

# 基于 PT在线注入信号及神经网络跟踪小波变换模极大值变化的配电网故障定位方法

蔡维<sup>1</sup>,张雪松<sup>2</sup>,刘承志<sup>3</sup>,杜继伟<sup>3</sup>

(1. 广西电力工业勘察设计研究院, 广西南宁 530023; 2 平朔煤炭工业公司矿区动力中心, 山西 朔州 036800; 3 西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031)

**摘要:** 提出了一种配电网单相接地在线故障定位的新方法。故障发生后从变电站母线在线向系统注入高频脉冲信号并获取线路上与注入信号相对应的反射行波,在电网结构已知的情况下,通过对反射波的分析进行故障定位。该方法不仅能检测故障点的电气距离,而且能确定故障所在的分支线路,还能通过调节注入信号的大小多次定位故障,提高定位的准确性。应用该方法进行故障定位不受接地电阻的限制。通过 Matlab/Simulink进行了建模与仿真分析,仿真结果验证了该方法的正确性。

**关键词:** 电压互感器; 小电流接地系统; 神经网络; 小波变换; 相模变换; C型行波故障定位; 模极大值

**中图分类号:** TM711 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)23-0044-05

## 0 引言

我国 6~66 kV 配电网多采用小电流接地系统,它包括中性点经消弧线圈接地和中性点不接地方式。配电网作为电力系统给用户供电的一个重要环节,它直接给用户提高质量和可靠的电能,配电网在发生单相永久接地后,为防止发生多点接地短路故障,必须尽快确定故障线路及故障点到供电所的距离,这就是小电流接地电网故障定位问题。配电网与高压输电网相比,节点和支路繁多,且呈多级辐射状分布,确定故障点到测量点的电气距离与找准故障支路,难度很大。虽然,国内一些配电网通过安装馈线自动化系统进行故障定位,但这种方法只能确定区段<sup>[1]</sup>,不能精确定位。

目前的配电网单相接地故障定位装置主要以单相接地指示器为主,定位原理有五次谐波电流法、首半波原理以及利用直流信号源定位区段等。五次谐波电流法与电网的谐波水平有关,灵敏度不高。首半波原理在单相接地故障发生时相电压较低甚至过零,灵敏度降低,有时出现死区。利用直流信号源装置不方便,且在发生高阻抗接地时电流变小灵敏度降低<sup>[2]</sup>。输电线路广泛采用的阻抗法、单端行波定位法(A型)和双端行波定位法(B型),进行故障定位,在小电流系统上都不适用,因为,小电流接地系统线路参数受外界影响大,不易获得准确值;由于小电流接地系统故障最初波形不易捕捉且带有多个终端,所以(A型)和(B型)行波法也不可取;

小电流接地系统存在大量分支线路,确定故障分支是一个公认的难点<sup>[3]</sup>。

因此,本文提出一种新的故障定位法,即PT在线注入信号及神经网络跟踪小波变换模极大值变化的配电网故障定位方法。按行波定位法分类,它属于C型行波故障定位法,与文献[5]提出的PT离线注入信号法相比,不同在于:PT在线注入信号是在电网运行期间进行的,不需要断开故障线路。与文献[3]中的C型行波故障定位法和文献[4]行波法故障定位法都不同。根据电力规程规定:小电流接地电网发生单相接地故障后,可以继续运行2h。在故障期间,检测装置经变电站电压互感器向故障相母线定期发射信号,然后通过收集并分析反射行波特征信息进行故障定位。本文先论述故障测距原理及算法、确定故障支路的原理方法及模极大值与小波基的选择问题,然后以一个供电所为例(该所由一条直供线路和一条多级分支辐射线路构成,如图1所示),用Matlab/Simulink/PSB对其进行仿真,以验证本方法的正确性。

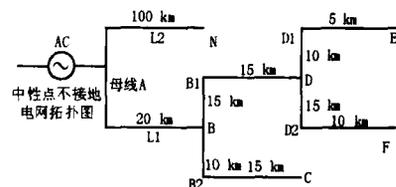


图 1 供电系统示意图

Fig 1 Sketch of power-supply system

## 1 故障定位原理方法及其相关问题

### 1.1 故障测距原理及测距算法

线路电流电压行波在波阻抗不连续节点将会发生反射<sup>[6]</sup>,当小电流接地电网发生永久性单相接地的时候,故障定位装置(安装在变电站)通过电压互感器向故障相母线注入高频信号(按需要多次间隔发送),同时检测各线路波阻抗不连续节点的反射行波(测量出的行波信号由注入波在母线 A、故障点 K 对端 B 母线(或线路端点)以及其它不连续点反射信号叠加)。由于小波变换模极大值点与非平稳信号突变点一一对应,其极性表示突变点的变换方向,其大小表示突变点的变化强度<sup>[7,8]</sup>,因此可以利用行波小波变换模极大值位置信息(突变点的变换方向)确定注入信号引起电压行波突变的时刻及此行波在故障点的第一个反射波到达测量点的时刻,从而确定故障点到测距装置(线路始端)的电气距离。电气距离定义:

$$D = \frac{1}{2} [T_1 - T_0] \cdot \quad (1)$$

式中:  $T_0$  为入射信号注入时对应的畸变行波小波变换模极大值时刻,  $T_1$  为畸变行波被故障点第一次反射波到达测量点的时刻,  $v$  为行波波速。理论行波波速为  $3 \times 10^8$  m/s,实际上需要用式(2)现场校正,

$$v = \frac{2 \cdot L_{AK}}{[T_1 - T_0]} \quad (2)$$

式中:  $[T_1 - T_0]$  由采样点之差和频率求出。本文用电压模量  $U$  小波变换模极大值确定行波波速,电压模量  $U$  小波变换模极大值测距。

### 1.2 确定故障支路的原理方法

某一支线路发生故障,必然,该分支及其子分支的节点特征波发生变化,而其余的特征波不变<sup>[7,9]</sup>。如果金属性接地,故障点至测量点之间反射波几乎不变,故障点至线路末端的所有节点反射波都消失;如经过渡电阻接地,故障点至线路末端的所有节点反射波都减小。因此,通过比较电网各支路节点在正常时与接地故障时反射波模极大值强度的变化确定故障支路。存储电网正常时,由注入信号导致的各节点(主要是线路分支节点)反射波的小波变换产生模极大值的强度及位置信息;考虑不同分支线路发生接地故障,在每个故障情况下,向电网注入同样强度和频率的信号,提取以上各节点的同样的特征信息,存储它们,形成神经网络训练样本数据库。神经网络作为一种自适应的模式识别技

术,并不需要预先给出有关模式的经验知识和判别函数,它通过自身学习机制自动形成所要求的决策区域。

前向 BP 网络和 RBF 网络的学习算法属于教师型的,用于故障模式识别效果比较好<sup>[10]</sup>。利用神经网络的学习功能,用以上的数据标本对神经网络进行大量的训练使其具有能够跟踪模极大值变化能力,最后形成基于神经网络模式识别功能的故障诊断系统识别故障支路。如图 2,网络设计三层,输入层有  $n$  个节点则有  $n$  组数据,输入层神经元个数为  $n$ ,中间层  $N = 2n + 1$ ,设输出状态个数  $m$  为所有支路数加 1(所有支路接地情况加正常运行状态),则输出层神经元个数为  $m$ 。

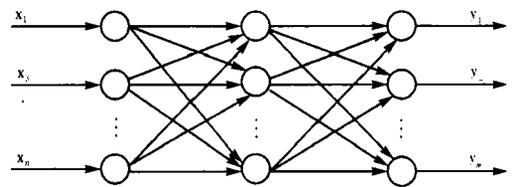


图 2 BP 网络结构

Fig 2 BP diagram

### 1.3 模极大值与小波基选择

信号的小波变换模极大值:设  $W_s f(t)$  是  $f(t)$  的小波变换,在尺度  $s$  下,在  $t_0$  的某一邻域,对一切  $x$  有  $|W_s f(t)| \leq |W_s f(t_0)|$ ,则称  $t_0$  为小波变换的模极大值点,  $W_s f(t_0)$  为模极大值。由信号平移的不变性知:信号的尖锐变化点和其小波变换的模极大值逐一一对应。

3次 B 样条小波具有良好的对称性,电力系统行波一般为对称波,用对称小波变换,求对称波小波变换模极大值定位故障效果较好<sup>[11~13]</sup>。因此本文选 3次 B 样条小波作小波基。

## 2 算例仿真分析

### 2.1 思路

先建立被研究配电网的拓扑关系,用 Matlab/Simulink/PSB 建模仿真,求故障电网注入信号后各节点反射信号的线模电压并进行小波变换,列出各节点反射信号小波变换的模极大值,确定故障点电气距离;然后提取出正常电网注入信号后各节点反射信号的线模电压小波变换模极大值;最后根据各个节点在正常及故障两种情况下小波变换模极大值,形成神经网络训练样本数据,通过神经网络故障诊断系统确定故障分支线路。

## 2.2 电网拓扑结构仿真模型图及参数设置

线路参数:电源为理想电压源,线电压 10 kV,频率 50 Hz,相角为 0,内部连接方式 Y,三相电源电阻 0.312,三相电源电感 6.63e-3H。使用分布参数输电线路做高压输电线路。L1、L2线路单位长度正序电阻为 0.31273 /km,零序电阻为 0.8864 /km,线路单位长度正序电容为 12.74e-9 F/km,线路单位长度零序电容为 7.75e-9 F/km,线路单位长度正序电感为 0.3477e-3H,零序电感为 7.126e-3H。BB1、B1D、BB2、B2C四条线的电阻是 L1的 2倍,DD1、D1E、DD2、D2F四条支线的电阻是 L1的 4倍,其他参数都一样。从 Matlab/Simulink/PSB 元件库中选取模型中元件构建图示仿真模型<sup>[14]</sup>。仿真参数设置:开始时间 0 s,停止时间 0.1 s,求解程序类型:定步长,ode3 (2/3阶龙格库塔法)。采样频率 1 MHz,其它参数全设自动 (auto)。

## 2.3 测距分析

设图 1中 AB (80 km)、AN (100 km),其他线路长度全部设为零。B点 C相发生接地,即接地点距测量点 80 km,验证本文提出的方法测距的可行性。把仿真结果中的三相电压经式 (3) (凯伦贝尔相模变换矩阵<sup>[13]</sup>)作相模变换,结果三相电压被完全解耦为 0模、I模、II模分量,消除了相间相互影响。

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U \\ U \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} \quad (3)$$

先对 I模、II模分量进行小波消噪处理,然后对经过小波消噪处理的 I模、II模分量分别进行小波变换,用模极大值提取行波的突变点,用 II模分量小波变换模极大值定位波速,用 I模分量小波变换模极大值确定电气距离。令  $L = AN$ ,在 II模分量小波变换模极大值图 3中,  $T_0 = 45e-6$ ,  $T_1 = 735e-6$ ,代入式 (1)得  $v = \frac{2L}{[T_1 - T_0]} = 2 \times 100 / 690 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,经反复多次验证取定此波速为计算波速。用极限波速 ( $2.5e8 \text{ m/s}$ )结合采样频率 (1 MHz)估计分析样本范围。若取 1000个采样点,则传输距离是 250 km 大于最长线路,取 800点较好。图 3标出了入射波及故障点和各线路末端的反射波采样点,根据采样点及以上波速进行计算,得到相应距离。Distance1 = (598-45) × (2 × 100 / 690) / 2 = 160.2898551 / 2 = 80.14492755 km。

Distance2 = (735-45) × (2 × 100 / 690) / 2 = 100 km。

误差:到短路接地点的距离误差  $E_1 =$

(80.14492755-80) / 80 = 0.001811584,小于 2%,实际距离差 1.8 m。

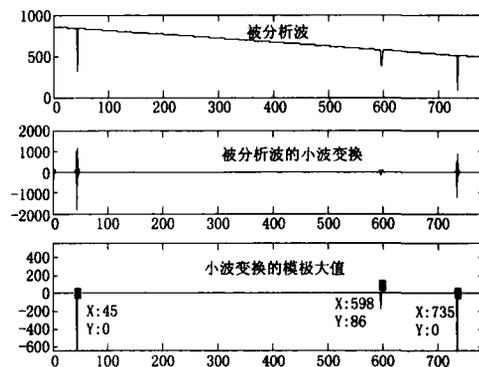


图 3 被分析信号小波变换及其模极大值图

Fig 3 Wavelet transform and modulus maxima of analyzed signal

到同母线的另一条长线末端距离的误差  $E_2 = 0\text{m}$ 。

小结:用注入波探测接地故障点的距离是可行的,较准确的,但也存在一定的误差,消除误差的主要办法是对各节点反射波到达测量点的时刻精确定位及提高采样频率。

## 2.4 探测故障支路分析

在正常和 B、D、C、E 等几处分别发生单相接地情况下,都设图 1中,AB (20 km)、BB1 (15 km)、BB2 (10 km)、B1D (15 km)、B2C (15 km)、DD1 (10 km)、DD2 (15 km)、D1E (5 km)、DF (10 km)、AN (100 km),仿真得各节点的反射行波特征信息 (位置及强度)如图 4所示 (此处只给出一种情况行波特征信息分析图,其它情况的图略),综合上述几种情况行波特征信息得到表 1。分析图 4及表 1可以得出如下结论:正常情况下和故障情况下各电气参数在不连续点反射的能量 (强度)是不同的;根据某节点在各种情况下模极大值的大小 (强度)变化,可以确定故障点发生在该节点的前面还是后面,进一步可以确定故障点所在支路。

利用 Matlab神经网络工具箱设计小电流接地电网单相接地故障诊断系统。利用 BP网络进行故障诊断。网络设计三层,输入层神经元个数  $n = 7$ ,七组数据 (A、B、C、D、E、F、N等七点强度信息)作为 BP网络输入层样本向量,中间层  $N = 2n + 1$ ,则  $N = 15$ ,输出四种状态,输出层神经元个数为 4。根据此处的四种输出状态,即正常、B、D、E分别接地,设输出模式分别为正常 (1, 0, 0, 0)、B接地 (0, 1, 0, 0)、D接地 (0, 0, 1, 0)、E接地 (0, 0, 0, 1)。根据上文叙述

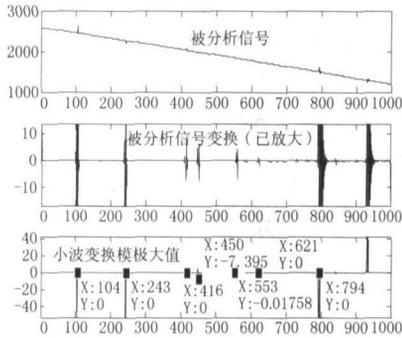


图 4 模极大值对节点的定位图

Fig 4 Detecting node location by modulus maxima

的原理(金属性接地,故障点至测量点之间反射波几乎不变,故障点至线路末端的所有节点反射波都消失;如经过渡电阻接地,故障点至线路末端的所有节点反射波强度都减小),取小波变换模极大值强度信息构造神经网络训练样本,见表 3。神经网络训练,设置训练参数:训练次数 1000,训练目标 0.000 1,学习率 0.001。输入向量  $P = [1 \ 0.934 \ 0.4722 \ 0.03288 \ 0.03465 \ 0.043 \ 0.64; 1 \ 0.97 \ 0.0127 \ 0.00224 \ 0.0384 \ 0.005345 \ 0.64; 1 \ 0.934 \ 0.3733 \ 0.3803 \ 0.048453 \ 0.00396 \ 0.64; 1 \ 0.934 \ 0.03657 \ 0.05582 \ 0.236067 \ 0.00401 \ 0.64]$ ,目标向量  $T = [1 \ 0 \ 0 \ 0; 0 \ 1 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 1 \ 0; 0 \ 0 \ 0 \ 1]$ 经过 22 次训练后,网络误差达到要求。对训练好的网络进行测试:

表 1 模极大值强度及测距表

Tab 1 Unitary intension of modulus maxima and the electric distance of net nodes

节点名	A	B	C	D	E	F	N
采样定位	104	243	414	450	553	621	794
实[测]距	0[0]	20[20.145]	45[45.072]	50[50.145]	65[65.072]	75[74.928]	100[100]
正常强度	-300	-264	-81.97	-6.865	-7.395	-6.9	-132
B接地强度	-300	-285	-8.032	-0.0605	-1.453	-1.004	-132
D接地强度	-300	-264	-81.97	-102.09	-1.453	-0.005	-132
E接地强度	-300	-264	-8.032	-10.753	-70.821	-1.001	-132

表 2 模极大值强度单位化及测距表

Tab 2 Intension of modulus maxima and the electric distance of net nodes

节点名	A	B	C	D	E	F	N
采样定位	104	243	414	450	553	621	794
实[测]距	0[0]	20[20.145]	45[45.072]	50[50.145]	65[65.072]	75[74.928]	100[100]
正常强度	1	0.88	0.273 2	0.022 88	0.024 65	0.023	0.44
B接地强度	1	0.95	0.002 67	0.000 20	0.048 4	0.003 345	0.44
D接地强度	1	0.88	0.273 23	0.340 3	0.0484 53	0.000 016	0.44
E接地强度	1	0.88	0.026 77	0.035 84	0.236 067	0.003 333	0.44

表 3 训练样本

Tab 3 Training sample

节点名	A	B	C	D	E	F	N
正常强度	1	0.934	0.472 2	0.032 88	0.034 65	0.043	0.64
B接地强度	1	0.97	0.012 7	0.002 24	0.038 4	0.005 345	0.64
D接地强度	1	0.934	0.373 3	0.380 3	0.048 453	0.003 96	0.64
E接地强度	1	0.934	0.036 57	0.055 82	0.236 067	0.004 01	0.64

将表 1 数据归一化,形成系统测试数据表 2,用表 2 数据测试神经网络,输出结果向量为  $[0.9280 \ 0.0014 \ 0.0004 \ 0.0000; 0.0152 \ 0.9723 \ 0.0000 \ 0.0007; 0.0121 \ 0.0000 \ 0.9956 \ 0.0001; 0.0000 \ 0.0012 \ 0.9891]$ 与期望的一样。另外选取数据进行测试,结果全部符合期望。说明经过神经网络具有较强的抗干扰能力和适应性。结论:在理想条件下此系统能够准确找出故障支路。

### 3 结论

本文提出的 PT 在线注入信号故障定位法,较以前的 PT 离线注入信号法故障测距法相比是一种创新。本方法特点在于:小电流接地系统发生永久性单相接地故障后,通过电压互感器在线向系统注入高频信号,运用小波变换模极大值提取故障点的反射波特征信息、模极大值的位置信息进行故障测距,把模极大值的强度信息,传递给具有识别支路接地故障功能的神经网络诊断系统,从而达到识别故障支路的目的。通过 Matlab/Simulink/PSB 仿真证明笔者提出的故障定位方法是正确的,定位的准确度较高。它不仅有效地解决了过渡电阻对传统测距方法的限制问题而且可以在线反复多次注入信号、分析特征、定位故障,更重要的是可以调节注入信号的强度提高定位的有效性。

## 参考文献:

- [1] 夏雨,贾俊国,靖小平,等.基于新型配电自动化开关的馈线单相接地故障区段定位和隔离方法[J].中国电机工程学报,2003,23(1):103-106  
XIA Yu, JIA Jun-guo, JING Xiao-ping, et al A New Method of Location for Signal Phase Grounding Fault Section of Feeders in Power Distribution Network Based on New Types of Distribution Automation Switchgear[J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(1): 103-106
- [2] 张国平,杨明皓.配电网 10 kV 线路单相接地故障区段定位的有效值法[J].继电器,2005,38(8):34-37.  
ZHANG Guo-ping, YANG Ming-hao A Virtual Value Method of Locating Single-phase Grounding Fault Section of 10 kV Feeders in Power Distribution System[J]. Relay, 2005, 38(8): 34-37.
- [3] 裴善鹏,齐郑,刘雪莉,等.小电流接地系统 C 型行波故障定位方法的研究[A].中国高等学校电力系统及其自动化专业第二十二届学术年会论文集.郑州:2004  
PEI Shan-peng, QI Zheng, LIU Xue-li, et al Research of Fault Location with C Model Traveling Wave Method for Small Current Neutral Grounding System [A]. Proceeding of 20th CUS-EPSA. Zhengzhou: 2004.
- [4] 严凤,杨奇逊,齐郑,等.基于行波理论的配电网故障定位方法的研究[J].中国电机工程学报,2004,24(9):37-43.  
YAN Feng, YANG Qi-xun, QI Zheng, et al Study on Fault Location Scheme for Distribution Network Based on Traveling Wave Theory [J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(9): 37-43.
- [5] 桑在中,潘贞存,李磊."S注入法"与选线测距定位[J].电力系统及其自动化学报,1998,10(4):35-38  
SANG Zai-zhong, PAN Zhen-cun, LI Lei "S Signal Injection" and Fault Line Identifying and Distance Measuring and Fault Point Locating Technique [J]. Proceedings of the EPSA, 1998, 10(4): 35-38
- [6] 陈维贤.电网过电压教程[M].北京:中国电力出版社,1996  
CHEN Wei-xian High Voltage Tutorial of Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1996
- [7] 蔡玉梅,何正友,王志兵,等.行波法在 10 kV 铁路自闭/贯通线故障测距中的应用[J].电网技术,2005,29(1):15-19.  
CAI Yu-mei, HE Zheng-you, WANG Zhi-bing, et al Application of Traveling Wave Based Fault Location in 10 kV Railway Automatic Blocking and Continuous Power Transmission Lines [J]. Power System Technology, 2005, 29(1): 15-19.
- [8] Mallet S, Hwang W L. Singularity Detection and Processing with Wavelets [J]. IEEE Trans on Information Theory, 1992, 38(20): 617-643
- [9] 冯纪明.小电流接地系统单相接地故障点的鉴相探测[J].电力技术,1991,24(4):75-76  
FENG Ji-ming Detecting and Distinguishing Phase for Signal Phase Grounding Fault Point in Indirectly Grounding Power System [J]. Electric Power Technology, 1991, 24(4): 75-76
- [10] 飞思科技产品研发中心.神经网络理论与 MATLAB7 实现[M].北京:电子工业出版社,2005.  
"Feisi" Science and Technology Developing Center Neural Network Theory Realizing [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.
- [11] 何正友.电力系统暂态信号的小波分析方法及其在 EHV 输电线路暂态保护中的应用研究(博士学位论文)[D].成都:西南交通大学,2000  
HE Zheng-you A Study of Electric Power System Transient Signal Analysis Method and Its Application to EHV Transmission Systems Transient Protection, Doctoral Dissertation [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2000.
- [12] 贾清泉,刘连光,杨以涵,等.应用小波检测故障突变特性实现配电网小电流故障选线保护[J].中国电机工程学报,2001,21(10):78-82  
JIA Qing-quan, LIU Lian-guang, YANG Yi-han, et al Abrupt Change Detection with Wavelet for Small Current Fault Relaying [J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(10): 78-82
- [13] 贺家李,宋从矩.电力系统继电保护原理(增订版)[M].北京:中国电力出版社,2004.  
HE Jia-li, SONG Cong-ju Relay Protection Theory for Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.
- [14] 吴天明,谢小竹,彭彬. MATLAB 电力系统设计与分析[M].北京:国防工业出版社,2004.  
WU Tian-ming, XIE Xiao-zhu, PENG Bin Power System Analysis and Design [M]. Beijing: Publishing House of National Defense Industry, 2004.

收稿日期: 2005-09-05; 修回日期: 2005-10-08

作者简介:

蔡维(1968-),男,硕士研究生,工程师,研究方向为变电站综合自动化及继电保护;E-mail: caiwei\_68@163.com

张雪松(1973-),男,工程师,研究方向为变电站综合自动化;

刘承志(1963-),男,副教授,研究方向为继电保护及电力系统监控。

(下转第 53 页 continued on page 53)

徐爱春 (1973 - ),男,讲师,主要从事电力系统信息整合方面的教学与研究工作; E-mail: dannyxu@yeah.net  
魏艳华 (1976 - ),女,讲师,主要从事神经网络方面研

究与应用;

章坚民 (1962 - ),男,教授,硕士生导师,主要从事电力管理与控制建模、嵌入式应用等方面的研究。

## Design and implementation of vector graphics editing system based on CM/SVG

XU Ai-chun<sup>1,3</sup>, WEI Yan-hua<sup>1</sup>, ZHANG Jian-min<sup>2,3</sup>

(1. Huzhou Vocational and Technological College, Huzhou 313000, China;

2. Hangzhou University of Electronics Engineering, Hangzhou 310037, China;

3. Hangzhou Information Technology Co. Ltd for State Power, Hangzhou 310012, China)

**Abstract:** At present, the main problems of an automatic engineering configuration system for substation automation in power system include information inconsistency and data re-input between master station and substation. This paper analyzes the disadvantage of third party graphic editing systems, and proposes an opening format modeling system with integrated graphic and data using SVG (Scalable Vector Graphics) with CM (Common Information Model), will greatly reduce the complexity of automatic engineering configuration. This paper also provides key implementation of the vector graphic editing system of power system by use of open source components JGraph, Batik and Log4j in java environment. Such development yields an engineering expected system which fulfills the open engineering configuration for manual configuration in substation and automatic configuration in master station. This design has been used in real application.

**Key words:** graphics editor; graphic/modeling integration; engineering for substation automation; SVG (scalable vector graphics); CM (common information model)

(上接第 48 页 continued from page 48)

## Distribution network fault location method based on PT injecting signal and neural network fault diagnosis system tracking the character of wavelet transform modulus maxima

CAI Wei<sup>1</sup>, ZHANG Xue-song<sup>2</sup>, LIU Cheng-zhi<sup>3</sup>, DU Ji-wei<sup>3</sup>

(1. Guangxi Electric Power Industry Investigation Design and Research Institute (GXED), Nanning 530023, China

2. Pingshuo Mine Coal Industry Company, Shuozhou 036800, China;

3. College of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** The principle of traveling wave based on fault location of power transmission lines is presented. The power net is injected high frequency impulse signal online from voltage transformer connected to substation bus after the fault of single-phase grounding take place, and then the echo traveling wave from the fault spot corresponding to the high frequency impulse signal is captured by the fault detector installed in the substation. As long as the network structure is known, fault location can be found by analyzing character of wavelet transform modulus maxima of echo traveling. With this method, not only the electrical distance from fault spot to the detector can be checked but also fault offset circuitry is confirmed. Fault location veracity can also be increased via adjusting injected signal magnitude time after time according to analysis results error. This method can avoid grounding resistance influence for a precision detection. The modeling and simulation of the proposed method are conducted by software MATLAB/SMULNK. The simulation results show that the proposed method is feasible.

**Key words:** tension transformer; neutral indirectly grounded system; neural networks; wavelet transform; Karenbauer transform; model traveling waves fault location; modulus maxima