

“四统一”整流型样机的研制与试验

许昌继电器研究所 刘甲申 涂东明 赖南阳

全国高压线路继电保护装置统一接线设计工作从八二年初到八五年,历时三年,在电力部一机部有关部门的共同努力下,基本上完成了原理接线设计、样机试制及动模试验,目前已进入到小批量生产阶段。

所谓“四统一”设计即是“统一技术标准,统一原理接线,统一图形符号,统一屏端子排”。

从我国目前实际情况看来,整流型线路保护装置已有二十多年的设计制造和运行历史,各制造厂尽管起步不同,都下了不少功夫,先后生产了大批线路保护屏,为我国电力工业立下了汗马功劳,但由于种种原因,特别是限于当时的设计制造和运行水平,以前的产品存在或多或少的问题,国家每年均要花相当大的人力物力去进行反事故措施。特别是近年来随着电力系统的迅速发展,系统容量增大,输电线路增长,电压等级升高,电网结构复杂,负荷加重,电网稳定要求高等等,不断出现新问题和新要求。因此,原先的产品已显得不相适应,而迫切要求制造出性能及指标均优于目前产品的线路保护装置,以适应和满足各种系统及各种线路。使线路保护更加安全可靠,更趋完善。

“四统一设计”就是在这种历史背景下产生的。

各制造厂对“四统一”工作十分重视,根据研制周期短,新元件多,难度大,技术指标高等具体情况,经多次研究,反复落实措施,如期完成了“四统一”样机试制任务,送北京电科院参加动模试验。动模试验结果表明,各制造厂研制的“四统一”样机,在技术指标上都有所突破,性能均优于现在运行的产品。

许昌继电器厂研制的整流型“四统一”样机为两面屏,一面屏包括ZJL—31X型距离保护装置,ZLF—31X型零序电流方向保护装置和ZYQ—31X型电压切换装置,另一面屏包括ZZC—31X型综合重合闸装置和ZFZ—31X型辅助操作箱。

目前生产的整流型线路保护,其技术要求是经过多年生产运行而逐步完善的。各制造厂在八一年全国进行的220kV线路保护整顿验收时就是以此为依据。现在要在这个基础上再提高一步,而且有些指标如阻抗元件的暂态超越,动作时间以及整组功耗都要大大降低,这就要花出巨大的劳动,进行大量的科研工作。

为了满足“四统一”设计的技术要求,我们除了进行逻辑回路的参数设计,施工图纸的设计外,重点把精力放在以提高交流元件性能和出口元件速度等主要技术指标的研制上,经一年多的探索、反复试验,不断提高,终于收到了预期的效果。这套“四统

一”样机通过厂内调试和北京电科院为期五个月的动模试验，分别模拟500kV系统和220kV系统四种动模接线方案，经过5000~6000余次区内外故障及系统振荡试验的严格考核，保护装置均能正确动作，完全符合“四统一”设计要求，其中阻抗元件的暂态超越无论在空载或负载情况下均小于5%，出口短路的动作时间为10ms左右，达到国内外先进水平。交流电流元件的暂态超越也小于5%，特别是功率消耗大大下降，由原来的16VA下降到4VA。

下面将阻抗元件厂内调整试验及动模试验的主要项目和试验结果列出来，以供参考。

一、阻抗元件动模前的调试（以A、B相为例）

1、整定阻抗值及误差。

第一、二、三段均采用 $0.5 \sim 20 \Omega / \phi$

当DKB=2，YB=100%，I=5安， ϕ 整定 80° 时。

段 别	相 别	实测阻抗值	与刻度值误差
I II 段	A B 相	2 Ω	0%
III 段	A B 相	1.95 Ω	2.5%

2、转移阻抗角及其相应的灵敏角

（整定 80° 时）I II段A、B相

电 流 (安)		1	2	5	10	20
转移阻抗角(ϕ_z)	空 载	80°	81°	82°	86°	86°
	带 R_{ϕ_s}	76°	77°	78°	82°	82°
灵 敏 角 ϕ_μ		66.5°	69°	73°	75°	74°
差角($\phi_z - \phi_\mu$)		9.5°	8°	5°	7°	8°

3、在上述互感阻抗角度下，YB整定100%位置，测定继电器工作回路的阻抗角（即在继电器极化回路断开条件下测定继电器输入电压U与工作回路电流 I_D 间的相位角，电流落后为负）。

输 入 电 压 (伏)		5	10	20	40	60	80	100	110
I II 段 A B 相	$\hat{U} I_D$	-5°	-5°	-6°	-7°	-7°	-6°	-6°	-5°
III 段 A B 相	$\hat{U} I_D$		-8°	-7°	-6°	-5.5°	-5°	-5°	-5°

4、极化回路自然谐振频率及阻抗线性度的测试，试验时把工作回路断开。（I II段A、B相）

输入电压(伏)	1	2	3	5	10	20	40	60	80	100	110
电容器电压 U_c (伏)	2.6	6.5	11.7	20.5	41.4	80	171	260	350	432	470
极化回路电流 I_j (毫安)	0.8	2.2	3.5	6.2	12.8	27	54.4	82.3	110	135	145.5
$U_j^{\wedge} U_{jYB}$ 二次(度)	5	4.5	7	7	4	3.5	2.5	4	8	9	12.5

5、精工电流曲线 $Z=f(I)$ 见图1, $DKB=2$, $\varphi=80^\circ$, $YB=100\%$ 。

电流(安)	0.75	0.8	1	2	3	4	5	10	15	20	25
电压(伏)	2.6	2.9	3.9	8.1	12	16	20	41	64	84	105
阻抗(欧)	1.73	1.81	1.95	2.03	2	2	2	2.05	2.1	2.1	2.1

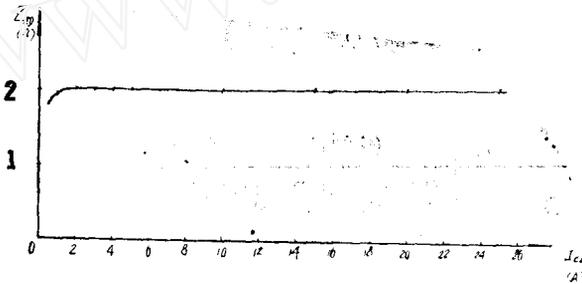


图 1

6、特性园 $Z=f(\varphi)$ 见图2。

$DKB=2$ $YB=100\%$ $I=5$ 安 $\varphi=70^\circ$

φ (度)	-20°	0	30	60	70	90	120°
U (伏)	5.4	13	18	20	20	17	6
Z (欧)	0.54	1.3	1.8	2	2	1.7	0.6

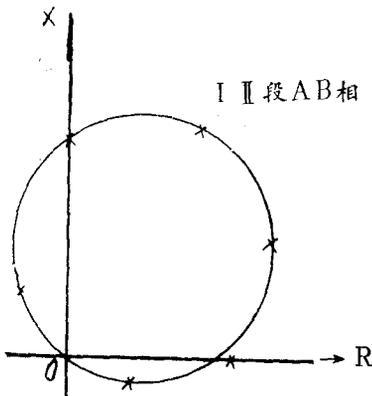


图 2

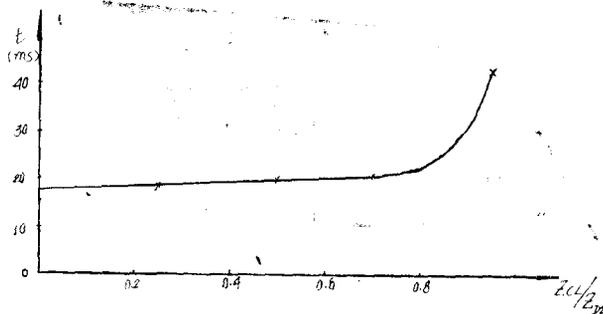


图 3

7、DKB=2, YB=100%, 电源阻抗比 $Z_s/Z_{DZ}=5.5$ 条件下, 测定继电器在0.95, 0.7, 0.5, 0.25及0倍动作阻抗时的最长动作时间。

段别	相别	$0.95Z_{DZ}$	$0.7Z_{DZ}$	$0.5Z_{DZ}$	$0.25Z_{DZ}$	0
I II 段	A B	42.6ms	21.4ms	20.3ms	18ms	15ms
III 段	A B	46ms	21ms	20ms	18ms	13.5ms

由图3曲线可以看出阻抗元件为一反时限特性, 因此对躲暂态超越有利。

8、DKB=2, YB=100%, 电源阻抗为11欧及1欧的条件下测定方向阻抗的记忆时间。

当电源阻抗为11欧, (相当于5安)

I II段AB相为120毫秒, III段AB相为120毫秒, 当电源阻抗为1欧(相当于50安)。

I II段AB相为140毫秒 III段AB相为132毫秒。

二、动模试验结果

许继整流型阻抗元件暂态超越(500kV方案、I II段)*

方案	线路名称	装设点	整定阻抗(Ω)	末端三相短路为5安时稳态动作值(YB抽头)			边缘动作时间及最大缩短范围		空载时超越范围(%)	负载下的超越范围(%)	
				AB	BC	AC	动作时间(ms)	缩短范围(%)		超越范围(%)	负荷值MVA
I	NL	N	2.98	67.5	63.5	70	65	0	小于5%	小于5%	1300
				67.5	63.5	70					
	MN	M	4.45	45	42.5	47	65	0	"	"	700
				45	42.5	47					
II	NL	N	4.34	45	42.5	47	60	0	2	5	1100
				45	42.5	47					
	MN	M	1.56	68.5	65	60.5	80-100	0	3.3	3.3	1000
				68.5	65	60.5					

许继整流型阻抗元件动作时间*

500kV动模方案				220kV动模方案	
出口短路		中点短路	末端短路	出口短路	
$Z_s/Z_L = 0.27$	$Z_s/Z_L = 7.1$	14~17ms	100~120ms	$Z_s/Z_L = 0.1$	$Z_s/Z_L = 0.2$
10~11ms	小于20ms				
				8ms	9ms

许继整流型距离保护样机功耗

电流回路 (通5安)	AO	BO	CO
	9.5VA	10.5VA	10VA
电压回路 加(100伏)	A	B	C
	16.2VA	16.8VA	16.2VA

整流型零序电流方向保护, 关键需要解决交流电流元件的功率消耗过大的问题以及速动段的暂态超越。老产品中我们采用的是机电型电流元件, 小规格的电流功耗过大, “四统一”设计中根

本不能采用，否则整组功耗将大大超过。为此，我们研制出了一种新型的整流型电流继电器，这种电流继电器具有功耗小，灵敏度高，速度快，返回系数高等特点，采用这种电流继电器以后，对降低整组功耗起了举足轻重的作用。通过动模的多次考核，速动段的暂态超越小于5%，远远低于技术指标，动作时间小于20毫秒。为了躲电容电流的高频分量，在电流元件中采用了选频措施，使之能可靠地躲过电容电流的暂态分量。

综合重合闸和辅助操作箱，其选相元件也是采用阻抗元件，技术要求和指标均和距离保护一样，暂态小，动作快，具有很好的选相功能，在动模几千次模拟故障试验中，从未出现过误选相或拒绝选相的情况，保证了重合闸正确动作，经重合闸出口时间也较老产品大大缩短，加快了整组保护的动作速度。分相电流元件同样采用了选频措施，使其能可靠地躲过电容电流的暂态分量。

显然，为了满足“四统一”设计的技术要求，除了各装置本身的元件需要作大量的研制工作以外，对于一些基础元件也需要作大量的工作，有的还重新研制生产了新一代的产品。例如为了保证距离二段，零序二段的时间整定要求，需要时间元件精度提高，级差减小。为此，我厂、所除了提高机电型时间继电器的精度外，还研制出了一种高精度时间继电器，该时间元件精度可达 $0.3\% + 3\text{ms}$ ，可以在 $20\text{ms} \sim 999\text{s}$ 内任意整定。为了保证在直流中断恢复以后，信号仍能可靠保持，研究了一种两次掉牌，机械保持，手动复归或电复归的信号继电器，这种信号继电器具有灵敏度高，速度快等特点，而且二次掉牌非常直观，便于现场运行时的事故分析，在这次动模试验过程中也充分显示了这种优越性。为了加快整组保护装置的动作时间，直流回路的重动、出口继电器采用了干簧继电器，这种继电器的触点耐压可达到1000伏以上，在电压不超过220伏，电流不大于0.5安的直流有感负荷电路中断容量不小于50瓦，继电器的动作时间不大于3毫秒，而且经过了动模的严格考核，从未出现过干簧触点粘住不返回的现象，证明这种继电器是可靠的。为满足装置所有逻辑回路参数配合上的需要及回路设计的需要、还改进或改制了一些中间，电码继电器等。

在装置和屏的结构设计过程中，运用人体工程学原理，力争做到布局合理，调试维护运行方便，为此采用了最新设计的壳体分层结构，单个继电器能直接插拔，整个插件又能插拔，壳体能分能合，插接可靠。屏后端子集中插接，采用这种结构，不仅调试检修方便，而且也省去了老产品中的长辫子线，对降低整组功耗也起了一定的作用。

为了进一步说明我厂“四统一”产品的性能，下面表中列出了新老产品的有关技术指标和测试数据的对比，供运行部门参考。

序号	项目内容	庐山制订的技术指标及老产品测试数据		“四统一”设计技术指标及样机测试数据	
1	整组				
a	动作速度	40ms	实测35ms	30ms	实测25ms
b	电流回路功耗	每相60VA	实测60VA	每相30VA	实测25VA

本不能采用，否则整组功耗将大大超过。为此，我们研制出了一种新型的整流型电流继电器，这种电流继电器具有功耗小，灵敏度高，速度快，返回系数高等特点，采用这种电流继电器以后，对降低整组功耗起了举足轻重的作用。通过动模的多次考核，速动段的暂态超越小于5%，远远低于技术指标，动作时间小于20毫秒。为了躲电容电流的高频分量，在电流元件中采用了选频措施，使之能可靠地躲过电容电流的暂态分量。

综合重合闸和辅助操作箱，其选相元件也是采用阻抗元件，技术要求和指标均和距离保护一样，暂态小，动作快，具有很好的选相功能。在动模几千次模拟故障试验中，从未出现过误选相或拒绝选相的情况，保证了重合闸正确动作，经重合闸出口时间也较老产品大大缩短，加快了整组保护的動作速度。分相电流元件同样采用了选频措施，使其能可靠地躲过电容电流的暂态分量。

显然，为了满足“四统一”设计的技术要求，除了各装置本身的元件需要作大量的研制工作以外，对于一些基础元件也需要作大量的工作，有的还重新研制生产了新一代的产品。例如为了保证距离二段，零序二段的时间整定要求，需要时间元件精度提高，级差减小。为此，我厂、所除了提高机电型时间继电器的精度外，还研制出了一种高精度时间继电器，该时间元件精度可达 $0.3\% + 3\text{ms}$ ，可以在 $20\text{ms} \sim 999\text{s}$ 内任意整定。为了保证在直流中断恢复以后，信号仍能可靠保持，研究了一种两次掉牌，机械保持，手动复归或电复归的信号继电器，这种信号继电器具有灵敏度高，速度快等特点，而且二次掉牌非常直观，便于现场运行时的事故分析，在这次动模试验过程中也充分显示了这种优越性。为了加快整组保护装置的动作时间，直流回路的重动、出口继电器采用了干簧继电器，这种继电器的触点耐压可达到1000伏以上，在电压不超过220伏，电流不大于0.5安的直流有感负荷电路中断开容量不小于50瓦，继电器的动作时间不大于3毫秒，而且经过了动模的严格考核，从未出现过干簧触点粘住不返回的现象，证明这种继电器是可靠的。为满足装置所有逻辑回路参数配合上的需要及回路设计的需要，还改进或改制了一些中间，电码继电器等。

在装置和屏的结构设计过程中，运用人体工程学原理，力争做到布局合理，调试维护运行方便，为此采用了最新设计的壳体分层结构，单个继电器能直接插拔，整个插件又能插拔，壳体能分能合，插接可靠。屏后端子集中插接，采用这种结构，不仅调试检修方便，而且也省去了老产品中的长辫子线，对降低整组功耗也起了一定的作用。

为了进一步说明我厂“四统一”产品的性能，下面表中列出了新老产品的有关技术指标和测试数据的对比，供运行部门参考。

序号	项目内容	庐山制订的技术指标 及老产品测试数据		“四统一”设计技术指标 及样机测试数据	
1	整组				
a	动作速度	40ms	实测35ms	30ms	实测25ms
b	电流回路功耗	每相60VA	实测60VA	每相30VA	实测25VA