

基于变时间窗傅里叶变换比相式快速阻抗继电器新算法

哈恒旭^{1,2}, 张保会², 王学明³

(1. 山东理工大学电气学院, 山东 淄博 255049; 2 西安交通大学电气学院, 陕西 西安 710049;

3. 山东烟台经济技术开发区, 山东 烟台 264006)

摘要: 首先分析了衰减直流分量对传统的比相式距离保护原理的影响的根源, 将线路时域内微分方程在一个时间段内的积分后再进行 Fourier 变换; 并拓展了操作电压 (补偿电压) 的定义, 即假设测量点到整定点的线路无故障的整定点电压, 同时利用变时间 Fourier 变换技术, 分析了操作电压矢量与极化电压矢量在区内外故障时的关系, 在此基础上提出了基于变时间窗的比相式阻抗继电器新算法。理论分析和 EMTP 仿真表明, 该算法不受衰减直流分量的影响, 且动作速度相比较传统的比相式算法有很大提高。

关键词: 变时间窗傅里叶变换; 快速阻抗继电器; 输电线路

中图分类号: TM771

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2005)17-0001-06

0 引言

阻抗型距离继电器一般用测量电压 (或者故障前) 作为极化量, 是在过渡电阻为零的假设下构造的, 一般用于相间故障的保护中。基于傅里叶变换的相量比相式算法广泛应用于阻抗继电器中, 该算法具有两点不足, 其一是受衰减的直流分量影响很大, 其次是固定的时间窗宽度 (一般为一个工频周期) 导致该算法的暂态响应时间较长。

对于衰减的直流分量, 通常采用差分滤波的办法消除, 这对于衰减时间常数较长的线路是有效的, 但对于衰减时间常数较短的线路的效果并不理想^[1]。由于衰减的直流分量是一个连续的广泛的频谱, 因此任何用滤波的办法都无法彻底消除衰减直流分量。只有构造一种新的原理, 使得衰减直流分量满足该原理, 才是彻底的解决办法。

传统的比相式算法是将信号在一个工频周期的时间窗内进行傅里叶变换, 并且该时间窗随着时间的推移向前滑动。当故障发生后的一个周期的时间内, 该傅里叶窗中, 既包含故障后的信息又包含故障前的信息, 这个时间就是傅里叶窗的暂态响应时间。为了提高保护的速度, 尽可能地缩短这一暂态过程, 唯一的办法就是采用变时间的算法。目前很多学者提出了变时间窗的解微分方程算法^[2-5], 以图提高保护的動作速度。然而解微分方程算法具有计算复杂, 结果不稳定以及受高频分量影响很大的缺陷。目前的另一些研究集中在如何利用短时间窗的傅里

叶变换去估计一个周波的傅里叶变换 (即相量), 如短窗数据算法、小矢量算法等^[6,7]。然而这些算法必须基于信号是正弦信号的前提, 因此其中大量的工作在于如何消除衰减直流分量、高次谐波分量等因素的影响, 比如利用差分法滤除直流分量, 利用最小二乘法等滤波器除掉直流分量和高次谐波等。毫无疑问, 增加了滤波器就增加了响应时间, 因此这些方法在距离保护中的实用效果并不理想。文献 [8] 认为小矢量的方法不适合用于距离保护中。

本文首先分析了衰减直流分量对基于 Fourier 变换的比相式算法影响的原因, 发现衰减的直流分量不满足比相式算法的基本相量公式。为了消除衰减直流分量的影响, 首先将线路微分方程在一个时间段 (本文采用一个采样间隔) 内进行积分, 然后再进行 Fourier 变换, 同时拓展了操作电压 (补偿电压) 的概念, 即在测量点到整定点之间线路无故障的假设下的整定点电压。为了缩短保护的响应时间, 采用了变时间窗的 Fourier 变换技术, 即一旦发生故障后, 时间窗从一个采样点逐渐增加到一个工频周期。在分析了区内外故障的短窗相量关系的基础上提出了基于变时间窗的快速阻抗继电器新算法。理论分析和 EMTP 仿真表明, 本算法不受衰减直流分量的影响且动作速度快 (最快可以在故障后第二点就进入动作区), 当时间窗达到一个周期后, 与传统的比相式算法的特性完全相同, 具有较高的实用价值。

1 基本原理

1.1 传统的比相式阻抗继电器算法

传统的距离继电器基于 RL 线路模型, 故障后

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50277027)

的电压电流时域方程为(假设金属性短路):

$$u_r(t) = R_1 x i_r(t) + L_1 x \frac{di_r(t)}{dt} \quad (1)$$

式中: u_r 、 i_r 分别为继电器测量的电压和电流, R_1 、 L_1 分别为线路每公里长的电阻和电感, x 为故障点到保护安装处的距离。

基于傅里叶变换的算法是将式(1)的两端在一个工频周期内按照式(2)进行傅里叶变换:

$$Y = \frac{2}{T_0} \int_{t-T_0}^t y(t) e^{-j\omega_0 t} dt \quad (2)$$

其中: $y(t)$ 代表电压或电流, Y 为一个工频周期内傅里叶变换后的相量, T_0 为工频周期, ω_0 为工频角频率。

将公式(1)两边按照公式(2)进行傅里叶变换后得到:

$$U_r = R_1 x I_r + j \omega_0 L_1 I_r + L_1 x [i_r(t) e^{-j\omega_0 t} - i_r(t-T_0) e^{-j\omega_0(t-T_0)}] \quad (3)$$

如果电压和电流中仅仅包含工频量,则上式右侧的后面一项 $i_r(t) e^{-j\omega_0 t} - i_r(t-T_0) e^{-j\omega_0(t-T_0)} = 0$, 因此有:

$$U_r = (R_1 + j \omega_0 L_1) x I_r = Z_1 x I_r \quad (4)$$

操作电压(补偿电压)定义为:

$$U_{op} = U_r - Z_1 I_{set} I_r = Z_1 I_{set} (x - l_{set}) \quad (5)$$

比较式(4)和式(5)不难发现:区内故障时, $x < l_{set}$, U_{op} 和 U_r 反相;正方向区外故障时, $x > l_{set}$, 二者同相;反向故障时, $U_r = -Z_1 x I_r$, $U_{op} = -Z_1 I_r (x + l_{set})$, 二者也同相。因此传统的阻抗继电器判据为:

$$90^\circ < \arg \frac{U_r}{U_{op}} < 270^\circ \quad (6)$$

对于工频量,毫无疑问从公式(1)~(5)都是成立的。对于整数次谐波,也是成立的,这就是基于傅里叶变换的比相式算法能够抑制整次谐波的原因。然而对于非周期分量,由于 $i_r(t) e^{-j\omega_0 t} - i_r(t-T_0) e^{-j\omega_0(t-T_0)} \neq 0$, 因此公式(4)不成立,这就是衰减的直流分量对基于傅里叶变换的比相式算法有影响的原因。

解决办法就是在按照公式(2)进行傅里叶变换前,先把公式(1)的两端在一个时间段内进行积分,这样公式(3)右侧的附加项就不会再出现。为了计算的快速性,积分区域选择一个采样间隔 T_s 。经过上述处理后,再进行傅里叶变换,并拓展操作电压的定义,下面将结合变时间窗傅里叶变换算法具体阐述。

1.2 变时间窗的快速阻抗继电器新算法

1.2.1 变时间窗的傅里叶变换

采用变时间窗,将缩短傅里叶算法的响应时间,可以提高保护的動作速度。当时间窗小于一个周期时,利用下式进行傅里叶变换,假设时间窗的宽度为 T_w :

$$Y(T_w) = \frac{2}{T_0} \int_{t-T_w}^t y(t) e^{-j\omega_0 t} dt \quad (7)$$

不难发现,当 $T_w = T_0$ 时, $Y(T_w)$ 与利用公式(2)得到的相量相同。当 $T_w < T_0$ 时,按照公式(7)对电气量进行傅里叶变换将得到一个短窗相量,无需估计一个周期时间窗的相量,而直接利用这个短窗相量关系构成距离保护原理。

1.2.2 变时间窗快速阻抗继电器原理

首先将式(1)的两端在一个采样间隔 T_s 内进行积分:

$$\int_{t-T_s}^t u_r dt = R_1 x \int_{t-T_s}^t i_r dt + L_1 [x i_r(t) - i_r(t-T_s)] \quad (8)$$

然后将上式按照公式(7)进行变时间窗的傅里叶变换(时间窗的宽度记为 T_w):

$$U_r(T_w) = [R_1 I_{r1}(T_w) + L_1 I_{r2}(T_w)] x \quad (9)$$

其中, $U_r(T_w) = \frac{2}{T_0} \int_{t-T_w}^t \int_{t-T_s}^t u_r dt e^{-j\omega_0 t} dt$

$$I_{r1}(T_w) = \frac{2}{T_0} \int_{t-T_w}^t \int_{t-T_s}^t i_r dt e^{-j\omega_0 t} dt$$

$$I_{r2}(T_w) = \frac{2}{T_0} \int_{t-T_w}^t [i_r(t) - i_r(t-T_s)] e^{-j\omega_0 t} dt$$

按照式(10)定义操作电压矢量(假设线路在整定点内无故障):

$$U_{op}(T_w) = U_r(T_w) - [R_1 I_{r1}(T_w) + L_1 I_{r2}(T_w)] I_{set} \quad (10)$$

将代(9)入式(10)得到:

$$U_{op}(T_w) = [R_1 I_{r1}(T_w) + L_1 I_{r2}(T_w)] (x - l_{set}) \quad (11)$$

比较公式(9)和(11)不难发现,无论傅里叶变换的时间窗 T_w 的宽度为多长,当发生区内故障时, $U_{op}(T_w)$ 和 $U_r(T_w)$ 反相,当发生区外故障时,二者同相。因此在变换的时间窗 T_w 内,得到的阻抗继电器判据的形式与传统阻抗继电器判据(参见公式(6))完全相同:

$$90^\circ < \arg \frac{U_r(T_w)}{U_{op}(T_w)} < 270^\circ \quad (12)$$

2 快速阻抗继电器数字算法

快速阻抗继电器的输入量为测量的离散故障

相电压 $u_r(k)$ 和电流 $i_r(k)$ 。

第一步:检测到故障后,令时间窗 $W=1$,输入故障相电压和电流,并按照下述公式(13)~(15)计算出矢量 $U_r(k, W)$ 、 $I_{r1}(k, W)$ 、 $I_{r2}(k, W)$,其中在 T_s 时间段内的积分算法采用梯形积分法:

$$U_r(k, W) = \frac{2}{N} \sum_{n=1}^W [u_r(k-n+1) + u_r(k-n)] \exp(j\frac{2\pi n}{N}) \quad (13)$$

$$I_{r1}(k, W) = \frac{2}{N} \sum_{n=1}^W [i_r(k-n+1) + i_r(k-n)] \exp(j\frac{2\pi n}{N}) \quad (14)$$

$$I_{r2}(k) = \frac{2}{N} \sum_{n=1}^W [i_r(k-n+1) - i_r(k-n)] \exp(j\frac{2\pi n}{N}) \quad (15)$$

其中: N 为每周波采样点数, W 为时间窗的宽度。

第二步:按照下式计算整定点(整定阻抗 Z_{set} = $R_{set} + jX_{set}$)的操作电压矢量 $U_{op}(k, W)$:

$$U_{op}(k, W) = U_r(k, W) - [R_{set} I_{r1}(k, W) + \frac{NX_{set}}{I_{r2}(k, W)}] \quad (16)$$

第三步:利用公式(12)判断故障是否为区内。当新的采样点到来时,数据窗 W 增加一个点,然后重复上述过程。如果连续三个采样点都在保护区内,则判断为区内故障。

3 快速阻抗继电器分析

3.1 模型的适应性

从上面的快速阻抗继电器的原理构造过程中可以发现,凡是满足线路 RL 模型的所有暂态分量,都满足方程(8)~(12)。对于不是特长的线路来说,故障后的稳态分量满足 RL 模型;故障后的衰减的自由分量中的衰减直流分量主要由线路的 RL 产生,故而也满足 RL 模型;但是由故障产生的衰减的高频分量则是由于线路的对地分布电容引起的,因此故障产生的衰减的高频分量不满足 RL 模型,会造成计算结果的误差。

因此,本文提出的快速阻抗继电器算法不受稳态的谐波以及故障产生的衰减直流分量的影响。但仍然受到线路对地分布电容产生的衰减的高频分量的影响。众所周知,傅里叶变换算法可以看作是将电气量通过一个工频带通滤波器,宽度为一个工频周期的傅里叶窗能够抑制衰减的高频分量。但在本

文的快速算法中,傅里叶窗的宽度从 1 增加到 N (一个周期),这样,对高次谐波的抑制程度,取决于不同宽度的傅里叶窗的幅频响应特性。

窗宽度为 T_w 的傅里叶窗的频率幅频响应为:

$$|\phi(\omega)| = T_w \frac{\sin[(\omega - \omega_0) T_w / 2]}{(\omega - \omega_0) T_w / 2} \quad (17)$$

可见,当时间窗为一个采样间隔时,对故障产生的衰减高频分量几乎没有任何抑制作用,而当时间窗为一个周期时,其对衰减高频分量的作用与传统的算法完全一致。

3.2 继电器的动作特性

为了消除衰减直流分量的影响,在对时域内的故障方程进行傅里叶变换以前,在一个采样间隔内进行了一次积分(参见公式(8)),那么,对于工频来说,这一步积分过程是否改变了继电器的动作特性呢?下面将分析这个问题。

假设 $u_r = U \cos(\omega_0 t)$, $i_r = I \cos(\omega_0 t + \phi_0)$,经过在一个时间段内积分后得到:

$$\int_{t-T_s}^t u_m dt = \frac{2}{\omega_0} U \cos(\omega_0 t - \frac{\omega_0 T_s}{2}) \sin(\frac{\omega_0 T_s}{2}) \quad (18a)$$

$$\int_{t-T_s}^t i_m dt = \frac{2}{\omega_0} I \cos(\omega_0 t + \phi_0 - \frac{\omega_0 T_s}{2}) \sin(\frac{\omega_0 T_s}{2}) \quad (18b)$$

$$i_m(t) - i_m(t - T_s) = -2I \sin(\omega_0 t + \phi_0 - \frac{\omega_0 T_s}{2}) \sin(\frac{\omega_0 T_s}{2}) \quad (18c)$$

由此可见,对于工频周期分量,将方程(1)的两边在一个时间段内积分后,方程并没改变,只是方程中的各个正弦量产生了一个 $T_s/2$ 的相偏移。因此增加这一步积分后,并没有影响继电器的动作特性,即基于本文提出的新算法的阻抗继电器和电抗继电器的动作特性和传统的阻抗继电器、电抗继电器特性完全相同。因此,对于阻抗继电器的出口死区问题,解决办法与传统阻抗继电器完全相同。

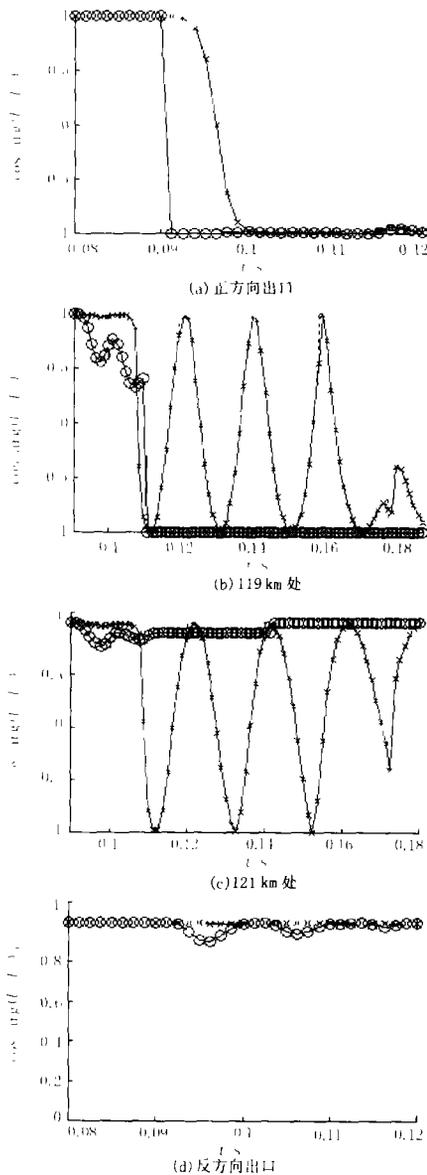
4 EMTP仿真

为了验证快速阻抗继电器原理的正确性,首先用简单的 RL 线路模型的典型双端电源系统进行仿真,然后利用分布参数模型的实际电网进行仿真。

4.1 简单模型的仿真实证

仿真系统为简单的双端电源输电系统,线路长度为 150 km,线路采用简单的 RL 模型,其参数为: $\bar{x}_1 =$

$\bar{z}_2 = 0.0575 + j0.3882$; $Z_{L0} = 0.0955 + j1.1846$ (欧姆/公里), 段保护范围为 120 km (80% 的线路全长), 采样频率为每周波 16 点。当在正方向出口、119 km、正方向区外 121 km 以及反方向出口发生 BC 相金属性短路故障时, 快速阻抗继电器以及传统的阻抗继电器的动作情况如图 1 所示 (反方向出口短路时的极化电压为故障前电压)。



注: 曲线“x”代表传统继电器动作情况; 曲线“O”代表新继电器的动作情况。

图 1 快速比相式阻抗继电器和传统继电器比较

Fig 1 Comparison of the new and conventional mho relays

图 1 中, 横坐标代表时间轴, 故障时刻为 0.09 s, 纵坐标为极化电压和操作电压相角差的余弦值,

当该值小于零时, 说明进入动作区。图 1(a) 说明, 快速继电器最快可以在故障后第二个采样点进入动作区, 比传统继电器快 5 个采样点 (7.25ms)。图 1(b) 说明, 不但快速继电器比传统的快, 而且不受衰减直流分量的影响。由于线路仿真模型也采用 RL 模型, 因此故障产生的暂态分量中只包含衰减的直流分量, 衰减的直流分量导致传统的阻抗继电器在动作区和非动作区内振荡将近 3 个周波后才收敛到动作区, 而新的继电器一个周期后就稳定地收敛到动作区。图 1(c) 和 1(d) 表明, 新的继电器并不会发生超越现象。由此可见新继电器动作快速、可靠、稳定, 从理论上讲完全不受故障产生的衰减直流分量的影响 (只有离散误差)。

4.2 实际输电系统的详细模型仿真

利用山东电网 500 kV 线路进行 EMTTP 仿真, 如图 2 所示, 被保护线路为济南至淄博的 115.8 km 长的 500 kV 输电线路, 保护安装在济南变侧, 线路采用不平衡的分布参数模型模拟, 其工频参数为: $Z_{L1} = Z_{L2} = 0.0575 + j0.3882$; $Z_{L0} = 0.0955 + j1.1846$ (欧姆/公里) 整定距离为整条线路长度的 85%, 即整定距离为 98 km。仿真的采样频率仍为 16 点/周波。

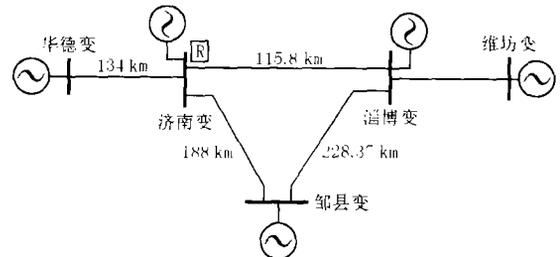
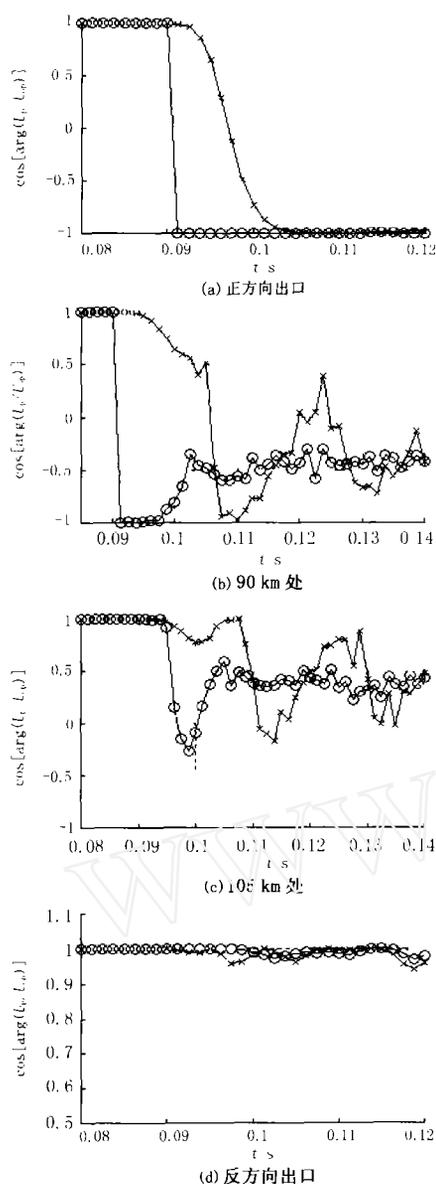


图 2 山东电网 500 kV 输电系统示意图

Fig 2 500 kV transmission system of Shandong power network

当分别在被保护线路 (济南至淄博线路) 上距离保护安装处 (济南变) 0、90、105 km 处和反方向出口发生三相金属性短路, 传统的阻抗继电器和快速继电器的动作情况如图 3 所示。

图 3 的结果是在用精确的分布参数模型的仿真数据中得到的继电器动作情况, 图 3(c) 中, 快速继电器有暂态超越的现象, 这是由于快速继电器基于 RL 模型得到, 而实际线路采用的分布参数模型模拟, 因此, 为了防止暂态超越, 必须采取自适应的整定阻抗, $Z_{set}(W) = K(W) * Z_{set}$, $K(W)$ 为与时间窗的宽度有关的小于 1 大于零的常数, 与暂态高频分量对工频分量的影响度有关, 很多文献做了详细的研究, 也可另文研究, 这里不再赘述^[9, 10]。



注:曲线“×”代表传统阻抗继电器动作曲线;曲线“○”代表快速继电器动作曲线

图3 传统继电器与快速继电器动作比较

Fig 3 Comparison of the conventional and fast impedance relays

另外,从图3(b)中还发现,当故障距离较远时,由于分布电容的影响,保护的灵敏度也受到了影响,角度的计算出现了一定的误差,如果线路中没有分布电容,图3(b)中继电器的输出应收敛于-1而不是图中的-0.5。

5 结论

1)衰减的直流分量之所以对传统的基于傅里叶变换的相量比相式的距离保护原理有很大影响,

主要原因是故障产生的衰减的直流分量不满足相量方程 $U = R_1 x I + j_0 L_1 x I_0$ 。如果将时域内方程在一个时间段内积分后,再进行傅里叶变换,得到新的相量方程,同时采用新的操作电压相量的定义,由此构成的保护判据使得所有满足RL模型的暂态分量都满足该判据,由此得到的距离保护判据就不受衰减直流分量的影响。

2)变时间窗的傅里叶变换也将得到一个短窗相量,该相量在物理意义上不同于传统的相量。但只要在整定点内的线路无故障的假设下定义操作电压矢量,则在区内故障时,操作矢量和极化矢量的相位关系仍然具有下面的特征:不考虑过渡电阻时,区内故障时,二者反相,区外故障时,二者同相。

3)变时间窗的快速阻抗继电器与传统的继电器特性类似,特别当变时间窗的快速继电器的时间窗的宽度增加到一个周波后,与传统的基于傅里叶算法的比相式距离继电器的特性完全一样。

4)对于具有大过渡电阻的快速保护问题,将在另文中阐述。

本文提出的变时间窗的距离保护新的原理算法,与传统的距离继电器相比,具有快速(故障后第二个采样点就可以进入动作区)、不受衰减直流分量影响、计算简单的优点。对于较长的线路或短路点较远时,线路RL模型误差较大,因此在故障后,时间窗还比较短的时候,对保护的影响依然较大。当时间窗变为一个周波后,就具有与传统比相式距离保护相同的特性。

参考文献:

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术 [M]. 中国电力出版社,北京:1997.
ZHU Sheng-shi The Principle and Technique of Protective Relays for High Voltage Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1997.
- [2] Li K K An Adaptive Window Length Algorithm for Accurate High Speed Digital Distant Protection [J]. International Journal of Power & Energy Systems, 1997, 19 (6): 375-383.
- [3] Xia Y Q, Li K K Development and Implementation of a Variable Window Algorithm for High Speed and Accurate Distance Protection [J]. Proceedings—Gener, Transm & Distrib, 1994, 141 (4): 383-389.
- [4] 张艳霞, Li K K 基于微分方程的自适应窗长距离保护算法研究 [J]. 中国电机工程学报, 2000, 20 (7): 24-27.

- ZHANG Yan-xia, Li K K Study of Adaptive Window Length Algorithm Based on Linear Differential Equation [J]. Proceedings of the CSEE, 2000, 20(7): 24-27.
- [5] Fazio G, Laurupoli V, Muzi F, et al Variable-window Algorithm for Ultra-high-speed Distance Protection [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2003, 18(2): 412-419.
- [6] Li K K, Lai L L An Adaptive Window Length Algorithm for Digital Distance Protection [A]. Proceedings of 4th International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, APSCOM-97. Hong Kong: 1997. 83-88.
- [7] 张哲,陈德树. 递推最小二乘法在微机距离保护中的应用研究 [J]. 电力系统自动化, 1990, 14(4): 31-40.
ZHANG Zhe, CHEN De-shu Study on the Application of Least Square Algorithm for Microprocessor-based Distance Protection [J]. Automation of Electric Power Systems, 1990, 14(4): 31-40.
- [8] 文明浩,陈德树. 小矢量算法浅析 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27(3): 42-44.
WEN Ming-hao, CHEN De-shu Simple Analysis of Phasorlet Algorithm [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(3): 42-44.
- [9] 索南加乐,张健康,刘文涛,等. 基于波形系数的自适应保护 [A]. 十九届电力系统自动化年会,成都: 2003. 852-856.
SUONAN Jia-le, ZHANG Jian-kang, LU Wen-tao, et al The Adaptive Protection Based on Waveform Coefficients [A]. The 19th Annual Conference on Automation of Electric Power System. Chengdu: 2003. 852-856.
- [10] Zhang Z, Li K K, Yin X G, et al Adaptive Application of Impedance Estimation Algorithms in Distance Relaying [A]. Proceedings of the 5th Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, APSCOM-2000. Hong Kong: 2000. 269-274.

收稿日期: 2004-12-16; 修回日期: 2005-01-31

作者简介:

哈恒旭 (1972 -),男,博士,副教授,主要研究方向为电力系统继电保护与安全自动装置; E-mail: hxharr@163.com

张保会 (1953 -),男,教授,博士生导师,主要从事电力系统继电保护以及安全自动装置,电力系统稳定性控制,电力系统通信等的研究;

王学明 (1965 -),男,工程师,从事农电技术研究工作。

New variable-window Fourier transform based fast mho relay

HA Heng-xu^{1,2}, ZHANG Bao-hu², WANG Xue-ming³

(1. Shandong University of Science and Technology, Zibo 255049, China; 2. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 3. Shandong Yantai Developing Zone of Economy and Technology, Yantai 264006, China)

Abstract: For eliminating the effect of DC offsets, the differential equation of line is integrated in a period before it is transformed into phasor domain, consequently the spread concept of operating voltage is defined. At the same time, variable-window Fourier transform is also employed to provide high speed tripping. The new variable-window algorithm is proposed based on the relations between the operating voltage and pole voltage short-window phasors. The EMTP simulations show that the new algorithm has the properties of high speed and simple calculation, and are not influenced by DC decaying component, and high frequency components are effectively restrained.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50277027).

Key words: variable-window Fourier transform; high-speed impedance relay; transmission line

2006年《继电器》征订启事

电力系统继电保护类唯一专业期刊,集三十年功力,精心打造“继电保护”专栏。

设置栏目:继电保护理论研究、继电保护运行技术、电力系统分析与控制、电力系统规划设计与可靠性、自动化及远动技术。

1. 全国邮局均可订阅:邮发代号 36-135。定价:12元/期,全年 288元。

2. 登陆中国刊物订阅网 (www.bk114.com)、看看网 (www.kankan.com.cn)网上订阅。

3. 杂志社订阅:

邮局汇款 地址:河南省许昌市许继大道 32号 461000 收款人:继电器杂志社

银行转帐 户名:许昌继电器研究所 帐号:1708023029021010058-051 开户行:许昌市工行五一路支行

针对在本杂志社订阅者,全年订阅享受 8.5折优惠,连续两年或订阅 2套杂志以上者享受 8折优惠

订阅电话:0374-3212444 传真:0374-3360297 E-mail: faxing@xjgc.com

注:发邮件告知您的姓名、联系电话、地址和工作单位及部门,可获得免费赠刊。