

无线扩频通信在电力系统继电保护中的应用

石源 张国义 戴德超 朱延章 许继昌 南通信设备公司 河南许昌 (461000)

【摘要】 讨论了无线扩频通信的基本原理,论证了其在电力系统继电保护中应用的可行性,并对应用方式进行了探讨。

【关键词】 扩频通信 继电保护 直序列扩频

1 前言

随着我国电力工业的迅速发展,各大电力系统的容量和电网区域不断扩大,致使电网结构日趋复杂,电力系统稳定问题日益突出,因此对电力系统继电保护提出了更高的要求。高频保护多年来在继电保护中一直起着重要作用,但传统的输电线高频保护、微波保护、乃至光纤保护都存在一定的局限性。与光纤卫星通信一起被誉为信息时代的三大高技术通信传输方式的扩频通信系统用在电力系统高频保护中,将使扩频保护方式成为远方保护的一种重要的有效的应用方式。扩频通信技术最初为军用保密通信而开发,长期以来主要用于军事通信和电子对抗系统。该项技术转为民用后首先在金融证券股票等对通信质量要求极高的行业得到应用,现今美国的几十家电力公司利用扩频智能网实现多项自动化信息传输,取得了很好的效果。我国国家无委在 1996 年 12 月规定频段 2.4~2.4835 GHz 给扩频使用(无须申请),为扩频通信在我国应用开了绿灯。

2 扩频通信系统

2.1 理论基础

扩频技术的基本理论根据是信息论中的香农公式,它可表示为:

$$c = w \log_2(1 + s/n) \quad (1)$$

式中, c 是信道容量(极限传输速率), w 是信带宽度, n 是噪声功率, s 是信号功率。把式(1)换成为 e 为底的对数得:

$$c = 1.44 w \log_e(1 + s/n)$$

对上式用幂级数展开略去高次项得:

$$c = 1.44 w * s/n$$

从上式可以看出,在信道容量固定的前提下,增加信带宽度 w 可降低对信噪比 s/n 的要求。科捷尔尼科夫在其潜在抗干扰理论中得到如下关于信息传输差错概率公式:

$$P_e \approx f(p/n * w/\Delta F)$$

从上式可知:差错概率 P_e 是输入信号与噪声功率比 p/n 和信号带宽与信息带宽比 $w/\Delta F$ 二者乘积的函数,也就是说,对于传输一定带宽 ΔF 的信息来说信噪比与传输信号带宽是可以互换的,它同样指出了用增加带宽的方法可以换取信噪比上的好处这一客观规律。

总之,我们用信息带宽的 100 倍甚至上千倍的带宽信号来传输信息,即可保障在强干扰条件下可靠安全地通信,这就是扩频通信的基本思想和理论依据。

2.2 扩频通信系统的实现

香农、科捷尔尼科夫公式从理论上给出了扩频通信的可能性,具体实现中采用直接序列扩展频谱、跳频扩展频谱、线性调频,以及多种扩频原理混用的组合扩频通信方式。直接序列扩频系统是应用最广泛的一系统,下面对其基本原理作一简要介绍。

2.3 直接序列扩频通信系统

如下图所示,由信源输出的信号是码元持续时间为 T_a 的信息流。伪随机码发生器产生伪随机码 $c(t)$,每一伪随机码的切普(chip)宽度为 T_c 。将信息码 $s(t)$ 与 $c(t)$ 进行模二相加,产生一速率与伪随机码速率相同的扩频序列,然后用扩频序列去调制载波,这样得到已扩频调制射频信号 $v(t) = s(t) * c(t) \cos \omega_c t$,在接收端,用与发端同步的伪随机码对接收扩频信号进行相关解扩,解扩后进行解调,恢

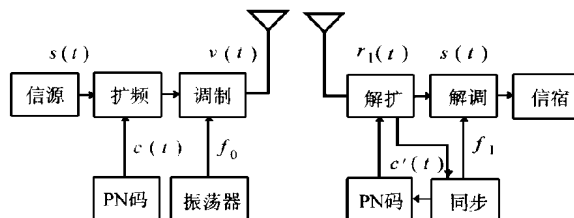


图 1 直扩系统组成框图

复出所传的信息,完成对信息的传输。用本地伪随机码 $c(t)$ 对接收信号进行相关处理,即 $c(t)$ 与接收信号 $s(t) * c(t) * \cos \omega_c t$ 相乘,当 $c(t) = c(t)$ 相关器输出 $r(t) = a(t) \cos \omega_c t$,再解调,恢复出传输的信号,相关解扩相当于进行了一次扩频,将干扰信号和噪声的频谱扩展,降低了噪声功率谱密度,使解调器的输入信噪比提高,从而提高了系统的抗干扰能力。

3 扩频信道继电保护性能特点

我们知道电流电压保护和距离保护由于它们的动作原理只反应被保护线路一端的电气量,其动作参数与相邻元件和相邻线路的保护配合进行整定,从原理上这些保护装置的无时限速动范围不能包括线路全长。纵联差动保护从原理上能够实现“全线速动”,但由于技术、经济原因,它的使用大受限制。高频保护与纵联差动保护原理相似,且技术可行,运行经济,目前电力输电线路高频保护是应用最广泛的一种高频保护。而这种高频保护的缺点也是不言而喻的,首先它的高频信号需要沿输电线路传播,线路故障时,高频通道也就出现了不同程度的故障,高频通道故障程度的不确定性将导致保护设备拒动或误动,输电线路较高的噪声电平也威胁着输电线路高频保护的可靠性。利用微波通道传输继电保护信号的微波保护相比较而言有着相当大的优势。微波通道与电力输电线路没有直接的关系,线路故障不会破坏通道的工作,不存在防止工频高压对人身和二次设备的安全问题,线路检修和运行方式改变不影响通道工作,虽然微波保护优点突出,但传统窄带微波通道也存在一定的缺陷。

(1) 用户需要向当地无委申请频率。
(2) 两个同频网络不能覆盖同一地区,否则会引起相互干扰。

(3) 易产生收发串扰。

(4) 多径干扰问题给设计带来巨大麻烦,同时影响传输性能。

(5) 安装及购买费用昂贵。

作为微波技术新发展的无线扩频通信系统则由于其特殊调制方式,既克服了窄带波的缺陷,又继承其优点。

(1) 可靠性极高,一般误码率低至 10^{-10} ,最差条件下可低至 10^{-6} 。

(2) 抗干扰能力强,扩频系统可将信号淹没在噪声中,适合工作于变电站,发电厂

等噪声比较严重的工作环境。

(3) 抗多径干扰,利用扩频码的相关特性,可有效抑制多径干扰,特别适合作为地形地势复杂的变电站之间变电站与发电厂之间的继电保护高频通道。

(4) 扩频设备一般体积轻巧,耗电低,发射功率一般小于 625mW,对其它通信系统和电子设备干扰小。

(5) 价格较低,扩频电台的价格一般在几万元人民币,一整套点对点的扩频系统约十万元人民币。

从以上的分析我们不难得出这样的结论,无线扩频保护较其他继电保护方式经济可靠,可实现“全线速动”。在继电保护中的应用前景十分广泛。

4 无线扩频保护的典型应用

无线扩频保护作为一种高频保护方式,从保护原理上来说与输电线高频保护、微波保护是相同的,可以应用传送闭锁、允许或跳闸等各种信号的原理来构成方向扩频保护、距离扩频保护和电流相位差动扩频保护,下面举一例。

按闭锁原理构成的方向无线扩频保护:

按闭锁信号原理构成的方向无线扩频保护的原理框图如图 2 所示,功率方向元件 S^- 和 S^+ 的作用是测量通过保护安装处线路的短路功率方向,当短路功率从母线流向线路时 S^+ 动作,从线路流向母线时 S^- 动作。 S^+ 动作后延时 t_1 用于跳闸。发生区外故障时近端 S^- 动作后,将线路故障信息通知 64k 接口,64k 接口发出一串相应的数据流(数据流的长度根据对时延和可靠性的要求综合确定),远端收到了这串约定好的数据流即认为收到了闭锁信号,闭锁出口,此时尽管远端 S^+ 和起动元件 A 动作,但出口已闭锁,闭锁持续时间由时间元件 t_2 决定。 t_1 为出口起动延时, t_1 应略大于区外故障发生

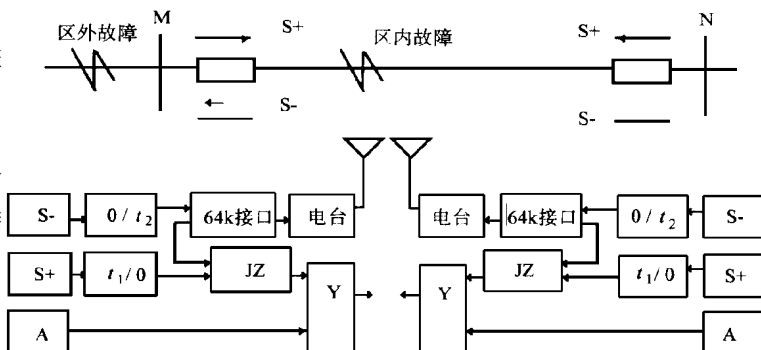


图 2 扩频方向保护原理框图

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。

张国义 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