

非直接接地系统单相接地故障选线方法综述

李冬辉, 史临潼

(天津大学电气与自动化工程学院, 天津 300072)

摘要: 在我国 3~66 kV 配电网中, 广泛采用非直接接地系统, 也就是小电流接地系统。而此类系统发生最多的是单相接地故障, 如何快速准确地检测出故障线路一直是电力系统继电保护的重要研究课题。本文回顾了小电流接地系统单相接地故障选线方法发展的历史, 对现有的各种选线原理和方法做了系统归纳和比较, 并给出了几点结论。

关键词: 小电流接地系统; 故障选线; 小波包; 模糊神经网络; 零序功率

中图分类号: TM713 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)18-0074-05

0 引言

我国大多数配电网均采用中性点不直接接地系统, 即小电流接地系统, 包括中性点不接地系统和中性点经消弧线圈接地系统。当发生单相接地故障时, 由于故障点电流较小, 而且不影响对负荷的正常供电, 一般允许继续运行 1~2 h。但随着馈线的增多, 电容电流也在增大, 长时间运行易使故障扩大成两点或多点接地造成短路, 弧光接地还可能引起全系统过电压, 损坏设备, 破坏安全运行, 应及时选出故障线路给予排除。

目前选出接地故障线路的方法有: 稳态分量法, 暂态分量法和注入信号法。在现代应用方法中, 主要是上述方法间的融合改进以及和新的数学方法的结合。目前的选线方法中都是通过检测故障电流得到选线的方案, 如稳态分量法和暂态分量法。

本文归纳了现有的各种选线方案, 并对其优缺点做出分析。

1 各种选线原理的分析

1.1 注入信号法

1) S 注入法

首先定出故障的相别, 然后向接地相注入信号电流, 其频率 f_0 可取在各次谐波之间, 使其不反应工频分量及其高次谐波。故障时接地相的 PT 副边处于被短路的状态, 由副边感应来的信号电流沿接地线路的接地相流动并经接地点入地。用信号电流探测器在开关柜后对每一条出线进行探测, 探测到注入信号的线路即故障线路。该方法利用处于不工

作状态的接地相 PT 注入信号, 不增加一次设备, 不影响系统运行。但经高阻接地时, 发信机工作可能不能满足要求而产生误判。

2) 注入变频信号法

为解决“S 注入法”在高阻接地时存在误判的问题, 文献[3]提出注入变频信号法。其原理是考虑故障后位移电压大小的不同, 而选择向消弧线圈电压互感器副边注入谐振频率恒流信号还是向故障相电压互感器副边注入频率为 70 Hz 的恒流信号, 然后监视各出线上注入信号产生的零序电流工角, 阻尼率的变化, 比较各出线阻尼率的大小, 再计及线路受潮及绝缘老化等因素可得出选线判据。但当接地电阻较小时, 信号电流大部分都经故障线路流通, 导致非故障线路上阻尼率误差较大。

1.2 故障电流稳态分量法

1) 稳态零序电流幅值比较法

当中性点不接地系统发生单相接地短路时, 流过故障设备的稳态零序电流在数值上等于所有非故障设备对地电容电流之和, 故障线路上的零序电流最大, 所以通过零序电流幅值大小比较就可以找出故障线路。该方法的缺点: 不能排除电流互感器 (CT) 不平衡的影响; 受线路长短、系统运行方式及过渡电阻大小的影响。

2) 稳态零序电流相位比较法

该方法也称作零序功率方向法。当发生单相接地故障时, 中性点不接地系统中故障线路与非故障线路的稳态零序电流分别为从线路流向母线和从母线流向线路, 所以只要比较零序电流方向就可以找出故障线路。此法在故障点离互感器较近或线路很短, 或者出现高阻接地故障时, 测量到的零序电压、零序电流较小, 相位判别较困难, 可靠性低。

基金项目: 天津市自然科学基金资助项目 (033601511)

3) 群体比幅比相法

该方法为多重判据法。文献[15]采用幅值法和相位法结合,先用“最大值”原理从线路中选出3条以上的零序电流 I_0 最大的线路,然后用“功率方向”原理从选出的线路中查找零序电流 I_0 滞后零序电压 U_0 的线路,从而选出故障线路。

4) 零序电流补偿法

在小电流接地系统中,若其中一条出线发生单相接地故障,全系统都会出现零序电压,在这个零序电压的作用下,系统中会出现零序电流。对于非故障线而言,零序电流就是该线路的零序电容电流,方向为母线流向线路;对于故障线路而言,在中性点不接地系统中(图1中开关K断开),故障线路中的零序电流为非故障线路零序电流总和,方向为线路流向母线,在中性点经消弧线圈接地的系统中(图1中开关K闭合),故障线路中的零序电流为非故障线零序电流与消弧线圈中的电感电流之和,方向为母线流向线路。

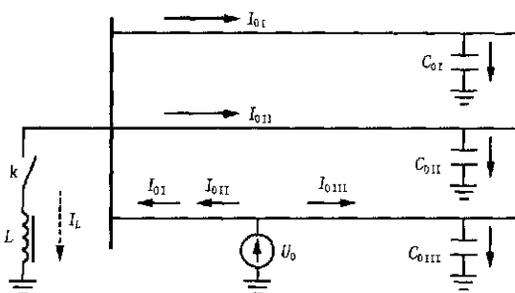


图1 单相接地时接地系统的零序网络图

Fig. 1 Zero-sequence network in single-phase ground fault

算法分析

1) 中性点不接地系统

a. 非故障线路中零序电流及补偿分析

系统中出线的A相接地,向量图如图2所示。非故障线路、中的零序电流为:

$$3 I_{0i} = 3j U_0 C_{0i}, \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

式中: U_0 为系统出现的零序电压; C_{0i} 为出线、的零序电容; 为零序电流、电压的角频率。零序电流超前零序电压 90° (如图2), 所以取补偿电流为:

$$I_{bsi} = - 3j U_0 C_{0i} \quad (2)$$

补偿电流与该线路零序电流大小相等方向相反,所以补偿后的零序电流为零。

b. 故障线路中零序电流及补偿分析

故障线路中,零序电流的方向滞后零序电压 90° ,而与补偿电流的方向相同。所以补偿后电流为:

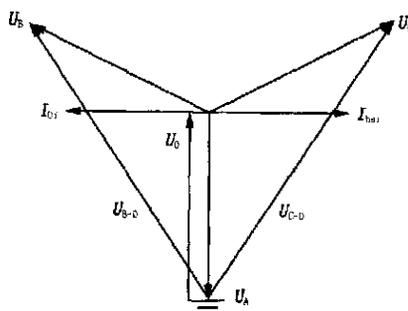


图2 非故障线路向量图

Fig. 2 Vector diagram of non-fault line

$$I_J = - \sum_{i=1,2}^3 I_{0i} + I_{bs} = - 3j U_0 C_{0\Sigma} \quad (3)$$

式中: $I_{bs} = - 3j U_0 C_{0\Sigma}$; $C_{0\Sigma}$ 为系统所有零序电容之和。

由以上分析可见,在中性点不接地系统中,经补偿,非故障线路中零序电流为零,故障线路中零序电流为所有出线的零序电流之和。

2) 中性点经消弧线圈接地系统补偿分析

a. 非故障线路中零序电流及补偿分析

非故障线路的补偿情况与中性点不接地系统的情况一致。

b. 故障线路中零序电流及补偿分析

故障点的零序电流为全系统的对地电容电流:

$$I_{C\Sigma} = 3j U_0 C_{0\Sigma} \quad (4)$$

消弧线圈电感电流: $I_L = U_0 / j L$ (5)

方向与系统对地电容电流相反,从而减弱接地电流,经消弧线圈补偿后的接地电流(即残流)为:

$$I_D = I_{C\Sigma} + I_L = 3j U_0 C_{0\Sigma} + U_0 / j L \quad (6)$$

实际系统中大都采用过补偿,过补偿度大约为 $5\% \sim 8\%$,所以接地电流的方向与电感电流一致,故障的零序电流也与非故障线中的零序电流方向一致,为母线流向线路,经零序电流补偿后的故障线零序电流为:

$$I_J = - \sum_{i=1,2}^3 I_{0i} + I_{bs} - I_L = - 3j U_0 C_{0\Sigma} - U_0 / j L = - I_D \quad (7)$$

由上述分析知,在中性点经消弧线圈接地系统中,经过零序电流的补偿,非故障线路的零序电容电流为零,故障线路中的零序电流大小与接地点的残流相等,其方向在补偿前后不改变,为母线流向线路。实际中残流还有一定数值,但是即使残流小到几安,仍可用上述方法正确选线。

在实际中,准确获得各条被检线路所需的零序补偿电流可通过一次单相接地试验。实验后,微机保护装置根据实验结果直接得到每条线路的补偿电

流,并自动进行整定计算。

5) 稳态谐波电流方向比较法

在中性点经消弧线圈接地系统中发生单相接地时,临界谐振状态时有:

$$I_{0jk} = \left(\sum_{i=1, i \neq j}^n I_{0ik} + I_{0k} \right) \quad (8)$$

其中: I_{0ik} 是第 i 条线路的 k 次零序谐波电流, I_{0k} 为流经消弧线圈的 k 次零序谐波电流, I_{0jk} 是故障线路的 k 次零序谐波电流(假设第 j 条线路故障), $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。随着谐波次数增加,感抗增大而容抗减小,总能找到一个 M 使故障线路的 M 次谐波电流呈容性,从而故障线路与非故障线路的 M 次谐波电流方向相反,同时所有大于 M 次谐波的电流均满足这一关系。但此法将受到 CT 不平衡电流或负荷中 M 次谐波分量的影响。

6) 最大 (I_{\sin}) 原理

文献[9]提出最大 (I_{\sin}) 方法:把所有线路故障前、后的零序电流都投影到故障线路零序电流方向上,计算出各线路故障前、后的投影值之差,然后找出差值的最大值,即最大 (I_{\sin})。显然,当差值的最大值大于零时,对应的线路为故障线路。但是,该算法在计算过程中需求出有关向量的相位关系,计算量很大;选取的参考正弦信号如果出现问题会造成算法失效。为解决上述的两个问题,文献[10]提出实现 (I_{\sin}) 的快速算法-递推 DFT 算法,省去了中间参考正弦量,同时简化了原有的计算工作量,使得 (I_{\sin}) 原理可以快速、可靠地实现。

7) 五次谐波分量法

由于谐波电流方向原理所使用的高次谐波相对于基波来讲谐波次数越高含量越少,易受干扰影响,在高次谐波电流中主要为五次谐波分量,所以实际运行中多使用五次谐波法。在理论上,故障线路中的五次谐波零序电流应当最大,且滞后五次谐波零序电压 90° ;非故障线路中的五次谐波零序电流较小,且超前五次谐波零序电压 90° ;因此可以利用该特征进行故障线路的选择。

8) 遥感式小电流接地选线方法

文献[12]利用电导体周围产生的电磁场,交变电流的幅值可以通过在其激励的电磁场中的某一点所感应出的电动势的大小直接反映出来的原理,在所有输电线路出口处装设遥感探测器,测量电容电流五次谐波电磁场,比较出信号最强的线路就是故障线路。

9) 能量法

文献[11]利用其定义的零序能量函数实现小电流接地选线。根据非故障线路的能量函数总是大于零,消弧线圈的能量函数与非故障线路极性相同,故障线路的能量函数总是小于零,并且其绝对值等于其他线路(包括消弧线圈)能量函数的总和的特征,提出方向判别和大小判别两种接地选线方法。能量法适用于经消弧线圈接地系统,并且不受负荷谐波源和暂态过程的影响。

1.3 故障电流暂态分量法

1) 暂态零序电流比较法

文献[14]在分析故障暂态电流特征的基础上,通过计算暂态零序电流幅值,检测是否发生故障。利用暂态零序电流特定频率分量的选线方法,有容性电流比幅、比极性以及幅值极性综合比较等三种方法。幅值比较法,可通过比较零序电流 SFB (selected frequency band) 分量的幅值大小确定故障线路;极性比较法,故障线路零序电流的 SFB 分量与所有非故障线路极性都相反,作为选线依据;综合比较法,将幅值和极性特性综合起来选线,即选择幅值最大的若干条(不小于三条)线路,再参与极性比较。

2) 首半波法

首半波原理是基于接地故障发生在相电压接近最大值瞬间这一假设,此时故障相电容电荷通过故障线路向故障点放电,故障线路上的电容电流与非故障线路的电容电流形成回路。对于配电网暂态零序电流和零序电压的首半波之间存在着固定的相位关系,在故障线路上两者极性相反,在非故障线路上两者极性相同,由此可以选出故障线路。但是当故障发生在相电压过零值附近时,首半波电流的暂态分量值很小,以及过渡电阻的影响,易引起方向误判。

3) 基于小波分析的选线方法

单相接地时,故障电压和电流的暂态过程持续时间短,并且含有丰富的特征量,而稳态数值变小。小波分析可以对信号进行精确分析,特别是对暂态突变信号和微弱信号的变化较灵敏,能可靠地提取出故障特征。文献[13]运用小波变换技术把一个信号分解成不同尺度和位置的小波之和,利用合适的小波和小波基对暂态零序电流的特征分量进行小波变换后,可清晰分辨出故障线路上暂态零序电流的波形的相位特征,比较各线路的故障特征值,其中故障特征最明显者对应的线路为故障线路。利用小波变换分析单相接地故障的暂态特征,识别故障线路,灵敏度非常高。

4) 基于小波包分析方法

小波包分析方法应用在时频空间都具有良好聚焦特性的小波包,以适当频率带宽,对故障后暂态电量进行分解。小波分析法的分辨率在时频平面上不是固定不变而是随频率变化的,即频率分辨率随频率的升高而降低。文献[7]运用小波包技术分解故障暂态信号,根据不同的接地方式选择能量集中的不同频带作为选线频带;对中性点不接地配电网,选择能量集中的高频频带;对于中性点经消弧线圈接地的配电网,选择能量最大的高频频带。并提出了基于波形识别和模值比较的故障选线逻辑判据,最后给出选线序列。

1.4 综合方法

1) 模糊神经网络选线法

模糊神经网络具有模糊信息处理能力,文献[6]采用相对成熟的零序电流群体比幅法和能量函数法的结合,对其作算法上的改进并取得样本,通过模糊神经网络中的极大—极小神经网络进行训练,利用多层训练的收敛结果作为选线的判别依据。它对电网结构和系统运行方式没有依赖性,而且比较特征量很明显,选线准确率高。

2) 基于小波包变换的模糊神经网络法

文献[5]利用小波包来分解故障暂态信号,将信号分解成不同频带的信号,根据这些频带信号激励模糊神经网络,利用经过接地后零序电流训练的模糊神经网络来判别接地线路。该方法不受负荷谐波、暂态过程、故障点过渡电阻等因素的影响。

3) 模式识别和多层前馈神经网络法

文献[16]提出用统计模式识别中基于最小错误的贝叶斯(Bayes)决策方法和人工神经网络方法进行故障选线。它将故障后各线路零序电流看作某类故障的一个模式,通过人工神经网络的训练与学习来判断故障模式,实现故障选线。

4) 证据理论实现故障选线

采用多重故障信息融合选线,利用单相接地故障在电网中表现出的多方面的特征,构造多个选线判据,对多判据提供的故障信息进行融合,得到准确的选线结果。文献[17]对故障量进行特征提取,并按一定的算法进行计算,最终给出各条线路可能是故障线路的支持程度,即故障测度,选线结果由证据理论对这些判据提供的故障信息进行综合与决策而得出。

2 结论

综上所述,可以得到以下结论:

1) 单相接地时,故障电流稳态分量易受到电流

互感器不平衡电流及过渡电阻的影响,使得选线误差较大。

2) 经消弧线圈接地的电网,基波不再满足选线判据,所以多采用五次谐波。五次谐波量值更小,而且不确定,导致选线装置选线率低。

3) 故障初期电容电流的暂态分量往往比其稳态值大几倍到几十倍,利用能对突变故障信号进行精确的小波分析或小波包分析的理论,能明显地提高选线精度;经典选线方法不断与数学方法相融合,使选线准确率明显提高。

4) 单相接地瞬间,零序暂态电流是时间 t 的函数,其极值和端点($t=0$)值可求,它们中绝对值最大的定义为零序暂态电流峰值。通过大量的数值计算发现,故障线路中零序暂态电流的峰值比非故障线路中零序暂态电流的峰值大许多,至少 2~2.5 倍以上。比较峰值适合作为选线的依据。

5) 在大规模应用配电自动化技术进行单相接地故障的处理机还未成熟时,采用独立的带有远动或通信功能的小电流接地选线设备将会为一种较实用的选择。

6) 多重判据方法(两种以上原理为判据)逐渐代替单一判据方法,增加了选线的可靠性和抗干扰能力,减少受系统运行方式、线路长短、接地电阻的影响。

参考文献:

- [1] 贺家李,宋从矩(HE Jia-li, SONG Cong-ju). 电力系统继电保护原理(第三版)(Principle of Relaying Protection in Power System, Third Edition) [M]. 北京:水利水电出版社(Beijing: Publishing House of China Water Resource and Hydropower), 1996.
- [2] 葛耀中(GE Yao-zhong). 小波变换与继电保护技术(Wavelet Transform and Protective Relaying Technology) [J]. 继电器(Relay), 1998, 26(4): 1-6.
- [3] 曾祥君,等(ZENG Xiang-jun, et al). 基于注入变频信号法的经消弧线圈接地系统控制与保护新方法(New Methods for Control and Protection Relay Compensated Medium Voltage Distribution Network Based on Injecting Various Frequency Current) [J]. 中国电机工程学报(Proceedings of the CSEE), 2000, 20(1): 29-32.
- [4] 肖白,束洪春,高峰(XIAO Bai, SHU Hong-chun, GAO Feng). 小电流接地系统单项接地故障选线方法综述(Survey of the Methods of Fault Line Selection for Single-phase-to-earth Fault in Networks with Ungrounded Neutral) [J]. 继电器(Relay), 2001, 29(4): 16-20.
- [5] 张兆宁,郁惟镛,等(ZHANG Zhao-ning, YU Wei-yong, et al). 基于小波包变换的模糊神经网络小电流接地系

- 统故障选线 (Discrimination of Fault Line Based on Wavelet Packet and Fuzzy Neural Networks in Distribution System) [J]. 上海交通大学学报 (Journal of Shanghai Jiaotong University), 2002, 36(7): 1012-1015.
- [6] 房鑫炎, 郁惟镛, 等 (FANG Xin-yan, YU Wei-yong, et al). 模糊神经网络在小电流接地系统选线中的应用 (Application of Fuzzy Neural Networks to Grounded Line Detection in Neutral Point Indirectly Grounded Power System) [J]. 电网技术 (Power System Technology), 2002, 26(5): 15-19.
- [7] 毛鹏, 孙雅明, 等 (MAO Peng, SUN Ya-ming, et al). 小波包在配电网单相接地故障选线中的应用 (Wavelet Packet Based Detection of Phase-to-ground Fault in Distribution Automation System) [J]. 电网技术 (Power System Technology), 2000, 24(6): 9-13.
- [8] 葛耀中 (GE Yao-zhong). 非直接接地系统中检出单相接地线路的新方法 (A New Method for Detecting Single Phase-to Ground Fault Line in Non-solidly Grounded Network) [J]. 继电器 (Relay), 2001, 29(9): 1-5.
- [9] 檀国彪, 等 (TAN Guo-biao, et al). 基于最大或 I_{sin} 或 (I_{sin}) 原理的微机选线装置 (Microcomputerized Faulty Line Discriminator Based on Theory of Maximizing I_{sin} or I_{sin}) [J]. 中国电力 (Electric Power), 1995, 29(7): 16-20.
- [10] 张立华, 徐文立 (ZHANG Li-hua, XU Wen-li). 小电流系统单相接地故障选线的一种算法 (An Arithmetic for Detection of Fault Line in Non-solidly Earthed Network) [J]. 清华大学学报 (自然科学版) (Journal of Tsinghua University, Natural Science), 1998, (9): 74-76.
- [11] 何奔腾, 胡为进 (HE Ben-teng, HU Wei-jin). 能量法小电流接地选线原理 (A New Principle to Detect the Grounded Line in a Neutral Point Indirectly Grounded Power System Based on the Energy Function) [J]. 浙江大学学报 (自然科学版) (Journal of Zhejiang University, Natural Science), 1998, (7): 451-457.
- [12] 金春林, 等 (JIN Chun-lin, et al). 遥感式小电流系统接地选线装置原理及应用 (Remote Sensing Device of Grounding and Circuit Selection for Non-solidly Earthed Network) [J]. 工业仪表及自动化装置 (Industrial Instrumentation and Automation), 1998, (2): 46-48.
- [13] 操丰梅, 苏沛浦 (CAO Feng-mei, SU Pei-pu). 小波变换在配电自动化接地故障检测中的应用研究 (Study on the Application of Wavelet Transform to Detect Earth fault in Distribution Automation System) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 1999, 23(13): 33-36.
- [14] 薛永端, 冯祖仁, 徐丙垠, 等 (XUE Yong-duan, FENG Zu-ren, XU Bing-yin, et al). 基于暂态零序电流比较的小电流接地选线研究 (Earth Fault Protection in Non-solidly Earthed Network Based on Transient Zero-sequence Current Comparison) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(9): 48-53.
- [15] 郝玉山, 杨以涵, 等 (HAO Yu-shan, YANG Yi-han, et al). 小电流接地选线的群体比幅比相原理 (Comparison of Magnitude and Phasor for all the Fault Line in Non-solidly Earthed Network) [J]. 电力情报 (Information on Electric Power), 1994, (2): 15-19.
- [16] 刘宇, 申东日 (LIU Yu, SHEN Dong-ri). 小电流接地系统单向接地选线的两种新思路 (Two New Methods for the Defaulted Line or Bus in the Power System with Floating Neutral) [J]. 继电器 (Relay), 1998, 26(4): 25-28.
- [17] 贾清泉, 杨以涵, 杨奇逊 (JIA Qing-quan, YANG Yi-han, YANG Qi-xun). 应用证据理论实现配电网单相接地故障选线保护 (Application of D-S Evidence Theory to Single-phase-to-ground Fault Line Detection) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(21): 35-38.
- [18] Chaari O, Bestard P, Meunier M. Prony's Method: An Efficient Tool for the Analysis of Earth Fault Currents in Petersencoil-protected Networks [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1995, 10(3): 1234-1241.
- [19] 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.
- [20] Teo C Y, He W X, Chan T W. Phase Coordinate Approach to Calculate Earthfault Current and Shock Voltage [J]. IEEE Proceedings of Electric Power Applications, 1997, 144(6): 441-445.

收稿日期: 2003-12-23; 修回日期: 2004-03-03

作者简介:

李冬辉(1962-), 男, 博士, 副教授, 主要从事电力电子应用、计算机控制、楼宇自动化等方面的研究; E-mail: li-dong-hui@sohu.com

史临潼(1979-), 女, 硕士研究生, 主要从事电力系统、楼宇自动化方面的研究。

(下转第 84 页 continued on page 84)

总装机容量 120 万 kW,设计年发电量 60 亿 kWh。该电站选址于湖北省麻城市浮桥河水库和京九铁路之间,项目总投资 49.7 亿元。该电站建成后,将为武汉城市圈的建设提供电力设施保障,缓解鄂东迅速增长的用电负荷,并对麻城革命老区的脱贫致富起到推动作用。

“火电机组经济技术评估系统”由广核开发成功

近日,由中广核集团苏州热工研究院有限公司承担的“火电机组经济技术评估系统”通过验收专家组验收。“火电机组经济技术评估系统”包括火电机组整体性能评估和锅炉、汽机、发电机、仪控、金属、环保、汽水品质等七个主要系统的评估构架模型,提出了基于阈值的评估方法,形成了可直接用于在运火电机组的通用程序和方法。验收专家组认为,项目组提交的验收技术文件完整,内容准确,数据可靠,属国内首创,经应用完善及进一步改进后,具有较大推广价值。

国内最高电压变电所落户甘肃

全国首座 500 kV 以上高电压等级的变电所将落户甘肃。据悉,750 kV 安兰州东变电所项目选址于甘肃省榆中县小康营乡,占地面积 210 亩,总投资 2.91 亿元,整个项目包括 2 台 1500 MVA 主变、8 回 750 kV 进出线、12 回 330 kV 进出线。一期工程建设 1500 MVA 主变 1 台、750 kV 进出线 1 回、330 kV 进出线 5 回,计划于 2005 年 8 月建成并投入使用。

培训瞭望

“电力系统继电保护应用及整定计算”研修班 10 月举办

随着我国电力工业的快速发展和电力体制改革的不断深化,对电力系统的安全性提出了更高的要求,而继电保护定值的准确性是电力系统安全运行的必备条件。为了提高电力系统从事继电保护定值整定与计算相关人员的整体水平,确保电力系统的安全、稳定、经济运行,国家电网公司电化教育中心培训基地定于 10 月 17 日至 26 日举办“电力系统继电保护应用及整定计算”研修班。详情请通过 www.ceptc.com、0374 - 3212155/3212363/3321659 获取。

“发电机故障诊断分析与预防”研修班 11 月开班

大型发电机运行故障和事故是电力发展的重要问题之一,一些严重事故造成了巨大经济损失,并危及电网的安全运行。多年来的统计资料表明,许多事故的发生与电机的设计与制造质量有关,也反映出运行维护方面的问题。因此,发电机的特性、易产生的故障以及出现的各类事故急需进行总结分析。而目前发电机的设计、制造、运行、监测以及维护、检修人员对发电机故障诊断与分析工作比较陌生,技术力量相对薄弱。国家电力公司电力培训基地将于 2004 年 11 月初举办“发电机故障诊断分析与预防”研修班。详情请通过 www.ceptc.com、0374 - 3212155/3212363/3321659 获取。

(上接第 78 页 continued from page 78)

Survey of the methods to select single-phase fault line in neutral point indirectly grounded power system

LI Dong-hui, SHI Lin-tong

(School of Electrical Engineering & Automation, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Neutral point indirectly grounded power system is widely used in 3~66 kV power distribution system in China. In this power system, the single-phase to earth fault occurs most frequently in distribution, so how to detect the fault line quickly and accurately is an important subject in protective relaying of power system. Reviewing the history of the methods to select the fault line in neutral point indirectly grounded power system, this paper summarizes all the existing theories of fault line selection and gives the conclusions.

This project is supported by National Natural Science Foundation of Tianjin(No. 033601511)

Key words: neutral point indirectly grounded power system; fault line selection; wavelet package; fuzzy neural network; zero-sequence power