

# 西南220KV电网ZCG—1A型相差高频保护运行分析

西南电管局总调度所 赵兴康

## 前 言

由许昌继电器研究所研制的ZCG—1A(配SF—5B收发讯机)型全晶体管相差高频保护(以下简称装置)样机(并配合该厂生产的220KV线路成套保护屏)于1975年11月投入四川电网220KV豆渝线路试运行。1976年3月豆渝线曾进行了几次人工接地短路试验。试验过程包含了“单相弧光接地→同名相复故障→非全相运行→异名相复故障”的全过程。通过短路试验中的录波分析,表明“装置”的动作全部正确(详见附件一)。其后“装置”仍继续投入信号位置运行。至1978年5月的这一期间,“装置”经受了系统十多次区外短路的考验(包括远、近端和转换性故障),其动作均正确无误。鉴于此,“装置”于1978年5月正式投入跳闸位置运行。在投跳一年的时间内,豆渝线发生区内单相接地短路两次,区外短路四次(其中一次为转换性故障  $D_B \rightarrow D^{ABC}$ )“装置”均正确动作。至此,经各有关专业部门慎重研究会商后,在西南电网特别是四川系统的220KV新建工程中,逐渐引入了该“装置”。目前全网已配置了数十套并已有十多套投跳运行。贵州、云南220KV电网也于80年、83年先后投入了跳闸运行。

这些“装置”从1975年11月第一套样机投入试运行起至84年5月为止运行时间已近九年,其运行实践表明:“装置”虽还有一些问题和缺陷尚需改进,但动作情况一直良好,正确动作率比网内其它任何型式的相差高频保护为高,特别是躲区外转换性故障的性能好。本文将简要地总结ZCG—1A在西南电网的配置,运行动作情况和豆渝线人工接地短路试验中有关“装置”的动作结果分析以及在运行中“装置”尚存在的一些问题。

## 一、ZCG—1A型的运行情况

西南220KV电网在形成和发展初期,由于多方面因素,线路所配置的高频保护品种较多,但仍以相差高频为主、方向高频少许。而相差的型号又多达七种。经过较长时间的运行实践,对各类“装置”逐渐摸索和积累了一些调试运行经验。从多年的事故统计分析也看到各种类型的相差,高频保护在躲越区外转换性故障的暂态性能和区内故障的正确动作率等重要指标上的较大差异。加之西南220KV电网大多为单回路辐射形网

络,若干线路正常传输着较大负荷,因此“装置”每一次不正确动作都给系统造成较大损失。同时,在一个电网中采用多种型式的“装置”也给调试人员增加了诸多困难,各级运行人员亦难掌握。所以各级领导、专业人员和运行人员都希望在保护配置选型上采用经过较长时期实践考验,证明了性能良好的装置,以求达到品种、型号、尽可能集中一些。

表一列出了目前西南电网各类高频保护的配置情况。

表一:西南220K V电网各类高频保护统计

分 类	ZCG-1A	GCH-1	ZCG-11	ZCG-12	BXG-1	BFG-1	JGX-11	JGX-1	小计
套数	25	14	9	13	2	8	12	8	91

其中ZCG—1A型四川系统有16套,贵州5套、云南4套。

表二列出了西南电网1983年度各类高频保护的動作统计。

表二:1983年度西南220K V电网高频保护动作统计

分 类	ZCG-1A	GCH-1	ZCG-11	ZCG-12	BXG-1	BFG-1	JGX-11	JGX-1	小计
总动作次数	12	3	1	1			3	4	24
正确动作次数	12	2		1			2	4	21
不正确动作次数		1	1				1		3
误动									
拒动									
正确动作率%	100	67	0	100			67	100	87.5

到目前为止,全网220K V线路投入跳闸位置运行的ZCG—1A型已有15套。其中四川系统10套,云南4套、贵州1套。在近九年的运行时间内,动作情况一直良好,正确动作率高。表三列出了ZCG—1A型近九年的全部动作统计。

表三:1975年11月—1984年5月ZCG—1A型全部动作统计

项 目 单 位	总动作 次数	正确动作 次数	不正确动作 次数		正确动作 率 (%)
			误 动	拒 动	
四川网	52	51	1	0	98.08
贵州网	7	7	0	0	100
云南网	2	2	0	0	100
全 网	61	60	1	0	98.36

从表三可见，除一次区外故障误动外，其余均动作正确，正确动作率比网内其它型式的高频保护为高。

另外，从装置在长期运行中所经受的故障形态考虑，还有两个突出的特点：

其一是装有 ZCG—1A 型的线路在所发生的 30 次短路故障中包含了各种形态的短路。

表四列出了装置所切除的 30 次短路故障分类统计。

表四：装置切除 30 次故障的分类统计

故障分类 项目	单相接地短路	两相接地短路	一相断线 加接地	一相断线 另一相接地	小计
	故障次数	24	3	1	
(比率%)	80	10	3.3	6.7	100

其二是装置更经受了为数众多的区外故障的考验。在数十次区外短路中，包括了近端（指装置安装处相邻母线或线路）和远端（装置安装处邻线末端以远）的短路。其中有三次是转换性故障（两次为  $D^1 \rightarrow D^{2,1}$ ，一次为  $D^1 \rightarrow D^{3,1}$ ）。在这些区外故障中装置正确地经受了考验，只今年 4 月在一次区外单一性接地短路时，因设备缺陷发生了一次误动事故（详见附件二的事事故分析）。

值得指出的是在上述两次转换性短路中，有两条线路装设的 GCH—1 相差高频虽已按有关反措精神进行了改进（如比相元件已 JJ 4 已延时 20ms 接入，出口中间继电器已带有 25ms 左右延时动作。）但仍发生了误动。后经对装置定值、接线、回路元器件与整组动作及其通道等进行了数次详细的事故检验，至今仍未找出发生误动的准确原因，因而不能采取有效措施防止同类误动的重演，目前我网只得将出口中间继电器延时增至 30—35ms，但这样整组动作时间就增至 80—100ms 左右，影响了装置快速性。

由此可见，ZCG—1A 型的比相元件采用在区外故障时按两次比相的原理对躲越区外转换性故障是极为可取的，这是“装置”所独具的特点。其运行实践证明具有较高的可靠性。

## 二、装置运行中的一些问题和改进意见

总的说来早期的产品（78年前）质量较好，使用中也未发现重大缺陷，元件质量、焊接工艺和布线等都较好。78年后的产品经过几年运行实践的考验逐渐暴露了一些毛病，这主要集中地表现在工艺结构和元器件质量方面。

另外，从方便调试运行，进一步提高装置可靠性着眼，一些回路的设计原则似有改进的必要，现简述如下

### 1. 工艺结构方面:

- (1) 组合箱框架经长期运行推拉次数增多后, 有轻微几何变形, 建议增加导轨, 以方便调试。
- (2) 交流回路滤过器插件抽出后, 电流回路不能随之自行短路。
- (3) 直流电源降压稳压回路电阻置于SF—5B组合箱里面, 不易散热。以致使部分装置的前置放大级和功放级输出变压器( $B_1$ 、 $B_3$ )封蜡熔化, 还是以放置于盘后上端为宜。
- (4) 各插件板元件假焊也时有发生。

### 2. 元器件质量方面:

(1) 高、低定值、比相出口及其信号, 输出均采用微型密封中间继电器(JZX—10M), 其接点直接用于220伏电路中, 绝缘条件差, 已发生几次接点击穿引起装置误发信号, 并由此引起过一次区外故障的误动作跳闸事故。跳闸出口所使用的大干簧继电器(220V、1A)也发生过常开接点粘结不返回。

(2) 管子筛选不严, 运行中换管率较高。特别是电路中使用较多的3DG8D常发生穿透电流增大(使电路不能正常工作)和基极与发射极间击穿; 3DG7C及功放管DF—104C放大倍数低(有时运行一段时间后如此), 有的装置用图示仪测取放大倍数 $\beta = 10$ 左右, 不能保证对发讯功率的要求; 一些二极管也发生内部开路( $D_{24}$ 、 $D_{25}$ 等)和击穿( $D_{33}$ 、 $D_{34}$ 等)厂家应坚持对管子的严格筛选和使用特性良好的元件。

(3) 操作滤过器输出电压谐波成份多, 不能保证正弦。

### 3. 回路方面:

(1) 为更加有效地防止区外转换性故障暂态相位误差引起的误动作, 在比相二展宽52ms与“和1”回路之间增设10ms延时回路(新产品已加), 老产品也应增加此回路。即在BG8集电极与发射极间增并 $2\mu\text{F}$ 电容。

(2) 远方起讯回路中抗干扰延时2ms时间偏短, 不能有效避越通道干扰电平影响, 有的装置常频繁地误发讯。宜将延时增至2—3ms(可将 $C_{25}$ 换为 $0.22\text{—}0.33\mu\text{F}$ )。

(3) 应增设直流电源回路专用控制开关, 以避免在带电状态下抽出和插入元件板时由于直流过渡过程损坏管子等。

(4)  $D_{33}$ 、 $D_{34}$ 原用 $2CP_{24}$ , 以换为 $2CP_{28}$ 为宜。

(5) 操作滤过器“K”值调整不宜用电位器, 宜改用抽头方式。

## 三、对ZCG—1A型的评价

1、装置技术原理较先进, 逻辑回路设计较严密。通过近九年的运行考验, 具有动作快速, 可靠性高。正确动作率为98.36%, 较其它同类原理的保护为高。

2、装置针对国内相差高频保护躲区外转换性故障暂态相位误差可靠性差的弱点, 最先提出和设计了两次比相的原理与回路以及远方起讯的方式, 使装置独具特色。并且运行实践证明是行之有效, 极为可取的。

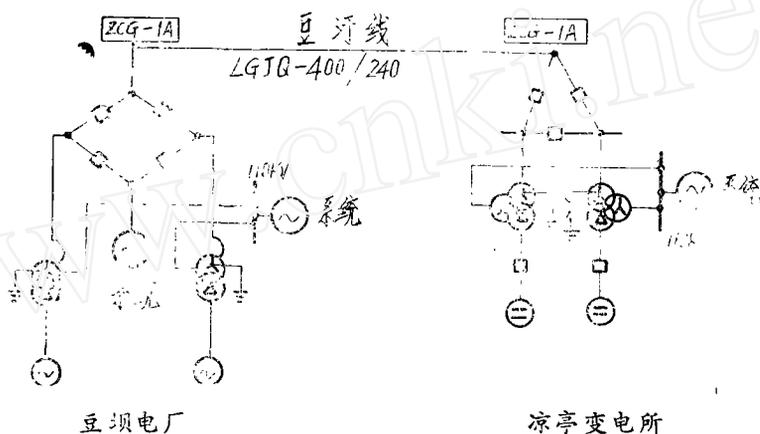
3、通过对装置分别在“单相弧光接地短路、同名相复故障和异名相复故障”等多种人工接地短路试验的严格考验，表明装置各元件、逻辑回路与整组动作均正确无误，装置性能良好。

4、尚需在工艺结构、元器件质量等方面继续改进完善，使之具有更高的可靠性。

**附件一：**

220K V 豆渝线人工接地短路试验时，ZCG—1A型高频保护动作录波分析结果  
 试验目的：当豆渝线单相接地两侧跳开单相，线路转入非全相运行时，利用录波等手段测试在线路各种传输负荷潮流下发电机组承受和分配负序电流的能力以及对沿线通讯系统的干扰情况；同时亦对由许继生产的220K V线路成套保护屏（含ZCG—1A型）进行事故动作考验。试验于1976年3月进行。现将此次试验中有关ZCG—1A型的动作结果简述于下：

1、试验时有关系统接线、参数及ZCG—1A型整定情况



图一

- (1) 线路参数： $L = 240 \text{ KM}$   
 $R = 18.7 \Omega / \phi$   
 $X = 101 \Omega / \phi$   
 $\varphi_L = 79.5^\circ$   
 $C_1 = 0.00893 \times 10^{-6} \text{ (法/公里)}$   
 $C_0 = 0.0059 \times 10^{-6} \text{ (法/公里)}$   
 $I_c = 89 \text{ 安 (稳态值)}$

- (2) ZCG—1A 定值：  
 $I_{2.CP} = 1.5 \text{ A}$   
 $I_{0.CP} = 1.5 \text{ A}$   
 $I_{\phi.CP} = 11 \text{ A}$   
 $K = "6"$

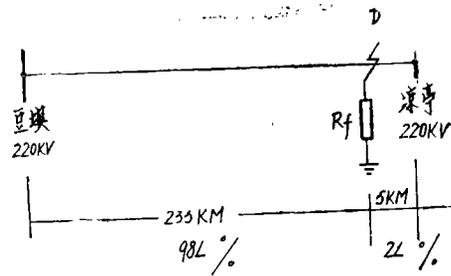
$$\beta = 60^\circ$$

$$f_0 = 84 \text{ K C}$$

$$n_T = 600/5$$

(3) 人工短路点情况:

短路点系利用带重垂的临时接地刀闸呈园弧形滑下实现人工弧光接地短路, 短路点设置于靠近凉亭 变电所 220 K V 母线 5 K M 处。如图二所示:



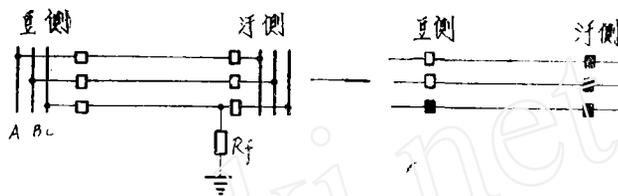
图二

2、人工接地短路试验中 Z C G—1A 的动作情况:

短路试验共分四个过程进行, 现分述如下:

第一次: C 相弧光接地短路:

结果: 两侧 Z C G—1A 的 L Q J (低定值)、B Q J (高定值)、B X J (比相出口)、跳闸出口均动作, X D<sub>1</sub>、X D<sub>2</sub>、X D<sub>3</sub>、X D<sub>4</sub> 红灯亮, 并动作记数一次。



图三

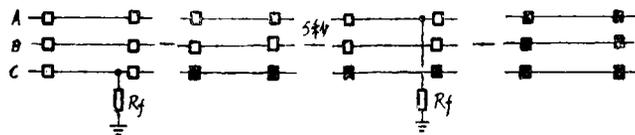
渝侧跳三相系试验中重合闸误接线所致。

图四

第二次:  $D_{bc}^c \rightarrow$  非全相运行 0.5 秒  $\rightarrow$  全相运行试验:

结果: 两侧 Z C G—1A 的 L Q J、B Q J、B X J 跳闸出口均动作, X D<sub>1</sub>、X D<sub>2</sub>、X D<sub>3</sub>、X D<sub>4</sub> 红灯亮, 并动作记数一次。

另外, 在此次试验中由于故障点靠近凉亭侧加之弧光电阻的影响, 使豆坝侧综合重合闸 (P L H—12/A I 型) 选相元件发生纵续动作, 时间达 0.2 秒以上。但从录波照片分析、Z C G—1A 的比相元件在断线加接地的同名相复故障中未出现返回现象。



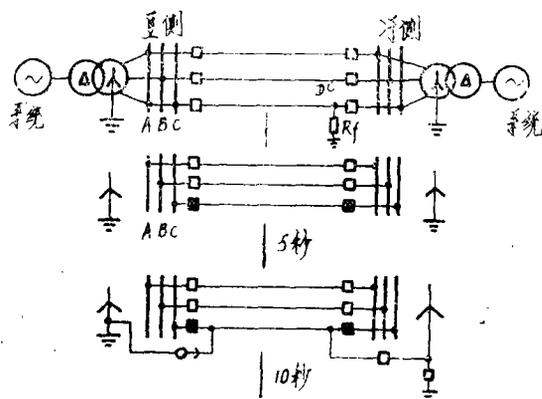
图五

第三次:  $D_{bc}^c \rightarrow$  非全相运行 5 秒  $\rightarrow$  复故障 ( $D_{bc}^A$ )  $\rightarrow$  三相跳开试验:

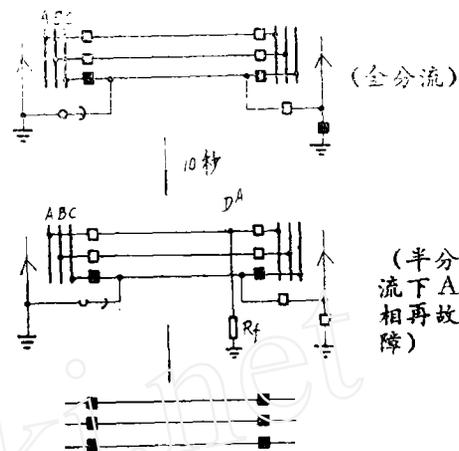
结果: 当线路  $D_{bc}^c$  故障与复故障 (C 相断线 +  $D_{bc}^A$ ) 时两侧 Z C G—1A 的 L Q J、B Q J、B X J、跳闸出口均分别各动作一次、X D<sub>1</sub>、X D<sub>2</sub>、X D<sub>3</sub>、X D<sub>4</sub> 红灯亮, 并动

作计数二次。

第四次:  $D_{D^C}$  → 非全相运行 5 秒 → 利用故障相导线分流 → 复故障试验:



图六 半分流(C相导线与大地沟通零序回路)



图七

ZCG—1A 动作结果: 当线路  $D_{D^C}$  故障和  $D_{D^A}$  (并利用 C 相导线半分流状态下) 故障时,

两侧的 LQJ、BQJ、BXJ 跳闸出口均动作各一次, XD<sub>1</sub>、XD<sub>2</sub>、XD<sub>3</sub>、XD<sub>4</sub> 红灯亮, 并动作记数二次。

3、对装置的结论:

(1) 在短路试验中, ZCG—1A 共动作六次, 全部正确;

(2) 装置整组动作时间 (含出口中间继电器动作时间) 为 40—45ms;

(3) 当线路末端发生单相弧光接地短路, 重合闸选相元件出现纵续动作时, 豆坝侧比相元件未出现动作后不返回的现象;

(4) 当线路仅传输 30MW 轻负荷下单相故障切除后转入两相运行时, 虽因电容电流影响加大了两侧操作角度误差, 比相出现不明显的间隔波, 但比相元件未出现动作后不返回的现象。

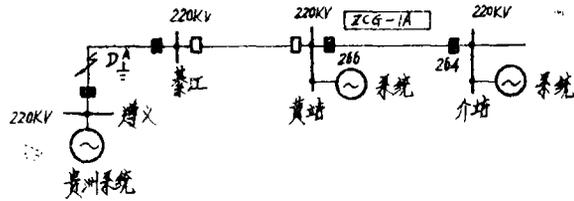
#### 附件二:

八四年四月十六日四川 220KV 黄介线 ZCG—1A 型高频保护区外故障误动事故调查分析

1、有关系统接线及误动情况: (见图八)

2、保护动作情况:

遵蔡线两侧保护正确动作, 150ms 后两侧开关单相跳闸黄介线黄站侧 \*266 开关高频



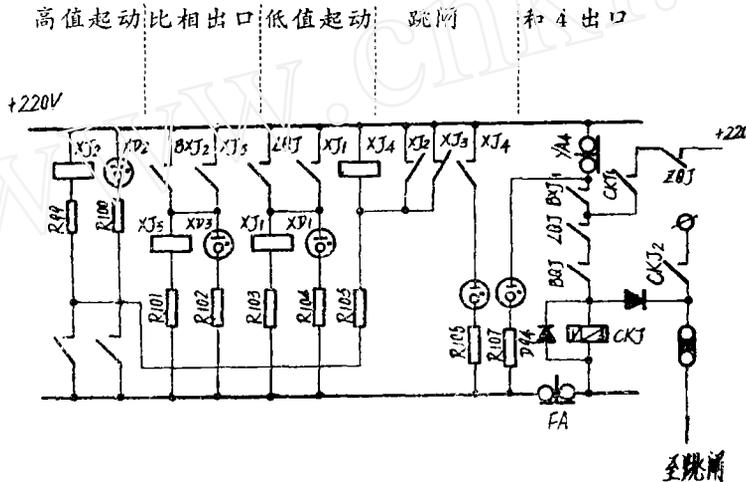
图八

保护高、低值元件动作,  $X D_1$ 、 $X D_2$  红灯亮、开关三相跳闸; 黄介线介站侧\*264开关高频保护出口跳闸、 $X D_1$ 、 $X D_2$ 、 $X D_3$ 、 $X D_4$  红灯亮, 三相跳闸。

### 3、事故检验结果:

从录波图看\*266开关是在遵蔡线A相接地100ms时三相跳闸的, 可见ZCG-1A在区外故障开始时就误动跳闸, 且故障是单一的A相接地, 无发展变化过程。

经查误动系由于比相元件执行中间继电器  $B X J$  接于出口“和4”回路中的常开接点击穿(已完全通路)和出口跳闸继电器  $C K J$  用于短时自保持回路的常开接点粘住所致。如图九所示:



图九中:  $B X J_1$  常开接点击穿导通  $C K J_1$  常开接点粘住不返回

当区外故障时高低值元件动作后, 黄站侧\*266开关即可发出跳闸脉冲, Z Z C—4 中  $Y J$  判别元件未动作, 故三相跳闸。由于发三相跳闸脉冲时同时快速停讯, 故致使对侧\*264开关高频出口动作跳闸。

事故检验中还发现\*266开关比相出口执行元件用于信号回路中的常开接点  $B X J_2$  接触不良(有时通、有时不通), 故\*266高频动作时只发出了高、低值动作信号, 而未发比相出口及跳闸出口信号。 $B X J$  继电器系密封微型中间继电器、型号是  $J Z X-10 M$ , 此种继电器接点直接用于 220 V 强电回路中绝缘不能保证要求, 现已换为  $J R C-20 M$  型;  $C K J$  继电器系大千簧继电器 (220 V, 1 A)