

小型出口中间继电器

许昌继电器研究所 马怀经

南昌洪都无线电厂 吴义彬

一、引言

电力系统二次线晶体管保护装置和电站自动化装置出口回路中用的小型中间继电器是一种重要的执行元件(简称:出口继电器),它是保护装置与相应的控制部分及跳、合开关回路联系的关键环节,因此,保护装置出口回路性能的好坏将直接影响整套保护装置的可靠性。

目前,电力系统二次线晶体管保护装置和电站自动化装置出口回路一般有两种方式:一种是无触点出口回路方式;另一种是有触点出口回路方式。无触点方式以可控硅作为出口执行元件,具有动作速度快,灵敏度高,耐震等优点,但由于可控硅抗干扰能力差,并且其组成电路复杂,元器件数量多,所以成本高,可靠性低,一般在晶体管保护装置和电站自动化装置中很少采用。有触点方式是以小型电磁中间继电器或干簧继电器作为出口执行元件,具有线路简单,抗干扰能力强,继电特性好,温度适应性好,可实现交直流隔离和高低压转换等优点。尽管存在动作时间长,驱动功率较大等不足之处,但目前仍被广泛地采用在出口回路。

目前国内电力系统继电保护装置主要是选用JZX—10M小型密封继电器作为出口回路的执行元件。JZX—10M的技术条件规定:抗电强度 $\geq 500VAC$;触点额定负载为 $28V \times 2A DC$ 纯阻或 $110V \times 1A AC$ 纯阻;线圈功耗在 $144 \sim 425mW$ 之间。严格地说,将它使用在电力系统二次回路中控制 $220V DC$ 有感负载系超技术标准选用,是不妥当的。然而,由于国内现有产品找不到比JZX—10M更合适的,故多数国产保护装置都勉强选用了该产品作为出口执行元件。

现在,随着单机容量不断提高(如30万、60万、100万)和输电线路电压等级不断提升(如500千伏、750千伏、1000千伏),对晶体管保护装置和电站自动化装置出口回路用小型中间继电器的要求也就越来越高。无论是从更新换代的角度考虑,还是从进一步提高现有保护装置的可靠性出发,都迫切需要研制一种高灵敏、高抗电强度,快动作,触点断开容量适合电力系统继电保护装置出口回路实际需要的小型中间继电器。

二、小型出口中间继电器应具备的主要技术指标

下面以BCD—23型晶体管差动保护装置最后一级为例，具体分析一下电力系统继电保护装置出口回路执行元件—小型出口中间继电器必须具备的主要技术指标。

1. 灵敏度

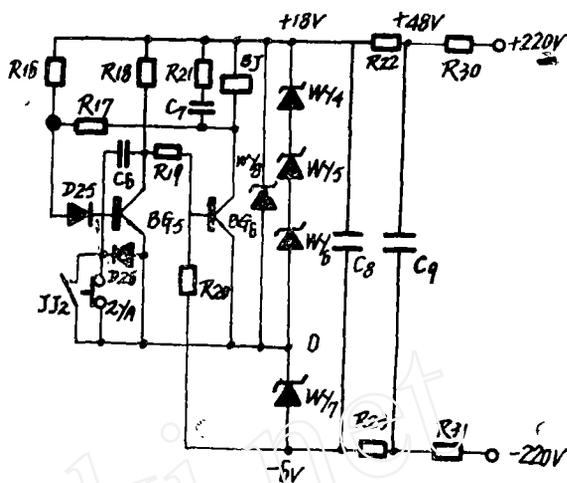
如图所示的触发器是我所晶体管保护装置中的典型出口回路。工作电源由直流220V经二级降压和稳压得到+18V、-6V。由于考虑到整个装置的功率消耗不宜过大，所以，出口继电器选用4KΩ。在18V的情况下，流过出口继电器的电流是4.5mA左右。同时考虑到继电器必须在<70%额定值的情况下动作（即 $18V \times 70\% = 12.6V$ ），因此流过出口继电器的电

流在3mA左右（即 $12.6V / 4K\Omega = 3.15mA$ ）所以出口继电器的动作灵敏度必须保证在40mW左右（即 $3.15^2 \times 4 \approx 40mW$ ）。如果出口继电器的动作功率过大，则出口继电器的额定功耗也就要增加，降压回路电流也就大，势必要增大降压电阻的功率与体积，从而增加整机的温升。另外，出口继电器功耗太大，势必要求触发器具有足够的负载能力，必须改用复合驱动电路，从而增加元件数量，提高成本，影响整机可靠性。无疑，这两个方面都是整机设计应尽可能回避的问题。为了兼顾整机设计的合理性与使用的可靠性，理应尽可能提高出口中间继电器的灵敏度。

分析表明，晶体管保护装置和电站自动化装置要求出口中间继电器的灵敏度在40~60mW之间为宜。

2. 吸合时间

由于晶体管保护装置要求动作时间快，例如，对于BCD—23型晶体管差动保护装置来说，要求整机动作时间不大于35mS。所以，在设计上分配给出口执行元件的动作时间应不大于10mS，否则，就不可能确保BCD—23型晶体管差动保护装置整机动作时间的要求。对于具有短延时（如0.1秒）要求的晶体管保护装置，如果出口执行元件的动作时间太长，则不仅导致整机延迟时间误差的增大，而且还合给整机调试带来很大的困难。而现在小型电磁继电器的吸合时间一般在6~10mS之间，由于磁路结构及制造工艺上的限制，要求再大幅度缩短吸合时间已不现实，故要求出口继电器的吸合时间应<10mS。



3. 抗电强度

因为晶体管保护装置和电站自动化装置是应用于电力系统中的二次回路，而二次回路的输入电压和电流是来自高压电压互感器和电流互感器的二次绕组，所以，晶体管保护装置的输入电压为 $0\sim 100V$ ，输入电流为 $0\sim 5A$ （最大可达 $150A$ ），而出口继电器的触点通常要切换的电路为直流 $220V$ 、 $110V$ 、或 $48V$ 的有感电路。根据部标准JB×××《电力系统保护、自动继电器及装置基本技术条件》有关条件规定与日、英、苏、IEC有关标准规定，交、直流回路隔离绝缘部件抗电强度应不小于 $2000V$ 。AC 1分钟（最低不应小由 $1500V$ AC），同时触点间绝缘抗电强度不小于 $1000V$ AC 1分钟。

4. 触点负载能力：

因为电力系统继电保护装置出口继电器的触点负载通常是控制继电器、电铃、蜂鸣器的线圈等，均系电感负载。由于晶体管保护装置一般要求出口继电器的同一付触点能控制两只DZ—200型中间继电器，每只DZ—200型线圈功耗约为 $10W$ ，故出口继电器的触点负载能力至少要能切换直流 $220V$ 有感负载（ $T = 5 \times 10^{-3}S$ ） $20W$ 以上。考虑必不可少的安全系数，故要求小型出口中间继电器的触点负载为 $220V$ DC，或 $0.5ADC$ 、有感负载（ $T = 5 \times 10^{-3}S$ ）不小于 $30W$ 。

上述四项指标系集国际同类产品先进水平的技术指标兼而有之，对小型电磁中间继电器而言，是十分苛刻的技术要求。然而对电力系统继电保护装置和电站自动化装置来说，又是十分合理的，因此，这是目前迫切需要研究解决的实际课题。

三、介绍一种适用于晶体管保护装置和电站 自动化装置出口回路的中间继电器—JRC—20M

1981年3月，许昌继电器研究所与江西洪都无线电厂正式签订了研制小型出口中间继电器的技术协议（抗电强度 $1000V$ ， $1500V$ 产品）同年6月，洪都无线电厂正式向许昌继电器研究所提供正式样品100只，经型式试验证明，完全达到了技术协议规定的要求。在此基础上，双方签定了正式供货协议与进一步研制抗电强度达 $2000V$ 的小型出口中间继电器的技术协议。

抗电强度达 $1000V$ 与 $1500V$ 的小型出口中间继电器于1981年9月正式设计定型，上报四机部标准化所审定。1982年元月取得正式型号命名JRC—20M。1981年内向许昌继电器研究所供货700多只。1982年一季度向用户正式供货3000多只。经多家用户试验、整机试用，反映良好。

JRC—20M继电器主要技术性能指标如下：

（一）使用环境条件

1. 环境温度： $-40^{\circ}C\sim +55^{\circ}C$
2. 相对湿度： $+40^{\circ}C$ 达98%
3. 低气压： $33mmHg$
4. 振动： 频率 $20\sim 500HZ$ ，加速度 $5g$

5. 冲击强度: 25g 1000次

6. 工作位置: 任意

(二) 主要技术性能要求

1. 绕组电源: 直流

2. 工作状态: 连续

3. 灵敏度: $<43^{mW}$

4. 绕组消耗功率: $<82^{mW}$

5. 绝缘电阻: 正常气候条件下 $\geq 500M\Omega$
高温条件下 $\geq 10M\Omega$

6. 抗电强度: (50HZ交流有效值)

同组触点间 $\geq 1000V$ 1分钟

引出端对外壳 $\geq 1000V$ 1分钟

无电气联系引出端间 $\geq 1500V$ 1分钟

7. 吸合时间: $\leq 10mS$

8. 分布电容: 触点簧片间 $\leq 1.2Pf$, 触点簧片与外壳间 $\leq 2.5Pf$ 。

9. 接触电阻: $\leq 0.1\Omega$

10. 寿命: 220V DC或0.5A DC有感 ($T = 5 \times 10^{-3}S$)
负载30w 10⁵次

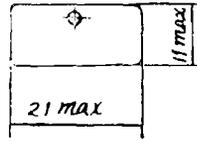
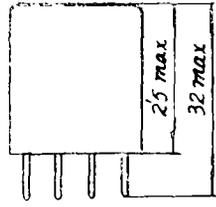
11. 重量: $\leq 25g$

12. 体积: $21 \times 11 \times 25mm^3$

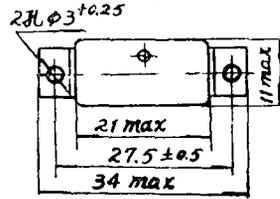
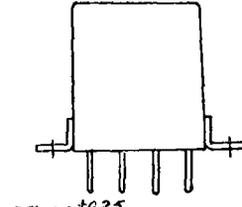
(三) 规格参数表:

序号	代号	电 气 参 数			
		线圈电阻 Ω	工作电流 (mA)	吸合电流 (mA)	释放电流 (mA)
1	FTE4.520.100	250 \pm 10%	18	13	1.3
2	FTE4.520.101	500 \pm 10%	12.7	9	1.1
3	FTE4.520.102	1000 \pm 15%	9	6.4	0.7
4	FTE4.520.103	2000 \pm 15%	6.4	4.5	0.5
5	FTE4.520.104	3000 \pm 15%	5.2	3.7	0.4
6	FTE4.520.105	4000 \pm 15%	4.5	3.2	0.3

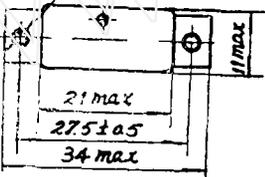
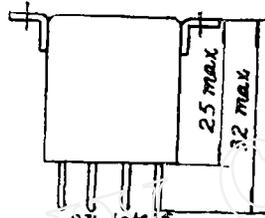
(四) JRC-20M密封电磁继电器外形及安装尺寸



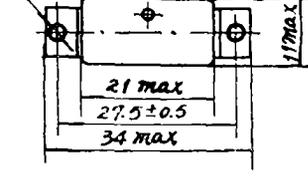
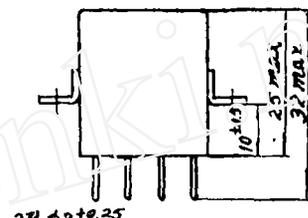
基本结构



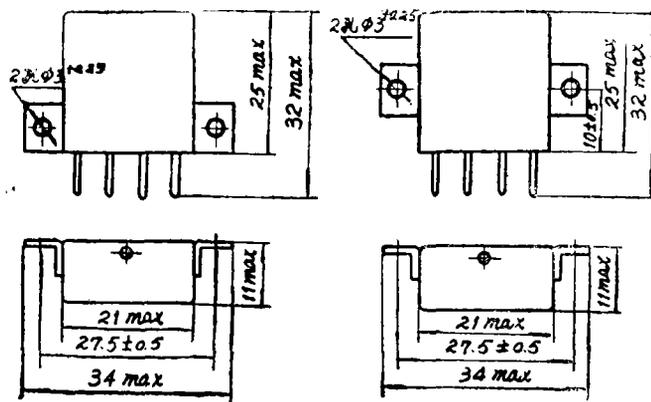
安装方式代号“1”



安装方式代号“3”

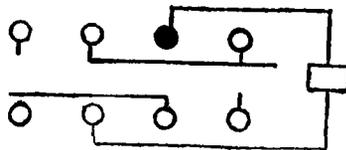


安装方式代号“2”



安装方式代号“4”

安装方式代号“5”



底视线路图

注：(1) 上述规格表中各种规格均有六种安装方式，除基本结构外，应在规格代号后加安装方式代号。

例：FTE4.520.100-3

(2) 安装方式有特殊要求者，可与南昌洪都无线电厂洽谈，满足用户要求。

四、发展与提高

JRC--20M 现已正式定型投产，可以满足现有装置维修、更新、提高可靠性的实际需要。为了进一步提高抗电水平，真正达到 $JB \times \times \times$ 《电力系统保护自动继电器及装置基本技术条件》要求，洪都无线电厂正在研制抗电强度达 2000V 要求的高灵敏出口中间继电器，预计 82 年内可设计定型，为电力系统继电保护装置提供正式产品。

五、国内外高灵敏小型中间继电器主要技术指标对照表

附表：国内、外现有高灵敏直流

国别	产品名称	体 积	触 点 组 合	灵敏度	额定功耗	抗电强度
国 内	JRC—1M 高灵敏密封直 流电磁继电器	$\phi 10.5 \times 25 \text{mm}^3$	1Z	18m w	$< 0.25 \text{w}$	350 V AC 50HZ
	JRC—24M 同 上	$21 \times 16 \times 32 \text{mm}^3$	1Z	14m w	$\leq 40 \text{m w}$	500 V AC 50HZ
	JRC—16M 超小型高 灵敏继电器	$6.5 \times 13.5 \times 18.5 \text{mm}^3$	1	30m w	60m w	300 V AC 50HZ
			2	80m w	150m w	
	JZX—12M	$21 \times 11 \times 33 \text{mm}^3$	2Z	50m w	92m w	500 V AC 50HZ
JRC—20M	$21 \times 11 \times 25 \text{mm}^3$	2Z	43m w	82m w	触点间 >1000 V AC 其余>1500 V AC50HZ	
国 外	BC系列	$20.3 \times 10.2 \times 32.6 \text{mm}^3$	1Z	25m w	98m w	100 V AC 60HZ 各部位间
			2Z	40m w	160m w	
	BCN系列	$20.3 \times 10.2 \times 32.6 \text{mm}^3$	2Z	80m w	327m w	1000 V AC 60HZ 各部位间

不同工作方式下收讯滤波器输出电压频率特性表

工作方式	耦合程度	峰值电压所对应的角频率	峰值电压	特征	输出电压频率特性曲线	备注
等振 等Q	$KQ \leq 1$	ω_0	$u_{MN}(\omega_0) = \frac{KQ\sqrt{Q^2+1}}{1+K^2Q^2} u_1$	单峰	图 2-1 	
$\omega_1 = \omega_2 = \omega_0$ $Q_{11} = Q_{22} = Q$	$KQ > 1$	$\omega_{1,1} = \sqrt{1 \pm \sqrt{2K^2Q^2 - 1}} \omega_0$	$u_{MN}(\omega_{1,1}) = \left(1 \pm \frac{\sqrt{2(K^2Q^2 - 1)}}{Q}\right) \frac{KQ\sqrt{Q^2+1}}{1+K^2Q^2} u_1$	双峰	图 2-2 	
等振不等Q	$K\sqrt{Q_{11}Q_{22}} \leq 1$	ω_0	$u_{MN}(\omega_0) = \frac{KQ_{11}\sqrt{Q_{22}^2+1}}{1+K^2Q_{11}Q_{22}} u_1$	单峰	图 2-3 	
$\omega_1 = \omega_2 = \omega_0$	$K = \sqrt{\frac{1}{2Q_{11}^2} + \frac{1}{2Q_{22}^2}}$	ω_0	$u_{MN}(\omega_0) = \frac{\sqrt{2(Q_{11}^2+Q_{22}^2)}Q_{11}^2(Q_{22}^2+1)}{(Q_{11}Q_{22})^2} u_1$	单峰		
$Q_{11} \neq Q_{22}$	$K > \sqrt{\frac{1}{2Q_{11}^2} + \frac{1}{2Q_{22}^2}}$	$\omega_{1,1} = \sqrt{1 \pm \sqrt{2K^2Q_{11}^2Q_{22}^2 - (Q_{11}^2+Q_{22}^2)}} \omega_0$	$u_{MN}(\omega_{1,1}) = \left(1 \pm \frac{\sqrt{2K^2Q_{11}^2Q_{22}^2 - (Q_{11}^2+Q_{22}^2)}}{Q_{11}Q_{22}}\right) \frac{Q_{11}\sqrt{Q_{22}^2+1}}{1+K^2Q_{11}^2Q_{22}^2} u_1$	双峰	图 2-4 	
不等振, 等Q	$K^2Q^2 \leq \frac{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2}{2\epsilon_1\epsilon_2}$	ω_1 ω_2	$u_{MN}(\omega_1) = \left(1 + \frac{\omega_1^2 - \omega_0^2}{\omega_0^2}\right) \frac{KQ\sqrt{Q^2+1}}{\sqrt{(1+K^2Q^2)^2 + Q^2(\frac{\omega_1^2 - \omega_0^2}{\omega_0^2})^2}} u_1$ $u_{MN}(\omega_2) = \frac{KQ\sqrt{Q^2+1}}{\sqrt{(1+K^2Q^2)^2 + Q^2(\frac{\omega_2^2 - \omega_0^2}{\omega_0^2})^2}} u_1$	双峰	图 2-5 	ϵ_1, ϵ_2 为任意实数 $\frac{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2}{2\epsilon_1\epsilon_2} \geq 1$
$Q_{11} = Q_{22} = Q$	$K^2Q^2 > \frac{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2}{2\epsilon_1\epsilon_2}$	当 $\omega_1 < \omega_2$ $\omega_1 < \omega_1, \omega_1 > \omega_2$ 当 $\omega_1 > \omega_2$ $\omega_1 < \omega_2, \omega_1 > \omega_1$		双峰	图 2-6 	
不等振不等Q	$K\sqrt{Q_{11}Q_{22}} \leq \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2\epsilon_1\epsilon_2}$	ω_1 ω_2		双峰	类似图 2-3、2-4	
$\omega_1 \neq \omega_2 \neq \omega_0$				双峰		
$Q_{11} \neq Q_{22}$		当 $\omega_1 < \omega_2$ $\omega_1 < \omega_1, \omega_1 > \omega_2$ 当 $\omega_1 > \omega_2$ $\omega_1 < \omega_2, \omega_1 > \omega_2$		双峰		

电磁继电器主要性能对照表

吸合时间	释放时间	负 载 能 力	生产单位	资料来源
5mS	3mS	0.2A × 30VDC 纯阻 10 ⁵ 次	792厂	产品样本
20mS		0.4A × 27VDC 阻性10 ⁵ 次	792厂	产品样本
		1A × 27VDC 阻性2 × 10 ⁴ 次	792厂	产品样本
≤15mS	≤15mS	2A × 27VDC 阻性2 × 10 ⁴ 次	891厂	产品样本
≤10mS	≤6mS	220V 或 0.5ADC 30W 有感 (T = 5 × 10 ⁻³ S) 10 ⁵ 次	洪都研制	研制计划
<13mS	<3mS	2A 30VDC 阻性 1A 115V 400HZ 阻性 0.3A 115V 60HZ 阻性 0.75A × 30VDC 感性 10 ⁵ 次	美国HI—G 公司	美国HI—G 公司 旗舰
15mS	2.5mS	3A × 115VAC 400HZ 2A × 115VAC 60HZ 5A × 30VDC 1A × 30VDC 感性10 ⁵ 次 阻性10 ⁵ 次	美国HI—G 公司	系列工业用 密封继电器 样本