

# 220kV 变电所中采用 $1\frac{1}{2}$ 断路器电气主结线继电保护

## 及二次回路的探讨

张淮青 安徽省电力设计院(230000)

$1\frac{1}{2}$  断路器的电气主结线型式目前在很多国家得到了相当广泛的采用,其主要特点是供电可靠性高,运行调度灵活,一次设备操作方便。在我国首先应用于 500kV 电厂和变电所,收到了较好的效果。接着又在一些地区的 220kV 变电所采用。虽然, $1\frac{1}{2}$  断路器结线有其众多的优点,但在继电保护及二次回路上仍存在着不同的看法,本文针对  $1\frac{1}{2}$  断路器结线的继电保护及二次回路进行分析、探讨,提出一些看法,供参考。

### 1 $1\frac{1}{2}$ 断路器电气主结线的特点

$1\frac{1}{2}$  断路器是为了提高电力系统可靠性而又相对节约投资的情况下由双母线双断路器结线改进而成,它的主要特点是:

- (1)不存在多回路集结点;
- (2)任何一组母线或断路器检修退出运行时,都不会影响供电,并且操作简单;
- (3)由于每条出线均与串回路中的两台断路器有关,从而方便了断路器的检修,不用隔离刀闸进行倒闸操作,减少了误操作引起事故的可能性。
- (4)任一断路器故障或失灵拒动时,只影响一个回路;
- (5)母线故障跳开连接于母线上的所有断路器而不影响任一回路供电;
- (6)不会出现全所停电事故。

### 2 $1\frac{1}{2}$ 断路器结线系统继电保护的实现

(1)220kV 线路保护的配置仍按出线数配置,每条线路配置两套全线速动的主保护和阶段后备保护,所选用的保护具有选相功能,保护与重合闸各自独立。由于主结线为  $1\frac{1}{2}$  断路器结线,因此线路保护动作后需跳开两个断路器方能切除故障(即线路断路器和串回路中的中间断路器)。又因电流互感器一般均装于串回路中,而线路本身不设电流互感器,故线路保护的电流回路需接于两组电流互感器的和电流上。

(2)为了简化二次接线,增加各装置的独立性、可靠性,以及便于现场运行和检修调试。综合重合闸、分相操作箱和失灵保护均按断路器配置,并且每台断路器的综合重合闸和分相操作箱同装于一面屏上。

(3)由于  $1\frac{1}{2}$  断路器结线的线路保护的电压取自于线路电压互感器。因此,当线路隔离刀闸断开时,线路电压互感器同时被断开。此时,线路保护将不起作用,而中间断路器与线路断路器之间有一段引线无保护故需装设附加保护,以保证串回路仍能正常运行(见图 1)。设计将这附加保护和串回路中各断路器的失灵保护同装于一面屏上。附加保护采用电流速断原理构成。

(4) $1\frac{1}{2}$  断路器结线的母线保护的配置,由于两条母线上的所有元件均为固定连接,不存在两组母线倒闸操作的问题,因此,两组母线可视为两条单母线,配置独立的两套单母线完全

收稿日期:1996-03-02

差动式母线保护。

### 3 $1\frac{1}{2}$ 断路器接线二次回路的特点

电流互感器装于串回路中,线路保护的电流回路接于两组电流互感器的和电流上,220kV 通常选用次级有五组的电流互感器,其交流电流回路的接法见图 2。

(1)当线路内部故障时,电流互感器的铁芯可能会饱和,对于  $1\frac{1}{2}$  断路器接线,它并不会由于两组电流互感器次级并联后(和电流)接入保护装置其铁芯饱和程度更严重而给保护的工作特性带来影响。

(2)在外部故障时,特别是当母线故障时,如线路对侧无电源或电源很小,这时和回路上的两组电流互感器一次侧流过近似相同的故障穿越电流,即使是两组同型的电流互感器,由于其一次向二次回路传变所产生的传变误差使二次侧仍可输出一差电流,虽然差电流数值很小,但相位上可能与内部故障时相同,仍会影响继电保护装置的正确工作。然而,若外部故障时,对侧有电源,则外部故障时,对侧送过来的故障电流值远大于两组流变传变产生的误差,此时,线路保护装置的电流相位不致于相反,不会出现误动作。

(3)当串回路中一台断路器断开,电流互感器仍接于和回路时,其汲出电流也将导致保护装置的不正确工作(如图 3 所示),在 500kV 变电所中,采用的是进口的铁芯具有小气隙的电流互感器,励磁阻抗较大,汲出电流很小,可不计其影响,目前,国产的大多数 220kV 电流互感器均有 TPY 级小气隙铁芯。因此,在  $1\frac{1}{2}$  断路器接线的变电所中接成和电流的流变应尽量选用 TPY 级。但为了方便电流互感器二次回路随断路器的退出而断开,设计中仍考虑和电流的两组次级回路分别装设屏前电流试验端子。

(4) $1\frac{1}{2}$  断路器接线若线路保护接于母线电压互感器,由于每回线路均是通过一台断路器与母线相连,又通过另两台断路器与另一组母线相连,电压切换回路相当复杂,易造成人为事故或接触不良。因此需在线路上装设三相电压互感器,保护接于线路电压互感器。但是,线路上设有隔离刀闸,当隔离刀闸断开时或电压互感器做试验时,线路保护将失去电压不起作用。此外,正常当线路故障切除后,手合或重合于出口三相短路时,距离保护将因失去记忆电压而拒动。从而,为了避免线路隔离刀闸断开时保证串回路的正常运行,设计装设附加保护,附加保护采用电流速断原理,构成也比较简单,但运行中要考虑其投入和切除,相应地增加了运行人员的操作量。

(5)由于线路故障要同时切除两个断路器,而串回路中有一中间断路器是两条线路所共有的,从图 4 中可看出保护有重叠区,在重叠区内故障时,串回路上的三个断路器都可能跳开而造成两条线路同时切除,这是所不希望的。

(6) $1\frac{1}{2}$  断路器接线方式的线路重合闸在线路发生故障时,线路保护同时跳开两个断路器后,要自动重合其中一个或两个断路器所采取的方式有以下几种:

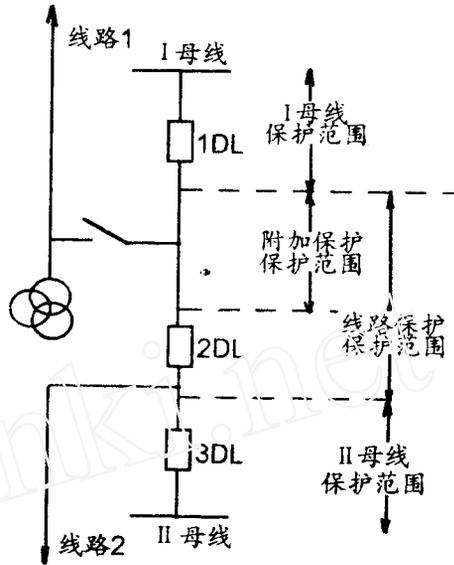


图 1

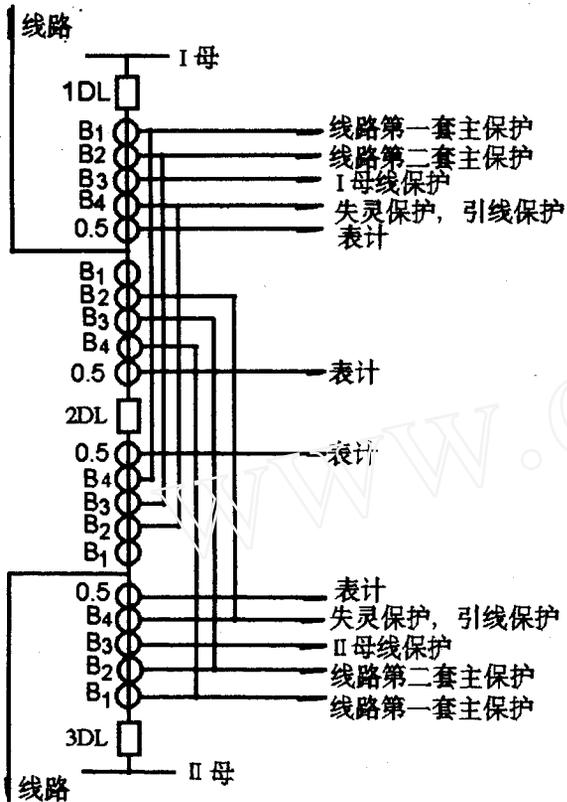


图 2

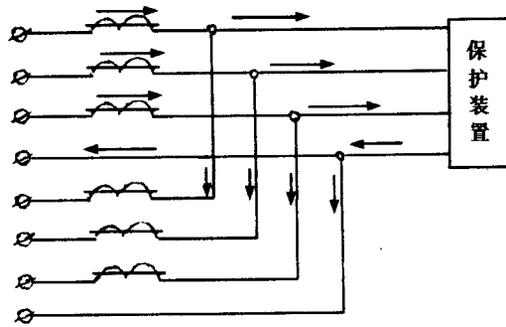


图 3

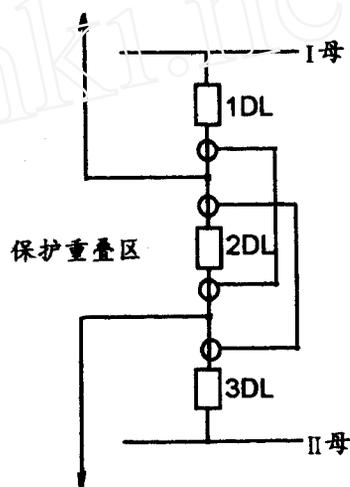


图 4

1) 线路发生单相接地短路时, 线路保护动作后跳开两个断路器的一相, 随后重合闸装置启动, 同时进行两个断路器的单相重合闸, 这种方式的接线简单, 如线路的故障是瞬时性的, 对电网的恢复供电也最迅速, 但线路存在永久性故障时, 可能使电网承受两次重合于短路故障, 对电网的安全运行和断路器的工作条件都带来一定的影响。

2) 线路保护动作后使其中一个断路器单相跳闸并进行单相重合闸, 另一个断路器 (通常是中间断路器) 跳开三相后不进行重合, 采用这一方式可避免上一方式的缺点, 但是如果进行重合的一个断路器拒绝合闸时, 将使线路不能恢复供电, 另一个三相跳开的断路器必须通过值班人员的操作才能合闸, 增加了值班人员的工作。

3) 线路保护动作后同时使两个断路器单相跳闸, 其中一个断路器先进行单相重合, 如重合成功后, 另一个断路器带延时进行单相重合, 如第一个断路器重合到永久性故障时, 线路保护动作向两个断路器都发出三相跳闸脉冲, 如第一个断路器在规定时间内不能进行合闸, 则说明该断路器的合闸机构失灵, 第二个断路器带延时进行合闸, 这种方式的逻辑合理, 可以避免上述两种方式的缺点, 使电网较快恢复正常运行, 但是重合闸接线较为复杂。

(7) 由于电压互感器和电流互感器的数量较多, 以及保护、控制、信号回路的相应增加, 故二次电缆用量较大。据调查,  $1\frac{1}{2}$  断路器结线所需用的二次电缆大致是相同规模的双母线带旁路结线的 1.53 倍。

#### 4 $1\frac{1}{2}$ 断路器结线与双母线带旁路结线保护的继电保护、二次回路的比较

对 220kV 及以上电压等级的线路,由于故障影响面大,系统稳定要求高等因素,首先应从电气主结线上满足安全性、可靠性,灵活性的要求。原则上继电保护应服从一次电网运行的需要,但是对于继电保护本身来说,又是装置及二次回路越简单,它的运行可靠性越高。因此在适应电网运行的条件下,尽量简化继电保护是必要的。

下面对  $1\frac{1}{2}$  断路器结线和双母线带旁路结线的保护配置及二次回路进行简要的比较。

#### (1) 母线保护

a)  $1\frac{1}{2}$  断路器接线由于各元件均为固定连接,不存在两组母线倒闸操作的问题,并且两组母线完全可视为两条单母线处理,因此可配置独立的两套单母线完全差动式母线保护。保护原理简单,二次回路清晰。

b) 双母线保护的配置通常配置固定连接式或母联电流相位比较式母差保护,由于二次电流回路要随一次系统的操作而相应切换,二次回路较复杂。

#### (2) 线路保护

a)  $1\frac{1}{2}$  断路器接线中,线路保护按线路配置两套全线速动的主保护,而综重、分相操作箱、断路器失灵保护均按断路器配置。当线路故障时要同时跳开两台断路器才能切除故障,因此线路保护接于两台断路器电流互感器的和回路,并与两台断路器的重合闸、失灵保护、操作箱等有联系,不仅保护屏数增加,二次回路也比较复杂。

b) 双母线接线每条出线配置两套全线速动的主保护,而综合重合闸、分相操作箱、失灵保护启动回路均以线路为安装单位,每回出线设置一套,当线路发生故障,保护动作跳开一台线路断路器即可。二次回路相对简单。

#### (3) 断路器的失灵保护

a)  $1\frac{1}{2}$  断路器接线由于失灵保护按断路器设置,各自有自己的启动元件、电流鉴别元件、时间元件和出口跳闸回路。当线路断路器失灵时,跳开母线上的所有断路器而不会因此而扩大停电面积。但是,当串回路中的线路断路器失灵时,不仅要跳开本侧与失灵断路器有关的元件,还要传递远方跳闸信号将串回路中另一非故障线路对侧断路器也跳开,方能切除故障(见图 5)。这样使系统载波频率资源相当紧张情况下,又增加了困难。

b) 双母线接线其断路器失灵时,启动失灵保护的时间继电器,经一短延时切除连接在母线上的所有断路器,停电面积大。

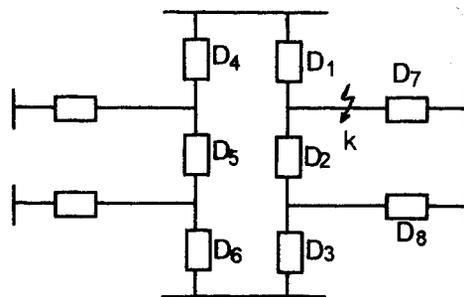
#### (4) 附加保护

a)  $1\frac{1}{2}$  断路器接线由于线路保护所取的电压来自于线路电压互感器,当线路 PT 检查试验时,线路保护因失去电压而不起作用,此时中间断路器与线路断路器之间有一段引线无保护,因此需对这段引线增设附加保护。虽然保护是由较简单的电流速断原理构成的,但毕竟是增加了二次回路的复杂性。

b) 双母线接线无需附加引线保护,从原理上说没有保护动作死区。

#### (5) 电流互感器二次回路

a)  $1\frac{1}{2}$  断路器由于电流互感器接于和回路,需电流互感器二次侧增设电流回路试验端子,



k点故障, D2 失灵, 跳开 D3、D8

图 5

以备当一台断路器退出运行的同时,将电流互感器随之退出(见图6)。增加电流回路的操作,易造成电流互感器二次侧开路。

b)双母线接线的线路保护动作仅跳开一只线路断路器,通常在线路断路器停役检修的同时进行线路保护的年度校验,交流电流回路不需要切换,仅将直流回路切除即可,没有较多的对外联系。

#### (6)自动重合闸

a)  $1\frac{1}{2}$ 断路器接线由于重合闸是按断路器配置,因此,当线路发生故障时,线路保护动作同时跳开两个断路器后,要自动重合一个或两个断路器,若重合一个边断路器,中间断路器靠值班员进行操作合闸,增加了值班人员的工作;若重合两个断路器,为避免重合于永久性故障时对电网带来的两次故障冲击,要实现顺序重合闸,则需对典型的重合闸接线进行改进,重合闸接线较为复杂。

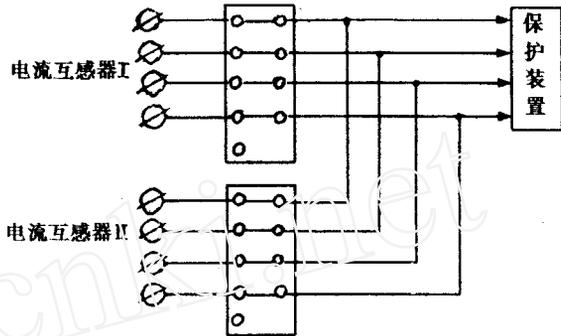


图 6

b)双母线接线的线路重合闸是按线路配置,线路故障切除后仅重合一只断路器,接线较简单。

#### (7)电压互感器二次回路

a)  $1\frac{1}{2}$ 断路器接线的线路保护电压取自线路电压互感器,设计不考虑线路保护临时接用母线电压互感器的切换回路和闭锁回路,临时仅在母线压变二次侧预留临时引线,这样不太安全。同时保护由于改用母线电压互感器后,在一些原理或回路上要做相应调整,增加了复杂性。

b)双母线接线的线路保护电压取自母线电压互感器,电压切换回路比较简单。

### 5 $1\frac{1}{2}$ 断路器接线与双母线接线的继电保护、二次回路的投资比较

本文中所列投资比较按 220kV 马鞍山第二变电所的一期工程建设规模(不上主变、220kV 进出线共六回),对双母线带旁路接线和  $1\frac{1}{2}$ 断路器接线的继电保护、二次回路进行比较,对于一次设备仅比较由于继电保护、二次回路所引起的投资增加部分。表中所列投资只计设备费,不计安装调试等费用,详见投资比较表(附后)。表中所列价格为马二变一期工程设备价格。

### 6 $1\frac{1}{2}$ 断路器接线的继电保护、二次回路的运行和检修

(1)控制、信号回路的统一性差,有的串回路表示两条线路,有的串回路为一条线路、一台变压器,操作回路、信号回路类型多,给运行监视带来不便。

(2)  $1\frac{1}{2}$ 断路器接线,由于一条线路有两台断路器,一般不会同时停役而线路断路器可以在线路运行的状态下轮流检修,因此保护的检修、调试条件较差,加之二次回路切换的复杂性,易造成人为事故。

(3)如果保护装置待线路停役时进行检修调试,虽然条件改善了,但通常线路停电较短,保护则不能按部颁检验条例逐条进行。

### 7 结论

$1\frac{1}{2}$ 断路器接线继电保护及二次回路确实有其复杂的一面,也存在着一些问题,但并非安全不能解决。本文认为从设计角度来采取措施、扬长避短,尽量减少或克服其不利因素是一方

面;如何提高设备的可靠性,提高运行检修人员的素质,给保护装置的检修调试创造条件,也是一个相当重要的方面。

当然,变电所的电气主结线应根据其在系统中的地位,出线回路数及负荷物性、设备特点、当地环境、发展规模等条件,从满足安全、可靠、灵活、经济等要求来确定。继电保护和二次回路是安全、可靠、灵活性等中的一个重要部分,应综合全面考虑。不能独以继电保护及二次回路的复杂性来否定  $1\frac{1}{2}$  断路器结线,也不能不考虑它存在的一些问题,不分场合的一律在 220kV 系统中采用  $1\frac{1}{2}$  断路器结线。对于采用  $1\frac{1}{2}$  断路器结线,出现的问题应给予妥善的解决,否则它将成为电力系统的事故隐患,威胁着电网的安全运行。

投资比较表

设备名称	主接线型式	双母线带旁路(一)		断路器接线(二)		(二)-(一)	备注
	单价(万元)	数量	小计(万元)	数量	小计(万元)	差价(万元)	
电压互感器	2.91	6	17.45	6	17.45	0	
电容式电压互感器	1.82	6	10.92	18	32.76	21.84	
电流互感器	2.86	24	68.64	36	102.96	34.32	
高频闭锁距离,零序保护柜	6.50	7	46.20	6	39.60	-6.60	
高频方向保护柜	4.70	7	32.90	6	24.00	-8.90	
操作柜	1.90	—	—	12	22.80	22.80	包括重合闸
附加保护柜	1.45	—	—	4	5.80	5.80	
失灵远跳设备	2.20	—	—	12	26.40	26.40	包括对侧所增设备
母线保护柜		3面/套	19.00	2	14.00	-5.00	母线保护按终期考虑
母联操作继电器柜	1.50	1	1.500	/	/	-1.50	
故障录波器柜	9.50	2	19.00	2	19.00	0	
控制电缆	0.000968	17830	17.30	28000	27.10	9.80	
合计						98.96	

## 本刊重要启事

为适应国内改革开放经济发展形势之需要,应广大读者和用户的要求 本刊从 1997 年起由原来季刊改为双月刊,欢迎订阅! 欢迎投稿! 欢迎评刊! 欢迎刊登广告!

This paper simply describes the mathematic model for computer setting calculation of bus differential protection, consideration of operation mode, protection setting principle, and setting calculation program of the bus differential protection written basing on the above method. The program has been applied in a real electric network and can meet the requirement of engineering calculation.

**Key words:** bus differential protection, computer calculation

**Research The Algorithm of Extracting The Square Root in Electric Transducer ..... Zhou Damin(30)**

It will take a lot of time to extract the square root in the microprocessor-based electric transducer realized on electrotechnical laws. This paper firstly analyzes the shortcomings of the two algorithms of extracting square root, Newton iteration and fast table look-up, and improve them to yield two adaptive combined algorithms of extracting the square root. Thus the speed of extracting the square root increases greatly.

**Key words:** electric transducer, algorithm of extracting the square root

### NEW PRODUCT DEVELOPMENT

**General-Used High Accuracy Optic-Fibre Sensing System ..... Zhang Peining, et al(35)**

This paper introduces a general-used high accuracy optic-fibre sensing system which is suitable for on-line measuring current.

**Key words:** general-used, optic-fibre sensing system, on-line detection

**Developmet of Electromagnetic Relay CAD Expert System ..... Xiu Shixin, et al(39)**

The architecture, function, building method and feature of the electromagnetic relay CAD expert system are described. The system is equipped with an experience knowledge base of relay expert, which can form judgement and inference upon the expert experience knowledge and simulate the design thinking and solving way of the experts. Application of the expert system technique in CAD solves the non-numerical questions in conventional CAD system and has important significance in realizing intellectualization and automation of electric product.

**Key words:** electromagnetic relay, CAD, expert system

**Application of Integration Development Technology in Upgrade of relaying panel CAD system ..... Xu Tao, et al(43)**

**Research on KGD3 Control Power Supply of Electromagnetic Brake ..... Xie Shuangquan, et al(48)**

### SERVICE EXPERIENCE

**Discussion on Preventing DC Parasitic Circuit And One-Point-Earthing ..... Zou Shenyuan(52)**

Some accident examples of parasitic circuits occurring in relay device are listed. The improving method is presented by analyzing these examples and how to use the special-used terminals in The Keyoints of Anti-accident Measure in Relay and Safety Automation Device' is described. This paper also analyzes the relationship between the capacitance of dc postive and negative poles to earth and the voltage of both coil ends and the measures to be taken when the positive terminal of output auxiliary relay coil earthes.

**Key words:** parasitic circuit, one-point-earthing

**Discussion on The Relay Protection And Secondary Circuit in Main Electric Connections of  $1 \frac{1}{2}$  Circuit Breaker Used for 220kV Substation ..... Zhang Huaqing(58)**

**Discussion on Selectable Recording of Fault Recorder in Guangyinge Substation ..... Wang Bing(64)**

**Application Problem of Economizer Signal Lamp in Control Signal Circuit and Its Solution ..... Chen Yuanpeng(65)**

**Application of ZRJ-03 Intelligent Thermotechnic Meter Calibration System ..... Wang Dean(67)**

### STRUCTURE AND TECHNOLOGY

**Discussion on Several Questions of CAPP ..... Xia Chuenhou, et al(71)**

**Significance of Application and Dissemination of SMT ..... Yin Xuebo, et al(74)**

This paper explains the significance of application and dissemination of SMT and analyzes the process of SMT and THT. It also describes the feasibility of SMT.

**Key words:** SMT, SMD, SMC, SMB

**Technology and Quality Control During The Trial-Production of Relay Protection Product Prototype ..... Wang Jie(77)**

Technology and quality control is closely related with the quality of prototype trial-prduction of relay protection product. In view of the speciality of prototype trial-production and the site management of trial-production, the action of technology and quality control during the trial-production of relay prototype is described.

**Key words:** prototype trial-production, technology, quality