

继电保护整定计算的简化

廖晓玉,张太升,杜凌,鄢安河,程鹏

(河南电力调度通信中心,河南 郑州 450052)

摘要: 结合河南电网 220 kV 线路已实现保护微机化的实际情况,对规程的要求和保护的实际作用进行了论证分析,提出了简化继电保护整定计算的方法:取消零序 段、简化零序 段计算、统一相间距离保护和接地距离保护。

关键词: 整定计算; 零序过流保护; 相间距离保护; 接地距离保护

中图分类号: TM744 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2003)08-0067-05

1 引言

近几年来,河南电网的发展十分迅速,表 1 是 1998 年以来河南电网主要的变化情况。

随着电网的不断扩大,继电保护整定计算的任务也越来越繁重。而随着电力体制改革,保护科的人数由 1996 年的 10 个人减到目前的 8 个人,每个人的工作量都大大增加了。这促使我们进行深入思考,能不能在不违背规程的条件下对整定计算进行一些简化。

目前国内 220 kV 以上系统的继电保护整定计算一般都遵循国家电力部 1994 年 12 月批准、1995 年 5 月开始实施的《220~500 kV 电网继电保护装置运行整定规程》。1994 年以前国内的保护以整流型和晶体管型为主,有一些集成电路保护,微机保护开始推广。对于整流型和晶体管型保护来讲,阻抗继电器实现起来非常复杂,所以,大部分厂家的产品只有相间距离保护,没有接地距离保护。因此,规程上虽然有接地距离保护的计算,但是实际中接地距离保护并未得到充分的应用。近几年,随着微机保护的普及,河南电网已实现了线路保护微机化,接地距离保护已经普遍应用。接地保护的普遍应用,给整定计算增加了很大的工作量。

实际上在一些功能上,接地距离保护和零序保

护类似;在整定计算上,接地距离和相间距离相近。根据接地距离保护的这些特点,可以对继电保护整定计算进行一些有益的简化。我们主要从三个方面对整定计算工作进行了简化:取消零序 段、简化零序 段计算、统一相间距离保护和接地距离保护。

2 取消零序 段

2.1 线路参数对零序保护和接地距离保护的影响

在接地距离保护没有得到普遍应用时,对接地故障,零序保护有其不可替代的作用。但线路零序参数的不准确会给零序保护的计算增加一些不确定因素,因为零序 段的动作是不带延时的,这些不确定因素的影响很可能导致零序 段的误动。通过多年来的对比,只要提供的线路长度、杆塔结构和线路型号误差不大,计算的线路正序参数与实测参数的误差较小(基本上不超过 10%),而计算的零序参数与实测参数的误差较大。表 2 是一些实例。

计算的线路零序参数误差较大的主要原因在于不同地质条件对零序参数的影响无法在零序参数的计算中得到精确的反映。另外,根据文献[5]的分析,500 kV 线路地线采用的分段绝缘设计会造成零序参数在地线绝缘间隙击穿时和不击穿时呈现不同的数值。

表 1 河南电网 1998 - 2001 年的变化

Tab. 1 1998 - 2001 Development of Henan Power System

年度	发电机		线路/条		变压器/台			变电站/座		
	新增	新增或改造	总数	变化率	新增或改造	总数	变化率	新增	总数	变化率
1998	6	13	126	10.3 %	4	106	3.8 %	4	49	8.2 %
1999	5	14	138	10.1 %	10	116	8.6 %	5	54	9.3 %
2000	3	26	158	16.5 %	10	126	7.9 %	6	70	8.6 %
2001	7	50	191	26.2 %	12	129	9.3 %	9	79	11.4 %

表 2 线路计算参数的误差
Tab.2 Error of calculated line parameter

线路名称	线路长度 / km	正序电抗/			零序电抗/			备注
		计算值	实测值	误差	计算值	实测值	误差	
龙高	71.41	22.8	23.1	- 1.29 %	81.1	72.2	12.3 %	
平徐	123.1	35.97	35.9	0.19 %	128.5	128	0.39 %	
牡郑 *	129	33.693	35.78	- 5.83 %	122.88	105.24	16.8 %	
陡虎	61.563	26.288	26.14	0.57 %	75.489	72.8	3.69 %	带“*”的是
南白	39.371	12.192	11.81	3.23 %	43.298	45.32	- 4.46 %	500 kV 线路
获仓 *	160.38	44.16	44.49	- 0.74 %	147.78	122.59	20.5 %	
获古	47.761	13.78	14.86	- 7.27 %	53.92	50.15	7.52 %	
获修	20.209	6.279	6.56	- 4.28 %	22.195	19.51	13.8 %	
南宛	23.922	7.566	8.28	8.62 %	27.04	23.1	17.1 %	

虽然下发了有关文件,要求基建时必须提供线路的实测参数,但是由于种种原因,实测参数往往不能及时得到。而且大部分老线路没有实测数据,不可能把这些线路停下来进行参数测试。对于 500 kV 线路,由于在试验时线路中流过的电流不足以把地线绝缘间隙击穿,因此获取相关的零序参数难度更大。

目前的短路计算程序在对零序互感的处理上,不可避免地都存在着忽略和简化。

这些因素造成零序电流的计算存在较大的误差,这种误差对零序后备保护的影响相对要小一些,因为零序、段带有延时。而零序段是瞬动的,一旦越级,肯定误动。为了防止零序段误动,现在有些省采用增大可靠系数的办法,但是可靠系数取多少没有统一的标准。而且,如果可靠系数取得过高,对于一些不是很长的线路来讲,零序段在出口故障也无灵敏度,这样就从根本上失去了保护的作用。

接地距离保护用的是 $I_A + K \cdot 3 I_0^{[2]}$,零序参数对它的影响体现在补偿系数 K 上, $K = (Z_0 - Z_1) / (3 Z_1)^{[2]}$,因此零序参数的误差对接地距离保护的影响要小得多。

2.2 零序段和接地距离段的保护范围

零序段保护的保护区不固定,当系统方式变化较大时,保护区变化也较大。在计算零序段的方式下,零序段保护区可以达到全线的 70%~80%,但在常见方式下,零序段保护区要远远小于 70%,甚至只有不到 10%,最严重的时候,

在保护出口故障,故障零序电流也达不到零序段的动作值。

接地距离段可以保护线路的 70%,这个范围比较稳定,基本不受系统方式变化的影响。

微机线路保护对接地距离保护有特殊考虑,有的采用四边形特性^[6],有的在 R 方向上有一定的补偿^[7]。因此在段范围内发生经过渡电阻的接地故障,接地距离在 R 方向上的动作范围要明显大于仅反映电流的零序电流保护,所以接地距离段的抗过渡电阻性能比零序段好。

2.3 主保护对各种故障的反映

常用的线路主保护包括高频保护、零序段、相间距离段、接地距离段,表 3 是各种主保护对保护区内的各种简单故障的反映情况。

表 3 主保护对各种故障的反映

Tab.3 Response ability of main protection to various faults

故障类型	高频保护	零序段	相间距离段	接地距离段
单相接地故障	正确反映	正确反映	不能反映	正确反映
两相接地故障	正确反映	正确反映	正确反映	正确反映
两相故障	正确反映	不能反映	正确反映	不能反映
三相故障	正确反映	不能反映	正确反映	正确反映

从表 3 可以看出,零序保护能反映的故障,接地距离都可以正确反映。

2.4 主保护的動作时间

目前河南省内用的最多的 220 kV 线路保护是 11、15 型和 901B、902B 型,表 4 是厂家提供的各种保护的動作时间:

表 4 主保护動作时间

Tab.4 Act time of main protection

保护型号	高频動作时间	零序段動作时间	相间距离段動作时间	接地距离段動作时间
11、15 型	15 型 < 25 ms 11 型 < 30 ms	< 18 ms	< 30 % 10 ~ 13 ms < 70 % 20 ms	< 30 % 10 ~ 13 ms < 70 % 20 ms
901B、902B 型	< 25 ms	18 ms 左右 *	20 ms	20 ms

*:厂家没有提供,根据保护实际动作报告时间给出

可以看出,零序 段和接地距离 段动作时间基本上一样,对接地故障都能正确反映,而接地距离 段的保护范围稳定,抗过渡电阻能力强,受零序参数误差影响小。因此取消零序 段保护对系统保护的整体性能没有影响。

国内许多专家对取消零序 段也持肯定态度。LFP 系列微机保护原来在设计上根本就没有考虑零序 段保护,在推广初期,由于当时接地距离保护没有得到普遍应用,根据运行单位的要求才加上了零序 段。从实际运行情况来看,零序 段的取消没有给电网带来任何影响。相反,取消零序 段给电网运行带来了一些便利:1) 杜绝了因零序参数误差过大引起的零序 段误动。2) 基建项目投运过程中,减少了周围改定值的压力。基建项目的投运时间往往比较紧张,当网络变化大时,周围零序 段定值的改动量就比较大,在短时间内大量地改定值,给运行方式的安排带来了很大压力。取消零序 段后,不用考虑零序 段的越级问题,由于接地距离 段和相间距离 段与运行方式变化无关,零序和距离后备段保护因为由时间配合把关,只要系统主保护能够投入运行,这些后备保护不会越级,因此保护定值可以逐步安排更改,大大减轻了新设备投运前改定值的工作量,从而减小了电网运行的事故隐患。

在实际操作中,根据各种型号保护的特点,如果保护的零序 段可以用控制字或压板进行投退,就采用人为硬性退出零序 段的办法;如果保护的零序 段不能用控制字或压板进行投退,就取其最大刻度。

3 零序 段的简化计算

在规程^[1]开始实行以前,零序 段的整定方法为:与相邻零序保护的 段或 段配合整定,要求在相邻线末灵敏度不小于1.2。

而文献[1]中,只对零序 段的灵敏度提出了明确的要求,对零序 段的要求是:

“2.6.3 接地故障保护最末一段(例如零序电流 段),应以适应下述短路点接地电阻值的接地故障为整定条件:220 kV 线路,100 ;330 kV 线路,150 ;500 kV 线路,300 。对应于上述条件,零序电流保护最末一段的动作电流定值应不大于 300 A。”

“4.2.1.14 零序电流 段定值(最末一段)应不大于 300 A,按与相邻线路在非全相运行中不退出工作的零序电流 段或 段配合整定。”

依照文献[1],我们对零序 段的计算进行了简

化:如果零序 段大于 300 A,零序 段电流定值直接取 300 A,时间与相邻线路的零序 段配;如果零序 段不大于 300 A,零序 段的电流定值和时间都与相邻线路的零序 段或 段配。

由于绝大多数开关的零序 段都是大于 300 A 的,因此这种计算方法节省了大量的零序 段电流定值的配合计算时间。

4 接地距离和相间距离计算的统一

文献[4]从保护机理的角度得出结论:在相同计算条件下,接地距离定值一定小于或等于相间距离定值。本文再从规程对接地距离和相间距离的要求出发,进一步讨论接地距离和相间距离整定计算统一的可行性。

4.1 接地距离 段和相间距离 段

文献[1]中躲线末故障的相间距离 段和接地距离 段的计算公式是一样的,只是接地距离 段的可靠系数比相间距离 段要小一些。 段保护躲线末的目的主要是为了防止区外故障的超越,如果按接地距离 段的可靠系数对相间距离 段进行计算,相间距离 段就能更可靠地防止超越。

单回线带单台变时,无论是线路故障还是变压器内部故障,都会造成该变压器停运,对用户和电网的影响都是一样的,因此允许 段保护深入变压器,这种情况下采用文献[1]表 3 中计算接地距离 段的第 2 个公式或是表 4 中计算相间距离 段的第 2 个公式都是一样的。

因此,接地距离 段和相间距离 段的计算可以完全统一起来。

4.2 接地距离 段和相间距离 段

规程上对接地距离 段和相间距离 段的灵敏度要求是完全一样的,即:50 km 以下线路,不小于 1.5;50~200 km 线路,不小于 1.4;200 km 以上线路,不小于 1.3。这也是文献[1]表 3 中接地距离 段的第 1 个公式和表 4 中相间距离 段第 2 个公式的具体内容。

文献[1]表 4 中相间距离 段计算的第 1、第 3、第 4 个公式分别与表 3 中接地距离 段的第 2、第 6、第 5 个公式一一对应。在阻抗定值计算时,相间距离用的可靠系数比接地距离计算的略大。在时间上,与相邻线路 段配时,相间距离 段和接地距离 段的时间计算公式是一样的;与相邻线路 段配时,接地距离 段的起始时间直接用 1 s,而相间距

离段用的起始时间是一个时间级差 t , 这个时间级差习惯上取 0.5 s 。在表 3 中, 接地距离段的第 3 个公式是和相邻线路的纵联保护配合的计算公式, 这个公式实际上对相间距离也是适用的, 规程第“4.2.3.7”条要求“相间距离段定值, 按本线路末端发生金属性相间短路故障有足够灵敏度整定, 并与相邻线路相间距离段或纵联保护配合, 动作时间取 0.5 s 左右”, 这就是说相间距离段可以与相邻线路的纵联保护配合, 只不过时间不是接地距离段的 1 s 。因此, 可以看出, 计算相间距离段的各种方法和公式都包含在接地距离段的计算方法中。

计算接地距离段的第 4 个公式是接地距离和零序保护配合时用的。不同原理的保护之间进行定值的配合计算, 非常困难, 因为零序电流保护的范围在不同的电网方式下是不一样的。因此, 其保护范围末端所对应的正序阻抗也是不一样的, 这个对应阻抗的计算十分困难。所以, 在接地距离保护的计算时, 基本上不用该公式进行阻抗计算。实在不好配的情况下, 不同原理之间的保护一般只考虑时间上的配合。

接地距离段的第 7 个配合公式是根据接地距离保护的特点, 要求其躲过变压器其它侧母线单相接地和两相接地故障, 与相间距离段相比, 这是更苛刻的要求。

从以上分析可以知道, 同样的电网结构下, 采用同样的配合方式, 接地距离段的阻抗定值要比相间距离段要小, 时间要长。而且, 接地距离段和相间距离段的灵敏度要求是一致的。因此, 相间距离段采用接地距离段的定值后, 对定值间的配合关系和灵敏度完全没有影响。

4.3 接地距离段和相间距离段

规程对相间距离段的灵敏度没有具体要求, 但根据文献[1]表 4 中的配合公式得出的段阻抗定值不会小于相间距离段的阻抗定值, 因此相间距离段的灵敏度不会小于相间距离段。在文献[1]表 3 中对接地距离段的灵敏度给出了明确的要求, 即: 接地距离段是本线路正序阻抗的 $1.8\sim 3$ 倍。实际上, 该要求对中长线路来讲是较难满足的, 另外该要求所强调的灵敏度实际上可以由零序电流段来完成。因此, 规程的“4.2.2.7”条规定: “接地距离段, 按与相邻线路接地距离段配合整定。

若配合有困难, 可与相邻线路接地距离段配合整定。当本线路设有阶段式零序电流保护作为接地故障的基本保护时, 接地距离段可退出运行。”在河南, 所有线路保护都配有阶段式零序保护, 而且根据规程的要求, 零序电流段的电流定值都不大于 300 A 。因此, 在河南电网中按规程规定, 接地距离段是可以退出运行的。既然可以退出运行, 接地距离段保护就不必再考虑一定要满足 $1.8\sim 3.0$ 的灵敏度要求。

从文献[1]的表 3 和表 4 中可以看出, 与段保护类似, 相间距离段的第 1、第 3 个配合计算公式与接地距离段的第 2、第 3 个配合计算公式一一对应, 只是可靠系数不一样。因此配合出来的定值, 接地距离段不会大于相间距离段。相间距离段的第 2 个计算公式主要是考虑到相间距离段和相邻变压器的后备保护进行配合, 由于公式中的“电网运行最低线电压”和“系统背侧系统等价电抗”的确定比较困难, 实际的做法通常是, 校核相间距离段是否伸出到变压器的 110 kV 母线。没有超过 110 kV 母线, 认为相间距离段可以和变压器的差动保护进行配合; 如果超过 110 kV 母线, 则对变压器相间后备保护的動作时间提出限制或对 110 kV 侧的母差和出线保护提出限制。相间距离段的第四个公式对躲负荷阻抗提出了要求, 接地距离保护对负荷阻抗同样可以正确测量, 因此躲负荷的要求同样对接地距离段适用。

通过以上分析, 可以采用接地距离段的配合公式计算相间距离段, 同时要考虑接地距离段躲负荷阻抗, 以及校核接地距离段与变压器保护的配合问题。

5 结论

毫无疑问, 我们提出的继电保护整定计算 R 简化方法完全满足整定计算规程的要求。继电保护整定计算的简化可以提高工作效率, 对运行方式的安排也提高了灵活性。表 5 是对简化继电保护整定计算的一个评价。

采用简化方法后, 零序计算减少了零序段的配合和灵敏度计算工作, 可以减少 $1/5$ 的工作量; 距离保护减少了相间距离的配合工作, 可以减少 $1/3$ 的工作量。

表 5 简化整定计算方法的评价

Tab.5 Evaluation of simplifying setting calculation

保护名称	保护段	简化前的计算方法	简化后的计算方法	评价
零序电流	段	计算线末故障最大零序电流 用最大电流乘可靠系数	同左计算校核后,利用控制 字退出或取最大刻度	取消零序 段只是给运行安排带来 方便,不会减少零序 段的计算量
	段	与相邻线路 段或纵联保护或 段配	同左	
	段	与相邻线路 段或 段配		
	段	计算线末故障最小零序电流 校核本线末故障灵敏度	同左	
相间距离	段	与相邻线路 段或纵联保护或 段配	根据不同情况,直接 取 300A 或者配合计算	减少了零序 段的配合计算和灵敏 度计算
	段	与相邻线路 段或 段配		
	段	线路正序阻抗乘可靠系数		
	段	计算正序分支系数; 与相邻线路 段或纵联保护或 段配 校核灵敏度	省略	不需要对相间距离进行单独计算
接地距离	段	与相邻线路 段或纵联保护或 段配	同左	
	段	与相邻线路 段或 段配		
	段	计算正序和零序分支系数; 与相邻线路 段或纵联保护或 段配 校核灵敏度		

参考文献:

[1] DL - T 559 - 94, 220 ~ 500 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
 [2] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京:水利电力出版社,1994.
 [3] 何仰赞,温增银,等. 电力系统分析[M]. 武汉华中理工大学出版社,1992.
 [4] 程晓平. 简化距离保护整定计算方法[J]. 电力自动化设备,2001,(10):48-50.
 [5] 张太升,鄢安河,等. 关于 500 kV 牡郑线的绝缘地线对

零序参数影响的研究[J]. 继电器,2001,(3):27-30.

收稿日期: 2003-01-06; 修回日期: 2003-04-28
 作者简介:

廖晓玉(1975 -),女,学士,工程师,从事电力系统继电保护的研究;
 张太升(1969 -),男,硕士,高级工程师,从事电力系统继电保护的研究;
 鄢安河(1952 -),男,学士,高级工程师,从事电力系统继电保护的研究。

Simplify calculation of line protection settings

LIAO Xiao-yu, ZHANG Tai-sheng, DU Ling, YAN An-he, CHENG Peng
 (Henan Power Dispatching & Communication Center, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: All 220 kV lines of Henan power system use computer based protection. According to this, this paper analyzes the requirements of calculation rules issued by Ministry of Electric Power and the real roles of various line protections. Finally, some methods to simplify setting calculation works for system protections are given: canceling the application of zero sequence overcurrent protection; simplifying the setting calculation method of zero sequence overcurrent protection and unifying the setting value of the grounding distance and the phase distance protections.

Key words: setting calculation; zero-sequence overcurrent protection; phase distance protection; grounding distance protection