

带串联电抗器输电线路距离保护整定改进方法

朱晓彤, 陆金凤, 谢 华, 赵青春, 王 忠

(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要: 串联电抗器可以很好地限制电网的短路电流,但同时给输电线路继电保护带来了挑战。文中提出了一种带串联电抗器的输电线路距离保护整定改进方法,根据串联电抗器阻抗和线路阻抗重新整定零序电流补偿系数,根据串联电抗器阻抗和原距离保护阻抗定值重新计算距离保护定值。只需修改保护装置定值,无需改变距离保护算法代码,即可保证带串联电抗器的输电线路距离保护 I 段的可靠性和距离保护 II 段、III 段的灵敏性。仿真结果验证了文中方法在保护可靠性和灵敏性方面的效果。

关键词: 串联电抗器; 距离保护; 零序电流补偿系数; 阻抗定值

中图分类号: TM734

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2018)06-0156-06

0 引言

随着电网规模的不断扩大和直流换流站的不断接入,短路电流超标已成为影响电力系统安全稳定运行的关键问题。为限制短路电流,避免对断路器进行大量更换,可以在输电线路路上安装串联电抗器^[1-3]。

输电线路路上安装串联电抗器,将改变原线路的阻抗特性,对输电线路继电保护尤其是距离保护将产生很大的影响。国内外学者针对带串联电抗器的输电线路距离保护开展了大量研究^[4-11],取得了一些有益效果。文献[4]在距离保护原整定值的基础上,叠加串联电抗器的阻抗,但此方法只适用于相间距离继电器,不适用于接地距离继电器。文献[5-7]重新推导了带串联电抗器的输电线路接地距离继电器的计算电压和计算电流的表达式,但这在实际应用中需要重新编写保护装置的内部代码,实现起来较为麻烦。

本文从输电线路距离保护最基本原理出发,提出一种带串联电抗器的输电线路距离保护整定改进方法。该算法重新整定距离继电器阻抗定值和输电线路零序补偿系数,无需改变距离保护算法的代码。电磁暂态仿真软件(EMTDC)仿真结果验证了本文所提出的距离保护算法在带串联电抗器的输电线路上的可靠性和灵敏性。

1 串联电抗器对距离保护的影响

如图 1 所示,当输电线路距离保护的继电器安装在串联电抗器的上游时,阻抗继电器的测量阻抗不再只是故障点到继电器安装点的线路阻抗。

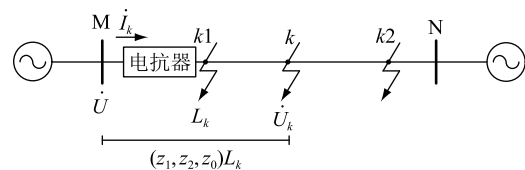


图 1 输电线路故障网络图

Fig.1 Transmission line fault network diagram

考虑输电线路路上发生短路故障的两种极端情况。图 2 中, Z_{k1} 是在串联电抗器出口处 $k1$ 点发生短路时的测量阻抗; Z_{k2} 是在输电线路距离保护 I 段末端 $k2$ 点发生短路时的测量阻抗; Z_{CK} 为串联电抗器阻抗; $Z_{zd, I}$ 为不带串联电抗器的输电线路距离保护 I 段整定阻抗定值^[11-12]。

串联电抗器的接入,使得输电线路距离保护的测量阻抗增大,距离保护容易拒动,必须重新整定保护定值。

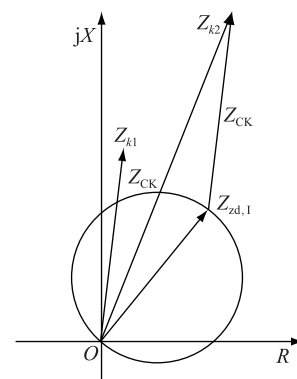


图 2 输电线路阻抗圆

Fig.2 Transmission line impedance circle

以图 1 所示网络中 k 点发生短路故障时的情况为例。按照对称分量法,可以求出 M 母线各相的电压为:

$$\begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{kA} + \dot{I}_{A1}z_1L_k + \dot{I}_{A2}z_2L_k + \dot{I}_{A0}z_0L_k + \\ \dot{I}_{A1}Z_{CK1} + \dot{I}_{A2}Z_{CK2} + \dot{I}_{A0}Z_{CK0} = \\ \dot{U}_{kA} + [(\dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}) + 3\dot{I}_{A0}\frac{z_0 - z_1}{3z_1}]z_1L_k + \\ \dot{I}_AZ_{CK} = \dot{U}_{kA} + (\dot{I}_A + K \times 3\dot{I}_0)z_1L_k + \dot{I}_AZ_{CK} \\ \dot{U}_B = \dot{U}_{kB} + (\dot{I}_B + K \times 3\dot{I}_0)z_1L_k + \dot{I}_BZ_{CK} \\ \dot{U}_C = \dot{U}_{kC} + (\dot{I}_C + K \times 3\dot{I}_0)z_1L_k + \dot{I}_CZ_{CK} \end{cases} \quad (1)$$

式中: \dot{U}_{kA} , \dot{U}_{kB} , \dot{U}_{kC} 分别为故障点 k 处的 A, B, C 三相电压; \dot{I}_A , \dot{I}_B , \dot{I}_C 为流过保护安装处的三相电流; \dot{I}_{A1} , \dot{I}_{A2} , \dot{I}_{A0} 为流过保护安装处的正序、负序、零序电流; z_1 , z_2 , z_0 为线路单位长度的正序、负序、零序阻抗, 一般情况下可以假设 $z_1 = z_2$; Z_{CK1} , Z_{CK2} , Z_{CK0} 为串联电抗器的正序、负序、零序阻抗, 一般情况下可以假设 $Z_{CK1} = Z_{CK2} = Z_{CK0} = Z_{CK}$; K 为零序电流补偿系数, $K = (z_0 - z_1)/3z_1$ 。

以 A 相单相接地短路故障为例进行分析。在 A 相金属性接地短路的情况下, $\dot{U}_{kA} = 0$, 则:

$$\dot{U}_A = (\dot{I}_A + K \times 3\dot{I}_0)z_1L_k + \dot{I}_AZ_{CK} \quad (2)$$

按距离保护最基本原理^[12], 接地距离保护的测量电压 $\dot{U}_{mA} = \dot{U}_A$, 计算电流 $\dot{I}_{mA} = \dot{I}_A + K \times 3\dot{I}_0$, 则保护装置的测量阻抗为:

$$Z_{mA} = \frac{\dot{U}_A}{\dot{I}_A + K \times 3\dot{I}_0} = z_1L_k + \frac{Z_{CK}}{1 + K \times 3\dot{I}_0/\dot{I}_A} \quad (3)$$

此时测量阻抗 Z_{mA} 的值与 \dot{I}_0/\dot{I}_A 的值有关, 即与故障点位置、故障类型、故障性质均有关, 距离保护阻抗没有明确的物理意义, 且阻抗定值不易整定。

2 带串联电抗器的距离保护

2.1 零序电流补偿系数的整定

为使串联电抗器接入后, 输电线路距离保护的测量阻抗仍有明确的物理意义, 这里重新定义零序电流补偿系数。

$$\begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{kA} + [(\dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}) + \\ 3\dot{I}_{A0}\frac{(z_0 - z_1)L_k}{3(z_1L_k + Z_{CK})}]z_1L_k + \\ \dot{U}_{kA} + (\dot{I}_A + K' \times 3\dot{I}_0)(z_1L_k + Z_{CK}) = \\ \dot{U}_B = \dot{U}_{kB} + (\dot{I}_B + K' \times 3\dot{I}_0)(z_1L_k + Z_{CK}) \\ \dot{U}_C = \dot{U}_{kC} + (\dot{I}_C + K' \times 3\dot{I}_0)(z_1L_k + Z_{CK}) \end{cases} \quad (4)$$

式中: K' 为带串联电抗器的零序电流补偿系数, $K' = (z_0 - z_1)L_k/3(z_1L_k + Z_{CK})$; L_k 为故障点到保护安装处的长度。

仍以 A 相单相接地短路故障为例进行分析。

在 A 相金属性接地短路的情况下, $\dot{U}_{kA} = 0$, 则:

$$\dot{U}_A = (\dot{I}_A + K' \times 3\dot{I}_0)(z_1L_k + Z_{CK}) \quad (5)$$

接地距离保护的测量电压 $\dot{U}_{mA} = \dot{U}_A$ 、计算电流 $\dot{I}_{mA} = \dot{I}_A + K' \times 3\dot{I}_0$, 则保护装置的测量阻抗为:

$$Z_{mA} = \frac{\dot{U}_A}{\dot{I}_A + K' \times 3\dot{I}_0} = z_1L_k + Z_{CK} \quad (6)$$

此时测量阻抗反映的是保护安装处到故障点之间的真实阻抗。

K' 也不是常数, 故障点位置距保护安装处越远, K' 越大。本文将故障点位于输电线路末端时的零序电流补偿系数 K' 作为整定值, 如此做的原因将在下文结合距离保护阻抗定值的整定进行说明。即 L_k 为线路全长 L_{M-N} , 零序补偿系数整定值为:

$$K'_{zd} = \frac{(z_0 - z_1)L_{M-N}}{3(z_1L_{M-N} + Z_{CK})} \quad (7)$$

2.2 接地距离保护阻抗定值的整定

距离保护 I 段为无延时的速动段。输电线路接入串联电抗器后, 应尽可能保证距离保护 I 段的保护范围不变。输电线路距离保护 I 段末端 $k2$ 点发生 A 相接地短路时, 有:

$$\begin{cases} \dot{U}_A = (\dot{I}_A + K'_{k2} \times 3\dot{I}_0)(Z_{zd, I} + Z_{CK}) \\ \dot{U}_A = (\dot{I}_A + K'_{zd} \times 3\dot{I}_0)Z'_{zd, I, jd} \end{cases} \quad (8)$$

式中: $Z_{zd, I}$ 为不带串联电抗器的接地距离保护 I 段阻抗定值; $Z'_{zd, I, jd}$ 为带串联电抗器的接地距离保护 I 段阻抗定值; K'_{k2} 为故障点位于距离保护 I 段末端 $k2$ 点时的零序补偿系数^[13-15]。

距离保护 I 段的整定规范中不考虑高阻接地^[12]。因此, 在输电线路非重负荷的情况下, 忽略健全相负荷电流, 近似认为 $\dot{I}_A = 3\dot{I}_0$, 即式(8)可近似简化为^[13]:

$$\begin{cases} \dot{U}_A = \dot{I}_A(1 + K'_{k2})(Z_{zd, I} + Z_{CK}) \\ \dot{U}_A = \dot{I}_A(1 + K'_{zd})Z'_{zd, I, jd} \end{cases} \quad (9)$$

因此, $Z'_{zd, I, jd}$ 可整定为:

$$Z'_{zd, I, jd} = \frac{(1 + K'_{k2})(Z_{zd, I} + Z_{CK})}{1 + K'_{zd}} = \frac{3(Z_{zd, I} + Z_{CK}) + (z_0 - z_1)L_{M-k2}}{3 + \frac{(z_0 - z_1)L_{M-N}}{z_1L_{M-N} + Z_{CK}}} \quad (10)$$

式中： L_{M-k2} 为接地距离保护 I 段保护范围长度。

当故障点位于距离保护 I 段区内时， K'_{k2} 大于实际的零序补偿系数，测量阻抗偏小，保护可靠动作；当故障点位于距离保护 I 段正方向区外时， K'_{k2} 小于实际的零序补偿系数，测量阻抗偏大，保护可靠不动作。

距离保护 II 段应能保护线路的全长，本线路末端短路时，应有足够的灵敏度。不带串联电抗器的接地距离保护 II 段灵敏度系数满足：

$$K_{sen} = \frac{Z_{zd, II}}{Z_{M-N}} \geq 1.25 \quad (11)$$

式中： $Z_{zd, II}$ 为不带串联电抗器的接地距离保护 II 段阻抗定值； Z_{M-N} 为线路总阻抗。

输电线路接入串联电抗器后，本线路末端短路时，实际的零序补偿系数即为整定的零序补偿系数 K'_{zd} ，测量阻抗即 $Z_{M-N} + Z_{CK}$ 。按式(12)整定带串联电抗器的接地距离保护 II 段阻抗定值 $Z'_{zd, II, jd}$ ，便仍可保证接地距离保护 II 段的灵敏性要求。

$$Z'_{zd, II, jd} = Z_{zd, II} + 1.25Z_{CK} \quad (12)$$

当故障点位于本线路时， K'_{zd} 大于实际的零序补偿系数，测量阻抗偏小，保护可靠动作；当故障点位于下级线路时， K'_{zd} 小于实际的零序补偿系数，测量阻抗偏大，但同时由于接地距离 II 段阻抗定值中 Z_{CK} 带有系数 1.25，因此可近似认为接地距离 II 段保护范围不变，不存在与下级线路保护的时间配合问题，接地距离保护 II 段时间定值不变。

距离保护 III 段需要作为本线路 I、II 段保护的近后备，按本线路末端短路校验，应满足：

$$K_{sen} = \frac{Z_{zd, III}}{Z_{M-N}} \geq 1.5 \quad (13)$$

式中： $Z_{zd, III}$ 为不带串联电抗器的接地距离保护 III 段阻抗定值。同理接地距离保护 II 段的分析，可按式(15)整定带串联电抗器的接地距离保护 III 段阻抗定值 $Z'_{zd, III, jd}$ ，时间定值不变。

$$Z'_{zd, III, jd} = Z_{zd, III} + 1.5Z_{CK} \quad (14)$$

2.3 相间距离保护阻抗定值的整定

在相间短路的情况下，故障点处故障相的对地电压相等，以 A、B 两相故障为例， $\dot{U}_{kA} = \dot{U}_{kB}$ 。将式(4)中 A、B 两相相减，可得：

$$\dot{U}_A - \dot{U}_B = (\dot{I}_A - \dot{I}_B)(z_1 L_k + Z_{CK}) \quad (15)$$

$$\begin{cases} Z'_{zd, I, sj} = Z_{zd, I} + Z_{CK} \\ Z'_{zd, II, sj} = Z_{zd, II} + 1.25Z_{CK} \\ Z'_{zd, III, sj} = Z_{zd, III} + 1.5Z_{CK} \end{cases} \quad (16)$$

带串联电抗器的输电线路相间距离保护仍与

零序补偿系数无关。则根据之前的分析，可按式(16)整定相间距离保护阻抗定值，时间定值不变。综上所述，带串联电抗器的输电线路距离保护按式(7)整定零序补偿系数，按式(10)、(12)、(14)、(16)整定阻抗定值，时间定值不变。

3 仿真验证

基于 EMTDC 搭建了如图 1 所示的 750 kV 输电线路仿真模型。线路长度为 58.4 km，故障点位置可调。仿真系统 PT 变比为 765 kV/100 V，CT 变比为 2500 A/1 A。串联电抗器电阻为 0，电感为 30 Ω ，如表 1 所示。

表 1 仿真系统线路参数

Tab.1 Simulation system line parameter table

线路参数	电阻/($\Omega \cdot \text{km}^{-1}$)	电感/($\Omega \cdot \text{km}^{-1}$)	电容/($\Omega \cdot \text{km}^{-1}$)
正序	0.013 8	0.264 2	0.063 3
零序	0.127 7	0.656 8	0.096 3

根据前面的理论分析重新整定距离保护相关定值，如表 2 所示。

表 2 保护定值单

Tab.2 Protection setting table

定值项	不带串联电抗器 原定值	带串联电抗器 新定值
零序电流补偿系数	0.51	0.176
接地距离 I 段定值/ Ω	3.53	12.89
接地距离 II 段定值/ Ω	7.36	19.61
接地距离 III 段定值/ Ω	8.15	22.84
相间距离 I 段定值/ Ω	3.53	13.33
相间距离 II 段定值/ Ω	7.36	19.61
相间距离 III 段定值/ Ω	8.15	22.84

线路中点、线路距首端 70% 处、线路末端发生 AB 相间接地 (ABG) 短路故障，各阻抗继电器的阻抗圆与测量阻抗信息如图 3 所示。图 3 中，3 个阻抗圆依次代表距离 I 段阻抗圆、距离 II 段阻抗圆和距离 III 段阻抗圆； Z_A 、 Z_B 分别为原阻抗继电器 A 相、B 相接地测量阻抗； Z_{AB} 为原阻抗继电器 AB 相间测量阻抗； Z'_A 、 Z'_B 为改进后阻抗继电器 A 相、B 相接地测量阻抗； Z'_{AB} 为改进后阻抗继电器 AB 相间测量阻抗，下标 _50%、_70%、_100% 分别表示故障发生在线路中点处、距首端 70% 处、末端处。

线路中接入串联电抗器后，若不重新整定距离保护定值，即使故障发生在线路中点处，接地距离测量阻抗和相间距离测量阻抗均位于距离保护 I 段阻抗圆外，甚至位于距离保护 III 段阻抗圆外，距离保护拒动。

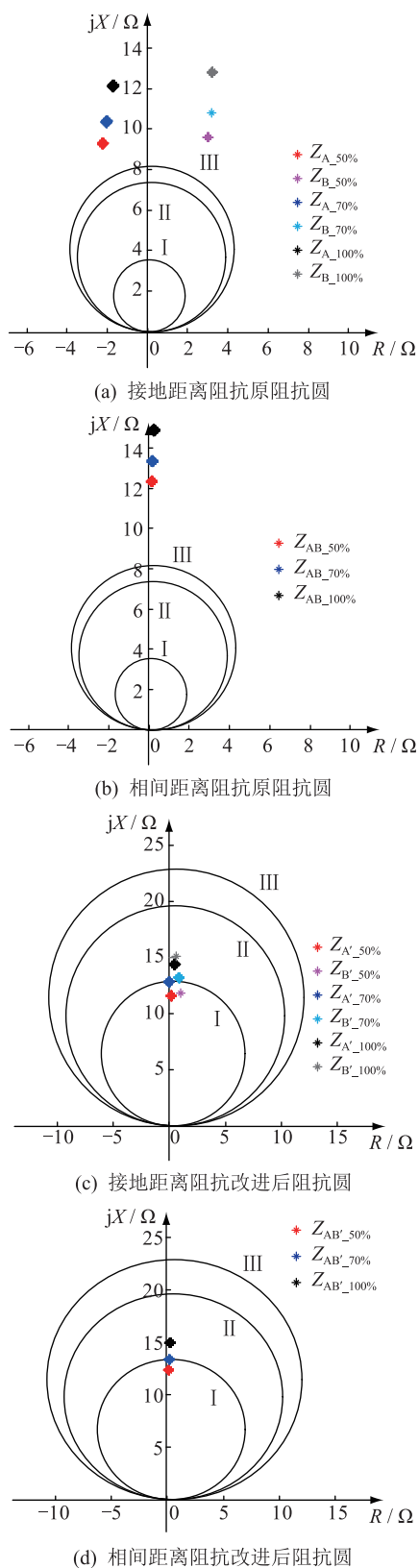


图3 线路短路故障测量阻抗

Fig.3 Measurement impedance for short circuit

按照本文理论分析重新整定距离保护定值后:当故障发生在线路中点处时,接地距离测量阻抗和相间距离测量阻抗均位于距离保护 I 段阻抗圆内,距离保护可靠动作;当故障发生在距首端 70% 处

时,接地距离测量阻抗和相间距离测量阻抗均落在距离保护 I 段阻抗圆的圆周上,从而验证了本文提出的带串联电抗器的输电线路距离保护改进算法不改变距离保护 I 段的保护范围,即距离保护 I 段不会拒动,也不会误动;当故障发生在线路末端时,接地距离测量阻抗和相间距离测量阻抗均落在距离保护 I 段阻抗圆外, II 段阻抗圆内,距离保护 I 段可靠不动作,距离保护 II 段和距离保护 III 段可靠动作,且具有足够的灵敏性。

EMTDC 仿真验证总体结论如下:输电线路接入串联电抗器后,若不重新整定距离保护定值,距离保护极有可能会发生拒动。根据本文理论方法重新整定零序电流补偿系数和距离保护定值,可保证距离 I 段保护范围不变,不拒动不误动,也可保证距离 II 段和距离 III 段的保护灵敏性。

4 结语

综合串联电抗器阻抗和输电线路全长阻抗,重新整定零序电流补偿系数。在输电线路原阻抗定值的基础上,综合串联电抗器阻抗和零序电流补偿系数,重新整定接地距离 I 段保护定值;综合串联电抗器阻抗和灵敏度系数,重新整定接地距离 II 段、III 段保护定值和相间距离 I 段、II 段、III 段保护定值。带串联电抗器的输电线路距离保护改进算法可以保证距离 I 段保护的可靠性以及距离 II 段、III 段保护的灵敏性。四边形等其他特性阻抗继电器在实际工程中应用较少,且各厂家实现原理和定值整定原则不同,本文未涉及。后续将针对串联电抗器对其他特性阻抗继电器的影响做进一步研究。

参考文献:

- [1] 贾磊,蔡汉生,胡上茂,等. 500 kV 串联电抗器对线路断路器开断能力的影响研究[J]. 南方电网技术,2014,8(6):7-11.
JIA Lei, CAI Hansheng, HU Shangmao, et al. Study on influence of 500 kV series reactor on interrupting capability of line circuit breaker[J]. Southern power system technology, 2014, 8(6): 7-11.
- [2] 曾琦,李兴源,蔡鑫贵,等. 带串联补偿故障限流器的仿真和实验[J]. 电力系统自动化,2003,27(14):54-56.
ZENG Qi, LI Xingyuan, CAI Xingui, et al. Simulation and test of fault current limiter with series compensation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(14): 54-56.
- [3] 徐宁,王莹,许文超,等. 高压串联电抗器在南京 220kV 电网中的应用分析[J]. 江苏电机工程,2015,34(5):34-36.
XU Ning, WANG Ying, XU Wenchao, et al. Analysis of the performance of high voltage series reactor in Nanjing 220kV-power-grid[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2015, 34(5): 34-36.
- [4] 夏毅,刘建明. 超导限流器对电力系统继电保护和暂态稳

- 定的影响[J]. 电工电能新技术, 2007, 26(2): 45-48.
XIA Yi, LIU Jianming. Effect of superconducting fault current limiters on power system protection and transient stability [J]. Advanced Technology of Electrical Engineering and Energy, 2007, 26(2): 45-48.
- [5] 刘 宾. 超导故障限流器及其对电力系统继电保护的影响研究[D]. 南京: 东南大学, 2013.
LIU Bin. Research on SFCL and its effects on relay protection of power system [D]. Nanjing: Southeast University, 2013.
- [6] 刘华蕾, 江道灼, 陈 刚, 等. 安装固态短路限流器后距离保护整定的改进方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(2): 90-95.
LIU Hualei, JIANG Daozhuo, CHEN Gang, et al. Improved setting method of distance protection with the SSFCL [J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(2): 90-95.
- [7] SHAWN H, THOMAS B, MICHAEL S. The effects of fast switching fault current limiter on distance protection [C] // Proceedings of the 35th Southeastern Symposium on System Theory, 2003: 264-268.
- [8] 金雪芬, 戴朝波, 武守远, 等. 故障电流限制器对继电保护的影响[J]. 电网技术, 2010, 34(6): 98-105.
JIN Xuefen, DAI Chaobo, WU Shouyuan, et al. Influence on fault current limiter on protective relaying [J]. Power System Technology, 2010, 34(6): 98-105.
- [9] 魏繁荣, 李 慧, 林湘宁, 等. 考虑 TCSC 型故障限流器动态过程的距离保护整定方法[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(8): 2279-2289.
WEI Fanrong, LI Hui, LIN Xianglin, et al. Distance protection setting strategy considering the dynamic impedance process of TCSC-FCL [J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37(8): 2279-2289.
- [10] 潘 磊, 李 斌, 杨 光, 等. 统一潮流控制器在交流系统故障时的处理策略研究[J]. 电力工程技术, 2017, 36(6): 132-137.
PAN Lei, LI Bin, YANG Guang, et al. Control and protection strategies of unified power flow controller during AC system failure [J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(6): 132-137.
- [11] 沈 军, 张洪喜, 王 忠, 等. 一起距离保护误动事例分析及解决方案[J]. 电力工程技术, 2017, 36(2): 47-52.
SHEN Jun, ZHANG Hongxi, WANG Zhong, et al. Analysis of a case of distance protection mal-operation and solution [J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(2): 47-52.
- [12] 冯勇鑫, 温渤婴. 接地距离保护中零序补偿系数整定方法的探讨[J]. 电力系统及其自动化学报, 2008, 20(3): 95-98.
FENG Yongxin, WEN Boyin. Investigation on setting method for zero-sequence current compensation coefficient in ground-fault distance protection [J]. Proceedings of the CSU-EPSSA, 2008, 20(3): 95-98.
- [13] 王广学. 电力系统接地距离保护零序补偿系数分析[J]. 电网技术, 1994, 18(1): 1-7.
WANG Guangxue. Analysis of zero-sequence current compensation coefficient for ground-fault distance protection in power system [J]. Power System Technology, 1994, 18(1): 1-7.
- [14] 张保会, 尹项根. 电力系统继电保护[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
ZHANG Baohui, YIN Xianggen. Power system protective relaying [M]. Beijing: China Electric Power Press.
- [15] 刘 宾, 梅 军, 郑建勇, 等. 超导故障限流器接入电网后单相接地短路距离保护整定的改进措施[J]. 华东电力, 2012, 40(5): 793-797.
LIU Bin, MEI Jun, ZHEN Jianyong, et al. Improved distance protection setting method for the single-phase ground fault with grid-connected SFCL [J]. East China Electric Power, 2012, 40(5): 793-797.

作者简介:



朱晓彤

朱晓彤(1976—),男,硕士,高级工程师,从事电力系统继电保护及控制系统研究管理工作(E-mail: zhuxt@nrec.com);

陆金凤(1987—),女,硕士,工程师,从事线路继电保护原理研究及装置开发工作(E-mail: lujinfeng@nrec.com);

谢 华(1983—),男,硕士,高级工程师,从事线路继电保护原理研究及装置开发工作。

Improved Setting Method of Distance Protection for Transmission Line With Series Reactor

ZHU Xiaotong, LU Jinfeng, XIE Hua, ZHAO Qingchun, WANG Zhong
(NR Electric Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: The series reactor can limit the short circuit current of the power grid, but it also brings challenges to the relay protection. An improved setting method for the distance protection of transmission lines with series reactor is presented. The compensation coefficient of zero sequence current is adjusted according to the series reactor's impedance and line's impedance. The distance protection settings are calculated according to the series reactor's impedance and the original distance protection impedance. The improved setting method can guarantee the reliability and sensitivity of distance protection just by modifying the settings and without changing the code. The simulation results demonstrate the effectiveness of this method.

Key words: series reactor; distance protection; compensation coefficient of zero sequence current; impedance setting

(编辑 钱 悦)