

继电器及保护装置结构中接插件的改进和提高

许昌继电器研究所 结构室

在电器装置中,各电器元件之间为了实现电气连接,过去通常采用焊接(通过第三种金属连接)、熔接、螺钉压接、线夹连接等几种型式。根据有关资料介绍这些连接由于工艺、电气方面的一些弱点,已逐渐被淘汰,代之以冷压连接、插接连接和绕接连接。这三种连接方式往往联合使用。其优点是工艺简单、可靠性高、方便维护,容易实现自动化生产。近年来,国内各有关部门对这三种接线方式进行了大量的试验研究,取得了可喜的成果,并且在生产中已逐步使用和推广。

我所在继电器及保护装置(以下简称继电器)的结构中已经采用了插接这一连接技术。在确定继电器结构型式时,我们针对对国内外现状的分析,设计了嵌入式和突出式两种结构型式,以嵌入式为主。这种嵌入式结构,在配屏时重心位置在屏的俯视投影面内,受力合理,屏面布置美观,现场运行时缩小了占地面积,很受用户欢迎。考虑到维护、调试的方便,我们在继电器的内部连接中,采用了接插型式。这种具有插拔型式的嵌入式结构,在多年的运行过程中,基本上经受了考验,证明其设计思想是合理的,安装、调试,维护较为方便。

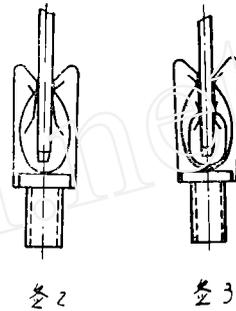
鉴于我们对事物的认识有一个从低级到高级的过程,加上工艺条件上的一些限制,我们这种插拔型式的嵌入式结构尚存在某些不足。结合一些用户的意见,我们针对原继电器接插件的某些问题,作了认真的分析,进行了改进。通过一些试验证明,其工艺性、可靠性有了进一步的提高。

一、接插件的改进

1. 原来的接插件是采取单弹簧片的结构型式(见图1),插片与导电片的接触深度为3毫米。原设计的安全裕度较小,因而对零件的加工精度要求较高。在以往的因接插件所出现的问题中,大多是因为制造误差累积过大,造成接插深度不足或接插件歪斜,致使接触可靠性下降。在这次设计改进中,我们将导电片的有效接触部分增至6.5毫米,同时又考虑了各零件制造误差在装配后的累积误差的影响,增大了安全裕度,从而使插后的有效接触面比原来增大0.5倍。



2. 原来的继电器接插件有一个弹簧片, 由于工艺上的某些原因, 在其园弧过度处是尖角, 其弹性较差, 淬火后的硬度值变化对弹性影响较大, 使接触可靠性及插拔力大小有较大幅度的变动, 质量不够稳定。同时, 由于弹簧片的尺寸关系, 使弹簧片的压点有变化。在这次设计改进中, 因导电片加长, 如果继续沿用过去的单弹簧片, 其压点位置变化将更为明显, 造成接触不良(见图2)。所以我们采用了双弹簧片的结构(见图3)。同时, 我们又考虑了压点、弹力、曲线形状等多种因素对接触面积及接触压力的影响, 对两个弹簧片的厚度、曲线型式作了优选, 以保证接触可靠。这样, 即使在有一个弹簧片不好的情况下, 其接触性能也不致下降。



在考虑上述两个问题的同时, 我们对与之有关的其它问题, 如插片长度、钩子头有效导程、插头板固定插片的插孔、导正销孔、导电片固定孔等项, 也作了相应的修改。

经过修改后的新的继电器接插件, 具有以下几个优点:

- (1) 增大了有效接触面积, 提高了接插连接的可靠性。
- (2) 接触压力基本不变, 插拔力稍有降低。
- (3) 为制造提供了较大的安全裕度, 零件的允许制造误差与装配后的累积误差对接触可靠性影响大大减小。
- (4) 原有的继电器结构不必作重大修改即可使用新的接插件。

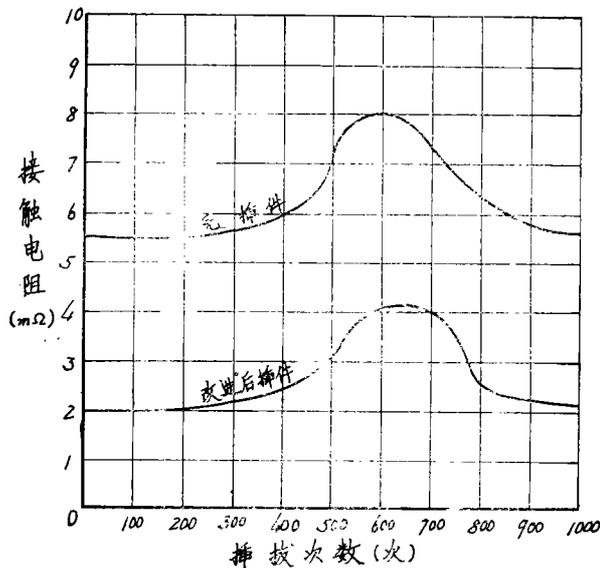


图4

二、试验数据总结

在接插件的设计改进过程中, 我们作了大量的试验工作, 通过与原有接插件的比较, 可以明显地看出其机械性能和电气性能均有较明显的提高。

1. 接触电阻试验

在接触电阻试验中, 我们对20个接插件进行了测试, 并结合寿命试验(插拔次数), 考核接触电阻值的变化。改进前后接插件的接触电阻值分别列于表1和表2, 并以此绘出接触电阻值与插拔次数的关系曲线(见图4)。

表1 改进前插拔次数与接触电阻值

次数	序号	接触电阻 $m\Omega$																			平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
初始	5.5	5	6	4.5	5	5.5	6	4.5	6.5	5.5	6	6	5.5	5	6.5	5	5	5.5	6	5	5.5
100次	5.5	5	6	4.5	5	5.5	6	4.5	6.5	5.5	6	6	5.5	5	6.5	5	5	5.5	6	5	5.5
200	5.5	5	6	4.5	5	5.5	6	4.5	6.5	5.5	6	6	5.5	5	6.5	5	5	5.5	6	5	5.5
300	5.5	5	6	5	5	5.5	6	5	6.5	6	6	6	5.5	6	6.5	6	5	5.5	6	5	5.5
400	6	5.5	6	5	5.5	6	6	5.5	7	6	6.5	6.5	5.5	6	6.5	6	5.5	6	6.5	5.5	5.5
500	7	6.5	7.5	6.5	6.5	7.5	7.5	7	8.5	8	8	8.5	7	7.5	8	8	7	7.5	8.5	7	7
600	9	8.5	8	7	8	8.5	8.5	7.5	9.5	8.5	9	9	9	8.5	9.5	8	8	8.5	9	8.5	8
700	8	8	7.5	6.5	7	7.5	8	6.5	8.5	7.5	8.5	8.5	8	8	9	7	7.5	8	8.5	7.5	7.3
800	7.5	7	7	5.5	6.5	6.5	7	6	7.5	7	8	8	7	7.5	8.5	6.5	7	7	7.5	6	6.5
900	6.5	6	6	5	5.5	6	6.5	5.5	7	6.5	7	7	6.5	6.5	7.5	6	6	6	6.5	5.5	5.7
1000	6.5	6	6	5	5.5	6	6.5	5.5	7	6.5	7	7	6.5	6.5	7	6	6	6	6.5	5.5	5.7

表2 改进后插拔次数与接触电阻值

序号	接触电阻 $m\Omega$																				平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
初始	2	2	2	1.5	2	1.5	2	2	1.5	2	2	2.5	2	1.5	2	2.5	2	1.5	2	2	
100次	2	2	2	1.5	2	1.5	2	2.5	1.5	2	2	2.5	2	1.5	2.5	3	2	1.5	2	2	
200	2	2	2	1.5	2	1.5	2	2.5	1.5	2	2	2.5	2	1.5	2.5	3	2.5	1.5	2	2.5	
300	2	2.5	2	1.5	2	1.5	2	2.5	2	2	2.5	3	2	2	2.5	3	2.5	1.5	2	2.5	
400	2.5	2.5	2	2	2.5	2	2.5	2.5	2.5	2	2.5	3	2.5	2.5	3	3	2.5	2	2.5	3	
500	3.5	3	3	2	2.5	2.5	3	2.5	3	3	2.5	3	3.5	2.5	3	3	4	2.5	3	3.5	
600	4	4	4	3.5	3.5	3.5	4.5	4.5	3.5	4.5	3.5	4.5	4.5	3.5	4.5	4.5	4.5	3.5	4	4.5	
700	4	4	4	3.5	4	3	4	4	3.5	4.5	3.5	4.5	4.5	3.5	4	4.5	4.5	3.5	4	4.5	
800	3	2.5	2.5	2	2.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	2.5	3	3	3	2	2.5	3	
900	2.5	2.5	2	2	2	2	2	2	2	2.5	2	2.5	2	2	2	2.5	2.5	2	2.5	2.5	
1000	2	2.5	2	2	2	1.5	2	2	2	2.5	2	2.5	2	2	2	2.5	2	2	2	2.5	

在接触电阻的测试过程中,我们发现镀层材料的不同,对接触电阻值的影响很大,其中化学镀镍的插片,接触电阻值高达 $7.5\sim 15\text{ m}\Omega$;电镀镍的插片为 $3\sim 5\text{ m}\Omega$;导电片电镀镍,插片镀银的接触电阻仅为 $1.5\sim 2.5\text{ m}\Omega$,因而我们决定插片改为镀银,这样接触电阻值可电原来的 $4.5\sim 6.5\text{ m}\Omega$ (平均值 $5.5\text{ m}\Omega$)下降到 $1.5\sim 2.5\text{ m}\Omega$ (平均值 $2\text{ m}\Omega$)。

由图4可以看出,当插拔次数在600次左右时,其接触电阻值最高。我们在接插件技术条件中规定:插拔次数为1000次,接触电阻 $>10\text{ m}\Omega$,经改进后的接插件,其接触电阻峰值仅为 $4.5\text{ m}\Omega$,大大低于 $10\text{ m}\Omega$ 这一数值。

2. 热稳定试验

我们对经设计改进的接插件,在室温下进行了通电试验,测定插片温度,以此考核接插件的热稳定性。试验数据列于表3。我们的接插件的额定电流为 5 A ,最高试验电流为 200 A (为额定值的40倍),通电时间最长为5秒,接插件没有变化。当通过电流 200 A ,时间为2秒时,温度不超过 90°C 。由此可以看出热稳定试验合格。

表3 热稳定试验

序号	电流(A)	时间(S)	基础温度	插片实测温度 $^\circ\text{C}$	备注
1	6	600	室温		插件无变化
2	50	4	室温	45	
3	50	10	室温	50	
4	50	16	室温	60	
5	100	4	室温	65	
6	100	10	室温	70	
7	100	16	室温	76	
8	150	2	室温	52	
9	150	3	室温	60	
10	150	5	室温	80	
11	150	6	室温	90	
12	150	12	室温		导电片变色
13	160	2	室温	30	
14	160	4	室温	40	
15	160	6	室温	>100	
16	160	10	室温		外接导线冒烟
17	200	2	室温		
18	200	5	室温		导电片变色

3. 其它试验

为了全面考核改进后的接插件的性能,我们又进行了其它一些试验:

耐压试验:插片与导电片的所有相邻接触对之间及任意一接触对对外壳间,通过 $50\text{Hz}2000\text{V}$ 试验电压(有效值),历时一分钟,无击穿和闪络现象。

绝缘电阻:温度为 40°C ,相对湿度95%,其绝缘电阻值不小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

单脚分离力:改进后的接插件的单脚分离力由原来的 $0.4\sim 0.7\text{Kg}$ 变为 $0.4\sim 0.6\text{Kg}$,插拔力稍有下降。

寿命试验:在无电负荷的情况下,插拔1000次,其接触电阻值 $\leq 5\text{m}\Omega$ 。

三、与国外产品比较

瑞典ASEA公司的插针式接插件(镀银),其接触电阻值规定 $\leq 5\text{m}\Omega$;10A接插件可通过150A电流历时一秒,实测的单脚分离力为700~1000g。西德DIN41612标准规定的接插件(镀镍加金),接触电阻值为 $\leq 15\text{m}\Omega$ 。经考证,目前国外ASEA的接插件标准较高。我们改进后的接插件,其性能与国外相接近。

四、结 论

我们将改进前后的接插件的有关技术参数列表对比见表4。

表4

项 目	改进前	改 进 后			备 注
接触面积 mm^2	36	54			提高0.5倍
弹簧片数量	1	2			提高可靠性
接触电阻 $\text{m}\Omega$	4.5~6.5	化学镀镍	电镀镍	插片镀银	采用插片镀银 导电片镀镍
		7.5~15	3.5	1.5~2.5	
单脚分离力 Kg	0.4~0.7	0.4~0.6			
绝缘电阻 $\text{M}\Omega$ 40°C相对湿度85%		<10			48小时后,在 无淋露情况下在 箱内测
耐压	50Hz2000V 历时1分钟无击穿或闪络现象				
热稳定	通过40倍额定电流(200A)历时2秒,温升不超过100°C,接插件完好				
寿命(次)	1000				

由表4可以看出:经改进后的接插件,无论从机械性能,还是从电气性能方面,均较原有的接插件有明显提高,加之对CJ-1、CJ-2(CJ-3、CJ-4已有插拔机构)结构上的改进,插拔较为方便,从而使这接插式的连接方式有了新的提高。