

阻抗继电器与距离继电器的特点

李晓明¹, 梁军¹, 张沛云²

(1. 山东工业大学, 山东 济南 250061; 2. 山东电力研究院, 山东 济南 250002)

摘要: 把距离保护测量元件划分为阻抗继电器与距离继电器两大类。分别讨论了阻抗继电器与距离继电器的特点。对测量阻抗、支接阻抗这两个概念进行了分析。

关键词: 测量阻抗; 支接阻抗; 阻抗继电器; 距离继电器

中图分类号: TM58 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4297(2001)06-0020-03

电力系统距离保护是继电保护领域中的重要方面。距离保护中的测量元件又是这方面的重要研究课题。为了方便距离保护测量元件的分析与研究, 往往把测量元件分为几大类, 分别进行讨论与比较。但是, 到目前为止, 对距离保护测量元件的分类没有统一的标准和一致的意见。

本文借用阻抗继电器与距离继电器这两个原有的名词, 对他们原有的含义进行重新整合, 以距离保护测量元件的发展思路为依据, 把距离保护测量元件划分为阻抗继电器与距离继电器两大类。并讨论了他们各自的特点。

首先讨论阻抗继电器的特点。要掌握阻抗继电器的特点, 就要先认识测量阻抗这一概念。测量阻抗定义为: $Z_j = U_j / I_j$ 。其中: U_j 为测量电压; I_j 为测量电流。测量阻抗的概念较明确, 一般教科书都有这方面的描述。其基本思想是: 电力系统正常运行时, 测量电压为额定值; 测量电流为负荷电流。测量阻抗反映了保护安装处看到的负荷阻抗; 负荷阻抗幅值较大, 偏阻性。当线路发生金属性短路时, 测量电压突然下降, 测量电流突然增大。测量阻抗反映了保护安装处至短路点之间的线路阻抗; 该阻抗的幅值比较小, 且呈感性。

阻抗继电器是反应测量阻抗变化的继电器。阻抗继电器在阻抗复平面上给出一动作区域, 当测量阻抗进入这区域内时, 继电器动作; 否则, 不动作。阻抗继电器的动作区域可以用数据图表的形式给出, 也可以用阻抗动作方程的形式给出。微机保护中, 微处理器能够对输入的测量电压 U_j 与测量电流 I_j 作除法运算。因此, 阻抗继电器的动作区用数据图表的形式给出比较方便, 且动作区域的形状可以多种多样。模拟量构成的距离保护装置中, 阻抗继电器的动作区域以阻抗动作方程的方式给出。这时, 为了判别测量阻抗是否进入动作区域, 又不需作

除法运算, 需要把阻抗动作方程变换为电压动作方程。阻抗继电器以电压动作方程为动作判据, 决定是否动作。因此, 也可以说, 阻抗继电器是用测量阻抗 Z_j 表示动作特性的一类继电器。例如: 方向圆阻抗继电器的阻抗动作方程为

$$-90^\circ \leq \text{Arg} \frac{Z_j}{Z_j - Z_{zd}} \leq 90^\circ \quad (1)$$

动作区域如图 1(a) 所示。又例如: 四边形阻抗继电器的阻抗动作方程为

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= Z_j - Z_{zd1} \\ S_2 &= Z_j - Z_{zd2} \\ S_3 &= Z_j - Z_{zd3} \\ S_4 &= Z_j \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

当 S_1, S_2, S_3, S_4 四个相量落在大于半个平面时, 继电器动作; 当四个相量落在半个平面内时, 继电器不动作。四边形阻抗继电器动作区如图 1(b) 所示。

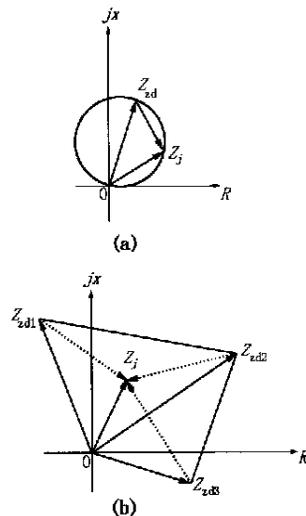


图1 阻抗继电器测量阻抗动作特性

以上讨论了阻抗继电器的特点。下面讨论距离

继电器的特点。要掌握距离继电器的特点,先要认识补偿电压。六个补偿电压的定义如下:

$$\begin{aligned} \dot{U}_A &= \dot{U}_{MA} - (\dot{I}_A + 3K\dot{I}_0) Z_{zd} \\ \dot{U}_B &= \dot{U}_{MB} - (\dot{I}_B + 3K\dot{I}_0) Z_{zd} \\ \dot{U}_C &= \dot{U}_{MC} - (\dot{I}_C + 3K\dot{I}_0) Z_{zd} \\ \dot{U}_{AB} &= \dot{U}_{MAB} - \dot{I}_{AB} Z_{zd} \\ \dot{U}_{BC} &= \dot{U}_{MBC} - \dot{I}_{BC} Z_{zd} \\ \dot{U}_{CA} &= \dot{U}_{MCA} - \dot{I}_{CA} Z_{zd} \end{aligned} \quad (3)$$

其中: U_{MA} 、 U_{MB} 、 U_{MC} 为保护安装处母线相电压; U_{MAB} 、 U_{MBC} 、 U_{MCA} 为保护安装处母线线电压; I_A 、 I_B 、 I_C 为相电流; I_{AB} 、 I_{BC} 、 I_{CA} 为相电流差; Z_{zd} 为整定阻抗; I_0 为零序电流; K 为补偿系数 $K = \frac{Z_{L0} - Z_{L1}}{3Z_{L1}}$ 。

可见,式(3)定义的补偿电压与教科书中补偿电压的定义是一样的^[3]。补偿电压有一特点:当线路上的短路点从保护区外到保护区内变化时,在保护区末端,故障相补偿电压的相位将发生 180° 的突然变化。

距离继电器就是利用补偿电压这一特点,判别短路点是在保护区内,还是区外,当短路点在保护区内,继电器动作的这样一类继电器。为了检测补偿电压的相位是否发生突然的变化,需要引入一个或几个起参考作用的电压相量(即极化电压)参加比相。极化电压的特点和比相条件决定了距离继电器的性能。因此,对距离继电器的研究,实质上是对距离继电器中极化电压和比相条件的研究。距离继电器一般只有电压方程,没有阻抗方程。例如:多相补偿相间距离继电器的动作方程为

$$360^\circ - \text{Arg} \frac{\dot{U}_{AB}}{\dot{U}_{BC}} \quad 180^\circ \quad (4)$$

无法把式(4)变换为阻抗方程。但是,也有一部分距离继电器可以写出他们的阻抗方程。例如:以母线电压为极化电压的距离继电器的电压动作方程为

$$-90^\circ - \text{Arg} \frac{\dot{U}_{MA}}{\dot{U}_{MA} - (\dot{I}_A + 3K\dot{I}_0) Z_{zd}} \quad 90^\circ \quad (5)$$

如果式(5)的分母与分子都除以 $\dot{I}_A + 3K\dot{I}_0$,则式(5)可变换为如式(1)所示的阻抗动作方程。反过来说,式(5)就是方向圆阻抗继电器的电压动作方程。可见,距离继电器与阻抗继电器并不是绝对分开的,他们之间有内在联系。这也是距离继电器与阻抗继电器这两个名词经常被相互使用的原因。但是,应该看到,大多数距离继电器的电压动作方程不

能变换为阻抗动作方程。对这样的距离继电器,用测量阻抗的概念讨论它们的动作特性是没有意义的。

为了分析与评价距离继电器抗过渡电阻能力的大小,文献^[4]提出了“支接阻抗”这一概念。距离继电器的支接阻抗为

$$Z_T = Z_{F1} + R_g \quad (6)$$

其中: Z_{F1} 为保护安装处至短路点之间线路的正序阻抗; R_g 为过渡电阻,一般为纯电阻性质。以 Z_{F1} 的虚部为纵坐标,以 Z_{F1} 的实部和 R_g 为横坐标;(也可以,以 Z_{F1} 为纵坐标, R_g 为横坐标); Z_{F1} 从零开始增大, R_g 也从零开始增大,求出距离继电器的动作边界,称为距离继电器的支接阻抗动作特性。图 2 示出某种距离继电器在单相短路时的支接阻抗动作特性^[3]。

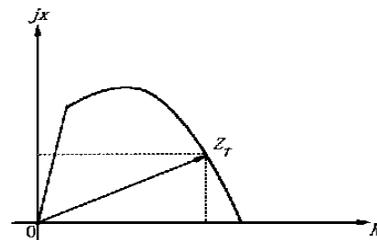


图 2 单相接地短路时的支接阻抗特性

距离继电器电压动作方程中的电压与电流为保护安装处的母线电压和流过保护安装处的电流,该电压与电流要根据一次系统的参数、运行方式、短路类型等因素求得。所以,脱离了一次系统,无法求出距离继电器的支接阻抗动作特性。距离继电器的支接阻抗动作特性不但与距离继电器的动作方程有关,还与一次系统的参数、运行方式、短路类型等因素有关。求解距离继电器的支接阻抗动作特性相当繁杂,一般通过计算机求解。如果对一次系统进行简化,例如假设系统是单电源辐射线路,并对系统参数作出假定,可以得到某些距离继电器的支接阻抗动作方程。例如:式(4)表示的多相补偿相间距离继电器可以先变换为幅值比较形式^[2],如式(7)所示

$$|\dot{U}_{M2} - \dot{I}_2 Z_{zd}| \quad |\dot{U}_{M1} - \dot{I}_1 Z_{zd}| \quad (7)$$

其中: U_{M1} 、 U_{M2} 分别为保护安装处母线的正序电压和负序电压; I_1 、 I_2 分别为保护安装处正序电流与负序电流。

假设电力系统发生两相短路,系统正序阻抗为 Z_{M1} ;并令支接阻抗 $Z_T = Z_{F1} + \frac{1}{2} R_g$ 。则式(7)可变换为阻抗方程如下

$$\left| \frac{1}{2}(Z_{zd} + Z_{M1}) \right| \left| Z_T - \frac{1}{2}(Z_{zd} - Z_{M1}) \right| \quad (8)$$

根据式(8)可作出多相补偿相间距离继电器在两相短路时的支接阻抗动作特性如图3所示。

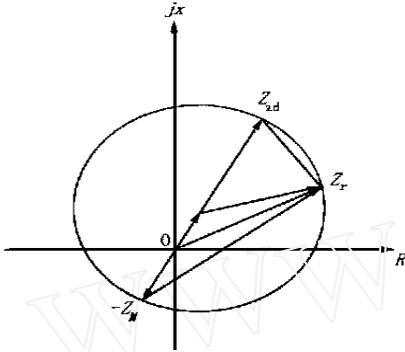


图3 多相补偿相间距离继电器在两相短路时的支接阻抗动作特性

需要指出,图3所示距离继电器的支接阻抗动作特性,只能大致说明该距离继电器抗过渡电阻能力的大小。当距离继电器应用于双侧电源电力系统,两侧电势又摆开某一角度时,距离继电器抗过渡电阻能力将发生变化,即该距离继电器的支接阻抗动作特性将发生变化。有一些距离继电器的这种变化还是很大的。无论一次系统怎样变化,距离继电器都保持良好的支接阻抗动作特性是距离继电器的重要研究内容。

综上所述,可以总结如下:

阻抗继电器是建立在测量阻抗特点基础上的。距离继电器是建立在补偿电压特点基础上的一类继电器。

阻抗继电器可以用测量阻抗动作方程表示,也可以用电压动作方程表示。距离继电器一般只有电压动作方程。距离继电器的所谓支接阻抗动作方程是对一次系统作假设条件下推导出的,以便对距

离继电器抗过渡电阻能力有一个大致和直观的了解。

测量阻抗动作特性是阻抗继电器自身固有的。可以脱离一次系统独立讨论。但是,测量阻抗受一次系统变化的影响。平常所说的阻抗继电器运行性能分析,实质上是分析一次系统不同运行方式下测量阻抗的变化规律。

距离继电器的支接阻抗动作特性不但与距离继电器的电压动作方程有关,还与一次系统密切相关。脱离一次系统的参数、运行方式、短路类型等因素讨论距离继电器动作特性,可能得出不正确结论。

以上是我们对阻抗继电器与距离继电器的理解。大部分内容是原来就有的,但是,本文对这些内容进行了重新整合。这样分类有益于对距离保护测量元件的分析、讨论、研究。经多年教学实践和科研工作,效果是好的。当然,本文观点仅为一孔之见。不当之处,敬请同行专家、学者批评指正。

参考文献:

- [1] 王梅义. 电网继电保护应用. 中国电力出版社, 1999.
- [2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术. 中国电力出版社, 1997.
- [3] 吕继绍. 电力系统继电保护原理与运行. 电力工业出版社, 1981.
- [4] 陈德树. 支接阻抗动作特性与振荡阻抗动作特性. 电力系统自动化, 1977, (4).
- [5] 王梅义, 蒙定中, 等. 高压电网继电保护运行技术. 电力工业出版社, 1981, 6.

收稿日期: 2000-08-28;

作者简介: 李晓明(1956-),男,本科,主要从事继电保护、计算机在电力系统中的应用、电力系统自动化的研究; 梁军(1956-),男,教授,从事电力系统稳定自动化、计算机在电力系统中应用研究; 张沛云(1969-),讲师,从事继电保护、微机在电力系统中的应用研究。

The characteristics of impedance relay and distance relay

LI Xiao-ming¹, LIANG Jun¹, ZHANG Pei-yun²

(1. Shandong University of Technology, Jinan 250061; 2. Electric Power Academe of Shandong Province, Jinan 250002, China)

Abstract: In this article, the measuring elements of distance relay are divided into two main sorts, which are impedance relay and distance relay. The specialties of impedance relay and distance relay are discussed respectively. The two concepts of measuring impedance and subcircuit impedance are analyzed.

Keywords: measuring impedance; sub-circuit impedance; impedance relay; distance relay