

# 许昌继电器厂生产的500kV成套线路保护的使用情况

许昌继电器研究所 朱景云

## 一 前 言

由许昌继电器研究所、东北电管局中心试验研究院、东北电力设计院，东北电管局调度局首次联合研究的500kV输电线路成套保护，自1984年1月27日投入我国第一条国内设计、制造、建设的500kV董辽线路上运行以来，陆续在500kV元董线、董王线、辽王线、丰辽线上投入运行。投运以来，保护装置经受过人工接地短路试验、系统操作、区内区外故障考验，并通过多次定期复查试验，证明成套保护性能良好，各元件特性基本稳定，在东北500kV电力网中已发挥了其应有的作用。为便于设计运行部门及有关领导部门了解保护使用情况，现将该保护运行中的情况作一介绍。

## 二 保护装置的性能特点与人工接地短路试验

国产500kV线路保护采用原理相同，元器件可靠性不同的双重化配置原则。设有相互独立的两套高频闭锁距离保护，相电流速断保护、零序电流方向保护及综合重合闸装置。

具有以下的特点

1. 在被保护的全线段任何处发生任何类型故障，而且在故障全过程保护均能快速动作，保护的动作速度不大于30ms。
2. 使用或退出高频闭锁距离保护，不影响原有距离保护的I、II、III段功能。
3. 每套保护各自都有两条独立的分相和三相跳闸回路，即距离保护有阻抗选相元件实现分相和三相跳闸；而电流速断、零序电流保护有相电流差突变量选相元件实现分相和三相跳闸。
4. 保护配置双重化，两套保护互相独立，一套保护运行，另一套保护退出或停运，不受限制。两套重合闸，只投入一套运行，也不影响各自保护的工作情况。
5. 零序电流保护，特别是II段，电流定值小，时间整定值0.3s，不会因空投带500kV长线并有补偿电抗器的变压器励磁涌流而误动作。
6. 每套保护电流回路功率消耗，在额定电流下实测为8.45VA，满足500kV平武线购买的500kVCT和国产500kVCT容量的要求。

保护在投运前，于1983年10月24日至11月23日经过严格的500kV系统调试和人工接地短路试验，一次试验成功。

当时，装设在线路开关和旁路开关上的保护都同时接入试验，一套按正方向接线工

作，另一套按反方向接线工作。试验次数为A相，C相单相瞬时人工接地短路各两次，B相单相永久人工接地短路一次。这样以最少的次数同时对保护的正反方向特性进行了考核。此外尚经受系统调试时的各种操作试验，当元董线投运时做过满负荷和甩负荷冲击试验，都没有因干扰或过电压引起器件损坏或保护误动。保护工作正确、安全、可靠。与国外引进500kV线路保护（500kV平武线购买ASEA公司的保护，500kV晋京线购买西门子公司与GE公司的保护。）作人工接地短路试验相比，国产保护性能良好，动作速度达到规定的指标。

从人工接地短路试验看到：

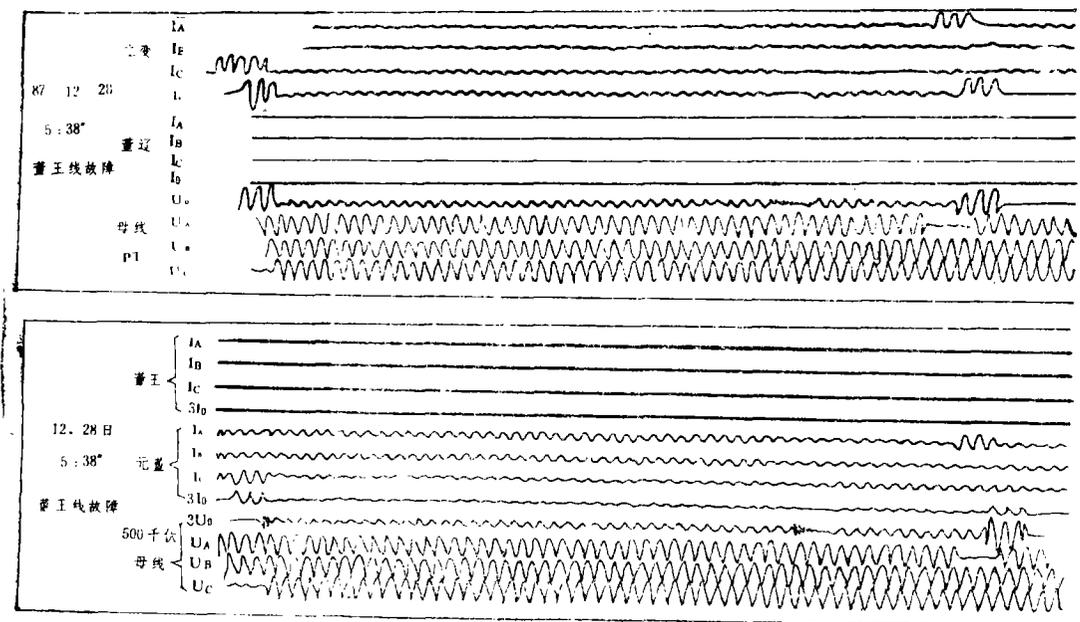
(1) PT在线路侧、三相跳闸时，由于有并联电抗器，要出现约40Hz的衰减电压、持续时间较长（约8s）；单相跳闸要出现约10Hz的振荡衰减电压。保护装置不受这种现象的影响。

(2) 500kV变压器，当500kV侧带有空长线和并联电抗器时，在220kV侧空投，励磁涌流峰值较大，且持续时间长（超过 $3I_0$  II段定值，和 $t_1=0.3s$ 。在这样严重的情况下，整流型零序电流保护II段，III段能跟得上动作与返回，与分立式保护的电流元件相比，没有因返回慢，动作时间积累达到0.3s而引起II段保护误动作。

(3) 发现靠近短路点侧因保护中心点与PT中心点不一致，使残压过高，导致阻抗元件短时动作（故障尚未切除就返回了）。二次接线改进后即消除了这一现象。

### 三 保护装置运行的情况

这套500kV线路保护在东北500kV电力系统中运行，到1987年8月，由于500kV系统没有发生一次故障，但近处220kV系统发生过多次故障，每条500kV线路上的保护工



作安全正确。没有发生误跳闸停电事故。1987年8月后500kV系统发生多次单相接地故障，有经过大接地电阻的故障（电阻到300Ω），有故障转换时间长短不一的转换性故障，以及一次紧接一次的连发性故障，区内故障保护可靠、正确、快速动作。区外故障保护安全、可靠不动作。经受了故障的严峻考核。故障情况见辽阳电业局《国产500kV线路保护动作行为分析》一文。其中1987年12月28日5时38分，董王线C相故障，两侧保护动作跳闸，由于两侧没有录到电流波形图不能直接看到故障的情况，但从董侧元董线和董侧主变电流波形看到两侧重合成功， $3I_0$ 、 $3U_0$ 都趋向于零，重合后65ms， $3I_0$ 又增大，比董王线C相跳闸时的 $3I_0$ 大。从下面3点可以说明这也是一次复故障和连发性故障。第一、董侧500kV母线 $3U_0$ 在 $3I_0$ 重新出现时也出现，也比非全相时的 $3U_0$ 大，且波形畸变；第二、董侧主变C相电流减小，因在同一天5时15分董辽线B相故障辽侧强送又故障三相跳闸，董辽线断开，所以董王线王侧又断开主变C相电流减小；第三、元董线C相电流增大，董侧主变三相电流不平衡，使元董线负荷也不平衡。此时董王线A、B两相运行C相在王侧断开为空线的状态。再经过约0.185s，A相又出现故障，约57ms故障切除，三相恢复正常， $3I_0=0$ 。

500kV线路投入运行后，保护投运率是高的。根据辽阳电业局对董辽线保护运行统计，可以看到这一点。（见表1）

从保护投运以来没有出现误动，与引进国外保护相比，性能是优良的。确保东北500kV系统安全运行。

表1

年份	投运小时	停运小时	运行率	停电次数
1984	6165	1971	76%	24
1985	7871	889	90%	12
1986	8505	255	97%	4

#### 四 保护装置的试验与质量

这套保护在使用过程中出现过以下的情况：

保护装置到现场，第一次安装调试周期长，一条线路一套线路保护约需要两个月。以后每年一次的定期复检约需要0.5到1个月。而从国外购进的成套保护，整定试验时间短。这主要是因我国传统习惯所致，运行部门的规程规定保护第一次安装调试时要详细做，要对保护进行回路接线，参数，每个部件、继电器特性试验及整组试验和成套联动试验。内容全面项目多。而国外的保护一般只做整定试验和整组试验，如也按照国内规程试验，试验周期自然也要长了。另外，国外各公司随产品供应有专用轻便试验设备，试验接线方便，而国内产品设计考虑配套试验不够，现有的试验设备也较笨重，且供应不及时，这是值得向国外学习借鉴的。目前许昌继电器研究所正与上海电动工具研

究所联合研究专用轻便试验设备。再者，国内产品的质量问題，有些是与制造厂质量控制不严有关。致使一些应在出厂前解决的问题留待现场调试时解决，也增加了用户的负担。因此制造部门强化产品质量控制和使用部门的密切监督都是十分必要的。对此已引起制造部门的足够重视。

有人对整流型保护性能的稳定性有所怀疑。实际上，这套产品是在220kV线路保护的經驗基础上提高的。应该说整流型产品性能是有运行經驗的。为了说明这一点，将1985年在辽阳变电所由鉴定试验工作组的抽试记录，摘录部份列于表2供参考。

1. 阻抗整定值

表2

继电器名称	定值 ( $\Omega/\phi$ )	YB抽头 %	DKB位置	电流 (A)	$\varphi_M$	$U_d/U_q$ (V)	$K_s$	附注
ZKJ <sub>A</sub>	31.5	34	10	1	85°	55/57.5	1.05	K = 0.74
ZKJ <sub>B</sub>	31.5	32	10	1	85°	54.5/56.7	1.04	K = 0.74
ZKJ <sub>C</sub>	31.5	32	10	1	85°	54/55.5	1.03	K = 0.74
3ZKJ <sub>AB</sub>	31.5	31	10	1	85°	63/64.5	1.02	
3ZKJ <sub>BC</sub>	31.5	32	10	1	85°	62.7/68	1.08	
3ZKJ <sub>CA</sub>	31.5	31	10	1	85°	63/65.5	1.04	
1ZKJ <sub>AB</sub>	19	51	10	1	85°	38.5/40	1.04	
1ZKJ <sub>BC</sub>	19	52.5	10	1	85°	38.5/41.2	1.07	
1ZKJ <sub>CA</sub>	19	51	10	1	85°	39/41	1.05	
2ZKJ <sub>AB</sub>	23	42.5	10	1	85°	46/47.84	1.04	
2ZKJ <sub>BC</sub>	23	43	10	1	85°	46.5/49.8	1.07	
2ZKJ <sub>CA</sub>	23	42.5	10	1	85°	45/47.5	1.05	

2. 阻抗元件精工电流，动作时间、返回时间

表3

继电器名称	准确工作电流					动作时间				记忆时间	
	要求		实测			1A, 85°, 0.7Z <sub>y</sub>		两倍精工电流 0.7Z <sub>y</sub>		要求	实测
	I(A)	Z( $\Omega/\phi$ )	I(A)	U(V)	Z( $\Omega/\phi$ )	要求 (ms)	实测 (ms)	要求 (ms)	实测 (ms)	(ms)	
ZKJ <sub>A</sub>	0.3	28.5	0.25	12.5	28.7		19.26	20	17.7	40	42.7
3ZKJ <sub>AB</sub>	0.3	28.35	0.25	14.25	28.5		18.86	20	19.9	50	58.6
1ZKJ <sub>CA</sub>	0.2	17.2	0.2	7	17.5		16.74	25	22.7	50	80.7

3. 距离保护中其他元件整定值

表 4

元件名称	整定值 (A)	原动作值 (A)	整定位置	动作/返回 (A)	$K_f$	动作误差 (%)	附注
1LJ <sub>A</sub>	0.4	0.395	0.2A×200%	0.4/0.35	0.875	0	
2LJ <sub>B</sub>	0.02	0.019	0.02A+0	0.02/0.0196	0.98	0	
3LJ <sub>B</sub>	0.5	0.51	0.4A(1+0.25)	0.51/0.45	0.88	+2	
L <sub>0</sub> J	1.6	1.58	1A(1+0.65)	1.58/1.32	0.84	-1.25	
L <sub>0</sub> J <sub>B</sub>	0.32	0.33	0.1A(1+0.54)	0.325/0.275	0.85	+1.56	半绕组
YJ <sub>0</sub>	8V	7.5V		8.4V/5.3V	0.63	+5	
FLJ	$I_2 =$ 0.1A		$I_2$ 0.1	$I_2$ 两相通电0.225A10次可靠动作,0.121A10次可靠不动作。			
	$I_0 =$ 0.1A		$I_0$ 0.1	$I_0$ 单相通电0.13A10次可靠动作,0.07A10次可靠不动作。			

4. 距离保护中干簧中间\*

表 5

继电器名称	动作值 (V)	返回值 (V)
CKJ <sub>A</sub>	157	80
CKJ <sub>B</sub>	168	100
CKJ <sub>C</sub>	178	90
1CKJ	158	80
2CKJ	156	90
3CKJ	164	90

\*注:从辽阳电业局1985年7月8日报告中摘录

#### 5. 零序综合重合闸中电流元件(见表6)

从表中数据看到整流型阻抗元件,电流元件整定值是基本稳定的,变化在2.5%以内。干簧继电器的动作也都在80% $U_N$ 以下。从220kV系统中大量生产的产品历年运行较正常,也说明整流型保护性能是稳定的,另外对所采用的极化继电器和干簧管都有严格的技术要求,并要求这些产品制造厂进一步提高其性能的稳定性。

国内研制的保护在制造工艺方面与国外进口的产品相比,存在较大差距。许昌继电器厂引进西门子公司500kV线路保护技术,在加工工艺,专用高精度加工设备,测试设备等方面,已得到明显的效果。这方面许昌继电器厂已列为“七、五”“八、五”期间重点攻关内容,目标是赶上国际先进水平。

## 五 结 束 语

我国研究的500kV成套线路保护从1975年开始,基于当时的条件,吸取330kV输电工程的建设经验,在总结220kV线路运行、制造经验基础上,以研究整流型和晶体管分

表 6

元 件 名 称	整定值 (A)	原动作值 (A)	整定位置	动作返回	$K_f$	动作误差 (%)	附 注
LJa	1.5	1.5		1.48/1.26	0.85	-1.3	
1LJ'	1.6	1.6		1.595/1.38	0.86	-0.3	
1LJ <sub>0</sub>	0.8	0.795		0.78/0.72	0.92	-2.5	
2LJ <sub>0</sub>	0.32	0.32		0.32/0.275	0.86	0	
3LJ <sub>0</sub>	0.16	0.163		0.158/0.13	0.82	-1.25	
1LJa	0.4	0.4		0.39/0.34	0.87	-2.5	
LTJ <sub>AB</sub>	0.2	0.25		0.215		+7.5	可靠不动作0.15
LTJ <sub>BC</sub>	0.2	0.26		0.265		+32.5	可靠不动作0.165
LTJ <sub>AC</sub>	0.2	0.23		0.26		+30	可靠不动作0.16
TJ <sub>A</sub>				110V/30V			辽阳局85.9报告
TJ <sub>B</sub>				108V/24V			辽阳局85.9报告
TJ <sub>C</sub>				105V/35V			辽阳局85.9报告
1TJ				114V/36V			辽阳局85.9报告
2TJ				128V/54V			辽阳局85.9报告
3TJ				134V/42V			辽阳局85.9报告

立型两套保护为目标,立足国内。于1982年拿出可靠产品,解决我国自制第一条东北500kV输电线路建设的需要。从上面介绍情况来看,这个目标实现了,已为我国跻身于有能力制造500kV系统保护世界先进行列做出贡献。

另外,由于研究这套保护取得的一些成果,对提高220kV系统保护性能有益,也已在220kV线路保护“四统一”设计中得到推广应用。主要为:

1. 实现高频距离保护,以不影响原来距离保护的功能,解决了以往方案要失去距离保护I段,而且还需作部份跨接线的改接的问题。

2. 采用整流型电流元件,大大降低电流回路功率消耗,解决了CT负担重和长期带电的电流元件触点、转动部份磨损,而可能误动的问题(磨损的金属粉末落在触点间绝缘垫上引起短路)。另外对低定值的电流元件,由于返回快,在较大和持续时间长的励磁涌流下不会积累达到延时段动作。

3. 每种保护都能独立分相和三相跳闸,每套保护相互独立的设计思想,已为重要的220kV系统保护配置双重化方式所接受。

4. 可以采用相电流差突变量作选相元件。

最后,这套保护所以能取得较好的效果,与现场的继电保护人员、值班人员精心维持与努力分不开。特别是锦州电业局,辽阳电业局的同志们从第一条董辽线开始,就踏踏实实一丝不苟地精心运行维护。在此,对现场的继电保护运行人员表示衷心感谢与敬意。