

中等专业学校試用教科书

高 压 电 器

湘潭电机学院等編

只限学校内部使用



中国工业出版社

中等专业学校試用教科书



高 压 电 器

湘潭电机学院等編

中国工业出版社

本书是根据第一机械工业部中专电器专业教材会议所拟订的〔高压电器〕教学大纲而编写的。全书共十七章，包括有断路器、熔断器、隔离开关与接地开关、负荷开关、避雷器、电抗器、互感器、电容器、成套配电装置等九类高压电器产品。

本书重点分析了本国已生产的高压电器产品的结构与国外一些较先进的高压电器的结构，同时也适当地介绍了一些主要产品的计算与设计方法。

本书可作为中等专业学校电器专业的〔高压电器〕试用教材，也可供电器制造方面的工程技术人员及工人同志参考。

高压电器

湘潭电机学院等编

*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）
（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 20⁷/₈·字数 470,000
1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷
印数 00,001—2,033·定价(9-4)1.95元
统一书号: 15165·453(-Ⅰ-74)

前 言

高压电器制造在我国还是一个年青的工业部門。解放11年来，在党的英明领导下，我国高压电器有了飞跃的发展，从而对培养这方面的技术人才也提出了光荣而重大的任务。可是，至今还没有編出一本适合于中专的高压电器教材，这是与我們祖国一日千里的形势不相称的。

我院开办中专电器专业虽已多年，但还没有一本完整的讲义。每年总要添添补补，增加了师生不少負担。我們深深体会到教材是学生学习的“粮食”，是提高教学质量的重要关键之一。此次，中专电器专业教材會議在我院召开，我們受會議的委托，在兄弟学校大力支持下，負起編写〔高压电器〕教材之重任。虽然我們感到自己底子薄，能力有限，但是我們願尽力而为。

本书是根据中等学校电器专业教材會議修訂的〔高压电器〕大綱（草案）而編写的。可作为以〔高压电器〕为主的电器制造专业的試用教材。如果是以低压电器为主的电器制造专业，根据情况，可适当地减少内容，如：五、七、十三、十五等章不讲，三、六、十二等章内容可以压缩。

本书的内容着重在产品的结构分析，計算与設計方面只能介紹一些基本知识，这是与中专电器制造专业的培养目标相符合的。

本书是我院及石家庄电机制造学校老师一同編选的。主要取材于本院〔高压电器〕讲义、浙江大学〔高压电器〕讲义、西安交通大学〔高压电器〕讲义，以及期刊〔高压电器〕有关文章。基本上是将这些資料按大綱要求选編而成的。对上述資料的編著者表示謝意。

由于我們水平有限，編写時間很短，沒有經過严格的审查，因此不論在内容上，文字上定会存在不少缺点与錯誤，希望讀者及时提出批評指正，以便在再版时加以改正。

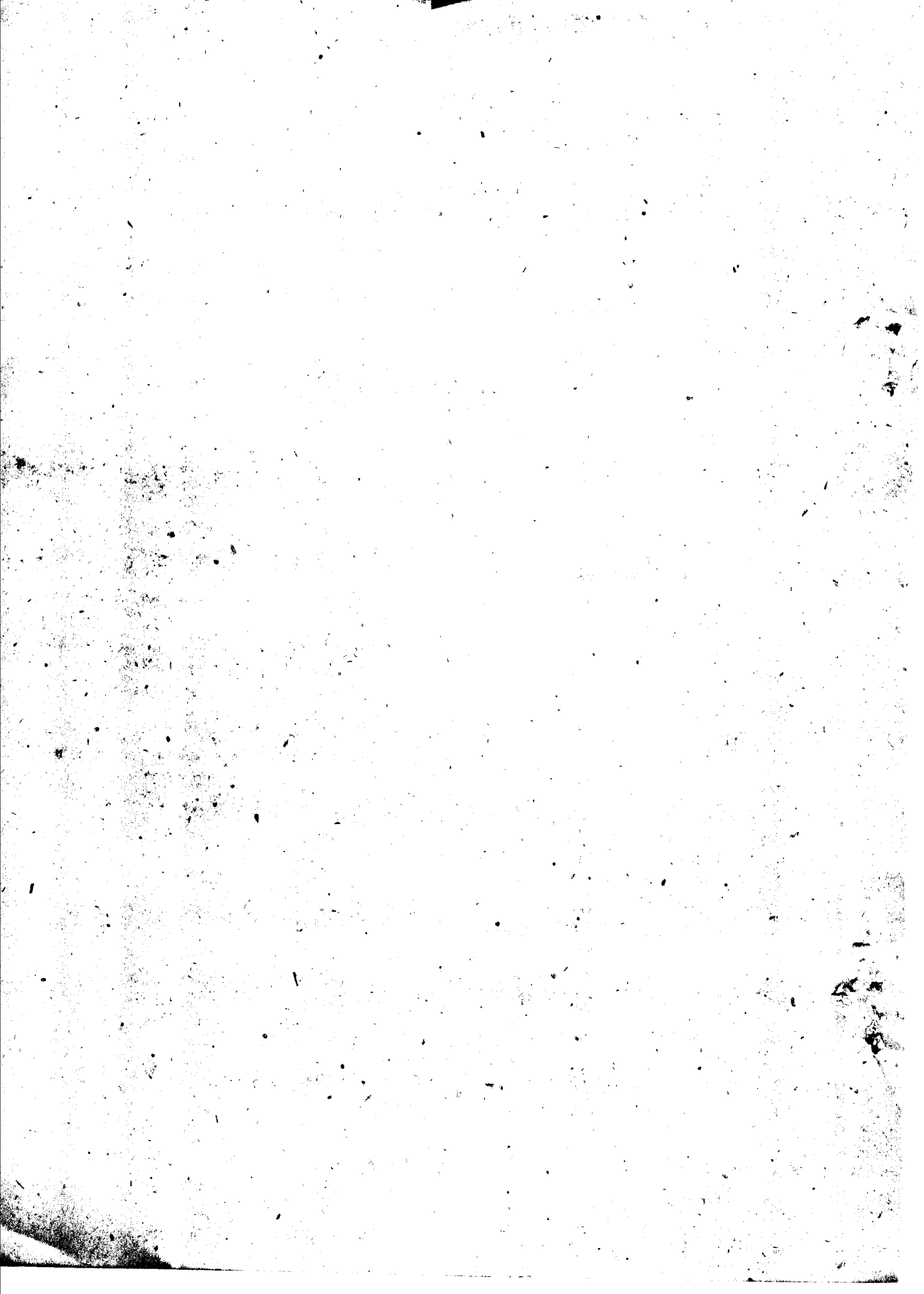
湘潭电机学院

1961.4.

目次

前言	3	第八节	油箱的设计和计算	142
绪论	7	第六章	压缩空气断路器	145
第一节	高压电器的用途及分类	第一节	概述	145
第二节	高压电器的基本参数与要求	第二节	控制发电机用和配电网用断路器	
第三节	我国高压电器事业发展概况	结构	145	
第一章	高压电器的绝缘	第三节	输电用断路器结构	153
第一节	高压电器在工频及冲击情况下 的试验电压	第七章	压缩空气断路器主要部件 的计算	174
第二节	电器间隙耐压强度的计算	第一节	灭弧装置的计算	174
第三节	高压电器所用的绝缘材料	第二节	气阀的计算	181
第二章	高压断路器的一般概述	第三节	导气管截面、空气消耗量及储 气筒容积的计算	191
第一节	断路器的用途和分类	第四节	并联电阻与并联电容的计算	192
第二节	断路器的基本参数和特性	第八章	特种断路器	197
第三节	对断路器的基本要求	第一节	电磁式断路器	197
第四节	断路器在开断大电流和小电流 时的工作能力	第二节	自动产气断路器	199
第五节	断路器灭弧室裂口的并联电阻	第三节	膨胀式(水)断路器	201
第六节	断路器的设计步骤	第四节	真空断路器	203
第三章	油断路器	第五节	六氟化硫(SF ₆)断路器	205
第一节	概述	第九章	高压熔断器	208
第二节	多油断路器的结构	第一节	概述	208
第三节	少油断路器的结构	第二节	高压熔断器的结构	210
第四章	断路器的操作机构	第三节	熔断器的自动重合闸装置	217
第一节	概述	第四节	熔断器的设计与计算	218
第二节	手动自动操作机构	第十章	隔离开关与接地开关	220
第三节	电磁式操作机构	第一节	概述	220
第四节	弹簧操作机构	第二节	三柱式隔离开关的结构	221
第五节	气动操作机构	第三节	两柱式隔离开关的结构	224
第六节	重锤式操作机构	第四节	单柱式隔离开关的结构	227
第七节	液压式操作机构	第五节	隔离开关的操作机构	229
第五章	油断路器的计算	第六节	隔离开关的联锁装置	230
第一节	绝缘距离的计算	第七节	接地开关	233
第二节	导电部分的计算	第十一章	负荷开关	236
第三节	主要附件的结构与计算	第一节	概述	236
第四节	直线运动机构的结构与设计	第二节	负荷开关的结构	237
第五节	开断速度与开断弹簧的计算	第三节	负荷开关开断特性的配合	242
第六节	合闸时合闸功的计算			
第七节	油箱及灭弧室压力的计算			

第十二章 避雷器	244	第十六章 高压成套配电装置	306
第一节 概述	244	第一节 概述	306
第二节 管型避雷器	245	第二节 高压成套配电装置的分类与结构	306
第三节 阀型避雷器	247	第三节 成套配电装置的设计要求与规则	312
第四节 磁吹避雷器	250	第四节 成套配电装置的发展动态与任务	314
第十三章 电抗器	253	第十七章 高压电器的试验及试验装置	315
第一节 概述	253	第一节 概述	315
第二节 电抗器的结构	254	第二节 热稳定电流试验与电动力稳定试验	317
第三节 电抗器的计算与设计	256	第三节 机械试验	317
第十四章 互感器	266	第四节 开断能力的试验	319
第一节 电流互感器	266	第五节 断路器的断流容量试验装置	321
第二节 电压互感器	283		
第十五章 电容器	291		
第一节 概述	291		
第二节 高压电容器的结构	292		
第三节 纸油电容器的计算	301		



緒 論

第一节 高压电器的用途及分类

现代电力工业的发展是与高压电器工业发展紧密相关联的，它们是互为条件、互相结合、互相促进的一个整体。

现代电力系统的发展特点是：

- 1) 远距离输电与采用高压输电。
- 2) 建立统一的电力网络使系统容量增大。
- 3) 增大单机容量，建立巨型电站。

随着电力工业不断地发展，对高压电器会提出新的更高的要求，即要求能制造更高电压的、大容量的、性能可靠的控制设备与保护设备。

高压电器在电力系统中的作用可以用图 0-1 来表示。

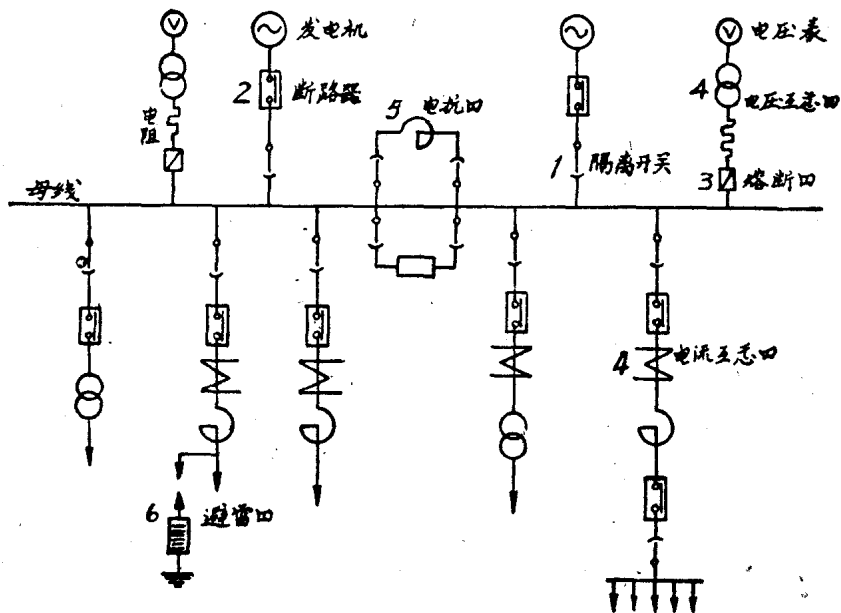


图0-1 高压配电电器用途示意图。

1. 隔离开关——隔离开关用于只有电压的电路中来开断和接通无电流的线路，其作用在于使母线分段和换接母线，因此没有自由脱扣机构。

2. 断路器——它在动力系统中，不但在正常情况下能进行合闸跳闸和换闸，同时在发生最严重的短路故障时，需能切除动力系统的故障区域。因此断路器不仅应该能接通与开断设备正常情况下所限定的电流，还应该能接通与开断超过工作电流几十倍或几百倍的短路电流。

3. 熔断器——当线路电流超过预先所规定的数值时，熔断器的熔件就熔断，起着限制电流不让短路电流通过电路的作用。

4. 互感器——这是为了高压测量与高压保护所使用的一类电器，在它们的副边接入保护继电器或量测仪表。

5. 电抗器——用在电路中来限制短路电流的数值，并减小短路部分对于其他分支电路工作的影响。

6. 避雷器——用来保护网络电器设备，不致受到大气和操作过电压的损害。

高压电器，一般可按下列原则分类：

1. 按用途分：

(1) 开关电器——断路器、隔离开关、负荷开关；

(2) 保护电器——避雷器、熔断器；

(3) 限流电器——电抗器；

(4) 测量电器——互感器；

(5) 成套电器——把必须的电器装在同一柜内，按一定的线路联结以完成某种工作（如高压开关柜）。

2. 按装置类别分：户内或户外。

第二节 高压电器的基本参数与要求

高压电器的基本参数包括有：(1) 额定电压；(2) 额定电流；(3) 热稳定电流；(4) 电动稳定电流；(5) 断路电流和断流容量；(6) 动作时间；(7) 装置方式等。

1. 额定电流——其额定的等级如表 1 所示。

2. 额定电压——额定电压等级可分为 3；6；10；(15)；20；35；60；110；(154)；220；330 千伏等级。电压超过额定电压 10~15% 时，电器应该能可靠地工作。

3. 热稳定电流——就是流过开关设备时在一定时间内不致超过一定温度（就是在短路电流通过时各相应部分所容许的温度）的最大电流，这种电流称为开关设备的热稳定电流。热稳定电流按其持续时间可分为 1 秒、5 秒及 10 秒三种。

4. 电动稳定电流——电器不致受机械上破坏的极限短路电流，该电流通常称为电动稳定电流。极限短路电流决定于短路第一半周内的最大值和有效值。其最大值与有效值之比，由下式决定：

$$\frac{I_a \sqrt{2} + I_c}{\sqrt{I_a^2 + I_c^2}}$$

式中 I_a ——电流周期性分量的有效值；

I_c ——电流非周期性分量的平均值。

理论上可能的最大振幅系数等于 1.73。

5. 断路电流和断流容量——在该电压（线电压）下可以切断的最大电流，并且不致引起足以妨碍其继续正常工作的损坏，就称为断路电流。额定断路电流乘以额定电压再乘以 $\sqrt{3}$ 所得之积称为断路器的额定断流容量。断流容量是开关重要特性之一，它基本上决定了断路器灭弧设备的结构。

6. 装置方法——开关装置地点有戶内、戶外之分。

表1 額定電流的等級

順序	名稱	額定電流 (安)
1	一般等級	1, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, (75), 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, (750), 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, 6000, (7500), 8000, 10000, 12000, 15000
2	断路器、隔离开关絕緣套管	100, 200, 400, 600, 1000, 1200, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10000, 12000, 15000
3	電流互感器 (一次綫圈)	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10000, 12000, 15000
4	電流互感器 (二次綫圈)	1 — — — — 5 — — — — — — — — — —
5	熔断器	— — 20 — — 50 — — 100 — 200 — — — — —
6	熔断片	— — 2, 3 — 5 — 7.5 10, 15, 20, 30, 40, 50 — 75 100, 150, 200 — — — — —
7	電抗器	— — — 30 — 50 — 75 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 750 1000, 1500, 2000, 3000 — — — — —

参数是影响高压电器的尺寸和结构的。兹以开关设备为例来说明这些参数对结构的影响。

額定电压基本上决定开关设备的尺寸 (长度、宽度、高度), 决定放电电压, 从而决定导电部分之間与接地之間的电距离。

額定电流决定开关设备的触头和导电部分的结构以及它們的截面。

电动稳定性决定导电部分和支承它的絕緣子的机械强度以及触头的结构。

热稳定性决定导电部分和触头的截面以及后者的结构。

断流容量决定灭弧设备的结构和尺寸, 而灭弧设备的尺寸和灭弧的方法是可以影响整个断路器的尺寸的。

合閘电流决定触头的结构和操作机构的功率。

装置类别决定开关设备的外形结构及所选用的材料。

为着使高压电器在运行时工作可靠, 对高压电器应有下列一些共同性的要求。

1. 电器长期地在額定条件下工作, 載流部分的温升不超过国家标准的允許值, 具有一定的寿命, 保証絕緣不发生热击穿;
2. 电器在小于試驗电压的过电压的襲击下不应发生击穿或閃絡等現象, 大于試驗电压的过电压作用下, 只应表面閃絡, 不应击穿;
3. 电器有足夠的热稳定性与电动稳定性, 在流过短时间的短路电流时, 不致发生事故。

在要求安全和可靠的同时, 也应该涉及到电器的經濟性。因此, 要求电器:

1. 尺寸小、結構簡單;

2. 电器的结构便于安装、检修、维护和使用；
3. 尽可能采用标准的零部件和新的、性能优良的材料；
4. 尽可能采用先进的工艺，生产流水线；
5. 尽可能使电器具有成套性。

第三节 我国高压电器事业发展概况

解放前我国的高压电器工业是非常落后的，全国只有几个以修配为主的工厂，而且规模很小，设备陈旧、技术落后，只能生产一些极普通的电工产品。所生产的高压电器的电压等级不高、容量很小、产量也很少。因此，当时电网上所使用的高压电器几乎完全依靠外国进口，造成电压等级五花八门、品种规格杂乱。

解放以后，在党的英明领导下，职工同志们发挥了高度的积极性和创造性，使高压电器工业也得到了迅速的发展。从解放初期就开始进行了高压电器产品的设计与试制工作，并且建成了一些高压电器工厂，生产和试制一些新型的高压电器。从而改变了型号杂乱、标准不一、产品落后的混乱局面，基本上满足了当时国民经济发展的需要。同时，在一些高等学校和中等专业学校也设置了电器制造专业，为国家培养着大批的电器方面的技术干部。还设立了一些电器专业的科学研究机关，进行了多方面的研究工作，并取得了不少的成就。

1958年以来，在党的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义总路线的光辉照耀下，在一整套两条腿走路方针的指导下，又新建和扩建了一批生产工厂和试验基地。由于全体职工破除了迷信，发挥了首创精神，结合我国具体情况又设计和试制出一些结构新型、性能优良的高压电器；还改进了一些老产品，使其性能更为优良，结构更为简单，材料更加节省。从而为我国高压电器工业的进一步发展奠定了良好的基础。

随着社会主义建设的一日千里的发展，工业、农业和民用等方面的用电量的日益增加，必须建立起许多水力和火力发电站，生产大量的电能来满足国民经济日益增长的需要。为此，高压电器工业必须加速对高电压、大容量产品的研究和制造工作，来满足高电压、大容量网路的需要；同时也要大力推广工作可靠、结构简单的简易电器，以满足农村小型电站的需要；而且还要加强高电压、大容量试验基地的建设，为高压电器的生产和科研创造良好的条件，从而使我国高压电器工业向着高大精尖的方向飞跃前进。

第一章 高压电器的絕緣

第一节 高压电器在工頻及冲击情况下的試驗电压

絕緣是高压电器中很重要的組成部分之一，高压电器（特别是35千伏以上的电器）的尺寸主要是由絕緣距离决定的，它在很大程度上决定了产品的价格，因此，研究絕緣材料的性能和絕緣水平是有重大意义的。

高压电器的絕緣，应该考虑长期工作电压及短期过电压的作用。电器的絕緣受外界的影响，其变化很大，如温度、湿度、压力和其他大气现象的变动都会在某种情况上影响絕緣的质量，电器絕緣設計的目的就是保证电器有足够的絕緣强度。

影响电器絕緣强度的因素有下列一些：

1) 油与纖維絕緣的老化，例如油浸的紙絕緣在 90°C 之下連續工作的老化要比在 70°C 时的老化大約快5倍。温度很高的变压器油，如果与空气接触就会很快的变成蜡状物质，这也使絕緣强度显著的降低。

2) 油与有机絕緣物的吸湿性，潮湿对于电器絕緣来說是不利的，例如变压器油的含水量由0.005%提高到0.05%时，它的絕緣强度减小一半。

3) 电弧发生时所产生的污物使油变脏。

4) 在陶瓷絕緣子表面蒙有灰尘露滴等。

基于以上的理由，电器絕緣应具有一定的儲备。

考虑到电器在运用时可能遇到危及絕緣安全的电压升高（即所謂过电压），电器絕緣也需要有一定的儲备。在电器中电压的升高来自两方面：一是大气过电压，大气过电压可分为直接雷击和感应雷击，直接雷击的过电压可达几百万伏，其破坏力很大，但这种雷击现象机会很少，一般不予考虑。感应雷击所形成的过电压，一般估計可达300~400千伏，但也有人认为只有100千伏左右。另一是操作过电压，操作过电压与额定电压有关，一般操作过电压不超过 $3.5U_0$ 。由此可見对220千伏以下的絕緣等級危害最大的是大气过电压，220千伏以上的絕緣等級，只考虑操作过电压。

各种不同类型的高压电器的工作环境是不相同的，要使每一电器都根据个别的工作环境来制造，实际上是不可能的，因为这会使构造的种类多到十分不合理的地步，不能为大批生产所采纳。因此要把对他們的要求分成类型并反映到标准上去。

苏联国家标准ГОСТ1516-42規定了高压变压器、电器以及絕緣子等的試驗电压和放电电压，列于表1-1中，冲击試驗电压列于表1-2中。

苏联新的标准（草案）中所采用的400千伏装置中电器的試驗电压和放电电压值列于表1-3。

根据表1-1的規定所制出的电器，只能夠在环境温度不超过 $+35^{\circ}\text{C}$ ，海拔不超过1000米（对于110千伏以下电器）或不超过500米（对于154千伏和220千伏以上的电器）和绝对湿度为 $11\text{克}/\text{米}^3$ 的地方使用。如电器使用地方海拔高度超过上述規定时，每增高100米即

表1-1 GOCT 1516-42的試驗电压干放电电压和湿放电电压所列数值为有效值千伏频率为50赫芝

絕緣等級 (千伏)	最高的工作电压	試驗电压						干放电电压			电器和絕緣子的湿放电电压
		电器和电流互感器	电压互感器	拉棒	电力变压器	絕緣子		隔离开关和熔断器同段切断的触头間	絕緣子		
						戶内裝置	戶外裝置		戶内裝置	戶外裝置	
3	3.5	24	24	36	18	24	27	34	27	30	20
6	6.9	32	32	48	25	32	35	44	35	38	28
10	11.5	42	42	63	35	42	46	58	46	50	34
15	17.5	55	55	82	45	55	60	76	60	66	47
20	23	66	66	100	65	66	73	92	75	80	57
35	40.5	95	95	150	85	100	105	135	110	120	80
110	121	260	230	—	230	—	285	345	—	315	220
154	169	360	320	—	320	—	490	485	—	440	305
220	242	500	460	—	460	—	550	670	—	610	430

表1-2 冲击試驗电压 (按标准草案)

絕緣等級	电器和互感器的絕緣試驗电压		空气絕緣的試驗电压				
			完全装配好的电器和互感器		单个試驗的絕緣子		隔离开关, 負荷开关和在断开状态下的高压熔断器单相触头間的間隙
			全波千伏最大值	截断波千伏最大值	全波千伏最大值	截断波千伏最大值	
3	42	52	42	52	44	55	50
6	57	71	57	71	60	75	65
10	80	100	80	100	84	105	90
15	110	125	100	125	105	130	115
35	178	220	185	225	194	235	225
110	425	550	460	570	480	600	580
150	595	775	645	800	680	840	810
220	835	1090	905	1130	950	1190	1150

注: 空气間隙或者在空气中固体絕緣介质表面上的試驗电压, 气压为760毫米汞柱, 温度为20°C和絕对湿度为11克/米³。

表1-3 400千伏电器的試驗电压和放电电压

試驗电压种类	內部絕緣		电器和絕緣子外部絕緣		各种系統隔离开关在断开状态下触头間的絕緣
	电器(除电流互感器外)	电流互感器	絕緣子	空气間隙	
工頻試驗电压1分钟(千伏, 有效值)	670	700	840	840	110
工頻干放电电压(千伏, 有效值)	—	—	925	925	—
工頻湿放电电压(千伏, 有效值)	—	—	650	—	—
3次冲击电压(全波)(1.5/40微秒)(千伏, 最大值)	1450	1450	1500	1500	1800
截波(2微秒)冲击試驗电压(千伏, 最大值)	1800	1800	1850	1850	—

应增加絕緣試驗电压和放电电压的1%。当电器使用地方的环境温度超过+35°C时, 則每超过3°C亦应增加上述試驗电压和放电电压的1%。作电器試驗时, 因电器的材料不同, 施加电压的时间也不同, 有下列各种情况:

- 1) 以瓷器或液体材料作基本絕緣的电器加压一分钟。
- 2) 用固体有机物或電纜质料作为基本絕緣的电器加压五分钟。
- 3) 电器含有上列两种絕緣时，在装配好后可加压一分钟，不过其中有有机物材料的絕緣零件仍須个别地进行五分钟耐压試驗。

在試驗时应在电器下列各部分之間施加电压：

- 1) 导电部分与接地部分之間（对开关設備而言，須在閉合和切断状态下）。
- 2) 相邻各极的导电部分之間（对开关設備而言，須在閉合和切断状态下）。
- 3) 在切断状态下，电器同极切断的触头間。

試驗时所加之电压的波形应当是正弦的，頻率為50赫芝。

干放电电压的測定值，应当根据下式換算到标准情况下的干放电电压：

$$u_{cn} = \frac{u_{cu}}{\delta} [1 + 0.01K(11 - \gamma)]$$

式中 u_{cn} ——标准情况下数值；

u_{cu} ——測定情况下的数值；

γ ——空气的絕对湿度，克/米³；

K ——对空气絕对湿度的修正值。当电压小于100千伏时之修正值依下式計算：

$$K = K_0 \frac{u_{cu}}{100}$$

式中 K 值等于：

对于針式托架絕緣子，湿度为1克/米³时 $K_0 = 1.7\%$ ；

对于电器的絕緣子及套管，湿度为1克/米³时 $K_0 = 1.3\%$ ；

当电压大于100千伏时 $K = K_0$ 。

δ ——試驗时的空气相对密度，依下式确定之：

$$\delta = \frac{293P_0}{760(273 + t)}$$

式中 P_0 ——压力表上的压力，以水銀柱高表示；

t ——溫度°C。

湿放电电压也应当換算到标准情况下的湿放电电压：

$$u_{nu} = u_{nu} \frac{760}{P_0}$$

式中 u_{nu} ——在測定情况下所得到的数值；

P_0 ——在測定情况下所得到的数值。

第二节 电器間隙耐压强度的計算

在高压电器中可能遇到下面一些形式的絕緣間隙：

- 1) 純淨的空气或气体間隙（附提高空气或气体間隙放电电压的屏障）；
- 2) 純淨的油間隙；
- 3) 电极間具有固体絕緣壁的油間隙；
- 4) 由单一固体电介质組成的間隙；

- 5) 由数层不同固体电介质组成的间隙;
- 6) 在空气中(或其他气体中), 沿固体电介质的表面间隙;
- 7) 在油或其他液体介质中沿固体电介质的表面间隙。

在这些间隙中, 每一种击穿电压都与电极形状以及电极间距离有关。但并不是在所有的情况下, 这些关系都具有所期望的准确度, 因此, 往往就要按所设计电器的个别部件复制绝缘的样品, 在这些样品的试验基础上来选择并决定电器的结构。电器绝缘的结构, 应满足以下几个主要要求:

- 1) 完全避免电器绝缘的击穿的可能性;
- 2) 避免出现局部的游离和电晕性的游离, 沿表面放电和闪络放电;
- 3) 尽可能的缩小绝缘尺寸, 增加它的击穿和放电电压;
- 4) 避免绝缘材料被电弧损坏。

一、纯空气间隙与油间隙耐压强度的计算

空气与油间隙的耐压强度, 在尖端电极与接地平板间为最小(其它条件相同时), 在冲击与工频情况下都是如此。实际上, 这种电极间的情况是常遇到的, 如果在设计中按尖端电极对接地平板之间的绝缘强度公式进行计算, 那么便可认为计算是按最不利的情况进行的。

很多气体, 液体和固体电介质的击穿电压与其间距离的关系, 都可以下式表达:

$$u_{\text{проб}} = k l^{\beta}$$

式中 l —— 极间距离: 厘米;

k 、 β 为系数, 它的数值与材料, 电介质的状况电极的形状及绝缘间隙距离有关, 对空气与变压器油其值见表 1-4。

表 1-4 系数 k 、 β 的值

介 质	电 极	电 压 波 形	间隙距离(厘米)		系 数	
			由	到	k	β
空气, 压力为 760 毫米水银柱, 温度 25°C, 湿度 14.87 克/米 ³	球-接地球中 1 米	50~	5	50	27	0.85
	球-接地球中 1 米	-1.5/40 微秒	5	50	38	0.85
	尖端-接地尖端	50~	2	20	10.5	0.70
	尖端-接地尖端	50~	>20	250	4.5	0.97
	尖端-接地尖端	+1.5/40 微秒	2	20	23	0.62
	尖端-接地尖端	+1.5/40 微秒	>20	250	12.8	0.85
	尖端-接地平板	50~	20	250	5.6	0.90
	尖端-接地平板	+1.5/40 微秒	20	250	7.8	0.92
变压器油	尖端-接地尖端	50~	1	10	25	0.74
	尖端-接地尖端	50~	>10	50	29	0.68
	尖端-接地尖端	+1.5/40 微秒	1	10	48	0.80
	尖端-接地尖端	+1.5/40 微秒	>10	50	73	0.64
	尖端-接地平板	50~	1	10	14.5	0.86
	尖端-接地平板	50~	>10	100	25	0.65
	尖端-接地平板	+1.5/40 微秒	2	8	21	1.1
	尖端-接地平板	+1.5/40 微秒	>8	120	56	0.64

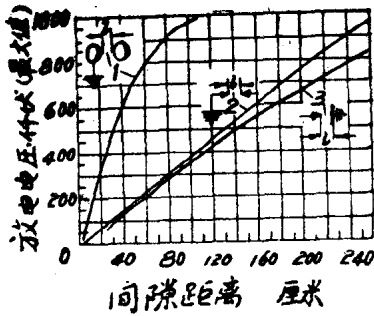


图1-1 工频情况下,空气间隙的击穿电压
气压760毫米水银柱高,温度25°C,湿度
14.87克/米³(对曲线2与3),球形电极直
径1米。

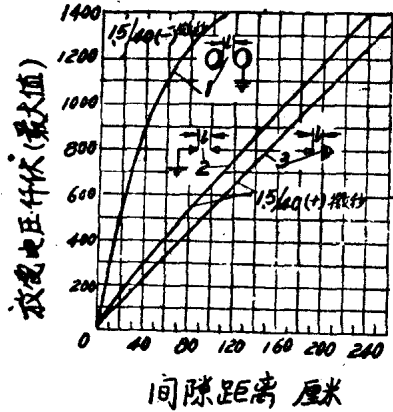


图1-2 冲击情况下,空气间隙的击穿电压
气压760毫米水银柱高,温度25°C,湿度
14.87克/米³(对曲线2与3),球形电极直
径1米。

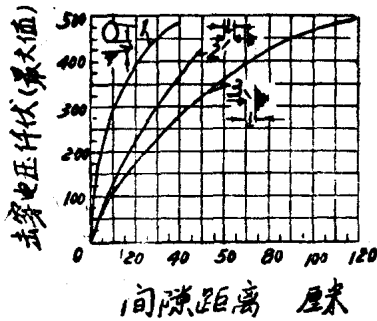


图1-3 工业用变压器油的击穿电压
50赫芝,温度15~20°C,1分钟试
验平均值,球极直径1米。

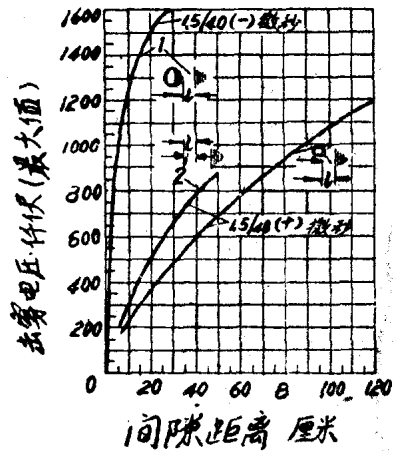


图1-4 工业用变压器油的冲击击穿电压
温度15~20°C,最小值,球极直径1米。

图1-1、图1-2、图1-3、图1-4为与绝缘计算有关的曲线,曲线与按表1-4计算所得出的结果基本上一致。

除了计算以外,绝缘间隙距离还可以由型式试验得出。表1-5表示在空气中,各种电压等级的最小允许绝缘距离。对变压器或油断路器所用的高压套管,其间隙绝缘距离如表

表1-5 导电部分之间和到接地部分的最小绝缘距离(毫米)

电压(千伏)	额定电压	3	6	10	35	110	220	400
	最大工作电压	3.3	6.6	11	38.5	121	241.5	
到接地部分及在各相没有绝缘的导电部分之间	户外装置	135	160	200	430	1100	2100	
	户内装置	75	100	125	290	800	—	
断路器单相中的彼此离开的导电部分之间	户外装置	150	175	220	475	1200	2300	
	户内装置	85	110	145	385	—	—	
同样对隔离开关而言	户外装置	160	185	230	495	1260	2415	
	户内装置	90	120	155	405	—	—	

1-6 所示。

表1-6 空气絕緣距离的应用标准(参考用)

絕緣等級(千伏)	套管与套管之間及套管与地間容許的淨距离(毫米)	絕緣等級(千伏)	套管与套管之間及套管与地間容許的淨距离(毫米)
3~6	90	110	900
10	135	150	1270
35	330	220	1770

在空气中与油中增設屏障可提高放电电压，在空气中增設屏障后可使其間电场分布有某种程度的改善。这种改善是由于屏障阻止了游子运动所引起的，屏障本身所起的絕緣作用是极微的。在油中增添屏障除上述作用外，还能阻止油中不洁物形成导电性桥；这方面在高压工程已有詳細的讲解。

二、由单一的或若干层不同的固体、液体和气体电介质所組成絕緣間隙耐压强度的計算。

在实际的各种电器絕緣结构中这种絕緣經常遇到，如套管，具有障壁的油間隙等，在这种情况下电场强度可由下式算出：

1) 对于平板电极

$$E_k = \frac{u}{\epsilon_k \left(\frac{\Delta_1}{\epsilon_1} + \frac{\Delta_2}{\epsilon_2} + \dots + \frac{\Delta_n}{\epsilon_n} \right)}$$

2) 对于同心圓柱体电极

$$E_k = \frac{u}{r_k \cdot \epsilon_k \left(\frac{l_n \frac{r_2}{r_1}}{\epsilon_1} + \frac{l_n \frac{r_3}{r_2}}{\epsilon_2} + \dots + \frac{l_n \frac{r_{n+1}}{r_n}}{\epsilon_n} \right)}$$

式中 E_k ——其半徑为 r_k 的圓周上各点的电场强度 (千伏/毫米)；

u ——电极間的电压 (千伏)；

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ ——电介质各层的厚度 (毫米)；

$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ ——电介质的电介系数；

r_1, r_2, r_3 ——由各种絕緣材料制成的同心圓柱的半徑 (毫米) ($r_1 < r_2 < r_3 < \dots < r_n$)。

在設計时，必須使任一层絕緣的电场强度 E_k 小于該层絕緣的击穿强度，这样絕緣才不会被击穿。

表 1-7；表 1-8；表 1-9 表示电纜紙，电工紙板及胶木紙筒的击穿强度数值。

表1-7 由牌号K-12电纜紙做成，在矩形截面导綫的繞組之間，絕緣样品的击穿强度，样品經過真空干燥，并在真空情况下浸油，試驗时温度为75°C，連續的一分钟試驗

电纜紙总的厚度(毫米)	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12
在50~下的击穿电压(千伏-有效值)	17.2	25.8	33	48.5	61.5	73	83	101	119	133
在1.5/40(土)微秒时的击穿电压(千伏-最大値)	29	46	65	103	135	157	180	218	251	281