电力系统故障定位原理综述

郭俊宏[1],谭伟璞[1],杨以涵[1],郭芳霞[2],任杰[3]

(1. 华北电力大学电气工程学院,北京 102206; 2. 山西运城供电公司生产技术部,山西 运城 044000;
3. 聊城供电公司,山东 聊城 252000)

摘要: 在电力系统中,由于输配电网络结构不同,因此适用于各自的故障定位方法各有不同。在现有研究的基础上,介绍了阻抗法和行波法在高压输电线路和中低压配电网线路的故障定位技术中的应用原理,并且对各种原理下的不同算法作出总结。在比较各种算法优缺点的同时,对今后研究趋势作出了展望。

关键词: 行波; 故障定位; 算法

中图分类号: TM711 **文献标识码**: A **文章编号**: 1003-4897(2006)03-0076-06

0 引言

在电力系统运行中,输配电线路担负着电能输送分配的重任,很容易发生故障,而用人工查找故障点又非常困难。故障定位技术可以根据线路故障时的故障特征迅速准确地进行故障定位,不仅有利于线路及时修复,保证可靠供电,大大减轻人工巡线的艰辛劳动,而且对电力系统的安全稳定和经济运行都有十分重要的作用。由于高压输电线路和中低压配电网本身线路网络结构的不同,所以,适应于各自的故障定位方法也有所区别。本文分别就高压输电线路和中低压配电网的各种故障定位方法研究现状作出总结概括。

1 高压输电线故障定位

高压输电线故障定位早有研究,尤其是随着计算机技术的应用,微机保护和故障录波装置的开发及大量投运,更加速了故障测距的实用化进程。基于微机或微处理装置的故障测距方法研究也早已成为国内外的热门课题之一。

输电线路故障定位按其工作原理分为阻抗法、行波法两种。

1.1 阻抗法

阻抗法基本原理如下(图 1):在离母线 M处 L 公里的 F点发生接地故障,故障点的接地电阻为 R_f,在母线 M处测得的电流和电压之间的关系为:

$$U_m = Z_1 I_m + R_f I_f \tag{1}$$

两侧故障电流之和:

$$I_f = I_m + I_n \tag{2}$$

M端测量阻抗为:

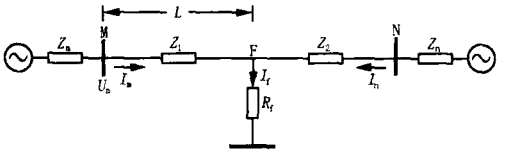

图 1 阻抗法原理图

Fig 1 Principle of impedance method

$$Z_c = \frac{U_m}{I_m} = Z_1 + \frac{I_f}{I_m} R_f = Z_1 + KR_f \tag{3}$$

其中基于阻抗法实现的测距方法有代数法和微分方程法。代数法是利用故障时工频电压电流量,通过分析计算求出故障点的距离,因为在系统运行方式确定和线路参数已知条件下,定位装置测得的电压电流是故障距离的函数。微分方程法根据三相输电线路的微分方程,利用线路两端电流电压量进行故障定位。

阻抗法按算法分可分为利用单端数据和双端数据两类[1]。

单端数据的测距算法是根据单端(本端)测得的电压和电流及必要的系统参数,计算出故障距离。现有的单端测距算法,主要还存在以下问题:①故障过渡电阻或对端系统阻抗变化对测距精度的影响; ②输电线路及双端系统阻抗的不对称性对测距的影响; ③测距方程的伪根问题。造成测距误差的根本原因是存在故障过渡电阻。要减小其影响,就要引入对端系统的阻抗,那必然要受到对端系统阻抗变化的影响,这是单端测距法长期没有解决的难题。

随着电力系统自动化水平的提高和通信技术的发展,相继提出了双端或多端故障测距方法。双端测距方法不存在原理误差,而且测距在实现时间方面的要求也比保护宽松得多,因此,采用精确的分布

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参数模型的两端测距算法不仅为准确测距奠定了基础,且对高阻类型故障测距也是必需的。但两端测距算法在数据同步和伪根判别等方面有待进一步改进。采用准确线路模型及不要求数据同步的两端(或多端)测距算法在原理上具有更大优越性,值得进一步深入研究。

1.2　行波法

早在 20世纪 40年代,国外学者就已根据行波理论提出了利用行波进行输电线路故障定位的思想。现在,行波法已经成为研究热点。行波法分为 A, B, C, E四种方法。

1.2.1　A型定位方法原理与算法

A型定位原理利用故障点产生的行波,根据测量点到故障点往返一次的时间和行波波速确定故障点距离。根据这种原理研制的定位装置简单,只需在线路一端装设,不要求与线路对端通信联系,随着现代微电子技术的飞跃发展和对行波传播规律的进一步认识,A型定位原理逐渐引起人们的兴趣和关注。

基于 A型的测距算法即利用单端数据算法目前主要有以下三种:

算法一:利用故障点行波的反射波进行测距[2]。该方法利用在检测点检测到的两个相邻线模波头之间的时间差进行故障定位。如图 2所示简单系统,在 f点发生故障后,暂态行波分别向 R, S运动,到达 R, S后,暂态行波将发生反射,反射波经故障点再到 R, S, 所以在 R, S点将检测到 2个波头,设在 R点测到 2个波头之间的时间差为 Δt,行波速度为 v_1,由此可以得到 R点到故障点之间的距离。

图 2　故障行波传播图

Fig 2　Progration of fault travelling waves

$$x = \frac{v_1 \Delta t}{2} \tag{4}$$

但是,在这种方法中,在单相接地故障的情况下,行波的第 2个波头很难测到,原因是线路上的电阻使行波衰减,第 2个波头在故障点和检测点之间来回 2趟,衰减更厉害。

算法二[3]:电力系统故障(接地故障)后,线模和零模将以不同的速度向检测点传播,而理论分析证明,线模波速和零模波速可以用线路的正序参数和零序参数计算所以,只要准确找出到达检测点的线模和零模波头之间的时间差就可以算出故障位置。仍以图 2为例,设 v_1 为线模速度, v_0 为零模速度,线模分量到达 R点的时刻为 t_{R1},到达 S点的时刻为 t_{S1};零模分量到达 R点的时刻为 t_{R2},到达 S点的时刻为 t_{S2},故障时刻为 t。则在 R点对于线模分量有:

$$x = v_1 (t_{R1} - t) \tag{5}$$

在 R点对于零模分量有:

$$x = v_0 (t_{R2} - t) \tag{6}$$

其中: t和 x是未知量,消去 t得:

$$x = \frac{v_1 v_0 (t_{R2} - t_{R1})}{v_1 - v_0} \tag{7}$$

此算法利用第一次到达检测端的零模分量计算,波头衰减少,易于检测,结果误差小。

算法三: t_1 为故障初始行波到达 R端的时刻, t_2 为故障点反射波到达 R端的时间, t_3 为对端母线反射波到达 R端的时刻, t_0 为故障发生的绝对时刻,考虑联立方程:

$$v(t_1 - t_0) = x \tag{8}$$

$$v(t_2 - t_0) = 3x \tag{9}$$

$$v(t_3 - t_0) = 2l - x \tag{10}$$

式中: v, t_0, x是未知参数,可联立求解得到:

$$t_0 = \frac{(3t_1 - t_2)}{2} \tag{11}$$

$$x = \frac{(t_2 - t_1)}{t_3 - 2t_1 + t_2} \tag{12}$$

这种算法可以消除波速的影响[4],理论上计算精度高,但存在各波头到达时间准确检测问题。

1.2.2　B型定位原理与算法[5]

B型定位原理利用故障点产生的行波到达线路两端的时刻并借助通信联系实现故障定位。它利用故障点产生的行波第一次到达两端的信息,不受故障点透射波等因素影响,这种方法要求线路两端测量系统有精确到微秒的同步时钟,要求有通信联系交换对侧数据。全球卫星定位系统(GPS)是一种理想的时间同步技术,利用基于 GPS的同步时钟输出,能够实现两端测距装置 1μs精确同步。随着 GPS技术在电力系统中的应用,线路两端的同步采样已成为现实,并且随着数字光纤通信技术的发展在电力系统中的广泛应用,线路两端的数据交换也已成为可能。

基于 B型原理的测距算法主要有以下两种:

算法一:在线路发生故障后,不管线路的结构、衰减及畸变如何,到达母线处的第一个行波波头都

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

是最强烈和最明显的,因此很容易准确定位[2]。仍以图 2为例,在 S点对于线模分量有:

$$x = v_1 (t_{R1} - t) \tag{13}$$

$$l - x = v_1 (t_{S1} - t) \tag{14}$$

由式 (13)、式 (14)可得:

$$x = \frac{v_1}{2} (t_{R1} - t_{S1}) + \frac{l}{2} \tag{15}$$

算法二:利用波速的测距算法的基础是线模波速受各种因素的影响很小,或者说线模波速的波动在工程误差的范围之内。研究认为:无论哪种模波,在线路上传播的速度是不确定的,各模量的波速度受气候和线路的运行条件影响很大[3]。基于此,提出了消去波速的测距算法 (仍以图 2为例)。设 $A = t_{R1} - t_{S1}$, $B = t_{R2} - t_{S2}$, $C = t_{R2} - t_{R1}$。由双端测距公式得:

$$A = \frac{x}{v_1} - \frac{l - x}{v_1} \tag{16}$$

$$B = \frac{x}{v_0} - \frac{l - x}{v_0} \tag{17}$$

$$C = \frac{x}{v_0} - \frac{l - x}{v_1} \tag{18}$$

由式 (16)、式 (17)解出线模和零模波速为:

$$v_1 = \frac{x}{A} - \frac{l - x}{A} \tag{19}$$

$$v_0 = \frac{x}{B} - \frac{l - x}{B} \tag{20}$$

代入式 (18)得测距公式:

$$x = \frac{lC}{A - B + 2C} \tag{21}$$

这种方法的优点是完全消除了波速变化对测距的影响,但是仍然使用了零模的第 1个波头,仍然存在零模衰减的问题,而且也需要双端数据交换通道和同步对时设备。

1.2.3 A型和 B型测距方法比较

A型原理的单端测距算法精度高,但反射波波头很难准确检测到,容易误判,实现起来很复杂,对于检测反射波的问题总结如下[2,6]:

1)当检测母线上接有三回及以上进出线时,初始行波和故障点反射波都比较强烈,测距容易实现;当检测母线上接有两回进出线时,初始行波比较强烈,故障点反射波很微弱;在只有故障线路的母线上,反射将明显减弱,单端测距可能失败。

2) 故障点的过渡电阻越大,反射将越弱。

3) 当对端母线距故障点较近时,对端母线的反射波将透过故障点先于本端的反射波到达检测母线。

4) 当相邻母线和检测点之间的距离比故障点到检测点之间的距离近时,相邻母线的反射波将先于故障点的反射波到达检测点。再加上零模波头必将先于本端反射波到达检测母线以及电力系统本身的噪声等原因,很难准确判断第二个波头到达的时间。

算法二中利用线模和零模分量的第一个波头,行波衰减小,易于判断波头到达的准确时间,而且只要线路参数准确,计算精度相当高。但是零模速度是否受天气因素的影响,影响多大,尚需进一步讨论;另一方面,零模分量在线路上的衰减情况如何,也需要进一步研究。

B型原理的算法利用行波的第一个波头,衰减小,易于检测到。可以不考虑故障的过渡电阻以及母线的反射条件,使我们能够更加准确地判断故障距离。但是,算法利用双端数据,因此要求测距装置必须有两端数据的交换通道和两端时间同步设备 (GPS),这样就增加了装置的生产成本,不利于测距装置的推广应用。算法二虽然不用考虑速度的影响,但其测距精度并没有明显的提高,而且比算法一要多采集零模的数据。因此作为双端行波测距方法,算法一应该是优先考虑的方法。

1.2.4 C型定位原理

C型定位原理在故障发生后由装置发射高压高频或直流脉冲信号,根据高频脉冲从装置至故障点往返时间进行定位。C型故障定位方法的优势在于:首先,它不需要在各条线路装设采集装置;其次,该方法在进行故障定位时可以重复地判断,对于某些因素 (如其它大的干扰)某一次接收到的信号不能清楚分析出故障点位置,可以重新发一个行波信号再进行一次定位,而其它实时定位的方法中故障点处产生的行波是不可重现的;再次,这种方法不需要在每条线路都安装设备,极大地节省了投资。

1.2.5 利用重合闸的单端电流行波 E型故障测距

利用单端电流行波的故障测距不仅可由因故障扰动而在故障点产生的暂态行波构成,也可由线路开关合闸于故障线路所产生的暂态行波构成[7]。这一点对于装设有重合闸装置的高压输电线路尤为有用,它可以补救因故障发生在电压初始角为零或很小时造成的测距失败。设线路发生了故障,在继电保护作用下,开关将跳开故障线路,之后在重合闸作用下,开关将重新闭合。若故障未消失,则由开关重合所产生的初始行波经延时 τ后到达故障点,在

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

故障点行波又反射回检测母线,其时间间隔仍为 Δt,显然,此 Δt也包含有故障距离信息,同样可用于测距。测距公式同 A型测距原理中算法一的公式。

结合 A,B,E测距方法,利用暂态电流行波的输电线路故障测距装置目前已有单位研制成功并投入现场试运行[8]。

1.2.6　行波法分析工具

输电线路短路故障产生的行波信号是一些传播模式的混合信号,每种传播模式的不同频率分量有不同的速度和衰减,使得行波在传播过程中发生畸变,降低了对行波准确到达时间的判别及对行波反射波的识别能力,这些是影响行波法故障测距精度的重要原因。对传统行波法而言,无论是单纯的频域分析法,还是单纯的时域分析法都不能精确描述暂态行波这类非平稳变化信号,因此测距精度受到影响。小波变换是一种先进的数学工具,它把一个信号分解成不同尺度和位置的小波之和,在时域和频域同时具有良好的局部化性质,利用小波变换的模极大值理论能准确刻画故障行波到达测量端的时刻。同时,通过跨尺度分析排除噪声干扰。作为分析象行波这样非平稳变化或具有奇异性信号的锐利工具,它比傅里叶变换和短时傅里叶变换更为精确可靠,对具有奇异性的故障信号检测更加准确。所以现在对行波信号的很多处理是基于小波变换进行的,诸多实践证明了此种分析工具的有效性。

1.2.7　阻抗法与行波法的比较

1)采用工频量的阻抗测距方法可以利用大量已经投运设备,硬件投资小,容易实现;利用行波的测距方法需要专门硬件设备,投资大,技术较复杂。

2)从原理上看,与工频量测距算法相比行波法几乎不受过渡电阻和线路不对称等因素的影响,精度优于工频量法;但行波法存在反射波的识别问题,且在近区还无法识别反射波区域,而近端恰好是工频法和解微分方程法测距较准确的区段。从这个意义上看,行波法与工频量法具有优势互补性。

2　配电网故障定位

配电网作为给用户供电的重要环节,在线路发生故障时快速找到故障位置,隔离故障区段是至关重要的。但是由于 6～66 kV配电网属于中性点非有效接地系统,线路呈辐射状且带多分支,这种特定的电网结构决定故障反射波信号较弱,且每条线路都设信号采集装置投资太大,所以适用于输电线的 A,B型测距方法都不宜采用。配电网故障定位技术一直是国内外研究的难点,到目前为止还没有很好的解决方法,只能靠人工寻线。少数配电系统安装馈线自动化装置的地区,在线路上安装有自动分段开关和检测装置,故障后利用自动分段开关的相互配合,确定故障区段并将故障区段隔离,但是这种方法只能确定故障区段,并不能确定故障位置,而且由于馈线自动化投资大、维护复杂,没有得到广泛应用。

从 30年代至今,国内外已研制出多种小电流接地系统单相接地选线及测距装置,主要有利用零序电流作为单相接地选线判据,或者利用其谐波分量等,这些方法比早期的拉路巡检法有了较大的提高,也都取得了一定的效果。然而,这类方法仅能应用于装有零序 CT或三相 CT的小电流接地系统。在我国,这种情况不足 10%,绝大部分的小电流接地系统仅装有两相 CT。文献[9]提出‘S信号’注入法,通过母线 PT向接地线的接地相注入信号电流,其基波频率处于工频 n次谐波与 $n+1$次谐波之间,然后利用专用的信号电流探测器查找故障线路和故障点,能迅速判断出接地分支和接地点的确切位置,具有很大推广性。文献[10]研制出了一种基于改进的 S注入法的线路接地故障检测装置,装置由恒流信号电源和信号检测装置两部分组成。在恒流信号电源部分控制系统的设计中采用了闭环 PD直流反馈控制和引入了非线性环节,因此能在负载大范围波动的情况下保持注入电流频率恒定和幅值恒定,可靠性高。信号检测部分采用了编码、高阶滤波等技术,使故障定位的精度和可靠性都得到了很大的提高。文献[11]提出了一种用软件算法实现树状配电网短路识别和定位的方法,然而,由于其数据采集复杂、对网络拓扑结构适应性不强,距实际应用仍有一定距离。

C型故障定位方法用人工注入信号的方法实现定位,对线路情况复杂的配电网系统不失为一种可以考虑的方法,但注入什么样的信号和怎样检测反射波有待进一步研究。

3　电力电缆故障定位

随着我国经济的飞速发展,城市规模不断扩大,电力电缆获得了越来越广泛的应用。在运行中,电力电缆也会发生故障,快速切除故障并排除故障对提高电力系统供电可靠性和稳定性具有决定性作用。

电缆故障一般分为:开路故障、低阻故障和高阻

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

故障三种类型。

从测距原理上分析,阻抗法和行波法同样是电力电缆测距的基本方法。由于电力电缆自身故障的特点,高阻故障和闪络故障用阻抗法根本无法实现,而行波法在此处就显示出优越性。

目前故障电缆的测距方法主要是基于 C型行波测距法的脉冲电压法和脉冲电流法[12]。

脉冲电压法首先将电缆故障在直流或脉冲高压信号下击穿,然后通过记录放电脉冲在测量点与故障点往返一次所需的时间来测距。包括直流高压闪络测量法(直闪法)和冲击高压闪络测量法(冲闪法)。

脉冲电流法通过记录测量故障点击穿时产生的电流行波信号,在故障点与参考点往返一次所需的时间来测距。这种方法用互感器将脉冲电流耦合出来,波形较简单,较安全。也包括直闪法及冲闪法两种类型。

一种基于小波重构的电力电缆故障测距方法[13]把脉冲电源作用下故障相与健全相的电流差作为测量信号,利用小波变换对其作多尺度分解,然后对信号在高频下进行单支重构。与传统的行波测距方法相比,该方法不受电缆分支接头或其他阻抗不匹配点反射波的干扰,不受故障类型的影响,在近区也不存在无法识别反射波的问题,同时也减少了波速不确定性对测距精度的影响。

美国学者为克服高压脉冲法有可能对电缆的健全部分进一步造成危害的缺陷,也提出了在线故障测距方法。但其出发点是将环形线路开路或在线路末端设置开路点,利用故障时产生的浪涌电压或电流在开路点发生正或负的全反射,通过设于开路点附近的传感器得到脉冲信号,测出其脉冲间隔时间实现测距。但这种方法在实际电网中存在局限性。另外,日本学者还提出了利用分布式光纤温度传感器(FODT),通过检测故障点附近温度变化情况来实现电缆故障定位的新方法。英国学者则提出了利用基于脉冲电流法的实时专家系统来实现电缆故障定位。

4 结束语

本文通过对国内外研究现状展望,对输配电系统的故障定位原理及算法做了一定总结,希在此基础上做更进一步研究,以更好地解决实际问题,保证故障及时发现排除,电网可靠运行。

参考文献:

[1] 全玉生,杨敏中,王晓蓉,等. 高压架空输电线路的故障测距方法[J]. 电网技术, 2000, 24(4): 27-33.
QUAN Yu-sheng, YANG Min-zhong, WANG Xiao-rong, et al. A Fault Location Method for Overhead High Voltage Power Transmission Lines[J]. Power System Technology, 2000, 24(4): 27-33.

[2] 董新洲. 小波理论应用于行波故障测距研究(博士学位论文)[D]. 西安:西安交通大学, 1996.
DONG Xin-zhou. Study of Wavelet Theory Applied in Fault Location of Trasmission Line Based on Travelling Waves, Doctoral Dissertation[D]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University, 1996.

[3] 向铁元,胡海安,吴红青. 基于 DSP的行波故障测距方法的研究[J]. 武汉大学学报, 2002, 35(4): 73-86.
XIANG Tie-yuan, HU Hai-an, WU Hong-qing. A Study of Measuring Fault Location by Travelling Wave Based on DSP[J]. Journal of Wuhan University, 2002, 35(4): 73-86.

[4] 蒋涛,陆于平. 基于小波变换的单端输电线路行波故障测距[A]. 中国高等学校电力系统及其自动化专业第二十届学术年会. 郑州: 2004. 941-943.
JIANG Tao, LU Yu-ping. One-terminal Fault Location for Transmission Lines Based on Travelling Waves[A]. Proceedings of CUS-EPSA. Zhengzhou: 2004. 941-943.

[5] 李友军,王俊生,郑玉平,等. 几种行波测距算法的比较[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(7): 36-39.
LI You-jun, WANG Jun-sheng, ZHENG Yu-ping, et al. Comparison of Several Algorithms of Travelling Wave Based Fault Location[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(7): 36-39.

[6] 贾俊国,范云鹏,李京,等. 利用线路行波的线路故障测距技术及应用[J]. 电网技术, 1998, 22(8): 64-66.
JIA Jun-guo, FAN Yun-peng, LI Jing, et al. Using Travelling Waves of Transient Current to Locate the Faulty Position and Its Application[J]. Power System Technology, 1998, 22(8): 64-66.

[7] 董新洲,贺家李,葛耀中,等. 基于小波变换的行波故障选相研究[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(1): 20-22.
DONG Xin-zhou, HE Jia-li, GE Yao-zhong, et al. Research of Fault Phase Selection with Transient Current Travelling Waves and Wavelet Transform[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(1): 20-22.

[8] 陈平,徐丙垠,李京,等. 现代行波故障测距装置及其运行经验[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(6): 66-69.
CHEN Ping, XU Bing-yin, LI Jing, et al. Modern Travelling Wave Based Fault Locator and Its Operating Experience[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(6): 66-69.

[9] 桑在中,潘贞存,丁磊,等. "S注入法"选线定位原理及应用[J]. 中国电力, 1997, 30(6): 44-62.
SANG Zai-zhong, PAN Zhen-cun, DING Lei, et al. The Principle and Application of "S Injection Method" for Faulty Line Selection[J]. Electric Power, 1997, 30(6): 44-62.

[10] 马佳,余文辉,车伟扬,等. 基于改进的 S注入法的新型树状配电网故障检测装置[J]. 继电器, 2002, 30(10): 51-54.
MA Jia, YU Wen-hui, CHE Wei-yang, et al. A Novel Fault Local-

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

izer of Tree form Distribution Networks Based on an Improved Injection Method[J]. Relay, 2002, 30(10): 51-54.

[11] 韩凤玲,许承斌,柳焯. 树型分支电网短路点特征识别和定位[J]. 中国电机工程学报, 1997, 17(6): 25-31.
HAN Feng-ling, XU Cheng-bin, LIU Zhuo. The Feature Selection and Location of Short-circuit for Tree-type Distribution Line[J]. Proceedings of the CSEE, 1997, 17(6): 25-31.

[12] 牟龙华,刘建华. 电力电缆故障测距方法的基本工作原理[J]. 继电器, 1999, 27(4): 22-29.
MU Long-hua, LIU Jian-hua. Basic Work-principle of Cable Fault Location[J]. Relay, 1999, 27(4): 22-29.

[13] 熊小伏,林金洪. 基于小波重构的电力电缆故障测距方法[J]. 电网技术, 2003, 27(1): 49-52.
XIONG Xiao-fu, LIN Jin-hong. A Wavelet Reconstruction Based Fault Location Method for Power Cable[J]. Power System Technology, 2003, 27(1): 49-52.

收稿日期: 2005-06-20;　**修回日期**: 2005-07-08

作者简介:

郭俊宏(1978-),女,硕士研究生,研究方向为电力系统分析与控制; E-mail: guohonger@163.com

谭伟璞(1963-),男,副教授,硕士研究生导师,研究方向为电力电子及其在电力系统中的应用;

杨以涵(1927-),男,教授,博士生导师,研究方向为电力系统分析与控制、数字电力系统等。

Summary on fault location principle in power system

GUO Jun-hong[1], TAN Wei-pu[1], YANG Yi-han[1], GUO Fang-xia[2], REN Jie[3]

(1. School of Electrical Power Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. Yuncheng Power Supply Company, Yuncheng 044000, China; 3. Liaocheng Power Supply Company, Liaocheng 252000, China)

Abstract: In power system, there are different fault location methods for different power networks because of the different structure of transmission network and distribution network. The paper introduces the principle of impedance method and traveling wave method applied in high transmission line and mid-low distribution line and summarizes algorithms matched different principles proposed in the power system at present. Comparing the merits and defects of all the algorithms mentioned, this paper predicts the research trend in the future.

Key words: travelling wave; fault location; algorithm

(上接第 50页　continued from page 50)

[5] 韦化,丁晓莺. 基于现代内点理论的电压稳定临界点算法[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(3): 27-31.
WEI Hua, DING Xiao-ying. An Algorithm for Determining Voltage Stability Critical Point Based on Interior Point Theory[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(3): 27-31.

[6] 程浩忠,祝达康,张焰. 邻近电压崩溃点处的系统最优控制方向[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(21): 29-31.
CHENG Hao-zhong, ZHU Da-kang, ZHANG Yan. The Optimum Control Direction of Power Systems Near the Voltage Collapse Point[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(21): 29-31.

[7] 刘明波,段晓军. 一种求解多目标最优潮流的模糊优化算法[J]. 电网技术, 1999, 23(9): 23-26, 31.
LIU Ming-bo, DUAN Xiao-jun. A Fuzzy Optimization Algorithm of Multiobjective Optimal Power Flow[J]. Power System Technology, 1999, 23(9): 23-26, 31.

[8] LI Hua-qiang, Yorino N, Sasaki H. Assessment of Q Limit Induced and Saddle Node Bifurcations Based on a Constrained Optimization Method[A]. IEEE Meeting 2004.

收稿日期: 2005-06-15;　**修回日期**: 2005-11-03

作者简介:

史继莉(1977-),女,硕士研究生,研究方向为电力系统分析计算及稳定; E-mail: sjl-cd@163.com

邱晓燕(1964-),女,副教授,主要从事电力系统分析计算及稳定、电压稳定与控制方面的研究。

A fuzzy algorithm of power system total transfer capacity calculation

SHI Ji-li, QIU Xiao-yan

(School of Electrical Engineering and Information, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Fuzzy sets theory and primal-dual path following interior point algorithm are used for total transfer capacity (TTC) problem with the most disadvantageous loading direction and soft constraints. The results of test system show that optimization of the TTC problem with this algorithm could be more applicable and effective than that of traditional algorithms and the lower limit of TTC could be gained.

Key words: total transfer capacity; fuzzy sets theory; the most disadvantageous loading direction; primal-dual path following interior point algorithm; load power margin

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net