

110 kV 电网后备保护灵敏度改善方案

陈晓娟, 刘科, 郝文斌
(成都电业局, 四川 成都 610021)

摘要: 为了保证电力系统的安全稳定运行, 充分发挥远后备保护的作用是非常必要的。对功能较完善的 RCS-941 保护装置原理进行了详细分析, 并结合系统实际运行情况给出了具体算法; 针对目前 110 kV 电网还有一定数量的单纯阻抗圆特性的保护装置, 通过取用合理系数的方法进行计算, 使其灵敏度得到较大改善。总体上, 通过使用新原理的 RCS-941 保护装置以及改进传统算法, 能够完全解决电网远后备保护灵敏度问题。

关键词: 继电保护; 远后备保护; 灵敏度

Abstract: In order to ensure the safe and stable operation of power system, bringing the function of remote back-up protection into full play is necessary. The principles of RCS-941 protective device are analyzed comprehensively, and the specific algorithm is given in accordance with the actual conditions. For there are still some protective devices with impedance circle characteristics in 110 kV power grid, the adaptive settings are calculated by using right coefficients, which improves the sensitivity of protective device a lot. As a whole, by using RCS-941 devices and improving the traditional algorithm, the sensitivity of remote back-up protection can be up to the needs.

Key words: relay protection; remote back-up protection; sensitivity

中图分类号: TM773 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)02-0074-03

0 引言

从电力系统发生的多起事故看, 当变电站因保护装置故障或开关拒动而不能就地切除故障时, 只有依靠远方后备保护动作来隔离故障, 而如果远后备保护灵敏度不足, 事故只有继续扩大直到在远后备的保护范围内才能被切除, 此时已造成较严重的设备损失甚至危及到系统的稳定运行。可见, 远后备保护的灵敏度问题对系统的安全稳定运行至关重要。而近年来国内几起变电站因 10 kV 侧严重故障导致直流系统接地而使本站保护装置拒动的事例更说明远后备保护必不可少, 充分发挥保护装置的远后备功能是非常必要的。

1 LFP-941 保护装置原理简介

目前, 110 kV 电网多采用不受系统大小运行方式影响的距离保护作为本级线路相间故障的主保护以及下级变电站主变压器的后备保护。

自微机保护开始应用, 前十多年成都电网 110 kV 线路保护采用的基本上为 LFP-941 系列高压输电线路成套保护装置, 该装置采用圆特性阻抗继电器构成

距离保护, 如图 1, 以 $\angle \theta = \varphi_{lm}$ (φ_{lm} 为距离保护的灵敏角, 通常取为线路阻抗角), 长度为 z_{li} (距离保护的整定值) 的线段为直径作圆, 圆弧经过原点, 则该圆为距离保护的阻抗动作圆, 圆内为保护动作区。

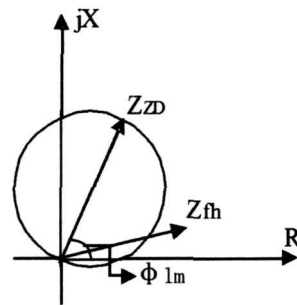


图 1 圆特性阻抗保护原理图

从图 1 可知, 负荷阻抗必须落在阻抗动作圆外, 正常运行时保护才不会误动作, 而负荷电流越大, 负荷阻抗就越小, 距离保护定值也将整定得越小, 这就导致保护范围缩短, 一些重载线路往往作不了相邻设备的后备保护, 这种现象在前几年特别严重, 以至于不得不采取限制负荷和停用备自投的手段。

2 RCS-941 保护装置原理分析及应用

从 2004 年开始, RCS-941 (943) 系列高压输电

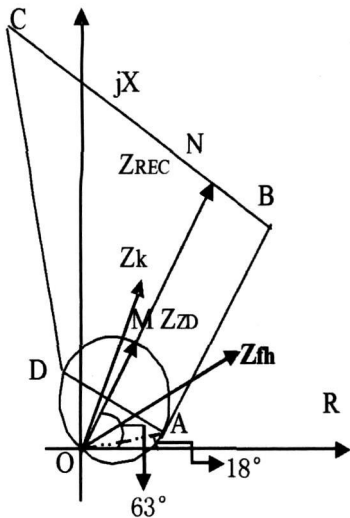


图 3 四边形结合圆特性阻抗保护原理分析图

下面分析的整定 Z_{REC} , 因为 Z_{fh} 与 AB 区段相交, 必然与 BC 段 (Z_{REC}) 无交集, 所以 Z_{REC} 的取值不受 Z_{fh} 的影响, 可以整定足够灵敏度的 Z_{REC} 值, 实现远后备保护功能。

(2) 负荷阻抗 Z_{fh} 落入与动作边界 BC 相交区段, 当负荷阻抗角不断增大, 越来越向纵轴偏转, 则负荷阻抗将与 BC 区段相交, 此时 Z_{REC} 的取值就与 Z_{fh} 有关, 由图 3 可知, Z_{REC} 应满足约束条件为

$$Z_{REC} < Z_{fh, min} \cos(\varphi_{ln} - \varphi_{fh}) \quad (2)$$

这说明负荷阻抗角越大, Z_{REC} 可取范围越大。当然, Z_{fh} 落入 BC 区的条件是, φ_{fh} 足够大。而 Z_{REC} 越小, Z_{fh} 也越易落入 BC 区, 取 Z_{REC} 下限 Z_{zd} , 则此时至少 $\varphi_{fh} \geq \varphi_{ln} - \arctan\left(\frac{1}{2}\right)$, 取最小的 $\varphi_{ln} = 63^\circ$, 则 $\varphi_{fh} \geq 63^\circ - \arctan\left(\frac{1}{2}\right) = 36.4^\circ$; 对应功率因数为 $\cos 36.4^\circ = 0.8$ 。对于一般 110 kV 电网, 即使出现特殊情况, 负荷功率因数也不曾低于 0.85, 所以一般 110 kV 系统可不考虑负荷阻抗进入 BC 区的情况。

综上所述, 只要线路阻抗角在 70° 以上, 均可以整定足够灵敏度的 Z_{REC} 值以实现远后备功能。 Z_{zd} 由公式 $Z_{zd} = \frac{Z_{fh, min}}{K_k K_h K_{zi} \cos(\varphi_{ln} - \varphi_{fh})}$ 决定; 而当 $\varphi_{ln} - \varphi_{fh} < 45^\circ$ 时, Z_{zd} 需满足公式 (1), 此时装置对经过渡电阻短路故障的保护灵敏性变差, Z_{REC} 的取值亦可以按对下级变压器有足够灵敏度整定, 完成远后备功能; 一般 110 kV 电网不考虑负荷阻抗进入 BC 区的情况。

3 电网后备保护灵敏度改善方案

目前国内 110 kV 区域电网仍然有很多线路保护

为单纯阻抗圆特性的保护装置, 因为习惯和趋向于保守整定, 继电保护整定计算人员往往将定值的可靠性整定得较高, 而削弱了灵敏度, 下面进行分析并给出合理化建议。

相间距离 III 段保护的整定计算公式 (方向阻抗继电器) 为

$$Z_{dIII} = \frac{Z_{fh, min}}{K_k K_h K_{zi} \cos(\varphi_{ln} - \varphi_{fh})}$$

$Z_{fh, min}$ —— 最小负荷阻抗,

$$Z_{fh, min} = \frac{(0.9 \sim 0.95) U_e}{\sqrt{3} I_{fh, max}}$$

K_k —— 可靠系数, 取 1.2~1.3;

K_h —— 继电器的返回系数;

K_{zi} —— 负荷的自起动系数;

U_e —— 电网的额定线电压;

$I_{fh, max}$ —— 线路的最大负荷电流;

φ_{ln} —— 阻抗继电器的最大灵敏角 (等于线路阻抗角);

φ_{fh} —— 负荷阻抗角。

对某条线路来说, U_e 、 φ_{ln} 、 φ_{fh} 是确定值, K_k 可确定为 1.2, 不确定的在 K_h (继电器的返回系数) 和 K_{zi} (负荷的自起动系数)。继电器的返回系数与装置类型有关, 常规保护装置的返回系数较大, 为 1.15, 微机保护装置的返回系数较小, 从厂家得到确认为 1.05。对于负荷自起动系数的取值, 目前没有任何规程对此作规定, 更未严格按照电压等级明确。在规程没有严格要求距离 III 段必须保证远后备灵敏度的情况下, 作为继电保护整定计算人员, 通常趋向于强调可靠性, 将各项系数取得较大, 长期以来, 继保整定人员普遍将继电器的返回系数取为 1.15, 自起动系数取为 2。如果可靠系数取为 1.2, 上面几项相乘的综合系数为 $K_z = K_k \cdot K_h \cdot K_{zi} = 1.2 \times 1.15 \times 2 = 2.76$, 再加上电压考虑的系数, 则 $K_z = 2.76 / 0.9 = 3.06$, 显然偏大。然而系数取得偏大, 虽然提高了可靠性, 却降低了保护的灵敏性。

负荷自起动系数的取值范围较大, 因此它的取值直接影响到保护的灵敏度, 但目前仅仅在一些参考书中有说明。例如继保整定人员常用的参考书目文献 [1]: K_{zi} 按负荷性质可取 1.5~2.5 (未分电压等级进行明确规定), 然而同时在该书给出的算例中, 却将自起动系数取为 1 (330 kV 电压等级); 在文献 [6] 中

(下转第 94 页)

[20] Skyllas-Kazacos M, Menictas C. The Vanadium Redox Battery for Emergency Back-up applications [C]. The 19th International Telecommunications Energy Conference Melbourne Australia 1997: 463-471.

[21] Sasaki T, Kadoya T, Enomoto K. Study on Load Frequency Control Using Redox Flow Batteries [C]. IEEE Power Engineering Society General Meeting Denver Colorado USA, 2004, 580-586.

[22] Lone S A, Mufti M D. Integrating a Redox Flow Battery System With a wind-diesel Power System [C]. International Conference on Power Electronics Drives and Energy Systems for Industrial Growth-2006, New Delhi India 2006: 1-6.

[23] 刘文毅, 杨勇平, 张昔国, 等. 压缩空气蓄能 (CAES) 电站及其现状和发展趋势 [J]. 山东电力技术, 2007(2): 10-14.

[24] 张文亮, 丘明, 来小康. 储能技术在电力系统中的应用 [J]. 电网技术, 2008(7): 1-9.

[25] 张建成. 飞轮储能及其运行控制技术的研究 [D]. 河

北保定: 华北电力大学, 2000.

[26] 李雪松. 飞轮储能系统电动发电运行控制技术的研究 [D]. 河北保定: 华北电力大学, 2007.

[27] Kotz R, Carlen M. Principles And applications of Electrochemical Capacitors [J]. Electrochemical Acta 2000 (45): 2483.

[28] 胡毅, 陈轩恕, 杜砚, 等. 超级电容器的应用与发展 [J]. 电力设备, 2008, 9(1): 19-22.

[29] 四川省国民经济和社会发展第十一个五年规划 [Z]. 2006.

[30] 川投能源. 川投能源向四川省投资集团有限责任公司发行股份购买资产之重大资产重组暨关联交易报告书 [R]. 四川成都: 2009.

作者简介:

高希为 (1984-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 调度自动化与计算机管理系统。

滕欢 (1965-), 女, 高级工程师, 长期从事电力系统调度自动化科研、教学及工程实践工作。

(收稿日期: 2010-01-26)

(上接第 76 页)

对负荷自起动系数有明确规定: K_{st} 与负荷的性质和网络接线有关; 对 220 kV 线路, 取 1; 对 110 kV 线路, 取 1.3。实际自起动系数的取值是影响保护灵敏度的重要因素, 《电网继电保护装置运行整定规程》应对之作明确规定, 对于 110 kV 电网采用 1.05 的返回系数和 1.5 的自起动系数已足够可靠。

以成都电网 110 kV 蓉华线为例, 蓉华线线路阻抗 7.6 Ω , 华阳站主变压器高低压侧间的阻抗为 58.9 Ω , 负荷功率因数 0.9, 线路阻抗角 72°。按躲过线路最大负荷 105 MVA 计 ($I_n = 551$ A), 计算结果如表 3。

表 3 传统算法与改进算法距离阻抗计算结果

| 系数及定值 | K_k | K_h | K_{st} | 距离 III 段 | K_m (远后备) |
|-------|-------|-------|----------|---------------|-------------|
| 传统算法 | 1.2 | 1.15 | 2 | 54.3 Ω | 0.82 |
| 改进算法 | 1.2 | 1.05 | 1.5 | 79.3 Ω | 1.19 |

可见, 自起动系数和返回系数的取值不一样, 距离保护的远后备灵敏度也大不一样。按照保护装置与系统实际负荷性质对距离保护进行整定, 能大大提高距离保护作远后备的灵敏度, 应根据装置和系统运行的实际情况取值, 既保证了保护的可靠性, 又尽量发挥了距离保护的远后备功能。

对于一些重载线路, 即使调整了各项系数仍不能满足灵敏度要求时, 应将保护装置更换为 RCS-941 型保护装置为宜。

4 结 语

通过采用原理完善的 RCS-941 保护装置, 能够很好地实现对邻变电站后备保护作用; 通过改进距离保护的整定计算方法, 使电网原有的保护装置灵敏度得到提高, 有利于电网的安全稳定运行。

参考文献

[1] 崔家佩, 孟庆炎, 陈永芳, 等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1993.

[2] 李天华, 等. 3 kV~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程 [S]. 北京: 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2007.

[3] 王梅义. 电网继电保护应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.

[4] RCS-941 系列高压输电线路成套保护装置技术说明书 [R]. 南瑞继保电气有限公司.

[5] LFP-941 系列高压输电线路成套保护装置技术说明书 [R]. 南瑞继保电气有限公司.

[6] 潘和勋, 等. 电力系统继电保护配置及整定计算 [D]. 成都: 成都科技大学.

(收稿日期: 2009-12-10)