

关于工频变化量阻抗继电器的校验方法探讨

董婕

(宁夏固原供电局, 宁夏 固原 756000)

摘要: 目前工频变化量阻抗继电器广泛应用于中、高压线路保护, 工频变化量阻抗保护在许多厂家的保护装置都有使用, 但在实际校验工作中, 其阻抗动作特性和整定值动作边界校验离散性很大; 通过分析工频变化量阻抗继电器的动作方程推导出工频变化量阻抗继电器的校验公式, 通过多年来实际现场校验的经验和方法, 对目前文献介绍的两种工频变化量阻抗继电器的现场校验方法进行了对比分析, 提出了现场建议使用的校验方法。

关键词: 工频变化量; 阻抗继电器; 校验方法

Discussion on check method of power frequency variation impedance relay

DONG Jie

(Guyuan Power Supply Company, Guyuan 756000, China)

Abstract: Currently frequency variation impedance relays are widely used in middle and high voltage line protection. Many manufacturers use frequency variation impedance protection at their protection devices, but in actual check work, there is large discrete in impedance action characteristics and the action border check of setting value. By analyzing the power frequency variation of impedance relay action equation, this paper deduces the check formula for the frequency variation impedance relay. Through years of actual field experience and methods of check, the published paper introduces about two field check methods of frequency variation impedance relay to conduct a comparative analysis and points out field recommended check methods.

Key words: frequency variation; impedance relay; check methods

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)02-0111-03

0 引言

工频变化量阻抗继电器由于其动作速度快、耐过渡电阻能力强、不受系统振荡影响及方向性明确的特点^[1], 近年来在中高压线路保护中得到了广泛的应用, 但其现场校验定值工作与常规阻抗继电器相比试验方法相对复杂。本文通过分析工频变化量阻抗继电器的动作方程, 并对常用的两种工频变化量阻抗继电器的现场校验方法进行了对比分析, 提出了现场推荐使用的校验方法。

1 工频变化量阻抗继电器简介

工频变化量阻抗继电器主要用作中、高压线路保护中的快速距离 I 段, 其动作方程如下^[2]:

$$|\Delta \dot{U}_{op}| \geq U_{set} \quad (1)$$

式中: 接地故障时 $\dot{U}_{op} = \dot{U}_{\phi} - (\dot{I}_{\phi} + K3\dot{I}_0)Z_{set}$; 相间故障时, $\dot{U}_{op} = \dot{U}_{\phi\phi} - \dot{I}_{\phi\phi}Z_{set}$; \dot{U}_{ϕ} 、 $\dot{U}_{\phi\phi}$ 分别为保护安装处故障后故障相电压及故障相间电压; U_{set}

为动作门槛, 实际上是继电器工作电压的记忆值, 一般可取额定相电压或线电压; Z_{set} 为工频变化量继电器的阻抗定值。

工频变化量阻抗继电器实际是反应工作电压的 \dot{U}_{op} 幅值突变的过电压继电器, 从原理上来说是比较阻抗定值整定点的电压变化量与故障点的电压变化量来区分区内、区外、反向故障, 其动作特性为圆特性 (如图 1 所示)。

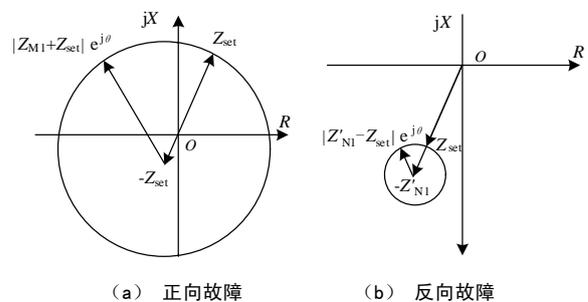


图 1 动作特性

Fig.1 Action characteristic

在进行工频变化量阻抗继电器校验时，通常模拟线路空载，模拟单相接地故障 U_{set} 取 U_N ，模拟方向故障时 U_{set} 取 $\sqrt{3}U_N$ 。模拟系统如图 2 所示。

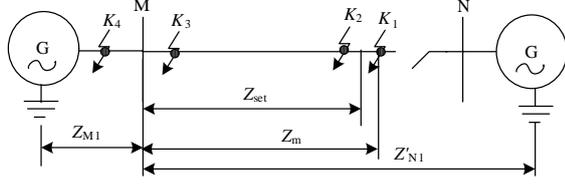


图 2 系统接线示意图
Fig.2 Prime system sketch

模拟正向单相金属性故障时，电压、电流夹角为阻抗角，动作方程可以简化为

$$|\Delta \dot{U}_{op,\phi}| = \Delta |\dot{U}_{\phi} - (\dot{I}_{\phi} + K3\dot{I}_0)Z_{set}| = |\dot{U}_N - \dot{U}_{\phi}| + |\Delta(\dot{I}_{\phi} + K3\dot{I}_0)Z_{set}| = U_N - U_{\phi} + I_{\phi}(1+K) \cdot Z_{set} \quad (2)$$

式(2)中： U_{ϕ} 为故障电压； I_{ϕ} 为故障相电流。

考虑故障时故障点处 5% 暂态误差影响， U_{set} 取 $105\% U_N$ ，模拟正向单相故障时动作方程为

$$U_N - U_{\phi} + I_{\phi}(1+K) \cdot Z_{set} \geq 1.05U_N \quad (3)$$

进一步简化后的正向故障单相的校验公式为

$$|U_N(1-1.05) + I_{\phi}(1+K) \cdot Z_{set}| \geq |U_{\phi}| \quad (4)$$

模拟正向相间金属性故障时，电压、电流夹角为阻抗角，动作方程可以简化为

$$|\Delta \dot{U}_{op,\phi}| = \Delta |\dot{U}_{\phi\phi} - \dot{I}_{\phi\phi}Z_{set}| = |\dot{U}_N - \dot{U}_{\phi\phi}| + |\Delta \dot{I}_{\phi\phi}Z_{set}| = \sqrt{3}U_N - U_{\phi\phi} + 2I_{\phi} \cdot Z_{set} \quad (5)$$

式中： $U_{\phi\phi}$ 为故障相间电压； I_{ϕ} 为故障相电流。

考虑故障点时故障点处 5% 暂态误差影响， U_{set} 取 $105\% \sqrt{3}U_N$ ，模拟正向相间故障时动作方程为

$$\sqrt{3}U_N - U_{\phi\phi} + 2I_{\phi} \cdot Z_{set} \geq 1.05\sqrt{3}U_N \quad (6)$$

进一步简化后的正向相间故障的校验公式为：

$$|\sqrt{3}U_N(1-1.05) + 2I_{\phi} \cdot Z_{set}| \geq |U_{\phi\phi}| \quad (7)$$

模拟反方向区外故障（如图 2 中 K_4 ），电压和电流相角为 $180^\circ +$ 灵敏角，实际电流的流向与 $\dot{U}_{\phi p}$ 规定的正方向相反。

模拟反方向单相接地故障时工频变化量阻抗的工作电压为

$$|\Delta \dot{U}_{op,\phi}| = \Delta |\dot{U}_{\phi} + (\dot{I}_{\phi} + K3\dot{I}_0)Z_{set}| = |\dot{U}_N - \dot{U}_{\phi}| - |\Delta(\dot{I}_{\phi} + K3\dot{I}_0)Z_{set}| = U_N - U_{\phi} - I_{\phi}(1+K) \cdot Z_{set} \quad (8)$$

模拟反向相间故障，工频变化量阻抗的工作电压为

$$|\Delta \dot{U}_{op,\phi\phi}| = \Delta |\dot{U}_{\phi\phi} + \dot{I}_{\phi\phi}Z_{set}| = \sqrt{3}U_N - U_{\phi\phi} - 2I_{\phi}Z_{set} \quad (9)$$

考虑故障时故障点处 5% 暂态误差影响，从式(8)、式(9)分析可知，故障电压在 $0 \sim U_N$ （对于相间故障应为 $0 \sim \sqrt{3}U_N$ ）变化时，工频变化量阻抗继电器总是不满足动作条件。

2 工频变化量阻抗继电器的校验方法探讨

2.1 常用的校验方法介绍

目前，关于工频变化量阻抗元件的校验方法相关文献^[2-3]介绍有两种方法；以下对两种校验方法简单介绍并进行比较。

1) 校验方法 1^[2]

分别模拟单相接地瞬时故障和相间故障；模拟故障电流固定（其数值应使故障电压在 $0 \sim U_N$ 范围内），模拟故障前电压为额定电压，模拟故障时间为 $100 \sim 150 \text{ ms}$ ，故障电压为

模拟单相接地故障时，故障相电压为

$$\dot{U}_{\phi} = (1+K) \cdot I \cdot DZ_{set} + (1-1.05m) \cdot U_N \quad (10)$$

模拟相间故障时，故障相电压为

$$\dot{U}_{\phi\phi} = 2I \cdot DZ_{set} + (1-1.05m) \cdot \sqrt{3}U_N \quad (11)$$

式(10)、(11)中： K 为零序补偿系数； I 为施加故障电流； DZ_{set} 为工频变化量阻抗的定值； m 为系数，其值分别为 0.9、1.1 及 1.2。

工频变化量阻抗在 $m=1.1$ 时应可靠动作；在 $m=0.9$ 时应可靠不动作；在 $m=1.2$ 时，测量工频变化量阻抗的动作时间。

2) 校验方法 2^[3]

模拟正方向故障，施加故障电流 $I = I_N$ ，相间为灵敏角：

单相故障故障电压为

$$U = m(1+k) \cdot I \cdot Z_{SET} - 3 \quad (12)$$

相间故障故障电压为

$$U = 2m \cdot I \cdot Z_{SET} - 3 \quad (13)$$

式(12)、(13)中： k 为零序补偿系数； I 为施加故障电流； Z_{set} 为工频变化量阻抗的定值； m 为系数，其值分别为 0.9、1.1 及 1.2。

当 $m=0.9$ 时工频变化量阻抗动作；当 $m=1.1$ 时，工频变化量阻抗不动作。

模拟反方向出口故障时，模拟故障电压 $U=0 \text{ V}$ ，模拟故障电流等于 $I \leq 50/Z_{set}$ ，相角为 $180^\circ +$ 灵

敏角，工频变化量阻抗不动作。

3) 两种校验方法对比分析

通过对比校验方法 1 和校验方法 2，两种方法的主要区别在于对定值校验误差的要求不同；以下进行具体分析。

针对校验方法 1 结合公式(4)及公式(11)、公式(7)及公式(12)进行分析，校验方法 1 要求 $m=0.9$ 可靠不动作及 $m=1.1$ 可靠动作，实际定值校验误差取动作电压门槛 10% （单相故障时取 $10\% U_N$ ，相间故障时取 $10\% \sqrt{3}U_N$ ），按理论分析及试验验证结果表明，校验方法 1 校验结果满足传统所遵循的“在整定值 10% 偏差校验的规定”^[2]。

针对校验方法 2 同样结合公式(4)及公式(13)、公式(7)及公式(14)进行分析，校验方法 2 中的定值校验误差取 $0.1I \cdot Z_{SET} - 3 V$ ；固定误差门槛 $3 V$ 约等于 $5\% U_N$ ；实际上相间故障时误差的固定电压门槛应取 $5\% \sqrt{3}U_N$ ($5 V$)；故校验方法 2 中关于相间故障的校验公式不正确；此外，由于定值校验误差与故障电流及整定阻抗有关联，实际校验过程中离散度较差，不能校验整定阻抗附近的动作情况，更不能满足传统所遵循的“在整定值 10% 偏差校验的规定”，因此本文不推荐使用校验方法 2 核定值灵敏度。

校验方法 2 中模拟反方向故障的试验方法简单可行，通过试验验证结果正确。

2.2 建议使用的现场校验方法

通过对常用的两种校验方法进行分析，本文建议工频变化量阻抗继电器的校验方法采用校验方法 1 中进行定值灵敏度校验，采用校验方法 2 模拟反方向故障的方向性校验；本文建议的校验方法经过

(上接第 107 页 continued from page 107) 具有较大的参考价值。通过在实际工作中采取本文建议的措施，确保了没有再发生过类似的故障，提高了远动通道的调试和维护效率，保障了电力远动系统的正常运行。

致谢

在论文的写作过程中，我得到了南瑞科技工程人员的宝贵建议，同时还得到许多同事的支持和帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

最后，向在百忙中抽出时间对本文进行评审并提出宝贵意见的各位专家表示衷心地感谢！

参考文献

- [1] 柳永智, 刘晓川. 电力系统远动[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.

现场校验试验验证可行，符合电力系统校验规程校验要求。

3 结论

本文通过分析工频变化量阻抗继电器的动作方程推导出相应的校验公式，并对对比分析文献^[2-3]介绍的两种校验方法的优劣，并提出了建议使用的现场校验方案，相信对业界同行具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 朱声石. 高压线路继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
ZHU Sheng-shi. Ultra High Voltage Line Relay Protection Theory and Technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.
- [2] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护规定汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
National Electric Power Dispatching and Communication Center. Power System Protection Regulations/rules Gather [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [3] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
National Electric Power Dispatching and Communication Center. Power System Protection Practical Questions and Answers[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [4] 南瑞继保公司. LFP-900系列数字线路保护装置技术说明书[Z]. 1997.
Nari-relays Company. LFP-900 Series Digital Line Protection Device Technical Manual[Z]. 1997.

收稿日期: 2009-02-23; 修回日期: 2009-05-27

作者简介:

董 婕 (1972-), 女, 大学, 从事电力系统继电保护, 电测技术等工作. E-mail: dj720322@163.com

LIU Yong-zhi, LIU Xiao-chuan. Power System Telecontrol[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

- [2] 王首顶. IEC 60870-5 系列协议应用指南[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
WANG Shou-ding. Application Guide of IEC 60870-5 Series Protocol[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2008.

收稿日期: 2009-08-28

作者简介:

都海坤 (1983-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向为电力自动化、EMS 及高级应用软件、继保. E-mail: woshiduhai kun@163.com