

中性点非直接接地系统故障选线原理的发展与展望

马珂,张保会

(西安交通大学电气工程学院,陕西 西安 710049)

摘要: 中性点非直接接地是配电网普遍的接地方式,迅速判定单相接地故障线路是配网保护的关键问题,国内外对此进行了广泛而深入的研究并取得了大量成果。通过参阅国内外相关文献,在简要回顾故障选线原理发展的基础上,重点就当前各种故障选线原理的新进展做出分类,并概略分析了它们各自的优缺点。并由此提出了发展故障选线原理的研究思路和所需面对的关键问题。

关键词: 中性点非直接接地系统; 单相接地故障选线

中图分类号: TM773 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2003)05-0065-06

1 引言

我国城乡的配电网中,主变中性点一般采取不接地(NUS)、经高值电阻(NRS)或经消弧线圈(NES)的接地方式。中性点以这类方式接地的电网,在发生单相接地故障时短路电流只能通过对地电容或阻抗形成小电流回路,被称为小电流接地系统。由于配电网主要是以架空裸线为主的辐射网,所以单相接地瞬时故障占配电网故障的绝大多数。在中性点非直接接地系统中,发生单相接地故障后,故障相对地电压降到极小,非故障相对地电压则将接近线电压,其对地电容电流也将相应增大^[1]。这极易导致线路非故障相绝缘薄弱处发生对地击穿,造成两相接地短路。尤其是对于配网中越来越多的地下敷设电缆,虽然单相接地故障概率较低,但在这种情况下,则会发展为永久性相间故障。所以必须尽快检出单相接地故障线路并断开,将危害减到最低。

2 国内外的研究现状

最初的故障选线方法是逐条线路拉线监视零序电压有无,虽可保证正确性,但速度慢且对供电可靠性极为不利。后续提出的多种故障选线原理,按照所用电气量,可分为利用注入信号和故障信号两类。其中利用故障信号的方法又可分为利用故障信号稳态量和暂态量两类。

3 利用注入信号选线

注入信号最早用于输电线路的故障测距。文献[2]提出通过检测注入信号的传输路径和特征实现故障选线、测距和定位。在母线PT二次侧加装一个高频(不同于电网中原有的谐波频率,如220Hz,便

于滤波检测)电流信号源,在故障后通过PT向故障相注入高频电流信号。这样在PT一次侧中性接地点与故障接地点之间形成注入信号电流回路,该频率信号电流仅在接地故障线路中流通,非故障线路上则不存在。通过加装在出线处的信号电流探测器,检测各线路上有无注入的特定频率信号电流,便可查出接地线路。

但是由于需要在每条线路上装设信号电流探测器,造成现场实现的复杂化。而且单相接地故障的接地电阻由于受接地介质和环境电压等诸多因素的影响,数值往往达到千欧级,造成信号电流阻抗角变小,容易产生测量和计算误差,造成误判。

4 利用故障信号稳态分量选线

在中性点非直接接地系统中,一条线路出现单相接地故障,整个系统中都会出现零序电压和零序电流。母线PT二次开口三角绕组的电压为三倍零序电压,测量此处的零序电压即可在系统中构成绝缘监视装置,对故障选线装置发出启动信号。在中性点非直接接地系统中,非故障线路始端的零序电流 I_{f0} ,为其自身对地电容电流 I_{c0} 。当中性点不接地时,故障线路始端的零序电流 I_{f0} ,为所有非故障线路零序电流之和,而方向是自线路流向母线,即有

$$I_{f0} = - \sum_{i \neq f} I_{i0} = - \sum_{i \neq f} I_{ic} \quad (1)$$

当中性点经消弧线圈接地时,故障线路始端的零序电流 I_{f0} ,为所有非故障线路零序电流与消弧线圈电感电流 I_{nl} 之和,方向是自母线流向线路,即有

$$I_{f0} = - \left(\sum_{i \neq f} I_{i0} + I_{nl} \right) = - \left(\sum_{i \neq f} I_{ic} + I_{nl} \right) \quad (2)$$

这是为了保证在系统运行方式改变时对电容电流仍能有效补偿,消弧线圈一般采用过补偿度为 5% ~ 10% 的过补偿方式所致。但是这样进行补偿以后,故障线路与非故障线路的零序电流在幅值大小和方向上的差异都不明显了^[1]。

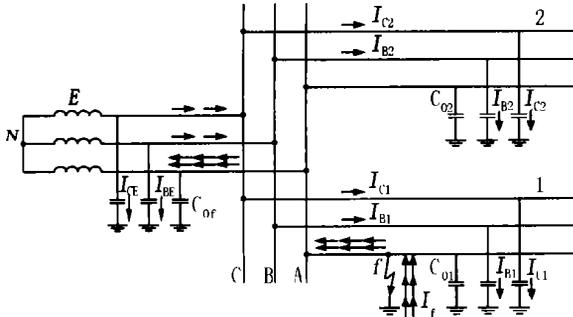


图 1 中性点不接地系统单相接地

Fig. 1 Single-phase grounding fault in an unearthed neutral network

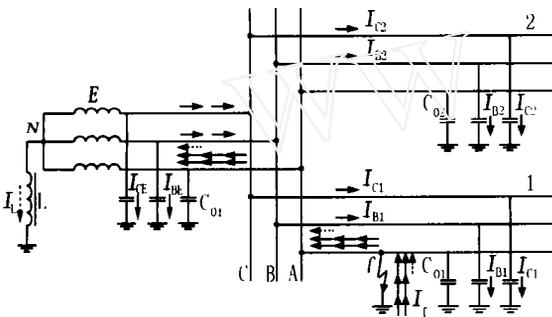


图 2 中性点经消弧线圈接地系统单相接地

Fig. 2 Single-phase grounding fault in a compensated neutral network

4.1 零序电流幅值选线

中性点不接地系统发生单相接地时,故障线路零序电流的幅值,等于非故障线路的对地电容电流和的幅值^[1]。即有

$$|I_{f0}| = \left| \sum_{i \neq f} I_{iC} - I_{fC} \right| = \sum_{i \neq f} |I_{iC}| \quad (3)$$

则在各线路长度接近的情况下,故障线路零序电流的幅值将大于任意一条线路(无论是否故障)的对地电容电流的幅值,即有

$$|I_{f0}| = \sum_{i \neq f} |I_{iC}| > |I_{fC}| \quad (4)$$

或

$$|I_{f0}| = \sum_{i \neq f} |I_{iC}| > \forall |I_{iC0}| \quad (5)$$

由于线路对地电容电流的幅值可通过事先测得的线路对地电容与故障发生时测得的零序电压计算获得。所以对线路零序电流作群体幅值比较选出最

大者^[3,4],或将线路零序电流与线路自身对地电容电流作幅值比较^[5],都可判定故障线路。但如果故障发生在系统中少数的特长线路上时,由于该线路对地电容较其他线路都大出许多,公式(4)、(5)将不能成立,使得零序电流幅值比较的判据失效。在中性点消弧线圈接地系统中,由于故障时消弧线圈的零序电感电流对系统电容电流进行补偿,也会出现这种情况。系统运行方式的改变和非金属性接地中过渡电阻的大小,会使线路对地电容电流无法确定。选线中所用的线路零序电流是从接在线路三相上的三只 CT 二次侧中线上取得的,由于三个 CT 传输特性的不同,将会产生 CT 不平衡电流。无故障状态下检测到的线路零序电流就是该线路三相 CT 上的不平衡电流,故障状态下检测到的线路零序电流是实际的线路零序电流与线路 CT 不平衡电流的叠加。所以使用零序电流选线都要面对测量精度的问题。

为解决 CT 不平衡电流导致的误差,文献[6]中提出了如下方案:根据各线路零序电流与零序电压的相位关系,将同一线路故障前后的零序电流都投影到故障后故障线路零序电流方向上计算其投影值之差。其中最大的投影差若大于零,则可判定该线路即为故障线路,否则即为母线故障。这种方法通过故障前后电流相减的办法除去了零序电流测量值中三相 CT 不平衡电流造成的误差。其中零序电流在零序电压方向上的投影值,实际上就是零序电流幅值乘以固定系数 $\sin(\theta)$ (θ 是线路阻抗角),所以说这种方法本质上还是零序电流幅值比较。在具体实现中,为了确定故障前的零序电流与故障零序电压的相位关系以计算投影值,需要通过一个中间参考正弦电压信号(是经计算处理的 PT 线电压或装置所用交流电源电压^[6])来辅助运算。这就要求参考电压信号与故障零序电压的相位差在故障前后固定不变,这在实际现场中能否实现仍值得商榷。

4.2 零序电流无功方向选线

在中性点不接地系统中,故障线路的零序电压滞后零序电流 90°,即该线的容性无功功率是自线路流向母线的;而非故障线路的零序电压则超前零序电流 90°,即容性无功功率是自母线流向线路的^[1]。比较各线路的零序电流与系统中零序电压的相差,便可选出故障线路。实际中多将零序电流无功方向比较和幅值比较组合起来应用^[3,4]。但当存在对地电容较小的短线路时,由于零序电流的幅值过小,再加上过渡电阻接地夹角变小,使得装置相角比对的

误差较大,容易引起误判(即所谓的“时钟效应”)。而在中性点经消弧线圈接地系统中,则因过补偿使得故障线路实际的容性无功功率方向也和非故障线路一样,变成了自母线流向线路,使得零序无功方向保护失效。至于为了保证零序无功方向判别有效性而在故障时切除部分或全部消弧线圈的方法,因为使消弧线圈没有发挥应起的补偿作用,所以没有太大的实际意义。

还有文献[7]提出的应用零序测量导纳选线的方法。文中定义线路零序测量电流与零序电压之比为该线路的零序测量导纳。按照这个定义,可以推出:故障线路零序测量导纳等于电源零序导纳与非故障线路零序导纳之和取负。则一条线路为故障线路与为非故障线路时的零序测量导纳之差在数值上就等于系统的总对地导纳,二者在复导纳平面中的范围存在明显界限,据此可判断是否为线路内部故障。通过汇总各线路内部故障信息便可确定故障线路。发生单相接地故障以后,在零序网中由于电流很小,所以系统各处的零序电压基本相等。按照文中定义,线路零序测量导纳 Y_{k0} 实质上是零序电流 I_{k0} 乘以固定系数 $1/U_0$,根据 Y_{k0} 的幅值相位选线,实质上是零序电流幅值比较和零序电流无功方向比较复合起来的比较。需要注意的是,前面提到的文献[3,4]是将二者组合起来,即先用一种方法缩小选择范围,再用另一种方法精选。而这种方法需要计算两个复数商的幅值和相角作比较,是对复合运算的比较,这大大增加了计算误差的来源,其精度必然不及零序电流幅值和无功方向这两种依靠简单计算比较选线的方法。

4.3 零序电流有功方向选线

中性点经消弧线圈接地系统中的消弧线圈可等效为电感 L 和电导 g_L 的并联,则单相接地故障时流过消弧线圈的零序电流中含有有功分量 $g_L U_{0f}$,即有

$$I_{0N} = g_L U_{0f} + j \frac{1}{L} U_{0f} \quad (6)$$

而在线路中只有故障线路零序电流中才含有有功分量,且为 $-g_L U_{0f}$,即有

$$I_{01} = -(I_{02} + I_{0N}) = -g_L U_{0f} - j \left[\frac{1}{L} + C_{02} \right] U_{0f} \quad (7)$$

所以故障线路零序电流的有功分量与零序电压存在 180 的相位差,与线路对地电容电流也存在 90 的相位差。以零序电压为基准比对有功分量相角,便可

实现故障选线^[8]。但在实际中,有功分量一般只占零序电流的 2%~3%,易受 CT 不平衡对零序电流提取精度的影响,相角比较也是容易发生误判的。

4.4 零序电流谐波幅值方向选线

在分析中性点非直接接地系统单相接地故障的零序网中,零序电源是附加在线路故障点上的工频电压源。从过渡电阻的非线性可知故障点本身就是一个谐波源(金属性接地是经电阻接地发展而来的)。而变压器和部分负荷中由绕阻铁芯饱和造成的非线性励磁特性,也使得这些元件在工频正弦的零序电压作用下,产生了波形畸变。这些因素导致零序电流含有大量奇次谐波成分。其中 3 倍次谐波电流相位一致,流经变压器三相绕组或被削弱或相互抵消。所以零序谐波电流按照幅值大小依次为基波、5 次、7 次、11 次等谐波,而且它们在系统中的分布基本相同^[9]。可以通过对零序电流进行傅立叶变换,以获得其高次谐波电流的幅值和方向进行选线。尤其是在中性点经消弧线圈接地系统中,消弧线圈主要补偿的是零序基波电流,所以其电感值按照工频整定。由于 5 次谐波分量通过消弧线圈时的阻抗是基波的 5 倍,其线路对地电容容抗却是基波的 1/5,所以消弧线圈上的 5 次谐波感性电流远远不能补偿系统的 5 次谐波对地电容电流,即有

$$\begin{cases} L & 1/(C\Sigma) \\ 5L & 1/(5C\Sigma) \end{cases} \quad (8)$$

所以在中性点经消弧线圈接地系统中,通过对零序 5 次、7 次谐波电流作幅值或无功方向比较,可以实现故障选线^[3,4]。

但是由于系统中 5 次、7 次谐波易受过渡电阻和发电机、变压器、负荷及其他非线性特性元件的影响,尤其是在电力电子装置应用较多的环境中,其幅值波动较大,所以不能保证选线可靠性。

4.5 人工智能技术选线

将故障后系统各处零序电流的幅值相位组合起来,可以认作是对应于此类故障的一个模式,这样就把故障选线的问题转变为一种识别故障电流模式所属类别的模式识别问题。文献[10,11]中提出将统计模式识别的基本方法——Bayes 决策,和多层前馈神经网络引入进来,对不知属性的故障电流模式进行分类识别。但由于要求每个系统都需要有大量真实的故障电流数据构成模式信息来训练神经网络,这在工程实际中是很难满足的。

4.6 负序电流选线

对称分量法是用来分析电力系统不对称故障的

主要方法。通常需要先构建三序等值网络,然后根据故障边界条件得出组合序网。正负序网的结构相同,其中静止元件的正负序阻抗值相等,而发电机和电动机这类旋转元件的正负序阻抗值则不等。中性点非直接接地系统的主要线路结构方式是辐射网,其单相接地故障负序网络如图3所示,其中: Z_{2ST} 为母线后变压器及电源的负序阻抗; Z_{2kF1} 和 Z_{2kF2} 是故障线路 k 故障点两侧部分的负序阻抗; Z_{2iF} 是非故障线路的负序阻抗; Z_{2iL} 和 Z_{2kL} 分别是两条线路的负载的负序阻抗,且有

$$Z_{2iL} = Z_{2ST} \tag{9}$$

如果线路都比较短,存在如下关系:

$$\begin{cases} Z_{2kL} = Z_{2kF1} + Z_{2kF2} \\ Z_{2iL} = Z_{2iF} \end{cases} \tag{10}$$

则接地故障产生的负序电流 I_2 大部分由故障点经故障线路(即 I_{2k})、变压器电源(即 I_{2S})流回大地,经各线路及其对地电容流回的负序电流相对很少,即

$$\begin{cases} |I_{2i}| = |I_{2k}| \\ I_{2ST} \quad I_{2k} \quad I_2 \end{cases} \tag{11}$$

据此可通过比较线路负序电流幅值选线。

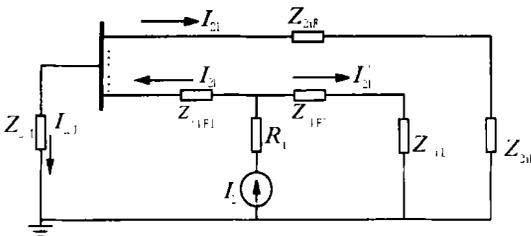


图3 中性点非直接接地系统单相接地故障负序网络图
Fig. 3 Negative - phase Sequence Network for a single - phase grounding fault in the unearthed or compensated neutral network

另外由正负序阻抗的关系,可知负序网中阻抗均为感性,且电抗要大于电阻数倍。所以定义自母线流出为负序电流正方向,则各线路负序电流相对故障相电压 U_A 和变压器电源负序电流 I_{2ST} 有如下相位关系:

相差	故障线 I_{2k}	非故障线 I_{2i}
U_A	0°	$> 90^\circ$
I_{2ST}	180°	$< 90^\circ$

据此比较线路负序电流相位,也可选线。

但是由于单相接地故障的复合序网是串连在一起的三个序网,所以从故障点流入系统的负序电流和零序电流是相同的。因此在中性点非直接接地系

统中利用负序稳态电流进行故障选线,和前述众多的利用零序稳态电流选线方法一样,仍需面对电流幅值过小而导致的测量误差,以及由此产生的误判问题。而且故障若发生在轻载长线的始端,则负序电流的分布假设不能成立,因此比较负序电流幅值的选线也将失效。

5 利用故障信号暂态分量选线

上面利用故障信号稳态分量的方法都存在电气量幅值偏小的缺陷。在中性点非直接接地系统单相接地故障时,存在一个明显的暂态过程。电气量中含有大量丰富的高频分量和直流分量。其中电流量通常较大,尤其是接地电容电流的暂态分量往往比其稳态值大几倍到几十倍,容易测量。而消弧线圈对于暂态量中丰富的高频信号相当于开路,所以中性点不接地系统和经消弧线圈接地系统的暂态过程是基本相同的。随着技术手段的发展,暂态电气量的采集精度和计算速度提高很大,使得利用故障暂态量进行选线成为可能。

5.1 首半波假设选线^[1]

单相接地故障暂态电流中包含:由故障相电压骤减引起的放电电容电流,和由非故障相电压骤增引起的充电电容电流。前者直接经对地电容流入大地,衰减较快,称为暂态电容电流。后者先经变压器或发电机中性点分配到非故障相,再经对地电容流入大地,回路电感大衰减较慢,称为暂态电感电流。在相电压峰值出现前后发生接地故障时,故障相电容电荷通过故障相线路向故障点放电,故障线路分布电容和分布电感具有衰减振荡特性,所以暂态电容电流接近其峰值,而暂态电感电流接近为零,两者相差很多。则在这种故障情况下的电流首半波中,暂态电流的最大值远大于稳态电流;而零序电流和电压的相位,在非故障线路相同,在故障线路则存在 180° 的相差。

因此基于接地故障发生在相电压接近最大值瞬间这一假设,利用故障线路暂态零序电流和电压首半波的幅值和方向均与正常情况不同的特点,可实现选线。但是故障发生并不一定在相电压峰值出现前后的瞬间里,在相电压过零前后发生的接地故障,其首半波电流暂态分量就会很小,再计及过渡电阻的影响,则容易引起误判。

5.2 利用小波理论分析暂态量选线

中性点非直接接地系统单相接地后,故障电流由接地点经各线路对地电容或中性点消弧线圈构成

接地回路,其中突变的故障暂态信号含有大量的高频分量。但不同频率的暂态分量分布却是不同的,有的与稳态分量相同自接地点进入经各线路对地电容和消弧线圈返回,有的则只存在于个别线路及其对地电容上。确定前者的分布或者利用前者的特征,便可获得有效的选线信号,其关键在于确定这类信号的所处频段以便获取分析。

传统的方法如快速傅立叶变换,虽然能够获得信号的频率特征,但当用于分析突变的非平稳信号时,却把信号频域信息分散到整个频域里,所以不能提供信号突变的局部时频特征。新兴的小波分析^[13]则具有不同分辨尺度的可调时频窗,这对提取故障暂态信号的突变特征是极为有利的。文献[14~19]便将不同的小波分析方法引入到分析故障暂态量选线的研究中,主要是对特定频段信号的幅值、方向、能量等特征进行分析。

但是已有文献中,多为对某一特定的中性点非直接接地系统模型作 EMTD 接地故障仿真,然后对仿真所得数据作某类小波分析,再由分析结果中找出选线判据。可见,这种研究方法在选线系统的适应性上还有待实际检验。

特别是其中有些 EMTD 接地故障仿真中^[14,15],对线路均采用多相耦合 RL 支路序参数模型处理,正序零序阻抗参数输入竟为欧姆值,这说明其仿真线路是按照集中参数的工频线路模型构建的。对于研究电力系统故障的线路电磁暂态过程而言,使用集中参数的线路模型是错误的,应该使用分布参数模型^[16]或更精确的频率相关模型等。所以这些文献的分析结果都还有待商榷。

6 故障选线原理的研究展望

综上所述,对中性点非直接接地系统单相接地故障选线原理的研究,多年来取得了很多成果。但是根据这些故障选线原理制造的选线装置,还不具备在电力系统中推广应用的可靠性和准确性。对此,中国电机工程学会自动化专委会配电自动化分专委会已有清楚共识,认为“目前尚无准确可靠的微机选线装置能动作于跳闸,因而希望科研单位、大专院校、厂商攻关解决”^[20]。这主要是因为配电网系统的运行情况复杂多变,以及对单相接地故障过程机理的研究的缺乏。从故障量中准确、充分地提取故障信息是实现故障选线的前提,基础研究的缺乏直接导致了对故障过程和故障量理解和运用的片面性。

通过以上的分析,提出了以下尚待解决的问题及一些新的研究方向以供参考:

A. 中性点非直接接地系统中线路单相接地后跳闸的要求日益迫切,目前利用稳态量的选线原理难于满足跳闸的选择性要求,因而必须研究新的选线原理。

B. 对中性点非直接接地系统单相接地故障暂态过程的研究还有待深入突破。更精确的故障数学模型也有待提出。在这些基础研究取得进步的基础上,得到具有普遍意义的故障暂态特征,才能有的放矢地应用小波分析或现有的其他信号处理手段,得到更好的故障选线方法。

C. 对于配电网运行中各种状态下的故障情况还有待做大量的专门的研究与仿真。利用故障暂态量选线的研究,不能只考虑某些理想状态下的情况,应当考虑到现场会出现不同运行方式并且尽量减少其对选线的影响,这样的选线方法才有实际意义。

D. 尽管部分地区的条件允许在配电网线路上装齐三相 CT,但是从经济适用的角度而言对立足两相 CT 的选线研究仍应继续。

随着原理研究的深入、信息技术的发展和数学工具的进步,可靠准确地在中性点非直接接地系统中实现单相接地故障选线将为时不远。

参考文献:

- [1] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京:中国电力出版社,1994.
- [2] 桑在中,等. 用注入法实现小电流接地系统单相接地保护[J]. 电力系统自动化,1996,20(2):11-12.
- [3] 任建文,等. 中性点不接地电网中单相接地保护的相对原理[J]. 电力自动化设备,1994,3(8):15-17.
- [4] 郝玉山,等. 小电流接地微机选线的群体比幅比相原理[J]. 电力情报,1994,(2):15-19.
- [5] 葛耀中,窦秉国. 非直接接地系统中检出单相接地线路的新方法[J]. 继电器,2001,29(9):1-5.
- [6] 檀国彪,等. 基于最大 $I \sin$ 或 $(I \sin)$ 原理的微机选线装置[J]. 中国电力,1995,28(7):16-20.
- [7] 曾祥君,陈德树,等. 零序导纳馈线接地保护的研究[J]. 中国电机工程学报,2001,21(4):5-10.
- [8] 牟龙华. 零序电流有功分量方向接地选线保护原理[J]. 电网技术,1999,23(9):60-62.
- [9] 郝玉山,等. 零序网络中的谐波电流分布[J]. 华北电力学院学报,1995,22(3):12-17.
- [10] 郝玉山,等. 应用模糊推理的一种小电流接地保护原理[J]. 电力情报,1994,(2):4-7.
- [11] 刘宇,申东日,等. 小电流接地系统单相接地选线的

- 两种新思路[J]. 继电器, 1998, 26(4):25-28.
- [12] 曾祥君,等. 配电网接地故障负序电流分布及接地保护原理研究[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(6):84-89.
- [13] 葛耀中. 小波变换与继电保护技术[J]. 继电器, 1998, 26(4):1-6.
- [14] 操丰梅,等. 小波变换在配电自动化接地故障检测中的应用研究[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(13):33-36.
- [15] 毛鹏,等. 小波包在配电网单相接地故障选线中的应用[J]. 电网技术, 2000, 24(6):9-13.
- [16] 贾清泉,等. 小电流接地电网单相接地故障的小波选线方法[J]. 继电器, 2001, 29(3):5-8.
- [17] Chaari O, Meunier M. A Recursive Wavelet Transform Analysis of Earth Fault Currents in Petersen-Coil-Protected Power Distribution Networks[C]. Proceedings of the IEEE SP International Symposium on Time-Frequency and Time-Scale Analysis, 1994:162 - 165.
- [18] Chaari O, Meunier M, Brouaye F. Wavelets: a new tool for the resonant grounded power distribution systems relaying [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1996, 11(3): 1301 - 1308.
- [19] Assef Y, Chaari O, Meunier M. Classification of Power Distribution System Fault Currents Using Wavelets Associated to Artificial Neural Networks[C]. Proceedings of the IEEE SP International Symposium on Time-Frequency and Time-Scale Analysis, 1996: 421 - 424.
- [20] 中国电机工程学会自动化专委会配电自动化分专委会秘书组. 配电自动化分专委会学术讨论会中关注的问题[J]. 电网技术, 1999, 23(1):68 - 69.

收稿日期: 2002-10-09 修回日期: 2003-03-05

作者简介:

马珂(1978-),男,硕士研究生,从事电力系统继电保护的研究;

张保会(1953-),男,教授,博士生导师,IEEE高级会员,主要从事电力系统继电保护与安全稳定控制领域的研究。

Development and prospect of the single - phase grounding fault detection in unearthed or compensated neutral networks

MA Ke, ZHANG Bao-hui

(Xi 'an Jiaotong University, Xi 'an 710049, China)

Abstract: Distribution systems are universally the unearthed or compensated neutral networks. Detecting the singlephase grounding fault feeder quickly and reliably is an important issue in the distribution system protection. Through reviewing the relevant published documents, this paper makes a brief retrospect on the development of single-phase grounding fault detection. The classification according to used signals and the summary of respective advantages and disadvantages are then taken on the current different principles of detection. In the end, some new development tendencies and several key problems of single-phase grounding fault detection are motioned.

Key words: unearthed or compensated neutral networks; single-phase grounding fault detection

T901 漆包线脱漆剂

T901漆包线脱漆剂是我校研制的一种高科技产品,本产品适用于漆包线(QZ、QQ、QA、QH、Qa、QZY等型)及纤维绕包线(单股或多股)的去漆,使用方法简便快捷,产品质优价廉,几年来得到全国微电机、继电器行业使用单位的一致好评。

产品特点:

脱落漆包线漆膜时对铜线无损伤,
且无腐蚀和氧化作用。

一剂在手
脱漆无忧!

经销: 哈尔滨电工学院服务公司
联系人: 修翠兰 电话: (0451) 6396436
地址: 哈尔滨市动力区大庆路121号 哈尔滨理工大学东区282信箱
开户行: 工行和平支行 帐号: 3500050109004754514