

基于双端时域信号的过渡电阻在线计算方法

丛 伟¹, 马彦飞¹, 程学启², 邱升孝², 王 葵¹, 栾国军², 张琳琳³

(1. 山东大学 电网智能化调度与控制教育部重点实验室, 山东 济南 250061; 2. 国网山东省电力公司潍坊供电公司, 山东 潍坊 261021; 3. 国网山东省电力公司泰安供电公司, 山东 泰安 271000)

摘要: 在已知故障类型的前提下, 基于线路的 π 型集中参数等效模型, 利用线路两端从故障发生后到断路器跳闸前的时域信号, 通过求解描述线路短路状态的微分方程组, 对过渡电阻值进行在线实时计算。从单相系统入手推导了过渡电阻的计算表达式, 结合相模变换和复合模网络, 给出了三相系统的过渡电阻计算方法。该方法计算响应速度快, 具有计算结果不受故障位置、直流信号衰减、谐波信号影响等特点, 且具有较高的准确性。采用 PSCAD/EMTDC 进行了算例仿真, 仿真结果表明了该方法的有效性和准确性。

关键词: 电力系统; 时域信号; π 型等值电路; 短路故障; 过渡电阻

中图分类号: TM 744

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.10.011

0 引言

电力系统中的短路一般都不是金属性的, 而是在短路点存在过渡电阻。短路点的过渡电阻是指当发生相间或接地短路时, 短路电流从一相流到另一相或从相导线流入大地的途径中所经过物质的电阻, 包括电弧、中间物质电阻、相导线与地之间的接触电阻、金属杆塔的接地电阻等。过渡电阻给电力系统故障分析、保护定值整定计算、保护装置的可靠动作带来诸多不利影响^[1-5], 很多保护装置的误动或拒动都与过渡电阻有关。过渡电阻具有较强的随机性和不可预见性, 尤其是经电弧短路的故障, 过渡电阻将会间歇出现数值在较大范围内变化的现象^[6]。对过渡电阻特性进行在线、实时计算, 对于运行人员进行准确的系统分析、掌握过渡电阻变化特性、提高保护装置应对过渡电阻的性能具有重要意义。

国内外学者在过渡电阻计算方法方面做了大量的研究工作。文献[7-8]提出基于单端电压、电流计算过渡电阻的方法, 文献[9]利用零序电压、电流补偿系数近似值计算过渡电阻, 文献[10]提出基于测量到的有功功率计算过渡电阻的方法, 文献[11]提出利用双端电气量瞬时采样值在故障点位置已知的情况下计算过渡电阻的新方法。其中, 文献[7-10]均采用对称分量法进行计算, 受算法特点的限制, 计算实时性会受影响。此外, 目前多数计算方法都要求已知故障测距结果, 计算结果难免存在较大误差。

本文提出一种基于双端时域信号的过渡电阻在线计算方法, 在已知故障类型的前提下, 采用线路两端从故障发生后到断路器跳闸前的电压、电流时域

信号, 对过渡电阻值进行在线实时计算。由于工程实际中输电线路长度大多不超过 300 km, 本文采用输电线路的 π 型集中参数模型以简化计算, 且满足实际工程要求。该方法具有不受故障位置影响、计算响应速度快等优点, 仿真结果表明该方法的计算结果具有较高的准确度。

1 单相系统过渡电阻计算方法

图 1 为一双端电源单相输电系统, 线路采用 π 型集中参数模型。设线路均匀, 单位长度的电阻、电感、对地分布电容分别为 r, l, c , 线路全长为 L 。假设在距离 M 侧母线 x 处的点 F 发生接地短路, 过渡电阻为 R_g 。从母线 M, N 处测量得到的两侧电压、电流时域信号分别为 u_M, i_M 和 u_N, i_N , 记故障点处的电压时域信号为 u_F , 流过渡电阻的电流时域信号为 i_F 。

对故障点 F 列 KCL 方程有:

$$i_1 + i_4 - i_3 - i_5 - i_F = 0 \quad (1)$$

$$i_1 = i_M - i_2, \quad i_2 = \frac{cx}{2} \frac{du_M}{dt}$$

$$i_3 = \frac{cx}{2} \frac{du_F}{dt}, \quad i_4 = i_N - i_6$$

$$i_5 = \frac{c(L-x)}{2} \frac{du_F}{dt}, \quad i_6 = \frac{c(L-x)}{2} \frac{du_N}{dt}$$

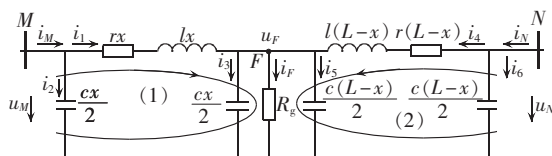


图 1 双端单相输电系统

Fig.1 Two-terminal single-phase transmission system

对图 1 中回路(1)、(2)分别列 KVL 方程有:

$$u_M - rx i_1 - lx \frac{di_1}{dt} - u_F = 0 \quad (2)$$

$$u_N - r(L-x) i_4 - l(L-x) \frac{di_4}{dt} - u_F = 0 \quad (3)$$

收稿日期: 2012-08-31; 修回日期: 2013-08-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50807032, 51377100)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(50807032, 51377100)

由式(1)可写出故障距离 x 的表达式:

$$x = \frac{2}{c} \frac{i_M + i_N - i_F - \frac{cL}{2} \left(\frac{du_N}{dt} + \frac{du_F}{dt} \right)}{du_M/dt - du_N/dt} \quad (4)$$

将式(4)代入式(2)、(3)可得:

$$\begin{cases} u_M - rA \left(i_M - \frac{cx}{2} \frac{du_M}{dt} \right) - lA \left(\frac{di_M}{dt} - \frac{cA}{2} \frac{d^2u_M}{dt^2} \right) - u_F = 0 \\ u_N - r(L-A) \left[i_N - \frac{c(L-A)}{2} \frac{du_N}{dt} \right] - l(L-A) \left[\frac{di_N}{dt} - \frac{c(L-A)}{2} \frac{d^2u_N}{dt^2} \right] - u_F = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$A = \frac{2}{c} \frac{i_M + i_N - i_F - \frac{cL}{2} \left(\frac{du_N}{dt} + \frac{du_F}{dt} \right)}{du_M/dt - du_N/dt}$$

式(5)包含 2 个方程,对应 2 个未知数 u_F 、 i_F ,由于未知数 x 已被消去,因此求解过程不受故障测距结果 x 的影响。将线路两侧的电压、电流时域信号代入式(5),就可求出未知数 u_F 、 i_F ,则过渡电阻为:

$$R_g = \frac{u_F}{i_F} \quad (6)$$

2 三相系统过渡电阻计算方法

在实际的三相电力系统中,除理想的三相短路外,其余故障条件下系统均处于不对称运行状态,为了便于分析,可对三相不对称系统进行解耦,分解为对称的系统后采用与单相系统类似的处理方法求解过渡电阻。

2.1 三相系统的相模变换

本文采用故障发生后至断路器跳闸前故障持续时间内的时域信号来计算过渡电阻值,在该时段内故障点两侧线路参数可视为平衡,则相模变换矩阵可取为常数矩阵^[12]。本文采用卡伦鲍厄(Karrenbauer)变换进行解耦,变换矩阵 T_m 及其逆阵为:

$$T_m = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix}, \quad T_m^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

变换后的量分别为 0 模、1 模、2 模。取相电压、相电流列向量分别为 U_p 、 I_p ,模电压、模电流列向量分别为 U_m 、 I_m ,则三相电压与模电压间满足 $U_m = T_m^{-1}U_p$,三相电流与模电流之间同样满足 $I_m = T_m^{-1}I_p$ 。

设系统中各个元件的相域阻抗矩阵为 Z_p ,模域阻抗矩阵为 Z_m ,则二者满足如下关系: $Z_m = T_m^{-1}Z_pT_m$ 。取相域阻抗矩阵 Z_p 的对角元素为 z_d ,非对角元素为 z_{nd} 。则变换后的模域阻抗矩阵为:

$$Z_m = \begin{bmatrix} z_d + 2z_{nd} & 0 & 0 \\ 0 & z_d - z_{nd} & 0 \\ 0 & 0 & z_d - z_{nd} \end{bmatrix} \quad (7)$$

可见,变换后的模阻抗参数与序阻抗参数相等^[13]。

采用卡伦鲍厄变换可以将不对称的系统转换为对称系统,得到 0 模、1 模和 2 模 3 个相对独立的模网络,每个模网络都可等效为图 1 所示的结构,只不过对应的参数为模网络参数。针对不同的模网络均可以写出与式(5)类似的表达式,如式(8)所示。

$$\begin{cases} u_{Mk} - r_k A \left(i_{Mk} - \frac{c_k A}{2} \frac{du_{Mk}}{dt} \right) - l_k A \left(\frac{di_{Mk}}{dt} - \frac{c_k A}{2} \frac{d^2u_{Mk}}{dt^2} \right) - u_{Fk} = 0 \\ u_{Nk} - r_k(L-A) \left[i_{Nk} - \frac{c_k(L-A)}{2} \frac{du_{Nk}}{dt} \right] - l_k(L-A) \left[\frac{di_{Nk}}{dt} - \frac{c_k(L-A)}{2} \frac{d^2u_{Nk}}{dt^2} \right] - u_{Fk} = 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$A = \frac{2}{c_k} \frac{i_{Mk} + i_{Nk} - i_{Fk} - \frac{c_k L}{2} \left(\frac{du_{Nk}}{dt} + \frac{du_{Fk}}{dt} \right)}{du_{Mk}/dt - du_{Nk}/dt}$$

其中, $k=0,1,2$ 分别对应 0 模、1 模、2 模。

对双端时域电压、电流信号进行相模变换,代入式(8)可以求出故障点的电压模量 u_{Fk} 和流经过渡电阻的故障电流模量 i_{Fk} ,进而求得过渡电阻 R_g 。

2.2 利用复合模网络求解过渡电阻

由故障分析知识可知,不同故障类型对应着不同的故障边界条件,从而决定了复合模网络的不同连接方式。而复合模网络不同的连接方式,又决定了求解过渡电阻的不同表达式。以单相接地故障为例,根据故障边界条件得到的复合模网络如图 2 所示。

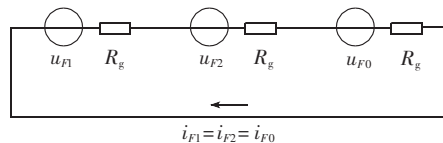


图 2 单相经过渡电阻接地短路的复合模网络

Fig.2 Composite modal network with single-phase grounded via transition resistor

由图 2 得到过渡电阻 R_g 的表达式为:

$$R_g = \frac{u_{F1} + u_{F2} + u_{F0}}{i_{F1} + i_{F2} + i_{F0}} \quad (9)$$

同理,发生两相经过渡电阻接地短路故障时,复合模网络如图 3 所示。过渡电阻的求解表达式为:

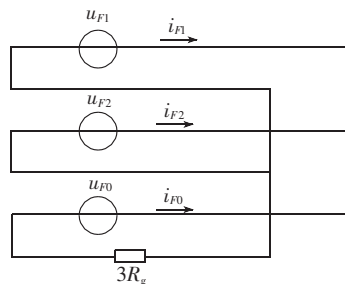


图 3 两相经过渡电阻接地短路的复合模网络

Fig.3 Composite modal network with two phases grounded via transition resistor

$$R_g = \frac{u_{F0} - u_{F1}}{3i_{F0}} = \frac{u_{F0} - u_{F2}}{3i_{F0}} \quad (10)$$

发生两相经过渡电阻短路故障时,复合模网络如图 4 所示。过渡电阻求解表达式为:

$$R_g = \frac{u_{F1} - u_{F2}}{i_{F1}} = \frac{u_{F1} - u_{F2}}{-i_{F2}} \quad (11)$$

当发生三相短路或三相接地短路时,由于是对称性故障,可直接用图 1 所示的单相电路进行分析,过渡电阻求解表达式为:

$$R_g = \frac{u_{FA}}{i_{FA}} = \frac{u_{FB}}{i_{FB}} = \frac{u_{FC}}{i_{FC}} \quad (12)$$

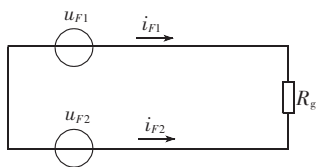


图 4 两相经过渡电阻短路的复合模网络

Fig.4 Composite modal network with inter-phase short circuit via transition resistor

3 算例仿真

为了验证本文所提算法的正确性和有效性,采用 PSCAD/EMTDC 仿真软件,搭建如图 5 所示的 500 kV 双端电源系统。线路采用 π 型等效模型,长度为 300 km,参数^[14]为: $R_1 = 0.019\ 79\ \Omega/\text{km}$, $R_0 = 0.228\ 46\ \Omega/\text{km}$; $Z_{L+} = 0.275\ 14\ \Omega/\text{km}$, $Z_{L0} = 0.870\ 97\ \Omega/\text{km}$; $Z_{C+} = 239.150\ 9 \times 10^3\ \Omega \cdot \text{km}$, $Z_{C0} = 370.990\ 5 \times 10^3\ \Omega \cdot \text{km}$ 。

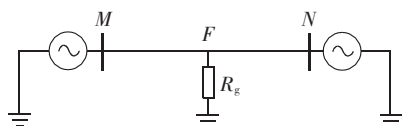


图 5 双端输电系统模型

Fig.5 Model of two-terminal transmission system

设故障发生时刻为 0.5 s,从故障发生到断路器跳开的时间为 100 ms,本文就采用这 100 ms 的时域信号计算过渡电阻,采样频率为 2 000 Hz。在计算过程中涉及的一阶及高阶导数计算,均采用 3 点法前推公式及理查森外推法。本文计算过程最高涉及二阶导数,因此每个计算步长内需要用到连续 5 个采样点数据。

3.1 算例 1

设置故障类型为 A 相经 100 Ω 过渡电阻接地,故障点距离 M 侧母线 50 km。

计算得到的过渡电阻曲线如图 6 所示。可见故障发生后经过 2.5 ms 的延时,过渡电阻计算结果为 94.26 Ω ,可基本准确追踪到过渡电阻的实际值,且采样频率越高,该延时越小。过渡电阻计算结果的

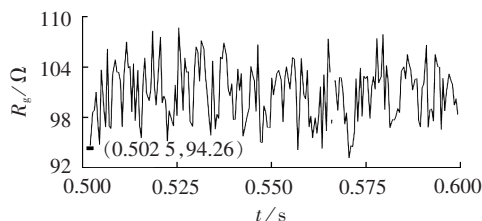


图 6 50 km 处 A 相经 100 Ω 过渡电阻接地时的计算结果

Fig.6 Calculated results when phase-A grounded at 50 km via 100 Ω transition resistance

最大值为 108.55 Ω ,相对误差为 8.55 %;最小值为 93.05 Ω ,相对误差为 6.95 %。计算误差主要受导数计算方法和系统采样频率的影响。

对计算结果进行正态分布校验如图 7 所示,图中虚直线表示正态分布的概率分布,+号点线表示过渡电阻计算结果的概率分布,每个+号点的横坐标对应一个过渡电阻计算值,纵坐标为对应的概率分布。由图中可以看出,绝大多数+号点与图中虚直线基本拟合,因此可以得出图 6 计算结果基本符合正态分布,具体参数估计为:期望值 100.76 Ω ,方差 3.44 Ω ,期望 0.95 置信区间[100.27,101.24] Ω ,方差 0.95 置信区间[3.13,3.82] Ω 。

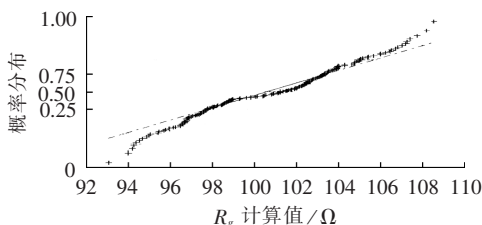


图 7 图 6 计算结果的正态分布校验

Fig.7 Normal distribution verification for calculated results of fig.6

3.2 算例 2

为了分析不同故障位置对本文所提方法的影响,设置故障类型为 A 相经 500 Ω 过渡电阻接地,故障点距离 M 侧母线分别为 50 km、150 km。

计算得到的过渡电阻曲线如图 8 所示,表 1 给出了多个故障位置下的仿真计算结果。由图 8 和表 1 可见,故障位置对计算结果的影响较小,表明算法的性能基本不受故障位置的影响。

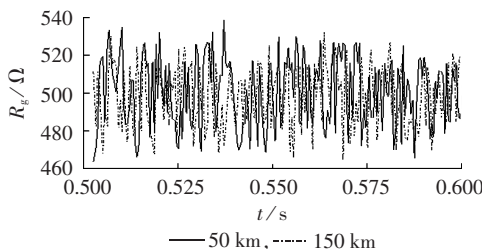


图 8 50 km、150 km 处 A 相接地过渡电阻计算结果

Fig.8 Calculated transition resistances for phase-A grounded at 50 km and 150 km

表 1 50 km、100 km、150 km、200 km 处 A 相接地过渡电阻计算结果
Tab.1 Calculated transition resistances for phase-A grounded at 50 km,100 km,150 km and 200 km

故障位置/km	R _g 计算值/Ω		期望/Ω	方差/Ω	期望 0.95 置信区间/Ω	方差 0.95 置信区间/Ω
	最大值	最小值				
50	538.55	463.60	500.54	18.51	[497.93,503.15]	[16.84,20.55]
100	532.83	463.62	499.96	16.95	[497.57,502.35]	[15.42,19.82]
150	531.60	464.30	498.38	16.46	[496.06,501.70]	[14.97,18.27]
200	537.47	465.91	501.50	16.91	[499.12,503.88]	[15.39,18.78]

3.3 算例 3

设置故障类型为 A 相经时变过渡电阻接地,故障距离 M 侧母线 50 km。

实际系统发生经过渡电阻接地故障时,过渡电阻往往不固定,其值随时间变化,表现出较强的随机性和不可预见性^[15]。设过渡电阻的表达式如下:

$$R_g = \begin{cases} 5 \times 10^5(t-0.55)^2 + 250 & 0.5 \leq t \leq 0.54 \\ 300 & 0.54 < t \leq 0.56 \\ 5 \times 10^5(t-0.55)^2 + 250 & 0.56 < t \leq 0.6 \end{cases} \quad (13)$$

设故障点距离 M 侧母线 50 km,计算结果如图 9 所示。

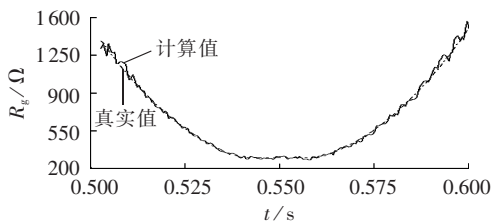


图 9 时变过渡电阻计算结果

Fig.9 Calculated time-varying transition resistance

定义过渡电阻计算结果相对误差 e 为:

$$e = \frac{|R_{gc} - R_{ga}|}{R_{ga}} \times 100 \% \quad (14)$$

其中, R_{gc} 和 R_{ga} 分别为过渡电阻的计算值和实际值。

表 2 不同故障类型下的过渡电阻计算结果

Tab.2 Calculated transition resistance for different fault types

故障类型	R _g 计算值/Ω		期望/Ω	方差/Ω	期望 0.95 置信区间/Ω	方差 0.95 置信区间/Ω
	最大值	最小值				
单相接地	2116.41	1883.46	1986.58	55.79	[1975.48,1997.68]	[51.69,63.47]
两相短路	2122.07	1877.88	1982.80	55.28	[1973.60,1991.99]	[50.39,62.47]
两相短路接地	2123.45	1886.27	2011.23	55.76	[2000.28,2022.19]	[50.75,61.33]
三相短路	2117.55	1878.12	2007.22	55.21	[1996.06,2018.38]	[52.07,62.93]

4 结语

本文提出了一种基于双端时域信号的过渡电阻在线计算方法,采用从故障发生到断路器跳开这一时间段内线路两侧的同步时域信号,通过求解微分方程组,对过渡电阻值进行快速、准确的计算,该方法具有如下特点:

- a. 基于线路两端电压电流的同步时域信号计算过渡电阻,具有所需数据窗小、响应速度快等优点;
- b. 算法不受系统振荡、非周期分量和谐波的影响,计算结果具有较高的准确性;

对过渡电阻计算结果误差进行分析的情况如图 10 所示,相对误差最大值为 5.98%,出现在曲线的拐点处,最小值为 0.12%。如果过渡电阻曲线足够平滑,计算误差会进一步减小。可见,本文所提方法具有较好的响应速度和较高的计算准确度。

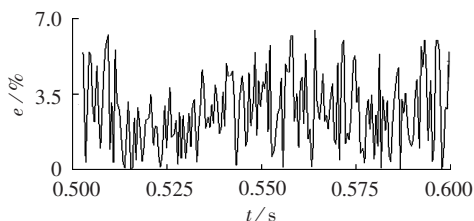


图 10 时变过渡电阻计算结果相对误差

Fig.10 Relative error of calculated time-varying transition resistance

3.4 算例 4

为了验证本文所提方法对不同故障类型的适用性以及高过渡电阻计算的准确性,设置故障类型分别为单相接地、两相短路、两相短路接地和三相短路,故障距离 M 侧母线 50 km,过渡电阻为 2 kΩ。

采用式(9) — (12)进行计算得到的统计结果如表 2 所示。可以得出,在不同故障类型下计算得到的过渡电阻差别不大,与真实值的误差较小,表现出较好的适用性。

响,计算结果具有较高的准确性;

c. 计算结果不受故障点位置的影响,因此无需获得故障测距的结果,避免了故障测距误差对过渡电阻计算结果准确性的影响;

d. 该方法必须与故障选相元件配合工作,适用于各种短路故障类型的过渡电阻计算。

参考文献:

[1] 邹亮,李庆民,刘洪顺,等. 计及故障限流器和故障过渡电阻的接地距离保护补偿算法[J]. 电力自动化设备,2009,29(3):56-60.

- ZOU Liang,LI Qingmin,LIU Hongshun,et al. Compensation algorithm of grounding distance protection considering FCL and fault resistance[J]. Electric Power Automation Equipment,2009,29(3): 56-60.
- [2] 施世鸿,何奔腾. T 型输电线路非同步数据故障测距新算法[J]. 电力自动化设备,2008,28(10):63-67.
SHI Shihong,HE Benteng. Fault locating algorithm for T-type transmission lines with asynchronous sampling[J]. Electric Power Automation Equipment,2008,28(10):63-67.
- [3] 索南加乐,许庆强. 自适应接地距离继电器[J]. 电力系统自动化,2005,29(17):54-58.
SUONAN Jiale,XU Qingqiang. Adaptive earth fault distance relay[J]. Automation of Electric Power Systems,2005,29(17): 54-58.
- [4] 沈冰,何奔腾,张武军. 新型自适应继电器[J]. 电力系统自动化,2007,31(7):39-44.
SHEN Bing,HE Benteng,ZHANG Wujun. New type adaptive distance relay with improved performance[J]. Automation of Electric Power Systems,2007,31(7):39-44.
- [5] 李岩,陈德树,尹项根,等. 新型自适应姆欧继电器的研究[J]. 中国电机工程学报,2003,23(1):80-83.
LI Yan,CHEN Deshu,YIN Xianggen,et al. Study on the new adaptive MHO relay[J]. Proceedings of the CSEE,2003,23(1): 80-83.
- [6] 林莘,何柏娜,徐建源. 超高压线路上潜供电弧熄灭特性的分析[J]. 高电压技术,2006,32(3):7-9.
LIN Shen,HE Baina,XU Jianyuan. Analysis of secondary arc extinction characteristics on UHV line extinguish[J]. High Voltage Engineering,2006,32(3):7-9.
- [7] WAIKAR D L,LIEW A C. Fault impedance estimation algorithm for digital distance relaying[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1994,9(3):1375-1383.
- [8] JURIC D M,RADOJEVIC Z,TERZIJA V. Time domain solution of fault distance estimation and arcing fault detection on overhead lines[J]. IEEE Trans on Power Delivery,1999,14(1):60-67.
- [9] 李斌,贺家李,杨洪平,等. 特高压长线路距离保护算法改进[J]. 电力系统自动化,2007,31(1):43-46.
LI Bin,HE Jiali,YANG Hongping,et al. Improvement of distance protection algorithm of UHV long transmission line [J]. Automation of Electric Power Systems,2007,31(1):43-46.
- [10] 张华中,王维庆,朱玲玲,等. 基于过渡电阻计算的距离保护[J]. 电力系统保护与控制,2008,36(18):37-42.
ZHANG Huazhong,WANG Weiqing,ZHU Lingling,et al. Ground distance relay based on fault resistance calculation[J]. Power System Protection and Control,2008,36(18):37-42.
- [11] 索南加乐,代玲,宋国兵,等. 利用过渡电阻参数识别的输电线路永久性故障确认方法[J]. 高电压技术,2011,37(8):1944-1951.
SUONAN Jiale,DAI Ling,SONG Guobing,et al. Permanent fault identification method of transmission lines using transition resistance parameter[J]. High Voltage Engineering,2011,37(8): 1944-1951.
- [12] 张新慧. 基于 Prony 算法的小电流接地故障暂态选线技术[D]. 济南:山东大学,2008.
ZHANG Xinhui. Fault feeder selection method of non-effectively earthed neutral system based on Prony algorithm[D]. Ji'nan: Shandong University,2008.
- [13] 顾艳,王玉忠. 基于小波变换和数学形态学的双回线故障测距[J]. 电力自动化设备,2011,31(12):34-38.
GU Yan,WANG Yuzhong. Fault location based on wavelet transform and mathematical morphology for double-circuit transmission lines[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011,31(12):34-38.
- [14] 刘哲. 500 kV 输电系统内部过电压计算方法研究[D]. 保定:华北电力大学,2008.
LIU Zhe. Study of internal overvoltage calculation method of 500 kV transmission system[D]. Baoding:North China Electric Power University,2008.
- [15] 陈维江,颜湘莲,贺子鸣,等. 特高压交流输电线路单相接地潜供电弧仿真[J]. 高电压技术,2010,36(1):1-6.
CHEN Weijiang,YAN Xianglian,HE Ziming,et al. Simulation for secondary arc caused by single-phase grounding in UHV AC transmission line [J]. High Voltage Engineering,2010,36 (1):1-6.

作者简介:

丛 伟(1978-),男,山东文登人,副教授,博士,主要研究方向为电力系统继电保护(E-mail:weicong@sdu.edu.cn);

马彦飞(1986-),男,甘肃静宁人,硕士研究生,通讯作者,主要研究方向为电力系统继电保护(E-mail:myf20051901@126.com);

程学启(1963-),男,山东临沂人,高级工程师,主要研究方向为电力系统运行与分析;

邱升孝(1963-),男,山东潍坊人,高级工程师,主要研究方向为电力系统运行与调度。

Transition resistance calculation based on time-domain signals of two terminals

CONG Wei¹,MA Yanfei¹,CHENG Xueqi²,QIU Shengxiao²,WANG Kui¹,
LUAN Guojun²,ZHANG Linlin³

(1. Key Laboratory of Power System Intelligent Dispatch and Control of Ministry of Education,Shandong University, Ji'nan 250061,China;2. Weifang Power Supply Company of State Grid Shandong Electric Power Company, Weifang 261020,China;3. Taian Power Supply Company of State Grid Shandong Electric Power Company,Taian 271000,China)

Abstract: When fault type is known,the time-domain signals of both line ends,from fault occurrence to breaker trip,can be used to online calculate the transition resistance by solving the differential equation of line short circuit states based on the π -type equivalent model. The expression of transition resistance calculation is deduced for single-phase system and,combined with the phase-modulus transformation and composite modal network,the method of transition resistance calculation for three-phase system is introduced,which,immune to fault location,DC signal attenuation and harmonics,has fast response and high accuracy. Case study with PSCAD/EMTDC shows its effectiveness and accuracy.

Key words: electric power systems; time-domain signal; π -type equivalent model; short circuit fault; transition resistor