

微机保护中接地距离保护的检验方法

黄少锋 王增平 华北电力学院(071003)

摘要 本文根据微机接地距离保护在检验中的实际试验条件,分析了电抗、电阻零序补偿系数与测量阻抗之间的关系,提出了一种按实际输电线路零序补偿系数进行检验的方法,完善了现有的微机接地距离保护检验方法,克服了现有检验规程中不计零序补偿系数的不足。本文介绍的检验方法准确、简单。

关键词 微机接地距离 零序补偿系数 检验

1 检验的必要性和问题

近几年来,微机继电保护以其调试维护方便、性能完善、具有自动诊断、故障点探测及事故追忆等诸多良好功能,使得微机继电保护装置在国内外得到了迅速地推广和应用,解决了一些常规保护难以克服的问题,同时,也减轻了继电保护技术人员的劳动强度,大大缩短了检验时间。虽然,微机保护装置的硬件及硬件设计完毕以后,只要通过详细、认真、全面的动模试验及电力系统试运行考验,即可验证该保护的功能和逻辑设计是否可靠、正确、完善,之后,依靠微机保护装置内部的自检功能,用户只要进行一些必要的简单检验,就可以将微机保护装置投入运行,但是,由于微机保护毕竟还是新的保护类型,继电保护人员在近几年才开始接触它,总希望做较细的检验,以便对微机保护装置的技术性能有更多的了解,另外,在微机继电保护装置的应用过程中,其功能一直在不断地进行完善与改进,还有一些用户又根据本电网的特点,提出一些特殊的要求,这样,就使得微机继电保护的程序在经常地修改,这些小改动有时受条件限制,无法进行详细的动模试验,可能隐藏着某些未能预料到的缺陷,因此,根据以上几种情况和继电保护的性质、任务、责任的要求,继电保护技术人员通常都得对每一套微机保护装置进行尽可能全面的仔细检验,以便做到微机保护装置在投入运行时,既不误动、又不拒动,确保电力系统的安全可靠运行。

到目前为止,各电力网局、省局在所制订的微机继电保护检验规程中,对各项检验条款都做了较详细、较全面的规定,其中,对接地距离保护部分进行检验时,通常是按电抗和电阻分量的零序补偿系数临时置为0^[2]。然后再加电压、电流进行检验,这样一来,被检验的接地距离元件实际上未计及零序补偿系数的影响,与实际运行的功能和程序不完全吻合,相当于未检验到有关零序补偿系数的程序。

另外,在最近几年里,通过和广大继电保护技术人员的接触,我们注意到,由于工作情况及掌握资料的限制,部分继电保护技术人员对电抗和电阻分量零序补偿系数的意义及表达式的了解还不够全面,对计及零序补偿系数时的测量阻抗计算还不是很清楚,在进行微机保护装置的检验时,也仅是按照厂家提供的使用说明去做。

为了解决这些问题,本文在分析的基础上,提出一种在检验接地距离保护中,计及零序补

收稿日期:1995-03-16

《继电器》1995年第3期 19

偿系数的检验方法,使被检验的微机接地距离保护的工况与实际运行的工况更一致。

2 测量阻抗与零序补偿系数的关系

众所周知,在接地距离保护中,所采用的接线方式一般是带零序补偿的 0° 接线。在不考虑分布电容影响时,这种接线方式能正确反映金属性三相短路、两相接地及单相接地故障状态下短路点到保护安装处的正序阻抗,即:

$$\frac{\dot{U}_\lambda}{\dot{I}_\lambda + K \cdot 3 \cdot \dot{I}_0} = Z_{1K} \quad (1)$$

式中 \dot{U}_λ 为相电压;

\dot{I}_λ 为相电流;

$3\dot{I}_0$ 为零序电流;

$K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1}$ 为零序补偿系数,一般为复数;

Z_{1K} 为短路点到保护安装处的正序阻抗。

下面,我们以这个熟知的接线方式为基础,推导出电抗和电阻分量零序补偿系数的表达式,以及它们与测量阻抗之间的关系,同时也有利于理解其意义。

将 $K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1}$ (Z_0, Z_1 分别为单位长度的零序阻抗和正序阻抗) 代入 1 式,并将其写成电压形式如下:

$$\dot{U}_\lambda = Z_{1K} \left(\dot{I}_\lambda + \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1} \cdot 3\dot{I}_0 \right) \quad (2)$$

考虑到零序补偿系数也可以写成 $K = \frac{Z_{0K} - Z_{1K}}{3Z_{1K}}$ (其中, Z_{0K} 是短路点到保护安装处的零序阻抗), 于是,把 $K = \frac{Z_{0K} - Z_{1K}}{3Z_{1K}}$ 代入 2 式,并简化后得到:

$$\dot{U}_\lambda = Z_{1K} \cdot \dot{I}_\lambda + (Z_{0K} - Z_{1K}) \cdot \dot{I}_0 \quad (3)$$

$$\therefore \begin{cases} Z_{1K} = R_{1K} + jX_{1K} \\ Z_{0K} = R_{0K} + jX_{0K} \end{cases}$$

\therefore 3 式又可写为如下形式:

$$\dot{U}_\lambda = (R_{1K} + jX_{1K}) \cdot \dot{I}_\lambda + [(R_{0K} + jX_{0K}) - (R_{1K} + jX_{1K})] \cdot \dot{I}_0$$

整理后,得:

$$\dot{U}_\lambda = R_{1K} \left(\dot{I}_\lambda + \frac{R_{0K} - R_{1K}}{3R_{1K}} \cdot 3\dot{I}_0 \right) + jX_{1K} \left(\dot{I}_\lambda + \frac{X_{0K} - X_{1K}}{3X_{1K}} \cdot 3\dot{I}_0 \right)$$

即:

$$\dot{U}_\lambda = R_{1K} (\dot{I}_\lambda + K_r \cdot 3\dot{I}_0) + jX_{1K} (\dot{I}_\lambda + K_l \cdot 3\dot{I}_0) \quad (4)$$

$$\text{式中} \begin{cases} K_r = \frac{R_{0K} - R_{1K}}{3R_{1K}} = \frac{R_0 - R_1}{3R_1} \\ K_l = \frac{X_{0K} - X_{1K}}{3X_{1K}} = \frac{X_0 - X_1}{3X_1} \end{cases}$$

这里的 K_r 和 K_l 就是我们所要推导的电阻和电抗分量零序补偿系数的表达式,它们均为标量。4 式就是用相量表示的接地阻抗元件中,测量电压、测量电流与短路正序电抗、短路正序电阻的关系式,该关系式在金属性接地故障及三相故障期间的任何时刻均成立。考虑到正弦信号的特点及 $X_{1K} = \omega_1 L_{1K}$ (L_{1K} 为短路点到保护安装处的正序电感, ω_1 为工频角频率) 后,与相量 $jX_{1K} (\dot{I}_\lambda + K_l \cdot 3\dot{I}_0)$ 相对应的时域表达式为:

$$L_{1K} \frac{d}{dt} [i_{\lambda}(t) + K_l \cdot 3i_0(t)]$$

这样,我们就得到了金属性接地故障状态下的微分方程:

$$U_{\lambda}(t) = R_{1K} [i_{\lambda}(t) + K_r \cdot 3i_0(t)] + L_{1K} \frac{d}{dt} [i_{\lambda}(t) + K_l \cdot 3i_0(t)] \quad (5)$$

若对 5 式两边以 t 为变量的函数取同一时间间隔的积分,那么,又可以得到积分形式的方程,如电压——频率转换器(VFC)式的模数转换电路对应的就是这种积分形式,它与 5 式的分析及结论相类似,不再赘述。

5 式及其积分形式的方程就是目前国内广泛应用的 WXB—01 型、11 型微机继电保护装置中,接地距离保护的算法方程。

应该提到的是:由于输电线路的分布电容在线路短路时,产生的是高频信号^[3],所以,我们若采用性能较好的模拟或数字低通滤波器滤除高频信号的话,那么,分布电容对 5 式的影响就基本上可以忽略了。

对 5 式,取两个不同时刻 t_1 和 t_2 ,并且要求:

$$t_1 \neq t_2 \pm K \cdot \frac{T}{2} \quad (K \text{ 为自然数, } T \text{ 为工频信号的周期})$$

那么,我们就可以得到两个独立的微分方程,简写为:

$$\begin{cases} u_1 = R_{1K}(i_1 + K_r \cdot 3i_{01}) + L_{1K} \frac{d}{dt} (i_1 + K_l \cdot 3i_0) |_{t_1} & (6) \\ u_2 = R_{1K}(i_2 + K_r \cdot 3i_{02}) + L_{1K} \frac{d}{dt} (i_2 + K_l \cdot 3i_0) |_{t_2} & (7) \end{cases}$$

式中, $i, 3i_0$ 分别为相电流和零序电流, $u, i, 3i_0$ 的下标“1”和“2”分别表示时刻 t_1 和 t_2 。

以上两式中,除了 R_{1K} 和 L_{1K} 为待求的未知量以外,其余各量均可通过测量或计算得到,于是,联立求 6、7 两式,即可得到:

$$\begin{cases} R_{1K} = \frac{D_1 \cdot u_2 - D_2 \cdot u_1}{D_1(i_2 + K_r \cdot 3i_{02}) - D_2 \cdot (i_1 + K_r \cdot 3i_{01})} & (8) \\ L_{1K} = \frac{u_1 \cdot (i_2 + K_r \cdot 3i_{02}) - u_2 \cdot (i_1 + K_r \cdot 3i_{01})}{D_1 \cdot (i_2 + K_r \cdot 3i_{02}) - D_2 \cdot (i_1 + K_r \cdot 3i_{01})} & (9) \end{cases}$$

其中

$$\begin{cases} D_1 = \frac{d}{dt} (i_1 + K_l \cdot 3i_0) |_{t_1} \\ D_2 = \frac{d}{dt} (i_2 + K_l \cdot 3i_0) |_{t_2} \end{cases}$$

在上述所提型号的微机继电保护装置中,输电线路的各种相间故障是由相间阻抗元件来完成保护功能的,而接地阻抗元件仅在单相接地故障时才投入,为此,我们下面就仅分析单相接地时,接地阻抗元件在检验和调试中测量阻抗与电流、电压、零序补偿系数之间的关系。

当进行接地阻抗继电器检验时,通常是不加负荷电流和非故障相电流,因此,有 $i(t) = 3i_0(t)$ ($i(t)$ 为相电流),于是,将此关系式代入 8、9 式,并考虑 $X_{1K} = \omega_1 L_{1K}$ 及约去公因子后,经整理得:

$$\begin{cases} R_{1K} = \frac{1}{1 + K_r} \cdot R_1' & (10) \\ X_{1K} = \frac{1}{1 + K_l} \cdot X_1' & (11) \end{cases}$$

$$\text{其中} \begin{cases} R_1' = \frac{u_2 \cdot \frac{di}{dt} \Big|_{t_1} - u_1 \cdot \frac{di}{dt} \Big|_{t_2}}{i_2 \cdot \frac{di}{dt} \Big|_{t_1} - i_1 \cdot \frac{di}{dt} \Big|_{t_2}} \\ X_1' = \omega_1 \frac{i_2 \cdot u_1 - i_1 \cdot u_2}{i_2 \cdot \frac{di}{dt} \Big|_{t_1} - i_1 \cdot \frac{di}{dt} \Big|_{t_2}} \end{cases}$$

分别为原检验规程中,不计电阻和电抗分量零序补偿系数(即 $K_r = 0, k_l = 0$) 时的测量电阻和测量电抗。

3 接地距离的检验方法

当使用试验台或常用的距离保护试验接线对微机继电保护装置进行单相接地距离元件检验时,若对装置施加 $U, I, \varphi = \hat{U} \hat{I}$, 且 $3I_0 = I$, 那么, 有:

$$\begin{cases} R_1' = \frac{U}{I} \cos \varphi & (12) \\ X_1' = \frac{U}{I} \sin \varphi & (13) \end{cases}$$

式中 U ——相电压的有效值
 I ——相电流的有效值

在表计的误差符合要求的情况下,此二式即为 K_r, K_l 为 0 时,微机继电保护装置应该计算出来的正确结果,也就是原规程中不计 K_r, K_l 的检验公式。

当按照实际输电线路的零序补偿系数 K_r 和 K_l 进行接地距离保护检验时,只要把 12 和 13 式代入 10 和 11 式就可以求出计及 K_r, K_l 的工况下,微机继电保护装置应该打印或显示出来的正确计算结果,因此,考虑 K_r, K_l 后的检验公式如下:

$$\begin{cases} R_{1K} = \frac{1}{1 + K_r} \cdot \frac{U}{I} \cos \varphi & (14) \\ X_{1K} = \frac{1}{1 + K_l} \cdot \frac{U}{I} \sin \varphi & (15) \end{cases}$$

此二式就是电阻、电抗分量与相应的零序补偿系数在检验时的相互关系。我们还可以从这两个式子得出如下结论:检验时,正序测量电抗 X_{1K} 与 K_r 无关,正序测量电阻 R_{1K} 与 K_l 无关。

4 结束语

根据距离保护检验的实际条件,本文推导了微机继电保护装置在考虑零序补偿系数时的检验公式,使检验更接近保护装置的运行工况,检验方法更为合理。经试验证明,该方法是准确的,并且简单易行。

参考文献

- 1 杨奇逊. 微型机继电保护基础. 水电出版社, 1988
- 2 东北电管局. 微机继电保护检验规程. 1993
- 3 高中德. 超高压电网继电保护专题分析. 水电出版社, 1990