

国产500K V 线路保护动作行为分析

辽阳电业局 冀有党

一 前 言

东北电力系统自1984年1月27日500kV董辽线投入运行后,又相继投入了元董线、董王线、丰辽线和辽王线四条500kV线路,已形成了以元锦辽海为中心的500kV环网。其系统如图1所示。

这五条500kV线路全部采用了相同型式的国产继电保护装置,双重化配置原则是原理相同,结构不同。配置了双套高频闭锁接地和相间距离,并由三段后备距离做为相间短路的后备保护;双套零序方向过流四段做为接地故障后备保护,还有相电流速断和零序速断做为辅助后备保护。还配置了双套综合重合闸装置。

其中一套为许昌继电器研究所研制的整流型保护,另一套是南京自动化研究所研制、南京自动化设备厂生产的晶体管型保护。

1987年8月至1988年1月,五条线路中有4条发生多次接地故障。安装在五个500kV变电所的保护装置动作多次,在14次故障中上述保护装置正确动作率达97.8%。

五年多运行实践证明,500kV国产线路保护的设计、制造和运行是成功的,它不仅经受了系统调试、人工接地短路试验的考验,而且经受了长时间运行的考验〔2〕,特别是近期连续发生多次接地故障和各种转换性故障的考验,都给500kV超高压线路保护的使用提供了宝贵的经验,也相应提出了一些需要进一步探讨的问题。

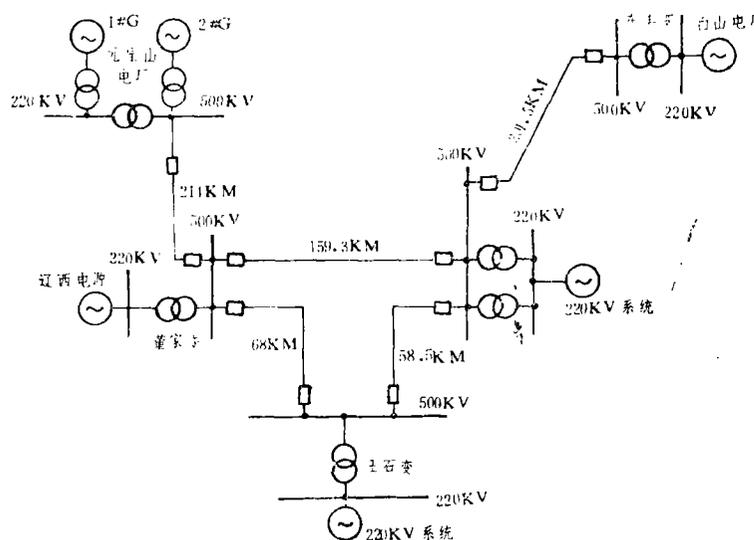


图1 500kV电网系统简图

二 500kV线路故障及保护动作情况和特点

1987年8月5日以前,500kV线路没有发生故障。1987年8月5日至1988年3月底,东北500kV线路共发生故障14次。故障及保护动作情况见表1。

1. 线路故障有以下几个特点:

(1) 全部为经弧光电阻接地故障,弧光电阻最大可达 300Ω 。

(2) 由浓雾造成的500kV线路故障有9次,其中6次是两条线路相继多次故障,都是瓷瓶闪络,而且转换性故障较多。全部故障中,转换性故障有6次,占全部故障的42.85%,转换时间最小25ms,最长达16s,而且不一定是同一故障点。

(3) 手动强送雾闪故障线路有4次,其中2次是强送成功后短时间(重合闸充电时间以内)又发生故障;有2次是手合预故障。

2. 保护装置动作的特点:

14次故障保护及自动装置共动作96次。其中晶体管保护动作48次,全部正确;整流型保护动作48次,正确动作46次,原因未查明动作2次。高频保护动作47次,全部正确;零序保护动作39次全部正确;重合闸动作7次全部正确;非全相运行保护动作1次正确。后备距离保护动作2次不正确,原因尚未查清。

(1) 丰辽线的4次故障是同一故障点对树放电。其弧光电阻经计算大约 300Ω 左右。因线路刚投入运行,高频保护尚未投入,均由两侧零序二段保护(或主变高压侧零序二段保护)动作切除故障。因一次电流突变量较小($\Delta I\phi \approx 500A$)突变量选相元件不能正确动作,使保护动作跳开三相不重合(重合闸方式为“单相”)。

(2) 1987年12月28日和1988年1月14日由浓雾造成的9次闪络事故,是在短时间内发生的,保护装置经受了罕见的事故考验,其动作了83次。各种故障特别是转换性故障条件下,高频保护和零序保护均正确动作。两次永久性故障董家变后备距离II段误表示;王石侧后备距离I、II段误动作原因待进一步检查。

(3) 手动强送雾闪故障线路时,强送成功后,短时间又发生故障,由于重合闸充电时间未到,保护跳开单相开关后不能重合,这样造成线路长时间非全相充电运行。董辽线1987年12月28日故障第一次强送就是这种情况,直至健全相又在16秒钟后再发生故障,才由保护再动作跳开三相开关。

(4) 单相重合闸动作和成功的次数比较少。14次故障线路两侧重合闸动作只有3次,两侧单相重合闸动作重合不成功2次,真正单相重合闸成功只有1次。

11次单相接地故障单相重合闸不起动的原因主要有三种:

1) 突变量选相元件拒动;

2) 重合闸合闸脉冲发出前发生转换性故障;

3) 手动强送予故障或强送成功后短时间内又发生故障,重合闸起动而不能动作。

(5) 500kV线路的14次故障,没有引起相邻线路保护误动作。但丰辽线第一次故障时,辽阳侧开关0.5s跳闸,东丰侧开关1.0s跳闸后,线路已处于无电源状态,丰辽线辽阳侧并联电抗器匝间保护1.5s动作切开电抗器开关的原因尚需进一步分析验证。

三 正常运行时线路保护动作情况

1. 500kV线路保护在大负荷运行,多次倒闸操作;220kV母线故障、线路故障等情况下,均没有发生误动作。其调试及详细运行情况见参考文献[1][2],本文不再赘述。

2. 人为造成线路保护误动作有两起三次;

(1) 1986年1月辽阳变电所继电保护工作人员进行500kV线路故障录波器调试工作时,因经验不足和电流端子质量不佳,造成已断开的电流端子击穿,将电流加至董辽线整流型零序保护回线,使零序不灵敏I段和I段同时动作,跳开三相开关。

(2) 1988年1月元宝山发电厂继电保护工作人员也是在进行500kV线路故障录波器试验时,因电流端子B相N端未断开,将试验电源加到元董线整流型零序保护回路,使零序不灵敏I段动作跳开元董线开关并联切2#600MW机组。

四 线路保护动作行为的分析

经过长时间的运行考验,特别是近期多次故障的考验,证明国产500kV线路保护能适应电网运行的要求。从保护动作情况看,有以下几个问题需要进一步研究分析。

1. 500kV线路保护一般都是按双重化原则配置。正常运行时单独一套保护运行的几率也不是很多,有时一套保护在线路运行中定检才会出现只有一套保护运行。因此,保护误动作的几率要大于拒动的几率。而对于500kV电网的重要性来说,误动作造成的损失要比220kV线路保护误动作大得多。

两起三次人为造成的整流型零序保护误动作反映了以下几个问题:

(1) 现场继电保护工作人员考虑不同,经验不足。

(2) 设计部门没有考虑在线路保护运行中可能出现的上述问题。因此,将零序保护用变流器与录波器共用。

(3) 研制500kV线路保护时,对两套零序电流保护的防止误动作措施不同。

晶体管型保护的防误动闭锁措施较多,全部零序保护都经过相邻CT闭锁。这主要考虑晶体管损坏可能造成误动的几率大。

整流型的零序I段和不灵敏I段则因为定值较大,在最大负荷情况下CT二次回路断线不会发生误动作,而没有采取相邻CT闭锁措施。实践证明这是不够的。

为解决上述问题,除了应加强继电保护工作人员的素质培养和在设计上尽量不与直接跳闸的保护共用测量用变流器外,整流型零序保护的I段和不灵敏I段亦应采取相应的闭锁措施。(*装置中设有4LJ,可以作此闭锁之用)。

2. 突变量选相元件的定值问题。

丰辽线同一地点的4次弧光接地故障情况，反映了突变量选相元件定值偏大，造成线路经大弧光电阻单相接地时不能正确选相。

关于500kV线路单相接地时，突变量选相元件定值是否可以再降低的计算，主要考虑了实际线路可能的两种最不利情况，其结果如下：

(1) 线路部份换位，A相故障点在分段换位外，取 $\Sigma I_0 = 4500\text{A}$ （相当于董辽线人工接地短路试验时的 ΣI_0 ）。

由互感作用在B、C相产生的电流突变量

$$\Delta(i_B - i_C)_{\text{max}} = 0.018 \Sigma I_0$$

按CT变比1250/1计算

$$\Delta(i_B - i_C)_2 = 0.018 \times 4500 / 1250 = 0.065\text{A}$$

相当于在突变量元件一个线圈有0.13A突变量电流。

(2) 若线路全部不换位时，线路末端(400kM)A相接地，取 $\Sigma I_0 = 1500\text{A}$

$$\Delta(i_B - i_C)_{\text{max}} = 0.056 I_0$$

仍按CT变比1250/1计算：

$$\Delta(i_B - i_C)_2 = 0.056 \times 1500 / 1250 = 0.067\text{A}$$

相当于一个线圈有0.134A突变量电流。

整定 $dI_{\phi-\phi} \geq 1.5 \times 2 \Delta(i_B - i_C)_2 = 0.2\text{A}$

即 $dI_{\phi-\phi} \geq 0.1\text{A}$ 即可安全躲过线路互感产生的突变量电流。而原来的突变量选相元件定值 $dI_{\phi-\phi}$ 整定均为0.2A。

(3) 丰辽线4次接地故障，相电流突变量值为400~500A，即 $\Delta i_{\phi 2} = 0.32 \sim 0.42\text{A}$ ，正在突变量选相元件定值边缘；又因该元件动作值与整定值误差是 $\pm 50\%$ ，因此元件不会正确动作。

目前已将晶体管保护的选相元件整定值降至 $I_{\phi-\phi} = 0.1\text{A}$ 整流型保护定值已不能改小。

(*注：整流型的相电流差突变量选相元件的定值也能减小因在动模试验时曾出现空载线路机侧出口单相短路，因波形非正弦在相当于0.1A定值下，非故障相选相元件误动，而取消0.1A挡定值) *为许昌继电器研究所的注释

3. 1987年12月28日辽西电网由于浓雾在4小时内有2条500kV线路5条220kV线路故障21次。连续故障且判有振荡和保护误动作误切220kV线路，造成在系统中多条线路断开，辽西系统解列单运；单运系统又发生故障的罕见雾闪事故。事故当时，调度运行人员已很难判断事故确切情况。事故后，对故障点和保护动作情况的分析，也花费了近20多天的时间，还有个别问题没有弄清。主要原因之一就是故障录波照片不及时、不完整。

目前分析事故的最好依据是故障录波照片，但目前国产500kV线路用的录波器并不先进，只比220kV系统使用的录波器多6线记忆作用。而记忆作用的波形，在谐波条件

下失真，并比不记忆的波形延迟二个周波，不利于波形分析。

另一方面，虽然500kV线路基本上是每一线路配置一台录波器，但其中还要录取侧路或变压器的电气量，因此录波量不足。例如，董王线单相故障跳开一相开关，在非全相运行中王石变侧后备距离I、II段保护动作跳开健全相开关，这个问题尚未查清。事故后检查保护正常，而需要弄清该保护所接线路CKJ的波形情况，录波照片上没有所需量，因此很难分析判断。

录波时间不足。特别是在胶卷储量不足情况下发生系统振荡或连续多次故障，不少有用的照片录不下来。

维护管理麻烦。冲洗时间长，稍有不慎就录不上、洗不出。如丰辽线第一次故障时，辽阳侧就因为胶卷储量指示不准而没有录上，给事故分析带来极大困难。

因此，研制智能化故障录波器以取代目前的胶卷录波已迫在眉睫。

参考文献

- 1.《500千伏董王线系统调试与运行》 冀有党 1985年全国继电保护学术会议论文
- 2.《国产500千伏继电保护装置调试及运行情况》 冀有党《电力技术》1987年第10期

新 刊 信 息

中国科学技术期刊编辑学会主办的《编辑学报》已经正式出版。

《编辑学报》是有关编辑学的综合性学术期刊，报道国内外有关编辑学，主要是科技期刊编辑理论研究成果，交流编辑实践经验，为培养编辑人才，提高期刊质量，促进科技交流服务。本刊设有理论研究、专题报告、编辑工程、期刊管理、出版知识、科技文章写作、海外信息、书刊评介等。

读者对象，主要是科技编辑人员，撰写各类科技文章的科技人员，大专院校编辑专业的师生等。

《编辑学报》为季刊，国内定价每本2.00元，全年4期，共计8.00元，本会团体和个人会员9折优惠。订阅者请邮局汇款至“100081，北京海淀区学院南路86号716室中国科学技术期刊编辑学会发行组”。