

ZJL—21x型相间距离保护装置的研制与试验

许昌继电器研究所 谢世坤 陆新秋

一、装置的研制:

ZJL—21x型相间距离保护装置的研制工作从一九八二年开始,到一九八三年底完成了模拟品的动模试验。为满足高压线路继电保护装置四统一设计的要求,在电科院和许昌继电器研究所的共同努力下,对模拟品作了全面的修改,到一九八五年底完成了原理接线设计、样机制造、动模试验、现场调试准备投入试运行等工作。在这过程中我们对装置中的各种元件做了大量试验,取得了一些宝贵的经验。

随着电力工业的不断发展,输电线路的电压等级越来越高。500kV输电线路的出现,对继电保护装置提出了更高的要求。因此,研制一套新型保护装置势在必行。国内原有的整流型保护已能满足要求,但体积大,由于执行元件的限制灵敏度不是很高,调试不太方便。又因为现行超高压线路保护均采用两种不同原理组成的保护装置以满足保护的双重化,进一步提高可靠性的要求。国外的保护尽管工艺结构比较先进,但由于它考虑的各种运行情况比较简单,虽体积较小并采用了集成电路,但根据现场实际应用,发现不符合我国国情,需加以改进。根据上述情况并结合我国现状,研制一套晶体管分立元件距离保护装置是必要的。

晶体管分立元件阻抗继电器以零指示器代替原极化继电器,其动作时间可以做得很快,但随之而来的就是暂态超越的问题。经过分析,暂态超越主要是由系统在故障时产生的电流暂态量造成的。从动模试验及人工短路试验的录波图可以看出,短路电流的包络线是按指数曲线衰减的,而且在开始短路后 $\frac{1}{2}$ 周期内最大,以后逐渐衰减。为了克服上述矛盾,我们考虑了用加固定延时(10ms)这一方案。这一固定延时的采用,一方面可以较好地解决暂态超越的问题,而另一方面阻抗元件本身的动作时间很快。虽然加了10ms延时,但最终整组出口跳闸时间均不超过25ms(保护装设处门口相间短路,短路电流大于2倍精工电流时)。根据理论计算只要加5ms的延时就可以躲过暂态电流分量。在实际应用上,为了考虑留点裕度并考虑其它一些特殊情况影响,从而选用10ms延时。

如何减小阻抗元件本身回路的衰减时间常数也是值得研究的问题。如果回路本身衰减时间很长,即使系统暂态分量衰减得很快,但由于阻抗元件本身衰减得较慢,就可能使触发器动作,出现暂态超越。

阻抗继电器的极化回路是一个很重要的环节,为了降低电压回路的功耗,我们增大

了L,的电感量,减小了C,值,但造成加在JYB一次侧电压降低,影响继电器动作特性。为了兼顾二者,我们选取了一最佳参数。电压回路功耗均小于5 V·A/每相,记忆时间均超过100ms,从而保证了故障瞬时的方向性。

阻抗继电器的距离测量及判别回路,是通过环形调制器来实现的。原整流型产品虽也用类似的回路,但由于执行元件是极化继电器,为了防止其抖动,在环形调制整流回路中加了二组二次谐波滤过回路。从而使元件增多,调试及安装大为复杂。用晶体管零指示器后,接线大为简化,但环形调制器比相输出有较严重的二次谐波,在输入到零指示器以前要消除其影响。方法有二种,一种是进行滤波,另一种是阻波,也就是不让二次谐波通过。如采用第一种办法,由L、C组成的谐振回路,这种方法影响动作时间。由于要求有很快的动作时间可以采用阻波的办法。我们把两者结合起来用。在实验中我们注意了阻波电容数值与滤波电容数值的关系。

以往的改偏移都是采用在极化回路附加一个动作量来实现的。这样要在DKB二次侧多绕一组线圈,比较麻烦。在本装置中,极化回路的二次侧串进了二个数值相等的电阻。正常情况下两回路参数对称(工作回路和制动回路),一旦出现三相同性短路时,电压等于零,就只能靠记忆动作。如果重合于永久性三相同短路时,由于记忆不存在,并且元件有死区电压存在,这种情况阻抗元件拒动,这是不希望。因此重合闸一启动就将极化回路中的一个对称电阻短接,使其制动量减小达到可靠动作消除死区的目的。电阻数值的大小由所要求的偏移量来决定。

原整流型距离保护的启动元件一般采用单相式负序电流增量及零序电流增量元件,或者是三相式负序电流增量加零序电流增量。前者在三相对称故障时可能不启动,后者能启动也是靠其暂态过程动作的。为了从原理上解决三相同短路不可靠启动问题,我们在原有负序电流增量加零序电流增量的基础上,加了一个正序突变量元件($\frac{dI}{dt}$)。正序突变量元件只反映正序电流的突变量,而不反映正序稳态负荷电流。由于发生对称性三相同短路,正序电流有很大的突变量,因此彻底解决了三相同短路不可靠启动问题。理论上讲,只用单个正序突变量元件就可以取代原有的启动元件。但由于这还是一个新元件,没有运行经验,因此还保留原有 $\Delta I_2 + 3 I_0$ 。研究正序突变量元件($\frac{dI}{dt}$)在振荡过程中的动作行为,也是必要的。如果是动稳定破坏发生的振荡情况和原有启动元件一样,采用短时开放的办法是能够满足要求的。主要是静稳破坏的情况,由于这种情况第一个周期比较长,一般为1s以上,而且往往振荡一开始电流的变化比较缓慢,所以振荡的第一个周期内是不可能动作的。如振荡中心在本保护范围以内,那么阻抗继电器先动作并启动振荡闭锁回路,另外还有相电流元件同样启动振荡闭锁,因此即使振荡加剧后引起正序突变量动作也不会引起跳闸。突变量桥的调整是整个 $\frac{dI}{dt}$ 的关键,桥调平衡以后才能正常工作。

本装置直流逻辑回路按高压电网继电保护装置统一接线设计的。回路考虑了各种运行情况对保护的要求,接线简单,合理、调试方便,能满足与其它保护及自动化装置配

合的需要。

二、装置的动模实验

我们于一九八四年十月至一九八五年一月在北京水电部电科院电力系统动态模拟试验室，对本保护装置做了详细全面的动态模拟试验。试验的模拟系统都是按可能出现的对保护最不利的情况而选择的。试验结果表明整个保护装置电气性能完全符合设计要求，并认为整个保护结构合理，在工艺方面有新的突破。下面是保护装置的试验结果。

A、动模前测试数据：

(一)、阻抗元件(以AB相为例)

1、转移阻抗角： 86°

2、极化回路线性度测定：

表1

U(V)	1	2	3	5	10	20	40	60	80	100
U_c (V)	4.47	9.22	13.60	24.0	50.6	107.1	219	333	444	554
δ	/	0°	0°	2°	3°	1.5°	1°	1°	1°	0.5°

3、工作回路内角测定：

$$\varphi_{Lm} = 85^\circ \quad I_D = 2.5A$$

表2

内角	电压				
	5	10	20	40	60
YB抽头					
100%	4.5°	6°	6°	6°	6°
10%	/	/	6°	6°	6°

4、动作阻抗准确工作电流及动作时间的测定。

①. YB = 100%、DKB = $2 \Omega/\phi$ ，电压U超前电流I、 $\widehat{UI} = 85^\circ$

表3

I(A)	0.7	0.8	0.9	1	2	5	10	15	20
U(V)	2.8	3.2	3.7	4.2	8.5	2.06	42	63	84
Z/ ϕ (Ω)	2	2	2.50	2.1	2.13	2.06	2.1	2.1	2.1

最小精工电流小于0.7A

②. YB在最小位置, DKB在任一位置时的最小准确工作电流 ($YB_1=10\%$, $DKB=2\Omega/\phi$, $\varphi_{Lm}=85^\circ$)

表 4

I (A)	0.5	0.8	1	1.5	2	3	4	5
U (V)	15.14	27.4	36.1	56.2	76.3	117.4	157.3	197
Z (Ω)	15.14	17.1	18.1	18.7	19.1	19.7	19.7	19.7

最小精工电流小于 1 A。

③. 记忆时间: $YB=100\%$ 、 $DKB=2(\Omega/\phi)$ 、 $U=55(V)$ 、 $I=5(A)$ 、146.4, 148.1, 147.2, 144.4, 145.9、平均值: 146.4(ms)、 $U=50(V)$ 、 $I=50(A)$ 141.2, 150.7, 146.1, 145.1, 147.9, 平均值: 146.2(ms)

④. 动作时间: (ms) ($YB=100\%$, $DKB=2\Omega/\phi$, $\frac{Z_s}{Z_{DZ}}=5.5$)

表 5

0.95Z ZD	16.9	17.5	16.9	21.1	15.3	平均值 17.14
0.7Z ZD	15.2	14.2	14.7	14.3	15.3	14.74
0.5Z ZD	15.3	14.6	14.5	15.2	15.3	14.98
0.25Z ZD	15.6	15.8	15.4	15.0	15.1	15.4
0Z ZD	15.2	15.0	14.9	14.8	15.1	15.0

从上述数据可以看出阻抗继电器不管在门口短路和末端短路情况下动作时间比较接近。

(二) 负序启动元件:

①. 正序输入 5 A 时, 输出为: 0.36 V

负序输入 5 A 时, 输出为: 18.5 V

滤波器调谐频率: 100 Hz

②. 负序电流启动元件在最小及最大整定值下动作值及最大离散值的测定:

用相位合闸角控制合闸相位角:

($I=0.5A$ 挡)

表 6

φ	70°	20°	90°	50°	30°	10°	-10°	-30°	-50°	-70°	-90°
I (A)	0.490	0.520	0.540	0.52	0.500	0.480	0.500	0.510	0.510	0.525	0.530

$$\text{离散值} = \frac{0.540 - 0.48}{0.540} \times 100\% = 11.1\%$$

(I = 1 A挡)

表 7

φ	70°	20°	90°	50°	10°	-10°	-30°	-50°	-70°	-90°
I(A)	1.06	1.03	1.10	1.07	0.97	0.98	1.01	1.04	1.05	1.09

$$\text{离散值} = \frac{1.10 - 0.97}{1.10} \times 100\% = 10.8\%$$

③. 动作时间 (ms)

表 8

I = 2 × 1.0 A	4.1	6.6	4.1	2.4	6.4	4.71(平均值)
I = 4 × 1.0 A	2.2	2.3	3.5	1.8	3.4	2.6(平均值)

(三) 正序突变量元件:

①. 调并联谐振回路:

50Hz: 输入20V时, 输出为: 1.4V

输入37V时, 输出为: 3.1V

②. 正序滤过器调整。

正序电流输入 5 A, 滤过器输出为: 18.5 V

负序电流输入 5 A, 滤过器输出为: 0.16 V

③. 动作电流的离散值测定。

0.5A挡:

表 9

φ	145°	130°	115°	100°	85°	70°	55°	40°	25°	10°	-5°
I(A)	0.8	0.83	0.83	0.82	0.78	0.78	0.77	0.715	0.72	0.73	0.74

$$\text{离散值} = \frac{0.83 - 0.75}{0.83} \times 100\% = 13.9\%$$

④. 正序突变量的频率特性见图 1 所示:

表10

Hz	40	41	42	43	44	45	46	47	48	48.5	49	50	51	52	53	54	55	56	57
不平衡输出(V)	2.01	1.81	1.65	1.29	1.05	0.81	0.48	0.26	0.09	0.07	0.2	0.38	0.49	0.63	0.71	0.76	0.8	0.8	0.81

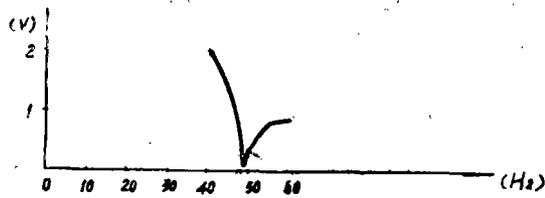


图 1、正序突变量的频率特性

⑤正序突变量的电流特性见图 2 所示:

表 11

I CA A.B.C.0 串联	0.5	1	2	3	4	5	7.5	10	15	20	25	35
U(mu) 不平衡输出	96	135	178	225	237	282	400	590	1230	1950	2730	9000

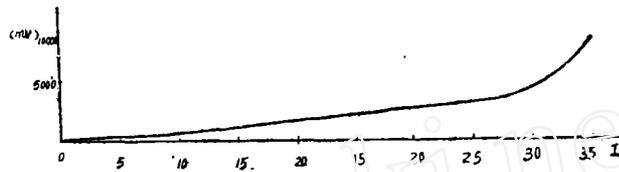


图 2、正序突变量的电流特性

⑥动作时间: (ms) (任意角度下 2 倍动作电流时)

$I = 1.48A$

8.3, 8.5, 6.2, 6, 10.1, 平均值: 7.2ms

B、装置动模试验典型动作情况分析:

(1) 阻抗元件的暂态超越测定: (AB相)

表 12

yB百分数 线路	100%		95%		暂态超越	
	NIL侧	M侧	N(L)侧	M侧	N(L)侧	M侧
200kM	69.5%	67%	72.5%	70.5%	4.3%	5.2%
300kM	45.5%	48%	48%	50.5%	5.5%	5.2%
100kM	56%	63.5%	59%	67%	5.4%	5.5%
20kM	45.5%	51.5%	48%	55%	5.5%	6.8%

表中除20kM DKB的位置是在0.5Ω挡外其余均为2Ω挡。100%的YB数值是刚好动作时的稳态值，95%的YB数值是暂态情况下可靠不动的数值。

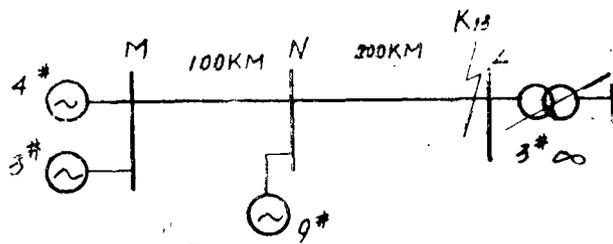


图3 500kV方案(I)模拟系统简图

K_{13} 点, ABC三相故障L侧距离保护动作, 从录波图中可以看出距离出口的动作时间为20ms, 返回时间为8ms, 故障电流27A(二次)。N侧, 由于相差保护首先跳闸距离II段没有动。 K_{11} 三相短路, L侧保护出口时间为60ms。

②单侧电源200kM线路#, 无穷大变压器, 不投跳闸, 阻抗动作时间20ms, 记忆时间60ms, 故障电流44.8A(二次)。

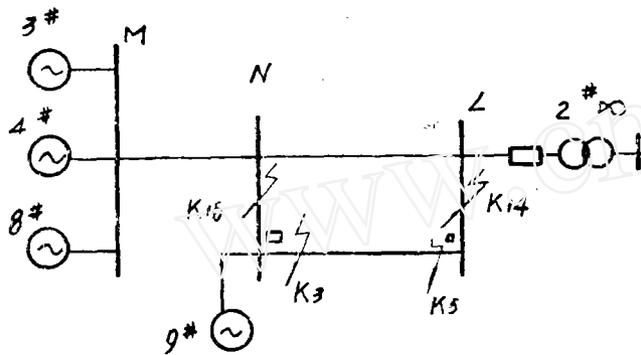


图4、500kV方案(II)模拟系统简图

(2)金属性故障的动作情况:

200kM系统条件: 见图

3所示

①4#发电机带30万负荷

3#、9#发电机空载,

(3)经电阻短路时的阻抗元件动作行为: 见图4所示

①.带10Ω电阻, K_{14} 点ABC短路, N侧距离I段没有动作。

②.电阻减小到2Ω K_{14} 点ABC短路, N侧距离I段动作。把L侧阻抗换到N侧并在 K_{14} 点A在BC短路。10Ω电阻情况下。距离I段不动作, 减小电阻到2Ω, 距离I段动作。动作时间30ms。

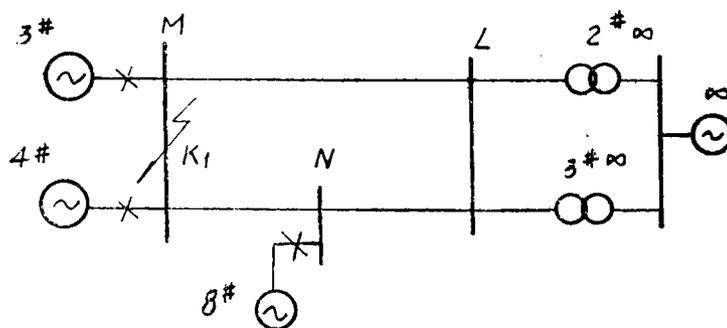
③.反方向母线故障, 不带电阻时可靠不动, 带10Ω电阻时, K_{14} 点ABC短路, L侧距离保护阻抗III段最短误动作时间为120ms, II段阻抗元件最短误动作时间为270ms, 但保护装置均没有出口跳闸。这是因为II段III段均有较长的延时。

经弧光电阻发生短路, 在实际系统中是常见的故障, 这种故障对阻抗继电器正确测量线路的距离是有影响的。当弧光电阻较小时(2Ω), 在线路的末端故障阻抗I段的超越严重。电阻增大(10Ω)超越为负, 也就是阻抗不动作了, 这时只能靠第II段动作来切除故障。

(4)大电流转换性故障时阻抗元件的动作行为, 220kV短线路方案将ML线缩短为8.5kM(单侧电源), 见图5所示

①.#3、#4、#8发电机解列, 由无穷大单侧电源供电, K_{14} 点ABC短路, L侧I

段阻抗动作，动作时间16ms。故障电流为53A。



图(5) 220kV短线路方案模拟系统简图

②. K_1 点A0转为AB0短路L侧 I段动作，转换时间为24ms。

③. 线路去掉， K_1 点AB转为ABC短路，L侧 I段动作 故障 电流97A动作 时间为16ms，返回时间 8ms。

④. K_1 点故障，L侧 I段阻抗动作，动作时间为16ms，短路电流为53A。

(5) 系统振荡对阻抗元件的影响：

系统振荡中心落在阻抗保护范围内时，相当于区内发生三相故障，阻抗元件要动作。300kM线(第二方案)做的静稳破坏产生振荡是本次试验中较典型的，静稳破坏到失稳后，1.5s，阻抗元件动作，本次振荡最长周期为2.1s，QDJ启动元件是在Ⅲ段阻抗动作后2.4s启动的。这时电流为 15^4 ，且这个电流正趋于下降。Ⅲ段阻抗动作后2.5s，I、II段阻抗动作，最短周期为0.12s。距离保护装置振荡闭锁可靠动作于闭锁，没有跳闸。

三、结 论

ZJL-21x型距离保护装置在动模试验中经受了近三千次的各种类型 故障的 考验，既不拒动也不误动，一切正常。

装置的方框图是按四统一设计的，结线合理各项性能完全能够满足500kV线路对保护装置的要求。现在第一套样机已送到广东电力网试运行，先在220kV线路取得运行经验后投到500kV系统中去。一套新型保护的完善需要各方面的支持，我们将根据用户需要不断改进和提高我们的继电保护水平，为广大用户服务。