



互感器发展历史

一、互感器的定义

国标对互感器的定义：一种为测量仪器、仪表、继电器和其他类似电器供电的变压器用来转换电流，给电流仪表和继电器供电的互感器叫做电流互感器；用来转换电压，给电压仪表和继电器供电的互感器叫做电压互感器。

互感器和电力变压器相似，也是用来转换线路的电压或电流。但是，电力变压器转换电压和电流的目的，在于传递电能；而互感器转换电压或电流的目的，在于测量和监视线路的电压或电流以及对电能进行计量。一般说来，电力变压器的容量大，电压或电流的变比误差也大；互感器的容量小，电压或电流的变比误差也较小。

互感器有电力系统用和仪用两大类。电力系统用互感器是输变电系统中不可缺少的一种电器，又可分为测量用和保护用两种。测量用互感器主要与测量仪表配合，在线路正常工作状态下，用来测量线路上的电流、电压、功率和电能等，在电能计量中，除了家用电以外，几乎所有电能的计量，都要通过互感器来实现。而保护用互感器则与继电器配合，当线路发生短路、过电流、过电压、欠压等故障时，向继电器供电切断故障线路，以保护线路中的贵重设备，如电机和电力变压器等。

仪用互感器是在实验室内使用的一种电工仪器，它是准确度较高的测量用互感器，也叫做精密互感器。仪用互感器主要用来扩大电流和电压仪表的量限，所以又叫做扩大量限装置，它还可以作为标准互感器，与标准电流表、标准电压表、标准功率表或标准电度表等配合，来检定准确度低的互感器。

二、全球互感器发展概况

互感器的产生至今已有一百三十年的历史。1831年法拉第（Faraday）创立了电磁感应原理，第一台电压互感器大致开始应用于1879年，电流互感器在1882年也已设计出来了，可是当时几乎不被人重视。1885年制成实用的电流互感器。在1906年德国出版的长达1970页的《电气测量技术手册》中，有关互感器的内容还不到两页，手册中仅提到了电流互感器和钳形电流表，还没有提及电压互感器。1909年德国人奥尔利希（E.Orlich）才对电流互感器和电压互感器作了较全面的论述。

互感器的发展与导磁材料的进步息息相关，在1915年以前互感器的导磁材料与电力变压器和电机相类似，采用0.5mm厚的铁片叠成铁芯，电能损耗很大、互感器运行发热严重、误差大精度低。1900年英国人荷德菲尔发明了硅钢片后来成为互感器的主要导磁材料。1920年一种在弱磁场下具有高磁导率的合金材料坡莫合金（含镍78.5%的铁镍合金）出现了，尽管这种合金的研制原是为了其它用途，但是它的特性特别适用于制作电流互感器，因而成为制作电流互感器等弱磁场器件的重要材料。铁镍合金磁性材料的研究和发展，使电流互感器的准确度得到很大的提高。

在提高互感器的准确度方面，开始由于铁芯材料的磁性能差，互感器的准确度低，因此，在研究互感器的工作原理的同时，研究了对互感器误差的各种补偿方法。在1936年英国出版的《仪用互感器》一书中，对各种补偿方法作了比较全面的介绍。20世纪40年代各国对反激磁补偿发表了不少探讨性的文章，并将这种补偿方法用在10千伏的电流互感器上。20世纪50年代初，苏联彼得罗夫和俄库尼提出磁分路补偿法，其补偿效果优于反激磁补偿，应用在10千伏以下叠片铁芯的电流互感器上。20世纪60年代我国对互感器补偿方法进行了比较全面系统的研究，将各种电流互感器的补偿方法归纳为磁动势补偿和电动势补偿两大类；各种电压互感器的补偿方法归纳为电流补偿和电压补偿两大类。并且推导出了通用计算公式。其中圆环磁分路补偿法至今仍在各种环形铁芯的电流互感器上广泛应用。使国产环形



铁芯互感器的准确度和性能有了较大的提高。同时 RLC 等补偿方法的应用,使我国精密互感器也得到了较大的发展。此后由于铁镍合金和冷轧硅钢片等高导磁材料的发展和应用,对提高互感器准确度来说,注意力主要集中在提高材料的磁性能方面。这个时期相对来说对补偿方法的研究就比较少了。

在电流和电压比例标准方面,二十世纪五十和六十年代以来,国内外都有很大的发展,为互感器的检定提供了高准确度的标准。这对于精密互感器的发展也起了很大的推动和促进作用。

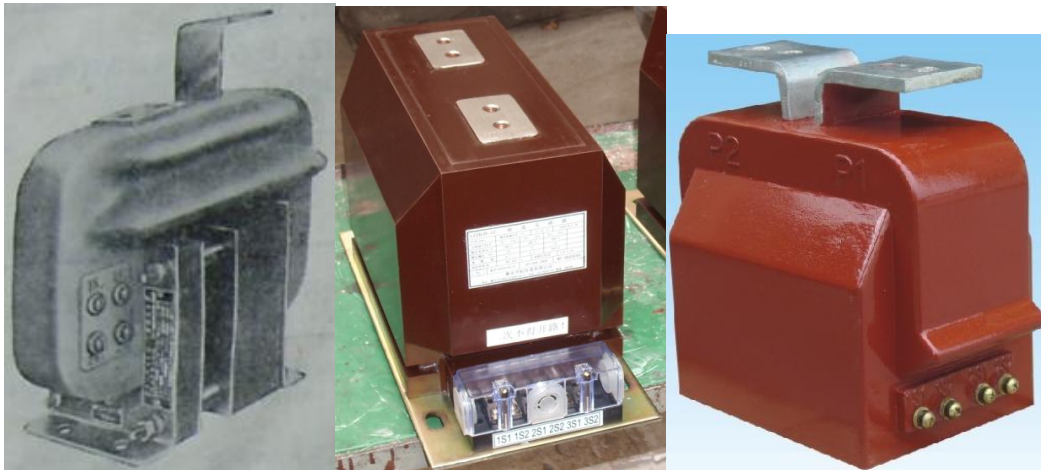
随着高压输电的发展,二十世纪七十年代以来,在中高压互感器方面,除了采用新的绝缘结构,以提高互感器的性能和减小互感器的尺寸以外,还出现了利用光电效应等新原理的互感器——电子式互感器,电子式互感器具有不含铁芯、没有磁饱和、频带宽、动态测量范围大、测量准确度高、测量保护范围内完全线性、传输性能好等优点,且体积小、重量轻。电流互感器二次开路不会产生高电压,电压互感器二次短路不会产生大电流,也不会产生铁磁谐振,根除了电力系统运行中的重大故障隐患,保证了人身和设备安全。但这种新型互感器目前还处在研发成熟和挂网试运行阶段。

三、中国的互感器发展简介

二十世纪五十年代初,中国开始摸索学习制造互感器,当时仅仅是按得到的样机及资料仿制,沈阳变压器厂在 1953 年翻译了苏联的互感器图纸,建立起仿苏的产品系列,在 1956 年试制成功仿苏 220kV 油浸绝缘电压互感器,1958 年试制成功仿苏 220kV 油浸绝缘电流互感器。

1958 年后开始在仿制产品的基础上自行设计,沈阳变压器厂、华通开关厂试制成功 10kV 环氧树脂浇注电流互感器,取代了仿苏产品。同时对油浸绝缘互感器进行了改型设计,形成了新的互感器系列。1960 年代后,沈阳变压器研究所先后组织了多次全国统一设计,完成了 0.5kV 干式电流、电压互感器,10kV 浇注绝缘电流、电压互感器,35kV 油浸绝缘电流、电压互感器,110kV 油浸绝缘电流、电压互感器新系列的设计、试制,提高了产品的技术性能,使产品更符合中国国内市场的需要。自此,中国已可制造 0.5kV-220kV 各种规格的电流互感器和电压互感器并形成了系列。





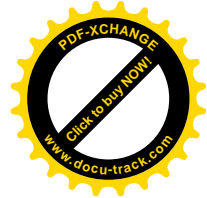
10kV 中压电流互感器

1970年后,我国互感器的整体技术水平有了更大的提高,品种日益增加。沈阳变压器厂先后又试制成功 330kV 和 500kV 油纸绝缘电流互感器。西安电力电容器厂也试制成功 500kV 电容式电压互感器。各互感器制造厂也不断对产品进行改进和完善,我国已具有当时国际上互感器行业最高电压等级的产品制造能力。至此,我国已制造了 0.5kV-500kV 电压等级的各种规格电流、电压互感器,最大电流达 25000A,并形成了比较完整的系列。还设计制造了各种特殊用途的互感器,如零序互感器、矿用互感器、中频互感器等。西安高压开关厂 1987 年试制成功 100kV 直流电流互感器,并在舟山直流输电线路投入运行。

随着城市供电系统的发展需要,我国开始发展使用 SF₆ 组合电器。1973 年,西安高压开关厂研制的 110kV SF₆ 组合电器在湖北丹江口水电站投入运行。与组合电器配套的 110kV SF₆ 气体绝缘电压互感器和电流互感器于 1979 年在上海互感器厂试制成功,以后又试制成功 220kV SF₆ 气体绝缘电压互感器和电流互感器。

为了进一步提高互感器技术水平,我国持续引进国外先进的互感器制造技术。1979 年沈阳变压器厂从法国阿尔斯通公司引进了 500kV 油浸绝缘电流互感器制造技术。上海互感器厂于 1984 年从德国 MWB 公司引进了 72.5kV-500kV SF₆ 气体绝缘互感器制造技术,又从瑞士 BBC 公司引进了 10kV-35kV 浇注绝缘互感器制造技术。之后,天津互感器厂、沈阳互感器厂、江西互感器厂等先后从国外引进了浇注绝缘互感器制造技术,北京互感器厂还引进了西门子油浸绝缘互感器制造技术。1993 年,上海互感器厂与德国 MWB 公司合资,成立了上海 MWB 互感器有限公司。引进 72.5kV-750kV 独立式 SF₆ 气体互感器制造技术,在国内制造并于 1995 年投入运行。2000 年,上海互感器厂与传奇集团(TRENCH)扩大合资,引进瑞士 HAEFELY 35kV-550kV 油浸绝缘电流互感器、油浸绝缘电压互感器、电容式电压互感器、套管及电抗器制造技术。引进的 SF₆ 气体绝缘电流互感器及油浸绝缘电流互感器都是国际上最新、最先进的倒置式结构。引进的 SF₆ 气体绝缘电压互感器及油浸绝缘电压互感器均采用单级铁心结构,消除了历年来制造的串级铁心结构电压互感器存在的缺陷。这些产品技术性能先进,运行可靠,是目前国内、国际上深受用户欢迎的产品。

互感器制造业的发展历程是从零星制造到专业化生产直至大规模生产,产品质量多年来不断提升。20 世纪 70 年代末至 80 年代初,中国互感器行业进行过三次大规模较的行业质量检查,对互感器行业的生产企业分批进行了质量抽查,促进了各企业产品质量和管理水平的提高。进入 90 年代后,国际上对质量管理要求更严格,更规范,并颁布实施了 ISO-9000 《质量管理程序文件》。互感器行业一些主要生产企业均先后通过了 ISO-9000 《质量管理程



序文件》认证。

科研工作是每个行业产品技术进步、产品质量提高的根本。在我国互感器制造业形成规模数量后，鉴于标准的不断提高，以及产品在制造、运行中发生的质量问题，有针对性地开展科研工作就显得特别重要。沈变所多次组织行业力量对行业共存的难题进行研究、攻关。先后对浇注绝缘互感器的局部放电、油浸绝缘互感器产品的局部放电、内部含水量、含气量及介损等影响互感器质量的因素，通过集中行业力量分析其产生原因、防止方法及探索检测手段等，经过多年的研究和实践，取得了较大收获，研制了局部放电专用的测试仪器。有的生产企业已把它与计算机配套使用，但精确计算及定量、定位测量尚待进一步研究。

对于互感器的误差测试设备，国外已普遍使用自动检测、显示及输出装置，我国曾引进过样机。武汉高压研究所等单位也自行研制了数据自动显示及输出装置，并在此基础上成立了很多专业检测设备制造单位，为组建互感器生产线提供了适用的测试手段。目前，这些装置已在大多数互感器专业制造厂广泛得到使用。

高压互感器的暂态特性对网络运行的可靠性有很大影响。原沈阳变压器厂在 500kV 电流互感器研制过程中，着重对暂态特性作了研究并提出了设计和制造方法。目前，上海 MWB 互感器有限公司通过引进国外技术也已掌握了设计、制造保证暂态特性的电流互感器的技术，并能设计、制造发电机保护用保证暂态特性的大电流互感器。1997 年我国颁布实施了等同采用 IEC44-6: 1992 标准的国家标准 GB116847-1997《保护用电流互感器暂态特性技术要求》。

SF₆ 气体绝缘互感器的绝缘特性研究、产品设计、制造工艺等，在 20 世纪 80 年代处于初始阶段，但通过自行开发、运行验证已积累了一定的经验。引进制造技术后，SF₆ 气体绝缘互感器制造技术有了提高。20 世纪 90 年代我国又通过引进技术，使 SF₆ 气体绝缘互感器制造技术达到了国际先进水平。目前 SF₆ 气体绝缘互感器在我国已处于成熟阶段。

沈变所从 1970 年就开始研究光电式互感器，以后在清华大学、四平电业局的积极协作下，1979 年研制出第一台样机。20 世纪 90 年代后，新一代的光电式互感器又引起重视。不少制造厂及大专院校相继研制、开发了光电式互感器，也有一些投入试运行。但终因国内元器件性能较差、不稳定，暂时处于重新拟定方案的状态。

2009 年 12 月，国网电科院研制的 1000kV 电容式电压互感器通过型式试验。日新（无锡）机电公司研制的特高压交流气体绝缘全封闭组合电器（GIS）用电磁式电压互感器在武汉通过了全部型式试验。这两种产品均为世界首次研制，代表了国际高压电压互感器技术的最高水平。应用于我国自主研发、设计和建设的具有自主知识产权的晋东南—南阳—荆门 1000kV 特高压交流试验示范工程，将大大提高我国的电网输送能力。

总之，回顾近 60 年的我国互感器发展史，可以说国内互感器行业通过几个阶段的发展已在国际上处于领先地位。互感器行业的发展必须以科技进步为先导，加强科学研究。特别是对互感器行业的关键问题应列出课题，集中行业的技术力量，加强与科研单位及大专院校的合作，共同进行研究，从而不断推动互感器行业的技术进步和发展。

四、中国互感器国家标准发展简介

- 1.1964 年，我国制定了第一个互感器产品的专业标准 JB572-575-1964，但它只是在苏联互感器国家标准基础上作了少量改动、翻译而成。
- 2.1975 年根据我国互感器行业的实际技术水平以及发展需要，对专业标准 JB572-575-1964 作了修改后上升为国家标准 GB1207-1975《电压互感器》和 GB1208-1975《电流互感器》。
- 3.1986 年对 75 版标准进行较大幅度更改，修订为国家标准 GB1207-1986《电压互感器》和 GB1208-1987《电流互感器》，等效采用了 IEC 标准 185、186。
- 4.1997 年又对国家标准进行大幅度更改，修订为国家标准 GB1207-1997《电压互感器》和



- GB1208-1997《电流互感器》，等同采用了 IEC 标准 IEC185：1987 和 IEC186：1987。
- 5.1997 年我国颁布实施了等同采用 IEC44-6：1992 标准的国家标准 GB16847-1997《保护用电流互感器暂态特性技术要求》。
 - 6.2006 年修订为国家标准 GB1207-2006《电压互感器》和 GB1208-2006《电流互感器》，也就是现在执行的互感器国家标准。
 - 7.2009 年全国互感器标委会年会于 10 月 30 日~11 月 2 日在厦门市召开。这次会议对互感器标准结构进行了大幅度调整分成了五部分，形成了如下报批稿，目前尚未执行：
 - 1)GB 20840.1 通用部分
 - 2)GB 20840.2 电磁式电压互感器
 - 3)GB 20840.3 电流互感器
 - 4)GB 20840.4 组合互感器
 - 5)GB 20840.5 电容式电压互感器
 - 8.我们的互感器设计制造都必须依据国家标准来进行。