

# 220 kV 终端线路保护的整定分析

王莉, 苏忠阳

(广州供电分公司调度中心, 广东 广州 510620)

**摘要:** 综合考虑了电网结构、系统稳定、供电可靠等诸多因素, 阐述合理选择 220 kV 主网终端线路重合闸方式和终端变电站主变中性点接地方式的意义, 提出终端并列双回线路的后备延时保护段注重考虑双回线内部故障时的选择性的可实施性及必要性, 并详述具体的整定方法。

**关键词:** 终端; 线路; 重合闸; 中性点; 整定计算

**中图分类号:** TM773 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2004)20-0046-04

## 0 引言

随着 500 kV 网架日益形成, 220 kV 电网将逐步解环, 部分 220 kV 变电站已经伸入负荷中心以终端站运行。这些 220 kV 站通常由双回并列或单回终端线路供电, 这种供电方式下的线路保护的整定计算有别于环网运行方式, 主要有以下几点: 线路重合闸方式的选择、终端变电站接地方式的选择、终端双回线后备保护整定原则的取舍、弱馈功能设置等, 对这些问题的深入探讨将有利于提高 220 kV 终端变电站的安全运行水平。

## 1 220 kV 终端线路重合闸方式的选择

根据《220 kV ~ 500 kV 电网继电保护装置运行整定规程》(以下简称《规程》), 重合闸方式的选择应考虑电网结构、系统稳定要求、电力设备承受能力和继电保护的可靠性。不带地区电源的主网终端线路, 一般选用三相重合闸方式; 带地区电源的主网终端线路, 一般选用解列三相重合闸或综合重合闸方式。由于系统稳定的要求, 220 kV 线路(包括终端线路)已经不允许线路发生多相故障时再重合。220 kV 主网中线路已经普遍采用特殊三重(单相故障三跳三重, 多相故障三跳不重合)或单相重合闸方式。这里只需讨论架空线路单相接地故障保护跳闸并重合成功的问题。

### 1.1 不带地区电源的主网终端线路

不论单回还是双回线路, 其特点是仅有一个电源, 不存在非同期合闸问题, 线路两侧都采用三相重合闸、非同期方式。

### 1.2 带地区电源的主网终端线路重合闸方式的选择

#### 1.2.1 解列三相重合闸

带地区电源的单回主网终端线路可以采用解列

三重, 倘若地区电源容量较小, 那么合理的解列点选择应该是地区电源的并网线路, 可能导致一些用户失去电源。如图 1, 220 kV 变电站 M 通过终端线路 MN 向变电站 N 供电, N 站 110 kV 侧有地区电源。线路 MN 故障, N 侧保护动作后不跳自身线路开关而是切除 110 kV 母联或地区电源的 110 kV 并网线路。当然也可以加长系统侧线路保护重合闸时间, 在地区电源机组解列后系统侧检无压重合。

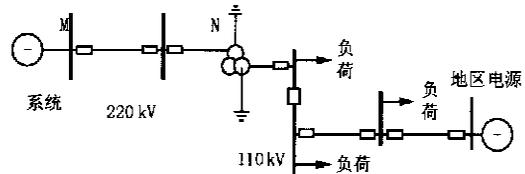


图 1 带地区电源的 220 kV 终端变电站电网接线示意图  
Fig. 1 Diagram of 220 kV terminal substation s network with local power supply

#### 1.2.2 单相重合闸

220 kV 终端线路一般线路短, 运行电压低, 潜供电流的问题可以不考虑, 适宜采用单相重合闸。从避免变压器非全相运行的观点可能会反对终端线路采用单重, 曾经有过单回线路供 220 kV 终端站, 线路单相跳闸后的非全相过程中, 中性点不直接接地变压器零序保护动作出口跳闸。但根据文献[5], 即使变压器中性点不接地, 非全相期间中性点  $U_0 = E/2$ , 也达不到间隙工频放电电压值。若终端站有一台变压器中性点直接接地, 则不接地变压器中性点电位在非全相期间显然不会超过  $E/2$ 。若采用单相重合闸, 除 220 kV 线路外, 110 kV 零序保护在非全相期间不误动的问题也必须考虑。若线路保护不具备弱电源端选相功能, 要考虑单相故障负荷侧因选不出三相跳不重合。当然不论采用何种重合闸方式, 为保证同杆双回线在发生跨线故障时的正确选

相,线路需选用分相电流差动纵联保护或具有分相命令的纵联保护。

### 1.2.3 特殊三相重合闸

带地区电源的双回主网终端线路若选择特殊三重,在单回线路向终端变电站供电时(或同杆双回线路同时故障),线路故障两侧跳开,电源侧检无压成功后,负荷侧无法检同期重合(此时地区电源可能已经解列或与系统不同步)。大多数情形线路两侧跳闸后,地区系统多因功率缺额而导致低频、低压等解列装置动作切机。系统侧重合成功后,负荷侧可检母线无压线路有压重合(说明地区电源已经解列且系统侧重合成功),目前保护装置还不具备此项功能。检母线无压线路有压重合方式可与检无压、同期方式结合使用,带地区电源的单、双回主网终端线路都适用。线路故障两侧都投跳闸,系统侧检无压重合后,弱电侧检同期或检母线无压线路有压重合。为确保弱电侧重合成功,地区电源侧需设置合理的解列装置并在重合闸整组复归时间内使机组解列,此方式下重合闸的整组复归时间也要合理延长确保重合成功。

若检母线无压线路有压重合方式识别能作为特殊三重方式的有益补充,带和不带地区电源的单、双回终端线路,重合闸方式都可采用特殊三重。采用三重方式除了简化零序电流保护的整定计算,对于双回线路还能充分发挥零序电流保护纵序动作的优越性能。

### 1.2.4 保护启动重合闸停用后保留不对应启动重合闸的设想

220 kV 电网中电缆线路日趋增多,交联电缆的绝缘击穿都是永久性故障因而保护跳闸后不再重合。电缆线路重合闸停用意味着保护启动和不对应启动重合闸都退出,那么开关偷跳也不能重合。电网因不允许长期非全相运行已经投入了三相不一致保护经短延时跳闸,保留不对应启动重合闸显然可以提高终端线路的供电可靠性。

## 2 220 kV 终端变电站变压器高压侧中性点接地方式选择

变压器中性点接地方式选择的总原则是,首先按变压器的绝缘要求确定是否需要接地,其次尽量保持变电站零序阻抗基本不变。

### 2.1 中、低压侧无地区电源的变压器高压侧中性点接地方式选择

目前 220 kV 系统中变压器还是分级绝缘的,即

变压器中性点绝缘水平要比相线端低,220 kV 变压器中性点的绝缘大多是 110 kV 等级,因而中性点上加装了避雷器和间隙来保护。电网单相接地引起的

中性点电位升高的稳态值  $U_0 = \frac{x_0/x_1}{2+x_0/x_1} U_x$ ,在中性点直接接地电网中  $x_0/x_1$  一般不超过 3,因此  $U_0$  的极限值将为  $0.6 U_x = 76 \text{ kV}$ 。

显然,若中、低压侧无地区电源的变电站,如果不采用单相重合闸,其中性点可以不接地运行,以简化零序电流保护的整定计算。过去终端变电站也选择一台变压器中性点直接接地是为了纵联保护的需要,线路故障时,弱电侧零序电流方向元件能灵敏的动作保证强电侧快速跳闸。

### 2.2 中、低压侧有地区电源的变压器高压侧中性点接地方式选择

若中、低压侧有地区电源的变电站,选择一台变压器高、中压侧中性点直接接地运行。

## 3 终端线路保护整定计算

### 3.1 终端单回线路的整定计算

终端单回线路系统侧距离、零序保护定值整定计算没有特别的要求,不在此赘述。若距离( )段采用了躲变压器其它侧母线故障整定,尤其针对短线路,为防止接地距离超越,可靠系数应经过验算取安全的数值(接地距离元件补偿系数和圆特性距离保护的灵敏角仍按照线路参数整定)。

不带地区电源的终端单回线路,在选择了终端变电站变压器高压侧中性点不直接接地运行后,负荷侧建议纵联保护投入但不出口跳闸、距离和零序后备保护退出。区内故障系统侧跳闸后故障点已经消失,负荷侧纵联保护必须投入弱馈功能确保系统侧能够跳闸。若为线路—变压器组接线,也可不装设纵联保护,定值整定考虑距离、零序段对全线故障有足够灵敏度。

### 3.2 终端双回线路的整定计算

220 kV 线路保护配置双套保护,《规程》也允许双回线的后备延时保护段之间对双回线对内部故障的整定配合无选择性(选择性依赖纵联保护保证)。这里举例说明认为 220 kV 双回线后备保护与相邻线路的配合比双回线内部故障时的配合还要重要的原因。发生如图 2 所示的 PM 甲线线路故障,若故障线路纵联保护未能及时或不能切除故障的情况下,最坏的后果就是 PM 甲、乙线同时跳闸;否则,除故障线路外,MN 甲、乙线也会越级跳闸,若变电站 P

和 M 之间是单回线则可能导致 M 站全站失压。数字通道等技术的运用、微机保护性能的日益完善使得纵联保护性能不断提高,可以不考虑双回线对内部故障的整定配合的选择性,但终端双回线路后备延时保护段之间在保证区外故障不误动的情况下也能实现对内部故障的选择性,只需整定计算时做一些细节处理,下面分有无地区电源两种情况详述。

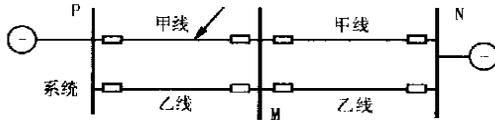


图 2 环网中双回线其中一回故障示意图

Fig. 2 Diagram of single line's fault in parallel lines

### 3.2.1 不带地区电源的终端双回线路整定计算

如前所述,中、低压侧无地区电源的变电站,选择变压器 220 kV 侧中性点不直接接地运行。变压器 220 kV 侧中性点不直接接地运行有利于继电保护整定计算的特点有以下几方面,如图 3 所示。

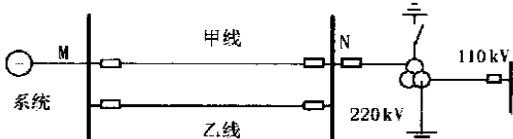


图 3 不带地区电源的双回终端线路

Fig. 3 Terminal parallel lines without local power supply

1) 甲乙线全停亦不会带来接地点变更引起的零序电流分配关系变化,全网接地数目减少在一定程度上降低电网接地故障短路电流水平。

2) 将 220 kV 零序网和 110 kV 零序网完全隔离,电源侧线路零序保护不用考虑与终端站变压器中压侧及其 110 kV 出线零序保护配合后,零序电流保护保全线的 ( ) 段电流定值可压低,动作时间可以缩短。不仅提高了本线接地故障灵敏度,更有利于 M 站的上级线路电源侧零序电流保护的整定,有利于优化环网中零序电流保护的配合。

3) 电源站其它出线发生短路故障时,终端双回线路无故障电流流过,终端双回线只考虑内部故障时的定值配合,即使纵联保护拒动,也能保证内部故障不失去选择性。

### 3.2.2 带地区电源的终端双回线路整定计算

若中、低压侧有电源,变压器 220 kV 侧中性点直接接地运行时,如图 4 所示。甲、乙线采用的整定计算原则如下:

#### 1) N 站甲、乙线保护整定

N 站甲、乙线距离、零序保护按通常的整定原则应该考虑和 M 站的其它出线保护配合。实际的情况是,很多时候地区电源机组容量有限,外部线路故障流经 220 kV 终端线路和变压器等设备的短路电流比较小,可以认为 MN 甲、乙线之外的故障并不需要 N 侧线路保护急于跳闸。

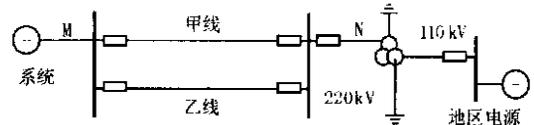


图 4 带地区电源的双回终端线路

Fig. 4 Terminal parallel lines with local power supply

#### a. 距离保护

段按躲线末整定,可靠系数应合理取小,防止一回线故障系统侧重合不成功时,非故障线路弱侧距离 段超越。

段按保证线末故障灵敏度为 1.5 整定,时间取 0.6 s,由于助增影响且终端线路往往长度较短,和 M 站其他出线距离 段配合一般没有问题。

段按保证线末故障灵敏度为 3 整定,时间与 M 站距离 段配合,同样由于助增影响且终端线路往往长度较短,保护范围一般不会伸出 M 站其它出线距离 段。

#### b. 零序电流保护

段定值综合考虑单回线运行时躲线末、相继动作保全线(若重合闸为三重方式)和与系统侧 M 站 段定值配合,时间取 0.3 s。因为零序电流保护范围有限且受系统方式影响较大,遵循加强主保护、合理简化后备保护的原则,保证 220 kV 线路双套纵联保护投入,有的电网正逐步退出零序 段保护。这里为了双回线内部故障的选择性投入零序 段保护但同时确保区外故障不误动。

段定值和时间都考虑和系统侧 M 站 段配合,可能时间会和 M 站其它出线 段不配。但区外经大电阻接地时 N 站保护未必能启动。

#### 2) M 站甲、乙线保护整定

##### a. 距离保护

段保线末故障灵敏度、躲 N 站变压器中压侧母线故障并与 N 站甲、乙线距离 ( ) 段配合。

段躲最小负荷阻抗,时间要与 N 站变压器后备保护、N 站甲、乙线以及上级电源线路 段配合。

##### b. 零序电流保护

段躲 N 站变压器中压侧母线故障并与 N 站甲、乙线零序 段配合,时间取 0.6 s。

零序、段时间要与 N 站变压器后备保护、N 站甲、乙线以及上级电源线路、段配合。

#### 4 弱馈保护

终端线路负荷侧一般是弱电源甚至无电源,在线路内部故障时该侧方向元件尤其是距离元件可能因灵敏度不足而不能启动。若是允许式保护,弱电侧不发允许信号,强电侧纵联保护不能跳闸;同理,若是闭锁式保护,弱电侧方向元件不能停信,强电侧也不能跳闸。为解决此问题而设的保护叫弱馈保护。纵联保护的弱馈逻辑基本分为保护起动弱馈逻辑和正常运行弱馈逻辑。

终端线路区内短路,如起动元件没有动作,保护走正常运行程序。其远方起信逻辑中,弱电源侧保护收到对侧信号后,如果本侧电压低,则向对侧发纵联允许信号(允许式发信、闭锁式停信),可保证让系统侧可靠跳闸。

如区内短路弱电源侧保护起动,保护走故障处理程序。弱馈逻辑一般为弱馈情况专设了动作元件,如反向距离元件、弱馈方向元件或低电压判别元件。区内故障时,弱馈元件动作一方面能给对侧发允许信号,使对侧纵联保护可靠动作;另一方面,弱馈元件本身动作,结合对侧纵联允许信号以及弱馈特有的选相元件(一般为低电压选相),纵联保护出口跳闸。

分相电流纵差保护具有良好的选择性,能灵敏、快速地切除保护区内的故障,背后的电源方式对差动元件本身基本没有影响。一般差动保护还配置了电压突变量起动元件,在电流突变量或零序电流不能启动时,弱馈侧差动保护也可以动作并出口跳闸。

#### 5 结论

220 kV 终端站相关设备整定计算原则的确定

应该综合电网实际状况来考虑可靠性、快速性、选择性、灵敏性等方面的要求,而不仅仅秉承 220 kV 主干环网中使用的做法,具体问题具体分析,才能更有利于电网安全稳定运行。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国电力工业部(Power Industry Department of P. R. China). 220 kV ~ 500 kV 电网继电保护装置运行整定规程(Adjustment Regulation of 220 kV ~ 500 kV Network's Protective Relaying Device in Operation) [Z]. 1995.
- [2] 崔家佩,孟庆炎,陈永芳,等(CUI Jia-pei, MENG Qingyan, CHEN Yong-fang, et al). 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算(Adjustment Computation of Protective Relaying and Safe Automation Device in Power System) [M]. 北京:水力电力出版社(Beijing: Hydraulic and Electric Power Press), 1993.
- [3] 王梅义(WANG Mei-yi). 电网继电保护应用(Application of Protective Relaying in Network) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 1999.
- [4] 朱声石(ZHU Sheng-shi). 高压电网继电保护原理与技术(Theory and Technology of Protective Relaying in High Voltage Network) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 1997.
- [5] 王梅义,蒙定中,郑魁璋,等(WANG Mei-yi, MENG Dingzhong, ZHENG Kui-zhang, et al). 高压电网继电保护运行技术(Operation Technology of Protective Relaying in High Voltage Network) [M]. 北京:电力工业出版社(Beijing: Power Industry Press), 1981.

收稿日期: 2004-06-14; 修回日期: 2004-07-26

作者简介:

王莉(1969-),女,工程师,从事继电保护运行和整定计算工作; E-mail: wangl@gzpsc.com

苏忠阳(1969-),男,高工,从事继电保护管理、运行和整定计算工作。

### Setting analysis of 220 kV terminal line's relay protection

WANG Li, SU Zhong-yang

(Guangzhou Power Supply Branch & Dispatch Center, Guangzhou 510620, China)

**Abstract:** This paper expatiates the choice of terminal circuit reclosing and transformer's neutral-point earthing in 220 kV terminal substation, based on networks structure, power system stability and power supply reliability, etc. The feasibility and necessity of satisfying line secondary delaying protection's selectivity when terminal parallel lines occurring interior fault, are pointed out, and the relevant setting methods are put forward.

**Key words:** terminal; line; reclosure; neutral-point; setting calculation