于工频信号的信息,小波理论为各种成份的提取提供了数学手段,计算机技术的发展使理论变为现实成为可能。故障暂态产生的信号中含有包括故障的类型、方向、位置、持续时间等等信息,这些信息贯穿于信号的整个频域,从直流、工频到高频。在基于工频的传统保护方式中,故障产生的高频量被当做干扰滤掉。通过检测故障暂态产生的高频信号来实现输电线路的保护是新一代的继电保护思想。大家知道,阻波器的首要作用是将通信用的高频信号最大限度地限制在特定范围内,而又不影响工频量的传输。可以设想利用阻波器将故障产生的高频噪声信号限制在保护区内任何一侧,通过检测故障噪声在频域内的特性来区别保护区内外的故障,无疑是一个值得研究和探索的原理方案,一旦形成产品,必将带来一场继电保护的技术革命。

3.5 故障的准确定位,对于故障点的查找和事后处理有着极其重要的意义,随着通信手段的发展和完善,通过双端和多端的信息量计算来确定故障点,将会使准确度大为提高。到目前为止,在故障测距方

面的大量研究工作可以分为两大类:(1)阻抗法,(2)行波法。阻抗法的基本原理是通过测量线路端点到故障点的阻抗来决定故障距离,很显然,这一算法是基于工频量的测量,它受多方面的因素影响较大(例如故障接地电阻、线路负荷、电源侧参数等)。故障产生的行波能够准确地反映故障地点,但现有的行波测距方法都不能准确地分离反映故障特征的行波和其它频率的波(如故障暂态产生的振荡波及多次反射波),结果使准确度和可靠性大大地受到影响。从高频暂态的信息中准确地分离出反映故障地点的高频行波可以准确地确定故障位置,其定位的准确度同采样频率成比例,在使用前述3.4条的保护方案条件下,故障定位功能可同时实现,有资料显示,1MHz的采样频率在传输线定位中可实现定位准确度达到150m,20MHz的采样频率,可将故障定位准确度定于10m之内,准确度之高显而易见。

3.6 继电保护的运行结果表明,由于定值的计算或整定错误引起装置不正确动作的事故时有发生,每一型号的保护产品都有一套适于自身保护原理的定值和整定原则,而运行管理人员对每套装置都有一个理解和接受的过程,这就难免与设计的初衷有差异,导致定值整定错误。如果每套装置都随装置提供一套软件,仅需使用单位提供系统网络结构和必要的参数,即可生成装置所需的全部定值,更进一步,能将这些定值通过人机接口植入保护装置中,必将对继电保护的运行带来革命性的进步。随着电网自动化水平的提高,这项工作将会显得更加迫切和有意义。

4 结束语

本文提出并讨论了超高压输电线路保护发展的几点设想。继电保护应向智能化方向发展,既要改进和完善现有保护的原理,也要利用新的技术进行全新的原理研究和探索,目前所研究的保护都是在故障发生后才发挥作用,以使故障点和电源隔离,随着技术的发展和学科间的互相渗透,继电保护将与相关学科相结合,利用故障发生前产生的声、光、热等特征量进行实时监测,进而预测故障的发生,可以预言,这样的保护原理在不远的将来会被提到继电保护工作者的日程上来。

参考文献

- 1 薄志谦. 新一代电力系统继电保护——暂态保护. 电网技术, 1996, (3).
- 2 朱声石. 微机继电保护的特点、技术进步(下转13页)

到远端闭锁信号给出这段时延。 t_2 应大于 t_1 和时间元件 t_1 的返回时间及通道延时的总和。这就保证了区外故障时远端出口被可靠闭锁,不会给出跳闸信号。发生区内故障时,被保护线路两端的S+和A动作,正确开放跳闸回路。

以上仅举一例,我公司正在试验几种新的扩频保护方案,相应的专用传输设备也在研制之中。我公司长期以来一直致力于高频继电保护产品的研制开发,并在实践中积累了丰富的经验,我公司研制的SF5A专用收发信机,SF5B专用收发信机,SF500专用收发信机,SF600专用收发信机运行稳定可靠,深受用户好评。我公司即将推出的扩频保护方案将进一步提高高频继电保护系统的可靠性,速动性。

5 结束语

从以上分析我们可以看出,无线扩频保护较输电线高频保护和传统微波保护可靠,较光纤通道保护经济实际,是性价比极高的一种高频保护方式。同时我们也须看到,无线扩频保护从本质上讲是微波保护的一种,微波信号的传输要求无线链路中无

高大的建筑或山脉进入信道的第一菲涅尔区,信号一跳传输距离一般不超过100km(需要时可用中继方式延长信道长度),因此上无线扩频保护时一定充分考虑电网特点,地形地势,切合实际地选用,以保证取得最佳效果。总的来说,我们有理由认为,无线扩频保护将在电力系统继电保护中逐步得到广泛应用,并在减少事故发生维护电网稳定中作出自己的贡献。

参考文献

- 1 A.J. 维特比著,李世鹤等译. CDMA扩频通信原理. 人民邮电出版社,1997.
- 2 李立群,柳占江,张道纲编著. 电力系统继电保护. 水力电力出版社,1989.

收稿日期:1998-07-29

石源 男,1972年生,大学本科,现从事数字式载波通信产品的设计研究工作。

张国贸 男,1966年生,高级工程师,现从事数字载波通信设备的设计研究与管理。

戴德超 男,1964年生,高级工程师,现从事载波专用收发信机及数字通信设备的设计研究与管理。

APPLICATION OF RADIO EXPANDED FREQUENCY COMMUNICATION IN RELAY PROTECTION OF POWER SYSTEM

Shi Yuan, Zhang Guoyi, Dai Dechao, Zhu Yanzhang

(Xi Changnan Communication Equipment Company Ltd, Xuchang, 461000, China)

Abstract This paper expounds the basic principle of radio expanded frequency communication, proves the feasibility of application in relay protection of power system, and discusses the applicable mode.

Keywords Expanded frequency communication Relay protection Sequential expanded frequency

(上接3页)步和新概念. 第六届全国继电保护学术研讨会论文集,1996.

3 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术. 西安交通大学出版社,1996.

4 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理. 水利电力出版社,1991.

5 杨春明. 高压输电线路微机式自适应纵联保护原理及装置的研究. 西安交通大学博士论文,1995.

收稿日期:1998-10-27

赵志华 男,1966年生,硕士,高级工程师,现从事高压线路保护的设计研究工作。

张保会 男,1953年生,博士,教授,现从事电力系统及其自动化的研究与教学工作。

李瑞生 男,1966年生,工程师,现从事高、低压线路保护的设计研究与管理。

SOME IDEAS ON UHV LINE PROTECTION

Zhao Zhihua, Zhang Baohui (Xi'an Jiaotong University, 710049, China)

Li Ruisheng, Zhang Keyuan, Wang Qiang (Xuchang Relay Research Institute, Xuchang, 461000, China)

Abstract This paper firstly reviews the developing experience of relay protection, introduces the current state of UHV line protection development, and discusses the principle of line protection. Finally, basing on the current state and tendency of electronics technical development, some ideas on relaying principle and technical development and the developing tendency of relay protection are discussed.

Keywords Power transmission line Relay protection