

阻抗继电器与距离继电器分类的必要性分析

李晓明¹, 刘耀辉², 曹艳¹

(1. 山东大学电气工程学院, 山东 济南 250061; 2. 山东鲁能智能技术有限公司, 山东 济南 250061)

摘要: 距离保护测量元件在线路保护中有广泛的应用。距离保护测量元件的研究是电力系统继电保护领域的重要课题。论文对距离保护测量元件为什么要分类, 以及为什么把距离保护测量元件分为阻抗继电器与距离继电器两大类进行了分析。对阻抗继电器与测量阻抗的关系, 距离继电器与直接阻抗的关系作了说明。对阻抗继电器与距离继电器特性的差异进行了说明。分析表明, 距离保护测量元件分为阻抗继电器与距离继电器两大类, 用测量阻抗分析阻抗继电器, 用直接阻抗分析距离继电器, 概念清楚, 思路清晰, 方法简捷。有利于对距离保护测量元件的研究与分析, 有利于在实际应用中对距离保护测量元件性能的把握。论文建议, 应该改变长期以来, 阻抗继电器与距离继电器表示同一类事物的传统习惯。

关键词: 阻抗继电器; 距离继电器; 测量阻抗; 直接阻抗; 距离保护

Necessity analysis about the classification of impedance relay and distance relay

LI Xiao-ming¹, LIU Yao-hui², CAO Yan¹

(1. Shandong University, Jinan 250061, China; 2. Shandong Luneng Intelligence Technology Co. Ltd., Jinan 250061, China)

Abstract: The measuring elements of distance protection are extensively applied in transmission lines protection. Research on the measuring elements of distance protection is a very important project in power system protection. The paper analyzes the reason to classify the measuring elements of distance protection. And why the measuring elements of distance protection are divided into two main sorts, which are impedance relay and distance relay. The paper explains the relationship between the impedance relay and measuring impedance, the relationship between the distance relay and the substantive impedance. The paper introduces different characteristic of impedance relay and distance relay. The paper indicates that it is correct that the measuring elements of distance protection are divided into two main sorts, which are impedance relay and distance relay. Using measuring impedance to analyze impedance relay and substantive impedance to analyze distance relay is very clear and also very convenient. And it is benefit to analyze and research the measuring elements of distance protection. And it is favorable to the practical use. The paper proposes that it is necessary to change our tradition of using impedance relay and distance relay to express the same thing.

Key words: impedance relay; distance relay; measuring impedance; substantive impedance; distance protection

中图分类号: TM588

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)08-0076-04

0 引言

距离保护测量元件在线路保护中有广泛的应用。线路保护测量元件的研究是电力系统继电保护领域的重要课题。距离保护是线路保护的重要组成部分。长期以来, 人们对距离保护测量元件的研究投入了大量精力, 发表了大量论文, 加深了人们对距离保护测量元件的认识。在这些大量资料的基础上, 文献[1~3]提出了把距离保护测量元件分为两大类, 即分为阻抗继电器与距离继电器的观点。文献发表以来, 受到一些专家学者的支持, 也有一些专家学者还不能理解。由于把距离保护测量元件分为阻抗继电器与距离继电器的观点, 对传统的距离保护测量元件的思维定势有一定的冲击, 要改变长

期以来人们习惯的思维定势和语言表述方法。由于要改变传统阻抗继电器与距离继电器的名词解释和定义, 因此, 许多人对是否有必要采取新的分类方法持观望态度。本文对阻抗继电器与距离继电器分类的必然性与必要性作了更深入的说明, 以使人们对阻抗继电器与距离继电器的分类方法有更深入地了解。

1 阻抗继电器与距离继电器的分类

1) 中国大百科全书电力系统篇对阻抗继电器与距离继电器的名词解释是一样的, 这两个名词可以通用, 没有区别。在实际应用中, 有的学者喜欢把距离保护测量元件称为阻抗继电器^[4,5], 例如: 方向阻抗继电器、正序电压极化的阻抗继电器、多

相补偿接地阻抗继电器等;有的学者喜欢把距离保护测量元件称为距离继电器^[6,7],例如:正序电压极化的距离继电器、多相补偿接地距离继电器等。似乎学校的学者称阻抗继电器多些,企业科研人员称距离继电器多些。但是,在长期对距离保护测量元件的研究中,不少专家学者已逐渐感觉到距离保护测量元件性能类别差异,自觉地把一些距离保护测量元件称为阻抗继电器,把另一些距离保护测量元件称为距离继电器^[6,7]。并且,有了第I类距离继电器、第II类距离继电器^[6];第I类阻抗继电器、第II类阻抗继电器^[5];单相式阻抗继电器、多相式距离继电器^[6]等分类名词的出现。可见,问题已经不是距离保护测量元件要不要分类,而是如何分类,以及分类后用什么名称来命名这些不同的类。笔者认为,以新的名词来命名这些不同的类,然后,阻抗继电器与距离继电器继续通用;还不如分别给阻抗继电器与距离继电器以新的定义,用这两个名词来分别表达不同的类。下面将会看到,距离保护测量元件的两个大类分别用阻抗继电器与距离继电器这两个名词来概括是十分贴切的。

2) 长期的研究表明,距离保护测量元件有一大类有这样的共同特性:他们的动作特性是固有的,只要这种测量元件制造出来,他们的动作特性就是确定的,与安装的位置和场所无关(是线路保护还是发电机保护无关),与一次系统的负荷电流大小无关,与故障类型无关。他们的动作特性都可用测量阻抗的动作特性来表示。测量阻抗都定义为 $Z_m = U_m / I_m$ 。其中: U_m 表示测量电压, I_m 表示测量电流。对这种测量元件的研究,主要是对测量阻抗变化规律的研究,即研究负荷电流变化时测量阻抗的变化规律,过渡电阻变化时测量阻抗的变化规律,故障相与非故障相测量阻抗的变化与差异等等。这类继电器反应测量阻抗的变化,当测量阻抗落在继电器固有的动作特性区内时,继电器动作;否则,不动作。与反应电流变化的继电器称为电流继电器、反应电压变化的继电器称为电压继电器一样,反应测量阻抗变化的继电器称为测量阻抗继电器,简称为阻抗继电器。从本质上说,这种继电器与短路点的距离没有直接的关系。只是在测量阻抗与短路点距离成正比时,这种继电器才具有测距功能。因此,这种继电器用在线路保护时,就必须保证测量阻抗与短路点距离成正比;也就是通常所说的阻抗继电器接线方式的选择。而用在变压器后备保护和发电机失磁保护中时,它反映的只是测量电压与测量电流的比值大小,没有短路点远近的概念。因此,把这种继电器称为阻抗继电器,把由这种继电器构成的保护称为阻抗保护是十分贴切的。当然,

阻抗继电器用在线路保护中时,由于阻抗继电器接线方式的正确选择,具有测距功能,所以也称为距离保护。

3) 长期的研究表明:距离保护测量元件还有另一大类,这类测量元件都是建立在补偿电压基础上的。补偿电压定义为:

$$U'_A = \overline{U}_{mA} - (I_A + 3KI_0)Z_{set}$$

$$U'_B = U_{mB} - (I_B + 3KI_0)Z_{set}$$

$$U'_C = U_{mC} - (I_C + 3KI_0)Z_{set}$$

$$U'_{AB} = U_{mAB} - I_{AB}Z_{set}$$

$$U'_{BC} = U_{mBC} - I_{BC}Z_{set}$$

$$U'_{CA} = U_{mCA} - I_{CA}Z_{set}$$

其中: U_m 为保护安装处母线电压, I_ϕ 为电流, Z_{set}

为整定阻抗, $K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1}$, $\arg Z_{set} = \arg Z_1$, Z_1 为

线路正序阻抗。

从补偿电压定义可知:补偿电压必须满足 $K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1}$ 与 $\arg Z_{set} = \arg Z_1$ 。可见,补偿电压与

线路参数紧密相关,而与发电机、变压器无关。也就是说,这类继电器只为线路保护而设计,补偿电压就是为了反映线路故障时短路点的远近(距离)而设计。当线路发生金属性短路,短路点在保护区末端变化时,故障相补偿电压的相位将发生 180° 的突然变化。利用补偿电压的这种性质,可以判断出短路点是否在保护区内。因此,本质上说,他并不测量什么阻抗,而是测量线路短路点的距离。当然,保护安装处至短路点之间正序阻抗大小与短路点距离成正比,所以,有时也说这种继电器测量保护安装处至短路点之间正序阻抗大小(注意:正序阻抗的相角是不测量的)。因此,将这类测量元件称为距离继电器是十分贴切的。由距离继电器构成的保护称为距离保护,就不应称为阻抗保护。

4) 长期研究表明,距离继电器不具有固定的动作特性。如何分析距离继电器就成了继电保护领域的热门课题。由于阻抗继电器先于距离继电器出现,人们对于阻抗继电器的分析非常熟悉和习惯。而距离继电器处于由少到多,至今仍在发展的过程中,因此,就希望将阻抗继电器的分析方法套用到距离继电器中。距离继电器本来没有测量阻抗动作方程,就通过对一次系统作某些假设后,设法把距离继电器的电压方程转化成测量阻抗方程。在阻抗复平面上画出测量阻抗动作方程的动作区,即为距离继电器的动作特性。这在两侧电势夹角为零(负荷电流

为零)的条件下勉强说的过去。但在两侧电势夹角摆开条件下就出问题了。因为,在两侧电势夹角摆开以后,距离继电器测量阻抗动作特性是在变化和移动的,而测量阻抗也随两侧电势夹角的变化而变化。我们必须同时关心动作特性的移动位置和变化快慢与测量阻抗的移动位置和变化快慢,因为动作特性与测量阻抗的相对位置关系才是重要的,测量阻抗落入动作特性区域时,表明继电器动作。如果动作特性向过渡电阻大的方向变化,但是,测量阻抗向不动作的方向变化更快,就不能说继电器的抗过渡电阻能力增强了。目前,相当一部分书籍和论文不讨论测量阻抗的变化与位置,而只给出距离继电器的测量阻抗动作特性,这是件不完整的工作。而要在同一阻抗复平面上讨论动作特性与测量阻抗的相对变化速度是十分复杂和困难的。文献[1~3]采用直接阻抗(支接阻抗)这一概念解决了这一问题。文献[1~3]定义直接阻抗(支接阻抗)为:

$$Z_T = Z_{K1} + R_K$$

其中: Z_{K1} 为保护安装处至短路点之间的正序阻抗, R_K 为短路点处的过渡阻抗,纯阻性质。不难看出,直接阻抗不受负荷电流大小的影响,也不受故障类型的影响。这样在阻抗复平面上求出距离继电器的直接阻抗动作特性,就能一目了然地看出距离继电器的动作情况。当然,不同的负荷电流条件下,距离继电器的直接阻抗动作特性是不一样的,需要分别用不同的图来表示。但是,这时只有动作特性是负荷电流这个变量的函数,直接阻抗不是负荷电流这个变量的函数。而用测量阻抗动作特性分析距离继电器时,测量阻抗动作特性和测量阻抗同时是负荷电流这个变量的函数。显然,用直接阻抗动作特性分析距离继电器比用测量阻抗动作特性分析距离继电器要简单。当然, $Z_T = Z_{K1} + R_K$ 称为直接阻抗,还是称为支接阻抗,还是用其他的名称,这是可以讨论的。建议专家机构尽早提出意见,以免形成习惯以后不好改变。

5)文献[2]提出阻抗继电器具有性质1和性质2。

性质1:假设有一阻抗继电器的动作区为 Z_I ,另一阻抗继电器的动作区为 Z_{II} ,且 Z_I 包含在 Z_{II} 之中,如图1所示。如果 Z_I 阻抗继电器动作,则 Z_{II} 阻抗继电器必定动作。如果 Z_{II} 阻抗继电器不动作,则 Z_I 阻抗继电器必定不动作。上述特性与一次系统无关。

性质2:假设有一阻抗继电器的动作区为 Z_I ,另一阻抗继电器的动作区为 Z_{II} ,且 Z_I 包含在 Z_{II} 之中,如图1所示。 Z_I 、 Z_{II} 阻抗继电器经与门出口的组合动作特性,等效于 Z_I 阻抗继电器单独的动作特性。逻辑关系如图2所示。该特性与一次系统无关。

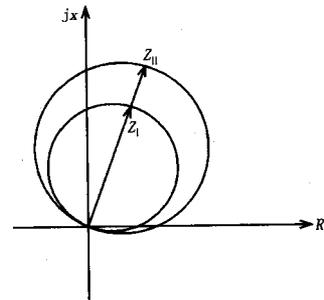


图1 阻抗继电器动作区示意图

Fig.1 Operating district of impedance relay

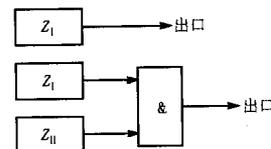


图2 阻抗继电器动作特性等效关系

Fig.2 Equivalent relationship of impedance relay

不难看出,除了阻抗继电器具有性质1和性质2以外,电流继电器、电压继电器也具有性质1和性质2。只是距离继电器不具备这两条性质。阻抗继电器具有性质1和性质2,距离继电器不具备这两条性质,说明距离保护测量元件是否有性质1和性质2,就可分为两类。这两类继电器的特性有差异,这两类继电器的分析方法也有差别。应该用不同的名词把这两类继电器区分开来,以便人们从名词就能够直观地了解继电器的特性。

距离继电器不具备性质1和性质2,不能说是优点,也不能说是缺点。但距离继电器在这方面确实与阻抗继电器、电流继电器、电压继电器不同。

2 结论

距离保护测量元件分为阻抗继电器与距离继电器两大类,用测量阻抗分析阻抗继电器,用直接阻抗分析距离继电器,概念清楚,思路清晰,方法简捷。有利于对距离保护测量元件的研究与分析,有利于在实际应用中对距离保护测量元件性能的把握。阻抗继电器与距离继电器这两个名词的选用也是合适的,他们反映了距离保护测量元件分类后的

基本特征。应该改变长期以来,阻抗继电器与距离继电器表示同一类事物的传统习惯。

参考文献

- [1] 李晓明,梁军,张沛云.阻抗继电器与距离继电器的特点[J].继电器,2001,29(6):20-23.
LI Xiao-ming, LIANG Jun, ZHANG Pei-yun. The Characteristic of Impedance Relay and Distance Relay [J]. Relay, 2001,29(6):20-23.
- [2] 李晓明.阻抗继电器与距离继电器分类的补充说明[J].继电器,2003,31(2):51-53.
LI Xiao-ming. The Complement About the Classification of Impedance Relay and Distance Relay [J]. Relay,2003, 31(2): 51-53.
- [3] 李晓明.现代高压电网继电保护原理[M].北京:中国电力出版社,2005.55-108.
LI Xiao-ming. Theory of Relay Protection in Modern HV Power System[M]. Beijing : China Electric Power Press, 2005.55-108.
- [4] 贺家李,宋从矩.电力系统继电保护原理(第三版)[M].北京:中国电力出版社,1994.65-68.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Principles of Relay Protection in Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press,1994.65-68.
- [5] 张志竟,黄玉铮.电力系统继电保护原理与运行分析[M].北京:中国电力出版社,1995.160-161.
ZHANG Zhi-jing, HUANG Yu-zheng. Principles of Relay Protection in Power System and Analysis of

Operation[M]. Beijing :China Electric Power Press, 1995.160-161.

- [6] 朱声石.高压电网继电保护原理与技术(第二版)[M].北京:中国电力出版社,1995.
ZHU Sheng-shi . Principles and Technology of Relay Protection in HV Power System[M]. Beijing:China Electric Power Press, 1995.
- [7] 王梅义.电网继电保护应用[M].北京:中国电力出版社,1999.171-268.
WANG Mei-yi. Application of Relay Protection in Power System[M]. Beijing:China Electric Power Press,1999. 171-268.
- [8] 李晓明.Ⅲ段距离保护作为后备保护的性能分析[J].继电器,2005,33(15):9-12.
LI Xiao-ming. Performance Analysis of Section Distance Relay as the Backup Protection[J]. Relay, 2005, 33 (15): 9-12.

收稿日期:2006-10-22

作者简介:

李晓明(1956-),男,副教授,从事电力系统自动化、电力系统继电保护、电力系统安全自动装置的研究;E-mail:lixm@sdu.edu.cn

刘耀辉(1976-),男,本科,工程师,主要从事电力系统继电保护方面的研究工作;

曹艳(1981-),女,硕士研究生,从事电力系统继电保护方面的研究。

(上接第75页 continued from page 75)

是合理的也是可行的。带有重合闸功能的电缆网馈线自动化可以灵活规划成环网布置、开环运行方式,利用环网自动重构功能,可以进一步提高供电可靠性。目前,电缆网馈线自动化在国内外都有成功应用,我国北京、上海、乌鲁木齐、广州、南京、珠海等地都已开展电缆网馈线自动化试点和建设。我们相信,随着电缆网馈线自动化的不断发展,其突出优势一定会进一步得到展现。

参考文献

- [1] DL/T 599-1996,城市中低压配电网改造技术导则[M].北京:中国电力出版社,1996.
DL/T 599-1996,Technical Guide for Enhancement of Urban Medium and Low Voltage Distribution Networks[M]. Beijing:China Electric Power Press, 1996.
- [2] DL/T 402-1999,交流高压断路器订货技术条件[S].
DL/T 402-1999,High-voltage Alternating Current Circuit-breakers[S].

[3] 汪童志.重合器在城网中的应用分析[J].电力自动化设备,2001,21(11).

WANG Tong-zhi. Analysis on Reclosure Application in Urban Power Supply System[J]. Electric Power Automation Equipment,2001,21(11).

[4] 孙福杰,王刚军,等.配电网馈线自动化故障处理模式的比较及优化[J].继电器,2001,29(8).

SUN Fu-jie, WANG Gang-jun, et al.Comparison and Optimization of Fault Disposing Mode of Distribution Feeder Automation System[J].Relay, 2001,29(8).

收稿日期:2006-03-01; 修回日期:2006-11-28

作者简介:

张系中(1964-),男,工程师,从事配网自动化现场运行管理工作;E-mail:zhangxz@gzpsc.com

罗少威(1970-),男,工程师,从事供电生产运行和技术管理工作;

戴南洲(1954-),男,高级工程师,从事供电生产运行和技术管理工作。