

国外机械工业基本情况

高 压 电 器

西安高压电器研究所 李建基编

5.61

机械工业出版社

1995年5月

95
F416.61
5
2

高 压 电 器

西安高压电器研究所 李建基编

78-11135



3 0109 6448 8



机械工业出版社

215435



C

(京)新登字 054 号

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》高压电器部分,共九章。大体反映了八十年代末和九十年代初国外高压电器的发展水平与动向。除了介绍国外高压开关制造业概况和国外高压电器制造企业概况外,在高压方面,着重介绍了 SF₆ 断路器和封闭式组合电器,还介绍了户外 SF₆ 互感器和直流断路器;在中压方面,着重介绍了 SF₆ 断路器、真空断路器及发电机保护断路器,还辟专门章节介绍了中压负荷开关和限流熔断器。作为成套装置,着重介绍了充气柜、环网供电单元和箱式变电站,可供电力设计使用部门、高压电器科研和制造部门的工程技术人员及高等院校有关专业师生参考。

高 压 电 器

西安高压电器研究所 李建基编

责任编辑:陈瑞藻

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

陕西广播电视印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/16 ·印张 15 ·字数 365 千字

1995 年 5 月北京第 1 版·1995 年 5 月北京第 1 次印刷

印数 0001—1000 定价:38.00 元

ISBN 7-111-04495

前 言

本书为第四轮《国外机械工业基本情况》高压电器分册。这一轮是在前三轮的基础上,更全面、更系统地介绍国外高压电器行业概况、产品最新发展水平和动向。

在编写此书时,结合我国电力发展对高压电器的需求和读者感兴趣的问题,突出一个“新”字和“全”字。本书以产品为主线展开。对前一轮介绍过的产品,作了刷新,重新编写,力求编出新意,反映 80 年代末和 90 年代初水平及本世纪末的发展趋向。同时对内容力求要“全”下了很大功夫,主要增加了前一轮未编入的内容。如在高压 SF₆ 断路器一章,增加了 550kV 单断口 SF₆ 断路器和 72.5kV~245kV 热膨胀式 SF₆ 断路器及弹簧操动机构等内容。同时,详细介绍了国际大电网会议对高压 SF₆ 断路器可靠性的第二次国际调查结果。在 GIS 方面,增加了 C-GIS 内容,同时重笔描绘了三相共筒式 GIS。新增加的产品内容有中压充气柜、环网供电单元、箱式变电站。还以较大篇幅增加了人们感兴趣的压气式、产气式、SF₆ 式和真空式负荷开关内容以及限流熔断器章节。在中压断路器中,新增加了发电机保护断路器。由于我国高压和超高压电网已进入交直流时代,故辟专门章节介绍高压直流断路器。同时,国外在高压和超高压领域越来越多地使用 SF₆ 互感器,故新增加了这方面的内容。

所谓“新”和“全”,都是相对而言的,只是笔者的追求。今后还要在这两方面下功夫,力求更新和更全。

由于编者水平有限,加之收集资料困难,错误在所难免,恳请读者指正,不胜感激。

编者 1994 年

出版说明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供实用、先进的技术装备的重任。为适应社会主义市场经济体制的发展要求,必须大力发展机械工业。上质量、上品种、上水平,提高经济效益,是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方针和经济教训,了解国外机械工业的生产、技术和管理水平,以便探索我国机械工业在社会主义市场经济体制下自我完善的发展道路,我们组织编写了第四轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前三轮的基础上,围绕我国机械系统各行业和专业的发展战略,针对我国机械工业技术发展的实际要求,全面系统地介绍国外机械系统各行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况,着重报道了国外机械工业80年代中后期到90年代初期的水平及到本世纪末的发展趋向。

第四轮《国外机械工业基本情况》共60多分册,编写人员达500余人。本书为《高压电器》分册,由西安高压电器研究所李建基编,责任编辑:陈瑞藻。

机械工业部科技信息研究院

目 录

第一章 国外高压开关制造业概况	1
一、国外高压开关制造业的发展动态	1
二、世界上最大的高中压开关设备制造企业	3
三、国外高中压开关生产厂家生产水平顺序	3
四、国外输变电设备的发展趋向	4
五、中压断路器的世界市场	7
第二章 国外高压电器制造企业概况	9
一、日本的高压电器制造业	9
二、美国高压断路器制造业的兴衰	11
三、西门子公司的中压开关设备	16
四、德国通用电气公司的中压开关设备	19
五、ABB 集团的中压开关设备	22
六、GEC Alsthom 公司的中压开关设备	27
七、法国梅兰·热兰公司的中压开关设备	30
第三章 高压交流断路器的发展水平与动向	32
一、高压 SF ₆ 断路器的发展	32
二、高压断路器的可靠性	45
三、高压断路器的操动机构及其可靠性	57
第四章 SF ₆ 封闭式组合电器(GIS)的发展水平与动向	62
一、SF ₆ 封闭式组合电器的发展	68
二、110~145kV 箱型 SF ₆ 封闭式组合电器(C-GIS)的发展	71
三、高压 SF ₆ 封闭式组合电器(GIS)的可靠性	74
四、SF ₆ 在高压断路器和 GIS 不同放电下的分解物	75
第五章 高压户外 SF ₆ 互感器	84
一、户外 SF ₆ 互感器制造公司	84
二、户外 SF ₆ 互感器的优点	85
三、SF ₆ 互感器的结构类型	86
四、户外 SF ₆ 互感器的一些性能特点	88
五、户外 SF ₆ 绝缘互感器的一些设计和制造问题	91
第六章 中压真空与 SF ₆ 断路器的发展水平与动向	96
一、真空与 SF ₆ 开关论战始末	96
二、中压 SF ₆ 断路器的发展	100

三、中压真空断路器的发展	108
四、发电机保护断路器的发展	115
五、国外高中压开关设备产品水平表	124
 第七章 中压负荷开关与限流熔断器的发展水平与动向	153
一、中压负荷开关的发展	153
二、限流熔断器的发展	170
 第八章 充气柜、环网供电单元及箱式变电站的发展水平与动向	180
一、SF ₆ 绝缘的金属封闭开关设备(充气柜)的发展	180
二、SF ₆ 环网供电单元的发展	194
三、箱式变电站的发展	214
 第九章 高压直流断路器的发展与动向	223
一、高压直流开断技术	223
二、高压直流开断方法	224
三、电流转换法示例	225
四、反向电流注入法	226
五、高压直流断路器设计示例	226
六、高压直流系统的其他开关设备	232

第一章 国外高压开关制造业概况

一、国外高压开关制造业的发展动态

高压开关制造业的兴衰与电力事业的发展休戚相关。60年代,国外高压开关行业处于鼎盛时期,70年代发展趋于缓慢,到了80年代,已出现不景气。这主要是由于电力发展速度减慢的缘故。60年代,世界上处于电力大发展的时期,电力以每年7%的速度增长,从而带来了高压开关制造业的欣欣向荣。到了70年代,电力发展速度减慢,到了80年代,增长速度更慢。如1970年减为4.1%,1980年又减为2.4%,1982年竟减为1.7%。到了90年代,国外电力发展不但减慢而且发展不平衡,工业发达国家的电力增长不到1%(日本1992年为1.3%),发展中国家有所增长,约为4%。

(一)国外高中压开关制造业出现不景气

由于电力发展减慢,使开关行业出现不景气。这主要表现在两个方面:一方面世界高压开关市场大大缩小。60年代美国、苏联、加拿大等电力大国正建造高电压大容量电网(765,750,735kV线路),还有一些国家兴建420~500kV线路,这些国家成了高压开关的主要市场,但随着这些电力大国电网的相继建成,高压开关需要量锐减,市场越来越小。另一方面,正由于开关需要量的减少,世界上高压(110kV以上)开关制造厂家原有30多家,现不到10家。而且开关市场为一些名牌公司的名牌产品所垄断。现生产高压和超高压的主要公司有ABB公司、GEC Alsthom公司、MG公司、AEG公司、西门子公司、日本日立公司、三菱公司和东芝公司等。

(二)成立跨国集团公司,增强实力

由于世界市场的缩小,竞争必然激烈。为了争夺市场,必先增强自己的实力,而为了增强实力,制造公司间出现合并或兼并。这方面表现最突出的为瑞典ASEA公司与瑞士BBC公司合并后成立ABB跨国集团公司,英国GEC公司与法国Alsthom公司合并后成立GEC Alsthom公司,瑞士SE公司也被GEC Alsthom公司兼并而成GEC Alsthom T&D公司(即GEC Alsthom输配电公司)。法国MG公司也加入法国最大的Schneider Group集团公司。今天,ABB公司、GEC Alsthom公司成为生产高压开关设备实力最强的制造公司。

(三)争夺发展中国家的开关市场

这些跨国集团公司争夺世界市场的方式多种多样,或出口产品或输出技术或建立合资公司等。它们把注意力主要集中在发展中国家。特别我国为适应国民经济的大发展,大力发展电力事业。在我国500kV线路上,世界上一些主要制造公司的产品都有:如ABB公司、Siemens公司、GEC Alsthom公司、三菱公司、东芝公司和日立公司等。我国又引进了国外许多公司高压开关制造技术,如ABB公司、MG公司、GEC Alsthom公司、三菱公司、日立公司等。有的公司还同我国建立合资公司,如GEC Alsthom公司与苏州开关厂建立苏州通用电气阿尔斯通开关有限公司,西门子公司与上海电器公司合资在沪成立“西门子开关设备有限公司(Siemens Switchgear Ltd)”。还有ABB公司同厦门电控厂成立合资公司——厦门ABB开关有限公司。

(四)加大科研与开发投入的力度

跨国公司之间的竞争,实质上是技术的竞争,产品的竞争。在这方面,跨国公司采取新举措,加强科技研究与开发,为此增加科研与开发的投入。在这里,特别要提到西门子公司。西门子公司 1993 年以 52.3 亿美元的投入再次名列各国研究与开发费用的排名表第一。日本在世界各大公司研究与开发费用排名表前 10 名中占据 6 个。瑞典公司的研究与开发费用增幅最大,达 15.2%。美国 900 家大公司研究与开发费用达 794 亿美元,比 1991 年提高 7%。AEG 公司 1992 年的销售额增加 8%,达到 116 亿 DM,该公司不断加大研究与开发费用,1991 年投入的费用为 672 百万 DM,而 1992 年增至 754 百万 DM。

(五) 加快新产品的开发与研制

由于增强了科研与开发的实力,各公司推出一代又一代新产品。在高压领域,一方面 ABB、GEC Alsthom、AEG 和东芝等公司推出了充分利用电弧能量的混合灭弧式高压断路器。在这里特别要提到 AEG 公司,它的 SF₆ 断路器起步较晚并水平一般,但近年来花大气力开发出热膨胀式 SF₆ 断路器,使该公司高压 SF₆ 断路器登上一个新的台阶,在这方面处于领先地位。另一方面,日本的三菱、日立和东芝公司充分利用变开距电压高的优势,先是三菱公司开发出 362kV/400kV 50kA 单断口 SF₆ 断路器,接着东芝公司和日立公司相继开发出 500kV 63kA 单断口 SF₆ 断路器。西门子公司利用定开距开断电流大的优势,开发出 550kV 100kA 特大容量 SF₆ 断路器。在 SF₆ 封闭式组合电器(GIS)方面,各大公司大力开发三相共筒式结构,ABB 公司和西门子公司等都搞出第 3 代和第 4 代 GIS。日本三相共筒式结构水平最高,现已做到 500kV 级母线共筒式,300kV 全三相共筒式。

在中压领域,各公司均已完成从油开关和磁吹开关向 SF₆ 断路器和真空断路器的过渡。原先单一生产 SF₆ 断路器或真空断路器的公司,越来越多地同时开发生产两种产品。

随着城网建设的加快,特别适用于城网的环网供电单元、充气柜和箱式变电站应运而生,成为国外公司研究和开发的重点。德国 Fritz Driescher 公司是在大公司夹缝中生存的小公司,但它首先推出环网供电单元,并不断改进,推出一代又一代新产品。西门子公司首先推出充气柜,在国外引起连锁反应,国外制造公司竞相研制,并有各自的产品推出。箱式变电站包括高压开关设备、配电变压器和低压配电装置,它特别适用于城网和工矿企业,许多制造公司都有自己独特风格的箱式变电站。在这方面,尤以德国制造公司起步早,制造厂家多,产品规格多。

由于中压产品量大面广,各大公司都加强中压开关设备的研究与开发,并扩大中压产品的生产能力和产品品种。西门子公司为了加强中压产品的生产,更多地占领中压开关世界市场,在机构上作了改革,专门成立输配电部。自该部成立后,一直取得良好的效益。GEC Alsthom 公司看重中压市场,将主要生产中压产品的 SE 公司,更名为 GEC Alsthom T&D 公司(GEC Alsthom 输配电公司),以加强中压开关生产的实力。

总之,由于国外电力事业发展减慢,世界市场缩小,造成开关制造业不景气。这样,各制造公司之间的竞争更加激烈。要在竞争中求生存,求发展,各制造公司向国外特别是向发展中国家设法出口产品或输出技术或合资办厂,以抢占市场。同时加大科研与开发投入,扩大产品品种,并推出一代又一代新产品,以便争夺更多的市场。

由于国外高中压开关制造业不景气,有的制造公司已退出制造行业,有的跨国合并,形成高度垄断,因此,在介绍制造公司时,很难以国家为单位介绍,在这里,作为高压开关制造业不景气,介绍美国高压开关制造业的兴衰。由于日本电力发展相比较快,1992 年增长 1.3%,到 2005 年,预计增长 2.3%,日本准备上 1100kV 电力系统,加上各大公司积极参与世界竞争,因

此日本高压开关制造业实力雄厚,而且产品发展具有共同性,故作为另一个典型,完整地介绍日本高中压开关制造业。其他介绍一些重点公司。

二、世界上最大高中压开关设备制造企业

(一)世界十大电工和电子公司

1990 年销售额(以亿 DM 计)

1. 美国 IBM 公司(美国国际商业机器公司)	1115
2. 美国 GE 公司(美国通用电气公司)	944
3. 日本 Hitachi 公司(日本日立公司)	792
4. 日本 Matsushita 公司(日本松下电气公司)	671
5. 德国 Siemens 公司(德国西门子公司)	632
6. 荷兰 Philips 公司(荷兰飞利浦公司)	495
7. 日本 Toshiba 公司(日本东芝公司)	476
8. 法国 Alcatel—Alsthom 公司(法国阿尔卡特—阿尔斯通公司)	428
9. 瑞典/瑞士 ABB 公司	412
10. 日本 NEC 公司(日本电气公司)	385

以上十大公司中,日本占 4 个

(注:DM 为德国马克,1DM 约合人民币 5.7 元)

在这十大世界公司中,GE 公司、日立公司、西门子公司、东芝公司及 ABB 公司等五大公司在生产高中压开关设备方面,很有名望,产品具有世界水平,尤其是欧洲的西门子公司和 ABB 公司及亚洲的日立和东芝公司。

(二)欧洲十大电工和电子公司

1990 年销售额(以亿 DM 计)

1. 德国 Siemens 公司(德国西门子公司)	632
2. 荷兰 Philips 公司(飞利浦公司)	495
3. 法国 Alcatel—Alsthom 公司(法国阿尔卡特—阿尔斯通公司)	428
4. 瑞典/瑞士 ABB 公司	412
5. 德国 Robert Bosch 公司(德国罗伯特·鲍什公司)	318
6. 英国 GEC 公司(英国通用电气公司)	253
7. 瑞典 Electrolux 公司(瑞典电气公司)	225
8. 法国 Thomson 公司(法国汤姆逊公司)	223
9. 德国 IBM 公司(德国国际商业机器公司)	133
10. 德国 AEG 公司(德国通用电气公司)	132

在以上欧洲十大电工和电子公司中,德国占 4 个。

在这欧洲十大公司中,西门子公司、ABB 公司、GEC 公司、AEG 公司等四大公司均生产高中压开关设备,其中以西门子公司和 ABB 公司最著名。

三、国外高中压开关生产厂家生产水平顺序

高压开关设备

1. 瑞典/瑞士 ABB 公司
2. 英国通用电气—法国阿尔斯通公司(GEC Alsthom 公司)
3. 法国梅兰·热兰公司(MG 公司)
4. 日本三菱电机公司(Mitsubishi 公司)
5. 德国西门子公司(Siemens 公司)
6. 日本日立公司(Hitachi 公司)
7. 日本东芝电气公司(Toshiba 公司)
8. 德国通用电气公司(AEG 公司)

在以上主要生产高压设备的 8 家公司中,日本占据 3 家,德国占 2 家。

中压开关设备

1. 瑞典/瑞士 ABB 公司
2. 法国梅兰·热兰公司(MG 公司)
3. 英国通用电气—法国阿尔斯通公司(GEC Alsthom 公司)
4. 德国西门子公司(Siemens 公司)
5. 日本三菱电机公司(Mitsubishi 公司)
6. 美国西屋公司(Westinghouse 公司)

由以上可见,中压开关优势在欧洲。

中压负荷开关

1. 法国梅兰·热兰公司(MG 公司)
2. 瑞典/瑞士 ABB 公司
3. 英国通用电气—法国阿尔斯通公司(GEC Alsthom 公司)
4. 德国西门子公司(Siemens 公司)

由以上可见,中压负荷开关生产优势全在欧洲。

四、国外输变电设备的发展趋向

总的来说,国外输配电设备趋向高电压大容量、趋向组合化、SF₆ 化,趋向机电一体化等。

(一)输变电设备趋向高电压大容量

国外 60 年代已进入大电网超高压时期。许多国家的输电电压分别进入 500kV、750kV 和 800kV 级水平,如加拿大—735kV,苏联—750kV,美国、委内瑞拉等国—800kV,日本、南非、巴西、澳大利亚等国—500kV。现电压等级还有增高的趋势,苏联 1150kV 线路已正式工业运行,现考虑 1800kV~2000kV。到本世纪末,还有一些国家将发展特高压输电,如加拿大—1200kV,巴西—1000kV,意大利—1000kV,日本—1100kV 等。

由于联网,三相短路电流水平有显著提高,这就要求输变电设备具有高的承受和开断短路电流能力,如 500kV 80~100kA(加拿大),400kV 80kA(欧洲),275kV 50kA(日本),220kV 63kA(欧洲),70kA(加拿大)。

如所周知,每一个电压等级都有一个最经济的输送容量,否则输电损失就增大。一般地说,电压等级低于最佳值 5%~10%,损失就增加 8%~17%。

如在前苏联,由于电网电压不合标准,给国民经济造成的损失每年在 10~20 亿卢布数量级。这种损失是由于电网电压过低而造成输电损失增大。发电量的 9%作为电网损失而被耗

掉。其中 40% 损失在 35kV 及以下电压等级的电网。

前苏联以 500kV 为主网,占前苏联本土联网的 85%。750kV 网路现已有 3500km 长的线路,2500km 长的 1150kV 线路已投运。下一个电压等级将在 1800kV~2000kV 之间选取。

因此,为了经济地输送强大的电力,输变电设备必然趋向高压大容量。在这里,不但有交流高电压大容量输电设备,而且有直流高电压大容量输电设备。

(二)成套供应,承包工程

国外一些国家电力事业发达,而输变电设备制造业并不发达,要求国外厂商或制造公司或集团公司提供成套设备,承包工程,也就是常说的“交钥匙工程”,意即成套提供设备,而且现场安装调试,直到正式投运才交工。这样的“交钥匙工程”,带来许多好处,委托方只对一个承包方,省去了许多事,能够保证按时供应和按期交工,承包方按委托方的要求,可对设备的参数和绝缘合理地进行配合,如高压断路器的热稳定电流和互感器的热稳定电流要取得一致,断路器与避雷器的绝缘配合等。委托方找寻的承包方具有高的制造能力,可提供一流设备,这大大有利于运行,提高运行可靠性。

在当代世界上,最大的承包商有 ABB 集团公司、西门子公司、Alsthom 公司、三菱公司等,这些公司能提供包括变压器到继电保护的成套输变电设备。

(三)输变电设备趋向组合化, SF₆ 化

输变电设备的组合化,通过各个设备的有机组合,合理地布置,达到结构紧凑、体积缩小、造价降低。而 SF₆ 促使输变电设备达到高效、小型、经济。SF₆ 组合电器成为当代发展潮流。组合电器如封闭式组合电器(GIS)、箱式组合电器(C-GIS)、充气柜(AIO)、环网供电单元(RMU)、箱式变电站(Compact Substation)、负荷开关熔断器(Switch-Fuse)、熔断器-接触器回路柜(F-C 回路)等。作为输变电设备,首先高压 SF₆ 断路器和 GIS 在我国电网使用日益增多。从 1981 年~1989 年,我国 110kV 及以上电网使用量就有 1500 多台,其中 GIS 占 1/3。

SF₆ 气体的出现,改变了输变电设备的发展进程,它的触角几乎深入到输变电设备的各个方面。除了 SF₆ 开关及设备外,出现了 SF₆ 变压器、SF₆ 互感器、SF₆ 避雷器、SF₆ 充气电缆、SF₆ 电容器、SF₆ 避雷器、SF₆ 电容器、SF₆ 熔断器等。

在高压领域, SF₆ 的使用使之输变电设备(除变压器外)组成一个有机的整体,一种封闭式组合电器脱颖而出。这就是所谓的 GIS 结构。GIS 由母线、断路器、隔离开关、接地开关、互感器、避雷器组合而成。由于组合而又封闭,大大减少了占地面积及体积,而且提高了运行可靠性。1980 年法国 Alsthom 向美国 Joshua Fall 公司提供了世界上第一间隔 800kV SF₆ 封闭式组合电器。

在中压领域,输配电设备也向组合化、SF₆ 化方向发展。随着城网采取环网供电,环网供电单元应运而生。环网供电单元是母线、开关设备、电缆头及熔断器的组合。早先出现的环网供电单元多用空气或油绝缘,现大多发展 SF₆ 封闭式环网供电单元。SF₆ 环网供电单元尤以德国起步早、品种多、规格全。箱式变电站在国外已普遍使用,在我国也已掘起。箱式变电站则是输变电设备更大的组合,包括中压开关设备、变压器、低压配电装置,完成受电、降压和配电全过程。箱式站适用于城网建设和改造,具有成套性强、体积小、占地少、能伸入负荷中心、提高供电质量、减少损耗、送电周期短、选址灵活、对环境适应性强、安装使用方便、运行安全可靠及投资少见效快等一系列优点。箱式变电站使用的中压开关设备有敞开式或封闭式两种。早先开发的多为敞开式,现封闭式增多。如德国从 1985 年起装入箱式站的中压开关设备均为 SF₆ 环网

供电单元。

SF₆ 出现于 1900 年,在以后 50 多年里,研究发现 SF₆ 气体具有优异的灭弧性能和绝缘性能,随之解决了 SF₆ 气体的工业生产问题。从 60 年代起,SF₆ 气体首先用于高压开关及设备,现一统高压、超高压和特高压开关及开关设备。与之同时,还向中压发展,现 SF₆ 开关与真空开关并驾齐驱,作为无油开关的两大支柱。多年来虽研究 SF₆ 气体的替代气体和混合气体,但尚未找到一种气体具有 SF₆ 气体那样全面的优异的灭弧和绝缘性能。出现的混合气体(如 SF₆+N₂ 或 SF₆+He)主要用在两个场合:一是用在充气量大的电力装置如充气母线,可降低充气费用;二是用在寒冷的电力装置如 SF₆ 断路器中,可降低 SF₆ 气体的液化点,便于在寒冷地区使用。

SF₆ 在其他输变电设备中的应用,这里要特别提到 SF₆ 变压器。

传统的变压器多为油浸式。而城市变电所,使用 SF₆ 变压器增多。SF₆ 变压器重量轻、体积小、不燃无火焰、噪声低,特别适用于防火、防潮、环境条件要求高的场所,如矿山、油田、化工、冶金、高层建筑、水流域保护区等。它与 SF₆ 组合电器配套,可实现供电无油化、小型化。

国外从 50 年代起就已研制 SF₆ 变压器。如美国 1956 年研制成功 69kV 2000kVASF₆ 变压器。现在美国和日本都在大力开发 SF₆ 变压器,如美国 1983 年研制单相 45kV 400MVA/3SF₆ 变压器,日本已做出 275kV 300MVASF₆ 变压器,并于 1991 年投入运行。德国注重开发中压 SF₆ 变压器,例如做到 24kV 25MVA。这些 SF₆ 变压器多用于工业区、住宅区、水流域保护区,并用作杆上变压器。

开发高电压大容量变压器,需要解决冷却问题,由于 SF₆ 气体比热小[0.154kcal/(kg·℃)(20℃时)]且热传导率差[0.0117kcal/(mh·℃)],故必须解决散热问题,否则影响变压器出力。SF₆ 变压器的冷却方式主要有两大类:一类为 SF₆ 气体冷却式,包括自然对流和强迫对流,这主要用于 30MVA 以下的小容量。另一类为液体冷却方式,包括蒸发冷却、分离冷却、液流下式冷却及复合绝缘液浸入式冷却。一般来说,60MVA 中等容量可用蒸发冷却方式,对于理会大的容量(如 275kV 300MVA),可采用液体下流式、分离式及复合绝缘浸入冷却。

SF₆ 户外互感器在加拿大、英国等国已普遍使用,只是美国一开始对 SF₆ 户外互感器表现得冷淡。但近年来,而对油浸式互感器屡屡爆炸的现实,不得不改变看法,对 SF₆ 互感器表现出热情,有的电力公司甚至作出硬性规定,即今后更新互感器一律采用 SF₆ 互感器,原来美国不采用 SF₆ 互感器,主要嫌价格贵。在各种互感器中,户外 SF₆ 互感器异军突起,其发展引人注目。它以结构紧凑、无火灾及性能可靠而称著。SF₆ 互感器视其结构型式,可有电流式、电压式及复合式。

SF₆ 互感器在结构上有两个明显的特点:一是结构呈倒立式,而最初的 SF₆ 互感器多为落地罐式,二是在倒立式结构中,采用复合式绝缘子。复合式绝缘子是一种玻璃纤维增强的塑料管,两端装有金属法兰,外边套有硅伞裙,以提高爬电强度。用复合绝缘子保证外绝缘,其重量轻,不易碰伤,硅伞裙具有憎水性,防护紫外线辐射等。

SF₆ 互感器已有 123~500kV 产品运行,765kV 产品正在研制之中。

制造互感器的厂家可分三类:一类是坚持制造油浸互感器,另一类专门(或主要)生产 SF₆ 互感器,还有第三类两者兼生产。德国 MWB 公司大力开发 SF₆ 互感器,其产品从 123kV 到 420kV 成系列。1990 年,该公司将第 1000 台 SF₆ 互感器提供给加拿大。瑞士 Moser—Glaser 公司在它的供货目录中,只提供 SF₆ 互感器,其牌号为 GAS Coil。1986 年,该公司的 230kV、

3000A/4×5A SF₆ 电流互感器装于美国的 Catawba Nuclear 变电站。比利时 Balteau 公司生产三种互感器:油浸式、SF₆ 式和浇铸树脂式。1987 年该公司为法国制出 245kV SF₆ 电流互感器。瑞士 Emil Haefely 公司原来一直坚持生产油浸式互感器,做到 750kV 级。后来,态度有所转变。该公司于 1989 年展出 123kV 倒立式 SF₆ 电流互感器。德国 Ritz 公司重点开发油浸式互感器,但同时开发 SF₆ 互感器。1987 年,该公司展出了 245kV 复合式 SF₆ 互感器。加拿大 Trench 电气公司 500kV SF₆ 电流互感器已成功地投运,765kV 电流互感器的型式试验已接近尾声。总之,SF₆ 互感器已风靡于世界,我国不久将有自己的产品问世。

(四)机电一体化

机电一体化是方向,现已进入输变电设备,特别是开关及开关设备。如日本富士公司开发的 123kV C—GIS 就实现了机电一体化,它的第二代产品用智能信息处理系统进行故障前兆的诊断和监视,用传感器进行工作状态监视。ABB 公司 123kV 旋弧式 SF₆ 断路器最新是采用微处理器控制。中压开关柜等成套装置在控制、监视、显示等方面已朝机电一体化方向努力。箱式变电站可用单片机控制中压开关设备和低压配电装置的凝露,控制变压器的温升。

农网用的重合器、分段器已实现机电一体化。它具有自具功能,意即它的控制和操作按微处理器的程序进行,不受继电控制,同时它用高能锂电池作电源,不需外界能源。机电一体化的重合器和分段器大大提高了切除故障的成功率,减少了农网供电的中断。

五、中压断路器的世界市场

70 年代初,世界上掀起了中压断路器(3.6~36kV)无油化的浪潮。到 70 年代末,已确立了无油断路器在中压断路器中的主导地位。从 1977 年至 1988 年,作为无油开关两大支柱的 SF₆ 与真空开关在世界范围内引起了旷日持久的论战。论战的结果,SF₆ 与真空开关都有了长足的发展,原先发展单一产品的制造厂家,注意同时发展两种产品。作为用户,在电压等级较低(如 7.2~12kV)、要求频繁操作、户内装设的场合,使用真空断路器较多,而在电压等级较高(如 24~36kV)、要求单断口容量大及户外装设的场合,使用 SF₆ 断路器较多。但是,由于 7.2~12kV 等级需要量大,真空断路器所占比例很大。

在整个世界中压市场中,估计真空开关约占 65%,SF₆ 开关约占 20%,少油开关只占 15%。在国外,一般生产真空开关的厂家均生产真空灭弧室。真空灭弧室的最大世界市场在日本。日本有 5 家公司制造真空灭弧室,仅东芝公司一家,就已累积生产 150 万只灭弧室。从单个制造公司看,西门子公司在世界市场占的比例最大,约为 20%。

目前,世界上生产中压断路器的厂家约 23 家,其中绝大多数厂家均生产 SF₆ 和真空断路器,但在生产上有所侧重。仅有日本的东芝、德国的西门子和 AEG 公司等不生产中压 SF₆ 断路器。也有法国的 MG 和日本的安川公司等不生产真空断路器。欧洲市场对两种产品的需求差不多相等,但具体到某个国家,则要求差别很大。如在英国,真空断路器市场大大超过 SF₆ 断路器市场,但在法国,由于法国电力公司的大力支持,SF₆ 断路器占到法国中压断路器市场 90%以上。ABB 公司、GEC Alsthom 公司、MG 公司侧重发展中压 SF₆ 断路器,而德国的西门子、AEG、Calor—Emag 公司和日本的东芝、三菱、日立、明电舍、日新等公司则专门或侧重发展真空断路器。

在世界范围内,对中压断路器的年需求量为 18 万台。其中有 4 个制造公司的产量为最大,这 4 个公司产量之和约占总需求量的三分之一,ABB 公司年产中压断路器 18000 台,MG 公

司年产中压断路器 18000 台,西门子公司年产中压断路器 11000 台,GEC Alsthom 公司年产中压断路器 10500 台。以上 4 个公司年产中压断路器共计 57500 台。

四、中压断路器综合生产能力

第二章 国外高压电器制造企业概况

一、日本的高压电器制造业

日本高压电器制造业发达,制造厂家多,产品水平高。在世界十大电工和电子公司中,日本占4个。其中有两家公司都以生产高压电器而驰名。这就是日立公司和东芝公司。日立公司在世界十大电工和电子公司中,居第3位,1990年销售额为792亿DM。东芝公司居第7位,1990年销售额为476亿DM。

(一)日本的高压开关及开关设备

日本生产高压和超高压开关设备的公司主要有3家:日立公司、东芝公司和三菱公司。

日本高压和超高压开关设备的制造水平高,技术高超,堪称世界一流。1989年,三菱公司完成362/400kV 50kA单断口SF₆断路器,1992年和1993年,东芝和日立公司开发出500kV 63kA单断口SF₆断路器。日本现正为未来的1100kV输电线路开发配GIS的1100kV 4800A 50kA SF₆断路器。日本这三家公司竞相研制GIS产品,它们的GIS产品均从72.5kV到500kV成系列。GIS在日本用户中受到青睐。在日本新建的变电站中,GIS占50%。日本东芝公司于1992年研制成功800kV GIS。主要参数为额定电压800kV,额定电流5000A,额定开断电流50kA。800kV GIS的研制成功,将日本的GIS推向新水平。

日本三家公司的GIS,均采用了高性能的ZnO避雷器,将500kV GIS的雷电冲击耐受水平从1800kV降至1425kV,既提高了性能又减少了尺寸。

日本三菱公司将500kV GIS的额定电流提高至8000A,此产品已于1993年6月投运。

三相共简化代表了GIS的一个重要发展方向,在这方面,日本亦处于世界领先地位。日本三相共简化GIS已达到500kV母线共简化,300kV全三相共简化。

总之,日本在GIS方面最新研究动态为用高性能ZnO避雷器降低雷电冲击水平(LIWL),提高GIS性能和减少尺寸;大力开发三相共筒式GIS,大大减少GIS尺寸和减少密封点数和密封长度;开发GIS的监视系统,采用最先进的技术,进行在线检测,防患于未然。

今后,日本制造公司的主要任务是尽快研制出1100kV 4800A 50kA GIS及配用的SF₆断路器,以满足日本实现1100kV特高压输电的要求。

(二)日本的中压断路器

在中压开关方面,日本的生产厂家很多,诸如东芝公司、日立公司、三菱公司、富士公司、安川公司等。其中东芝和富士公司主要生产真空开关;日立和三菱公司兼生产真空开关和SF₆开关;安川公司专业生产SF₆开关。

在中压产品中,日本以真空开关居多,约占日本市场的80%。在生产真空开关中,尤以东芝公司为最有名。

日本生产真空断路器的厂家多,历史悠久且水平高。日本生产真空断路器的厂家有五家之多,且各有特点。日本东芝、三菱、日立、富士、明电舍等公司都在竞相研制真空断路器。其中东芝公司生产真空灭弧室累积150万只,居世界首位。三菱公司也生产真空灭弧室累积100万

只。日本生产真空断路器历史悠久,且水平高,这从日本真空断路器发展大事记中可清楚地看出。日本 1960 年着手真空断路器产品开发;1965 年,7.2kV 4kA 真空断路器;1966 年,7.2kV 8kA 真空断路器;1968 年,7.2kV 20kA 真空断路器;1969 年,24kV 25kA 真空断路器;1971 年 36kV 25kA 真空断路器;1974 年,72/84kV 20kA 真空断路器;1976 年,145kV 25kA 真空断路器;1977 年,168/170kV 25kA 真空断路器;1979 年,123kV 31.5kA 真空断路器;1981 年,168kV 40kA 真空断路器;1984 年,13.8kV 100kA 真空断路器;1984 年,24kV 66kA 真空断路器;1990 年,84kV 31.5kA 真空断路器。

从以上可看出,日本早从 60 年代起就研制真空断路器,而且产品明显地趋向高电压大电流。真空断路器的额定电压达到 168kV 等级,额定短路开断电流达 100kA。

日本真空断路器保持世界先进水平。早在 15 年前,日本东芝公司就将纵磁场用于真空灭弧室,使之电弧在开断大电流时由聚集型转变成扩散型,大大提高了真空断路器的开断能力。为了进一步提高开断能力,东芝公司又采用性能优异的 CuCr 触头材料。在触头材料上,日本不懈地开发新的触头材料,如三菱公司最新开发出 Cu—Ta— α 和 Cu—Mo— α 系触头材料。这两种触头材料的开断性能优于 CuCr 触头材料,可将触头的有效面积减少 1/2。三菱公司用新触头材料开发出小型化真空灭弧室(VST)。新的小型化灭弧室的体积比以往的减少 70%。该公司称以新触头材料开发的新式小型化灭弧室为第五代真空灭弧室。日本在解决开断小电流时因截流而引起的过电压方面也有独到之处。它不用一般采用的过电压吸收装置(如 SiC, RC 回路, ZnO),而使用独具特色的低过电压触头材料。如东芝公司采用 Ag—WC 触头材料,三菱公司采用 Cu—Cr—Bi— α 多元合金触头材料,日立公司采用 Co—Ag—Se 触头材料,富士公司采用在 CuCr 中添加高蒸汽材料。

日本东芝公司已生产 1.2kV 20kA 低过电压真空断路器约 10000 台。触头材料采用 Ag—WC。据 1993 年最新报道,东芝公司在增大低过电压真空断路器容量方面有了新的突破,开发出 7.2kV 40kA 低过电压真空断路器,将原来的容量增大一倍。

日本在不断改进灭弧室技术,提高综合性能。日本有的公司还用采屏蔽中间封接,改善电场分布;采用陶瓷外壳;在真空炉内一次封排,提高了工艺水平和生产效率。对于屏蔽罩,有的公司采用冷却效果好且耐压强度高的不锈钢材料。由以上可见,日本在真空断路器上不断采用新技术、新工艺和新材料,才使真空断路器不断向高电压、大容量、小型化和低过电压方向发展。

相比真空断路器,日本开发 SF₆ 中压断路器晚多了。到了 70 年代后期,日本各公司才大力发展 SF₆ 断路器。在生产真空断路器厂家中,东芝公司和明电舍公司不生产 SF₆ 断路器,而三菱,日立和富士等公司均生产 SF₆ 断路器。而且,这几家公司的 SF₆ 断路器均为户内式,又以三菱公司参数做得较高,如 36kV 级,作到额定电流 4000A,额定短路开断电流 40kA。

日本安川公司不生产真空断路器,它是 SF₆ 开关专业生产厂家。该公司产品为 3—36kV 级,该公司生产 SF₆ 开关已有 20 年的历史(1973 年起),约有 10 万台各类开关投入运行。该公司产品多装于柱上。柱上开关有 7 万多台。该公司 SF₆ 断路器在灭弧上有特色,它不用压气原理,而用旋弧式,最新产品用旋弧加热膨胀,增加了灭弧效能。安川公司为了保证产品质量,提出产品运行故障为零的目标,新建了现代化的研制、生产、试验 SF₆ 开关新车间。

总之,在中压断路器方面,真空断路器已占日本市场 80%以上,而且发展的势头有增无减。