

对基础继电器发展的探索

成都继电器厂 刘继汉

目前,我国大量使用在电力保护系统中的基础继电器主要是在解放初期,从苏联引进的全套苏30~40年代的产品复制的。如我国用的型号为DL-10、DY-100、DZ-100、DS-100、DX-10、GL-10、GG-11等等,它们相当于苏联的型号ЭТ-520、ЭН-520、ЗП-100А、ЭВ-100、ЭС-21、ИТ-80Б和ИМБ-171А等等。在五十年代和六十年代重建设和投入运行的绝大部份发输配电站保护系统中,几乎都是采用了这种黑色酚醛塑料壳座的电磁式继电器,作为主要的保护元件。

这种继电器,外形不美观,体积大,占用保护盘面很大部份的有效面积,更主要的是消耗功率大,往往因此而影响了被保护对象的运行安全和保护范围,由于它们占用了盘面的大部份有效面积,也相应的增加了发输配变电站控制室的面积,增加了基建投资。

然而,这些基础继电器元件,也有它的优点,运行还算可靠,生产厂已形成了正常的熟练的生产线,特别是产品已系列化,产品特性比较稳定,维护方便,特别是由于长期使用,对操作、运行、制造、维修等等都已形成了一整套比较完整的系统设计方案和系统运行规程,也可以说成了“自由王国”,使人们不太愿意改动已熟悉的现状,所以七十年代和现在它仍具有很大的市场和生命力,目前生产的GG-1A高压开关柜的保护系统和在为数不少的中小型电站建设中,无论是设计者或发输配电厂(站)的使用部门,都仍然对它们投信任票。

1965年,由当时的水电部和一机部组织了有十多个设计院、所、站和制造厂参加的两部工作组,目的是想通过组合继电器的研制来改革我国当时的基础元件状况,来个小小的技术革命,搞出我国第二代基础继电器元件以取代那些老产品。非常可惜的是这项工作还没有搞完就被文化大革命运动打断而夭折了,但是1966年两部工作组所取得的可喜成就也就成了目前阿继厂生产的 D_{Y}^{L} -20等等系列产品和许继厂生产的 D_{Y}^{L} -30等等系列产品的雏型。它孕育了我国新一代的基础继电器,这些试制品在后来近十年中逐步被这两个厂(所)加以补充、改进、发展,至今日趋完善。目前有很多大中型的电站均已采用,投入运行,加上六十年代末七十年代初发展起来的晶体管基础元件,特别在距离保护装置中显示了它独特的优越性,这些元件,作为我国自行设计的第一代基础继电器而运行在七十年代建设的各地区大、中、小电站保护系统中,起了应有的作用。

但是,新设计的机电式基础继电器,在总体方案上仍然沿着苏联老产品的道路,甚至没有脱离它的框框。例如瞬时继电器,在功率消耗、动作值、返回值等等主要参效

上,都是参照老产品的,和IEC标准和先进工业国家同类型产品比较起来,还有差距,有个别继电器则相差很大。对GL—10过流继电器也曾动过很多脑筋,花了不少代价。60年代的两部工作组也试图进行较大胆的改革,可惜遭到“十年浩劫”而流产。上海继电器厂生产了GL—20系列的过流继电器,也只是作了结构上的一点改进。目前,对反时限过流继电器在阿城、沈阳、北京、成都等厂仍然保留了苏联IT—80的全部样子。

党的十一届三中全会,为我国实现“四化”拨正了航向,指明了道路。广大从事基础继电器研究、设计和制造的科技工作者都正在从国外引进的一些设备和技术以及通过出国考察等各种渠道所获得的资料中,总结了我和先进水平的差距,同时也为我国基础继电器的发展,作了大量的准备工作,这是十分可喜的。我这里所提出的“关于基础继电器改进的探索”仅是我个人一点不成熟的意见,不对之处,请批评指正。

一、关于基础继电器总体结构

从近年来一些外国厂家(如瑞典的ASEA、瑞士的BBC、法国的Telemecanique和日本的National)生产的产品看来,总结出这样一个特点,就是总体结构思想是简化整个继电器的(主要是铁心电磁系统和接触系统)调整工序,减少零部件,缩短装配时间,同时要方便维修、拆卸、更换零件,所以要求结构严密,零部件少,用一个集合件代替几个甚至上十个零部件的作用,这样一来,势必形成每一个集合件的形状结构很复杂,由于它担负着几个主要用途,因而要求它工艺水平高,特别给工装模具制造方面,增加了很多困难。但是采取这种结构方案虽然增加了制造上的困难,可是好处较多。首先简化了调整工序,保证了产品一次合格率大大提高。目前,在我国生产的继电器中,在组装继电器电磁系统和接触系统的过程中,每一个操作工人由于他(她)们的熟练程度不同,受零件加工过程中的种种因素影响的每一批继电器零件,特别是机械加工零件(如加工者掌握零件加工尺寸正负差极限上)都不可能完全相同,装配质量也不可能保证一致。这样经过调整工调整过的铁心和接触系统也就或多或少的一次达不到设计要求而必须进行反复调整,大大增长了继电器的生产周期。所以,如何减少或省略继电器铁心部位和接触系统间的调整手续是作为提高继电器产品质量延长继电器寿命的一个主要途径。

集合件的第二个优点是减少了继电器零部件数量,便于生产管理和生产组织简化,由于集合体的产生,构成一个继电器总件数大大减少,对零件生产的工序、机床及其它加工设备都可相应减少,减少了工序就可以缩短周转周期,生产管理所耗费的工时也大大减少。例如集合体主要是注塑压胶成型件,这些几乎全部是依靠工装模具来实现的,那么在零件检验上,就可以从模具检验合格后,在生产时只要执行首检、中间抽检和终检就可以了。

它的第三优点是降低了继电器的成本,提高了一次合格率后,必然废品率也大大的降低了。

第四个优点是提高了标准化,由于集合体的产生,大大提高了工装模具的制造技

术，特别是组合模具和拼块模具，一个复杂的集合件诞生以后，设计师的头脑中很自然的形成了一系列的构思——今后改型的和新设计的产品如何在这个已定型的集合体基础上进行改进，而已经制造出来的零件在将来经改进后被淘汰（指原产品）时如何能利用它的一切可以利用的部份。因此，利用拼块（积木式）模具和结构标准化也就被提出来和广泛地利用了，在新的产品被设计时，设计师和工艺师也就考虑到如何利用已生产的工装模具中可以利用的部份，可采纳的标准，这种拼块组合和标准化大大缩短了新产品试制周期，所以这种集合体正是可以达到这个目的，也就是我们从上述一些国家的产品中所得出的一个结论。

在综上所述的优点同时，集合件也有它一定的缺点，主要是由于它的多用途集其一身，例如法国Telemechanique公司生产的——中间继电器它的固定座既作支架，又作接触片的固定绝缘支持板、隔弧罩、信号指示器支架、线圈支架等等这样多的功能，必然要求结构强度、形状复杂等以满足电性能的要求又要符合功能上的需要，在制造工艺和加工工序上都显示出了难度很大，不过就象建设水电站的大坝一样，一旦合格工装生产出来后也就大功告成了。

集合件的另一个缺点，就是不能充分发挥材料利用率，因为集合件功能很多，有些用途需要耐压高，绝缘好的材料，有些用途又只要求防尘或保护外罩作用，别无他求，而有些功能要求强度好等等，可是，在集成一体的集合体，在考虑选用材料时就只能按照需要的最高要求而采用了统一的材料压制零件，当然，这点材料的浪费比起多加工几个零件来说，比例还是小得多，微不足道的。

二、关于基础继电器动作能源的量值问题

如何提高继电器的灵敏度，减少继电器的能量消耗，正确反映被保护或被控制的电路内的参数变化（要求电路内的 $\frac{di}{dt}$ 或 $\frac{du}{dt}$ 能迅速的准确的反映到继电器的线圈中起作用）。这些问题，是多少年来继电器设计和研究人员，希望在这个问题上，进行一个改革，一个创造性和突破性的改革，就是把现在动作继电器的能量从几瓦降到几毫瓦或几十毫瓦。大幅度降低继电器的损耗，也就是大大提高继电器的灵敏度，缩小被保护对象的整定值偏差（特别是正值偏差）。这样，它的可靠性也就大大增加。也正是我们所追求的。

当然，事物是存在矛盾的，灵敏度的提高和动作值偏差的减少，加上动作能量消耗的大幅度降低，必然带来了产品制造上的困难，无论在加工工艺方面或材料方面，都产生了很多问题，其次，在设计、调试，特别是由于灵敏度高而容易引起误动作等，这些对系统正常运行都是十分不利的，

关于基础继电器动作能源量值的问题，我将在另外的文中详细论述，本文只是根据上面的简述认为：用微量能量来作为基础继电器——特别是保护继电器的动作能源的方案是积极的，它的优点突出，只要设计和制造合理，最大缺点误动作也是可以克服的。

这种方案已被国外一些工厂所采用。

三、关于接触点的问题

继电器的输出执行元件就是接触点，接触点的好坏和参数影响到对整个电路的控制是否准确，同时也影响到整个继电器的寿命。由于接触不良发热会致使簧片改变它的内部结构而变质，同样降低继电器的寿命，因此对接触点的要求成为人们越来越注意和改进的对象，目前，我们常用于继电器作接触点的材料有纯银的、铜钨的、镍镉的和银铜合金等等。

一般对接触点的要求无非是：

- (1) 接触电阻小接触良好导电性好，（当然这个要求还涉及接点形状接触面大小、簧片压力等等）；
- (2) 在长期通过额定电流（应满足 $1.2 I_e$ ）或 5 倍额定电流的冲击时不致于因短时发热而变形；
- (3) 在额定负载（即额定功率）情况下连续通断不受电弧腐蚀和具有断弧能力；
- (4) 在几百万次的通断中不因受簧片压力而接点表面变形大。

总之，最关键的一个问题是动静触点在接合时，接触电阻要小，簧片要有力，断开时要有足够的速度等，如何才能减小接触电阻呢？我们简单介绍一下接触点的表面情况。



图 一

过去我们采用苏联国家标准，继电器的接触点动触头多用半球状，静触点多用圆柱型表面略呈弧状，一般通断 10 A 额定电流的基础继电器的接触点大都采用 99.9% 纯银，其表面光洁度要求为 $\nabla 10$ 。

从图一表面看来，动静接触点的接触，似乎是一个点接触（两个弧）这种形状对于断弧能力是比较强的，因为继电器动作后断电复原时，接点迅速断开，那么动接点离开静接点的过程就是一个产生电弧——拉弧——断弧的过程，圆球形的表面很容易把电弧拉细拉长后断开，由于拉细就不易腐蚀接触点，起到良好的断弧作用。可是，这样大的一颗纯银（贵金属）而实在有用的只是很小的部位。但没有这样大的接点又不能满足接触电阻、发热、断弧及强度的要求，使很多的贵金属被浪费了（没有充分利用）。尽管这样，几十年来，我们沿



图 二

裹着这种办法一直从解放初期直到现在。

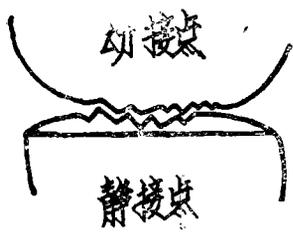


图 三 两触点接触部位示意图

从宏观上来看，球面形与平面形接触或球面对球面接触都是点接触，但从微观上来观察都是一个面接触，从更进一步的微观上来看则是一种多点交错的接触。

我们把两触点接触的部位用放大镜仔细观察，发现这种接触的确并不是一个点或一个面，而是两个凹凸不平不规则的多点接触（实验证明，触点的光洁度过高过低都会使多点接触降低，以致接触电阻增加。比较难以掌握。）这种凹凸不规则的表面（如图三）接触时可能会出现如下情况：

- (1) 双方（指动静触点）配合比较好加上被控制（切断和接通）的能量不大则电弧也较小的情况下开、闭，经过多次动作以后，动静触点接触部位的凹凸处配合得更好，这样这对触点在电路中，运行可靠、接触电阻小，断弧能力强，寿命也长，表面烧伤很小的最佳状态。
- (2) 双方（指动静触点）凹凸部位配合不好，只有一个或两三个尖凸部位接触，而有些尖凸部位保持了一点较小的空隙，似接触非接触，加上被控制的对象电流较大，由于接触电阻大引起了接点温度升高，在断开时产生较大的电弧，这样就造成了触点表面一次比一次厉害的表面烧伤，在触点乳突部位产生了弧瘤，加大了接触部位的接触电阻，引起恶性循环，很快就把触点烧坏了。虽然，人们总是想把触点表面的光洁度提高，弧形更加合理。但由于银的结构、密度和制造成型等问题，要想避免上述的悲惨结果，还是很不容易的。另外触点烧伤还有一种与电弧烧伤机制不同的“桥转移”现象。即发生金属由一个触点转移到另一触点形成竹笋形的尖峰，影响触点通断的能力。

为了克服上述缺点，国外从事继电器制造工作的设计人员研制出了一种新的触点，它的表面形状彻底改变了过去的传统习惯，它的原理就是按照我们上面所说的点接触由一点或不规则的偶合式多点接触改变成真正的多点接触，这种触点，由于接触面总的比原来大，接触电阻大大减小，整个触头要比原来的小，可以节省三分之一以上的贵重金属，更重要的是拉弧方式也改变了，加长了（迅速地）电弧维持的距离间隙，这样灭弧性就更好了（如图五）。从试验得出的结论，这种触点的性能比较优越。我们认为是可取的。



图四

最近，国外又研究了另一种新的接触点，它就是利用触片（簧片）本身经加工冲突而成，因为，实际上如果解决了接触电阻的问题（采用复合材料、化学合成、电镀、生长法等改变簧片接触部份的电导系数）和拉弧的问题（负载电流不大时实际也就不存在什么问题），可以不必另外加触点，而簧片本身的载流量也是完全可以满足的，这样一方减面轻了继电器的重量，更主要的是不用银子或其它附加触点，在生产效率、工艺、降低成本等方面都具有先进性，随着材料工业的发展，我想将来较大电流的控制继电器的接触点，这种形式的结构是一定能有进展的。

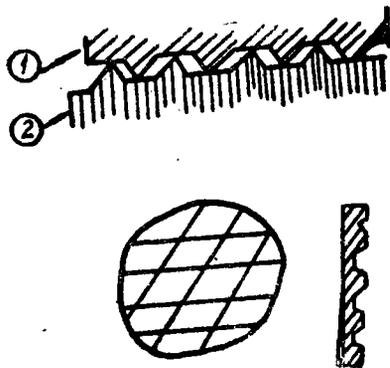


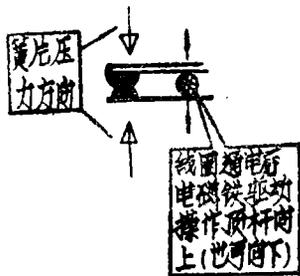
图 五



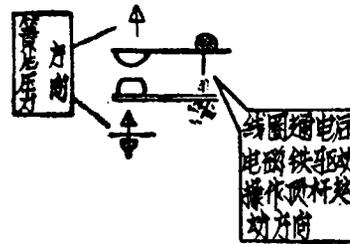
图 六

四、关于接触片（簧片）的动作方式

继电器的接触片（簧片）组合根据其动作性质可分为动合接触点组、动断接触点组和转换（切换）接触点组三种，它们的操作方法大致如下图所示：（附图一二）



1. 动断接触点组

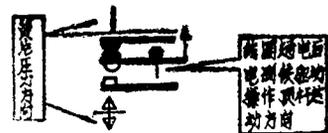


2. 动合接触点组

附图一

每组接触片根据它们的接点形式不同而调整它们的压力大小和方向，按附图一、二进行这样的调整方式弊病很多；

(1) 在生产加工簧片过程中，对簧片弯曲方向由于接触形式未加肯定前不能决定其弹力方向，因此一般只能加工平直的，在安装到绝缘固定座（板）时既不向上翘也不向下压，否则，如果按接点组形式在加工时使其按附图压力方向先进行一次加工，除了增加工序外，在装配时增加了很多困难，特别对每片簧片予弯曲所产生压力，由于接点组形式不同而要求不同时，无法保证一致。



3. 转换（切换）接触点组

附图二

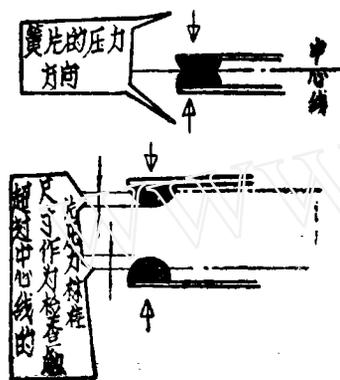
(2) 每一片簧片的压力均需通过装配工人调整，一般调整的方法是用专用工具或特殊的平口钳进行的，这种调整方法，必然是或多或少地造成了簧片受到一些不必要的机械损伤，这种损伤将影响产品寿命，如果轻度的调整又容易使簧片产生自然时效失

效，这也使产品质量不稳定，性能不易控制住。

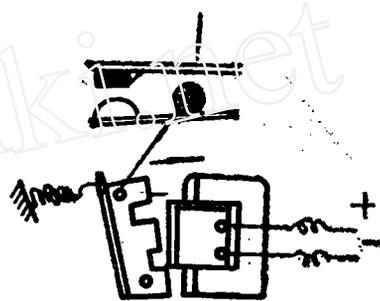
(3) 接触片(即簧片)的压力调整速度(即生产效率)和上述两项后果的轻重,主要掌握在操作工人手上,牵涉到操作工人的熟练程度、责任心,甚至连气候、情绪都可能产生影响产品质量的因素和调整效果。

根据上述情况,我们分析了三种接触点组那一种最难控制质量又最难调整,反之又有哪一种又能利用制造时通过专用工装加工就可以达到一装配上去就有压力不用再调整的方式,就以它作为改进接触片组动作方式的主导设计依据。

从分析结果认为:动断接触片组的形式无论在结构上或制造上都比较容易控制它的



图七



改型接触片组示意图
图八

压力,而且又能保证其触点控制的可靠性。因为动断接触点组在正常情况下是动触片和静触片的作用力均相互向同一个中心线,对于动触片和静触片的压力完全可以通过工艺加工使之基本相同。例如可以用单片存在时其触头突出部分超过中心线多少来作为检查每片压力的标准。这样,根据此加工簧片,生产出来装配上去紧固在绝缘垫或支架上后,就可以(如图七所示)达到超过中心线一个规定的距离,只要这样,它们的压力就完全达到了设计标准,用不着再进行压力调整了。

根据这个结论,如果我们的全部簧片,(不论是动接触片或静接触片)均用一种工艺加工方法,全部做成一个样子的,压力大小、弯曲角度等都一样(在使用时只要把两片一片翻过来用即可),那么我们就可以把动合接触片组也设计成动断接触片组形式,在考虑动作方式时,将其结构加以修改(如图八),把操作杠杆在继电器零位时(即电磁线圈未通电、电磁铁处于离开位置),将动断触点组分开(图八),也就是在正常状态下,接触片组成为动合型的了,而当继电器通电处于激励状态时,动铁吸合,操作杠杆被推向上,簧片就复原了,回到它真正的原始状态,电路也就被接通了,这种方式我认为无论对于继电器加工、寿命、调整和可靠性都远比目前所采用的方式要好得多。

五、关于线圈的问题

我在“关于继电器线圈断线的探讨”一文中曾经就如何解决继电器线圈细线断线问

