

馈电线路速断保护

陈 皓

(四川大学电力系,四川 成都 610065)

摘要: 比较了电流速断、自适应电流速断及距离保护的動作特性。自适应电流速断保护能够根据电力系统运行方式和故障类型的变化而实时改变电流保护定值,微机距离保护本身不受系统运行方式和故障类型变化的影响,它们的動作性能大大优于电流速断保护,将在馈电线路保护中得到更多应用。

关键词: 自适应; 电流速断; 距离保护; 動作特性

中图分类号: TM773

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2000)05-0038-04

1 前言

根据对继电保护速动性的要求,继电保护装置动作切除故障的时间,必须满足系统稳定的要求和保证重要用户供电的可靠性。相电流速断保护就是在保证线路末端故障时具有足够选择性的条件下反映电流增大而瞬时动作的保护。相电流速断保护存在的主要问题是,保护的動作灵敏度受系统运行方式以及故障类型的影响很大。例如,对于相电流速断保护,为了保证保护的选择性,保护定值的整定必须按躲过线路末端三相短路时最大短路电流的条件进行。按照上述条件计算的定值,在系统最小运行方式下或者最不利的短路条件下,保护范围大大降低,甚至失去保护作用。因此,常常只能选择电压闭锁式相电流保护。随着计算机继电保护技术的迅速发展,使得设计和实现新的和复杂的保护方法有了可能。它不仅可以实现传统保护原理的计算机保护,并且为实现新的保护原理提供了技术手段。自适应电流保护就是在微机电流保护的基础上应用了自适应方法而产生的一种新型保护。它能根据电力系统运行方式和故障状态的变化而实时改变电流保护定值,从而大大改进了电流保护的動作性能。另一方面,微机距离保护与传统的电磁型、机电型距离保护相比较,可靠性和性能价格比大大提高,也为它在馈电线路的保护中的应用提供了条件。在馈电线路保护中,可以根据用户不同的要求分别选择上述三种保护之一。

2 相电流速断保护

传统的相电流速断保护反应故障电流增大而瞬时动作,具有结构简单、调试方便和可靠性高等特点,因而广泛应用于 35kV 及以下小电流接地系统中,作为相间故障的主保护。为了保证保护的选择

性,保护定值的整定必须按躲过线路末端三相短路时最大短路电流的条件进行。

电流速断保护動作定值的整定计算公式为:

$$I_{zd} = K_k \cdot \frac{E_s}{Z_{s,\min} + Z_1} = K_k \cdot I_{d,\max}^{(3)} \quad (1)$$

其中: K_k 为可靠系数,一般取为 1.2~1.3, E_s 为系统等效电源的相电势; $Z_{s,\min}$ 为系统的最大运行方式下归算到保护安装处的系统等值阻抗最小值; Z_1 为被保护线路的正序阻抗。即:保护定值按照躲开最大运行方式下线路末端发生三相短路时的最大短路电流进行整定计算。

电流速断保护的保護范围按照电流速断保护最不利的動作条件进行计算,即在系统最小运行方式下,被保护线路的 Z_1 处发生两相故障,要求在此条件下,计算电流速断保护的保護范围。令:

$$I_{zd} = \frac{\sqrt{3} E_s}{2 Z_{s,\max} + Z_1} = I_{d,\min}^{(2)} \quad (2)$$

其中: $Z_{s,\max}$ 为系统最小运行方式下归算到保护安装处的系统等值阻抗最大值; $I_{d,\min}^{(2)}$ 为相应的保護范围。

将(1)式代入(2)式化简,有

$$= \frac{\sqrt{3} (Z_{s,\min} + Z_1) - K_k Z_{s,\max}}{K_k Z_1} \quad (3)$$

按这种最不利的動作条件进行计算保护整定值的方法,可以充分保证保护的选择性:在任何条件下,保护都不可能错误地切除被保护线路。但是,保護范围是不确定的,当系统运行方式变化时或者故障类型变化时,保護范围随之变化。这样,在最不利的条件下发生短路故障,有可能失去保護范围。

3 自适应电流速断保护

传统的电流速断保护按躲过本线路末端短路时

的最大短路电流来整定,以适应电力系统运行方式变化和故障类型变化并保证电流速断保护的选择性。文献^{[1][2]}提出了实现自适应电流速断保护的基本方法。电流速断保护的整定值应该随电力系统运行方式和短路故障类型的实际情况而改变,电流整定值可以表示为:

$$I_{zd} = K_k K_d \frac{E_s}{Z_s + Z_1} \quad (4)$$

其中: K_k 为可靠系数, K_d 为故障类型系数, E_s 为系统等效电源的相电势, Z_s 为系统等值阻抗, Z_1 为被保护线路的正序阻抗。

上式中可靠系数 K_k 和系统等效电源的相电势 E_s 必须预先给定。为了实现电流速断的定值自适应整定,必须实时确定短路故障的类型 K_d 与系统等值阻抗 Z_s , 因此,分别需要考虑短路故障的类型与系统运行方式的自适应处理。

3.1 故障类型的自适应

传统的过电流保护与电流速断保护都有在三相短路与两相短路时灵敏度不同的缺点。自适应保护能在识别故障状态之后,自动乘以一个故障类型系数(两相短路时 $K_d = \frac{\sqrt{3}}{2}$, 三相短路时 $K_d = 1$), 自动改变保护的定值,使保护在两相短路和三相短路时有相同的灵敏度,从而提高了保护的性能指标。

在我国 35kV 及以下电压等级的配电系统通常都采用中性点不接地或经消弧线圈接地的方式。过电流保护与速断保护的任务是各种相间短路故障的保护。而通常又只在两相上设有电流互感器,所以利用两相电流的故障分量来识别故障状态。三相短路时负序电流为零,两相短路时负序电流与正序电流相等,于是有:

$$\text{两相短路的判据为: } |I_2| > K |I_1| \quad (5)$$

式中: I_1, I_2 分别为正序、负序电流的故障分量,系数 K 小于 1。在只利用两相电流的条件下,考虑到中性点非直接接地系统中有关联式 $I_B = -(I_A + I_C)$ 存在,于是又可得出:

$$I_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} (I_A e^{-j30^\circ} + I_C e^{-j90^\circ}) \quad (6)$$

$$I_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} (I_A e^{j30^\circ} + I_C e^{j90^\circ}) \quad (7)$$

3.2 系统运行方式的自适应

自适应电流速断保护为了适应系统运行方式的变化,需要对系统等值阻抗进行测量。在两相故障时,假定系统的正负序阻抗相等,可以很方便地求出系统等值阻抗:

$$Z_s = Z_{2s} = -U_{2m} / I_{2m} \quad (8)$$

式中 U_{2m}, I_{2m} 分别是保护安装处的负序电压、电流;

如果发生三相故障,则以正序故障分量计算时,有

$$Z_{1s} = -U_{1m*} / I_{1m*} \quad (9)$$

式中 U_{1m*}, I_{1m*} 分别是保护安装处的正序电压、电流故障分量。

3.3 自适应速断保护范围的分析

电流速断的效果可以用其保护范围来衡量,当电流速断的定值确定后,保护范围由短路电流的大小决定。在被保护线路的 Z_1 处发生相间故障时计算电流速断保护的保护区:

$$I_d = K_d \frac{E_s}{Z_s + Z_1} = K_k K_d \frac{E_s}{Z_s + Z_1} \quad (10)$$

可求得:

$$= \frac{Z_1 - (K_k - 1) Z_s}{K_k Z_1} \quad (11)$$

上式表明,保护范围不是常数,它与故障类型无关,但随着系统实际阻抗的变化而变化,并总能满足选择性的要求,使保护范围处于最佳状态。比较(3),(11)式可以知道,在两相故障时,自适应电流速断保护的保护区比起传统电流速断保护的保护区得到大大的提高。按算例所给参数以最不利动作条件进行计算(在系统最小运行方式下发生两相故障时,(11)式中取 $Z_s = Z_{s,max}$),自适应电流速断保护的保护区为 63%,传统电流速断保护的保护区为零^{[1][2]}。

4 微机距离保护

从以上分析可以看出,在相间故障时,自适应电流速断保护的保护区比起传统电流速断保护的保护区得到大大的提高,保护性能得到显著改善,但是,在最好的情况下(最大运行方式),自适应电流速断的保护区只有线路全长的 73%,而在最小运行方式下,保护区只有线路全长的 63%^{[1][2]}。

由此可见,自适应电流速断保护的保护区仍然远远低于距离保护一段的保护区(85%)。事实上,距离保护最大的优点就是受系统运行方式和故障类型影响比较小,保护区稳定,从而在电力系统中得到了广泛的应用。因此,可以说距离保护本身就具有自适应系统运行方式和故障类型变化的能力。在中低压线路中广泛使用相电流保护,是因为在传统的电磁型、机电型保护中,与距离保护相比

较,相电流保护相对简单、可靠而且价格低廉。甚至在一些相电流保护已经没有保护范围的情况下,用户也往往选择电压闭锁式相电流保护而不选择距离保护。而微机自适应电流保护与微机距离保护具有完全相同的可靠性和性能价格比,因此,没有理由不选择性能更好的微机距离保护。在中低压线路中使用微机距离保护,主要应当考虑小电流接地系统中相间故障的特点,并针对电流互感器的不同配置选择不同的保护方案。

4.1 在使用三相 CT 的小电流接地系统中实现距离保护

可以直接将在大电流接地系统中使用的微机距离保护应用于使用三相 CT 的小电流接地系统中,相间短路故障时短路阻抗的计算方法无须改变。

4.2 在使用两相 CT 的小电流接地系统中实现距离保护

在使用两相 CT 的小电流接地系统中发生两相接地短路或者两相短路时,除了 AC 相故障可以直接获取故障相间电压和相间电流计算短路阻抗外,其它相别的两相故障都只能得到 A 相或者 C 相的故障电流。由于小电流接地系统中接地短路的特点,在两相接地短路时接地短路电流就是系统对地的电容电流或者经消弧线圈补偿后的残余电流,与故障电流相比可以忽略不计,因此,无论是两相短路,还是两相接地短路,两个故障相的电流大小相等,方向相反。根据这一特点,相间短路故障时短路阻抗的计算十分简单。

首先,在故障启动以后,进行故障类型判别。故障类型判别方法与自适应电流保护故障类型识别方法一致:

两相短路的判据为: $|I_2| > K|I_1|$

(1) 当故障类型判别为三相故障时,直接进行短路阻抗计算:

$$Z_d = U_{ca}/I_{ca} \quad (12)$$

(2) 当故障类型判别为两相故障时,如果 $I_a = -I_c$,可以判别为 AC 两相故障,直接计算相间短路阻抗:

$$Z_d = U_{ca}/I_{ca} \quad (13)$$

(3) 当故障类型判别为两相故障时,如果 $I_c = 0$,可以判别为 AB 两相故障,并取 $I_b = -I_a$,然后计算短路阻抗:

$$Z_d = U_{ab}/I_{ab} \quad (14)$$

(4) 当故障类型判别为两相故障时,如果 $I_a = 0$,

可以判别为 BC 两相故障,并取 $I_b = -I_c$,然后计算短路阻抗:

$$Z_d = U_{bc}/I_{bc} \quad (15)$$

事实上,自适应电流保护为获得自适应能力,使用了更多的故障信息:除故障电流信息以外,还使用了故障电压信息。这与采用低电压闭锁的相电流保护具有类似的意义。其他一些所谓保护动作值在线整定的方案,也有类似的问题。但是,对于微机型继电保护装置来说,在使用相同的故障信息的情况下,只要选择不同的软件,就可以非常方便地实现不同的保护功能。因此,在具有相同硬件配置的情况下,完全可以在微机型自适应电流保护装置上采用距离保护算法,实现距离保护功能。微机型自适应电流保护并不比微机型距离保护有更多的优点,实际上,其保护性能远远比不上微机距离保护。

采用微机型自适应电流保护的主要目的,就是为了提高保护的動作性能。因此,究竟采用微机自适应电流保护,还是采用微机距离保护,应该由它们的動作性能来确定,而不是根据它们是否具有自适应调整保护定值的能力来确定。当然,微机距离保护的广泛应用还面临着很多困难。最主要的困难是,用户用惯了相电流保护,在观念上暂时还难以接受距离保护。但是,随着微机保护的广泛应用,这一困难也将得到克服。由于微机距离保护動作性能更加优秀,随着微机继电保护装置性能价格比的不断提高,将有更多的微机距离保护应用于中低压输电线路中。实际上,目前已有不同的生产厂家生产出了许多不同型号的适用于中低压线路保护的微机距离保护装置供用户选择。

5 结论

在中低压线路中广泛使用相电流保护,是因为在传统的电磁型、机电型保护中,与距离保护相比较,相电流保护相对简单、可靠而且价格低廉。传统的相电流保护为电力系统的稳定安全运行发挥了巨大的作用。目前,微机自适应电流保护已经研究开发出来,并已投入生产。微机自适应电流保护能够自动识别故障类型,实时测量系统等值阻抗,从而实现了保护定值的实时调整,实现了故障类型与系统运行方式的自适应,获得了比传统相电流保护更大的保护范围。微机自适应电流保护的应用,可以大大改善电流保护的動作性能,提高电流保护的動作灵敏度,必将得到更多的应用。与此同时,微机距离保护的价格性能比大大提高,其本身不受系统运行

方式和故障类型变化的影响,动作性能又大大优于电流保护,因此,也将逐渐在中低电压线路的保护中得到应用。上述三种保护都可以应用在馈电线路保护中,从而为用户提供了更多的选择。

参考文献:

[1] 赵梦华,吴雪峰,等.微机式自适应馈线保护的研究和

开发.电力系统自动化,1999,(2).

[2] 范春菊,等.自适应式电流速断保护方案.电力自动化设备,1999,(3).

收稿日期:1999-10-25

作者简介:陈皓(1962-),男,博士生,主要研究方向为电力系统自动化。

The fast tripping protection of feeder lines

CHEN Hao

(Sichuan University, Department of Electrical Power Engineering, Chengdu 610065, China)

Abstract: The operation characteristics of fast tripping current protection, adaptive current protection and distance protection are compared. The relay setting values of fast tripping adaptive current protection are determined online according to condition of power system and fault types, the distance protection can not be affected by condition of power system and fault types. Their operation characters are much better than that of current protection and they will be used more widely in feeder lines.

Keywords: adaptive; distance protection; fast tripping current; operation characteristics

(上接第 34 页)

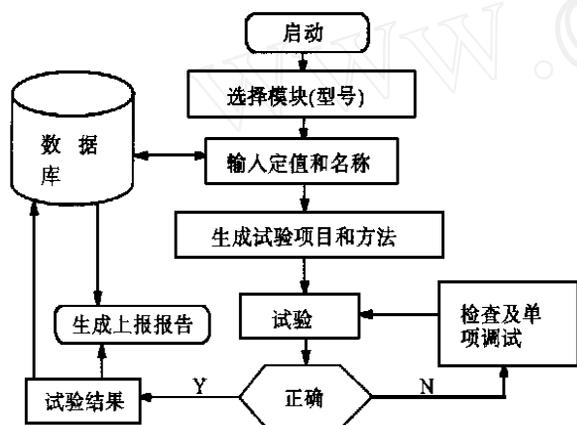


图2 程序化测试流程

了国产微机成套保护装置的程序化测试,该测试硬件性能可靠,软件设计模块化、专用化,并且结合电力规程、规范,从而提高调试效率,避免人为误差,提高调试质量。

参考文献:

[1] 金建源.我国现场继电保护试验装置的现状和发展.电力系统自动化,1997,7.
 [2] 吴锦通,梁志诚,马献东.数字仿真技术在继电保护中的应用及其展望.电力系统自动化,1993,17.
 [3] 电力系统继电保护规定汇编.中国电力出版社,1997.

收稿日期:1999-11-22

作者简介:许汉平(1969-),男,硕士,工程师,从事电力系统继电保护的研究;史泽(1959-),男,本科,高级工程师,从事电力系统自动化的研究;周宏(1961-),男,本科,教授级高工,从事电力系统谐波的研究。

5 结论

本研究在广泛调研和实际使用的基础上,提出

Sequencing test on domestic-made microprocessor based relaying protection

XU Han-ping, SHI Ze, ZHOU Hong

(Technical Center of Huazhong Power Group Corporation, Wuhan 430077, China)

Abstract: A method of sequencing test on domestic-made microprocessor based relaying protection is proposed based on the analysis on relaying protection test devices at home and abroad. The design idea and construction of software and hardware are presented in this paper.

Keywords: relaying protection; sequencing test