

四边形原理距离保护中电阻分量的研究

董艺

(宁波电业局, 浙江 宁波 315010)

摘要: 四边形特性的距离保护中电阻分量可以单独整定, 电阻分量一般按照躲负荷的原则整定, 并适当考虑过渡电阻的影响。通过研究负荷特性, 结合平面几何知识, 确定了负荷特性和四边形特性之间的关系, 从而给出了电阻分量躲负荷的计算公式。由于目前采用的四边形特性距离保护中的电阻元件各段共用, 可能在双侧电源时故障点经过渡电阻接地而引起超越, 分别在原理设计和整定计算上提出了相应的改进措施, 最后指出接地距离继电器的电阻分量不用过分考虑过渡电阻而设置很大。

关键词: 距离保护; 四边形特性; 电阻分量; 整定计算; 超越

Research of resistance components in quadrilateral characteristic distance relay

DONG Yi

(Ningbo Electric Power Bureau, Ningbo 315010, China)

Abstract: The value of the resistance components in quadrilateral characteristic distance relay can be set independently, this resistance components must avoid load and also considers the infection of transition resistance. After analyzing the characteristics of load, this paper confirms the relation between load characteristics and quadrilateral characteristics using the knowledge of plane geometry, and presents the calculation about resistance components. Distance relay with quadrilateral characteristics uses same resistance components in three stages. It will bring the trouble of overreach when power supply is on two sides. This paper gives out the method to deal with in principle design and setting. Finally, it points out that ground distance relay should not be set too large to consider the infection of transition resistance.

Key words: distance relay; quadrilateral characteristic; resistance components; setting; overreach

中图分类号: TM773

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)14-0063-03

0 引言

目前, 四边形特性距离继电器广泛应用于微机型线路保护中。在四边形特性的距离保护中, 不仅要整定三段式电抗定值, 还需要整定电阻分量。我们在整定电阻分量时, 经常要考虑两个因素: 躲最大负荷和提高抗过渡电阻能力。在《3~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程》中没有涉及电阻的整定原则和公式, 本文对电阻分量的整定进行了探讨。同时, 还对目前使用的四边形特性距离继电器在某些情况下存在的问题进行了分析并提出解决方法。

1 距离继电器的四边形特性

四边形特性的距离继电器将测量距离功能、方向判别功能和躲负荷功能分别由电抗元件 (X 元件)、方向元件 (D 元件)、电阻元件 (R 元件) 3 个元件完成。每个元件在阻抗平面上的特性都是直线或折线。三个元件的动作判据为:

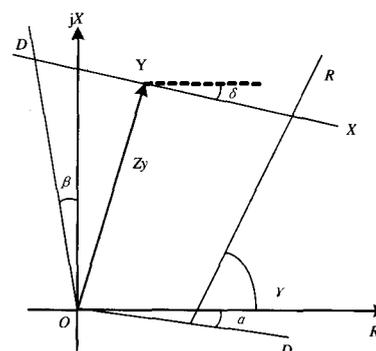


图1 距离保护的四边形特性

Fig.1 Quadrilateral characteristics of distance relay

$$X \text{ 元件: } 360^\circ - \delta > \arg \frac{\dot{U} - Z_y \cdot \dot{I}}{\dot{I}} > 180^\circ - \delta$$

$$D \text{ 元件: } 90^\circ + \beta > \arg \frac{\dot{U}}{\dot{I}} > -\alpha$$

$$R \text{ 元件: } 180^\circ + \gamma > \arg \frac{\dot{U} - R_y \cdot \dot{I}}{\dot{I}} > \gamma$$

如图 1 所示: X 元件完成测距功能, D 元件完成方向判别功能, R 元件完成躲负荷功能。

2 如何躲负荷

2.1 先讨论负荷特性

对于负荷, 最常给出的是最大有功功率和最小功率因数。如果给定有功功率 P , 那么在阻抗平面上, 负荷阻抗特性是一个圆, 推导如下:

$$\text{线路视在功率 } S = \sqrt{3}UI = P + jQ$$

式中: U 为电压; \dot{i} 为电流 I 的共轭; P 为有功功率; Q 为无功功率。

负荷阻抗

$$Z = \frac{U}{\sqrt{3}I} = \frac{U\dot{U}}{\sqrt{3}I\dot{U}} = \frac{U^2}{P - jQ} = \frac{U^2(P + jQ)}{P^2 + Q^2}$$

式中: \dot{U} 为电压 U 的共轭

所以: 负荷阻抗的电阻分量

$$R = \frac{U^2 P}{P^2 + Q^2} = \frac{U^2}{P} \cdot \frac{1}{1 + \text{tg}^2 \phi} \quad (1)$$

负荷阻抗的电抗分量

$$X = \frac{U^2 Q}{P^2 + Q^2} = \frac{U^2}{P} \cdot \frac{\text{tg} \phi}{1 + \text{tg}^2 \phi} \quad (2)$$

式中: ϕ 为功率因数角。

给定电压 U 和有功功率 P , 从式 (1) 可解得:

$$Q = \pm \sqrt{\frac{U^2 P}{R} - P^2} \text{ 代入式 (2) 整理可得:}$$

$$X^2 + \left(R - \frac{U^2}{2P}\right)^2 = \left(\frac{U^2}{2P}\right)^2$$

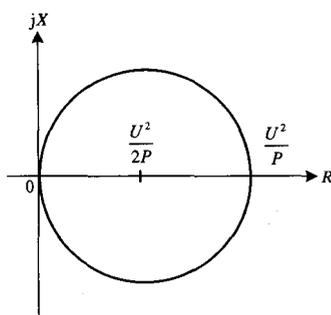


图 2 负荷阻抗特性

Fig.2 Load characteristics in R-X plane

在 R-X 平面上这是一个以点 $(\frac{U^2}{2P}, 0)$ 为圆心, 以 $\frac{U^2}{2P}$ 为半径的圆, 如图 2 所示。

2.2 躲负荷的公式

重负荷时线路负荷的功率因数不会低于 0.9,

此时 $\cos \phi = 0.9$, 功率因数角 $\phi = 26^\circ$, 为方便计算, 取 $\phi = 30^\circ$ 。那么就有 $Q = \pm \frac{1}{2}P$, 在 R-X 平面上

$X = \pm \frac{1}{2}R$, 对应于图 3 中的 L1 和 L2。图 3 中的阴影部分为正常运行时的负荷阻抗区。从图上看, A 点为 L1 与阻抗圆的交点, B 点为阻抗圆与 R 轴的交点, C 为阻抗圆的圆心。 $\angle AOB = \phi = 30^\circ$, 在直角三角形 AOB 中, $AB = OB \sin 30^\circ = \frac{1}{2}OB = CB = CA$, 因此三角

形 ABC 是等边三角形, 则 $\angle ACB = 60^\circ$ 。对于四边形原理的躲负荷元件而言, 负荷限制继电器就是斜率为 60° 的过 R 轴某点的直线, 从图上看, 只要该点为圆心 C 点, 那么四边形的动作区和负荷区就没有交集, 这样就可以完全地躲负荷。

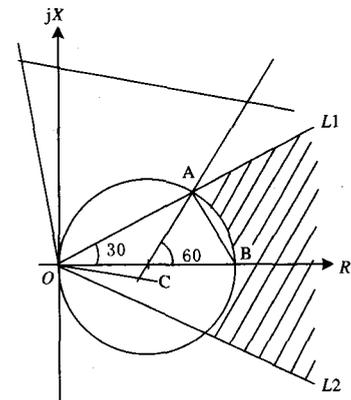


图 3 负荷特性与四边形特性的关系

Fig.3 Relation between load characteristics and quadrilateral characteristics

因此四边形电阻定值为 $R_{dz} = \frac{U^2}{(2P)}$ 。

考虑 0.7 倍可靠系数, $R_{dz} = 0.35 R_{th} = 0.35 \frac{U^2}{P}$ 。

3 存在的问题

四边形特性距离继电器最明显的优点是解决了整定阻抗在满足灵敏度的要求和躲开最小负荷阻抗之间的矛盾。电阻元件单独整定, 使在长线上躲开负荷, 在短线上覆盖很大的过渡电阻成为可能。

那么, 电阻分量是否在满足躲负荷的原则后应尽量取大以提高抗过渡电阻的能力呢? 事情并非如此, 我们还应考虑到以下情况。

当阶段式距离保护当采用四边形特性时, R 和 D 元件是各段共用的, 仅 X 元件各段独立 (Y1, Y2, Y3), 如图 4 所示。这样的配置, 与欧姆继电器相比, 使距离 I、II 段覆盖了较大的过渡电阻, 从而增加了

误动的可能。这种误动是由于双侧电源时故障点经过渡电阻接地而引起的超越。

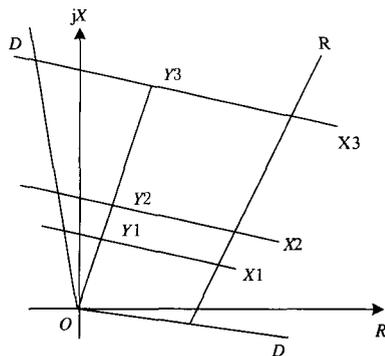


图4 采用四边形特性的三段式距离保护
Fig.4 Three stages distance relay with quadrilateral characteristics

3.1 过渡电阻产生的超越现象

过渡电阻 R_G 一般纯电阻, 如图5所示, F点故障, 保护K的动作范围为Y点, 假设流过 R_G 的电流为 I_F , 流过保护的电流为 I , 则继电器在正方向故障时的测量阻抗为:

$$Z = Z_L + Z_R; \quad Z_R = R_G \cdot \frac{I_F}{I}$$

式中: Z_R 为过渡电阻在继电器测量阻抗中引起的附加分量。在单侧电源的情况下 $I = I_F$, Z_R 为纯电阻性, 一般不会引起超越。但在双侧电源的情况下, I_F 与 I 不再同相, 当两者不同相时, Z_R 就有电抗分量。如图5所示, 保护安装于送电侧, 在区外经过渡电阻短路。由于受电侧电源的助增作用, I_F 落后于 I 。于是 Z_R 呈容性, 造成电抗继电器超越。

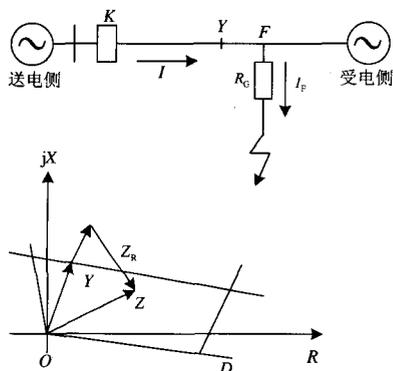


图5 区外故障时四边形特性的距离继电器超越
Fig.5 Overreach for distance relay with quadrilateral characteristics when fault is outside

对于四边形特性的距离继电器来说, 在扩大过渡电阻覆盖面的同时, 动作区域扩大, 也增加了区

外故障超越的可能, 特别是当容性分量, 测量阻抗靠近 R 轴时, 越会发生超越。

3.2 解决方法

虽然在目前的线路保护中, 国内厂家一般会采用零序电抗器带一定的倾斜角来解决由于过渡电阻带来的超越的问题, 但是并不能完全排除超越的可能。

在 110 kV 系统中, 距离 I 段一般作为快速保护, 0 s 切除近区故障, 使主变等重要设备尽可能短时承受大电流。在这种情况下, 距离 I 段应首先确保速动性和选择性, 然后再考虑灵敏性。因此, 建议单独设置距离 I 段电阻元件, 距离 I 段电阻元件可以减少对过渡电阻的考虑, 而更多地满足选择性, 考虑不超越。或者, 距离 I 段就直接使用圆特性的方向阻抗继电器。这一点在双侧电源 (如平行双回线) 时尤为重要。

实际上对单相经高阻接地故障允许延时跳闸, 当接地距离保护不动作时可由零序电流保护作用于跳闸。接地距离保护应在安全的基础上适当提高灵敏性。因此接地距离继电器的电阻分量不用过分地考虑过渡电阻而设置很大。

4 结束语

在实际整定工作中, 对电抗分量的设置往往考虑较多, 而忽视对电阻分量的探讨。然而, 对于保护装置来讲, 电阻分量同样是很重要的。电阻分量设置正确与否, 同样影响到了保护的正确动作。本文从实际出发, 通过负荷特性和平面几何的应用, 给出了比较简便的电阻分量躲负荷的公式。本文还通过研究过渡电阻引起的超越现象, 指出了以四边形特性为原理的线路保护存在的问题, 并提出了一些想法。

参考文献

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
ZHU Sheng-shi. Relay Protection Principle and Technology for High Tension Networks[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.
- [2] 张太升, 罗承廉, 等. 四边形特性距离保护躲负荷性能分析[J]. 继电器, 2004, 32 (1).
ZHANG Tai-sheng, LUO Cheng-lian, et al. Relation Between Load Impedance and Relay with Quadrilateral Characteristics [J]. Relay, 2004, 32 (1).

收稿日期: 2006-08-10; 修回日期: 2007-11-10

作者简介:

董艺 (1974-), 女, 学士, 工程师, 从事继电保护运行管理及整定计算工作。E-mail: zhoudong@nbp.net