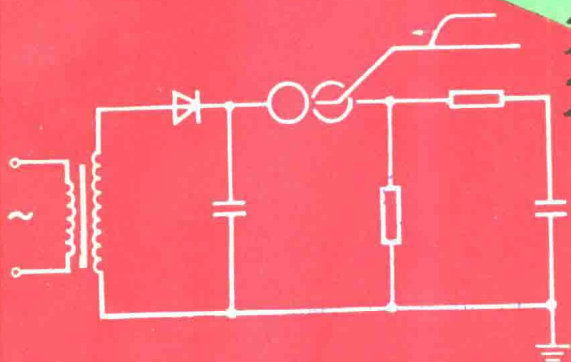


徐喜佑 张嘉祥 周惠娟



实用高电压技术问答

水利电力出版社

实用高电压技术问答

徐喜佑 张嘉祥 周惠嫻

水利电力出版社

内 容 提 要

本书以电力系统高电压技术为中心内容,有重点地解答其中一些常识性的技术问题。全书共分基础知识、绝缘、过电压及其保护、电力设备的试验技术和安全技术等五章,共258题。本书所列的问题中包括了一些地区高电压技术训练班考试复习题目和高压电气工人考核应知的题目。

本书可供电力系统专业技术人员以及大、中专院校学生阅读,也可供工厂企业中从事高电压工作的工程技术人员参考。

实用高电压技术问答

徐喜佑 张嘉祥 周惠娟

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

· 787×1092毫米 32开本 9.875印张 210千字

· 1991年1月第一版 1991年1月北京第一次印刷

印数0001—6410册

ISBN 7-120-01173-1/TM·356

定价5.50元

前 言

编写本书的意图是为读者在高电压技术领域里提供一本实用的参考书，使其对学习和工作中遇到的一些实际问题，比较容易地找到解答，但高电压技术的内容是极其广泛的，这里仅能选择其中的主要部分。编者希望所选择的问答题尽量能满足当前生产需要、反映当前的新技术，尽量能有助于有志掌握高电压技术的读者。

本书由徐喜佑编写第一、二、四、五章。张嘉祥编写第三章的第三节、第四节，第一节的第90、91题和第五节的第139、140、147~151题。周惠娟编写第三章的第一节的第87、92、93题，第二节的第96~102题，第三节的第107题，第五节的第152~154题，第六节的156、157、159、160、162~168题。第三章其余部分由徐喜佑编写。

全书由徐喜佑统稿。

董振亚同志仔细地审阅了全稿，提出了很多宝贵意见，在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，错谬之处希望读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 高电压技术基本概念	1
第一节 高电压	1
1. 为什么需要高电压技术, 它研究的内容是什么?	1
2. 几伏的电压才算高电压?	2
3. 几伏的电压才算超高压和特高压?	2
4. 什么叫做电力设备的额定电压? 额定电压与设备有什么关系?	2
5. 什么叫做电力设备的最高工作电压?	4
6. 什么叫做高压电力设备?	5
第二节 电力系统	5
7. 什么叫做电力系统? 什么叫做电网?	5
8. 什么叫做中性点不接地系统? 它有些什么特点?	6
9. 什么叫做中性点直接接地系统? 它有些什么特点?	7
10. 什么叫做中性点经消弧线圈接地系统? 它有些什么特点?	8
11. 什么叫做中性点有效接地和非有效接地系统? 它们有些什么特点?	9
第三节 交流输电	10
12. 什么叫做交流电? 为什么要用三相交流电?	10
13. 高电压输电发展的过程是怎样的?	11
14. 提高输电线路的电压, 有些什么优点?	12
15. 为什么输电线路电压升高之后, 沿途的电能损失和电压损失均可以减小?	13
16. 输电线路的电压越高, 输送电能的容量就越大, 距	

离可以越远, 试说明它们之间的相互关系。	14
17. 什么叫做输电线路, 什么叫做配电线路?	15
18. 为什么低压配电线路的杆塔上挂的是 4 根导线? 而 高压输电线路杆塔上挂的却是 4 根或 5 根导线?	16
第四节 直流输电	16
19. 为什么要采用超高压直流输电?	16
20. 现代的直流输电是怎样进行的?	17
21. 直流输电有什么优缺点?	17
22. 直流输电用在哪些场合最有利?	19
第五节 放电	20
23. 什么叫做放电、破坏性放电、局部放电、火花放电、 击穿、闪络、电晕放电、刷状放电、先导放电和滑 闪放电? 这些放电有些什么区别?	20
24. 在气体放电过程中, 游离和电子崩是怎样形成的, 电晕放电和火花放电又是怎样形成的?	22
25. 气体放电现象与电场是否均匀和所加电压的波形、 极性有些什么关系?	23
26. 什么叫做电击穿?	25
27. 什么叫做热击穿?	25
28. 什么叫做电化学击穿?	26
第六节 冲击波	26
29. 什么叫做冲击电流波和冲击电压波?	26
30. 什么叫做脉冲电压波和脉冲电流波?	27
31. 什么叫做振荡波? 什么叫做衰减振荡波?	28
32. 什么叫做雷电流波?	28
33. 什么叫做雷电压波?	29
34. 什么叫做雷电冲击电压波和标准雷电冲击电压波?	29
35. 什么叫做操作冲击电压波和标准操作冲击波?	31
36. 什么叫做冲击电流波和标准冲击电流波?	32

37. 什么叫做截波和标准雷电截波?	35
第二章 高电压绝缘	37
第一节 绝缘	37
38. 什么叫做绝缘? 什么叫做电介质?	37
39. 为什么绝缘体不易导电?	37
40. 什么叫做介电系数 ϵ ?	38
41. 什么叫做泄漏电流?	38
42. 什么叫做介质极化? 介质的充电电流和吸收电流有 什么区别?	39
43. 什么叫做介质的吸收特性? 为什么会有这种现象?	40
44. 什么叫做内绝缘?	40
45. 什么叫做外绝缘?	41
46. 什么叫做自恢复绝缘?	41
47. 什么叫做非自恢复绝缘?	41
48. 绝缘材料在电气性能方面有哪些主要参数?	42
第二节 绝缘强度	42
49. 什么叫做绝缘强度?	42
50. 影响介质绝缘强度的因素有哪些?	42
51. 什么叫做绝缘老化? 绝缘老化的原因是什么?	43
52. 变压器油、硅油和四氯化碳三种常用的液体绝缘, 哪种绝缘最好、放电电压最高?	44
53. 空气、氢、氧、氮、二氧化碳和六氟化硫六种常用 的绝缘气体, 哪种绝缘最好, 放电电压最高?	44
54. 六氟化硫 (SF_6) 气体被广泛用作电介质, 它有些 什么特点?	45
55. 什么是电介质的冲击电压累积效应?	46
第三节 绝缘电阻	47
56. 什么叫做绝缘电阻?	47
57. 表面绝缘电阻和体积绝缘电阻有什么区别? 用哪一	

个来确定绝缘材料的真实情况?	47
58. 什么叫电阻率? 什么叫电导率? 导体、固体电介质 和液体电介质的电阻率的单位是否相同?	48
59. 温度对绝缘材料的绝缘电阻有些什么影响? 为什么?	50
60. 水分对绝缘材料的绝缘电阻有些什么影响? 为什么?	50
第四节 绝缘的介质损耗	51
61. 什么叫做介质损耗? 什么是产生介质损耗的原因?	51
62. 什么是介质损失角正切值 ($\tan \delta$)?	51
63. 电力设备绝缘的介质损失和温度有什么关系?	52
第五节 绝缘的局部放电	54
64. 局部放电在电力系统中经常出现在什么地方? 它有 哪些危害?	54
65. 怎样可以减少电力设备绝缘内部的局部放电?	55
66. 怎样可以减少高压架空输电线路上出现电晕放电?	55
67. 为什么绝缘油内有一点杂质, 它的放电电压会下降 得很多?	56
第六节 外绝缘与污闪	56
68. 瓷横担绝缘子有什么优点?	56
69. 什么是合成绝缘子, 它有些什么特点?	57
70. 研究和生产合成绝缘子有什么意义?	58
71. 什么叫做污闪? 什么叫做雾闪?	59
72. 绝缘子是怎样发生污闪的?	59
73. 绝缘子的污闪事故对电力系统有些什么危害?	60
74. 为什么电力系统会发生污闪事故?	61
75. 防止电瓷绝缘子污闪的方法有哪几种?	63
76. 为什么要选用有机硅脂 (硅油) 作防污闪的涂料?	65
77. 用作防污闪涂料的硅油和硅脂有什么区别?	66
78. 涂在绝缘子表面的硅脂 (硅油) 使用了一个时期之 后, 怎样才能知道它是否仍然具有防污闪的作用?	67

第七节 绝缘配合	68
79. 什么叫做绝缘配合?	68
80. 什么叫做绝缘水平?	68
81. 电力系统电力设备的绝缘水平是怎样确定的?	71
82. 我国电力系统在绝缘配合方面有哪些特殊性?	72
第三章 过电压及其保护	74
第一节 内过电压	74
83. 什么叫做过电压?	74
84. 什么叫做内部过电压?	74
85. 什么叫做操作过电压? 并叙述它产生的原因。	74
86. 什么叫做暂时过电压? 并叙述它产生的原因。	75
87. 什么叫做谐振过电压? 并叙述它产生的原因。	76
88. 什么叫做过电压倍数? 电力系统通常出现的内过电压倍数是多少?	78
89. 限制内部过电压有哪些措施?	79
90. 切断空载线路时, 为什么会在线路上产生过电压?	80
91. 变电所的母线电容对切断空载线路过电压的峰值有什么影响?	83
92. 为什么切空载变压器或电抗器产生的过电压可以用阀型避雷器来限制? 而切空载线路产生的过电压却不能用阀型避雷器来限制?	84
93. 为什么带并联电阻的断路器能限制切空载线路过电压?	85
第二节 雷电过电压	86
94. 什么叫做雷电过电压? 什么叫做直击雷过电压和感应过电压?	86
95. 为什么会发生打雷、闪电?	88
96. 雷云放电有哪些主要电气参数?	89
97. 雷云是怎样向大地放电的? 它经过怎样的过程?	90

98. 什么叫做雷击的选择性? 哪些地方最容易遭受雷击?	91
99. 雷电过电压对电力系统有什么危害?	92
100. 埋在地下的电缆为什么还会遭受雷击?	92
101. 为什么35kV及以下的线路三相导线采用三角形排列, 而110kV及以上的线路三相导线则采用水平排列?	93
102. 高压输电线路的避雷线为什么要对地绝缘起来? 采用绝缘避雷线时应注意哪些问题?	94
§ 三 节 波 过 程	95
103. 为什么说输电线路上的电压是以一定速度沿线路传播的流动波?	95
104. 在输电线路流动的电压波为什么伴随着流动的电流感?	97
105. 怎样计算电压波和电流波传送的功率?	98
106. 线路波阻抗和波的传播速度是怎样计算的?	99
107. 波阻抗与电阻在物理意义上有什么不同?	100
108. 直流电压波 E 从 Z_1 线路进入 Z_2 线路时, 在两条线路连结的节点上必将产生一个反射电压波, 为什么?	100
109. 电压波的反射系数 β 和折射系数 α 与线路波阻抗有什么关系?	102
110. 什么是计算波过程的彼得逊法则?	103
111. 在彼得逊等值电路中, 若接在节点 A 上的不是阻抗 Z_L , 而是一根波阻抗为 Z_2 的无限长导线, 如图3-12所示, 则这根导线可以用大小与其波阻抗相等的电阻来代替。为什么?	104
112. 电压波通过串联电感时将发生什么变化?	105
113. 电压波通过并联电容时将发生什么变化?	107
114. 什么叫线路的自波阻抗和互波阻抗?	110
115. 什么叫做导线之间的几何耦合系数?	111

116. 冲击电晕对导线间的耦合系数有什么影响?	112
117. 耦合系数对输电线路绝缘的设计有什么影响?	112
118. 试述当直流电源合闸于电感—电容的串联电路, 而 电容器有残余电压时, 电容电压的变化过程。	113
119. 试述当图3-19电路的一个电容突然短接时, 在另一 个电容上发生的电压变化过程。	115
120. 试求直流电源合闸于空载长线, 而长线上有残余电 压时, 长线末端电压的变化过程。	117
第四节 变压器波过程	120
121. 什么叫做变压器绕组的起始电压分布曲线、最终电 压分布曲线和最大电压包络线?	120
122. 怎样改善变压器绕组的起始电压分布?	121
123. 中性点绝缘变压器的绕组起始电压分布有什么特 点?	122
124. 变压器中性点的接地方式对绕组的起始电压分布有 什么影响?	123
125. 变压器中性点接地方式对最终电压分布有什么影 响?	124
126. 配电变压器的防雷接线方式有什么优缺点?	124
127. 什么叫做配电变压器的正变换过电压?	125
128. 什么叫做配电变压器的反变换过电压?	126
129. 对于3~10kV Y/Y ₀ 配电变压器, 为什么还要在低压 侧出线上加避雷器保护?	127
130. 为什么Y/Z ₀ -11配电变压器的正、反变换过电压都 很小?	128
第五节 保护装置	130
131. 输电线路采用哪几种防雷措施?	130
132. 发电厂、变电站采用哪几种防雷措施?	131
133. 直配旋转电机采用哪几种防雷措施?	133

134. 避雷针和避雷线是怎样防止直击雷的？试叙述它们的工作原理？	135
135. 怎样计算单支避雷针的保护范围？	136
136. 怎样计算两支等高避雷针的保护范围？	137
137. 怎样计算单根避雷线的保护范围？	138
138. 怎样计算两根等高平行避雷线的保护范围？	140
139. 什么是保护间隙？怎样选择保护间隙的距离？	141
140. 角型放电间隙比棒型间隙有哪些优点？	142
141. 什么叫做管型避雷器？它的构造和工作原理是怎样的？	143
142. 什么叫做阀型避雷器？它的结构和工作原理是怎样的？	145
143. 带有并联电阻和不带并联电阻的阀型避雷器有什么区别？	146
144. 磁吹避雷器和普通阀型避雷器有什么区别？	147
145. 金属氧化物避雷器和普通阀型避雷器在结构上有什么区别？	149
146. 金属氧化物避雷器有什么优缺点？	150
147. 什么叫做避雷器间隙的初始恢复强度？	151
148. 阀型避雷器的灭弧电压是怎样确定的？	152
149. 阀型避雷器的工频放电电压是怎样确定的？	154
150. 阀型避雷器的残压是怎样确定的？	156
151. 阀型避雷器的冲击放电电压是怎样确定的？	157
152. 同一电压等级的阀型避雷器为什么会有不相同的最大允许电压？	158
153. 在什么情况下中性点需装消弧线圈？	159
154. 为什么消弧线圈一般应尽量采用过补偿方式，而不是采用欠补偿方式？	160
第六节 接地	161

155. 电力系统的接地有几种? 各起什么作用?	161
156. 接地装置由哪几部分组成?	163
157. 什么叫做保护接地? 什么叫做保护接零?	163
158. 什么叫做重复接地? 重复接地有哪些作用?	166
159. 什么叫做工频接地电阻和冲击接地电阻?	168
160. 怎样选择接地极的材料?	168
161. 怎样降低接地电阻和降低土壤电阻率?	169
162. 输电线路杆塔的接地装置采用放射形接地体或连 续伸长接地体时, 为什么单根接地体的长度有一 定限制?	170
163. 为什么用增大接地网面积来减小工频接地电阻效 果显著, 而对于减小冲击接地电阻效果却不大?	171
164. 什么叫做高电位引外? 什么叫做低电位引内?	172
165. 高层建筑物的接地有哪些特点和要求?	173
166. 是否可以将钢筋混凝土建筑物(如发电厂厂房、 微波塔、电视塔等)的钢筋接地作为“等电位防 雷”?	174
167. 如何防止发电厂和变电站的电子设备受到反击放 电的危害?	175
168. 配电变压器的接地有什么特殊的要求? 为什么?	176
第四章 高压电力设备的试验技术	177
第一节 绝缘试验	177
169. 什么叫做绝缘试验?	177
170. 为什么要对电力设备进行绝缘强度试验?	177
171. 为什么要对电力设备进行绝缘特性试验?	178
第二节 绝缘预防性试验	178
172. 为什么要对电力设备进行绝缘预防性试验?	178
173. 试述绝缘预防性试验各种方法的效果和特点。	179
174. 怎样根据绝缘预防性试验的结果判断电力设备是	

否良好?	180
175. 电力设备某一项绝缘预防性试验不合格, 是否允 许该设备投入运行?	182
第三节 绝缘电阻	182
176. 为什么要对电力设备测量绝缘电阻?	182
177. 什么叫做绝缘电阻的吸收比, 为什么要测量电力 设备的吸收比?	183
178. 用摇表测量绝缘电阻和吸收比时, 有哪些注意事 项?	184
179. 怎样从测量绝缘电阻来判断电机是否已经烘干?	185
180. 同一台 B 级绝缘的电机, 分别用三种不同的电压 (500V, 1kV, 2.5kV) 的摇表测量绝缘电阻, 结果相差几百兆欧, 为什么?	185
181. 为什么《绝缘预防性试验规程》中, 对发电机定 子绕组、变压器和互感器绕组的绝缘电阻不作规 定?	186
182. 用摇表测量的绝缘电阻值与按测量直流泄漏电流 计算所得的绝缘电阻值是否相等?	186
第四节 直流试验	187
183. 为什么要对电力设备进行直流耐压试验和测量直 流泄漏电流?	187
184. 试绘出直流耐压试验和测量泄漏电流的原理接线图。 ...	188
185. 在直流耐压试验的试验回路中, 限流电阻 R_1 和 R_2 , 各起什么作用?	189
186. 直流耐压试验回路的整流元件, 为什么现在很少 用高压真空管, 而用硅堆? 使用硅堆要注意什 么?	190
187. 对电力设备进行直流耐压试验或测量直流泄漏电 流时, 测量直流高电压的方法有几种?	190

188. 做直流耐压试验或测量泄漏电流时, 在什么情况 下要使用滤波电容器? 它对试验结果有什么影响? 为什么?	192
189. 测量直流泄漏电流时, 对试验回路中的微安表有 些什么要求?	196
190. 直流耐压试验和交流耐压试验相比较, 各有哪些 优缺点?	197
191. 为什么直流耐压试验比交流耐压试验更容易发现 旋转电机槽口端部绝缘的缺陷?	198
第五节 交流试验	199
192. 电力设备为什么要做交流耐压试验? 交流耐压试 验有些什么特点?	199
193. 进行电力设备的交流耐压试验有哪些注意事项?	200
194. 试绘出一般交流耐压试验的接线原理图。	202
195. 做交流耐压试验时, 试验变压器高压回路的出线 端常串有限流电阻 R_1 , 它起什么作用?	203
196. 交流耐压试验回路中, 试验变压器的低压侧装有 一对电容器 G_0 , 它有什么作用?	205
197. 测量工频交流高电压有几种方法?	206
198. 对电力设备进行交流耐压试验时, 在什么情况 下会发生试验电压异常升高, 并有可能使试品承受 高的电压而被击穿? 怎样预防?	209
199. 做交流耐压试验时, 如果试品是电容性负载, 能 否估算出变压器高压侧电压比按变压器变比计算 的电压升高多少?	211
200. 对电力设备进行工频交流耐压试验的电压波形要 求是正弦波, 如果波形发生畸变, 可采取什么方 法获得改善?	213
201. 大型发电机为什么要做超低频0.1Hz交流耐压试	

验?	213
202. 变压器为什么要进行三倍频感应耐压试验? 请说明其试验方法的基本原理。	214
第六节 测量 $\tan\delta$	216
203. 怎样避免外界磁场对测量介质损失角正切值 ($\tan\delta$) 的干扰?	216
204. 怎样避免外界电场对测量介质损失角正切值 ($\tan\delta$) 的干扰?	217
205. 测量电力设备的介质损失角正切值 ($\tan\delta$) 时, 在什么情况下会出现负值? 怎样消除?	218
206. 怎样从 $\tan\delta$ 值随试验电压变化的关系来判断电力设备是否存在故障?	219
第七节 绝缘油试验	221
207. 进行绝缘油试验时, 应该怎样取油样?	221
208. 为什么电力变压器进行绝缘试验时, 规定要在注油后静止一定的时间后方可进行?	223
209. 不同牌号的变压器油在什么情况下能混合使用? 在什么情况下不能混合使用?	224
第八节 气相色谱试验	224
210. 为什么检查绝缘油中气体的组织成分和含量可以发现电力设备内部是否存在故障?	224
211. 什么是气相色谱试验方法?	225
212. 气相色谱仪由哪些部件组成? 并简述它们的功能。	226
213. 怎样根据油中溶解气体的成分与含量判别电力设备是否存在故障?	227
214. 采用气相色谱法分析电力设备绝缘的情况有哪些优缺点?	231
215. 根据气相色谱法的试验结果, 发现电力设备有异常时, 下一步工作应如何进行?	232

第九节 局部放电试验	234
216.为什么要对电力设备进行局部放电试验?	234
217.局部放电测量的目的是什么?	235
218.测量电力设备的局部放电有哪几种方法?	235
219.什么叫做局部放电的起始电压和熄灭电压?	237
220.什么叫做视在放电量和真实放电量?	237
221.脉冲电流法(ERA法)是怎样测量局部放电的视 在放电量 Q 的?	239
222.能不能根据局部放电某种特征参数的变化预测绝缘 的寿命?	241
第十节 高电压试验室及其主要设备	242
223.高电压试验室的工作任务是什么? 它具有哪些主要 设备?	242
224.高电压试验设备的参数是根据什么选择的?	242
225.高电压试验室具有哪些特定的条件?	243
226.工频高压试验变压器和电力变压器相比较有哪些特 点?	246
227.几百万伏的直流高电压是怎样产生的?	247
228.雷电冲击电压波是怎样产生的?	250
229.冲击电压发生器是怎样产生几百万伏冲击电压波 的?	251
230.几百万伏的操作冲击电压波是怎样产生的?	255
231.高压冲击电流波是怎样产生的?	257
232.在高电压试验室负责进行高电压试验的人, 应知什 么? 应会什么?	258
第五章 高电压工作的安全技术	260
第一节 高电压与人身安全	260
233.进行高电压试验为什么要注意安全, 应采取哪些安 全措施防止人身和设备事故?	260