

结合事故浅谈线路距离保护电阻定值的整定

邹锐¹, 王柯¹, 史志鸿², 王书杰³

(1. 贵阳市南供电局, 贵州 贵阳 550002; 2 许继电气股份公司, 河南 许昌 461000;

3. 河南省登封电业局, 河南 登封 452470)

摘要: 通过对一条 110 kV 线路发生的两次距离段保护无故障跳闸事故的分析, 深入探讨微机线路距离保护电阻定值取法, 提出改进的整定原则, 并用于实践中, 实践证明该原则是可行而有效的。

关键词: 线路; 距离保护; 电阻

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2005)14-0036-03

0 事故简介

2003 年 9 月贵州某变电站一条 110 kV 线路微机保护装置两次出现距离段保护误动出口跳闸的事故。事故后, 从保护装置中提取的两次故障录波报告来看: 两次都是距离段保护动作, 在录波波形上, 从故障前两个周波及保护启动到出口的采样报告看都没有发现零序分量、负序分量等故障特征量, 而且没有出现正序分量大幅度变化的情况。继电保护技术人员对保护装置的 CT、PT、直流等外回路、VFC 回路、CPU 逻辑、通讯回路、信号回路、开入、开出回路进行了全面检查试验, 均没有发现任何异常。

1 事故分析

1.1 复查整定计算书

距离段定值计算

该用户的最大用电负荷为 56 000 kVA, 最大负荷电流为 281.15 A, 功率因数为 0.9 ($\phi_m = 25.84^\circ$), 额定电压 115 kV, 变电站侧的 CT 变比为 300/5 A, PT 变比为 1100/0.1 kV。

因此:

$$Z_{dz} = Z_{fmin} / (K_k \times K_f \times K_{zq} \times \cos(\phi_m - \phi_{x1})) =$$

$$0.9 \times 115 \times 1000 / (\sqrt{3} \times 281) / (1.2 \times 1.2 \times 1 \times \cos(25.84^\circ - 68^\circ)) = 199.57$$

折算二次值:

$$Z_{dz} = 199.57 \times 60 / 1100 = 10.89$$

距离保护电阻定值计算

按躲最大负荷电流情况下的电阻值整定

$$R = 115 \times 1000 / (\sqrt{3} \times 300) \times \sin(90^\circ - 25.84^\circ) = 199.19$$

折算二次值:

$$R = 199.19 \times 60 / 1100 = 10.86$$

该装置距离保护的動作特性如图 1。

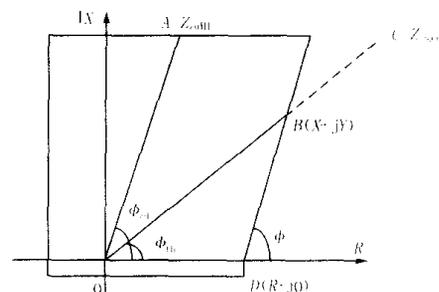


图 1 装置距离保护的動作特性

Fig 1 Operating characteristics of PSL-621 distance protective relaying

1.2 查阅技术说明书

该说明书对于电阻定值的叙述: “距离保护电阻定值决定距离保护四边形特性的右边界, 应按可靠躲过负荷整定, 并具有 1.5 倍以上的裕度。即 R 最大负荷阻抗的电阻分量 / 1.5; 接地距离段和相间距离段四边形特性的电阻分量等于该定值, 相间距离段四边形特性的电阻分量等于该定值的一半。”显然整定书中距离保护电阻整定值和说明书不符, 按说明书电阻定值应取为:

$$R = 0.9 \times 115 \times 1000 / (\sqrt{3} \times 281 \times 1.5) \times \sin(90^\circ - 25.84^\circ) = 127.59$$

折算二次值:

$$R = 127.59 \times 60 / 1100 = 6.96$$

1.3 两次动作行为分析

按整定书定值, 该保护装置动作边界点的阻抗值为图 1 中 B 点的阻抗值, B 点坐标由如下方程组确定: ($\text{tg} \phi_{zd} = \text{tg} 68^\circ = 2.475$, $\text{tg} \phi_m = \text{tg} 25.84^\circ = 0.484$)

$$DB \text{ 线方程: } y = 2.475(x - 11)$$

$$OB \text{ 线方程: } y = 0.484x$$

求出 B 点坐标: $x=13\ 674, y=6\ 618$,即

$$B = 13\ 674 + j6\ 618$$

事故录波:“003 047 ms相间距离 段出口
12 563 + j4 56 ”

事故录波:“007 832 ms相间距离 段出口
12 956 + j5 971 ”

对照录波,显然两次保护装置的测量阻抗均小于 B 点阻抗值。

由两次事故发生时的测量阻抗推出负荷电流分别为 261.69 A 和 245.04 A,显然小于允许最大负荷电流 281.1 A。因此,当 R 定值取 11 时,距离 段保护是躲不过最大负荷电流情况下的负荷阻抗的。

按厂家说明书原则,本例中电阻定值应取为: $R = 10.4/1.5 = 6.96$

当 R 取值为 6.96 时,如图 1 所示,对于事故中所采录的测量阻抗 $Z = 12\ 956 + j5.97$,求出此时的 $\phi_{th} = 24.74^\circ$ ($\text{tg } 24.74^\circ = 0.46$),求解此时的 B 点阻抗值为 $8\ 549 + j3\ 932$,对比测量阻抗 $Z = 12\ 956 + j5.97$,明显测量阻抗 Z 落在四边形区外,距离 段保护不动作。

同理,在事故情况下当 R 取值为 6.96 时,图 1 中 B 点阻抗值 $Z = 8\ 145 + j2\ 932$,对比测量阻抗 $Z = 12\ 563 + j4\ 56$,明显距离 段保护也不会动作。由此可见,距离保护的电阻定值 R 未按厂家说明书原则取值是两次事故的直接原因。

2 距离保护电阻定值整定原则的探讨

2.1 圆特性距离保护元件电阻定值整定原则分析

查阅迄今为止公开发行的整定计算类文献,未有任何文献提及距离保护电阻定值的整定原则。原因主要是现行继电保护整定计算类文献大多出版在微机线路保护装置普及以前,主要介绍的是电磁型以及整流型的距离保护的整定原则。而电磁型及整流型的距离保护动作特性一般都是采用圆特性,圆特性的阻抗整定值是不需要整定电阻定值的。

2.2 四边形特性距离保护元件电阻定值整定原则分析

众所周知,由于四边形阻抗特性躲短路过程中过渡电阻的能力比圆特性强,但是在常规电磁型保护中四边形阻抗特性实现起来难度很大,在微机保护中实现起来就容易得多。因此,在高压线路微机保护中距离保护特性多采用四边形特性,四边形阻抗边界就不能象圆形阻抗边界一样,只要给定一个阻抗定值就可确定的,而是几个边界范围都需要给定定值的。

如本例,该四边形的右边界就和电阻定值的取法直接相关,一旦电阻定值取法不当,就容易出现正常负荷,特别是接近最大负荷情况下,距离 段躲不过最大负荷阻抗的误动事故。

查阅各保护厂家说明书中对距离保护电阻定值的整定说明。某厂家说明书中对电阻定值的取法有如下叙述: R_{dz} - 高频距离保护停信范围电阻分量定值“首先在 $jX - R$ 坐标平面上找出负荷阻抗 Z_{th} ,再作 ϕ 角 ($\phi = 60^\circ$),求出相应的 R_{th}, R_{dz} 的整定原则是保证线路末端故障阻抗电阻分量有很大的灵敏度,并躲过 R_{th} ,可靠系数取 $K_k = 0.7 \sim 0.8$,即 $R_{dz} = K_k \cdot R_{th}$ ”。 R_{dz} 定值的图解法如图 2。

按该说明书电阻定值的取法,对于本例中的 110 kV 线路:

$$Z_{th} = (0.9U_e \times 1000) / (\sqrt{3} \times I_{limax}) = 0.9 \times 115 \times 1000 / (1.732 \times 281.15) = 212.5$$

二次值为

$$Z_{th} = 212.5 \times 60 / 1100 = 11.59 \quad 25.84^\circ = 10.43 + j5.05$$

$$\text{tg } 60^\circ = 1.732$$

有等式成立:

$$5.05 / (10.43 - R_{th}) = 1.732$$

$$R_{th} = (18.06 - 5.05) / 1.732 = 7.51$$

$$R_{dz} = K_k \times R_{th} = 0.8 \times 7.51 = 6.01$$

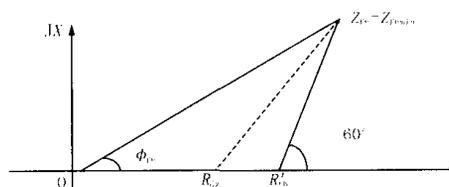


图 2 R_{dz} 定值的图解法

Fig 4 Geometric solution of R_{dz} presetting value

其它厂家技术说明书中对电阻定值的取法仅有简单叙述,“ R_{zd} ——四边形距离元件电阻方向整定值,按最大负荷运行时,负荷阻抗不进入四边形距离元件范围整定”以及“ R_L 用于启动元件动作后的正常、段及静稳破坏检测 段阻抗元件, R_L 元件的取值既要考虑反映电阻的能力,又应躲过最大负荷时的最小阻抗”等等。

2.3 距离保护元件电阻定值整定原则进一步分析

由于国内公开发行的整定计算文献对距离保护电阻定值的整定原则未有规定,厂家说明书叙述也较简单,对使用者来说是缺乏实际的指导。作者认为合乎实际的距离保护电阻定值的整定原则是:“ R_{zd} ——四边形距离元件电阻方向整定值,按最大负荷运行时,

最小负荷阻抗不进入四边形距离元件范围整定,以 R_{zd} 最大负荷阻抗电阻分量 /1.8 为宜。”

2.3.1 按“ R 最大负荷阻抗的电阻分量 /1.5 原则整定

以本文事故分析如下:在第“1.3 节中,知道当 R 取值为 6.96 时,两次事故都可以避免,“ R 最大负荷阻抗电阻分量 /1.5 的取值法并不是最合适的。

因为在本例中当按“ $Z_{dz} = 11$, $R = 6.96$, $\phi_{fh} = 25.84^\circ$ 整定时所求出的允许最大负荷电流即为求解图 1 中保护动作边界 B 点的阻抗值对应的负荷电流,也即求解方程组:

DB 线方程:

$$y = 2.475(x - 6.96)$$

OB 线方程:

$$y = 0.484x$$

求出 B 点坐标为: $x = 8.65$, $y = 4.18$, 写成极坐标形式 $B = 9.6 \quad 25.84^\circ$

B 点的阻抗一次值 $Z = 9.6 * 1100/60 = 176.00$, 此时的最大负荷电流 $I_{fhmax} = 0.9 * 115 * 1000 / (\sqrt{3} * 176.00) = 339 \text{ A}$, $339 \text{ A} / 281.15 \text{ A} = 1.2$, 显然裕度不够,由此可以判断 $R = 6.96$ 的取值应该是偏大了点。

2.3.2 采用图 2 的原则整定

同理可以求出按采用图 2 的原则的厂家说明书整定,可以求出整定值 $R = 7.88$ 的情况下允许的最大负荷电流为 268 A, 268 A 的动作电流比允许的负荷电流 281.15 A 还要小,由此可以判断 $R = 7.88$ 的取值应该是偏大了点,甚至有可能躲不过最大负荷电流。

2.3.3 采用“ R 最大负荷阻抗的电阻分量 /1.8 的原则整定

当在“ R_{zd} 最大负荷阻抗电阻分量 /1.8 的整定原则下,就以图 1 的事例详细分析如下:求当 $Z_{dz} = 11$, $R = 10.4/1.8 = 5.8$, $\phi_{fh} = 25.84^\circ$ ($\cos \phi_{fh} = 0.9$) 的情况下允许的最大负荷电流,如图 1 中所示求最大负荷电流情况下保护动作边界 B 点的阻抗值,即为求解如下方程组的解: ($\tan \phi_{zd} = \tan 68^\circ =$

$$2.475, \tan \phi_{fh} = \tan 25.84^\circ = 0.484)$$

DB 线方程:

$$y = 2.475(x - 5.8)$$

OB 线方程:

$$y = 0.484x$$

求出 B 点坐标为: $x = 7.21$, $y = 3.49$, 写成复阻抗形式 $B = 7.21 + j3.49$

显然此时的最大负荷线 OB 与 DB 右边界线交点阻抗值为 $Z = 7.21 + j3.49 = 8.0 \quad 25.84^\circ$, B 点的阻抗一次值为 $Z = 8.0 * 1100/60 = 146.70$, 此时的最大负荷电流 $I_{fhmax} = 0.9 * 115 * 1000 / (\sqrt{3} * 146.70) = 407 \text{ A}$, 407 A 的动作电流比允许的负荷电流 281.15 A 大得多,裕度为 $407/281 = 1.44$, 应该足够了,由此可以判断 $R = 5.8$ 的取值应该是最合适的。

3 结束语

我国的整定计算原则应随着继电保护装置的发展及时更新修订,以方便广大继电保护从业人员的参考。

对于采用四边形特性的微机线路距离保护元件,应充分重视距离保护电阻定值的整定计算。“ R 最大负荷电阻分量 /1.8 的整定原则在实际的四边形阻抗特性电阻值整定计算中较为合适,既保留四边形阻抗特性躲短路过渡电阻的能力,又保证有足够的裕度躲负荷阻抗。本文的示例按该原则整定,经过一年的实践证明,这种取法是可行而有效的。

收稿日期: 2004-08-30; 修回日期: 2005-04-18

作者简介:

邹锐(1972-),男,工学学士,工程师,主要从事电力系统继电保护技术管理工作; E-mail: zourui5291783@sohu.com

王柯(1969-),男,工程师,从事变电设备技术管理工作;

史志鸿(1967-),男,本科,高工,从事电力系统自动化工作。

Discussion about the calculation of the resistance value for power line distance protection combining with an accident

ZOU Rui¹, WANG Ke¹, SHI Zhi-hong², WANG Shu-jie³

(1. Guiyang South Power Supply Bureau, Guiyang 550002, China; 2. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China;

3. Dengfeng Electric Power Bureau, Dengfeng 452470, China)

(下转第 60 页 continued on page 60)

参考文献:

- [1] Akagi H, Kanazawa Y, Nabae A. Generalized Theory of the Instantaneous Reactive Power in Three-phase Circuits [A]. Proceedings of JIEE IPEC. Tokyo: 1983. 1375-1386
- [2] 杨君,王兆安. 三相电路谐波电流两种检测方法的对比研究 [J]. 电工技术学报, 1995, 10(2): 43-48
YANG Jun, WANG Zhao-an. A Study on the Comparison of Two Methods Used to Detect the Harmonic Currents of Three-phase Circuits [J]. Transactions of China Electrical Society, 1995, 10(2): 43-48
- [3] 杨君,王兆安,邱关源. 不对称三相电路谐波及基波负序电流实时检测方法研究 [J]. 西安交通大学学报, 1996, 30(3): 94-100
YANG Jun, WANG Zhao-an, QIU Guan-yuan. A Study on Real-time Detecting Method for Harmonic and Fundamental Negative Sequence Currents in Unbalanced Three-phase Circuits [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 1996, 30(3): 94-100
- [4] 杨万开,肖湘宁,杨以涵. 电网中三相电压不对称谐波及负序电流检测方法的研究 [J]. 电网技术, 1997, 21(11): 45-48
YANG Wan-kai, XIAO Xiang-ning, YANG Yi-han. A Detecting Method for Harmonic and Negative Sequence Current under Unsymmetrical Power System Voltage [J]. Power System Technology, 1997, 21(11): 45-48
- [5] 杨杰,赖声礼,李心广,等. 三相电压不对称时谐波与基波有功、无功电流的精确检测方法研究 [J]. 继电器, 2003, 31(4): 6-9
YANG Jie, LAI Sheng-li, LI Xin-guang, et al. Research on Precision Detection Method of Harmonics, Fundamental Active Current and Reactive Current in the Case of Unsymmetrical Three-phase Voltage [J]. Relay, 2003, 31(4): 6-9
- [6] 肖湘宁,徐永海,刘连光. 考虑相位跳变的电压凹陷动态补偿控制器研究 [J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(1): 64-69
XIAO Xiang-ning, XU Yong-hai, LU Lian-guang. Research on Mitigation Methods of Voltage Sag with Phase-angle Jump [J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(1): 64-69

收稿日期: 2004-11-05; 修回日期: 2005-02-22

作者简介:

袁川 (1980 -), 男, 硕士研究生, 研究方向为有源滤波器和动态电压恢复器的监测与控制; E-mail: eliteryuan@163.com

杨洪耕 (1949 -), 男, 博士, 教授, 从事电能质量监测和控制技术方面的教学与研究工作。

An advanced instantaneous detection method for fundamental positive-sequence active current under unsymmetrical and distorted three-phase system voltage

YUAN Chuan, YANG Hong-geng

(School of Electricity and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Active power filter is an effective device to clear harmonics. Accurate detection of compensated components decides its compensation effect directly. This paper proposes an advanced instantaneous detection method for fundamental positive-sequence active current under unsymmetrical and distorted three-phase system voltage by detecting magnitude and phase of fundamental positive-sequence voltage and current respectively using dq transformation. Thus fundamental positive-sequence active current and the compensated current components can be obtained exactly. The detection of voltage and current are simultaneous, which reduce delay-time of low-pass filter. Simulation results illustrate efficiency and accuracy of the improved method.

Key words: harmonic; active power filter; unsymmetrical voltage; detection

(上接第 38 页 continued from page 38)

Abstract: This paper analyzes two maloperations of distance protective relaying on an 110 kV power feeder. And it compares the characteristics of the round distance-relaying component to that of quadrangular one, and discusses the different distance resistance sampling methods of microcomputer based relaying protection of high-voltage power feeder in common use. In the end, the improved setting principle and its feasibility and effectiveness have verified in practice.

Key words: power feeder; distance protective relaying; resistance