

注册电气工程师执业资格考试复习指导教材编委会 编

注册电气工程师

执业资格考试专业考试相关标准

(发输变电专业)(上)



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

注册电气工程师

执业资格考试专业考试相关标准

(发输变电专业)(上)

注册电气工程师执业资格考试复习指导教材编委会 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

注册电气工程师执业资格考试专业考试相关标准

(发输变电专业)

(上)(业)

中国电力出版社出版、发行

注册电气工程师执业资格考试专业考试相关标准
(发输变电专业)

*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

*

2008年7月第一版 2008年7月北京第一次印刷
889毫米×1194毫米 16开本 87.25印张 3753千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155083·1902 上、下册定价 200.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

为加强对勘察设计行业的管理,保证工程质量,维护社会公共利益和人民生命财产安全,规范设计市场,人事部、建设部以人发[2001]5号文正式出台了《勘察设计行业注册工程师制度总体框架及实施规划》,全面启动我国勘察设计注册工程师制度,电气工程师也列入其中。国家对从事发电、送电、变电、电力系统、供配电、建筑电气、电气传动等工程设计及相关业务的专业技术人员实行执业资格注册管理制度。

建立并实行注册电气工程师执业资格制度,是提高电气工程设计人员素质和执业水平及建设工程质量的重大举措。勘察设计注册电气工程师执业资格考试实行全国统一大纲、统一命题的考试制度,原则上每年举行一次,到目前为止,已举行了3次。2007年注册电气工程师专业考试大纲进行了修订,此次修订加强了考试内容的通用性,增强了节能和环保的内容,从电机节能、绿色照明、洁净能源和提高电能质量等几个主要方面对考试大纲进行了补充。

为了便于参加考试的考生系统地复习,全面掌握注册电气工程师执业资格考试大纲所涉及的内容,起到提高复习效果和效率的作用,注册电气工程师执业资格考试复习指导教材编委会按发输变电专业和供配电专业分别组织编写了相关的复习指导书、习题集。同时,对考试内容范围涉及的规程规范进行梳理,形成了《注册电气工程师执业资格考试专业考试相关标准 发输变电专业》和《注册电气工程师执业资格考试专业考试相关标准 供配电专业》两本书。

本书为《注册电气工程师执业资格考试专业考试大纲 发输变电专业》所列出的规程标准,包括国家标准31个,电力行业标准40个,建筑行业标准2个,水利行业标准2个以供读者参考。本书所列标准的排列顺序依次是:国家标准、电力行业标准、建筑行业标准、水利行业标准。为方便读者查阅,所有标准排列顺序按标准号由小到大依次排列。

本书可供勘察设计行业从事发电、送电、变电、电力系统供配电、建筑电气、电气传动等工程设计及相关业务的技术人员参加注册电气工程师执业资格考试复习之用,同时也可作为相关专业技术人员日常学习工作的工具书。

注册电气工程师执业资格考试复习指导教材编委会

二〇〇八年六月

《注册电气工程师执业资格考试复习指导教材》

编 委 会

主 任 李爱民

副 主 任 郝士杰

委 员 浦文宗 张玉军 杨月红 张蜂蜜 宋志昂

任元会 姚家祯 黄纯懿 邵晓钢 张文才

杨德才 赵登福 陶 勤

顾 问 弋东方

目 录

上 册

前言

1 标准电压 (GB 156—2003)	1
2 高压输变电设备的绝缘配合 (GB 311.1—1997)	6
3 电力变压器 第1部分 总则 (GB 1094.1—1996)	14
4 电力变压器 第2部分 温升 (GB 1094.2—1996)	29
5 电信线路遭受强电线危险影响的容许值 (GB 6830—1986)	37
6 电能质量 供电电压允许偏差 (GB/T 12325—2003)	39
7 电能质量 电压波动和闪变 (GB 12326—2000)	40
8 高压交流架空送电无线电干扰限值 (GB 15707—1995)	47
9 建筑设计防火规范 (GB 50016—2006)	48
10 小型火力发电厂设计规范 (GB 50049—1994)	92
11 供配电系统设计规范 (GB 50052—1995)	116
12 低压配电设计规范 (GB 50054—1995)	120
13 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范 (GB 50058—1992)	140
14 35~110kV 变电所设计规范 (GB 50059—1992)	160
15 3~110kV 高压配电装置设计规范 (GB 50060—1992)	169
16 电力装置的继电保护和自动装置设计规范 (GB 50062—1992)	176
17 火灾自动报警系统设计规范 (GB 50116—1998)	185
18 电力工程电缆设计规范 (GB 50217—2007)	194
19 并联电容器装置设计规范 (GB 50227—1995)	234
20 火力发电厂与变电站设计防火规范 (GB 50229—2006)	258
21 电力设施抗震设计规范 (GB 50260—1996)	305
22 工程建设标准强制性条文电力工程部分 (2006 年版)	315
23 三相油浸式电力变压器技术参数和要求 (GB/T 6451—1999)	353
24 透平型同步电机技术要求 (GB/T 7064—2002)	373
25 同步电机励磁系统 (GB/T 7409.1~7409.2—1997)	384
26 继电保护和安全自动装置技术规程 (GB/T 14285—2006)	395
27 电能质量 公用电网谐波 (GB/T 14549—1993)	421
28 电能质量 三相电压允许不平衡度 (GB/T 15543—1995)	424
29 油浸式电力变压器技术参数和要求 500kV 级 (GB/T 16274—1996)	426
30 高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准 (GB/T 16434—1996)	430
31 电力变压器选用导则 (GB/T 17468—1998)	435
32 高压直流架空送电线路技术导则 (DL/T 436—2005)	449
33 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件 (DL/T 583—2006)	460
34 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合 (DL/T 620—1997)	470
35 交流电气装置的接地 (DL/T 621—1997)	502
36 大型汽轮发电机自并励静止励磁系统技术条件 (DL/T 650—1998)	516
37 高压架空送电线路无线电干扰计算方法 (DL/T 691—1999)	525
38 电力系统安全稳定控制技术导则 (DL/T 723—2000)	529
39 电力系统安全稳定导则 (DL/T 755—2001)	539

40	光纤复合架空地线 (DL/T 832—2003)	545
41	火力发电厂设计技术规程 (DL 5000—2000)	557

下 册

42	地区电网调度自动化设计技术规程 (DL/T 5002—2005)	607
43	电力系统调度自动化设计技术规程 (DL/T 5003—2005)	616
44	330~500kV 变电所无功补偿装置设计技术规定 (DL 5014—1992)	630
45	电力设备典型消防规程 (DL 5027—1993)	642
46	输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程 (DL/T 5033—2006)	689
47	电力工程直流系统设计技术规程 (DL/T 5044—2004)	713
48	火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程 (DL 5053—1996)	743
49	变电所总布置设计技术规程 (DL/T 5056—1996)	768
50	水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范 (DL 5061—1996)	788
51	水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则 (DL/T 5090—1999)	800
52	水力发电厂接地设计技术导则 (DL/T 5091—1999)	823
53	110~500kV 架空送电线路设计技术规程 (DL/T 5092—1999)	844
54	35kV~110kV 无人值班变电所设计规程 (DL/T 5103—1999)	877
55	火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程 (DL/T 5136—2001)	888
56	电测量及电能计量装置设计技术规程 (DL/T 5137—2001)	935
57	水力发电厂照明设计规范 (DL/T 5140—2001)	950
58	电力系统安全自动装置设计技术规定 (DL/T 5147—2001)	975
59	220~500kV 变电所计算机监控系统设计技术规程 (DL/T 5149—2001)	980
60	火力发电厂厂用电设计技术规定 (DL/T 5153—2002)	1002
61	220kV~500kV 变电所厂用电设计技术规程 (DL/T 5155—2002)	1045
62	水力发电厂厂用电设计规程 (DL/T 5164—2002)	1063
63	水力发电厂机电设计规范 (DL/T 5186—2004)	1094
64	电能量计量系统设计技术规程 (DL/T 5202—2004)	1128
65	35kV~220kV 城市地下变电站设计规定 (DL/T 5216—2005)	1135
66	220kV~500kV 紧凑型架空送电线路设计技术规定 (DL/T 5217—2005)	1151
67	220kV~500kV 变电所设计技术规程 (DL/T 5218—2005)	1164
68	导体和电器选择设计技术规定 (DL/T 5222—2005)	1188
69	高压直流输电大地返回运行系统设计技术规定 (DL/T 5224—2005)	1255
70	高压配电装置设计技术规程 (DL/T 5352—2006)	1281
71	火力发电厂和变电站照明设计技术规定 (DL/T 5390—2007)	1304
72	电力系统设计技术规程 (SDJ 161—1985)	1333
73	电力系统电压和无功电力技术导则 (SD 325—1989)	1339
74	大中型水轮发电机基本技术条件 (SL 321—2005)	1343
75	水利水电工程高压配电装置设计规范 (SL 311—2004)	1357

标准电压

Standard voltages
(IEC 60038: 1983, IEC standard voltages, NEQ)

GB 156—2003

代替 GB 156—1993

前 言

本标准的全部技术内容为强制性。

本标准对应于 IEC 60038: 1983《IEC 标准电压》及其第 1 次修改; 1994 和第 2 次修改: 1997 (英文版), 其一致性程度为非等效。IEC 60038 是一项较特殊的基础标准, 它在尊重各国标准电压体系的前提下, 通过协商提供了以 50Hz 和 60Hz 为基本参数的两个标准电压系列, 并在每个系列中综合提供了该系统的基本电压等级。各国可根据本国情况选择其中的标准电压系列和该系列的基本电压等级。我国一直采用 50Hz 的标准电压系列。本标准规定的大部分标准电压等级与 IEC 60038 一致, 个别电压等级存在较大差异。主要差异如下:

- 删掉了 IEC 序言和前言;
- 根据我国实际将 IEC 标准电压 230/400V 和 400/690V 分别改为 220/380V 和 380/660V, 同时增加了我国煤矿井下使用的 1140V (见表 1);
- 鉴于我国有专门的供电电压允许偏差标准 (GB/T 12325), 且技术要求更严格, 因此删去了 IEC 60038 的电压范围的规定;
- 根据我国实际将 IEC 标准电压 123kV、245kV 分别提高到 126kV、252kV (见表 4);
- 根据我国实际补充了 330kV、500kV、750kV 等三项标称系统电压 (见表 5);
- 根据我国实际增补了发电机的额定电压值 (见表 7)。

本标准代替 GB 156—1993《标准电压》。

本标准与 GB 156—1993 相比的主要变化如下:

- 按 GB/T 1.1 增加了前言;
- 增加了 7 条术语 (见 3.1、3.2.2、3.3、3.4、3.5、3.6 和 3.7 条), 删去了 GB 156—1993 中 3.1 和 3.2 等 2 条术语;
- 参照 IEC 60038 将 GB 156—1993 的表 2 内容, 分别编入表 3、表 4 和表 5 中, 从而在结构上与国际标准保持一致; 同时删去了我国不再使用的 123kV、245kV 等二个等级;
- 按 IEC 60038 增补了交流和直流牵引系统的标称电压 (见表 2);
- 对于交直流低压设备的标称电压值, 则按 IEC

60038 将交流电压限制在 120V 以内, 直流限制在 750V 以内。并在这个范围内, 删去了直流部分的 1.2V、1.5V、2V、160V、400V 等 5 个数值, 增加了 4V、7.5V、40V、80V、125V、250V、600V 等 7 个标准数值; 删去了超出限定范围的交直流标准电压值;

——以资料性附录形式提供了 IEC 60038 规定的全部标准电压值, 以满足用户了解国际标准的需要, 且便于与国家标准的对比。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由国家技术监督检验检疫总局提出。

本标准由全国电压电流等级和频率标准化技术委员归口。

本标准负责起草单位: 机械科学研究院。

参加起草单位: 机械科学研究院、国家电力公司、中铁电气化勘测设计研究院、哈尔滨大电机研究所、中煤矿山救灾装备中心、北京钢铁设计研究总院、成都电业局。

本标准主要起草人: 李世林、郭汀、曹东白、刘亚芳、富立新、金兆民、曾幼云、周茂兰。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为: GB 156—1980; GB 156—1993。

目 次

前言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件 (略)	2
3 术语和定义	2
3.1 标称系统电压	2
3.2 系统最高和最低电压 (瞬时或异常条件除外)	2
3.3 供电端	2
3.4 供电电压	2
3.5 供电电压范围	2
3.6 用电电压	2
3.7 用电电压范围	2
3.8 (设备的) 额定电压	2
3.9 设备最高电压	2
4 标准电压	2
4.1 220V~1000V 之间的交流系统及相关设备的标称电压	2

4.2 交流和直流牵引系统的标称电压	3
4.3 1kV 以上至 35kV 的交流三相系统及 相关设备的标称电压	3
4.4 35kV 以上至 220kV 的交流三相系统及 相关设备的标称电压	3
4.5 245kV 以上的交流三相系统及相关设 备的标称电压	3
4.6 交流低于 120V 或直流低于 750V 的设 备额定电压	3
4.7 发电机的额定电压	3
附录 A (资料性附录) IEC 60038 规定的标准电压	4

标 准 电 压

1 范 围

本标准适用于:

——标称电压高于 100V、标准频率为 50Hz 的交流发电、输电、配电及用电系统及其设备;

——交流和直流牵引系统;

——标称电压交流低于 120V 或直流低于 750V 的设备。交流电压意指采用 50Hz(但不排它)的频率。这样的设备包括电池(原电池或蓄电池)、其他的交流或直流电源装置、电气设备(包括工业的和通信的)和仪表。

本标准不适用于表示信号传输信号和测量值的电压。

本标准不适用于那些用于电气装置内部的元件、部件或设备零件的标准电压。

注 1: IEC 60038 规定的标准电压参见附录 A。

注 2: 本标准中的交流电压为方均根值, 直流电压为无纹波直流电压值, 通常把正弦纹波含量不超过百分之十的方均根值的直流称为“无纹波直流”。

2 规范性引用文件(略)

3 术 语 和 定 义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

标称系统电压 normal system voltage
系统设计选定的电压。

3.2

系统最高和最低电压(瞬时或异常条件除外) highest and lowest/voltages of system(excluding transient or abnormal conditions)

3.2.1

系统最高电压 highest voltage of a system

在正常运行条件下, 在系统的任何时间和任何点上出现的电压的最高值。

它不包括电压瞬变, 比如, 由于系统的开关操作及暂态的电压波动所出现的电压值。

3.2.2

系统最低电压 lowest voltage of a system

在正常运行条件下, 在系统的任何时间和任何点上出现的电压的最低值。

它不包括电压瞬变, 比如, 由于系统的开关操作及暂态

的电压波动所出现的电压值。

3.3

供电端 supply terminals

供电部门配电系统与用户电气系统的联结节点。

3.4

供电电压 supply voltage

供电端处相对相或相对中性导体的电压。

3.5

供电电压范围 supply voltage range

供电端处的电压范围。

3.6

用电电压 utilization voltage

在设备的电源插座上或端子上的相对相或相对中性导体的电压。

3.7

用电电压范围 utilization voltage range

在设备的电源插座上或端子上的电压范围。

3.8

(设备的)额定电压 rated voltage(of equipment)

通常由制造厂家确定, 用以规定元件、器件或设备的工作条件的电压。

3.9

设备最高电压 highest voltage for equipment

规定设备的最高电压是用以表示:

a) 绝缘;

b) 相关设备可能依据这个最高电压推荐其他特性。

设备的最高电压就是该设备可以应用的“系统最高电压”(见 3.2.1)的最大值。

注 1: 设备最高电压仅指高于 1000V 的标称系统电压。应当清楚, 对某些特殊的标称系统电压, 不能保证对电压具有敏感特性(如电容器的损耗、变压器励磁电流等)的设备, 在这种最高电压下正常运行。

在这种情况下, 相关的推荐应规定能够保证该设备正常运行的限制。

注 2: 当然, 对于标称电压不超过 1000V 系统的设备, 应依据系统标准电压作具体规定的仅指工作和绝缘两者而言。

注 3: 应提请注意的是: 在某些设备标准(GB 4706.1《家用和类似用途电器的安全 第 1 部分: 通用要求》和 GB 311.1《高压输变电设备的绝缘配合》)中, “电压范围”术语有不同含义。

4 标 准 电 压

4.1~4.6 给出了不同系统和设备的标准电压值。供电电压的允许偏差见 GB/T 12325。

4.1 220V~1000V 之间的交流系统及相关设备的标称电压(见表 1)

表 1
220V~1000V 之间的交流
系统及相关设备的标称电压

三相四线或三相三线系统的标称电压(V)
220/380
380/660
1000(1140)

注 1140V 仅限于煤矿井下使用。

表 1 中的三相四线或三相三线交流系统及相关设备，包括连接到这些系统的单相电路。

表 1 中同一组数据中较低的数值是相对中性导体的电压，较高的数值是相对相电压；只有一个数值者是指三相三线系统的相对相电压。

4.2 交流和直流牵引系统的标称电压（见表 2）

表 2 交流和直流牵引系统的标称电压

	系统最低 电压 (V)	标称系统电 压 (V)	系统最高 电压 (V)
	(400)	(600)	(720)
直流系统	500	750	900
	1000	1500	1500
	2000	3000	3600
交流单相系统	19000	25000	27500

注 圆括号中给出的是非优选数值。建议在未来新建系统中不采用这些数值。

表 2 中给出的数值均为电气牵引设备方面的国际联合会(C. M. T)和 IEC/TC9 电气牵引设备技术委员会认可的。

铁道干线电力牵引交流电压的其他要求见 GB 1402。

4.3 1kV 以上至 35kV 的交流三相系统及相关设备的标称电压（见表 3）

4.4 35kV 以上至 220kV 的交流三相系统及相关设备的标称电压（见表 4）

4.5 245kV 以上的交流三相系统及相关设备的标称电压（见表 5）

表 3 1kV 以上至 35kV 的交流三相系统及相关设备的标称电压

设备最高电压 (kV)	标称系统电压 (kV)
3.6	3
7.2	6
12	10
(24)	(20)
40.5	35

- 注 1 圆括号中的数值为用户有要求时使用。
2 表中前两组数值不得用于公共配电系统。
3 通常情况下前四组数据适用于三相三线系统，最后一组数据适用于三相四线系统。

表 4 35kV 以上至 220kV 的交流三相系统及相关设备的标称电压

设备最高电压 (kV)	标称系统电压 (kV)
72.5	66
126	110
252	220

表 5 245kV 以上的交流三相系统及相关设备的标称电压

设备最高电压 (kV)	标称系统电压 (kV)
362	330
550	500
800	750
1200	—

4.6 交流低于 120V 或直流低于 750V 的设备额定电压（见表 6）

表 6 交流低于 120V 或直流低于 750V 的设备额定电压

额定电压 (D. C.) (V)		额定电压 (A. C.) (V)	
优 选 值	增 补 值	优 选 值	增 补 值
6	2.4	6	5
	3		
	4		
	4.5		
	5		
12	7.5	12	15
	9		
	15		
24	30	24	36
	40		
	48		
36	60	48	60
	72		
	80		
48	96	110	100
	110		
	125		
60	220	250	110
	440		
	600		

注 因为原电池和蓄电池的电压都低于 2.4V，而且按用途选择电池类型的依据是特性而不是电压，故这些电压未包括在表中。对于特殊用途的电池的类型和额定电压由相关的技术委员会规定。

4.7 发电机的额定电压（见表 7）

表 7 发电机的额定电压

交流发电机额定电压 (V)	直流发电机额定电压 (V)
115	115
230	230
400	460
690	—
3150	—
6300	—
10500	—
13800	—
15750	—
18000	—
20000	—
22000	—
24000	—
26000	—

注 与发电机出线端配套的电气设备额定电压可采用发电机的额定电压，并应在产品标准中加以具体规定。

附录 A

(资料性附录)

IEC 60038 规定的标准电压

表 A.1 中的三相四线和三相三线系统,包括连接到这些系统中的单相电路(延展的、辅助的等)。

在第一栏和第二栏中较低的数值是相对中性导体的电压,较高的数值是相对相的电压。只有一个数值者是指三线系统的相对相的电压。第三栏中较低数值是指相对中性导体的电压,较高数值是表示相对相的电压。

超过 230/400V 的电压,仅适于重型工业应用和大规模的房地产业。

表 A.1 100V 与 1000V 之间的交流系统及其相关设备的标称电压

三相四线或三相三线系统		单相三线系统
标称电压 (V)		标称电压 (V)
50Hz	60Hz	60Hz
—	120/208	120/240
—	240	—
230/400 ^a	277/480	—
400/690 ^a	480	—
—	347/600	—
1000	600	—

a 正在使用的 220/380V 和 240/415V 标称电压,应逐步归向 230/400V 的推荐值,过渡时期要尽可能短,并应不超过 2003 年。在此期间,作为第一步,采用 220/380V 系统的国家供电部门应在 230/400 等级内使该电压能达到+6%、-10%的容差范围;采用 240/415V 系统的那些国家,要在 230/400V 等级内使该电压能达到+10%、-6%的容差范围。过渡时期结束,230/400V 就实现了±10%的容差范围,此后,就要考虑缩减这个范围。所谓上述考虑,同样也适用于正在使用的 380/660V 向推荐值 400/690V 的过渡。

关于供电电压范围,在正常运行条件下供电端电压对标称系统电压的偏差建议不要大于±10%。

关于用电电压范围,除在供电端的电压偏差外,用户的电气装置内还会出现电压降。对低压装置而言,这个电压降被限制到 4%,因此,用电电压范围是+10%、-14%¹⁾。这个利用范围应是产品委员会所关注的。

表 A.2 交流和直流牵引系统^a

	电 压 (V)			交流系统 额定频率 (Hz)
	最 低	标 称	最 高	
直流系统	(400)	(600)	(720)	
	500	750	900	
	1000	1500	1800	
	2000	3000	3600 ^b	

1) 过渡期结束时,将考虑压缩这个范围的问题。

续表

	电 压 (V)			交流系统 额定频率 (Hz)
	最 低	标 称	最 高	
交流单相系统	(4750)	(6250)	(6900)	50 或 60
	12000	15000	17250	162/3
	19000	25000	27500	50 或 60

a 圆括号中给出的是非优选数值。建议在未来的新建筑系统中不采用这些数值。特别是对于交流单相系统,只有在当地条件不能采用标准电压 25000V 时,其标称值才应采用 6250V。

上表给出的数值均为电气牵引设备方面的国际联合委员会 (C. M. T) 和 IEC/TC9 电气牵引设备技术委员会认可的。

b 在某些欧洲国家,这个电压可能达到 4000V。在这些国家间运行的车辆中的电气设备,应能在 5min 这样的短时间内承受这个最高电压。

表 A.3 给出的是设备最高电压的两个系列,一个是 50Hz 和 60Hz 系统(系列 I),另一个是 60Hz 系统(系列 II: 适用于北美洲),建议任何国家仅采用两系列之一,且只有系列 1 可应用于任何国家。

表 A.3 1kV 以上至 35kV 的交流三相系统及其相关设备的标称电压

系 列 I		系 列 II	
设备最高 电压 (kV)	标称系统 电压 (kV)	设备最高 电压 (kV)	标称系统 电压 (kV)
3.6 ^a	3.3 ^a 3 ^a	4.40 ^a	4.16 ^a
7.2 ^a	6.6 ^a 6 ^a	—	—
12	11 10	—	—
—	— —	13.2 ^b	12.47 ^b
—	— —	13.97 ^b	13.2 ^b
—	— —	14.52 ^a	13.8 ^a
(17.5)	— (15)	—	—
24	22 20	—	—
—	— —	26.4 ^b	24.94 ^b
36 ^c	33 ^c —	—	—
—	— —	36.5 ^b	34.5 ^b
40.5 ^b	— 35 ^c	—	—

注 1 建议任何国家的两个相邻标称电压的比率不应小于 2。

2 在系列 I 的正常电压系统中,最高电压和最低电压对标称系统电压的偏差不能大于±10%。在系列 II 的正常电压系统中,最高电压对标称系统电压的偏差不能大于+5%,而最低电压对标称系统电压的偏差,不能大于-10%。

3 除另有说明外,这些系统一般指三相三线系统。所给数值是相对相电压。

圆括号中给出的是非优选数值。建议在未来的新建筑系统中不采用这些数值。

a 这些数值不得用于公共配电系统。

b 这些系统通常是三相四线系统。

c 这些数值的统一,在考虑中。

表 A. 4 给出的是两个标称系统电压系列, 建议任何国家仅用其两系列之一。

建议任何国家仅应取下列每组数值中之一用作设备的最高电压:

123kV~145kV

245kV~300kV (见表 A. 5) ~363kV (见表 A. 5)。

表 A. 4 35kV 以上至 230kV 的交流三相系统
及其相关设备的标称电压

设备最高 电压 (kV)	标称系统 电压 (kV)		设备最高 电压 (kV)	标称系统 电压 (kV)	
(52)	(45)	—	145	132	138
72.5	66	69	(170)	(150)	—
123	110	115	245	220	230

注 圆括号中给出的数值是非优选数值。这些数值建议不要用于未来的新建筑系统中。上述数值都是相对相电压。

建议任何地区仅在下列一组数据中选择一个作为设备的最高电压:

245kV (见表 A. 4) ~300kV~362kV;

362kV~420kV;

420kV~525kV。

表 A. 5 245kV 以上的交流三相系统
的设备最高电压^a

设备最高电压 (kV)	
(300)	800 ^{c,e}
362	1050 ^d
420	1200 ^e
550 ^b	

注 在本表中, “地区”这一术语, 可指单一的国家、同意采用相同电压等级的若干国家构成的国家集团或一个国家的一个部分。

a 圆括号中给出的是非优选数值, 在未来的新建筑系统中建议不采用这些数值。

b 525kV 这个数值也有使用的。

c 765kV 这个数值也有使用的; 设备的试验值, 应是 IEC 有关 762kV 所定义的同样的数值。

d 1100kV 这个数值也有使用的。

e 采用数值 1050kV 的任何地区, 都不应采用 800kV 和 1200kV 两个数值。

表 A. 6 交流低于 120V 或直流低于 750V
的设备标称电压

V

标称值 (D. C.)		标称值 (A. C.)	
优选值	增补值	优选值	增补值
	2.4		
	3		
	4		
	4.5		
	5		5
6		6	
	7.5		
	9		
12		12	
	15		15
24		24	
	30		
36			36
	40		
			42
48		48	
60			60
72			
	80		
96			100
110		110	
	125		
220			
	250		
440			
	600		

注 1 因为原电池和蓄电池的电压均低于 2.4V, 而且按用途选择电池类型的依据是特性而不是电压, 因此这些电压未包括在表中。对于特殊用途的电池类型和额定电压由相关 IEC 技术委员会规定。

2 应认识到, 出于技术和经济方面的理由, 对某些特殊场合的应用, 可能需要另外的电压。

高压输变电设备的绝缘配合

Insulation co-ordination for high voltage
transmission and distribution equipment

GB 311.1—1997

neq IEC 71-1: 1993

前 言

本标准是非等效国际电工委员会 IEC71-1: 1993《绝缘配合 第1部分: 定义、原理和原则》对 GP 311.1—83《高压输变电设备的绝缘配合》进行修订的。主要的修订内容有:

1) 标准中除设备的相对地绝缘外, 还增列了相间绝缘和纵绝缘;

2) 设备上的作用电压增加了“陡波前过电压”和“联合过电压”, 前者主要是由 GIS 中隔离开关操作引起的, 后者则分别作用于相间绝缘和纵绝缘。相应的试验电压类型增加了“陡波前冲击试验”(在考虑中)和“联合电压试验”;

3) 据 IEC 71-1 给出了各类作用电压的典型波形(图 1);

4) 对 10kV 和 35kV 的设备的外绝缘干状态下短时工频耐受电压的数值分别提高到 42kV 和 95kV, 但这并不意味着对外绝缘的要求或绝缘水平提高, 因为在此电压范围内, 绝缘水平主要是由雷电冲击耐受电压决定的;

5) 据 IEC71-1 增加 3/9 次冲击耐受电压试验程序(6.3.2);

6) 对变压器类设备的截断冲击, 提高了跌落时间, 一般不大于 $0.7\mu\text{s}$, 截波过零系数不大于 0.3 的要求, 这样的规定和同类国际标准一致, 技术上比较合理。

本标准和 IEC 71-1 的主要内容和技术要求基本上是一致的, 但也存在某些差异, 包括: ① IEC 71-1: 1993 为说明绝缘配合的过程引入了多个“耐受电压”的术语和配合程序图, 这虽对理解绝缘配合过程有一定帮助, 但过于烦琐, 未予采用; ② $U_m < 72.5\text{kV}$ 设备的外绝缘干状态下短时工频耐受电压比 IEC 71-7 中的规定值高; ③ 范围 II 的设备纵绝缘的额定雷电冲击耐受电压的反极性工频电压的幅值为 $(0.7 \sim 1.0) \sqrt{2/3} U_m$, IEC 71-1 中规定仅为 $0.7 \sqrt{2/3} U_m$, 也偏高。故本标准只能为非等效采用 IEC 71-1。

本标准自实施之日起, 代替 GB 311.1—83。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国高压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会归口。

本标准由西安高压电器研究所和武汉高压研究所负责起草。

草。

本标准主要起草人: 冯昌远、朱家骝、谷定燮、王秉钧、潘炳宇、郁祖培、弋东方。

目 次

前言	6
1 主题内容与适用范围	6
2 引用标准(略)	7
3 使用条件	7
4 绝缘配合基本原则	7
5 绝缘水平	9
6 试验规定	11

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本标准规定了三相交流系统中的高压输变电设备的相对地绝缘、相间绝缘和纵绝缘的额定耐受电压的选择原则, 并给出了供通常选用的标准化的耐受电压值。

在制定各设备标准时, 应根据本标准的要求, 规定适合于该类设备的额定耐受电压和试验程序。

1.2 适用范围

1.2.1 本标准适用于设备最高电压大于 1kV 的三相交流电力系统中使用的下列户内和户外输变电设备。

a) 变压器类: 电力变压器、并联电抗器、消弧线圈和电磁式电压互感器;

b) 高压电器: 断路器、隔离开关、负荷开关、接地短路器、熔断器、限流电抗器、电流互感器、封闭式开关设备、封闭式组合电器、组合电器等;

c) 组合式(箱式)变电站;

d) 电力电容器: 耦合电容器(包括电容式电压互感器)、并联电容器、交流滤波电容器;

e) 高压电力电缆;

f) 变电站绝缘子、穿墙套管;

g) 阀式避雷器绝缘外套。

1.2.2 本标准不适用于:

a) 安装在严重污秽或带有对绝缘有害的气体、蒸汽、化学沉积物的场合下的设备;

b) 相对湿度较高且易出现凝露场合的户内设备。

2 引用标准 (略)

3 使用条件

3.1 标准参考大气条件

标准参考大气条件为:

- 温度 $t_0 = 20^\circ\text{C}$
- 压力 $p_0 = 101.3\text{kPa}$
- 绝对湿度 $h_0 = 11\text{ g/m}^3$

本标准规定的额定耐受电压均为相应于标准参考大气条件下的数值。

3.2 正常使用条件

本标准规定的额定耐受电压,适用于下列使用条件下运行的设备:

- a) 周围环境最高空气温度不超过 40°C ;
- b) 安装地点的海拔高度不超过 1000m 。

3.3 对周围环境空气温度高于 40°C 处的设备,其外绝缘在干燥状态下的试验电压应取本标准的额定耐受电压值乘以温度校正因数 K_t 。

$$K_t = 1 + 0.0033(T - 40)$$

式中 T ——环境空气温度, $^\circ\text{C}$ 。

3.4 对用于海拔高于 1000m ,但不超过 4000m 处的设备的外绝缘及干式变压器的绝缘,海拔每升高 100m ,绝缘强度约降低 1% ,在海拔不高于 1000m 的地点试验时,其试验电压应按本标准规定的额定耐受电压乘以海拔校正因数 K_a 。

$$K_a = \frac{1}{1.1 - H \times 10^{-4}}$$

式中 H ——设备安装地点的海拔高度, m 。

3.5 设备适用的电力系统中性点的接地方式,最高电压 72.5kV 及以下为非有效接地系统或有效(直接)接地系统,最高电压 126kV 及以上应为有效(直接)接地系统。

4 绝缘配合基本原则

4.1 绝缘配合

考虑所采用的过电压保护措施后,决定设备上可能的作用电压,并根据设备的绝缘特性及可能影响绝缘特性的因素,从安全运行和技术经济合理性两方面确定设备的绝缘水平。

4.2 设备上的作用电压

设备在运行中可能受到的作用电压,按照作用电压的幅值、波形及持续时间,可分为:

- 持续工频电压(其值不超过设备最高电压 U_m ,持续时间等于设备设计的运行寿命);
- 暂时过电压(包括工频电压升高、谐振过电压);
- 缓波前(操作)过电压;
- 快波前(雷电)过电压;
- 陡波前过电压;
- 联合过电压。

各类作用电压的典型波形如图 1。

4.3 设备最高电压 U_m 的范围

范围 I: $1\text{kV} \leq U_m \leq 252\text{kV}$

范围 II: $U_m > 252\text{kV}$

4.4 绝缘试验

4.4.1 绝缘试验类型

本标准中考虑了下述几类绝缘试验:

- a) 短时(1min)工频试验;
- b) 长时间工频试验;
- c) 操作冲击试验;
- d) 雷电冲击试验;
- e) 陡波前冲击试验;
- f) 联合电压试验。

操作和雷电冲击试验可以是耐受试验,也可以是 50% 破坏性放电试验,此时,绝缘对额定冲击耐受电压的耐受能力可由其 50% 破坏性放电电压的测量值中推出,它只适用于自恢复绝缘。

短时工频试验是耐受试验。

短时工频、操作和雷电冲击以及联合电压试验之额定耐受电压值均在本标准中规定。但对长时间工频耐受电压仅给出一般规定,供制定各类设备标准时考虑。

4.4.2 绝缘试验类型的选择

在本标准中,对不同的电压范围,选用不同类型的绝缘试验。设备的类型也会影响试验类型的选择。

4.4.2.1 范围 I 的设备在持续工频电压、暂时过电压和操作过电压下的相对地和相间绝缘性能,一般用短时工频和雷电冲击电压试验来检验。

在雷电过电压下,设备的相对地和相间绝缘性能用雷电冲击试验检验。

当内绝缘的老化和外绝缘的污秽对持续工频电压及暂时过电压下的设备绝缘性能有影响时,宜作长时间工频电压试验,并测量局部放电量。长时间工频电压试验在有关设备标准中规定。

注: 220kV 变压器一般要作长时间工频电压试验。

4.4.2.2 范围 II 的设备在持续工频电压、暂时过电压和操作过电压下的绝缘性能用不同类型的试验予以检验。在持续工频电压及暂时过电压下,设备对老化或污秽的适应性宜用长时间工频试验检验,并测量局部放电量。长时间工频电压试验在有关设备标准中规定。

在操作过电压下设备的绝缘性能用操作冲击试验检验。

在雷电过电压下设备的绝缘性能用雷电冲击试验检验。

设备的相间绝缘性能用操作冲击试验检验。

4.4.2.3 开关设备的纵绝缘,按不同的电压范围,选用不同的绝缘试验类型:

a) 范围 I 的开关设备的纵绝缘性能用短时工频电压和雷电冲击电压或联合电压试验检验。

b) 范围 II 的开关设备的纵绝缘性能用雷电、操作冲击电压和工频电压的联合电压试验检验。

4.4.2.4 设备在陡波前过电压下的绝缘性能用陡波前冲击电压试验检验。关于陡波前冲击试验的规定,在考虑中。

4.5 绝缘配合方法的选择

绝缘配合方法有确定性法(惯用法),统计法及简化统计法。

由于在试验时对设备绝缘需要施加的冲击电压次数较多,电压幅值会超过额定耐受电压值,并需对系统的过电压进行广泛深入的研究,故绝缘配合统计法在实际应用上受到某些限制,但用于各种因素影响的敏感度分析是很有效的。

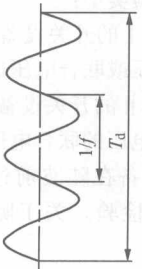
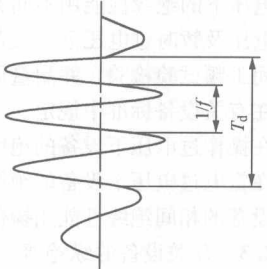
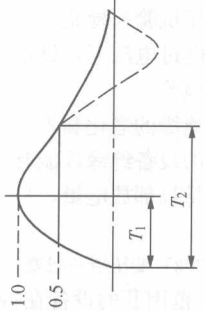
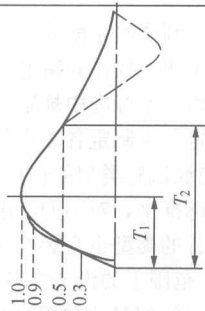
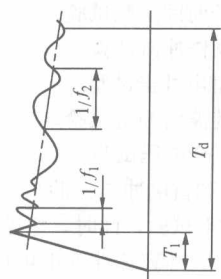
分类	低频电压		瞬态电压		
	持续	暂 时	缓 波 前	快 波 前	陡 波 前
电压 波形					
电压 波形 范围	$f=50$ 或 60Hz $T_d \geq 1\text{h}$	$10 < f < 5000\text{Hz}$ $0.03 < T_d < 3600\text{s}$	$20 < T_1 < 5000\mu\text{s}$ $T_2 < 20\text{ms}$	$0.1 < T_1 < 20\mu\text{s}$ $T_2 < 300\mu\text{s}$	$3 < T_1 < 100\text{ns}$ $0.3 < f_1 < 100\text{MHz}$ $30 < f_2 < 300\text{kHz}$ $T_d \leq 3\text{ms}$
标准电 压波形	$f=50$ 或 60Hz $T_d = (*)$	$40 \leq f \leq 62\text{Hz}$ $T_d = 60\text{s}$	$T_1 = 250\mu\text{s}$ $T_2 = 2500\mu\text{s}$	$T_1 = 1.2\mu\text{s}$ $T_2 = 50\mu\text{s}$	在考虑中
标准耐 受试验	(*)	短时工频试验	操作冲击试验	雷电冲击试验	在考虑中
(*)在有关设备标准中规定。					

图 1 各类作用电压的典型波形

当降低绝缘水平具有显著经济效益,特别是当操作过电压成为控制因素时,统计法才特别有价值。因此,在本标准中统计法仅用于范围Ⅱ的设备的操作过电压下的绝缘配合。

在所有电压范围内,当设备绝缘主要是非自恢复型时,为检验耐受强度是否得到保证,一般只能加有限次数的冲击(如在给定条件下加3次),因此,尚不能考虑将绝缘故障率作为定量的设计指标,统计法至今仅用于自恢复型绝缘。

4.5.1 统计法

设备绝缘故障具有统计特性,统计法旨在对绝缘故障率定量并将其作为绝缘设计中的一个性能指标。

当对某种过电压计算绝缘故障率时,需要给出此过电压及设备的绝缘特性两者各自的分布规律。

4.5.2 简化统计法

在简化统计法中,对概率曲线的形状作了若干假定(如已知标准偏差的正态分布),从而可用与一给定概率相对应的点来代表一条曲线。在过电压概率曲线中称该点的纵坐标为“统计过电压”,其概率不大于2%;而在耐受电压曲线中则称该点的纵坐标为“统计冲击耐受电压”,设备的冲击耐受电压的参考概率取为90%。

绝缘配合的简化统计法是对某类过电压在统计冲击耐受电压和统计过电压之间选取一个统计配合系数,使所确定的绝缘故障率从系统的运行可靠性和费用两方面来看是可以接受的。

额定操作和雷电冲击耐受电压宜从本标准5.2条的标准值中选取。

4.5.3 确定性法(惯用法)

绝缘配合的确定性法(惯用法)的原则是在惯用过电压(即可接受的接近于设备安装点的预期最大过电压)与耐受电压之间,按设备制造和电力系统的运行经验选取适宜的配合系数,相应的耐受电压宜从5.1,5.2的标准值中选取。

4.6 持续工频电压和暂时过电压下的绝缘配合

对范围Ⅰ的设备所规定的短时工频耐受电压,一般均能满足在正常运行电压和暂时过电压下的要求。

为检验设备老化对内绝缘性能、污秽对外绝缘性能的影响所进行的长时间工频试验,应在有关设备标准中规定,下面仅给出应遵循的一般规则。

4.6.1 对正常运行条件,绝缘应能长期耐受设备最高电压。

4.6.2 设备在预期的寿命期内不致因局部放电而使绝缘显著劣化以及在最苛刻的工况下,绝缘不会失去热稳定性。为尽可能符合实际,应用工频电压试验检验,试验时所加电压可高于 $U_m/\sqrt{3}$,而持续时间由系统工况决定。同时应使所有元件上的作用电压与运行时的值成比例。

4.6.3 在有关设备标准中可规定设备耐受工频电压升高的允许时间,并确定有关的试验程序、试验电压及试验条件。

4.7 操作和雷电过电压的绝缘配合

在所有情况下,进行绝缘配合时应考虑:设备安装点的预期过电压值、系统与设备的电气特性、类似的系统的运行经验以及所有保护装置的限压效果。

设备的相对地绝缘的额定耐受电压是确定设备的相间绝

缘和纵绝缘额定耐受电压的基础。

4.7.1 雷电过电压下的绝缘配合

4.7.1.1 相对地绝缘

对避雷器保护的设备,其额定雷电冲击耐受电压由避雷器的雷电冲击保护水平乘以配合因数 K_c 计算选定。

4.7.1.2 相间绝缘

在所有电压范围内,相间绝缘的额定雷电冲击耐受电压均取相应的相对地绝缘的耐受电压值。

4.7.1.3 开关设备的纵绝缘

a) 范围Ⅰ的设备纵绝缘的额定雷电冲击耐受电压一般等于相对地绝缘的耐压值,但隔离断口的耐受电压可高于相应的相对地的数值,宜在开关设备标准中规定。

b) 范围Ⅱ的设备纵绝缘的额定雷电冲击耐受电压由两个分量组成,一为相对地的额定雷电冲击耐受电压;另一为反极性的工频电压,其幅值为 $(0.7\sim 1.0)\sqrt{\frac{2}{3}}U_m$ 。

4.7.2 操作过电压下的绝缘配合

4.7.2.1 相对地绝缘

a) 范围Ⅰ的设备

根据设备上的统计操作过电压水平或避雷器的操作冲击保护水平和设备的绝缘特性,并取一定的配合因数 K_c 计算、选取额定短时工频耐受电压。

b) 范围Ⅱ的设备

根据设备上的统计操作过电压水平或避雷器的操作冲击保护水平和设备的绝缘特性并取一定的配合因数 K_c 计算、选取设备的额定操作冲击耐受电压。

4.7.2.2 相间绝缘

a) 范围Ⅰ的设备的相间绝缘额定短时工频耐受电压取相应的相对地绝缘的耐受电压值。应保证两类绝缘均满足要求。

b) 范围Ⅱ的设备的相间绝缘的额定操作冲击耐受电压等于相应的相对地绝缘的耐受电压值乘以系数 K_{pe} ,通常 $K_{pe}\geq 1.5$ 。

4.7.2.3 开关设备的纵绝缘

a) 范围Ⅰ的设备的纵绝缘的额定短时工频耐受电压一般取相应的相对地绝缘的耐受电压值,但隔离断口的耐受电压可高于相应的相对地的数值,宜在开关设备标准中规定。

b) 范围Ⅱ的设备的纵绝缘的额定操作冲击耐受电压(表2栏7)由两个分量组成,其一为相对地的额定操作冲击耐受电压,另一为反极性的工频电压,其幅值为 $U_m\sqrt{\frac{2}{3}}$ 。

4.7.3 配合因数 K_c

选取 K_c 时应考虑到下列因素:绝缘类型及其特性;性能指标;过电压幅值及分布特性;大气条件;设备生产、装配中的分散性及安装质量;绝缘在预期寿命期间的老化,试验条件及其他未知因素。

对雷电冲击:根据我国情况,一般取 $K_c\geq 1.4$;

对操作冲击:一般取 $K_c\geq 1.15$ 。

5 绝缘水平

5.1 额定短时工频耐受电压的标准值(有效值),kV

10 20 28 38 50 70 95 140 185 230 275

325 360 395 460 510 570 630 680 740

5.2 额定冲击耐受电压的标准值 (峰值), kV

20 40 60 75 95 125 145 170 250 325 450

550 650 750 850 950 1050 1175 1300 1425

1550 1675 1800 1950 2100 2250 2400

5.3 高压输变电设备的额定绝缘水平**5.3.1 范围 I 的设备的绝缘水平列于表 1。**

在此电压范围内, 选取设备的绝缘水平时, 首先应考虑雷电冲击作用电压, 和每一设备最高电压相对应, 给出了设备绝缘水平的两个耐受电压, 即:

- 额定雷电冲击耐受电压;
- 额定短时工频耐受电压。

5.3.2 范围 II 的设备的绝缘水平列于表 2。

在此电压范围内, 选取设备的绝缘水平时, 要考虑操作冲击和雷电冲击作用电压, 和每一设备最高电压相对应, 给出了设备绝缘水平的两个耐受电压, 即:

- 额定雷电冲击耐受电压;
- 额定操作冲击耐受电压。

在表 2 中给出了设备相对地绝缘和相间绝缘的额定操作冲击耐受电压的组合。

5.3.3 设备的绝缘水平与所考虑的设备类型有关, 并且无论用统计法或用惯用法, 这些绝缘水平都可选用。

5.3.4 对同一设备最高电压, 有的在表 1 和表 2 中给出两个及以上的绝缘水平。在选用设备的额定耐受电压及其组合时应考虑到电网结构及过电压水平、过电压保护装置的配置及其性能、设备类型及绝缘特性、可接受的绝缘故障率等。

5.3.5 在某些情况下, 可能需要规定不同于表 1 或表 2 中的额定耐受电压值, 此时宜从本标准 5.1 和 5.2 的标准值中选取。

5.4 各类输变电设备, 可取与变压器相同的或高一些的绝缘水平, 应在有关设备标准中规定。为便于制定有关设备标准, 表 3 和表 4 分类给出设备的额定耐受电压值。

表 1 电压范围 I ($1\text{kV} < U_m \leq 252\text{kV}$) 的**设备的标准绝缘水平****kV**

系统标称电压 (有效值)	设备最高电压 (有效值)	额定雷电冲击耐受电压 (峰值)		额定短时工频耐受电压 (有效值)
		系列 I	系列 II	
3	3.5	20	40	18
6	6.9	40	60	25
10	11.5	60	75 95	30/42 ³⁾ ; 35
15	17.5	75	95 105	40; 45
20	23.0	95	125	50; 55
35	40.5	185/200 ¹⁾		80/95 ³⁾ ; 85
66	72.5	325		140
110	126	450/480 ¹⁾		185; 200

续表

系统标称电压 (有效值)	设备最高电压 (有效值)	额定雷电冲击耐受电压 (峰值)		额定短时工频耐受电压 (有效值)
		系列 I	系列 II	
220	252	(750) ²⁾		(325) ²⁾
		850		360
		950		395
		(1050) ²⁾		(460) ²⁾

注 系统标称电压 3~15kV 所对应设备的系列 I 的绝缘水平, 在我国仅用于中性点直接接地系统。

- 1) 该栏斜线下之数据仅用于变压器类设备的内绝缘。
- 2) 220kV 设备, 括号内的数据不推荐选用。
- 3) 为设备外绝缘在干燥状态下的耐受电压。

5.4.1 各类设备的额定雷电冲击耐受电压列于表 3。

对变压器类设备应作雷电冲击截波耐受电压试验, 其幅值可比额定雷电冲击耐受电压值高 10% 左右。

截断冲击试验系统的构成应使记录的冲击截波的跌落时间尽量短。截波过零系数不大于 0.3; 截断跌落时间一般不大于 0.7 μs 。

5.4.2 各类设备的短时工频耐受电压列于表 4。**5.4.3 范围 II 的开关设备的纵绝缘的耐受电压列于表 2。****5.4.4 分级绝缘电力变压器中性点的绝缘水平列于表 5。****表 2 电压范围 II ($U_m > 252\text{kV}$) 的设备的****标准绝缘水平****kV**

系统标称电压 (有效值)	设备最高电压 (有效值)	额定操作冲击耐受电压 (峰值)					额定雷电冲击耐受电压 (峰值)		额定短时工频耐受电压 (有效值)
		相对地	相间	相间与相对地之比	纵绝缘 ²⁾		相对地	纵绝缘	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 ³⁾
330	363	850	1300	1.50	950	850	1050	见 4.7.1.3 条的 规定	(460)
		950	1425	1.50		(+295) ¹⁾	1175		(510)
500	550	1050	1675	1.60	1175	1050	1425		(630)
		1175	1800	1.50		(+450) ¹⁾	1550		(680)
							1675		(740)

- 1) 栏 7 中括号中之数值是加在同一极对应相端子上的反极性工频电压的峰值。
- 2) 纵绝缘的操作冲击耐受电压选取栏 6 或栏 7 之数值, 决定于设备的工作条件, 在有关设备标准中规定。
- 3) 栏 10 括号内之短时工频耐受电压值, 仅供参考。

表 3 各类设备的雷电冲击耐受电压**kV**

系统标称电压 (有效值)	设备最高电压 (有效值)	额定雷电冲击 (内、外绝缘) 耐受电压 (峰值)						截断雷电冲击耐受电压 (峰值)
		变压器	并联电抗器	耦合电容器、电压互感器	高压电力电缆 ²⁾	高压电器	母线支柱绝缘子、穿墙套管	
3	3.5	40	40	40	—	40	40	45