

# 国外继电器发展概况

保护继电器在电力系统中的作用,是根据短路和其他反常的情况,迅速地切除故障元件。这一作用使其余系统得以继续运行,从而保证了设备的安全和对用户供电的连续性。因此,保护继电器是电力系统的一个重要组成部分。近年来,由于用电量的迅速增加,电力系统不断扩大和日趋复杂,同时由于电子技术的巨大发展,使继电保护技术正在经历一场划时代的变革。遵照伟大领袖毛主席“古为今用,洋为中用”的教导,现将收集到的有关国外保护继电器发展的零星资料,加以整理摘录,提供有关部门和同志们参考。由于水平有限,编译当中定有不少问题和不妥当处,请同志们提出宝贵意见,以便今后工作当中改进。

## 导 言

国外保护继电器的发展,始于本世纪的初期。从1901年美国通用电气公司和西屋电气公司先后首次制造出啮子式过流继电器,到现在已有七十年的历史了。从那时以来,保护继电器大体经历了机电式、整流式、晶体管式几个发展阶段。机电式的以各种电磁式及感应盘或感应杯式原理构成的继电器为主;利用半导体二极管的整流作用构成的继电器称为整流式的;利用半导体三极管的放大和开关作用构成的继电器称为晶体管式的。在实际应用中,它们有时是互相结合的,特别是后两者,国外有统称之为静态继电器的。

在继电保护的不断发展过程中,其主要目标一直是增快速度和提高可靠性,而增快速度对系统提供了更大的经济价值。

大量的研究证明,对于给定的系统,在短路于很短时间内消除后,可以传送大量功率而不失去同步。采用当今的静态继电器及2周波断路器,其切除输电线路三相故障的时间最多为3周波(0.05秒),因此,使系统传送负荷的容量达到最大。而当采用更快的继电保护装置和断路器时,系统可能设计得更为经济。所需要的线路或开关站也更少。

快速消除故障也减少了线路导线的燃烧,否则,导线由于不断地腐蚀,以致最后烧坏不能使用。烧过或带坑的导线的第二个后果是增加电晕和无线电噪音,这将对公共关系带来不利影响。

由于保护继电器在应用上的特点,故其总的发展方向是围绕着提高选择性、速动性、灵敏度和可靠性四个基本性能指标,并结合采用新元件、新工艺和新原理等方面的最新技术成就而进行的。

### 1. 从机电式继电器向静态继电器过渡

目前,各国利用由各种机电式继电器构成的各种保护装置,成功地满足了220~400千伏以下电压级系统对保护的一般要求。由于机电式继电器本身存在着机械惯性,动作速度受到一定的限制,而且其尺寸和功率消耗大,组成复杂保护装置时,这些缺点更为突出。为此,各国都在从事利用其他原理实现单个继电器和成套保护装置的研究工作,并已取得良好

成果。如利用速饱和铁心来构成发电机、变压器以及母线的差动保护；利用“霍尔效应”制成电力方向继电器和阻抗继电器；以及利用电子管制成的继电保护装置等。

五十年代以来，随着半导体二极管和三极管的发展和大量生产，在继电保护技术领域里，大力开展了利用半导体的整流、放大原理和开关特性制成各种单个继电器及成套保护装置的研究工作。

在整流式继电器方面，1954~1955年间，德国和瑞士利用整流二极管生产了很多体积小的电流、电压、时间等继电器；从1950年到1960年，挪威、法国、德国、捷克、苏联和日本都先后生产了各种整流式阻抗继电器、方向继电器、电流差动继电器等。在继电保护装置方面，苏联制成了适用于400千伏线路的整流式距离保护装置；德国的RD-11型距离保护装置中全部主要元件（起动、方向、测量等元件）都是整流式的；挪威、法国、瑞士也都制成了以整流式继电器为基础的距离保护装置。

将半导体三极管应用于继电器的研究，美国早在1952年即已着手进行，当时用半导体三极管制成了高频保护的高频收发讯机。1962年制成全晶体管式方向比较高频保护，其输出元件采用了硅可控整流器，动作时间只要 $1/2 \sim 1$ 个周波。1955年英国曼彻斯特工学院动力系统实验室开始了应用半导体三极管作成阻抗继电器的研究，1958年又研制成了晶体管相差动高频保护。苏联、日本等国也都先后制成了许多种晶体管继电器和高频、距离等继电保护装置。目前英国电气公司生产的YTG31型距离保护装置，英国瑞乐公司生产的TS型距离保护装置，以及瑞典通用电气公司生产的RAZOG型距离保护装置，都采用了晶体管静态电路。以单个继电器形式出现的晶体管电流、电压、时间等继电器，美国、瑞典、英国、日本也都有厂家进行生产。根据日刊报导，1971年日本仅日新、富士和明电舍三家公司生产的晶体管继电器达40种之多。

目前英国通用电气公司测量部在保护继电器方面的投资，约有70%用于发展静态继电器以及与其相关的通讯技术方面，并且该公司预言在21世纪以前，电力系统保护装置将完全由静态继电器构成。

静态继电器比机电式继电器耐震、功率消耗小、节省盘面、维护量小、动作灵敏、迅速。它的缺点是抗干扰性能差，使用温度有上、下极限，维护人员要具备相当的电子技术的知识。但这些缺点在经过采取一些相应的措施之后是可以很好地解决的。

虽然晶体管式继电器近年来已有很大的发展，但机电式的仍占有相当的地位。一般情况是，电量转换关系较简单的继电器采用机电式的，而对于较复杂的则采用晶体管式的。采用两者互相结合的混合式的也不少，即在继电器的三个主要组成部分中之感受元件和比较元件采用静态电路，而执行元件采用机电式继电器和灵敏的电磁继电器或舌簧继电器。密封舌簧继电器现在以各种方式运用于很多继电器和保护结线中，这是因为利用半导体来组成一些接点开关环节已经发觉它特别复杂和不经济，而舌簧继电器是一个很有用的代用品。

据日本东芝、富士等16家电气公司的统计，1970年200余种继电器新产品中，机电式的占60%，晶体管的占20%，整流式的占10%。美国西屋公司1969年发表的继电器新产品，机电式的18种，静态的30种。

## 2. 继电保护方式的发展情况

为保护电机、变压器、母线以及输电线路等电力系统各项设备，各国都已发展了很多的成套保护装置。

目前瑞士勃朗·鲍威利公司已生产了从小容量一直到 400 兆伏安的大型发电机保护。该公司新生产的一种 400 兆伏安大容量的发电机单元保护装置，主要采用了静态继电器。所有继电器、电源以及试验设备，组装在一个盘上，共使用了 17 种继电器，分别担负发电机差动保护、单元变压器差动保护、厂用变压器差动保护、定子接地保护、起动回路接地保护、层间保护、厂用变压器过流保护、励磁变压器过流保护、定子过负荷保护、逆功率保护、过电压保护、最小阻抗后备保护、非同期运行保护、不对称负荷保护、低周率保护、转子接地保护、转子过负荷保护。同时用两个分开的电池供电。由于辅助电源和必要的辅助设备增加了一倍，整个保护系统也有可能分为两组。这样做，使得两组继电器互相补充，成了主、后备保护。这样分开也便于分成两步试验，当一半继电器进行试验时，其余一半仍进行工作。该公司还发展了两种静态母线保护装置，一种是按比较电流方向的原理构成，用于保护多母线系统及复杂的设备，另一种是按照差动高阻抗原理构成，用于保护单母线系统。据称甚至在互感器饱和的情况下，也能对母线进行迅速而可靠的保护。

静态变压器差动保护装置是保护变压器的通用型式，常用差动继电器仍不外谐波制动的差动继电器和感应盘或杯式差动继电器几种。对大型变压器的保护，瑞典通用电气公司生产了一种利用高次谐波制动的半导体差动保护，动作速度为 30 毫秒。西德解决 660 兆伏安，380 千伏大型三线卷变压器反方向速断及近处电源失去后备保护灵敏度问题，利用双方向距离保护。

输电线路比起母线或其他电力设备来都特别长，而且暴露在外，易受雷电等自然条件的危害。此外，由于电源变化、负荷波动以及系统的组成都影响电力系统功率方向不断地改变。因此对输电线路的继电保护装置的选择性、速动性和可靠性等方面提出了更加严格的要求。

线路的过电流保护及功率方向保护，一般只用在电压较低的简单的配电系统。对于大容量、高电压的输电系统，上述过流及方向保护不能满足选择性和快速动作的要求。多年来输电线路的保护主要依靠距离继电器来完成。美国在很早的时候就发展了速度极快的距离继电器，其固有动作时间为半周波。距离保护的特性更重要的是考虑容许电弧问题，除美国常用的姆欧和电抗特性外，其他动作特性如阻抗、电导、偏移圆及椭圆、四边形等特性也被利用于距离保护。瑞士勃朗·鲍威利公司最近试制了一种静态距离保护装置为 LZX 5 型，其结构完全采用微型组件原理。该保护装置具有 6 个最小阻抗继电器作为起动元件，以及 4 个测量元件。起动元件的动作特性或为姆欧圆，或为偏移姆欧圆，或为两个交叉的扇形（这样允许较大的负荷电流）。保护的最短动作时间为 8~15 毫秒，功率消耗：电流回路为 2 伏安，电压回路为 4 伏安。

随着电力系统的急剧发展，世界上出现了很多送电容量大、距离很长的超高压输电线路。同时，输电线路的数量和电力系统间互连的数量也增加了。瑞典在 1952 年就建成了 400 千伏输电线路，加拿大于 1965 年建成 735 千伏输电线路，美国输电线路最高电压 1969 年为 765 千伏。美国电力公司和瑞典通用电气公司还就将来共同发展 1000 千伏及更高电压系统的设备签订了合同。为了适应这一发展趋势，对于如何满足超高压线路对继电保护提出的各项要求，各国都在这方面展开了积极的研究工作。

瑞士勃朗·鲍威利公司在为加拿大 700/735 千伏线路提出整套高压输变电设备的同时，还备有线路的整套继电保护装置，这套装置为晶体管式，动作时间为半周波。500 千伏级输电线路的继电保护装置，目前美国、瑞士、瑞典、苏联、日本等国均已生产，但能供应 750

千伏级高压输变电设备的还只有瑞士和瑞典。

为了保证超高压系统工作的稳定性，对继电保护的快速动作提出了日益严格的要求。距离保护不能保证无时延地切除被保护线路的全区故障，而利用辅助导线的纵联差动保护，根据经济条件决定也只适用于大约长度在 10 公里以下的线路上，因此，利用通道的继电保护在各国 110 千伏以上的输电线路得到了日益广泛的应用。

利用通道的继电保护由通道和继电器两部分组成。利用电力线载波通道构成的保护称为高频保护。利用超短波通道构成的保护称为微波保护，微波保护，此外尚有利用租用电话线路通道的保护。目前以采用电力线载波通道的较多，而采用后两者的尚少。通道可以被用来传送：

- (1) 闭锁讯号——当具有由线路对端送来的闭锁讯号时，本端的保护解除动作；
- (2) 允许动作讯号——当收到对端送来的允许动作讯号时，本端的保护就可能起动并切除短路；
- (3) 跳闸讯号——当收到对端跳闸讯号时，则与本端保护无关，就可以直接跳闸。

对于电力线载波通道几乎都采用第一种讯号传送方式，因为它在内部故障时与通道的状况无关，从而大大地提高了保护的可靠性。对于利用超短波和租用电话线路的通道，则不论采用何种讯号传送方式都是同样可靠的。

英美等西方国家中广泛采用高频电流闭锁的距离方向保护；苏联则广泛采用相差动高频保护，也属闭锁型。

自从超高压线路出现以来，美国的许多公司还重新考虑了电力线载波通道的使用问题，转向一种与超高压线路完全无关的通讯系统即微波通道。从经济上考虑，造价低、避免在这样高的电压下使用交连设备以及陷波电路。此外超高压输电线路使用了串联电容补偿，当应用相位比较保护时使载波信号电平接近极限值。而且，投入超高压线路需要大量的通讯通道，因此只有使用微波是较好的解决办法。目前在美国、日本的电力系统中采用了各式各样的微波距离保护和相差动保护。美国已将微波保护用于从 69 千伏到 735 千伏的 326 条输电线路，所保护的线路总长达 20,524 公里，最长距离为 360 公里，最短的为 1.83 公里。

微波保护一般用于较短线路，线路两侧可以不借中继站直接用微波联系的情况下。目前还正在进一步研究超短波利用电离层和对流层传送的问题，在这种情况下可以不用中继站的方法，将信号传送距离扩大到几百或几千公里。

关于计算机用于继电保护的问题，也是当前国外正在研究的一个课题。许多保护继电器实际上等于一个高度专门化的小容量模拟计算机，它接收一个或多个输入量，这些量模拟电力系统的电压和电流，然后根据预定的程序对输入量进行处理，得到的输出或为零（不动作）或为 1（动作）。

在商业和工业上，数字计算机因其速度快、容量大、记忆作用以及输出形式多样，逐渐成为加工信息的最有力的工具。在电力系统分析方面，它已取代了过去网络分析的模拟装置。因此，建议用数字计算机代替或补充现有的模拟方式的保护继电器。

现今电力系统的保护装置，局限性太甚，它只反应系统的某个区段所发生的故障，而关于全电力系统所发生的故障，看来今后必须考虑，特别是后备保护要考虑这点。决定跳闸与否不仅要看其余系统的条件如何，而且所采取的实际行动也要根据系统条件。常规的保护装置，其主要缺点是它们由一些分散动作的继电器构成，它们之间不互通信息。关于这一点，

把各继电器安装处的信息传送到中央处理机构的数字计算机，正在积极进行研究。这个计算机要求以预定的程序，于一定的系统条件下发生某些故障时采取行动。当然不是所有的情况都能预见。然而程序是灵活的，当发生新情况时，程序可以扩展。

从系统的各部分连续供给保护计算机一些数据，同时还可用作系统控制方面，例如用作过负荷时的负荷分配，发电机、变压器和线路的投入或退出，以得到系统的经济运行，而且与数据记录系统联合起来可完成故障定位作用。计算机的如此多用并无损于对保护的可靠性要求，而更加在经济方面比它单独用于保护时富有吸引力。

美国完成了一个通用程序控制数字计算机样品，用它提供了一条 230 仟伏线路的快速相间和接地距离保护。从模一数转换器的输出，读出电力系统的电流和电压瞬时值，所储存的程序完成了全部继电保护作用。该样品由西屋公司继电器——仪器部从准确度、速度、可靠性及耐冲击能力等方面性能进行鉴定。试验在模拟的 600 伏三相小形电力系统上进行。试验结果认为其性能非常有利于一般的机电式和静态继电器。动作时间当短路电流很大时为 1/4 周波，中等短路电流时为 1 周波，对远处小电流故障时为 2 周波。耐冲击能力试验为：当在交流输入端加 2500 伏，1.1 兆周电压时，几乎没有影响。

### 3. 静态继电器所用元件的发展

继电器的最近发展是由于晶体管的问世而产生的。除了晶体管外，其他元件也有很多新的产品出现如下表。

晶 体 管	二 极 管	电 阻 器	电 容 器	其 他
点接触式	锗	炭	电解	齐纳二极管
锗结	硅	线绕	金属—纸	硅可控整流器
硅合金结	硅雪崩	金属氧化物	钽	热敏电阻
硅平面型	—	金属薄膜	塑料薄膜	半导体开关元件
集 成 电 路				舌簧继电器

上表除其他一栏外，余皆按特性之优劣或容量之大小次序排列。

早期实验表明，用锗半导体设计的电路难以适应世界市场对保护所要求的温度范围。最早的决定是全部采用硅半导体。最近以来，适用于保护的电子元件逐渐增多，现在平面型半导体及高质量的无源元件在设计晶体管保护时是优先考虑的。金属氧化薄膜电阻的误差小而且稳定，现在几乎毫无例外地用它。现代塑料薄膜电容器应用上非常满意，特别在延时和积分回路里，它能在很宽的温度范围内，延时误差很小。此外还有经过使用证明性能良好的密封充油线绕电位器，它主要用于继电器整定值的细调整。

舌簧继电器作为一个开关元件用于输出回路，它能够使电路开关时的开闭电阻比很大。虽然它不同于静态继电器的概念，但由于它的接点密封，由磁力动作，因此也不需要维护。

将来使用在静态保护装置中的许多电路还可以采用集成电路的方式实现，其中有线性的

和非线性的型式, 这些电路不可避免地将会得到应用。然而, 当使用在保护装置时, 对其性能进行一个阶段的严格考验是重要的。

#### 4. 关于静态继电器的电源

各种保护用的晶体管电路都需要独立的电源, 只有信号装置具有专门的公用电源。取得电源的各种方法分类如下:

(1) 个别的连续电源——外部交流或直流电源, 通过保护装置的电源回路, 连续供电给保护装置。因为电源可能出毛病, 通常还需要个别的电池充当后备。这个电池长期接上去, 对于使电源平稳有帮助。如果备有适当的电源故障警报器, 则交流电源不需要很高的安全性。备用电源要求从 1/2 小时到 6 小时。一般要求保证电池, 特别是密封电池不过分充电, 有专门的电子充电回路保证这一点。为了减小备用电池尺寸, 保护线路的静消耗设计得很低。此外, 也可以使用下述混合供电方式。使用连续电源能获得最大的灵敏度, 并使电流互感器及电压互感器的负担降至最小。

(2) 自励保护——自励晶体管继电器和一般的继电器完全相同, 使用起来最简单。从电流互感器供电较好, 因为从电压互感器供电, 于故障期间不是总可信赖的。在此情况下, 整个继电器的负担加在电流互感器上, 当要求很宽的线性范围时, 要强调设计问题。要求设计某些非线性的电压或限制电流的供电电路, 是不被重视的, 特别当需要很灵敏的故障整定值时是如此, 因为互感器于电流很大时功率消耗过大。当电流互感器还供电给断路器跳闸时会遇到一个特殊的问题, 而且在设计这种继电器装置时, 必须保证晶体管电路和电源电路不会对跳闸电源起不良的限制。

(3) “攫取”电源——简单的继电器, 只有跳闸电池作为无自励电路的电源。把电子电路永久地接在跳闸电池上, 总不是所希望的, 因为每一处连接都会对电池电源的可靠性带来额外的危险, 而且在无人值班的变电所里, 如果有关的充电机失效, 会造成电池过早地放电。因此必须设想一种于发生故障时“攫取”电源的装置, 随后立即复原。利用保护电路, 它不受电池变化的影响; 或利用跳闸电池上出现的电压冲击。

在这种装置里, 必须采用自励故障检测器, 在这一方面, 舌簧继电器广泛用作过流及欠压元件。工作时, 使用单独的舌簧元件使晶体管电路经过稳压回路接到跳闸电池。稳压回路很简单, 只有一个齐纳二极管和一个电阻相串联, 能防止电压冲击。一些复杂的保护装置已经用这种方法供电。

使用舌簧继电器切换电源的办法, 也用于具有个别电池的保护装置。在正常条件下, 舌簧继电器使电池与晶体管保护电路分开, 并用晶体管开关充电回路控制充电率, 保持电池充电充足。当出现故障时, 自励故障检测器于故障期间接电池, 晶体管电路在短期内直接从电池取得电源。这样只需要小的电池, 就能容易地得到长期备用容量。有些继电器需要较复杂的故障检测电路, 这种电路的静消耗设计为最小, 并永久地接到电池及其充电回路。工作时, 它们将保护的主要电路接到电池, 如前所述。供给充电回路的电源要求不是严格的, 甚至可从保护装置的小的电压互感器中取得, 而对电压互感器的特性不会有任何损坏。

目前静态继电器所用的直流电源约有以下几种形式。

(1) 继电器内附蓄电池——由于出现了小形镍—镉蓄电池, 使继电器内附蓄电池的想法得以实现。这种电池由交流电源或电压互感器、电流互感器进行“点滴式”充电。

蓄电池在周期性的充放电情况下,性能是良好的。然而保护继电器的情况不同,它经年累月处于休止状态,即使不断地施行“点滴式”充电,但由于缺乏工作循环,使镉电极上形成氧化层,以致电池成为放电状态。决定Ni—Cd蓄电池充电足不足,是不容易的,因为它的电压特性平坦。有一继电器厂家提出以4倍10小时放电率进行10秒负荷试验的建议,如果电池电压降至1.2伏以下,即需更换。

一个电力系统有上百只的继电器,每个电池都要照看是个大问题,所花费的劳动和更换费用都是很可观的。

(2) 在电站蓄电池上接分压器——电站蓄电池容量很大,是一种很可靠的电源。但是由于接上一堆电阻、电容、齐纳二极管等调压装置,使线路弄得很复杂,而且在继电器平时不工作的情况下,使电站电池长期耗电,因此有的继电器改为在平时休止期间由电压互感器和电流互感器供电的办法。

这种供电方法,最严重的问题是电站电池回路里存在着瞬变过电压和高频瞬变振荡对继电器的影响。

(3) 直流—交流—直流变换器——它是将电站电池电压转变成方形波,然后用变压器降压,再经整流、滤波以及齐纳二极管稳压而成。变压器能起到电的隔离和电容屏蔽接地的作用,因此它对直流电源输入回路提供了保护,但仍未解决长期耗电电站电池的问题。

根据继电器设计线路的不同,供电系统可为二线式(如:0, +12伏),或三线式(如:-6, 0, +12伏)。一般晶体管所要求的电压范围为6~60伏。

## 5、结构

机电式保护继电器结构,近来基本上没有太大的改变,但是这种传统的机电式结构已不太适用于当前发展起来的晶体管继电器了。晶体管继电器所用元件与目前电子设备中所用的基本一致,实践证明,它们采用许多电子设备所采用的框架安装形式是有利的。与此同时,还结合采用所谓微型组件系统,我国曾有人对此概括为“五级四插”,五级是指:1、元件,2、印刷电路卡,3、印刷电路板,4、机柜插屜,5、机柜;四插是指:1、元件插入电路卡,2、电路卡插入电路板,3、电路板插入机柜插屜,4、插屜插入机柜。

瑞典通用电气公司为控制、保护及其他用途的成套设备设计了一种新的微型组件系统COMBIFLEX,以便安装电子式和机电式元件。这是一套比较精密而且标准化的结构。该系统适合于所有元件,以简化柜式、箱式和台式电气设备各机件的构成。它的绝缘强度好,载流量大,结构安全紧凑,试验安装简便。COMBIFLEX由若干接插件、印刷电路板和安装配件将静态的和机电式的电气元件组合起来。微型组件系统的设计原则以国际标准19吋框架安装系统为基础。

## 6、试验设备

国外继电器制造厂在生产保护继电器的同时,还生产试验保护继电器的试验设备。瑞典通用电气公司于1971年发展了一种新的继电器试验设备COMBITEST,它也是按照COMBIFLEX微型组件系统的结构原则构成的。利用这个试验设备,可对继电器,保护结线及自动化装置提供在运行中进行迅速、可靠和简便的试验。

模拟电力系统各种条件的小型试验设备,是发展新型继电器最需要和可贵的工具。美国

西屋电气公司发展的小型电力系统试验设备，提供了在两条 150 哩超高压线路上对继电器及通道继电保护系统进行试验和性能研究的便利。它可能表示的电量和条件为：

- (1) 大的充电电流；
- (2) 负荷；
- (3) 并联电抗补偿；
- (4) 平行线路互感阻抗；
- (5) 终端变压器有第三并联电抗器；
- (6) 串联电容器带模拟间隙闪络；
- (7) 三端线路运行时的抽头；
- (8) 塔脚电阻；
- (9) 短路及电弧故障；
- (10) 振荡及不同步。

长期以来使用这一设备的经验表明，它在几小时内就能取得相当于很多月份的运行经验，同时所能利用的各种不同条件比规定的故障试验还要多。在盘上可连续地进行内部或外部各种故障的试验，以及线路投入、故障功率反向、不同步等试验。因此这套为超高压制作的试验设备，保证了近代化继电保护系统在安装于现场之前更趋完善。当然这样并不意味着现场试验不重要，现场试验仍然是进一步验证保护特性的途径。

## 7、关于继电器的可靠性

继电器动作可靠与否，关系非常重大。继电器本身的价值不是很贵的，但由它所保护的设各价值往往要超过它几十倍或几百倍。如果继电器动作不可靠，则它不但不能起到防止事故的作用，反而会成为发生事故和扩大事故的根源。

根据多年运行经验和统计资料，机电式继电器的可靠性在 99% 以上。对于晶体管继电器的可靠性问题，国外进行了很多研究试验工作。

美国从 1960 年到现在，使用着大量的静态继电器，业已肯定了其高度可靠性。这种可靠性可以通过谨慎地设计固体电路，以及对从邻近导线感应的涌流采取完善的保护而达到。1965 年曾对某一 345 仟伏线路保护所用的两个晶体管相位比较继电器进行检查试验，证明继电器运行了三年没有重新调整过，其特性或整定值均无显著变化。

澳大利亚出版的电气工程师杂志上有一篇文章谈到：晶体管和半导体的可靠性决定于对它们的使用（设计）方法和结构技术，质量控制（制造）。对保护继电器所用元件运行中的情况作了记录。总元件数为 750,000 件，其中半导体为 285,000 件有 2,000,000 个焊接点和 330,000 个插接处，据报告其失误率为：

晶体管放大变坏	1 件
晶体管短路	5 件
二极管短路	1 件
二极管开路	3 件
电解电容器短路	1 件
电容器壳子漏电	1 件
虚焊	3 件

插头接触未调整好 3 件  
插头有漆污染接触不好 1 件

早期曾出现因过电压而损坏晶体管和二极管，此后在设计中采取补救办法，未重发生。设计方面考虑的可靠性包括使用晶体管的方式和额定值的问题。据称，如晶体管连续工作于一半的功率，寿命可增加十倍，如连续工作于 1/10 的功率，则寿命可增加 1000 倍。对晶体管继电器耐受过电压的问题，多数国家一致的意见是应能耐受 5 仟伏 1/50 微秒的冲击电压，对于再高的电压，应设法不叫它加到继电器上去。

英国在使用晶体管的经验一文中所得的结论为：

(1) 容易获得很高的性能和预期的作用。

(2) 在设计、选择电路和元件、制造及试验时多加注意，晶体管保护的可靠性可以与其相当的机电式保护比美，而且最后会超过它。

(3) 二次接线过电压造成半导体失误的问题虽然严重，但只要在设计 and 试验方面采取预防措施，以及在元件安排和物理结构上采取正确的方法，是可以满意地予以解决的。在特殊情况下，电站设备接地的条件必须改进。

(4) 晶体管保护和继电器寿命的最危险时期是在委托试验和维护期间，大部分问题发生在这时候或起源于这时候。这一问题可从设计上以及给运行人员较好的指导予以解决。

(5) 元件失误的情况说明，它们多半与使用的情况（包括环境条件）有关，其次才是元件的质量问题。

日本提出除了提高晶体管继电器固有可靠性外，从对实际使用的继电器故障调查来看，根据使用状态而采取提高使用可靠性的措施也是很重要的。为此，提出了对使用的继电器进行自动监视的方式，用它来有效地进行包括交流电路的宽范围的自动检测。今后随着计算机的广泛使用，不仅是停留在对继电器进行监视的水平上，还应在不良检测的同时，达到包括自动切换，自动恢复的反馈系统控制的水平。

### 8、继电器的品种和标准化

目前电力系统需要的保护继电器品种，基本型式约三百余种。英国电气公司，通用电气公司，联合电气公司三家所生产的品种共达 600 种。由于资本主义国家对品种发展没有统一的规划，其中有不少重复产品。1969 年三家公司的电表、继电器、仪器部分合并成立通用电气公司测量部后，对原来三家公司分散生产的继电器品种进行了合理调整，最后总的品种数减至 350 种。

其他国外很多电气公司也都生产了各种保护继电器，品种非常庞杂。但各家公司对其生产的继电器都自成系列，从继电器的外形尺寸、型号命名到机械电气性能，都有他们各自的一套标准。

苏联对机械制造产品的统一化、组合化、系列化，规格化和标准化的工作，给予非常重视。据称，在苏联，仅就一种控制电路的电磁继电器而言，目前生产的型号及结构的变形达 300 多种。其中有些继电器在使用目的上及使用条件是重复的，并且只有小量的生产，每年不超过 100~300 个，这就使生产成本增加。要消除这种现象，继电器型式合理的标准化是非常重要的。因此大力开展了制定型谱工作，加强零、部件的统一化、规格化，提高其互换性，这样做就能更好地组织专业化生产，大大减少制造厂的数量。

许昌继电器研究室技术情报组整理