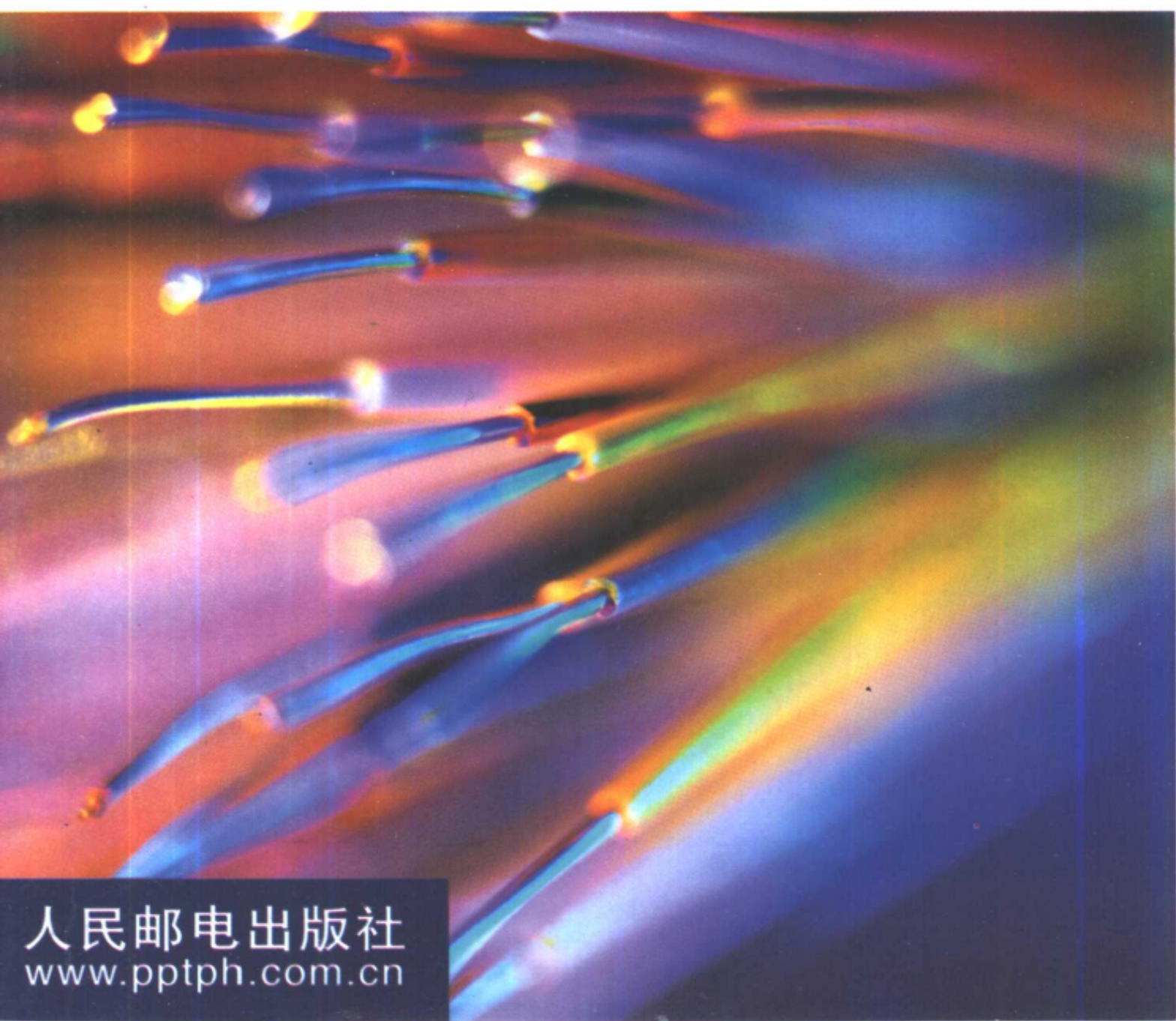


电 工 上 岗

试 典 应 宝

常大军 常绪滨 编著

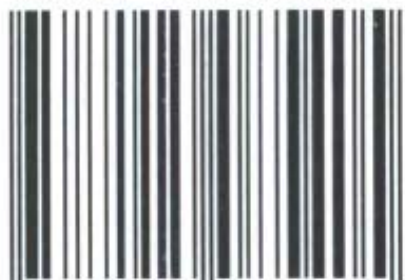
实用电工丛书



人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

• 电工上岗 应试宝典

ISBN 7-115-08540-4



9 787115 085405 >

ISBN7-115-08540-4/TN·1605

定价:18.00 元

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

实用电工丛书

电工上岗应试宝典

常大军 常绪滨 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书分为理论篇和实践篇两部分。理论篇以安全教育、电路基础、电工仪表及互感器、用电安全技术、电气线路、照明装置、用电设备安全、变压器、高压电器、继电保护及倒闸操作等为主要内容,以问答形式深入浅出地论述了与实用电工技术有关的理论知识。实践篇则对电工培训及考核中常涉及的实际操作技术作了详尽的说明。为便于读者复习迎考和检查学习效果,书后附录提供了两套考题,并给出了答案。

本书通俗易懂、注重实用,可供具有初中以上文化水平的工矿企业和农村电工阅读。

实用电工丛书

电工上岗应试宝典

◆ 编 著 常大军 常绪滨

责任编辑 唐素荣

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@pptph.com.cn

网址 <http://www.pptph.com.cn>

读者热线 010-67129212 010-67129211(传真)

北京汉魂图文设计有限公司制作

人民邮电出版社河北印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/32

印张:12.375

字数:248千字

2000年8月第1版

印数:14 001 - 17 000册

2001年12月河北第4次印刷

ISBN 7-115-08540-4/TN·1605

定价:18.00元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

《实用电工丛书》编委会

主 任：杜肤生

副 主 任：徐修存 李树岭

编 委：王晓丹 王亚明 王如桂

王英杰 王锡江 王霁宗

赵桂珍 张国峰 任致程

宋东生 陈有卿 郑凤翼

贾安坤 唐素荣 姚予疆

《实用电工丛书》前言

电广泛应用在社会生活的各个领域。在广大城乡、在各行各业,形成了庞大的电工人员队伍。

为了普及电工知识,帮助广大电工人员,特别是初级电工人员学习电工的基本理论知识,掌握科学、规范的电气操作技术,提高操作技能水平,我们组织编写了这套《实用电工丛书》。参加编写工作的都是长期从事电气技术工作和培训工作的专业人员,实践经验丰富。这套书有的针对某一行业、某一项电气操作技术,有的针对某一种常用电气设备,详细介绍了有关的电工知识,电气操作技能和要求,以及大量实际经验和线路等。内容力求切合实际,突出实用性,并采用深入浅出、图文并茂的叙述方法,做到篇幅适中,文字精练,通俗易懂,让读者学习以后,可以迅速应用到实际工作中去,达到立竿见影的效果。本丛书适合初中以上文化程度的工矿企业和农村电工阅读,也可作各类电工培训班的教材使用。

衷心希望广大从事电气工作的专家、学者、工作人员对丛书提出宝贵意见,以便于我们改进出版工作,更好地为读者服务。

《实用电工丛书》编委会

前 言

随着改革开放的深入,1987年全国电力装机容量跨上1亿千瓦的台阶,1995年3月突破2亿千瓦。至1997年底,已连续十年投产大中型机组1000万千瓦以上,全国装机容量达到2.5亿千瓦,发电量达到11320亿千瓦时,均居世界第二位,我国已成为世界电力生产和消费大国。

随着电力工业的飞速发展,提高广大电工技术工作人员的基本素质和加强电工技术培训就成了当务之急。电工作为特殊工种,根据国家有关部门的规定,有关人员必须经过专业技术培训并经考试合格后,方可持证上岗。为此我们编写了这本《电工上岗应试宝典》,以供广大电工技术工作人员作为学习、培训之用。

本书的理论篇部分,汇集了电工应知应会的基础理论知识及安全技术知识问答157题,并结合实际进行讲解,突出实用,以便于读者学习之后迅速应用到实际工作中去。本书的实践篇部分,则对低压运行维修电工实际操作、高压运行维修电工实际操作,以及高压10kV供电系统中常用的25种倒闸操作方式,以图文并茂的叙述方法逐个进行了说明,读者可以边学习边操作。为了便于读者检查学习效果,以及复习迎考,书后的附录部分收集了两套复习题,并给出了答案。

本书可供各工矿企业及农村的广大电工和电气技术管理人

员学习之用,也可作为 10kV 系统的高压值班电工、维修电工及低压维修电工、安装电工的技术培训教材。由于水平所限,书中不当和错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一部分 理论篇

一、概述	1
1. 如何正确认识电能国民经济中的地位和作用? ...	1
2. 电气工作人员必须具备的条件是什么?	2
3. 电工应怎样遵守职业道德?	2
4. 变(配)电所值班工作有哪些要求?	3
5. 电工作业安全生产的重要意义是什么?	3
6. 电工作业的岗位安全职责有哪些基本内容?	5
7. 高压供电的单位应配备哪些安全用具?	6
二、电路基础	6
8. 什么是电压、电位、电动势? 它们之间的关系如何? ...	6
9. 什么是电流、电流强度? 其单位是什么? 如何换 算?	7
10. 什么是电阻、电阻率? 如何计算导体的电阻值? ...	9
11. 什么是部分电路欧姆定律? 什么是全电路欧 姆定律? 其表达式如何?	10
12. 什么是串联电路? 串联电路有什么特点? 如何 计算?	12
13. 什么是并联电路? 并联电路有什么特点? 如何 计算?	14
14. 什么是电功及电功率? 如何计算?	15

15. 什么是楞次定律? 什么是电磁感应定律? 什么是左手定则? 什么是右手定则? 如何应用?	17
16. 什么是正弦交流电? 什么是交流电的三要素? ...	21
17. 在正弦交流电中, 什么是有效值? 写出有效值与最大值的关系式。	24
18. 什么是感抗? 什么是容抗? 什么是阻抗? 它们的计算方法及阻抗三角形的含义是什么?	25
19. 什么是 RL 电路? 什么是 RC 电路? 它们各有何特点? 如何计算?	27
20. 什么是三相交流电? 如何表示?	30
21. 三相交流电路中的负载有哪两种接法? 相值及线值之间有什么关系?	32
22. 什么是有功功率、无功功率、视在功率及功率三角形? 三相电路的功率如何计算?	34
23. 什么是功率因数? 如何计算?	37
24. 在低压三相四线制(380V/220V)供电系统中, 零线的作用是什么? 零线断线时有什么后果?	38
三、常用电工仪表及互感器	40
25. 电工仪表都有哪些常见类型? 其误差的种类及表达形式是什么? 仪表上的字母、符号的含义是什么?	40
26. 简述电流表和电压表的工作原理及其使用方法。...	46
27. 简述万用表的构造及工作原理。	49
28. 简述兆欧表的构造及工作原理。	52
29. 简述钳形电流表的构造及工作原理。	54
30. 简述接地电阻测试仪的构造及工作原理。	56
31. 简述电度表的构造和工作原理。	59

32. 单臂电桥的工作原理是什么? 如何正确使用? ...	62
33. 电度计量二次回路的安装有哪些要求?	68
34. 对电度表安装场所和安装位置有哪些要求?	68
35. 仪用互感器在投入运行前及运行中应巡视检查 哪些项目?	69
36. 画出用电流互感器测量电流的几种常用接线 方式。	69
37. 电流互感器二次侧为什么不允许开路? 二次侧 开路有哪些现象? 怎样处理?	70
38. 画出电压互感器的几种常用接线方式。	72
39. 电压互感器是怎样实现绝缘监视作用的?	74
40. 简述发生一相接地故障的判断、查找方法及注意 事项。	76
41. 电压互感器一、二次熔丝的保护范围是什么? 熔丝及熔断器的规格、型号应如何选择?	77
四、用电安全技术	78
42. 简述人身触电事故的类别及电流对人体的作用。 造成电伤害有哪些因素?	78
43. 试述人身触电的几种急救方法。防止触电的主要 措施有哪些?	80
44. 简述安全用具的种类及性能。	82
45. 简述安全用具的正确使用及保管方法。	83
46. 简述安全用具的试验周期及试验标准。	85
47. 在低压带电设备上作业时,有哪些安全注意事项? ...	85
48. 扑灭电气火灾应使用哪些消防器材? 如何正确 使用和保管?	86
49. 扑灭电气火灾的注意事项有哪些?	87

50. 防止静电危害的主要技术措施有哪些?	87
51. 什么是保护接地? 适用于哪些范围? 接地电阻合格值为多少?	88
52. 什么是保护接零? 适用于哪些范围? 采用保护接零有哪些基本的安全技术要求?	88
53. 为什么在 1000V 以下的同一配电系统中, 不允许同时采用接地和接零两种保护方式?	89
54. 采用接地或接零保护时, 哪些电气设备的哪些部位应进行接地或接零? 其作用是什么?	90
55. 什么是重复接地? 重复接地的作用是什么? 其接地电阻最低合格值是多少?	91
56. 当电气设备采用保护接零时, 零线应在哪些地方重复接地?	91
57. 什么是过电压? 什么是大气过电压? 什么是内部过电压?	92
58. 什么是防雷保护装置? 防雷保护装置的作用是什么?	92
59. 接地装置定期检查的周期是怎样规定的? 检查内容有哪些?	93
60. 测量接地电阻的时间、周期及合格值是怎样规定的?	94
61. 运行中的接地装置发现哪些异常情况时应进行维修?	94
62. 什么是电气设备发生漏电或接地故障时的“对地电压”? 什么是跨步电压? 什么是接触电压?	95
63. 人工垂直接地体的安装一般有哪些规定?	97

64. 在三相四线制供电系统中,零线的干线以及保护分支线的最小截面是怎样规定的?	98
65. 什么是安全电压、加强绝缘和电气隔离?	98
66. 保证安全的技术措施和组织措施有哪些?	100
67. 设备停电检修对验电工作的安全技术要求是什么?	101
68. 停电检修时,对装设临时接地线的安全技术要求是什么?	101
69. 标示牌的种类和悬挂的规定有哪些?	103
70. 监护人的条件是什么? 职责范围有哪些?	104
71. 停电检修工作终结后,送电前应检查的内容有哪些?	105
72. 巡视高压设备的安全要求有哪些?	106
73. 变(配)电站值班长和值班员的岗位职责有哪些基本内容?	106
五、电气线路	106
74. 架空线路主要由哪些部分组成? 各部分的作用是什么?	106
75. 低压架空线路如何正确选择导线截面?	107
76. 怎样确定低压架空线路电杆的长度及埋设深度?	108
77. 架空线路的档距是根据哪些因素确定的? 在城市及居民区,档距一般是多少?	108
78. 什么是导线的弧垂? 导线弧垂的大小与哪些因素有关? 弧垂过大或过小有什么不好?	109
79. 运行中架空线路巡视检查的项目有哪些?	109
80. 什么是接户线? 对接户线有哪些要求?	110

81. 什么是进户线？对进户线有哪些要求？	111
82. 什么是第一支持物？什么是套接线？	112
83. 常用低压电力电缆的型号和种类有哪些？	112
84. 电力电缆在运行中的常见故障有哪些？	113
85. 什么是电缆头？电缆头的作用是什么？常用的 种类有哪些？	114
86. 直埋电力电缆敷设时有哪些要求？电力电缆在 敷设前应进行哪些试验和检查？	115
87. 电缆线路的巡视检查周期是如何规定的？直埋 电力电缆的巡视检查内容有哪些？	116
88. 电力电缆在什么情况下应穿管保护？保护管直 径如何选择？	117
89. 直埋电力电缆与热力沟及易燃管道等的交叉平 行安全距离有何要求？	117
90. 为什么铜、铝导线不允许直接连接？铜、铝导线 的连接有哪些要求？	118
91. 临时用电线路的敷设有哪一些基本安全要求？	118
92. 在低压架空线路上带电作业时，监护人的主要 职责是什么？	119
93. 在低压带电设备或线路上作业时，有哪些安全 注意事项？	120
94. 使用安全带有哪些规定？	120
95. 使用梯子、高凳有哪些要求？	121
96. 使用脚扣有哪些规定？	122
97. 登杆作业时，在杆上传递工具、器材，应注意哪 些安全事项？	122

六、照明装置	123
98. 光源的种类及灯具的形式有哪些?	123
99. 一般开启式灯具,灯头对地面的距离是怎样规定的? ...	123
100. 荧光灯和白炽灯的主要特点及区别有哪些?	124
101. 使用碘钨灯时有哪些注意事项?	126
102. 使用镇流器式高压水银灯时,有哪些注意事项? ...	126
103. 试述一般照明灯开关和螺丝灯口的安装要求。...	127
104. 照明装置的定期检查、维修,其周期和内容是什么? ...	128
105. 室内照明线路的敷设有何要求?	128
106. 插座安装的一般要求有哪些?	130
107. 霓虹灯的安装要求有哪些?	130
108. 照明灯具的固定应符合哪些要求?	131
109. 试述不同类型照明灯的电流计算及其熔丝的 选择方法。	131
110. 简述行灯变压器的安装使用有哪些基本安全 技术要求。	132
七、用电设备安全	133
111. 简述三相异步电动机的结构和工作原理。	133
112. 用于三相异步电动机直接启动的开关设备有 哪些? 其额定电流如何选择?	134
113. 三相电动机直接启动时的容量是怎样规定的? ...	135
114. 什么是降压启动? 三相异步电动机常用的降 压启动方法有哪几种? 简述其工作原理。	135
115. 三相异步电动机在运行中有哪些常见故障?	136
116. 对运行中的异步电动机应监视哪些项目?	137
117. 运行中的三相异步电动机,在什么情况下应立 即断开电源?	137

118. 运行中的三相异步电动机温度过高的原因有哪些? ...	137
119. 三相异步电动机在投入运行前应进行哪些检查? ...	138
120. 并联电容器组的投入和退出运行是如何规定的? ...	138
121. 在正常情况下,并联电容器组停电、送电操作顺序有何要求? 在异常情况下,操作时的注意事项是什么?	139
122. 并联电容器运行中,日常巡视检查周期及内容是如何规定的?	139
123. 手持电动工具按照使用电压和结构特征可分为几类? 其具体使用场所是怎样规定的?	140
124. I类手持电动工具使用中有哪些安全技术要求? ...	140
125. 使用移动式电气设备有哪些安全要求?	141
126. 自动开关使用中有哪些安全注意事项?	141
八、变压器	142
127. 变压器的功能是什么? 配电变压器由哪些部分组成?	142
128. 什么是变压器的接线组别? 常用的接线组别有哪几种?	143
129. 变压器并列运行应满足哪些条件? 否则会产生哪些后果?	144
130. 室外变压器在安装时有哪些要求?	145
131. 切换变压器分接开关的安全注意事项有哪些? ...	145
132. 配电变压器初次送电的试验检查项目有哪些? ...	146
133. 配电变压器在运行中应巡视检查哪些项目? 巡视周期是怎样规定的?	146
134. 运行中变压器温升过高有哪些原因? 如何判断和处理?	147

135. 变压器油的主要作用是什么? 说明北京地区选用变压器油的种类。	148
136. 运行中的变压器如何取油样? 补油时有哪些注意事项?	148
137. 造成变压器缺油的原因是什么? 缺油有什么危害?	149
九、高压电器	150
138. 高压少油断路器、高压负荷开关、高压隔离开关的功能各是什么?	150
139. 高压断路器和高压隔离开关倒闸操作的顺序有哪些规定?	151
140. 为什么停电时,在断开断路器后,应先拉开负荷侧隔离开关? 而送电时,要先合母线侧隔离开关?	151
141. 高压断路器和高压隔离开关之间为什么要加装联锁? 常用的联锁类型有几种? 什么是“五防”闭锁装置?	152
142. 高压少油断路器运行中的巡视检查项目有哪些? 巡视检查的周期是怎样规定的?	154
143. 少油断路器油标管内无油时应如何处理? 少油断路器喷油的原因有哪些?	155
144. 断路器分合闸信号指示灯的作用是什么? 灯不亮的原因有哪些?	155
145. 少油断路器投入运行前或大修后,应进行哪些电气试验及机械调整?	156
146. 少油断路器在运行中出现哪些异常现象时应立即停止运行?	156

147. 在 10kV 变(配)电所中,什么是越级掉闸? 应 如何处理?	157
148. 隔离开关在运行中可能出现哪些异常情况? 应 如何处理?	158
十、继电保护	158
149. 继电保护装置在电力系统中的任务是什么?	158
150. 什么是定时限过流保护? 什么是反时限过流保 护?	158
151. 定时限过流保护和反时限过流保护的主要区 别是什么?	159
152. 运行中继电保护装置的巡视检查内容是什么? 巡视检查周期是如何规定的?	159
153. 变、配电所继电保护装置动作后,应如何分析、 判断和处理?	160
十一、倒闸操作	161
154. 操作票上的主要填写内容及项目是什么?	161
155. 电气设备运行中有几种状态?	162
156. 什么是倒闸操作? 倒闸操作有哪些具体规定? ...	162
157. 填写操作票的有关要求及注意事项是什么?	163

第二部分 实践篇

一、低压电工实际操作	166
1. 万用表的正确使用	166
2. 用三只电流表配接三只电流互感器,以测量三相 电流的接线	168
3. 正确使用钳形电流表测量交流电流	168

4. 用一只电压表,通过转换开关测量三相线电压的 接线	169
5. 使用电压表进行相位核对	170
6. 单相有功电度表的接线	171
7. 三相有功电度表直入式的接线	173
8. 三相有功电度表配用电流互感器的接线	175
9. 摇测三相异步电动机定子绕组的绝缘电阻	179
10. 正确使用接地电阻测试仪测量接地装置的电 阻值	180
11. 三相异步电动机采用 Y- Δ 降压启动器的接线 (利用九线闸或交流接触器)	181
12. 三相异步电动机采用自耦降压启动器的接线	184
13. 三相异步电动机单方向运行的接线	186
14. 三相异步电动机可逆运行的电气回路接线	189
15. 漏电保护器的正确使用	193
16. 常用灯具的种类及接线	195
17. 导线的连接方法	196
18. 识别导线截面积的方法	201
19. 架空线路的杆上作业	203
20. 摇测低压并联电容器的绝缘电阻	205
21. DW10 自动开关失压脱扣、分励脱扣控制电路及 红、绿指示灯控制电路的接线	207
22. 摇测低压电力电缆的绝缘电阻	208
23. 触电急救	210
二、高压电工实际操作	211
24. 跌开式熔断器的操作	211
25. 断路器的停电、送电操作	214

26. 电压互感器更换高压熔丝的操作	219
27. 油浸自冷式变压器绝缘电阻的测量	221
28. 油浸自冷式变压器分接开关的切换操作	224
29. 电力电缆绝缘电阻的测量	227
30. 运行中的高压负荷开关之巡视检查	228
31. 绝缘安全用具的检查与使用	230
32. 检修安全用具的检查与使用	232
33. 运行中的少油断路器之巡视检查	234
34. 运行中的油浸自冷式配电变压器之巡视检查	235
35. 运行中的电压互感器之巡视检查	237
36. 运行中的电流互感器之巡视检查	239
37. 运行中的阀型避雷器之巡视检查	241
38. 运行中的高压隔离开关之巡视检查	244
39. 反时限过流保护的运行与检查	246
40. 定时限过流保护的运行与检查	248
41. 户外变压器的安装要求	251
42. 变(配)电室硬母线的安装	253
43. 触电急救	256
44. 模拟板倒闸操作	258
附录 A 低压电工安全技术理论题	290
附录 B 高压电工安全技术理论题	328
附录 C 低压、高压电工安全技术理论题答案	349

第一部分 理论篇

一、概 述

1. 如何正确认识电能国民经济中的地位和作用?

电能是现代工农业生产、科学技术研究及人民生活等各个领域广泛应用的**主要能源与动力**。在人类社会的各个方面起着举足轻重的作用。电能之所以获得广泛的应用,是因为它具有如下特点和优越性:

(1) **易于产生** 利用现代的生产技术,可以容易地将机械能、化学能、光能及热能转变为电能。

(2) **便于传输** 由于电能可通过输电线路以近似于光速的速度传输,而不需要用车、船等运输工具或管道传送,从而损耗较小,费用较低。

(3) **使用方便** 电能可以很容易地转变为机械能、光能、热能及化学能等常用的能源,且转换装置控制方便,较容易实现自动化。

(4) **利用率高** 电能的有效利用率比其他能源的利用率高,如电力机车的有效利用率为 25% ~ 30%,而蒸汽机车仅为

5%~8%。广泛使用电能,可以达到节约社会总能源的良好效果。

(5) **减少污染** 随着工业的发展,环境保护已成为当今世界一个十分重要的课题,受到世界各国的普遍重视。使用电能作为主要能源与动力,可以减少对环境的污染。此外,在某些方面电能还是其他能源所不能替代的,如通信、广播、雷达、电子计算机等必须直接使用电能。电能还可以实现远距离控制、调节与测量。因此,电力事业在国民经济中占有十分重要的地位。

2. 电气工作人员必须具备的条件是什么?

电气工作人员必须具备下列条件:

- (1) 经医生鉴定身体健康,无妨碍工作的病症(如心脏病、神经病、癫痫症、色盲等);
- (2) 具备必要的电气知识,按其职务和工作性质,掌握相关的规程、专业技术及安全操作技术,并经考试合格;
- (3) 熟练掌握触电急救方法。

3. 电工应怎样遵守职业道德?

电工是直接为生产或生活服务的。电工素质的高低,不仅体现为知识的全面、技能的娴熟,职业道德风范是否优良也是一个重要的方面,因此,我们应有严于律己的精神,遵守电工职业道德规范。

电工职业道德规范主要包括以下几个方面:

- (1) 忠于职业责任;
- (2) 遵守职业纪律;
- (3) 交流电工专业技术和安全操作技术;
- (4) 团结协作。

4. 变(配)电所的值班工作有哪些要求?

供电电压在 6kV 及以上、容量在 560kVA 及以上的用电单位,一般应配备电气运行值班电工。运行值班电工的条件应符合电气安全工作规程的规定。

变(配)电所的值班人员,必须熟悉本站电气设备的性能及运行方式,掌握操作技术。值班负责人和单独值班人员应由有实际工作经验的人员担任,并经领导批准。

变(配)电所的值班人员,一般不少于两人。对于设备简单和不重要的变(配)电所,可由单人值班。高压设备由单人值班时,必须具备下列条件:

(1) 室内高压设备的隔离室设有遮栏,其高度应为 1.7m 以上。遮栏应安装牢固,门应加锁;

(2) 室内高压开关的操作机构,用墙或金属板与开关隔离,或装有远距离操作机构;

(3) 单人值班时,不应进行高压设备清扫或检修工作,也不能进行装设接地线工作。

5. 电工作业安全生产的重要意义是什么?

安全生产关系到人身安全及设备安全两个方面,具有十分重要的意义,它渗透在电工作业和电力管理的各个环节中,因此搞好电工作业安全生产是关系到生命和财产的头等大事。如果我们对电气安全工作的重要性认识不足,电气设备的结构或装置不完善,安装、维修、使用不当,错误操作或违章作业等,就会造成触电、短路、线路故障、设备损坏,遭受雷击、静电危害、电磁场危害,或引发电气火灾和爆炸等事故。这些事故除了会造成人员伤亡外,还可能造成大面积停电事故,给国民经济带来不可

估量的损失。

当前全世界每年死于电气事故的人数,约占全部工伤事故死亡人数的 25%,电气火灾占火灾总数的 14%以上,因此,安全用电是衡量一个国家用电水平的重要标志之一。许多国家常以用电量与触电死亡人数的比值作为衡量安全用电水平的标准,安全用电水平高的国家,约每耗电 20 亿度触电死亡 1 人;而安全用电水平低的国家,约每耗电 1 亿度触电死亡 1 人。另外,也有以用电人口数与触电死亡人数的比值衡量安全用电水平的,工业发达的国家,大约每百万用电人口触电死亡 0.5~1 人;70 年代我国农村用电为每百万用电人口触电死亡 20 人,80 年代已降低到 10 人以下,即使如此,我国的安全用电水平也还是很低的。另据统计,全国触电死亡总人数中,城市居民仅占 15%,而农村竟占 85%!统计还表明,高压触电死亡人数约占 12.5%,低压触电死亡人数却占 87.5%。

建国后,党和政府制定了一系列关于安全用电方面的政策,近年来,又进一步完善了电气安全技术管理规定。国家有关部门颁布了一系列法规、规程、标准及制度,对于保证电气安全、预防电气事故起到了积极的推动作用,同时也为电气管理工作逐步走向规范化、科学化、现代化奠定了良好的基础。当前由国家及有关部门颁布的劳动保护法规、规程、标准、条例及决议等已达 300 多种。

在电气安全技术方面的规章主要有:《全国供用电规则》、《电力工业技术管理法规》、《电业安全工作规程》、《电气事故处理规程》、《工业企业防止触电暂行办法》、《农村供电技术规程》及国家标准 GB3805-83《安全电压》、GB3787-83《手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》、GB4064-83《电气设备安全设计导则》、GB5306-85《特种作业人员安全技术考

核管理规则》、《电工作业人员安全技术考核标准》、GB6829 - 86《漏电流流动作保护器》、GB13955 - 92《漏电保护器安装和运行》,以及电力行业标准 DL477 - 92《农村低压电气安全工作规程》等。

在工业卫生方面,关于电气安全技术的文件,主要有防止高频、辐射及防止粉尘危害的技术规程和标准。在劳动保护组织管理制度方面,最主要的有三大规程,即《工厂安全卫生规程》、《建筑安装工程安全技术规程》和《工人职员伤亡事故报告规程》。

综上所述,搞好电气安全工作,预防工伤及职业危害,是直接关系到国民经济发展和人民生命财产安全的大事。必须坚定不移地坚持“安全第一,预防为主”的方针,建立和完善安全监察体系,严格执行各项规章制度,认真执行安全技术措施和反事故技术措施。如果搞好电气安全和其它各项劳动保护工作,就一定能促进安全生产,保障改革开放的顺利进行及国家现代化事业的更快发展。

6. 电工作业的岗位安全职责有哪些基本内容?

为保证正常的生产和工作,保证电工作业的安全,减少触电伤亡事故和运行事故的发生,电工作业人员应该做到以下几点:

- (1) 严格遵守各项规章制度,遵守劳动纪律;
- (2) 努力学好电工的专业技术和安全操作技术,提高预防事故和职业危害的能力;
- (3) 正确使用和保管各种安全防护用具及劳动保护用品;
- (4) 积极采纳有利于安全作业的意见和建议,对违章指挥作业的,应及时予以指出,必要时向有关领导部门报告;
- (5) 认真执行本单位、本部门为所在岗位制定的岗位职责。

7. 高压供电的单位应配备哪些安全用具?

凡是高压供电的用电单位,应配备以下安全用具:

- (1) 高压绝缘杆,绝缘夹钳;
- (2) 高压验电器及低压试电笔;
- (3) 绝缘手套,绝缘靴、鞋及绝缘台、垫;
- (4) 有足够数量的临时接地线;
- (5) 各种标示牌(应满足最大范围使用的需要量);
- (6) 各种登高作业时的安全用具,包括安全带、绝缘绳、安全帽等;
- (7) 有色护目眼镜等。

二、电工基础

8. 什么是电压、电位、电动势? 它们之间的关系如何?

电路中要有电流,必须要有电位差,有了电位差,电流才能从电路中的高电位点流向低电位点。

电压是指在电路中(或电场中)任意两点之间的电位差。电压常用字母 U 表示。电压的基本单位是伏特,简称伏,用字母 V 表示,常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)等。

$$1\text{kV} \approx 1000\text{V} \approx 10^3\text{V}$$

$$1\text{mV} = 1/1000\text{V} = 10^{-3}\text{V}$$

电位是指在电路中(或电场中)某点与指定参考点之间的电压。电位常用字母 ϕ 表示。其单位与电压的单位相同。

电压与电位是紧密联系又有区别的。电路中各点的电位与参考点的选择有关,是一个相对量,因此,电位有正、负之分,高

于参考点电位时为正,低于参考点电位时为负。而电路中任意两点间的电压是两点之间的电位差,是个绝对量,与参考点的选择无关,好像两座山的高度是以地平面起算,还是以海平面起算,其数值是不同的。但这两座山的高度之差,不管以哪个平面起算,总是固定不变的。

在电气工程中,常以大地作为零电位的参考点,凡与大地相连接的点,称为接地点,用符号“ \perp ”表示,该点的电位就是零电位。

在电子线路中,不一定有真正的接地点,而往往把很多元件的一端接在某一条公共线上,形成公用端,通常把它定为零电位的参考点,这条公共线称为地线,用符号“ \perp ”表示。

电路中提供电能的装置,称为电源。各种不同的电源,尽管产生电位差的方法不同,但它们都有一个共同点,就是能把电源内部存在的正、负电荷分别推向电源的两极,使得一个极带一定量的正电荷,另一个极带一定量的负电荷,于是两极间就形成了电场,出现了一定的电位差。电源内部这种能推动电荷移动的作用力称为电源力(或电场力)。

电源力将单位正电荷从一个极移动到另一个极所做的功,叫电源的电动势,简称电势。电动势用字母 E 表示,其单位与电压、电位相同,也是伏(V)。

电动势是衡量电源做功能力的物理量,其方向规定为由低电位(负极)指向高电位(正极)。而电压的方向规定为由高电位指向低电位,即表示电压降落的方向,所以电压又称为电压降。

电动势与电压的大小都可以用电压表来测量。测量时,应将电压表跨接在电路中;测量直流时要分清正、负极。

9. 什么是电流、电流强度? 其单位是什么? 如何换算?

在电路中电荷有规则的运动称为电流。大小和方向不随时

间变化的电流,称为直流电流;用字母“DC”或“-”表示。大小和方向随时间变化的电流,称为交流电流;用字母“AC”或“~”表示。

日常生活中我们所用的交流电是正弦交流电,其大小、方向是随时间按正弦规律变化的,即由零到正的最大再到零,再到负的最大再到零,如此往复变化。也就是说,交流电流的电流方向是正、负交替的。

在书写上为了区分起见,直流电流用大写字母 I 表示,交流电流则用小写字母 i 表示。

电流不但有方向,而且有大小;电流的大小称为电流强度,简称电流。电流强度定义为

$$I = \frac{Q}{t}$$

式中 I —— 电流强度(A);

Q —— 电荷量(C);

t —— 电荷通过时间(s)。

电流(即电流强度)的基本单位是安培,简称安,用字母 A 表示。如果在 1 秒钟内通过导体横截面的电量为 1 库仑,则导体中的电流强度就是 1A。

在实际工作中,对较大的电流,往往用千安表示,即

$$1\text{kA} = 1000\text{A} = 10^3\text{A}$$

对较小或微弱电流,则使用较小的计量单位毫安,用 mA 表示,即

$$1\text{mA} = 1/1000\text{A} = 10^{-3}\text{A}$$

或用更小的计量单位微安,用 μA 表示,即

$$1\mu\text{A} = 1/1000000\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

使用电流表可测量电流的大小。电流表的内阻非常小,近

似等于零,测量时必须将电流表串联在被测的电路中。如果将电流表并联在电路中测量,将会造成短路事故。

10. 什么是电阻、电阻率? 如何计算导体的电阻值?

概括地说,电阻就是电流通过时物体所呈现的阻力。电阻用字母 R 或 r 表示。常用单位有

欧姆	Ω
千欧	$1\text{k}\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$
兆欧	$1\text{M}\Omega = 1000000\Omega = 10^6\Omega$

任何导体对电流的通过都会产生一定的阻力,这种阻力称为导体电阻。若一段导体两端外加 1V 电压,流过的电流为 1A,则这段导体的电阻就是 1Ω 。

应该指出,电阻是导体中客观存在的,它与导体两端外加电压高低无关,即使两端没有电压,导体中仍然有电阻存在。实验证明,导体电阻除与导体材质和导体温度有关外,还与导体的长度成正比,与导体的截面积成反比。

电阻率表示导体材料阻碍电流传导的能力,又称电阻系数。它通常是指长度为 1m,截面积为 1mm^2 的金属材料,在 20°C 时所具有的电阻值。电阻率用希腊字母 ρ 表示,单位为 $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ (或 $\Omega\cdot\text{m}$ 及 $\Omega\cdot\text{cm}$)。常用金属材料的电阻率分别为:银 $0.016\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$,铜 $0.0175\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$,铝 $0.029\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$,钨 $0.055\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$,康铜 $0.43\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$,锰铜 $0.50\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$,铸铁 $0.50\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$,镍铬合金 $1.10\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ 。导体的电阻率越小,其导电性能越好。导体的电阻可用下式计算:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

式中 R —— 导体电阻(Ω);

ρ —— 导体的电阻率($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$);

L —— 导体长度(m);

S —— 导体截面积(mm^2)。

例: 一根铜导线, 长 100m, 截面积为 10mm^2 , 求电线的电阻。

$$\text{解: } R = \rho \cdot \frac{L}{S} = 0.0175 \times \frac{100}{10} = 0.175(\Omega)$$

11. 什么是部分电路欧姆定律? 什么是全电路欧姆定律? 其表达式如何?

欧姆定律是电工学中最基本的定律之一, 它表明了电阻电路中, 电流、电压(电动势)、电阻三者之间的关系。

在图 1-1 所示的只含有电阻的部分电路中, 当电阻不变时, 电流与电压成正比; 当电压不变时, 电流与电阻成反比。可用下式表达:

$$I = \frac{U}{R}$$

式中 I —— 电路电流(A);

U —— 电路两端电压(V);

R —— 负载电阻(Ω)。

上式还可以表达为

$$U = IR \text{ 或 } R = \frac{U}{I}$$

通过上式不难看出, 如果已知电压、电流、电阻中任意两个量的数值, 就可以求出第三个量。顺便指出, 欧姆定律也同样适用于交流电路。

例 1: 已知 220V、100W 灯泡的电流为 0.454A, 求灯泡的热态电阻为多少?

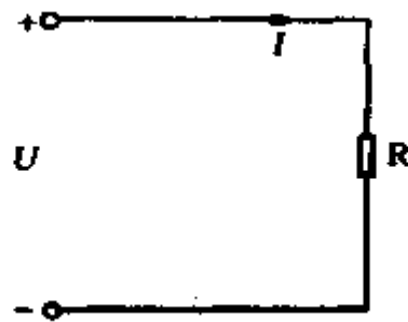


图 1-1 只含有电阻的部分电路

解： $R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.454} \approx 484(\Omega)$

例 2: 某电炉炉丝电阻为 10Ω , 若接在 $220V$ 电路中, 电流为多少? 若改接到 $380V$ 电路中, 电流为多少?

解: (1) 接 $220V$ 时

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{10} = 22(A)$$

(2) 接 $380V$ 时

$$I = \frac{U}{R} = \frac{380}{10} = 38(A)$$

例 3: 如果某人体电阻为 1000Ω , 已知通过人体的电流为 $50mA$ 时就有生命危险, 试求安全工作电压为多少?

解: $U = I \cdot R = 0.05 \times 1000 = 50(V)$

其表达式为

$$I = \frac{E}{R + r}$$

式中 I —— 全电路电流(A);

E —— 电源电动势(V);

R —— 负载电阻(Ω);

r —— 电源内电阻(Ω)。

上式还可以写为

$$E = IR + Ir$$

IR —— 外电路的电压降,也是电源两端的电压(V);

Ir —— 内电路的电压降(V)。

由于 $U = IR$,故上式可以写为

$$E = U + Ir \quad \text{或} \quad U = E - Ir$$

12. 什么是串联电路? 串联电路有什么特点? 如何计算?

电路中几个电气元件的首尾依次连接,流过同一电流,这种连接方法叫做串联。

串联电路的实际应用非常广泛,如一台具有短路保护和过载保护的三相电动机,它的主回路中刀闸、熔断器、接触器主触头、热元件等都是串联的;控制回路中热继电器的常闭触头、停止按钮、启动按钮、接触器线圈等也是串联连接的。

(1) 电阻的串联

将电阻值为 R_1 、 R_2 、 R_3 的几个电阻的首尾依次相连,其两端加上电压 U ,电路中只流过同一电流 I ,如图 1-3 所示。

电阻串联电路具有以下特点:

a. 串联电路中电流处处相等,即通过各电阻的电流都相同, $I = I_1 = I_2 = I_3$;

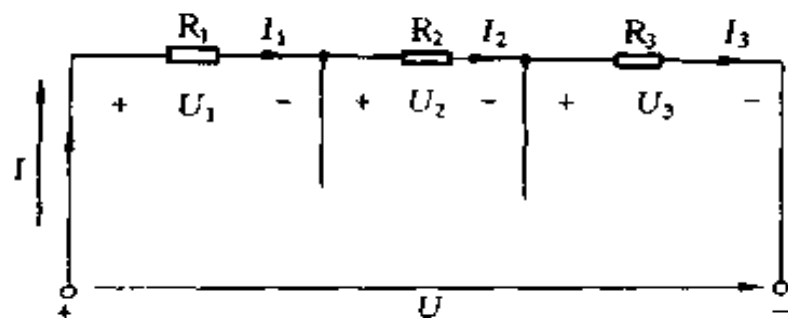


图 1-3 电阻的串联电路

b. 总电压等于各电阻上的电压降之和, 即 $U = U_1 + U_2 + U_3$, 故串联电路能把电压分成所需大小的几部分, 起到分压作用;

c. 串联电路的总电阻也称“等效电阻”(即各电阻串联后可用一总电阻来替代, 该总电阻和原来的串联电阻等效), 等于各串联电阻之和, 即 $R = R_1 + R_2 + R_3$;

d. 各电阻上的电压降等于该段电阻与总电阻之比乘以总电压, 即 $U_1 = U \frac{R_1}{R}$ 。

(2) 电源的串联

将一个直流电源(如电池)的正极接到另一个电源的负极, 这样依次连接起来, 以得到较高的电源电压, 这种连接方式即为电源的串联。

串联电源的总电动势为

$$E = E_1 + E_2 + E_3 \cdots \cdots E_n$$

总内阻为

$$r = r_1 + r_2 + r_3 \cdots \cdots r_n$$

总电流为

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 \cdots \cdots E_n}{R + (r_1 + r_2 + r_3 \cdots \cdots r_n)}$$

13. 什么是并联电路？并联电路有什么特点？如何计算？

(1) 电阻的并联

在电路中，两个或两个以上电阻，它们相应的两端分别连接在一起后，承受同一电压，即构成电阻的并联电路，如图 1-4 所示。

电阻并联电路具有以下特点：

a. 电路中各电阻两端电压都相等，且等于同一外加电压，即

$$U = U_1 = U_2 = U_3;$$

b. 电路中的总电流等于各支路电流之和，即 $I = I_1 + I_2 + I_3$ ；

c. 并联电路的总电阻（等效电阻）小于电路中阻值最小的电阻。

其总电阻的倒数等于各支路电阻

的倒数之和，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

d. 两个电阻并联时，其总电阻（等效电阻）可用下式计算：

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

e. 电路中通过各支路的电流与该支路电阻的大小成反比，即

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$

并联连接在实际中也是应用非常广泛的。例如，利用电阻的并联可以获得较小的阻值；在电工测量中，也可用并联电阻的方法来扩大电流表的量程；将工作电压相同的负载（如电灯、电

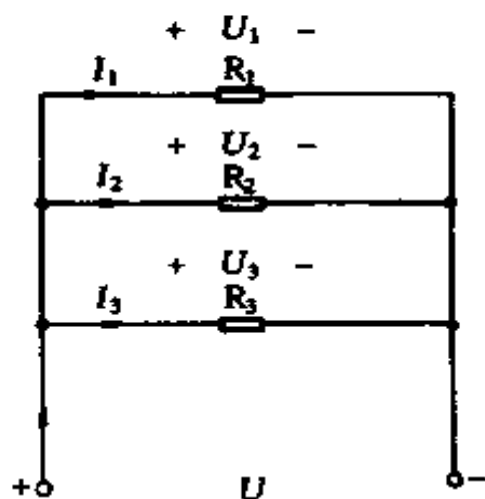


图 1-4 电阻的并联电路

视机、电风扇等)并联在电路中,便于分别进行控制、保护,从而使任何一个负载的工作情况都不会直接影响其它负载的正常工作。

(2) 电源(电池)的并联

把电压相同的电池的正极连接在一起作为电源的正极,负极也连接在一起作为电源的负极,然后接到电路中,这就是电池的并联。

电池的并联必须具备两个条件,一是各个电池的电动势应相等,二是各个电池的内阻应相同。并联电池组一般在输出较大电流时使用,例如汽车、拖拉机上供启动使用的蓄电池就是采用这种连接方法。

并联电池组具有以下特点:

a. 总电动势等于一个电池的电动势,即

$$E = E_1 = E_2 = E_3$$

b. 总电流等于流经各电池的电流之和,即

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

c. 并联电池组的总内阻为

$$r = \frac{r_1}{n}$$

14. 什么是电功及电功率? 如何计算?

发电厂发出的电能通过输电线路传输给用户,电流通过电动机会带动机器转动,电流通过电炉会发出热量,电流通过灯泡会发光……这些能量的传递和转换说明电流做了功。电流所做的功叫做电功,用字母 W 表示,其单位是焦耳(J)或瓦·秒(W·s),计算电功的公式为

$$W = UIt$$

上式表明,电流在某段电路上所做的功,等于这段电路两端的电压 $U(V)$ 、电路中的电流 $I(A)$ 和通电时间 $t(s)$ 的乘积。

根据欧姆定律,上式又可写成

$$W = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

单位时间内电流所做的功叫电功率(简称功率),用字母 P 表示,其单位是焦耳/秒(J/s),即瓦特,简称瓦(W),它的 1000 倍叫千瓦(kW)。功率的计算公式如下:

$$P = \frac{W}{T} = \frac{UIt}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

实用中还有用马力作为功率单位的:

$$1 \text{ 马力(HP)} = 736 \text{ 瓦(W)}$$

电功率 P 在电工学中是很重要的物理量。通常用电设备或用电电器的容量就是指电功率,例如 220V、1000W 的电炉,表示接上 220V 电压后,电炉的电功率为 1000W;220V、40W 的灯泡,表示接上 220V 电压后,灯泡的电功率为 40W。用电设备或用电电器上标明的电压是指额定电压,功率是指在额定电压时的电功率。

由功率的计算公式可知,电器电功率的大小,不但与电器的电阻值大小有关,而且还与所加电压和流过电流的大小有关。当电器的电阻一定时,电功率与外加电压的平方成正比,即 $P \propto U^2$ 。如额定电压 110V 的电器,错接到 220V 电源上,电压、电流均为额定值的两倍,电功率则为额定值的四倍,将会烧毁电器。又如一台额定电压为 220V、额定功率为 1000W 的电炉,错接到 380V 电源上,其电压是额定电压的 $\sqrt{3}$ 倍,功率则为额定功率的 3 倍,即为 3000W,电炉将会烧毁。

负载的大小,习惯上就是指用电设备或电器电功率的大小。

当电源电压保持不变时,负载的大小也可用电流的大小来衡量,负载大即电流大,也就是电器的电阻小;负载小即电流小,也就是电器的电阻大。

在实际工作中,常用“度”来表示电功,电功率为 1000W 的电器使用 1 小时,所消耗的电能为 1 度电,即

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦} \times 1 \text{ 小时} = 1 \text{ 千瓦/小时}(\text{kW} \cdot \text{h})$$

度与焦耳之间的关系为

$$1 \text{ 度} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳} = 3600000 \text{ 焦耳}(\text{J})$$

测量电功的仪表是电度表,又称电能表,它可以计量用电设备或电器在某一段时间内所消耗的电能。测量电功率的仪表是功率表,它可以测量用电设备或电器在某一工作瞬间的电功率大小。

15. 什么是楞次定律? 什么是电磁感应定律? 什么是左手定则? 什么是右手定则? 如何应用?

自从 1819 年奥斯特发现了电流可以产生磁场后,人们就想,会不会有相反的现象存在呢? 就是说,磁是不是也可以在导体内引起电流呢? 英国物理学家法拉第经过多次实验,于 1831 年发现了导体在磁场里作相对运动时可以产生电流。以后在此基础上经过系统的研究和实验,制成了发电机,从此,电能在科学技术、生产实践和日常生活中,逐步得到了广泛的应用。

导体在磁场中作垂直切割磁力线运动时,导体内会产生感应电动势,这种现象叫做电磁感应。这个电动势称为感应电动势,导体回路中产生的电流称为感应电流。

楞次定律

感应电流所产生的磁通,总是阻碍原磁通的变化,就是说,原磁通增加时,感应电流所产生磁通的方向和原磁通方向相反;

原磁通减少时,感应电流所产生磁通的方向和原磁通方向相同,这就是楞次定律。

楞次定律是判断线圈内感应电动势与感应电流方向的法则,其方法及步骤如下:

- (1) 明确原磁通 Φ 的方向及其变化趋势,即是增加还是减少;
- (2) 根据楞次定律确定感应电流所产生的磁通的方向;
- (3) 利用右手螺旋定则,判断感应电流的方向,如图 1-5 所示。感应电动势与感应电流的方向是一致的。

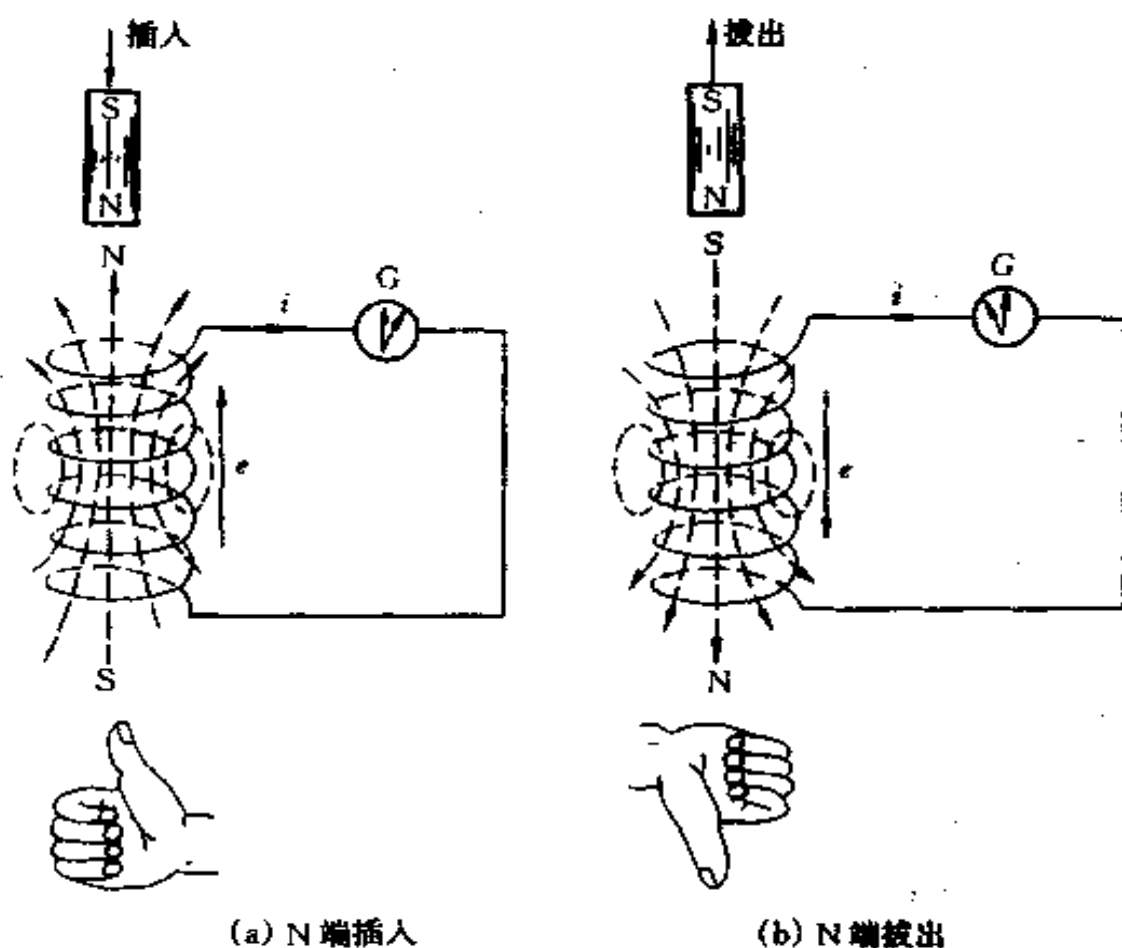


图 1-5 确定感应电流方向的实验

楞次定律只说明了感应电动势的方向,没有说明感应电动

势的大小,要解决这个问题,须引入法拉第电磁感应定律。

法拉第电磁感应定律

从图 1-5 所示的实验中得出,插入或拔出磁铁的速度对检流计指针的偏转有影响,速度快则偏转大,速度慢则偏转小。

法拉第概括和分析了大量的实验结果,总结出如下规律:线圈内感应电动势的大小和磁通变化的速度(即单位时间内磁通变化的数值,又叫磁通的变化率)成正比。这个结论就是法拉第电磁感应定律。

对于一个单匝线圈而言,设原有磁通为 ϕ_1 ,变化后磁通为 ϕ_2 ,则磁通的变化量 $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$,如果磁通量变化 $\Delta\phi$ 所需的时间为 Δt ,那么磁通的变化率就是 $\Delta\phi/\Delta t$ 。因此,根据法拉第电磁感应定律,单匝线圈中产生的感应电动势可表示为

$$e_L = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

式中, $\Delta\phi$ 的单位是韦伯(Wb), Δt 的单位是秒(s), e_L 的单位是伏(V)。

上式说明,当通过单匝线圈的磁通变化率是 1Wb/s 时,就在线圈中产生 1V 的电动势。如果线圈有 N 匝,且每匝都通过相同的磁通 ϕ ,则当磁通变化 $\Delta\phi$ 时,整个线圈中所产生的电动势应等于每匝感应电动势的 N 倍

$$e_L = - N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

电磁感应定律公式中的负号表示感应产生的电流反抗磁通的变化。在应用中,常用楞次定律判断感应电动势的方向,而用法拉第电磁感应定律计算感应电动势的大小(取绝对值)。这两个定律是电磁感应的基本定律。

例：在一个具有 200 匝的线圈内，磁通在经过 0.4s 时间后由 $8 \times 10^{-3} \text{Wb}$ 减到零，求线圈中的感应电动势。

$$\text{解：} e_L = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -200 \times \frac{0 - 8 \times 10^{-3}}{0.4} = 4(\text{V})$$

左手定则

左手定则，又称电动机定则，是判断通电导体在外磁场中受力方向的定则。

具体方法是：伸开左手，大拇指与其余四指垂直，并和手掌在同一水平内；手心朝向 N 极，使磁力线从手心垂直地穿过，四指的指向表示导体的电流方向，如图 1-6 所示。这时大拇指所指的方向就是通电导体所受作用力的方向。

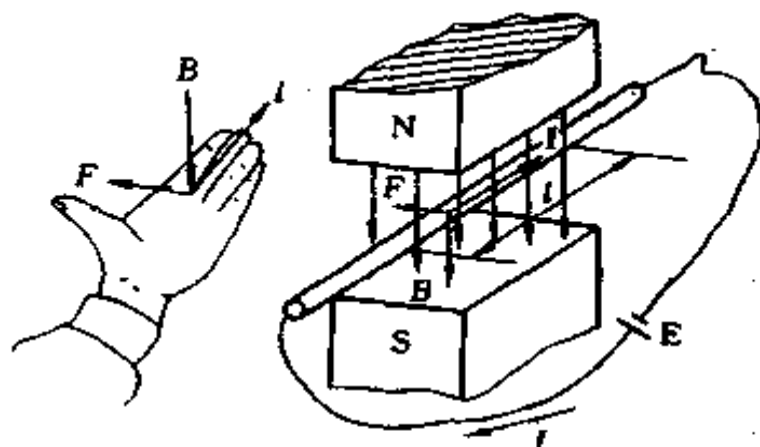


图 1-6 左手定则

右手定则

右手定则，又称发电机定则，是判断导体在磁场中作切割磁力线运动时，导体中所产生的感应电动势方向的定则。

具体方法是：伸开右手，使拇指与其余四指垂直，并和手掌在同一平面内；手心朝向 N 极。使磁力线从手心垂直地穿过，大拇指的指向表示导体的运动方向（即切割磁力线的方向），如图 1-7 所示。这时四指所指的方向，就是感应电动势

的方向。

为了便于记忆,在理解上述定则具体含义的基础上,可简便地记“左动右电”四个字,其含义为用左手是电动机定则,确定受力方向;用右手是发电机定则,确定感应电动势方向。

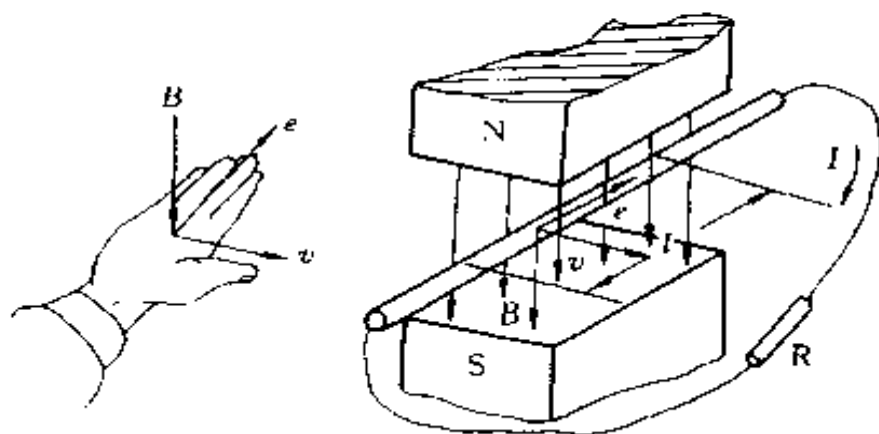


图 1-7 右手定则

16. 什么是正弦交流电？什么是交流电的三要素？

所谓交流电是指大小和方向都随时间作周期性变化的电流(或电压、电动势),我们平时用的交流电是随时间按正弦规律变化的,所以叫做正弦交流电,简称交流,用 AC 表示。

正弦交流电的波形如图 1-8 所示,图中横坐标轴表示时间(t);纵坐标轴表示电流的大小和方向。

由图 1-8 中的波形曲线可以看出,电流从零开始随时间推移而变化至正的最大值,然后逐渐减小到零;又由零开始向负的方向变化直至负的最大值,然后又逐渐减小回到零。正弦交流电就是按照这样的规律作周而复始的变化,变化一次叫作 1 周。

交流电变化 1 周所需的时间,叫做周期。用字母 T 表示,单位是秒(s)。频率为 50 赫兹(Hz)的交流电,周期为 0.02 秒(s)。

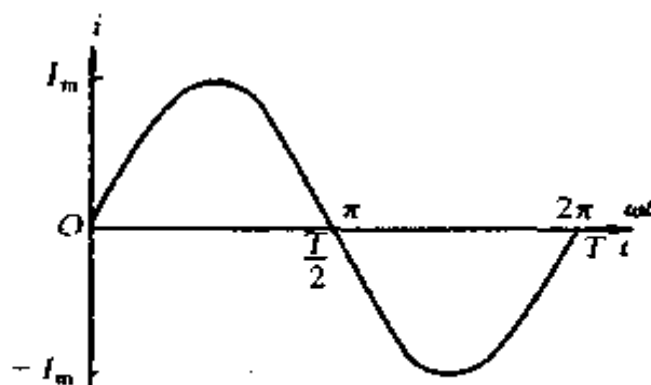


图 1-8 正弦交流电

交流电每秒钟重复变化的周数,叫作频率。用字母 f 表示,单位是赫兹(Hz)。频率与周期互为倒数,也就是反比关系,即

$$f = \frac{1}{T} \text{ 或 } T = \frac{1}{f}$$

交流电的三要素是:角频率、初相位和最大值。

角频率

交流电变化 1 周的电角度为 360° , 等于 2π 弧度(“弧度”二字常省略)。正弦交流电在 1 秒钟内按正弦规律变化的电角度,称为角频率。用字母 ω 表示,单位是弧度/秒(rad/s)。角频率与周期和频率之间的关系为

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

频率为 50Hz 的交流电,其角频率为

$$\omega = 2 \times 3.14 \times 50 = 314(\text{rad/s})$$

角频率是电工学中的一个重要常数,常用于感抗、容抗等电工计算中。

初相位

正弦交流电流的数学表达式一般为

$$i = I_m \sin(\omega t + \phi)$$

式中 $(\omega t + \phi)$ 叫做正弦交流电流的相位，它表示正弦交流量在某一时刻所处的变化状态，不仅决定该时刻瞬时值的大小和方向，还决定正弦交流量的变化趋势。当计时开始 ($t = 0$) 时， $\omega t = 0$ ，此时正弦量的相位 ϕ 叫做初相位，又称初相角，简称初相。

两个同频率的正弦量之间的相位差 ϕ 为

$$\phi = (\omega t + \phi_1) - (\omega t + \phi_2) = \phi_1 - \phi_2$$

可见，相位差就是两个同频率的正弦量初相之差。

同相：即 $\phi_1 = \phi_2$ ， $\phi = 0$ ，此时两个正弦交流量同时到达最大值或零值。

反相：即 $\phi = 180^\circ$ ，此时一个交流量到达正的最大值，而另一个交流量到达负的最大值。

超前：即 $\phi_1 - \phi_2 > 0$ ，此时一个交流量超前于另一个交流量。

滞后：即 $\phi_1 - \phi_2 < 0$ ，此时一个交流量滞后于另一个交流量。

应该指出，只有同频率的正弦量之间，才有相位差、超前、滞后等概念，并规定超前或滞后的角度数不超过 $\pi(180^\circ)$ 。频率不同时，相位不能进行比较。

最大值

任一瞬间正弦交流电的数值，称为瞬时值。用小写字母 e 、 u 、 i 表示。

正弦交流电的最大瞬时值，称为正弦交流电的最大值，又称为峰值。用大写字母并在其右下角注上 m 表示，如用 E_m 、 U_m 、 I_m 分别表示电动势、电压、电流的最大值。最大值反映了正弦交流电的变化幅度，所以又称为振幅。一个正弦交流量的最大值是固定的，不同的交流量有各自不同的最大值。瞬时值与最

大值的关系为

$$e = E_m \sin \omega t$$

$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

17. 在正弦交流电中,什么是有效值? 写出有效值与最大值的关式。

交流电的大小和方向是随时间变化的。瞬时值在最小值与最大值之间变化,没有固定的数值,因此,不能随意用一个瞬时值来反映交流电的做功能力,如果用最大值,就夸大了交流电的做功能力,因为交流电在绝大部分时间内都比最大值要小。这就需要选用一个数值来等效地反映交流电的做功能力。为此,引出了交流电的有效值这一概念。

正弦交流电的有效值是这样定义的:如果交流电流通过一个电阻,在一个周期内所产生的热量和某一直流电流通过同一阻值电阻在相同时间内产生的热量相等,那么,这个直流电的电流值就称为交流电的有效值。类似地,可定义正弦交流电动势、正弦交流电压的有效值。正弦交流电动势、电压、电流的有效值分别用字母 E 、 U 、 I 表示。

我们平时所说的交流电的电动势、电压、电流的大小都是指它的有效值;交流电气设备铭牌上所标的额定电压、额定电流以及各种电工仪表所指示的数值,也都是有效值。今后在谈到交流电的数值时,若无特殊注明,都是指有效值。

交流电的最大值是有效值的 $\sqrt{2}$ 倍,正弦交流电动势、电压、电流的最大值分别用字母 E_m 、 U_m 、 I_m 表示。平时说的相电压 220V、线电压 380V,都是指有效值,它们的最大值分别为 $\sqrt{2} \times 220V = 311V$ 、 $\sqrt{2} \times 380V = 537V$ 。

交流电的有效值是最大值的 $1/\sqrt{2}$ 。有效值和最大值之间的关系式为

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707E_m \text{ 或 } E_m = \sqrt{2}E = 1.414E$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707U_m \text{ 或 } U_m = \sqrt{2}U = 1.414U$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707I_m \text{ 或 } I_m = \sqrt{2}I = 1.414I$$

18. 什么是感抗？什么是容抗？什么是阻抗？它们的计算方法及阻抗三角形的含义是什么？

(1) 感抗

电感是线圈自身的一种固有特性。线圈中的电流变化时，便会产生(自)感应电动势。电感用字母 L 表示，其单位有亨(H)、毫亨(mH)、微亨(μH)，且 $1\text{H} = 1000\text{mH} = 1000000\mu\text{H}$ 。

在交流电路中，线圈(即电感)具有阻碍交流电流通过的作用，这种阻碍作用称为感抗，用字母 X_L 表示，单位是 Ω 。感抗与电感的关系式是

$$X_L = 2\pi fL$$

式中 X_L ——感抗(Ω)；

π ——圆周率(≈ 3.14)；

f ——交流电频率(Hz)；

L ——线圈电感量(H)。

由感抗计算公式可见，感抗的大小与电感量和频率成正比。由于直流电的频率 $f = 0$ ，故电感(线圈)对直流电的“阻力”为零($X_L = 0$)，即线圈不会阻碍直流电流的通过。

(2) 容抗

电容器(简称电容)一般由两块金属片中间隔以绝缘介质组成。电容用字母 C 表示,其单位是法拉(F),由于 F 这个单位太大,故实用中常用微法(μF)或皮法(pF), $1\text{F} = 10^6\mu\text{F} = 10^{12}\text{pF}$ 。

电容器接在交流电路中,电容器中并不是真的有电流通过,只是在电压作用下作周期性的充放电,才使电路中产生交流电流。电容器的充放电作用是决定电流大小的主要因素。在交流电路中,由于电容器周期性的充电和放电,电容器两极上建立的电压极性与电源电压极性总是相同的,因此,电容器极板上的电压相当于反电动势,对交流电流具有阻碍作用,这种阻碍作用称为容抗,用字母 X_C 表示,单位是 Ω 。电容器的容抗 X_C 与交流电的频率 f 和电容器本身的电容值 C 成反比,即

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

式中 X_C ——容抗(Ω);

π ——圆周率(≈ 3.14);

f ——交流电频率(Hz);

C ——电容值(μF)。

因直流电的频率 $f=0$,电容(器)对直流电的阻力(X_C)趋于无穷大(∞),所以,直流电无法通过电容器,即在稳态情况下,电容对直流电就像是“开路”或“断路”。

(3) 阻抗

在电感与电容串联的电路中,对交流电流所起的阻碍作用称为电抗。用字母 X 表示。电抗为感抗 X_L 与容抗 X_C 的代数和,即

$$X = X_L + (-X_C) = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

由于线圈 L 上的电压与电容器 C 上的电压有 180° 的相位

差,所以电容的容抗取负号。

在电阻、电感和电容串联的电路中,对交流电流所起的阻碍作用称为阻抗。用字母 Z 表示,单位是 Ω 。交流电路中的阻抗是该电路电阻与电抗的几何和,即

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

交流电路中电阻、电抗与阻抗三者之间的关系,可用阻抗三角形表示,如图 1-9 所示。它表明在有电阻、电抗的串联电路中,阻抗 Z 与电阻 R 、电抗 X 的关系为

$$Z^2 = R^2 + X^2$$

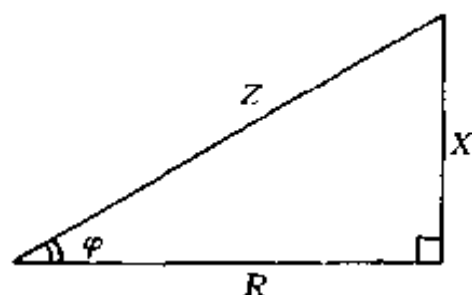


图 1-9 交流电路的阻抗三角形

19. 什么是 RL 电路？什么是 RC 电路？它们各有什么特点？如何计算？

(1) RL 电路

把电阻与线圈串联后接在交流电源上,称为电阻与电感的串联电路,即 RL 电路,如图 1-10 所示。

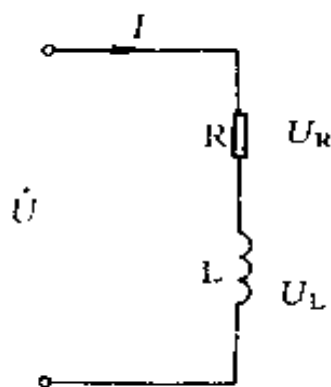


图 1-10 RL 电路

严格地讲,只是一个单独的线圈接在交流电源上,也相当于一个电阻与电感的串联电路,这是因为线圈本身具有一定的电阻值。采用电感式镇流器的日光灯电路,由于镇流器线圈与灯管灯丝相串联,就是一个 RL 串联电路。

(2) RL 串联电路的特点

① 电路中流过的是同一电流 I 。其中流过电阻 R 的电流 I_R 与 R 上的电压 U_R 相位相同,流过电感 L

的电流 I_L 滞后于 L 上的电压 U_L 90° , 因此, 电流 I 是滞后于电压 U 的, 如图 1-11 所示。在这里, 电路中的总电压不能简单地将各分电压的数值相加, 而必须采用正弦量的矢量表示法计算。我们知道, 仅有大小的量称为标量, 而既有大小又有方向的量称为矢量。

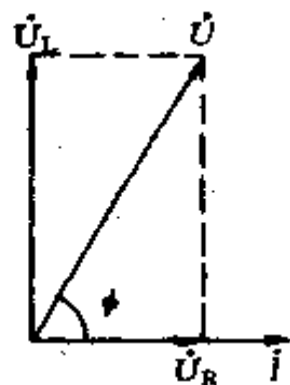


图 1-11 RL 串联电路的矢量图

为了表示交流电的矢量性质, 通常在电动势、电压及电流的有效值字母上加一箭头或加一个圆点, 表示这个量不但要考虑其大小, 还要考虑其相位, 如 \vec{E} 、 \vec{U} 、 \vec{I} 或 \dot{E} 、 \dot{U} 、 \dot{I} 等。

图 1-11 的矢量表示法说明, 作出矢量图, 求出其中平行四边形的对角线, 就得到 \vec{U}_R 和 \vec{U}_L 的矢量和。总电压有效值为

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L)^2} = I\sqrt{R^2 + X_L^2}$$

式中 U —— 总电压有效值(V);

U_R —— 电阻两端的电压(V);

U_L —— 电感两端的电压(V);

I —— 电路中电流的有效值(A);

$\sqrt{R^2 + X^2}$ —— RL 电路的总阻抗(Ω)。

② 电路中只有电阻 R 消耗能量, 其有功功率为

$$P = U_R I = UI \cos\phi = S \cos\phi$$

式中 P —— 有功功率(W);

S —— 视在功率(VA);

$\cos\phi$ —— 功率因数(%)。

(3) RC 电路

把电阻与电容器串联后接在交流电源上, 就得到了电阻与电容的串联电路, 即 RC 电路, 如图 1-12 所示。这种电路经常用作

移相电路、过电压保护电路等。

(4) RC 串联电路的特点

① 电路中流过的是同一电流 I 。其中流过电阻 R 的电流 I_R 与 R 上的电压 U_R 相位相同，流过电容 C 的电流 I_C 超前于 C 上的电压 U_C 90° ，因此，电流 I 是超前于电压 U 的，如图 1-13 所示。

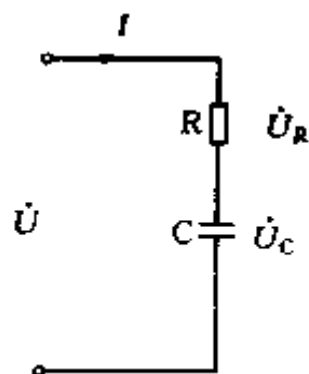


图 1-12 RC 串联
电路

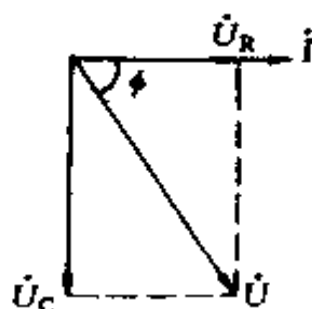


图 1-13 RC 串联
电路的矢量图

总电压有效值为

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = \sqrt{(IR)^2 + (IX_C)^2} = I\sqrt{R^2 + X_C^2}$$

式中 U —— 总电压有效值(V)；

U_R —— 电阻两端的电压(V)；

U_C —— 电容两端的电压(V)；

I —— 电路中电流的有效值(A)；

$\sqrt{R^2 + X_C^2}$ —— RC 电路的总阻抗(Ω)。

② RC 串联电路的功率可由下式得出：

$$S = \sqrt{P^2 + Q_C^2}$$

$$P = S \cos \phi$$

$$Q_C = S \sin \phi$$

式中 S —— RC 电路的视在功率(VA);
 P —— RC 电路的有功功率(W);
 Q_c —— RC 电路的无功功率(Var)。

20. 什么是三相交流电? 如何表示?

在日常生活中,我们接触较多的是单相交流电,而在实际工作中,我们接触更多的是三相交流电。在输电距离、输送功率、功率因数、电压损失和功率损耗等相同的条件下,三相交流电的传输比单相交流电的传输经济得多,从而可以节约有色金属材料的消耗,而且三相电动机的性能比单相的好,结构也简单,便于维护,所以三相交流电得到了广泛应用。

三个具有相同频率、相同振幅,但在相位上彼此相差 120° 的正弦交流电压、电流或电动势,统称为三相交流电。

三相交流电中的三个正弦交流电习惯上称为 A、B、C 三相。国标 GB4026 规定:交流供电系统的电源 A 相、B 相、C 相分别用 L1、L2、L3 表示,其相色漆的颜色分别为黄色、绿色和红色。交流供电系统中电气设备接线端子的 A 相、B 相、C 相则分别用 U、V、W 表示,如三相电动机三相绕组的首端和尾端分别为 U1 和 U2、V1 和 V2、W1 和 W2。

图 1-14 表示一个最简单的三相交流发电机的构造。发电机的三相对称绕组即 U1U2、V1V2、W1W2 在尺寸、匝数和绕法上完全相同,只是在空间上彼此相隔 120° 。当装有激磁线圈的转子在汽轮机或水轮机带动下以恒定速度旋转时,根据电磁感应原理,定

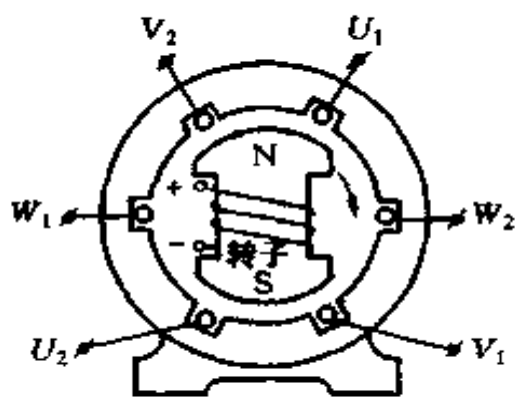


图 1-14 三相发电机的原理示意图

于三相绕组中就会产生三相对称的交流电动势,其瞬时值的表达式为

$$e_u = E_{um} \sin \omega t$$

$$e_v = E_{vm} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_w = E_{wm} \sin(\omega t + 120^\circ)$$

对应的 e_u 、 e_v 、 e_w 波形图和矢量图,如图 1-15 所示。

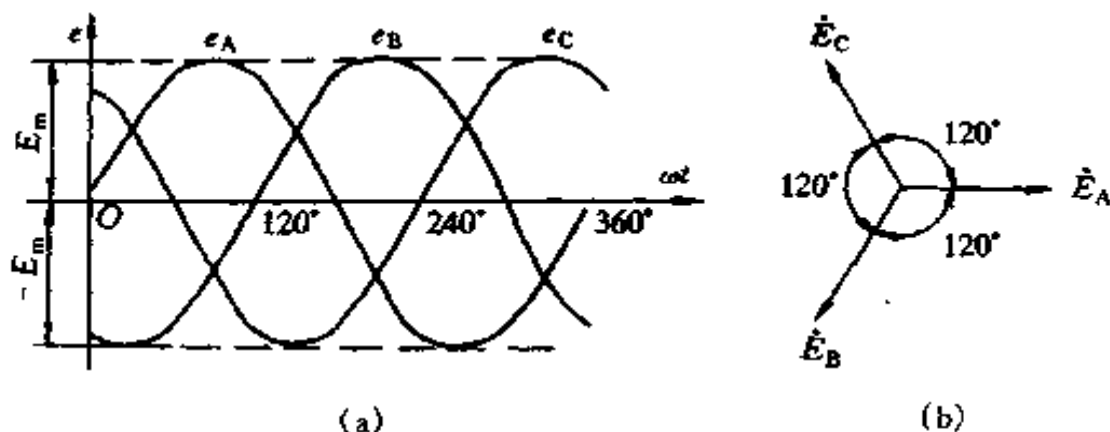


图 1-15 对称三相电动势的波形图和矢量图

三相交流电在某一特定时间内相位排列的先后顺序称为相序。平时所说的正相序（即顺相序）为 A-B-C 或 B-C-A 或 C-A-B，就是表示 A 相超前 B 相 120° 。B 相超前 C 相 120° ，C 相又超前 A 相 120° ；反之称为负序或逆序，如 A-C-B。实际工作中，一台三相异步电动机按 A-C-B 逆序接入三相电源后，当电动机反转时，任意调换电动机三相电源的两个接线端，即无论接成 A-B-C 或 B-C-A 或 C-A-B，均可使电动机改接成正转。

由于三相交流电在相位上彼此相差 120° ，因此，无论是电流、电压，还是电动势，只要三相对称，则任一瞬间的矢量和都等于零。

21. 三相交流电路中的负载有哪两种接法？相值及线值之间有什么关系？

在分析三相交流电路中的负载连接方法及关系时，必然要联系到相值及线值的关系。

线电压 指相线(火线)与相线之间的电压,即 L1(U)与 L2(V)、L2(V)与 L3(W)、L3(W)与 L1(U)之间的电压;通常用 $U_{\text{线}}$ 或 U_{L} 表示。我国低压系统中的线电压为 380V,高压系统中的线电压为 10kV、35kV 等。

相电压 指电源的每相绕组或每相负载两端的电压,通常用 $U_{\text{相}}$ 或 $U_{\text{φ}}$ 表示。低压系统中的相电压为 220V,高压 10kV 系统中的相电压为 5.8kV,它们均为线电压的 $1/\sqrt{3}$ 。

线电流 指相线(火线)中流过的电流,通常用 $I_{\text{线}}$ 或 I_{L} 表示。

相电流 指电源每相绕组或每相负载中流过的电流,通常用 $I_{\text{相}}$ 或 I_{xg} 表示。

三相四线制供电系统中的负载有两类,即单相负载与三相负载。凡有两条引出线的电器或设备,如电灯、电炉、电风扇及电冰箱等,都是单相负载;另一类有 U、V、W 三个接线端的设备,如三相异步电动机等,是三相负载。

负载接到三相电源上去,有星形与三角形两种连接方式。负载以何种方式与三相电源连接,主要是根据负载的额定电压和电源电压来决定。

负载的星形连接

将三相负载的一端分别接到三相电源的三条相线上,另一端接在零线上,称为负载的星形连接,简称 Y 接,用字母 Y 表示,如图 1-16 所示。如果三相负载的性质(电阻性、电感性或

电容性)和大小都相同,则称为三相对称负载或平衡负载。由于三相对称负载三相电流的矢量和等于零,因此,星形连接点电位也为零。此时可以不接零线,即可采用三相三线供电方式,如三相异步电动机三相绕组的星形连接点不必接在零线上。

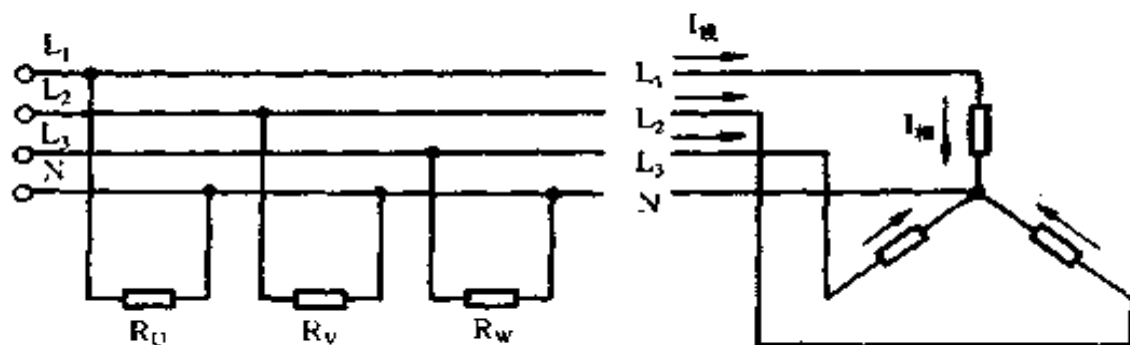


图 1-16 三相负载的星形连接

星形连接时,线电压是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍:

$$U_{\text{线}} = \sqrt{3} U_{\text{相}} \quad \text{即} \quad 380\text{V} = 1.732 \times 220\text{V}$$

相电压是线电压的 $1/\sqrt{3}$ (0.58)倍:

$$U_{\text{相}} = 1/\sqrt{3} U_{\text{线}} \quad \text{即} \quad 220\text{V} = 0.58 \times 380\text{V}$$

线电流等于相电流:

$$I_{\text{线}} = I_{\text{相}}$$

负载的三角形连接

将三相负载依次接在三相电源的两根相线之间,称为负载的三角形连接,简称 Δ 接,用字母 D 表示,如图 1-17 所示。

三角形连接时,由于三相负载跨接在两根相线之间,采用三相三线制供电方式,因此,负载的相电压等于电源的线电压,即

$$U_{\text{相}} = U_{\text{线}} \quad \text{或} \quad U_{\text{线}} = U_{\text{相}}$$

电源的线电流等于负载相电流的 $\sqrt{3}$ 倍,即

$$I_{\text{线}} = \sqrt{3} I_{\text{相}} \quad \text{或} \quad I_{\text{相}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot I_{\text{线}}$$

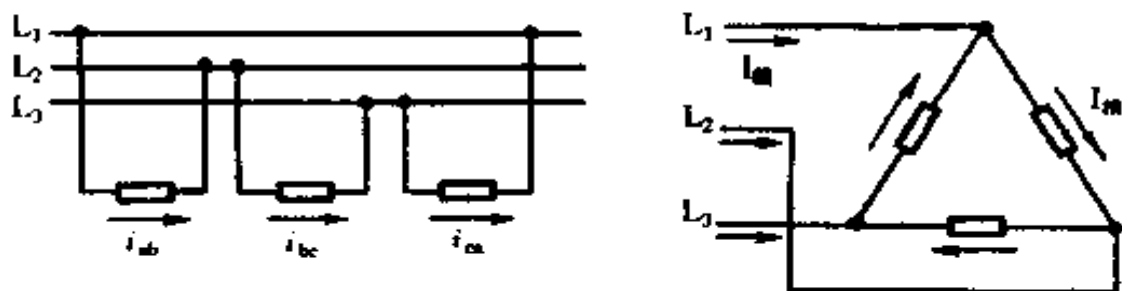


图 1-17 三相负载的三角形连接

且线电流相位滞后于相电流相位 30° 。

22. 什么是有功功率、无功功率、视在功率及功率三角形？三相电路的功率如何计算？

(1) 有功功率

在交流电路中，凡是消耗在电阻元件上、功率不可逆转换的那部分功率（如转变为热能、光能或机械能）称为有功功率，简称“有功”，用 P 表示，单位是瓦(W)或千瓦(kW)。它反映了交流电源在电阻元件上做功的能力大小，或单位时间内转变为其它能量形式的电能数值。实际上它是交流电在一个周期内瞬时功率的平均值，故又称平均功率。它的大小等于瞬时功率最大值的 $1/2$ ，就是等于电阻元件两端电压有效值与通过电阻元件中电流有效值的乘积。

(2) 无功功率

在交流电路中，凡是具有电感性或电容性的元件，在通电后便会建立起电感线圈的磁场或电容器极板间的电场。因此，在交流电每个周期内的上半部分（瞬时功率为正值）时间内，它们将会从电源吸收能量用来建立磁场或电场；而下半部分（瞬时功率为负值）的时间内，其建立的磁场或电场的能量又返回电源。因此，在整个周期内这种功率的平均值等于零。就是说，电源的能量与磁场能量或电场能量在进行着可逆的能量转换，而并不

消耗功率。

为了反映以上事实并加以表达,将电感或电容元件与交流电源往复交换的功率称为无功功率,简称“无功”,用 Q 表示,单位是乏(Var)或千乏(kVar)。无功功率是交流电路中由于电抗性元件(指纯电感或纯电容)的存在,而进行可逆性转换的那部分电功率。它表达了交流电源能量与磁场或电场能量交换的最大速率。

实际工作中,凡是有线圈和铁心的感性负载,它们在工作时建立磁场所消耗的功率即为无功功率。如果没有无功功率,电动机和变压器就不能建立工作磁场。

(3) 视在功率

交流电源所能提供的总功率,称为视在功率或表现功率,在数值上是交流电路中电压与电流的乘积。视在功率用 S 表示,单位为伏安(VA)或千伏安(kVA)。它通常用来表示交流电源设备(如变压器)的容量大小。

视在功率既不等于有功功率,又不等于无功功率,但它既包括有功功率,又包括无功功率。能否使视在功率 100kVA 的变压器输出 100kW 的有功功率,主要取决于负载的功率因数。

(4) 功率三角形

视在功率(S)、有功功率(P)及无功功率(Q)之间的关系,可以用功率三角形来表示,如图 1-18 所示。它是一个直角三角形,两直角边分别为 Q 与 P ,斜边为 S 。 S 与 P 之间的夹角 ϕ 为功率因数角,它反映了该交流电路中电压与电流之间的相位差(角)。

各种功率之间有如下关系式:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

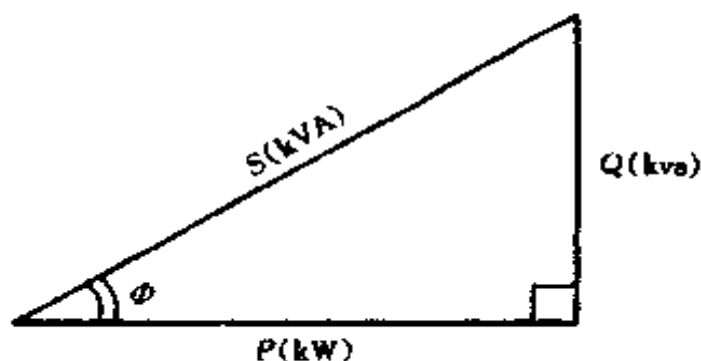


图 1-18 功率三角形

(5) 三相交流电路中的功率计算

对于三相对称负载来说,不论负载是 Y 形接法还是 Δ 形接法,其功率的计算均可按下式进行:

有功功率:

$$P = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \cos\phi \quad \text{或}$$

$$P = \sqrt{3} U_{\text{线}} I_{\text{线}} \cos\phi \quad \text{或}$$

$$P = 3I_{\text{相}}^2 R$$

无功功率:

$$Q = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \sin\phi \quad \text{或}$$

$$Q = \sqrt{3} U_{\text{线}} I_{\text{线}} \sin\phi \quad \text{或}$$

$$Q = 3I_{\text{相}}^2 X$$

视在功率:

$$S = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \quad \text{或}$$

$$S = \sqrt{3} U_{\text{线}} I_{\text{线}} \quad \text{或}$$

$$S = 3I_{\text{相}}^2 Z$$

如果三相电路的负载不对称,则上述公式不能使用,这时必须用三个单相电路功率相加的方法计算三相总功率。

23. 什么是功率因数？如何计算？

在交流电路中，相电压与相电流之间的相位差(ϕ)的余弦，叫做功率因数，用 $\cos\phi$ 表示，在数值上，功率因数是有功功率与视在功率的比值。它反映了用于有功的“电力”在电源提供的总功率(视在功率)中所占的比率。所以，在电力行业中又把功率因数称为力率。

功率因数低的根本原因是电感性负载的存在。例如，生产中最常用的交流异步电动机在额定负载时的功率因数一般为 0.7~0.9，如果在轻载时其功率因数就更低。其它设备如工频炉、电焊变压器以及日光灯等，负载的功率因数也都是较低的。从功率三角形及其相互关系式中不难看出，在视在功率不变的情况下，功率因数越低(ϕ 角越大)，有功功率就越小，同时无功功率却越大。这将使供电设备的容量不能得到充分利用，例如容量为 1000kVA 的变压器，如果 $\cos\phi = 1$ ，即能送出 1000kW 的有功功率；而在 $\cos\phi = 0.7$ 时，则只能送出 700kW 的有功功率。功率因数低不但降低了供电设备的有效输出，而且加大了供电设备及线路中的损耗，因此，必须采取并联电容器等补偿无功功率的措施，以提高功率因数。

功率因数既然表示了总功率中有功功率所占的比例，显然在任何情况下功率因数都不可能大于 1。由功率三角形可见，当 $\phi = 0^\circ$ 即交流电路中电压与电流同相位时，有功功率等于视在功率。这时 $\cos\phi$ 的值最大，即 $\cos\phi = 1$ ，当电路中只有纯阻性负载，或电路中感抗与容抗相等时，才会出现这种情况。

感性电路中电流的相位总是滞后于电压，此时 $0^\circ < \phi < 90^\circ$ ，此时称电路有“滞后”的 $\cos\phi$ ；而容性电路中电流的相位总是超前于电压，这时 $-90^\circ < \phi < 0^\circ$ ，称电路有“超前”的 $\cos\phi$ 。

功率因数的计算方法很多,主要有直接计算法和查表法。常用的计算公式为

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

$$\cos\phi = \frac{R}{Z}$$

$$\text{平均功率因数} = \frac{\text{有功功率电量}}{\sqrt{\text{有功电量}^2 + \text{无功电量}^2}} = \frac{W_P}{\sqrt{W_P^2 + W_Q^2}}$$

24. 在低压三相四线制(380V/220V)供电系统中,零线的作用是什么?零线断线时有什么后果?

变压器二次侧中性点直接接地称为工作接地,由于中性点直接与大地零电位连接,因此,引出的中性线称为零线,即 TN-C 系统(三相四线制供电系统)中的 PEN 线。在三相四线制(380V/220V)供电系统中零线的主要作用是:

(1) 在三相负载不平衡的情况下,零线导通,不平衡电流流回中性点,从而使供电系统的线电压、相电压基本保持平衡;

(2) 当采用保护接零的电气设备绝缘损坏发生碰壳时,短路电流将通过零线构成回路,由于零线阻抗较小,所以短路电流将很大,它促使保护装置迅速动作以断开电源,从而起到保护作用;

(3) 零线还是单相 220V 电气设备的电源回路。

如图 1-19 所示,在三相负载不平衡(A 相负载最小、B 相负载稍大、C 相负载最大)的情况下,零线一旦断路,将产生严重后果,分述如下:

(1) 当零线在 a 点发生断线时,凡连接在断开点以后的单相负载,其火线、零线都带电,但没有电压,因此,负载无法正常

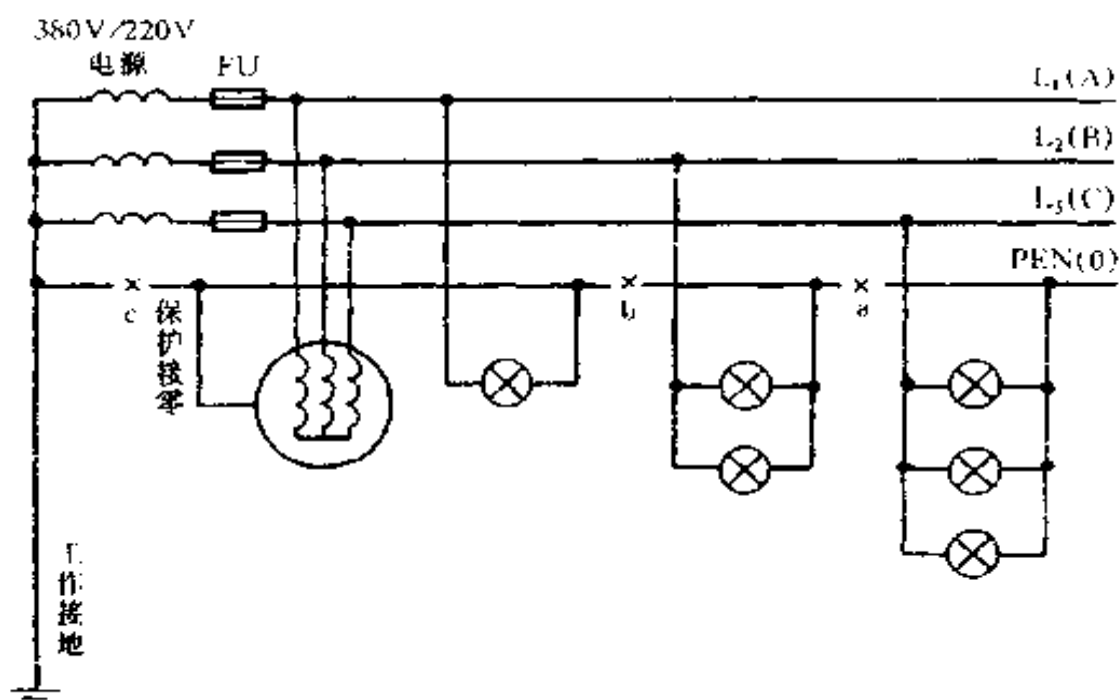


图 1-19 三相负载不平衡时零线断线示意图

工作；

(2) 当零线在 b 点发生断线时,接在断开点以后的 B 相 (I₂) 和 C 相 (I₃) 的单相负载相当于串联后接在 B、C 两相 (380V) 上,造成负载大的 C 相电压低,负载小的 B 相电压高。如果 B 相和 C 相负载一样大,则 B 相和 C 相负载各承受电压 190V;

(3) 当零线在 c 点发生断线时,由于没有零线导通不平衡电流,为维持三相电流的矢量和等于零,其中性点必将向负载大的 C 相方向位移,造成三相电压不平衡,即负载大的 C 相电压低,而负载小的 A 相电压高。三相负载不平衡程度越严重,中性点位移量越大,三相电压不平衡程度也越严重;

(4) 由于零线断线造成三相电压畸变,使电气设备工作特性发生变化,电压过低无法工作,电压过高将缩短使用寿命,甚至烧毁设备造成经济损失;

(5) 零线一旦断线,采用保护接零的电气设备将失去保护;设备一旦漏电,将会造成人身触电。这时,即使设备不漏电,由于零线本身带有危险电压使设备外壳带电,同样会造成人身触电事故。

在低压三相四线制(380V/220V)供电系统中,由于单相负载的存在,必然造成三相负载不平衡。为保证零线的安全性和可靠性,规程规定零线电流不得超过相线电流的 25%,在主干零线上不得装设开关和熔断器,零线的截面不得小于相线截面的 1/2。

三、常用电工仪表及互感器

25. 电工仪表都有哪些常见类型? 其误差的种类及表达形式是什么? 仪表上的字母、符号的含义是什么?

电工仪表种类繁多,按其结构和用途等,可分为指示仪表、积算仪表(如电度表)、校量仪表(如电桥)、数字仪表、记录仪表及校验装置等。

指示仪表是电气工程中最常用的仪表。按其使用方式可分为开关板式和便携式两大类;按其测量对象可分为电压表、电流表、功率表及功率因数表等;按其工作电流可分为直流表、交流表及交直流两用表;按其使用条件可分为 A、A₁、B、B₁、C 五个组别;按其防御外界磁场或外界电场的性能可分为 I、II、III 及 IV 四个等级;按其准确度等级可分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、及 5.0 七个等级;按其工作原理可分为磁电系、电磁系、电动系、整流系、感应系、电子系及静电系等。它们的原理简述如下:

磁电系仪表 主要由永久磁铁和可动线圈组成。其技术特

性为:标度尺刻度均匀,准确度高,受外界磁场影响小,消耗功率小,过载能力小,直接测量时仅适用于直流。

电磁系仪表 主要由固定线圈和可动铁片组成。其技术特性为:可用于交、直流测量,结构简单,过载能力强,标度尺刻度不均匀,防御外界磁场能力较差。

电动系仪表 主要由固定线圈和可动线圈组成。常用于功率表及功率因数表等。其技术特性为:可用于交、直流测量,标度尺刻度因表而异,准确度高,过载能力较差,消耗功率大,防御外界磁场能力较差。

整流系仪表 是由磁电系仪表测量机构和整流装置组成,用于交流测量。其技术特性基本上与磁电系相同。

仪表误差有基本误差和附加误差两种:

基本误差 仪表在规定的**工作条件**(即在规定的温度、湿度、放置方式,且没有外界磁场或外界电场干扰)下测量时,由于仪表制造工艺的限制,仪表本身固有的误差,如:摩擦误差、标度尺误差、轴承与轴尖间隙造成的倾斜误差等。

附加误差 仪表在不符合规定的工作条件下(指温度、湿度、放置方式、外电场、外磁场和频率等不符合规定)测量时所产生的误差。附加误差实际上是一种因工作条件改变而造成的额外误差。

仪表误差有以下3种表达形式:

绝对误差 仪表指示值 A_x 与被测量的实际值 A_0 之间的差值,叫做绝对误差,用 Δ 表示。即

$$\Delta = A_x - A_0$$

相对误差 绝对误差 Δ 与被测量的实际值 A_0 比值的百分数,叫做相对误差,用 γ 表示。即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

引用误差 绝对误差 Δ 与仪表最大读数(满刻度值) A_m 比值的百分数,叫做引用误差,用 γ_m 表示。即

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

在电工仪表的刻度盘或面板上,通常用各种不同的符号、字母来说明仪表的技术性能。电工仪表常用的符号、字母如表1-1所示。

表 1-1 电工仪表常用符号及字母

(I) 测量单位的符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
安培	A	伏特	V	赫兹	Hz
千安	kA	千伏	kV	千赫	kHz
毫安	mA	毫伏	mV	兆赫	MHz
微安	μ A	微伏	μ V	亨利	H
欧姆	Ω	瓦特	W	毫亨	mH
千欧	k Ω	千瓦	kW	微亨	μ H
兆欧	M Ω	兆瓦	MW	法拉	F
毫欧	m Ω	乏	Var	微法	μ F
微欧	μ Ω	千乏	kVar	皮法	pF
太欧	T Ω	兆乏	MVar	库仑	C
相位角	ϕ	功率因数	cos ϕ	毫韦伯	mWb
摄氏温度	$^{\circ}$ C			毫特斯拉 (毫韦伯/米 ²)	mT

(2) 仪表的符号

名称	符号	名称	符号
磁电系仪表		电动系比率表	
磁电系比率表		铁磁电动系仪表	
电磁系仪表		感应系仪表	
电磁系比率表		静电系仪表	
电动系仪表		整流系仪表	
外附定值分流器 75mV	75mV 	外附定值附加电阻器 7.5mA	7.5mV



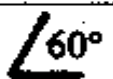
(3) 电流种类的符号

名称	符号	名称	符号
直流	—	直流和交流	
交流(单相)	~	具有单元件的三相平衡 负载交流	





(4) 准确度等级的符号

名称	符号
以标度尺上量限百分数表示的准确度等级,例如 1.5 级	1.5
以标度尺长度百分数表示的准确度等级,例如 1.5 级	
以指示值的百分数表示的准确度等级,例如 1.5 级	




(5) 工作位置的符号

名 称	符 号
标度尺位置为垂直的	
标度尺位置为水平的	
标度尺位置与水平面倾斜成一角度,例如 60°	






(6) 绝缘强度的符号

名 称	符 号
不进行绝缘强度试验	
绝缘强度试验电压为 500V	
绝缘强度试验电压为 2kV	
危险(测量线路与外壳间的绝缘强度不符合标准规定,符号为红色)	









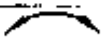
(7) 按外界条件分组符号

名 称	符 号
I 级防外磁场(例如磁电系)	
I 级防外电场(例如静电系)	
II 级防外磁场及电场	

续表

名 称	符 号
Ⅲ级防外磁场及电场	
Ⅳ级防外磁场及电场	
B组仪表	
B ₁ 组仪表	
C组仪表	

(8) 端钮和调零器的符号

名 称	符 号
负端钮	
正端钮	
公共端钮(多量限仪表)	
交流端钮	
电源端钮(功率表,无功功率表,相位表)	
接地用的端钮(螺钉或螺杆)	
与外壳相连接的端钮	
与屏蔽相连接的端钮	
调零器	

26. 简述电流表和电压表的工作原理及其使用方法。

(1) 电流的测量

测量电路中的电流应使用电流表。根据被测电流大小的不同,电流表又分为千安表(kA)、安培表(A)、毫安表(mA)和微安表(μA)等;测量小于 $1\mu\text{A}$ 的电流应采用检流计。测量直流电流通常采用磁电系电流表,测量交流电流则多采用电磁系或整流系电流表。

测量电流时,必须将电流表串联在电路中,如图 1-20(a)所示。为了使电路的工作状态不因接入电流表而受影响,电流表的内阻必须很小,通常其内阻近似等于零。如果误将电流表并联在电路中,如图 1-20(b)所示,则电流表将会烧毁,并造成电路短路。

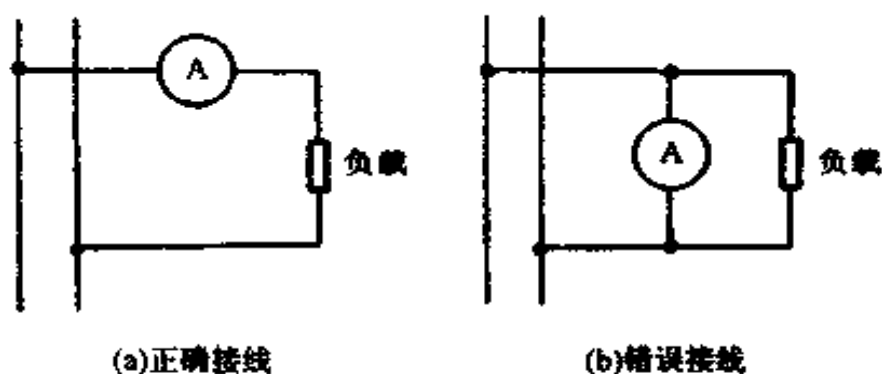


图 1-20 电流表的接线

采用磁电系电流表测量直流电流时,因其测量机构(即表头内可动线圈及游丝)所允许通过的电流很小(一般只允许在 100mA 以内),因此不能直接测量较大的电流。为了扩大它的测量范围,通常在测量机构上并联一个称为分流器的低值电阻(R_S),如图 1-21 所示。这样通过表头的电流 I_C 只是被测电流 I_X 的很小一部分,而大部分被测电流由分流器通过。这种方法

叫做扩大量程,简称“扩程”。

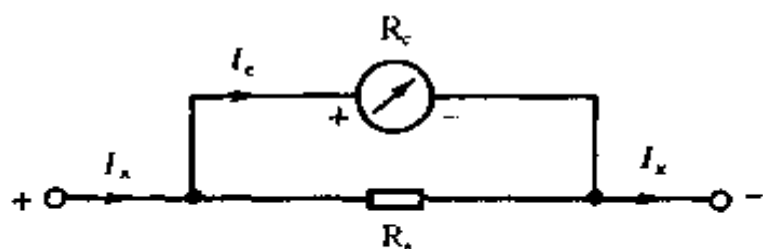


图 1-21 直流电流表的扩程

用电磁系电流表测量交流电流时,不用分流器来扩大量程,这是因为一方面电磁系电流表的线圈是固定的,可以允许通过较大电流(最大电流可达 200A);另一方面,在测量交流时,电流的分配不仅与电阻有关,而且还与电感有关,因此分流器很难做得精确。如果要测量几百安培以上的交流电流时,可利用电流互感器 TA 来扩大量程,如图 1-22 所示。

(2) 电压的测量

电压表是用来测量电源、负载或某段电路两端电压的仪表。由于电压表一般测量时直接与被测电路并联连接,因此,电压表必须具备较大的内阻。否则通过表头的电流过大,会使仪表烧毁,影响被测电路的正常工作状态,测量误差也会增大。所以,要求电压表的内阻远远大于电流表的内阻,而且内阻越大越好。电压表的接线如图 1-23 所示。

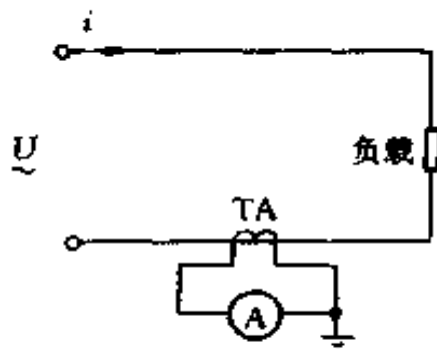


图 1-22 交流电流表的扩程

直流电压表按其量程范围一般可分为毫伏表(mV)、伏特表(V)和千伏表(kV)。由于直流电压表一般采用磁电系测量机构,只能允许通过 100mA 以下的小电流,所以它只能测量很低的电压。为了满足测量较高电压的需要,就要扩大量程,磁电系

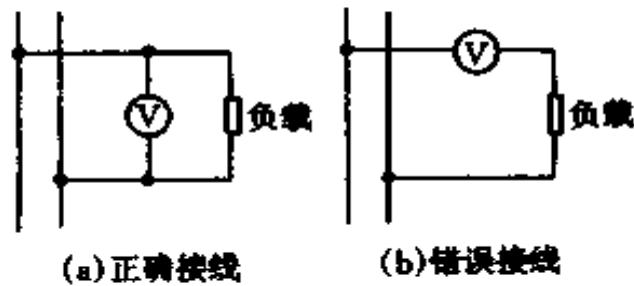


图 1-23 电压表的接线

电压表的扩程,一般采用将电压表的内阻 R_c 与附加电阻 R_s (又称分压器或倍压器) 串联的方法,如图 1-24 所示。

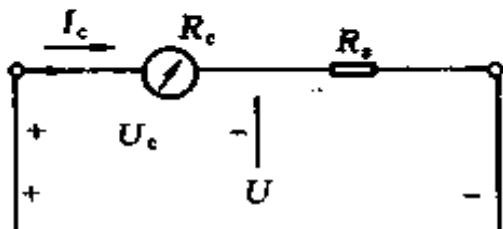


图 1-24 磁电系电压表的扩程

测量低压交流电的相电压 (220V) 时,应选用 0~250V 的电压表,测量线电压 (380V) 时,应选用 0~450V 的电压表。测量时,电压表应与被测电路并联连接,其接线如图 1-25 所示。

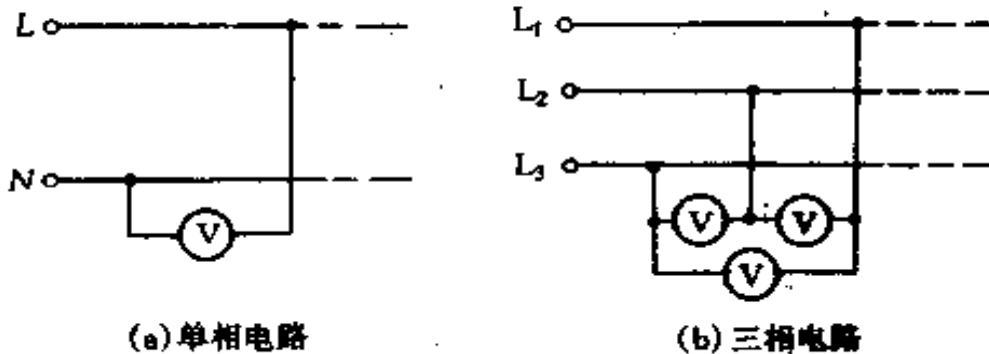


图 1-25 电压表并联连接

在高压供电系统中进行电压测量时,需采用电压互感器 TV 来扩大量程,即将电压表接在电压互感器二次侧进行测量,如图 1-26 所示。由于电压互感器二次侧额定电压为 100V,因此,在电压互感器二次侧测量高压电压既安全、又经济,最大量程

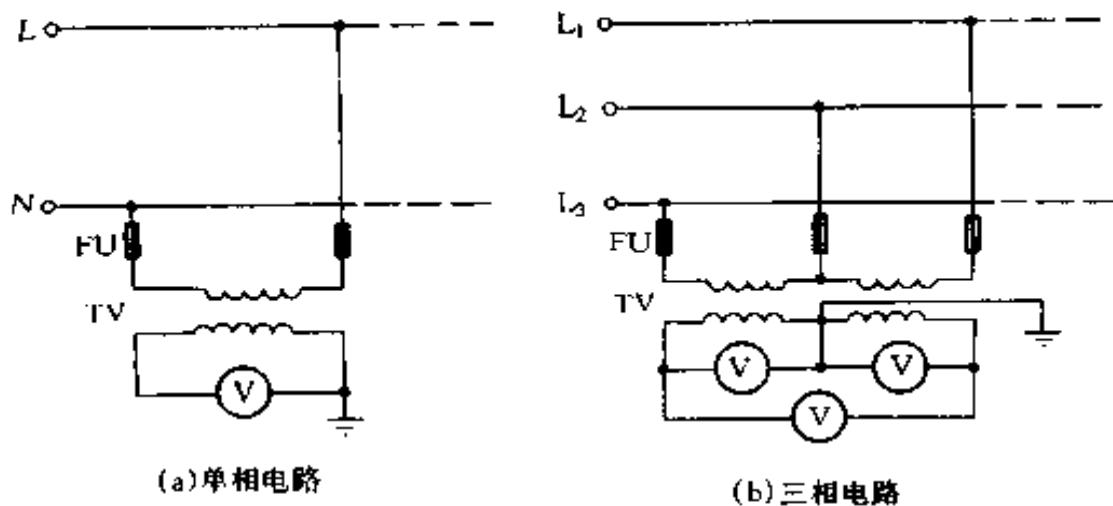


图 1-26 在电压互感器二次侧测量高压电压
100V 的电压表即可满足测量需要。

27. 简述万用表的构造及工作原理。

万用表是一种多用途、多量程的便携式仪表。一般万用表可以测量直流电阻、直流电压、直流电流和交流电压,有的还可以测量交流电流、晶体管放大系数、电容、电感等。万用表虽然准确度不高,但它使用简单、携带方便,特别适合于检查线路和维修电器设备。

万用表有指针式和数字式两种。通常使用的指针式万用表是整流系仪表,其测量机构由磁电系微安表头和二极管整流装置组成。表头的表盘上有对应各种测量所需的标度尺;机械调零钮用来调整指针指零;电气调零钮是测量电阻时专用的调零钮,一般上面印有字母“ Ω ”;转换开关连接着若干个分流器和分压器(附加电阻),用来选择测量不同电量和不同量程;表内还附有电池,在测量直流电阻时提供电源;两只测试笔应分别插在相应测量插孔内。

图 1-27 是一只可以测量电阻、直流电流、交流电压和直流

电压的万用表的简化原理电路。下面分别介绍万用表测量不同电量时的工作原理。

(1) 直流电流的测量

测量直流电流的原理电路如图 1-28 所示。“ μA ”为万用表的磁电系微安表头， R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 是为扩大量程和实现多量程而采用的分流电阻， K 为转换开关，“+”、“-”为接线端子。当 K 由位置 1 依次置于位置 2、3、4 时，分流电阻逐渐减小，而量程范围不断扩大。万用表测量直流电流的范围一般是几微安至几安。

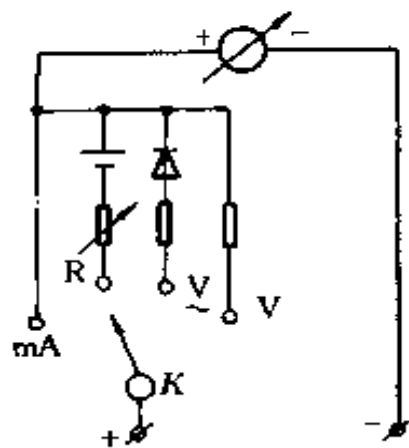


图 1-27 万用表简化原理
电路

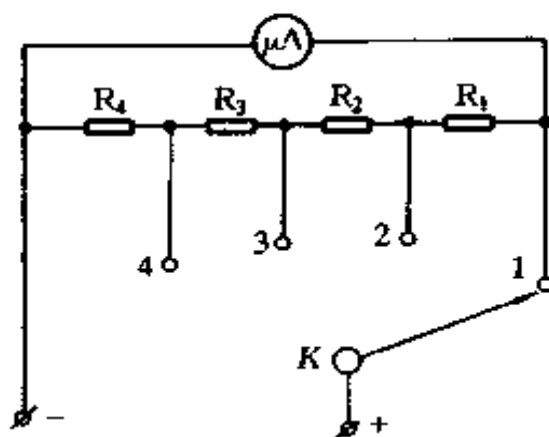


图 1-28 测量直流电流的原理电路

(2) 直流电压的测量

测量直流电压的原理电路如图 1-29 所示。“ μA ”为万用表的磁电系微安表头， R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 是为扩大量程和实现多量程而串入的附加电阻。当转换开关 K 由位置 1 依次置于位置 2、3、4 时，附加电阻值不断减

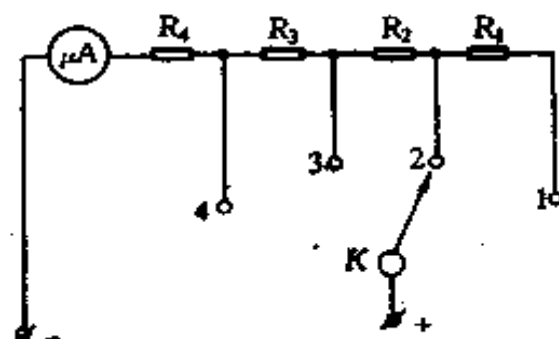


图 1-29 测量直流电压的原理电路

小,测量量程也随之减小。一般万用表测量直流电压的范围为几毫伏至几百伏。

(3) 交流电压的测量

测量交流电压的原理电路如图 1-30 所示。它与测量直流电压的原理和方法相同,所不同的是增加了一个桥式整流器,使交流电经过整流后变成直流再进入表头。

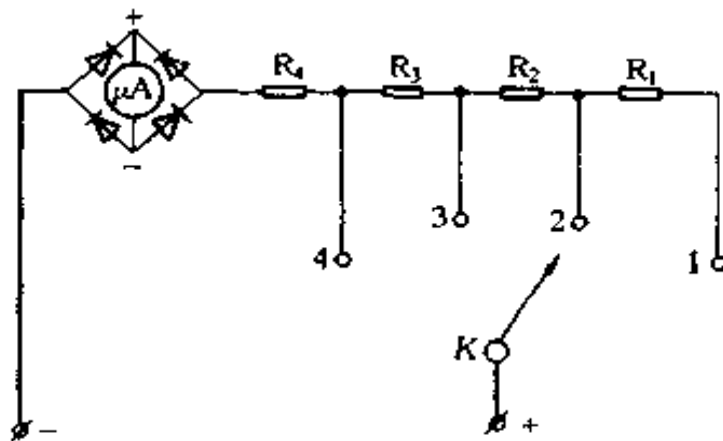


图 1-30 测量交流电压的原理电路

(4) 电阻的测量

测量电阻的原理电路如图 1-31 所示。“ μA ”为万用表的磁电系微安表头, E 为测量电阻回路的电源(一般为干电池)。 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 为不同挡位测量时的附加电阻, R 为欧姆调零器的调节电位器, R_x 为被测电阻,整个测量直流电阻的回路接成桥式电路。 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 等表示表针指示的数值应分别乘以 1、10、100、1000 后,才是测得的实际电阻值。

由测量电阻的原理电路可以看出,测量电阻时,实际测量的是电流。被测电阻 R_x 阻值越小,测量电路中的电流越大,表针的偏转角度越大(表针指向欧姆挡标度尺“0”的方向);被测电阻 R_x 阻值越大,测量电路中的电流越小,表针的偏转角度越小(表针指向欧姆挡标度尺“ ∞ ”的方向)。

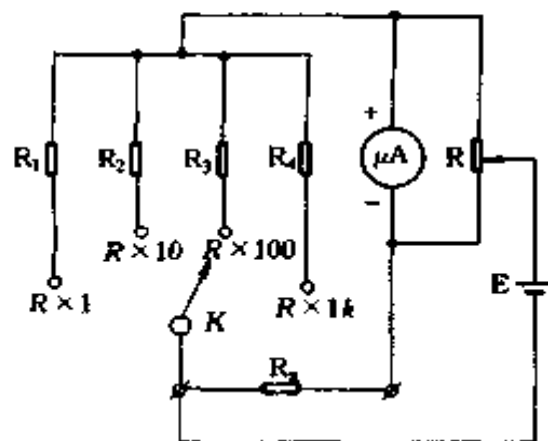


图 1-31 测量直流电阻的原理电路

28. 简述兆欧表的构造及工作原理。

兆欧表又称摇表或绝缘电阻表,它是一种便携式仪表,专门用来测量变压器、电动机、电缆等电气设备和电气线路的绝缘电阻。

兆欧表的选用,主要应考虑兆欧表的额定电压和测量范围是否与被测的电气设备绝缘等级相适应。兆欧表的额定电压等级有 50V、100V、250V、500V、1000V、2500V、5000V 等 7 种;兆欧表的测量范围有 20、50、100、200、500、1000、2000、2500、5000、10000、20000、50000MΩ 等 12 个等级。

常用的兆欧表由一台手摇发电机和一只磁电系比率表(又称磁电系流比计)组成。

手摇发电机(G)有直流和交流两种;交流发电机还需配有整流装置,才能提供兆欧表输出所需的直流电源。手摇发电机的主要作用是在测量绝缘电阻时提供足够的直流电压,它的容量很小,但输出的电压可达数千伏。兆欧表的额定电压和测量范围就是根据手摇发电机所能发出的最高电压来分类的;电压越高,能测量的绝缘电阻的阻值就越高。

磁电系比率表是一种特殊形式的磁电系测量机构,兆欧表采用的就是这种测量机构,其结构如图 1-32 所示。可动线圈 1 和可动线圈 2 彼此交叉成一定角度 α , 并连同指针共同固定在同

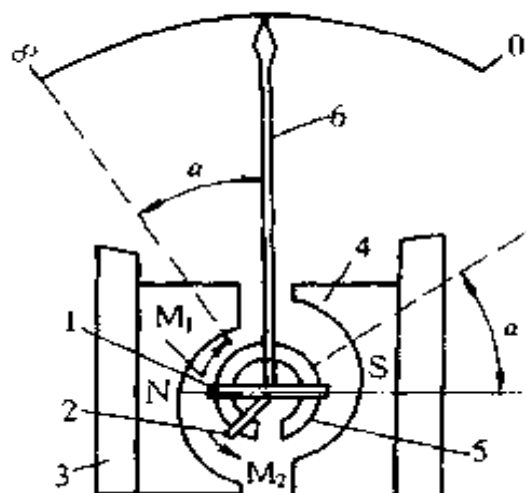


图 1-32 磁电系比率表的结构

同一个转轴上。圆柱形铁心 5 开有缺口。极掌 4 为不对称形状,目的是使空气隙内的磁场不均匀。可动线圈的电流是靠不产生力矩的“导丝”导通的。测量时两个动圈中流过的电流方向相反,流过动圈 1 的电流与空气隙磁场相互作用产生转动力矩 M_1 ,流过动圈 2 的电流与空气隙磁场相互作用产生转动力矩 M_2 ,但两个转矩方向相反,其中 M_1 为转动力矩, M_2 为反作用力矩。摇测时,由于 M_1 、 M_2 两个方向相反的力矩同时作用的结果,仪表的可动部分只有转到 $M_1 = M_2$ 的某一位置时才能静止,由此可见,磁电系的偏转角度取决于两个动圈电流的比值,因此又称为流比计。

由于比率表中没有产生反作用力的游丝,因此兆欧表没有机械调零钮,而且在使用之前,表针可停留在偏无穷大“ ∞ ”的任何位置,而不指示在 0 位线上。

兆欧表的测量电路原理如图 1-33 所示。兆欧表有三个接线端钮,其中“L”为线路,“E”为接地,“G”为屏蔽(又称保护环)。被测电阻 R_x 接于 L、E 两个端钮上,摇测时构成了两个回路,一个是电流回路,另一个是

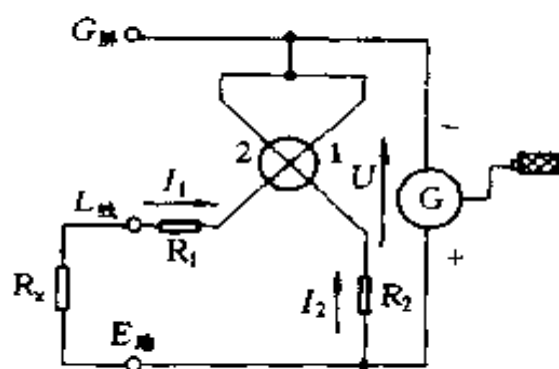


图 1-33 兆欧表测量电路原理图

电压回路。电流回路电流 I_1 从电源的“+”端经过被测电阻 R_x 、限流电阻 R_1 、动圈 1 回到电源的“-”端。在限流电阻 R_1 和发电机电压 U 不变的情况下, 流过电流回路的电流 I_1 随被测电阻 R_x 的增加而减小。电压回路电流 I_2 从电源的“+”端经过限流电阻 R_2 、动圈 2 回到电源的“-”端。流过两个动圈的电流分别为

$$I_1 = \frac{U}{r_1 + R_1 + R_x}$$

$$I_2 = \frac{U}{r_2 + R_2}$$

式中 r_1 、 r_2 分别为动圈 1 和动圈 2 的电阻。

当测量不同的绝缘电阻时, I_1 不相同, 而 I_2 是基本不变的。由于偏转角 α 与 I_1/I_2 成函数关系, 因此, 表针有不同的偏转角 α 。当被测电阻值 R_x 小到等于零时, I_1 最大, 表针向右偏转到最大角度, 即表针指示为 0。当被测电阻值 R_x 非常大时, 例如 L 和 E 端钮间开路时, I_1 等于零, 转动力矩 M_1 也为零, 可动部分在反作用力矩 M_2 作用下, 使表针向左偏转至 ∞ 位置, 这时动圈 2 偏转到圆柱形铁心缺口处, 由于 I_2 形成的磁场与永久磁铁方向一致, 不再产生转动力矩, 可动线圈便停止不动。

保护端钮 G 直接与发电机的负极连接, 测量时为减少因被测物表面泄漏电流引起的误差, 一般将 G 端钮接在被测设备或电缆线芯的绝缘物上。

29. 简述钳形电流表的构造及工作原理。

钳形电流表(图 1-34)是一种可以在不断开载流导线的情况下, 测量低压绝缘导线中电流的便携式电工仪表。钳形电流表虽然准确度等级不高, 通常为 2.5 级或 5.0 级, 但因其使用方

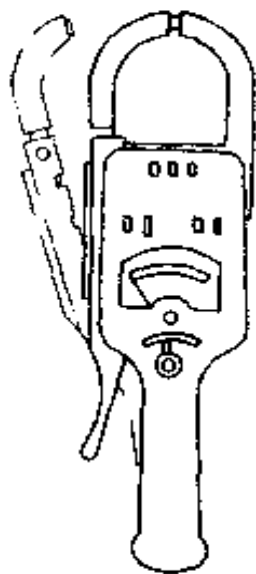


图 1-34 钳形电
流表外形图

便,得到了广泛应用。常用的钳形电流表按其结构形式不同,分为互感器式和电磁式两种。下面分别介绍其结构和工作原理。

(1) 互感器式钳形电流表

它主要由“穿心式”电流互感器、整流装置和磁电系电流表组成,如图 1-35 所示。

互感器式钳形电流表,其电流互感器的铁心呈钳口形,当捏紧扳手时铁心可以张开,如图 1-34 中虚线所示,这样,被测载流导线不用断开,就可以穿过铁心张开的缺口放入钳形铁心中;松开扳手可使铁心闭合,这时通有被测电流的导线就成为电流互感器的一次绕组 N_1 。被测导线中流过的电流 I_1 在闭合的铁心中产生感应电动势,测量电路中就有感应电流 I_2 流过,感应电流 I_2 经量程转换开关 K 按不同的分流比分流后;再经整流装置整流变成直流通入表头,使电流表表针偏转。由于表头的标度尺是按一次电流 I_1 刻度的,所以表针指示的读数就是被测导线中的交流电流值。

(2) 电磁式钳形电流表

国产 MG20、MG21 型交直流两用的钳形电流表是电磁式钳形电流表,其外形与互感器式钳形电流表大同小异,但其内部结构和工作原理却不相同。

电磁式钳形电流表也具有钳形铁心,但没有互感器式的二次绕组 N_2 ,代

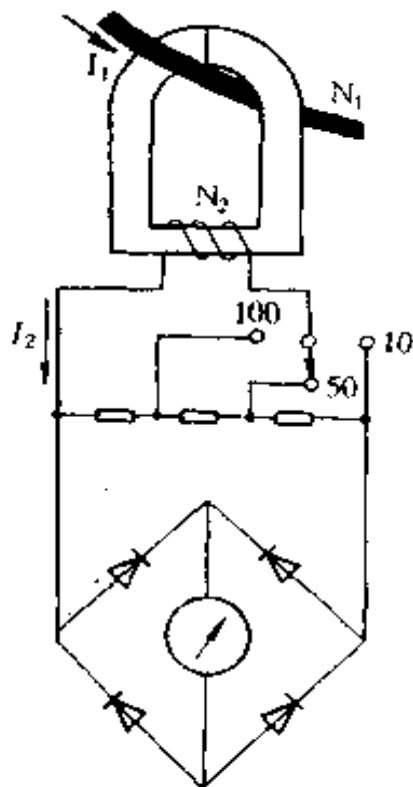


图 1-35 互感器式钳形
电流表结构图

替二次绕组的是在铁心缺口中央的电磁系测量机构的可动铁片，如图 1-36 所示。

当被测载流导线穿过钳形铁心时，被测导线电流在铁心中产生磁场，使可动铁片被磁化而产生电磁力，从而产生转动力矩，驱动可动铁片带动指针偏转，指针便指示出被测电流的数值。由于电磁式仪表可动部分的偏转与电流方向无关，因此，它可以交直流两用。

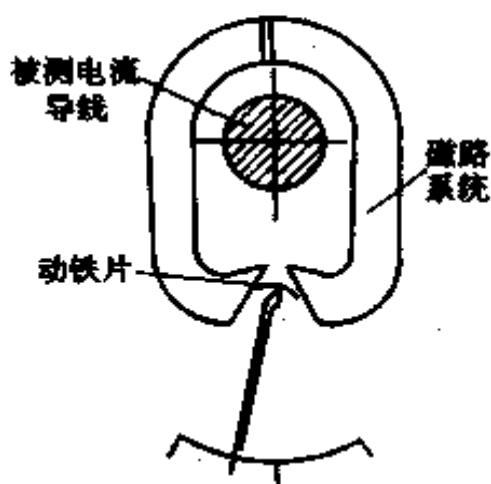


图 1-36 电磁式钳形电流表的结构

30. 简述接地电阻测试仪的构造及工作原理。

接地电阻测试仪(又称接地电阻表或接地摇表)主要用于测量各种接地装置的接地电阻值,还可测量不超过其测量范围的低值电阻。有四个接线端钮的接地电阻表还可测量土壤电阻率。

ZC-8 型接地电阻表由手摇交流发电机 G、相敏整流放大器、电位器 R_s 、电流互感器 TA、检流计及量程挡位转换开关组成,全部密封于铝合金铸造的外壳内。

仪表附件有:辅助接地极探测针两只,测试导线三根,其长度分别为 5m、20m、40m。

ZC-8 型接地电阻表有三接线端钮和四接线端钮两种,其工作原理分别如图 1-37、图 1-38 所示。主要区别在于:

三接线端钮的接地电阻表有 C、P、E 三个接线端钮,其量程挡位开关的倍率分别是: $\times 1$ 挡测量范围 $0 \sim 10\Omega$, $\times 10$ 挡测量范围 $0 \sim 100\Omega$, $\times 100$ 挡测量范围 $0 \sim 1000\Omega$ 。在 $\times 1$ 挡时最小分格值为 0.1Ω 。

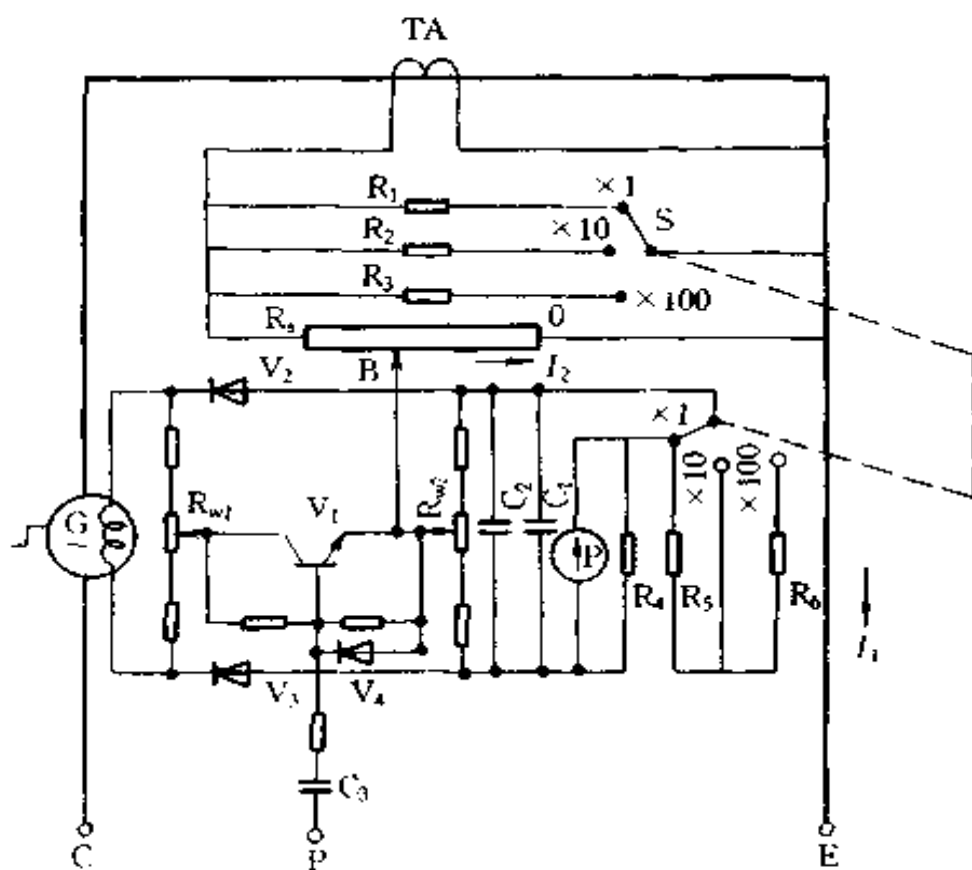


图 1-37 ZC-8 接地电阻表工作原理图(三接线端钮)

四接线端钮的接地电阻表有 C_1 、 P_1 、 P_2 、 C_2 四个接线端钮，其量程挡位开关的倍率分别是： $\times 0.1$ 挡测量范围 $0 \sim 1\Omega$ ， $\times 1$ 挡测量范围 $0 \sim 10\Omega$ ， $\times 10$ 挡测量范围 $0 \sim 100\Omega$ 。在 $\times 0.1$ 挡时最小分格值为 0.01Ω 。在实际应用中，一般 P_2 、 C_2 用短路片连接，即相当于三接线端钮的 E 。

可见，三接线端钮的仪表虽然测量的电阻值大，可达 1000Ω ，但精度低；四接线端钮的仪表测量的电阻值小，但精度高。

测量时，仪表的接线端钮 E (或 P_2 、 C_2) 与被测接地极连接，端钮 P (或 P_1) 与电位辅助接地探针连接；端钮 C (或 C_1) 与电流辅助接地探针连接；两个辅助接地探针分别在距被测接地极

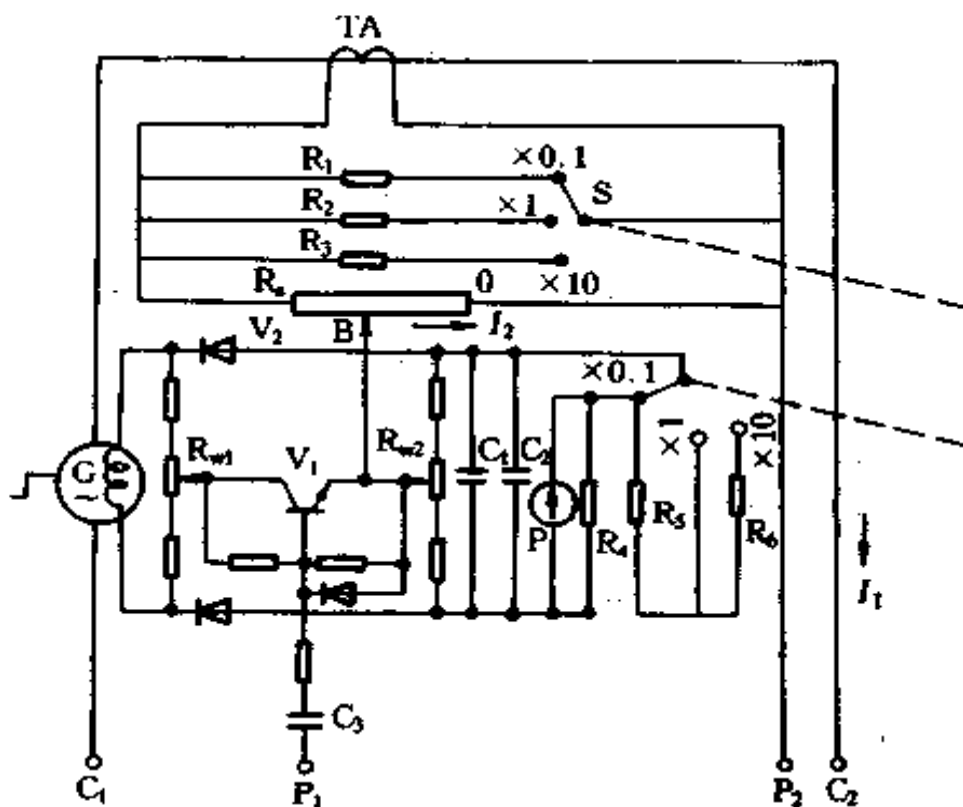


图 1-38 ZC-8 接地电阻表工作原理图(四接线端钮)

20m 和 40m 的地方插入土壤中。

摇测接地电阻时,电流 I_1 从手摇发电机 G 流出,经电流互感器 TA 一次绕组→被测接地板→大地→电流辅助接地探针流回发电机;由电流互感器 TA 二次绕组产生的电流 I_2 接于电位器 R_5 。当检流计 P 表针偏转时,调节电位器 R_5 (即标度盘旋钮)的可动触头 B,使其达到平衡(即表针与中心刻度线重合)。此时 E 和 P 之间的电位差与调节电位器 R_5 的 0 与 B 之间的电位差是相等的。因此,如果表针所指标度盘上的数值为 n 时,则 n 乘以倍率即为被测的电阻值。

根据被测电阻的大小,可选择不同的量程挡位,仪表量程挡位开关 S 有三挡。当改变量程挡位时,即同时改变电流互感器 TA 二次侧的并联电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 和检流计 P 的并联电阻 R_4 、 R_5 、

R_6 。并联电阻 R_4 、 R_5 、 R_6 为检流计的分流器,这是为了保证检流计在不同量程时灵敏度不变而设计的。

检流计是磁电系仪表,所以设有相敏整流放大器,用于将手摇交流发电机的交流电整流为检流计所需的直流电。电容 C 用于隔断大地中的直流杂散电流。

测量接地电阻应采用交流电源,因为土壤的导电主要依靠地下电解质的作用,如果用直流测量,会产生极化电动势,从而影响测量准确度。ZC-8 型手摇交流发电机的频率为 100 ~ 115Hz,电压为 70 ~ 100V。

31. 简述电度表的构造和工作原理。

电度表又称电能表,在电工仪表中是生产和使用数量最多的一种仪表。它是工农业生产及日常生活中必不可少的电工仪表,凡是用电的地方,几乎都有电度表。电度表是一种积算式仪表,用来计量某一段时间内发电机发出的电能或用电设备消耗的电能。它的计量单位叫“度”,我们平时所说的 1 度电,是指 1kW 功率做功 1 小时消耗的电量,所以又叫千瓦时,简称为 kWh。

电度表的结构:

电度表具有结构简单、转动力矩大、不易受外界磁场影响、过载能力强等特点。电度表的型号很多,按其结构不同,可分为单相电度表(DD 型)、三相三线电度表(DS 型)、三相四线电度表(DT 型)等有功电度表和 DX 型无功电度表。图 1-39 是单相电度表的结构示意图,其主要组成部件分述如下:

(1) 驱动元件(又称电磁元件)

驱动元件由电压线圈、电流线圈及铁心组成。

电流线圈如图 1-39 中 3 所示,它是由匝数较少而截面较大的粗绝缘导线绕制而成的,串联在电源与负载之间。电压线

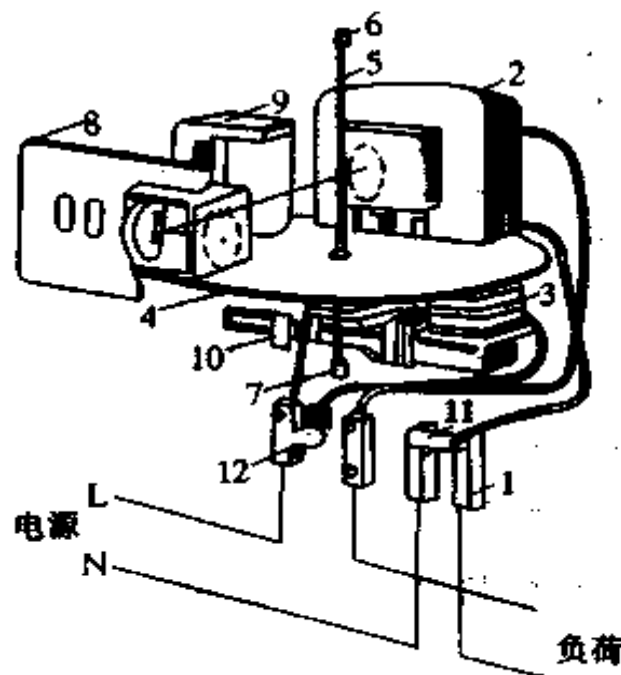


图 1-39 单相电度表结构示意图

圈如图 1-39 中 2 所示,它是由匝数很多、线径很细的漆包线绕制而成的,与电路并联连接。铁心由硅钢片叠压而成。

(2) 转动元件(简称转盘)

电度表与指示仪表不同之处,主要是它的转角不受限制,它没有产生反作用力矩的游丝,可以不停地转动。每转一圈说明电路中消耗一定量的电能。

转动元件主要由铝制圆盘 4 和转轴 5 组成。转轴上装有传递转数的蜗杆,转轴安装在上、下轴承里,可以自由转动。圆盘转动带动转轴上蜗杆与蜗轮和计度器啮合,将圆盘的转数传递给计度器。电度表的常数,表示每消耗 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 的电能,电度表圆盘转动的圈数。

(3) 计度器(俗称字车)

计度器是用来积算电能的。通常采用的滚轮式计度器一般有 5 位数字。计度器由与轮轴装成一体的蜗杆、蜗轮、齿轮和滚

轮组成。当圆盘转动时通过转轴、蜗杆、蜗轮及齿轮等传动机构带动滚轮组转动。5个滚轮上都标有0~9十个数码,滚轮与滚轮之间都按十进制进位。

正常工作的电度表,负荷的功率越大,转动力矩也越大,圆盘转速就越快;用电时间越长,圆盘转动的圈数也越多。应该指出的是,电度表计度器所显示的数值并不是圆盘的转数,而是负载实际所消耗电能的度数,即千瓦时数。

(4) 制动元件(又称制动磁铁)

制动元件由永久磁铁9构成。其作用是当铝制圆盘转动时产生制动力矩。制动力矩方向总是与圆盘转动力矩方向相反,从而使圆盘的转速和被测功率成正比,因此可用圆盘的转数来累计被测电能的用量。

(5) 轴承

轴承用来支撑转动元件。轴承由上轴承和下轴承组成,上轴承主要起导向作用,下轴承则承受转动部分的重量,下轴承有单宝石、双宝石和磁推三种类型。

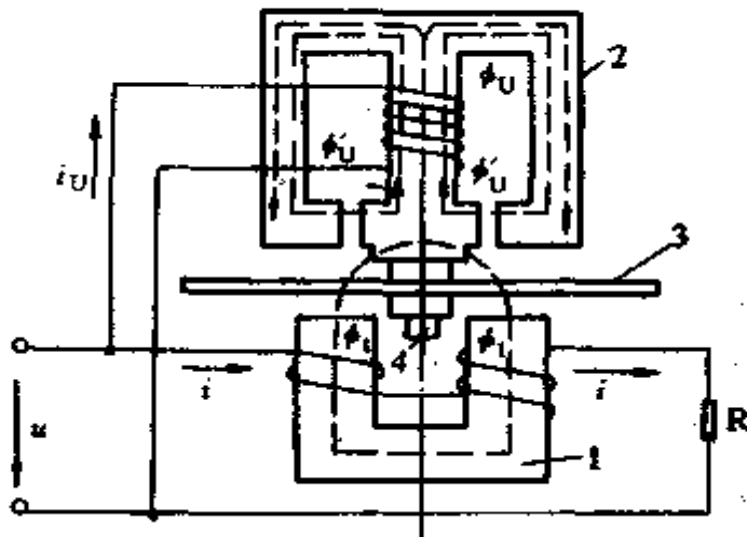
电度表的结构除上述5个主要部件外,还有支架、接线盒及有关的调节装置。

电度表的工作原理:

电度表有单相、三相三线(两元件)和三相四线(三元件)之分,所需的电磁元件相应为一个、两个和三个。下面着重分析单相电度表的工作原理。

当电度表接入交流线路中时,电压线圈两端加上额定电压后,线圈内产生励磁电流,并在铁心上产生交变磁通。所产生的磁通可分为两部分,一部分是穿过圆盘并由回磁板构成回路的工作磁通(即产生转矩的磁通) ϕ_w ,另一部分则是不穿过圆盘而由左、右轭铁构成回路的非工作磁通(即不产生转矩的磁通)

ϕ_U' 。与此同时,电流线圈流过负荷电流 I ,产生交变磁通 ϕ_I ,该磁通两次穿过圆盘,分别称为 ϕ_I 和 ϕ_I' ,并通过电流元件的 U 形铁心构成回路,如图 1-40 所示。



1 - 电流元件 2 - 电压元件 3 - 铝制圆盘

图 1-40 单相电度表的电路和磁路

穿过铝制圆盘的磁通共有 3 个,即一个电压工作磁通 ϕ_U 和两个电流磁通 ϕ_I 和 ϕ_I' ,这 3 个磁通在圆盘中分别感应出 3 个涡流,这 3 个涡流和 3 个交变磁通相互作用产生转动力矩,驱动圆盘转动。其转动力矩大小是与负载的有功功率成正比的。

圆盘转动后,切割制动磁铁的磁力线,在圆盘中产生感应电流,它和制动磁铁的磁场相互作用,产生制动力矩。制动力矩的方向和转动力矩的方向相反,制动力矩的大小正比于圆盘转速。当制动力矩和转动力矩相等时,圆盘就保持匀速转动,并带动计度器计量。

32. 单臂电桥的工作原理是什么? 如何正确使用?

直流电桥是一种测量电参量的较量仪表,它的主要特点是

灵敏度高,可获得高度准确的测量结果,在电工测量中得到广泛应用。直流单臂电桥的准确度等级,按国家标准规定有 0.01、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5 和 2.0 级。

电桥分为直流电桥和交流电桥两大类。直流电桥主要用于测量电阻。根据结构不同,又分为单臂电桥(惠斯登电桥)和双臂电桥(凯尔文电桥),单臂电桥适用于测量 $1 \sim 10^6 \Omega$ 的电阻,双臂电桥适用于测量 1Ω 以下的低值电阻。交流电桥有电感电桥、电容电桥以及多功能的万用电桥等。

(1) 单臂电桥工作原理

图 1-41 是单臂电桥的工作原理图。图中 ac、cb、bd、da 四条支路称为电桥的四个桥臂,其中一个桥臂接被测电阻 R_X ,其余三个桥臂接标准电阻或可调标准电阻。在电桥的一个对角线 cd 上接入检流计 P 作为指零仪表,另一个对角线两端 a 和 b 之间接入直流电源 E。

接通按钮开关 SB,即开始测量,调节桥臂标准电阻 R_2 、 R_3 或 R_4 ,使检流计 P 指示为零。这时叫做电桥达到平衡。在电桥平衡时,c、d 两点的电位是相等的,故有

$$U_{ac} = U_{ad} \quad U_{cb} = U_{db}$$

$$\text{即} \quad I_1 R_X = I_4 R_4 \quad I_2 R_2 = I_3 R_3$$

由于电桥平衡时 $I_P = 0$,所以 $I_1 = I_2$, $I_3 = I_4$,将以上两式相比,可得

$$\frac{R_X}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

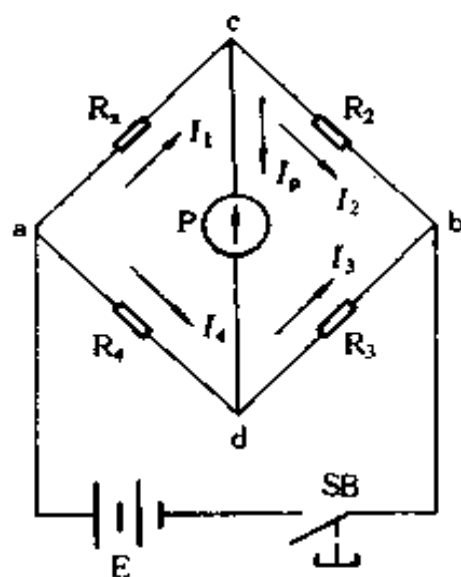


图 1-41 单臂电桥工作原理图

在已知 3 个桥臂电阻的情况下,被测电阻 R_X 可由下式计算出:

$$R_X = \frac{R_2}{R_3} \cdot R_4$$

式中 R_2/R_3 称为比率臂,电桥中常配成各种固定的比例。电阻 R_4 称为比较臂,通常采用由标准电阻组成的电阻箱。在测量时可根据被测电阻 R_X 的粗测值,选好比率臂,然后调节比较臂的电阻使电桥达到平衡,这时用比较臂的数值乘以比率臂的倍率,就是被测电阻 R_X 的实际阻值。由此可见,用电桥测量电阻是根据电桥平衡原理,将被测电阻与已知标准电阻进行比较来确定被测电阻值的, R_2 、 R_3 和 R_4 的阻值越精确,测量结果的准确度就越高。

(2) 单臂电桥的使用方法

用来测量直流电阻的单臂电桥型号很多,较为常用的有 QJ-23 型,型号中的 Q 表示电桥, J 表示直流。23 为设计序号。QJ-23 型单臂电桥的测量范围是 $1 \sim 9999000\Omega$,基本量程 $10 \sim 9999\Omega$ 范围内测量误差不超过 $\pm 0.2\%$,即准确度等级为 0.2 级,QJ-23 型单臂电桥内部接线如图 1-42 所示。面板布置如图 1-43 所示。

面板上的旋钮 5 就是内部接线图中的转换开关 SA,它是 R_2/R_3 的比率臂,共有 0.001、0.01、0.1、1、10、100、1000 7 个倍率挡位。面板上的 1、2、3、4 为比较臂 R_4 的 4 个调节旋钮;每个旋钮都由转换开关连接的 9 个阻值完全相同的标准电阻组成,分别构成可调电阻的个位、十位、百位和千位,总电阻值为 9999Ω ,因此,比较臂可以得到 $0 \sim 9999\Omega$ 范围内的任意电阻值,最小步进值为 1Ω 。

在面板的右下角有两个带中间标有“ R_X ”的接线端钮,是用

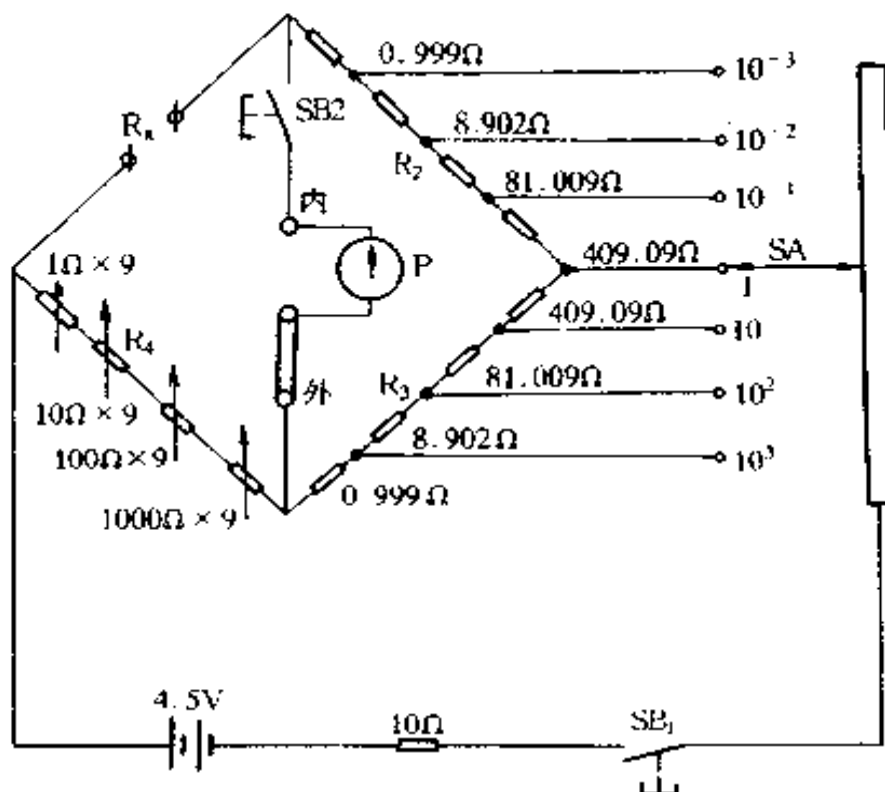
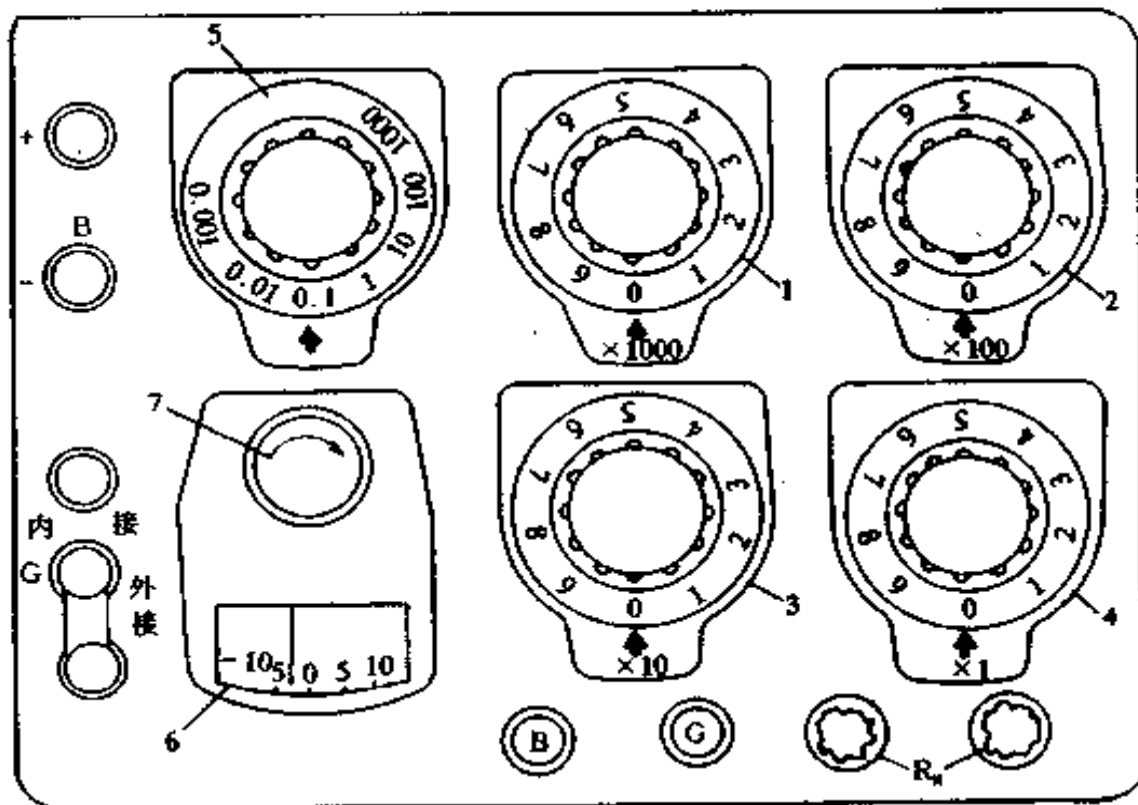


图 1-42 QJ-23 型单臂电桥内部接线图

来接入被测电阻的,并作为一个桥臂。面板上的检流计为内附检流计,同时在面板的左下角备有外接检流计的接线端钮。当使用内附检流计时,用连接片将中间和下面标有“外”的两个端钮连接起来;当使用外接检流计时,则用连接片将中间和上面标有“内”的两个端钮连接起来,此时内附检流计被短接,外接检流计接在中间和下面标有“外”的两个端钮上。

电桥的内附电源为 3 节 1.5V 的 2 号干电池,也可以通过面板左上侧标有“+”、“-”的两个端钮接入外电源,外接电源时应打开“+”、“-”的连接片,同时要注意极性不能接反。面板下侧还有两个带自锁装置的按钮开关,左边的是电源开关“B”,右边的是检流计开关“G”。

QJ-23 型单臂电桥的使用方法如下:



1、2、3、4 比较臂 5 比率臂 6 检流计 7 调零器

图 1-43 QJ-23 型电桥面板示意图

(1) 电桥平稳放置后,检查外接检流计和外接电源的连接片是否接好,检查电源开关 B 和检流计开关 G 是否在断开位置,带锁扣的检流计应将锁扣打开,调整检流计调零器使表针指 0。

(2) 将被测电阻接在电桥 R_x 的接线端钮上,应使用较短较粗的导线连接,以减少连接导线的电阻;连接导线应与 R_x 的接线端钮及被测电阻接触良好,以减小接触电阻。如果接触不良,不仅因接触电阻大影响测量结果,还会使电桥的平衡处于不稳定状态,严重时还可能损坏检流计。

(3) 根据被测电阻 R_x 的粗测值(可用万用表欧姆挡进行粗测),选择适当的比率臂倍率,以便使比较臂的四挡都能充分利

用。选择比率臂的原则是：被测电阻 R_x 阻值为 $1 \sim 9.999\Omega$ 选 0.001 挡； R_x 为 $10 \sim 99.99\Omega$ 选 0.01 挡； R_x 为 $100 \sim 999.9\Omega$ 选 0.1 挡； R_x 为 $1000 \sim 9999\Omega$ 选 1 挡； R_x 为 $10 \sim 99.99k\Omega$ 选 10 挡； R_x 为 $100 \sim 999.9k\Omega$ 选 100 挡。例如，用万用表粗测电阻值为 88Ω ，则应选 0.01 挡。

(4) 选好比率臂挡位后，根据被测电阻值调好比较臂，例如： R_x 阻值粗测为 88Ω 时，比较臂 1 ($\times 1000$) 应置于 8，比较臂 2 ($\times 100$) 应置于 8；比较臂 3 和 4 均置于 0。选好预置数，是为了防止损坏检流计并缩短测量时间。

(5) 测量时，先按下 B 钮并锁住，然后再点按 G 钮。在测量电感线圈的直流电阻（如变压器绕组）时，按下 B 钮后要稍等数分钟让其充电，再点按 G 钮。变压器容量越大则充电时间越长。点按 G 钮时，如检流计表针向“+”方向偏转，则需增加比较臂电阻；如检流计表针向“-”方向偏转，则需减小比较臂电阻。表针基本稳定时，可将 G 钮锁住进行细调，即调整倍率最小 ($\times 1$) 的比较臂，直至检流计指 0 为止。

(6) 正确读取测量值，如测量结果比较臂 4 个挡位的数字分别是： $\times 1000$ 挡为 8， $\times 100$ 挡为 8， $\times 10$ 挡为 6， $\times 1$ 挡为 8；比率臂为 0.01 挡。测量结果即为 $8868 \times 0.01 = 88.68\Omega$ 。

(7) 测量完毕后，应先断开检流计 G 钮，后断开电源 B 钮。测量电感线圈（如变压器绕组）后应先进行放电，再拆除测量导线。

(8) 发现电池电压降低时应及时更换，否则将影响检流计的灵敏度。外接电源时，应符合说明书上规定的电压值。

(9) 电桥用毕后，带锁扣的检流计应将锁扣锁紧，防止表针打坏。不带锁扣的，应将左下侧检流计三个接线端钮由“内接”改为“外接”。

33. 电度计量二次回路的安装有哪些要求?

(1) 二次侧为双绕组的电流互感器,电度计量应采用0.5级的一套线圈;

(2) 二次回路的总阻抗不应超过铭牌的规定值;

(3) 二次回路连接导线应采用绝缘铜线,电流回路截面不小于 2.5mm^2 ,电压回路截面不小于 1.5mm^2 。

(4) 电流回路在接线端子板上的排列顺序:从左到右(或从上到下)为U、V、W、N或U、W、N;电压回路的排列顺序为:U、V、W、N或U、V、W;

(5) 导线中间不许有接头,压线螺丝必须压接牢固;

(6) 二次线应排列整齐,导线两端应穿带编号的塑料标记头。

34. 对电度表安装场所和安装位置有哪些要求?

对电度表安装场所的要求如下:

(1) 安装在干燥及不受震动的场所,且便于安装、试验和抄表工作;

(2) 安装在定型产品的开关柜(箱)内或装置在电度表板、电度表箱及配电盘上;

(3) 按供电方案确定的位置安装;

(4) 下列场所不应安装电度表:有易燃、易爆危险的场所;有腐蚀性气体或高温场所;有磁场影响及多灰尘的场所;潮湿场所。

电度表板、盘(包括立式盘)以及明、暗装配电箱的安装要求如下:

(1) 电度表表板底口距地面不应低于1.8m;

(2) 电度表安装在露天、公共场所及人易接触的地方时,应加装表箱;

(3) 电度表箱暗装时底口距地面不应低于 1.4m, 明装时底口距地面不应低于 1.8m, 特殊情况下不应低于 1.2m;

(4) 在室外装设电度表时, 电度表箱应有防止雨水侵入的措施, 表箱顶部沿箱门处应呈坡形, 其前后檐应超出表箱 100mm。

35. 仪用互感器在投入运行前及运行中应巡视检查哪些项目?

仪用互感器投入运行前, 应按交接试验规程项目试验合格, 并进行下列检查:

- (1) 铭牌应完整, 技术规范应符合使用要求;
- (2) 外壳应无机械损伤及变形, 瓷件表面无破损、裂纹现象;
- (3) 各部分的连接螺栓应紧固;
- (4) 油面应正常, 无渗漏油现象;
- (5) 呼吸孔塞子的垫片应取下;
- (6) 外壳及二次回路一点接地应良好。

运行中的互感器应保持清洁, 每 1~2 年进行一次预防性试验, 运行中应巡视检查下列内容:

- (1) 一、二次侧引线各部分的连接点应无过热及打火现象;
- (2) 无冒烟及异常气味;
- (3) 瓷件无放电现象;
- (4) 互感器内部无放电声或异常响声;
- (5) 外壳无严重渗漏油现象;
- (6) 与互感器相关的仪表指示应正常。

36. 画出用电流互感器测量电流的几种常用接线方式。

(1) 一只电流互感器接一只电流表

如图 1-44 所示, 这种接线用于测量单相负载电路或三相不对称负载电路中的任一相电流。

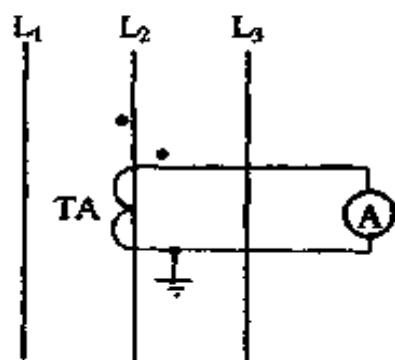


图 1-44 一只电流互感器
接一只电流表

(2) 三只电流互感器接三只电流表的星形接线(Y接法)

如图 1-45 所示。这种接线适用于测量三相对称或不对称负载电路中的三相电流。

(3) 两只电流互感器接三只电流表的不完全星形接线(V接法)

如图 1-46 所示。在三相三线电路中(如 10kV 系统),不论其三相电流是否对称,通过电路的相电流之和都等于零,即 $I_1 + I_2 + I_3 = 0$, 因此, $I_2 = -(I_1 + I_3)$ 或 $I_1 + I_3 = -I_2$, 根据这个结论,可利用两只电流互感器组成 V 形接线测量三相电流,共用线上测量的为 L_2 相的电流。

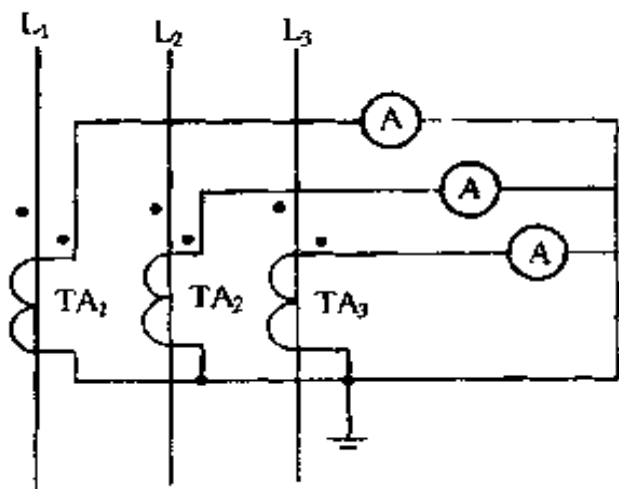


图 1-45 三只电流互感器
接三只电流表

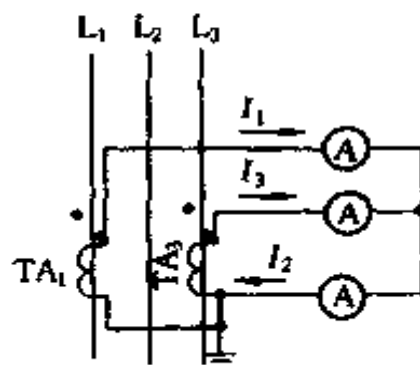


图 1-46 两只电流互感器
接三只电流表的 V 形接线

37. 电流互感器二次侧为什么不允许开路? 二次侧开路有哪些现象? 怎样处理?

运行中的电流互感器,当二次侧开路时,二次电流等于零,

二次去磁磁通消失,此时,一次电流所产生的磁通全部成为励磁磁通。如果一次电流较大或为额定值时,铁心中磁通密度将急剧增加,甚至达到饱和,磁通密度可高达 $1.4 \sim 1.8\text{T}$,将产生如下后果:

(1) 二次侧将产生数千伏的高电压,威胁设备绝缘和人身安全;

(2) 铁心损耗增加,严重发热,可能烧毁电流互感器;

(3) 计量不准。而且由于二次开路致使铁心中产生剩磁,即使修复了二次回路,仍会使测量误差增大;

(4) 电流表指示异常,从而失去对电流的监视或造成假象;还会使电流继电器无法正常工作,致使继电保护装置失去保护作用。

综上所述,运行中的电流互感器二次侧不允许开路。

运行中的电流互感器在一次电流较大的情况下,二次开路时可能会有以下现象:

(1) 铁心发热,并有异常气味;

(2) 铁心电磁振动加大,有异常响声;

(3) 二次侧连接的电流表指示为零或表针摇摆不定,电度表可能不转或转速减慢;

(4) 二次回路的开路点可能有放电现象,出现放电火花及放电声。

造成电流互感器二次侧开路的主要原因,是各连接点压线螺丝松动或二次回路导线因机械损伤断裂等。当发现电流互感器二次开路时,应按下列方法处理:

(1) 及时停电并进行处理;

(2) 不能停电时,应设法转移或降低一次负载电流,降到最低限度为止;

(3) 在保证人体与带电体安全距离的前提下,使用绝缘工具,一人监护,一人处理;

(4) 在开路点前,用短路线将二次回路短路后,再将开路点排除,开路点修复后应将短路线拆除;

(5) 当电流互感器因二次开路产生严重焦糊气味、冒烟或放电等情况时,应立即退出运行;

(6) 如果是高压电流互感器二次出口端处开路,则限于安全距离,人体不能靠近,必须在停电后才能处理。

38. 画出电压互感器的几种常用接线方式。

(1) 一台单相电压互感器 V/V 形接线

在三相线路中,这种接线只能测量某两相之间的线电压,它用于连接电压表、频率表及电压继电器等,如图 1-47 所示。

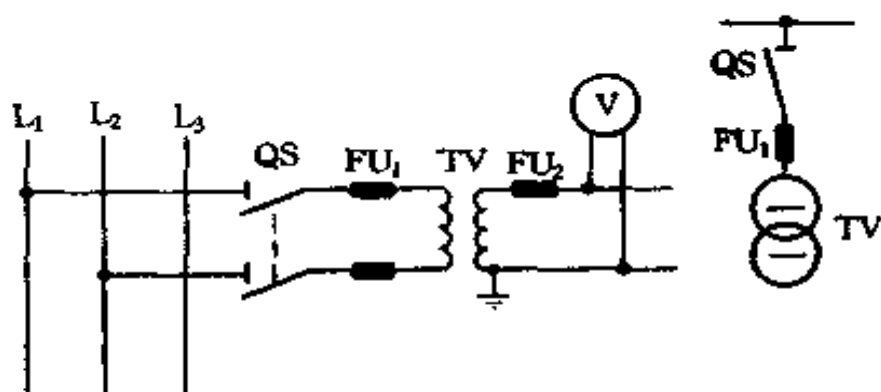


图 1-47 一台单相电压互感器 V/V 形接线

(2) 两台单相电压互感器 V/V 形接线

V/V 形接线又称不完全三角形接线。在三相三线高压系统中,电度计量装置(如计量柜)常采用两台型号相同的单相电压互感器组成 V/V 形接线,如图 1-48 所示。

这种接线方式可以用于连接电压表、三相电度表及电压继

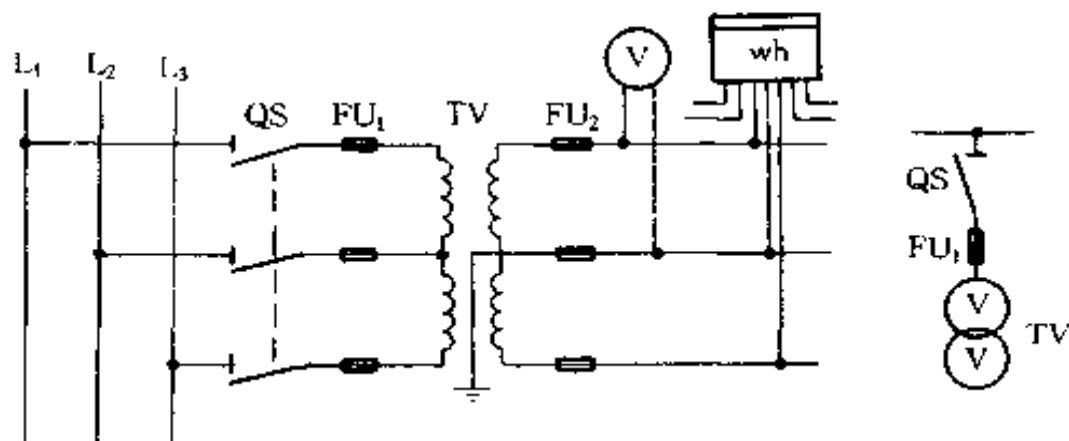


图 1-48 两台单相电压互感器 V/V 形接线

电器等,其特点是接线简单,因此,广泛应用于中性点不接地系统或经消弧电抗器接地的系统中。

(3) 三台单相电压互感器 Y_0/Y_0 形接线

这种接线方式能满足仪表和继电保护装置选用相电压和线电压的要求,而且由于一次绕组的中性点直接接地,还可以用于绝缘监视(即监视系统一相接地故障),其接线如图 1-49 所示。

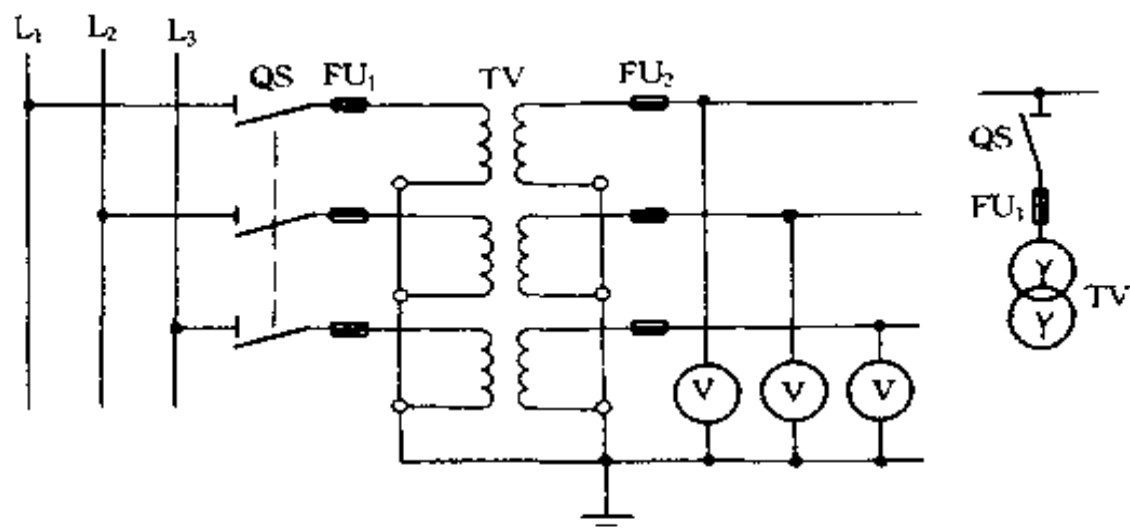


图 1-49 三台单相电压互感器 Y_0/Y_0 形接线

图 1-50 所示为采用 $Y_0/Y_0/\Delta$ 形接线的三相五柱式电压

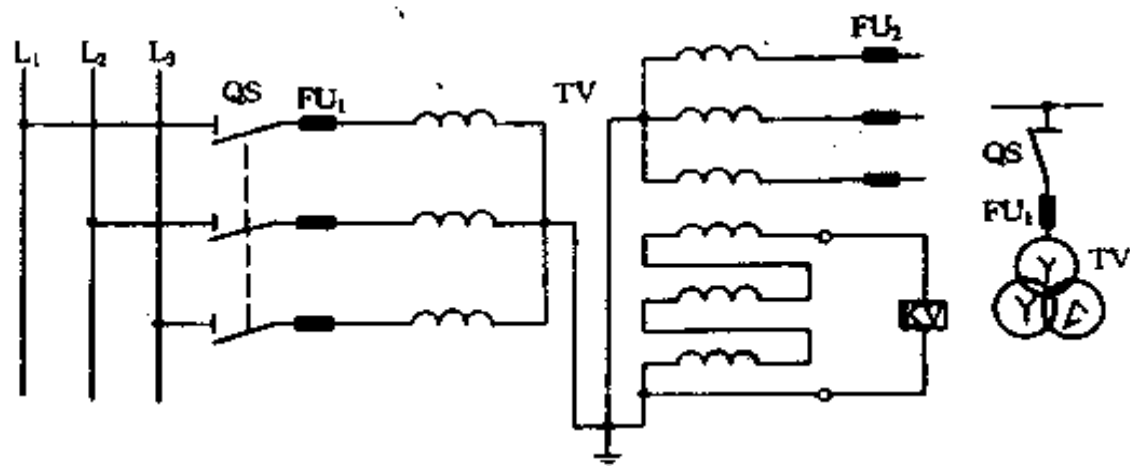


图 1-50 三相五柱式电压互感器 $Y_0/Y_0/\Delta$ 形接线

互感器,它既能测量线电压、相电压,又能组成绝缘监视和供单相接地保护用,因此,在中性点不接地系统中被广泛应用。两套二次绕组中, Y_0 接线的称为基本绕组,用于接仪表、继电器及绝缘监视用的电压表; Δ 接线的称为辅助绕组,用于接绝缘监视用的电压继电器 KV。在供电系统正常运行时,开口三角形两端的电压近似等于零,当系统发生一相接地时,开口三角形两端出现零序电压,使电压继电器 KV 吸合,发出报警信号。

39. 电压互感器是怎样实现绝缘监视作用的?

(1) 绝缘监视作用

6~10kV 电力系统中,为保证供电系统的安全性和可靠性,一般都采用中性点不接地或中性点经消弧电抗器接地的方式,采用上述两种方式的电力系统称为中性点不接地系统。

在中性点不接地系统中,由于单相接地并不破坏三相系统的平衡,线电压的数值和相位均不改变,只是接地相的对地电压降低,未接地两相的对地电压升高,系统仍能维持继续运行。但是一相接地故障必须及早发现和排除,以防止发展成两相短路

或其它形式的短路故障。

在中性点不接地系统中,任何一相发生接地故障都会出现零序电压。利用零序电压来产生信号,实现对系统接地故障的监视,称为绝缘监视装置。

(2) 三相五柱式电压互感器的结构

三相五柱式电压互感器的铁心结构和绕组接线如图 1-51 所示。

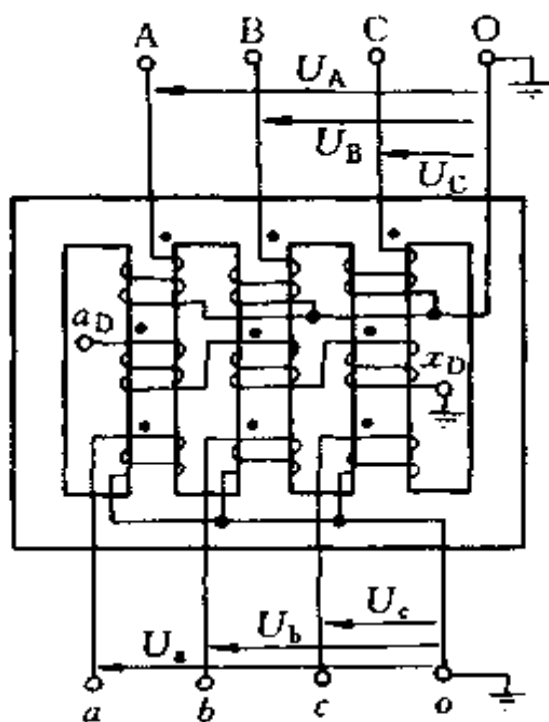


图 1-51 三相五柱式电压互感器的铁心结构和绕组接线

电力系统在正常运行时,三相电压是对称的。因此,在电压互感器二次侧感应出的相电压 U_a 、 U_b 、 U_c 是对称的,二次侧辅助绕组中各相电压也是对称的,开口三角绕组两端没有零序电压。当一次侧发生单相接地出现零序电压时,在电压互感器内必然产生零序电流和零序磁通。这种能反映线路绝缘状态的电压互感器采用五柱式铁心,这是为了使三个同相的零序磁通经两侧没有绕组的铁心形成闭合磁路,此磁路磁阻很小,相当于将绕组的零序阻抗增大,可以大大地降低零序电流,而不致将电压互感器烧毁。

(3) 绝缘监视装置接线方式

用于绝缘监视的三相五柱式电压互感器的接线方式为 Y_0/Δ ,即一次绕组为星接,与供电系统相连接,为实现绝缘监视,一次绕组的中性点必须接地;二次侧的基本绕组接成星形,

接相电压表和线电压表等,中性点应接地;辅助绕组接成开口三角形,在开口三角形两端接电压继电器 KV,应有一端接地。

10kV 系统中的电压互感器柜俗称 PT 柜,通常安装在变电所进线侧或高压母线上。正常运行情况下,系统三相电压对称,没有零序电压,三只相电压表指示基本相同,为 $10/\sqrt{3} \approx 6\text{kV}$,开口三角形两端电压等于零(或有一个很小的不平衡电压,通常不超过 10V)。当系统中任何一相发生金属性接地(死接地)故障时,接地相对地电压为零,未接地的两相对地电压升高 $\sqrt{3}$ 倍,此时,三只相电压表反映出接地相的指示为 0,未接地的两相指示为 10kV;三相的线电压则不变,仍为 10kV,即所谓“一低、两高、三不变”。同时,在开口三角形绕组两端出现约为 100V 的零序电压,使电压继电器 KV 动作,发出接地故障信号。

如果是非金属性接地故障,接地相的相电压相应降低,但不为 0;非接地两相的相电压相应升高,但不是 $\sqrt{3}$ 倍;三相线电压仍不变。电压表的指示变化仍是:“一低、两高、三不变”。这种情况下,开口三角形绕组两端的零序电压小于 100V。因此,为保证在系统发生接地故障时,电压继电器 KV 能可靠而灵敏地发出信号,通常使电压继电器整定动作电压为 25 ~ 40V。

40. 简述发生一相接地故障的判断、查找方法及注意事项。

判断方法

(1) 10kV 系统发生一相接地时,接在电压互感器二次开口三角形两端的电压继电器发出接地故障的信号。值班人员应根据信号迅速判明接地发生在哪一段母线。如母联断路器处于合闸状态下,可考虑断开母联断路器进一步查找,并通过电压表的指示,判明接地故障发生在哪一相上。

(2) 一相接地时,接地相的相电压指示下降,非接地相的相

电压指示升高,电压表表针随故障发展而摆动,三相线电压基本不变。

(3) 弧光性接地,接地相的相电压指示下降且电压表表针摆动较大,非接地相的相电压指示升高,三相线电压基本不变。

查找方法

(1) 首先检查变、配电所内设备状况有无异常,重点是有无瓷绝缘损坏、小动物电死后未移开以及电缆终端头有无击穿现象等。

(2) 变、配电所内未查出故障点,可采用试拉各路出线断路器的方法。试拉时,应首先试拉不重要的出线,对重要负荷尽可能采取倒路方式维持运行。

(3) 如试拉出线断路器时,发现故障发生在电缆线路,可采用电桥环线法及直流冲击法查找接地点。

(4) 如试拉出线断路器时,发现故障发生在架空线上,可派人沿线查找,从速处理。

注意事项

(1) 严禁用隔离开关直接断开接地故障点。

(2) 查找故障点应两人进行,须穿好绝缘靴,戴绝缘手套,使用安全用具。

(3) 系统接地故障的持续时间,原则上不应超过2小时。

(4) 发现接地故障应立即报告供电部门。

(5) 通过拉路查找,确认与接地故障无关的回路应及时恢复运行;而故障回路必须待故障排除后,方可恢复运行。

41. 电压互感器一、二次熔丝的保护范围是什么? 熔丝及熔断器的规格、型号应如何选择?

电压互感器一次侧(高压侧)熔丝的保护范围是电压互感器

本身和一次侧引线。当互感器绕组及一次侧引线发生故障时，能防止故障影响高压系统的正常运行，不致造成系统停电事故。另外，当二次侧回路短路而二次侧熔丝未及时熔断时，还能起后备保护作用。

电压互感器二次侧(低压侧)熔丝的保护范围是互感器的二次回路。当二次回路发生短路或过载时，能防止烧毁互感器。

电压互感器的中性线、开口三角的出线上，均不得装设熔断器。

电压互感器的一次侧(10kV)应采用 RN2 型(或 RN4 型)高压熔断器，其熔丝额定电流为 0.5A，当电流为 0.6~1.8A 时，熔丝可在 1min 内熔断。RN2 型熔断器最大开断电流为 50kA，三相最大断流容量为 1000MVA。熔丝是采用镍铬丝和康铜丝制成的，电阻值为 $100\Omega(\pm 7\Omega)$ ，因而具有限制短路电流的作用。熔丝管内采用石英砂填充，因此具有良好的灭弧性能和较大的断流能力。RN2 型熔丝的限流作用是普通熔丝不具备的，所以不能用普通熔丝替代。

电压互感器的二次侧(100V)，一般选用 R1 型或 RL1 型熔断器(户外常用 RM10 型)。熔丝选用 3~5A(户内装置用)或 6A(户外装置用)的。

四、用电安全技术

42. 简述人身触电事故的类别及电流对人体的作用。造成电伤害有哪些因素？

电流对人体伤害的形式可分为电击与电伤两类。

电击是指电流通过人体的器官和神经系统造成的伤害。

电击触电的形式有直接接触电击和意外接触电击。直接接触电击是人体直接接触及带电导体(或人体经由其他导体触及了带电导体)而造成的电击;意外接触电击是人体(或经由其他导体)触及了在正常运行时不应带电而在意外情况下带电的金属部分(通常是电气设备的金属外壳或金属架构)所造成的电击。

电伤则是指电能转化为其他形式的能作用于人体所造成的伤害。

电伤大多是人体与高压带电体距离近到一定程度时,这个间隙中的空气电离产生弧光放电对人体造成的伤害。

电伤的后果,可分为灼伤、电烙印、皮肤金属化三种。这三种后果有可能在一次触电后同时出现。

灼伤是因电弧的高温作用于人体形成的。它可在局部或较大面积的皮肤上形成。严重的灼伤可致人死亡,严重的电弧伤眼可引起失明。

电烙印是在人体触及带电体前先引起电弧,后又与带电部位接触。电弧击穿了皮肤的角质层,然后电流又直接通过没有角质层保护的皮肤,使皮肤表面形成黄色至深灰色的肿块。

皮肤金属化是因电弧的高温,使导体的金属材料蒸发后渗入皮肤内造成的。

电流作用于人体时,所造成的伤害是多方面的。大体上可分为热伤害、化学性伤害及生理性伤害几种。

热伤害可能出现的形式有烧伤及灼伤两种。烧伤后,轻者可出现类似于烫伤后出的水泡,严重些的可使皮肤局部发黄,再严重时可使局部碳化。

化学性伤害是指电流作用于人体后,对组织内的电解质产生电解作用,从而改变了组织的电解质成分及浓度,可使人体机能失常。

生理性伤害是指当流过人体的电流在 10mA 以下时,人可有针刺、麻痹、颤抖、痉挛以至疼痛感。一般不会丧失自主摆脱电源的能力。

人体流过 10 ~ 50mA 的电流,可有强烈的颤抖、痉挛、呼吸困难、心跳不规则等症状,如果触电时间加长,可能引起昏迷、血压升高甚至出现心室纤维性颤动。在这种情况下,有可能丧失自主摆脱电源的能力,在无人发觉或发觉过晚时,可造成触电人的死亡。

当人体流过的电流超过 50mA 时,往往会引起心室纤维性颤动,通常在接触电源的部位有烧伤或灼伤的痕迹。一般认为引起心室纤维性颤动会迅速导致死亡。

人体触电后,其后果的严重程度与很多因素有关,主要有:通过人体电流的大小;电流通过人体持续时间的长短;电流经过人体的主要途径;通过人体电流的种类和触电时人体状况等因素。

43. 试述人身触电的几种急救方法。防止触电的主要措施有哪些?

触电者呼吸停止,可采用人工呼吸法;心跳也停止时,必须和胸外心脏挤压同时进行。如现场救护只有一个人,可采用人工呼吸和胸外心脏挤压交替进行的方法,即挤压 10 ~ 15 次,吹气 2 ~ 3 次。

口对口(鼻)人工呼吸法

(1) 使触电者仰卧,迅速触开领扣、紧身衣扣、围巾,并放松腰带,头下不要垫枕头,以利呼吸。还应再确认触电者已停止呼吸。

(2) 把触电者的头侧向一边,掰开嘴巴将口腔中的假牙、血块、粘液、食物等妨碍呼吸的东西清除掉(如触电者牙关紧闭,可

用小木片、金属勺把等从其嘴角插入牙缝,慢慢撬开嘴巴)。

(3) 使触电者的头部尽量后仰,鼻孔朝天,使气道畅通。

(4) 救护人蹲跪在触电者头部的左边或右边,用一只手捏紧他的鼻孔,另一只手的拇指和食指掰开嘴巴,如果掰不开嘴巴,可用口对鼻人工呼吸法。

(5) 救护人深吸气后,紧贴掰开的嘴巴吹气,吹气时也可隔一层纱布或毛巾。吹气时要使触电者的胸部略有起伏,每5秒钟一次(吹气两秒,放松三秒),每分钟12次。对儿童吹气量酌减。

(6) 口对口吹气时,应把鼻子捏紧;口对鼻吹气时,应把嘴捂严。救护人换气时,放松触电者的鼻和嘴,让其自动呼气。

(7) 在人工呼吸的过程中,若发现触电者有轻微的自然呼吸时,人工呼吸应与自然呼吸的节律一致。当触电者的自然呼吸有好转时,可暂停人工呼吸数秒并密切观察。若正常呼吸仍不能完全恢复,应立即继续进行人工呼吸,直到呼吸完全恢复正常为止。

胸外心脏挤压法

(1) 将触电者的衣服解开,使其仰卧在比较坚实的木板或地板上,找到正确的挤压点。

(2) 救护人蹲跪在触电者腰部的一侧,或跨腰跪在其腰部,两手相叠,手掌根部放在心口窝稍高、两乳头间略低胸骨下1/3处。对触电儿童可用一只手操作。

(3) 救护人两臂肘部伸直,掌根略带冲击地用力垂直下压(压向脊背方向),压出心脏里面的血液,成人压陷深度为3~5cm,挤压太快、太慢、太重、太轻效果都不好,以每秒钟一次为宜。对儿童压力稍轻,以免损伤胸骨,挤压速度可稍快些。

(4) 挤压后掌根很快全部放松,让触电者胸廓自动复原,血又充满心脏。每次放松时,掌根不要挪位。

防止触电的措施

(1) 从事电气工作的人员,要严格执行保证安全的技术措施和组织措施(简称四措八制)。

(2) 对电气设备本身应采取以下措施:

- a. 电气设备必须保证有良好的绝缘;
- b. 电气设备采用保护接地和保护接零;
- c. 安装使用漏电保护装置,防止触电事故和因漏电引起的火灾事故,监视或切除一相接地故障;
- d. 对一般电气设备的照明灯应采用安全电压 36V、24V;在潮湿场所、金属容器内或大面积金属表面等危险环境中作业时,必须采用绝对安全电压 12V。

44. 简述安全用具的种类及性能。

安全用具主要有两种:基本绝缘安全用具和辅助绝缘安全用具。

基本绝缘安全用具的绝缘强度应能长期承受工作电压,并且在该电压等级的系统产生内部过电压时,确保操作人员的人身安全。

(1) 高压基本绝缘安全用具 主要有高压验电器、绝缘夹钳、绝缘拉杆及绝缘棒等。

(2) 低压基本绝缘安全用具 主要有低压试电笔、绝缘手套及带绝缘柄的工具。

基本绝缘安全用具可直接与带电导体接触。对于直接接触带电导体的操作,应使用基本绝缘安全用具。

辅助绝缘安全用具指其绝缘强度不能长期承受电气设备或线路的工作电压,或不能抵御系统中过电压对操作人员人身安全侵害的绝缘用具。辅助绝缘安全用具只能强化基本绝缘安全

用具的保护作用,即防止接触电压、跨步电压以及电弧灼伤对操作人员的危害。

(1) 高压辅助绝缘安全用具 主要有高压绝缘手套、绝缘靴、绝缘鞋、绝缘垫及绝缘台等。

(2) 低压辅助绝缘安全用具 主要有绝缘靴、绝缘鞋、绝缘垫及绝缘毯等。

辅助绝缘安全用具是配合基本绝缘安全用具使用的,辅助绝缘安全用具不能直接接触高压设备的带电导体。

检修时的安全用具主要有临时接地线、临时遮栏、标示牌、防护眼镜、安全帽和安全带等。

45. 简述安全用具的正确使用及保管方法。

为保证电气设备工作的安全,正确使用安全用具是至关重要的。在使用安全用具时,应对安全用具进行详细检查,首先应检查是否经试验合格、试验期是否有效及是否符合安全用具的要求。

绝缘拉杆及绝缘棒由工作部分、握手部分及绝缘部分构成。工作部分可用金属或高强度玻璃钢制成,要求在满足工作条件下尽量缩短尺寸,一般为5~8cm。绝缘部分与握手部分用防护环隔开,绝缘部分的长度不包括镶接的金属部分。绝缘棒的最小长度如表1-2所示。

表 1-2 绝缘棒的最小长度 (单位:m)

工作电压 (kV)	户内使用		户外使用	
	绝缘部分	握手部分	绝缘部分	握手部分
10 及以下	0.7	0.3	1.1	0.4
35 及以下	1.1	0.4	1.4	0.6

绝缘拉杆及绝缘棒是保证人身安全的基本绝缘安全用具。凡是进行直接与带电体接触的操作,都必须使用它们,并且应有监护人的监护。高压设备的操作还应同时使用辅助安全用具,如绝缘手套和绝缘靴。

高压验电器使用前必须进行认真检查,主要检查外观有无损伤、划痕、裂纹等,此外还应检查验电器的试验期是否超过规定期限,如果试验期有效,在进行验电之前还需检查验电器的发光部分是否正常,一般先在电压等级相符的带电设备上验明验电器的发光正常之后,立即在验电设备上进行验电。同样,使用高压验电器时,也应同时使用相适应的辅助绝缘安全用具(如绝缘手套)。

使用低压试电笔验电时,应用手指触及试电笔尾端的金属部分,用试电笔首端的金属部分触及带电体,试电笔的氖管发光证明有电。低压试电笔主要用来判断低压电气设备或线路是否带电,此外还可分辨低压三相四线制线路中的相线和零线。试电笔发光的线路为相线,不发光的为零线。如果使用低压试电笔区别交流电和直流电时,主要观察试电笔氖管发光的情况,氖管两极都发光是交流电,氖管一个电极(负极端)发光的是直流电。

为了保证安全用具的可靠性,妥善保管的方法如下:

- (1) 应存放在干燥、通风场所;
- (2) 绝缘杆应悬挂在支架上,不应与墙面接触;
- (3) 绝缘手套应存放在密闭的橱内,并与其它工具、仪表分别存放;
- (4) 绝缘靴应存放在橱内,不准代替雨鞋使用;
- (5) 高压验电器应存放在防潮的匣内,并放在干燥的地方;
- (6) 所有安全用具不准代替其他工具使用。

46. 简述安全用具的试验周期及试验标准。

绝缘安全用具的试验周期及试验标准如表 1-3 所示。

表 1-3 安全用具的试验周期及试验标准

名称	电压(kV)	试验周期 (年)	试验标准		
			耐压试验电压 (kV)	耐压试验持续 时间(min)	泄漏电流 (mA)
高压验电器	6~10 35	0.5	40 105	5	—
绝缘杆、 绝缘夹钳	35 及以下	1	3 倍线电压 但不得低于 40	5	—
绝缘手套	高压 低压	0.5	8(新品为 12) 2.5	1	≤ 9 ≤ 2.5
绝缘靴	高压	0.5	15	1	≤ 7.5
绝缘垫	1 以上 1 及以下	2	15 5	以 2~3cm/s 的速度拉过	≤ 15 ≤ 5
绝缘站台	各种电压	3	40	2	—
绝缘挡板、 绝缘罩	35	1	—	5	—
绝缘鞋	1 及以下	0.5	3.5	1	≤ 2
绝缘柄工具	低压	0.5	3	1	—

47. 在低压带电设备上作业时,有哪些安全注意事项?

(1) 工作中应有专人监护,使用的工具必须带绝缘柄。严禁使用锉刀、金属尺和带有金属物的毛刷、毛掸等工具。

(2) 工作时应站在干燥的绝缘物上,并戴手套和安全帽,必须穿长袖衣;低压接户线工作时,应随身携带低压试电笔。

(3) 高、低压线同杆架设,在低压带电线路上工作时,应先检查与高压线的距离,采取防止误碰带电高压线路的措施。

(4) 在低压带电导线未采取绝缘措施时,工作人员不得穿越。在带电的低压配电装置上工作时,应采取防止相间短路和单相接地的屏护措施。

(5) 上杆前应分清相线、零线、路灯线,选好工作位置。断开导线时,应先断相线,后断零线。搭接导线时的顺序与上述相反。不准带负荷接线或断线。

(6) 人体不得同时触及两根导线,带电部分只允许位于作业人员的一侧。

(7) 在变压器台装有闭式刀闸的杆上拆、搭接户线,应指定熟练工人操作,并应与高压带电线路保持规定的安全距离。

(8) 在带电的电度表和继电保护二次回路上工作时,要检查电压互感器和电流互感器的二次绕组,原接地点应可靠。断开电流回路时,应事先将电流互感器二次专用端子短路,不许带负荷拆、接表尾线。

48. 扑灭电气火灾应使用哪些消防器材? 如何正确使用和保管?

常用的电气灭火器材有二氧化碳灭火器、干粉灭火器等。

发生电气火灾时应首先断开火场电源(不含灭火用照明灯电源)。使用灭火器时,应站在火源上风口,喷嘴(管口)对准着火点,保持安全距离喷射灭火,具体使用及保管方法分别如下:

使用二氧化碳灭火器时,保持 3m 距离对准着火点,一手拿喇叭筒,一手拧开开关即能喷射。

使用干粉灭火器时,拿住喷射胶管对准着火点,提起拉环即可喷射。8kg 与 50kg 规格的射程分别为 4.5m 和 6~8m。

灭火器应放置在重点防火(配电室、电容器室等)、干燥和便于取用的场所。保管应做到夏季防晒,冬季防冻防磕碰,防喷管堵塞。

二氧化碳灭火器每月测一次重量,减少 1/10 时应充气。

干粉灭火器每年检查一次干粉是否受潮或结块;小钢瓶内的气体压力每半年检查一次,气压减少 1/10 时应充气。

49. 扑灭电气火灾的注意事项有哪些?

(1) 一旦发生电气火灾,首要的任务是切断电源。而切断电源时,要防止紧急之中带负荷拉隔离开关或低压刀开关,发生弧光短路事故。

(2) 发生火灾后,由于空气受热游离及烟薰,电气设备绝缘性能下降,所以在切断电源时,最好使用绝缘工具,以防人身触电。

(3) 如果需要采取剪断电线的方法切除低压电源时,应使用带绝缘柄的工具,并考虑剪线后防止他人触电。

(4) 情况危急或受条件限制必须带电灭火时则应注意:

① 二氧化碳、干粉等灭火器所使用的灭火剂都是不导电的,可用来带电灭火;

② 带电灭火时,灭火器本体、喷嘴及人体与带电体应保持一定的安全距离;

③ 使用二氧化碳灭火器时,应保证通风良好,要适当远离火区,并注意防止喷出的二氧化碳沾着皮肤。

50. 防止静电危害的主要技术措施有哪些?

防止静电危害的主要技术措施有:

(1) 泄漏法

采取接地或接零、增湿、加入抗静电添加剂等措施,以加快消除生产工艺过程中产生的静电电荷,防止静电的积累。

(2) 中和法

采用各种静电中和器,使带静电物体周围的空气电离,通过气体导电使静电中和消除,减弱静电。

(3) 工艺控制法

选用适当的材料,改进设备结构(如以齿轮转动代替皮带传动,减少摩擦)和工艺加工过程,控制静电的产生。

51. 什么是保护接地? 适用于哪些范围? 接地电阻合格值为多少?

为了防止因电气设备的绝缘损坏而使人身遭受触电的危险,将电气设备的金属外壳与接地体作良好的金属连接,叫保护接地。例如,电气设备正常运行时,不带电的金属外壳及架构等的接地均属于保护接地。

根据规程规定,保护接地适用于三相三线制中性点不直接接地的电力系统,以及三相四线制中性点直接接地的原有公用系统中。

保护接地的接地电阻值,一般不应大于 4Ω 。

52. 什么是保护接零? 适用于哪些范围? 采用保护接零有哪些基本的安全技术要求?

为了防止因电气设备的绝缘损坏而使人身遭受触电的危险,将电气设备正常运行时不带电的金属外壳及架构与变压器中性点引出的零线(PEN线或PE线)相连接,称为保护接零。

保护接零的方式适用于三相四线制中性点直接接地的电力系统中,有专用变压器的用户以及由小区配电室供电的低压用

户(由公用变压器供电者除外)。

对保护接零系统的安全技术要求是:

- (1) 电源侧中性点必须进行工作接地,其接地电阻值不应大于 4Ω ;
- (2) 零线应在规定地点作重复接地,其接地电阻值不应大于 10Ω ;
- (3) 零线上不得装设熔断器及开关;
- (4) 零线截面积的选择应符合规程要求,主干零线的截面不小于相线截面的 $1/2$;
- (5) 在同一低压配电系统中,保护接零和接地不能混用;
- (6) 不应将三眼插座上接电源工作零线的孔与保护接零线的孔连接在一起使用。

53. 为什么在 1000V 以下的同一配电系统中,不允许同时采用接地和接零两种保护方式?

在同一低压供电系统中,两种保护不能同时使用。就是说,要么全部采用接地保护方式,要么全部采用接零保护方式。究竟采用哪种保护方式,应根据系统的供电方式来确定。

如果在同一低压供电系统中,有的电气设备采用接地保护,而有的电气设备采用了接零保护,如图 1-52 所示,那么,当采用保护接地的某一电气设备发生漏电,保护装置又未及时动作时,接地电流将通过大地流回变压器中性点,从而使零线电位升高,导致所有采用接零保护设备的外壳都带有危险电压,严重威胁人身安全。所以,在同一低压供电系统中,应采用一种保护方式。不允许一部分电气设备采用接地保护,而另一部分电气设备采用接零保护。

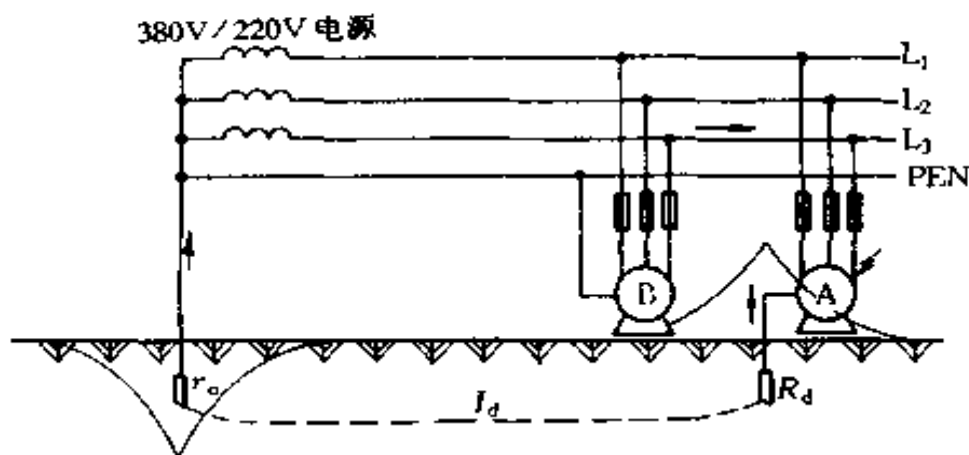


图 1-52 同一配电系统中保护接地与保护接零混用的情况

54. 采用接地或接零保护时,哪些电气设备的哪些部位应进行接地或接零? 其作用是什么?

电气设备的下列金属外壳或架构,除另有规定者外,均应接地或接零:

(1) 电机、变压器、开关设备、照明器具、携带式或移动式电气设备的金属外壳和底座;

(2) 室内外配电装置的金属架构、钢筋混凝土架构及靠近带电部分的金属围栏和金属门、窗;

(3) 电气设备的传动部分;

(4) 电流、电压互感器的二次线圈;

(5) 配电箱、屏、柜及控制台的框架;

(6) 电缆中接头盒、终端盒的外壳和电缆的金属外皮;

(7) 室内外配线用的金属管;

(8) 架空线路的金属杆塔、钢筋混凝土杆塔、配线用的钢索和起重机的轨道;

(9) I类手持电动工具及 0 类、0I 类和 I 类家用电器的金属外壳。

总之,凡是在正常情况下不带电,而故障时可能带危险电压的、人可触及的金属部件,均应进行保护接地(保护接零)。

进行接地或接零的作用是减轻和防止电气设备因绝缘损坏而漏电,或因感应电压造成人身触电。

55. 什么是重复接地? 重复接地的作用是什么? 其接地电阻最低合格值是多少?

在低压供电系统中,采用接零保护方式时,除电源变压器的中性点必须采用工作接地外,零线必须重复接地。

重复接地指在零线的一处或多处通过接地体再次与大地做良好的金属连接。重复接地的作用是:

- (1) 降低漏电设备外壳的对地电压,缩短漏电故障持续时间;
- (2) 减轻零线断线时的触电危险;
- (3) 减轻或消除三相负荷严重不平衡时,零线上可能出现的危险的対地电压;
- (4) 改善架空线路的防雷性能。

重复接地的接地电阻值一般不应大于 10Ω 。

56. 当电气设备采用保护接零时,零线应在哪些地方重复接地?

零线应在下列地点重复接地:

- (1) 架空配电线路的电源处、配电干线和分支线的终端及沿线每 1 公里处;
- (2) 电缆和架空线路引入车间或大型建筑物内的总配电装置处;
- (3) 金属管配线时,将金属管路和零线连接在一起,并作重复接地;

(4) 塑料管配线时,保护零线应单独敷设,并和零线相连作重复接地;

(5) 高低压架空线路同杆架设时,同杆架设段的零线两端应作重复接地;

(6) 保护接零系统中,其零线的重复接地点不应少于三处。

57. 什么是过电压? 什么是大气过电压? 什么是内部过电压?

过电压是指对电气设备绝缘有危害的突然升高的电压。按产生原因可分为大气过电压和内部过电压两大类。大气过电压也叫雷电过电压,它又分为直击雷过电压、感应雷过电压和雷电侵入波三种;而内部过电压可分为操作过电压、弧光接地过电压及谐振过电压等。

过电压保护的目的是防止电气设备绝缘遭受过电压的破坏。在过电压作用下,如不采取措施,则电气设备的绝缘将会被击穿,造成设备损坏和停电等事故。

对于大气过电压,要设法防止它侵入电气设备,并应采取相应措施将它尽可能降低到对电气设备的绝缘不致造成损害的程度。对内部过电压,则要了解它产生的原因及其特性,然后有针对性地采取相应措施,以防止其危害。

58. 什么是防雷保护装置? 防雷保护装置的作用是什么?

防雷保护装置包括电气设备的防雷和建(构)筑物的防雷两大内容。电气设备的防雷主要包括发电厂、变(配)电所和架空电力线路的防雷;建(构)筑物的防雷则分工业和民用两大类,它们按危险程度和设施的重要性,又可分为不同的类

型。

避雷针、避雷线、避雷网、避雷带及避雷器都是经常采用的防雷装置。一套完整的防雷装置包括接闪器、引下线和接地装置。上述避雷针、避雷线、避雷网、避雷带实际上都只是接闪器。避雷针主要用来保护露天变(配)电设备及保护建(构)筑物;避雷线主要用来保护输电线路;避雷网和避雷带主要用来保护建(构)筑物;避雷器则主要用来保护电力设备,它属一种专用的防雷设备。除避雷器外,它们都是利用其高出被保护物的突出地位,把雷电引向自身,然后通过引下线和接地装置把雷电流泄入大地,使被保护物免受雷击。

59. 接地装置定期检查的周期是怎样规定的? 检查内容有哪些?

为保证接地装置的安全可靠运行,必须对运行中的接地装置进行定期检查,其检查周期为:

- (1) 变(配)电所接地网,每年一次;
- (2) 车间电气设备的接地(接零线),每年至少两次;
- (3) 各种防雷保护接地装置,每年雷雨季节前检查一次;
- (4) 独立避雷针接地装置,每年雷雨季节前检查一次;
- (5) 10kV 及以下线路变压器工作接地装置,随线路检查;
- (6) 对有腐蚀性或化学成分的土壤中的接地装置,每 5 年局部挖开检查腐蚀情况。

接地装置的检查内容包括:

- (1) 电气设备与接地线连接处有无松动脱落现象;
- (2) 接地线有无损伤、断股及腐蚀现象;
- (3) 有腐蚀性土壤的场合,每 5 年应挖开接地引下线的土层,检查地面下 0.5m 接地引下线的腐蚀程度;

(4) 人工接地体周围地面上,不应堆放或倾倒有强烈腐蚀性的物质;

(5) 明装接地线表面涂漆有无脱落现象;

(6) 移动式电气设备的接地(接零)线接触是否良好,有无断股现象。

60. 测量接地电阻的时间、周期及合格值是怎样规定的?

测量接地电阻最好在春季(3~4月份)或冬季(指南方),在这个季节气温偏低,降雨最少,土壤干燥,土壤电阻率最大。如果在这个季节测量接地电阻合格,就能保证其它季节中接地电阻都在合格值范围内。

接地装置的检查周期为:

变(配)电所的接地装置,每年一次;

车间的接地装置,每年一次;

10kV 及以下线路上变压器的工作接地装置,每两年一次;

架空线路防雷接地装置,每两年一次;

避雷针的接地装置,每五年一次。

常用接地电阻的最低合格值:

(1) 电力系统中工作接地不得大于 4Ω ,保护接地不得大于 4Ω ,重复接地不得大于 10Ω ;

(2) 防雷保护:独立避雷针不得大于 10Ω ,变、配电所母线上阀型避雷器不得大于 5Ω ,低压进户线绝缘子铁脚接地的接地电阻不得大于 30Ω ,烟囱或水塔上避雷针不得大于 30Ω 。

61. 运行中的接地装置发现哪些异常情况时应进行维修?

运行中的接地装置,若发现有下列情况之一时应及时进行维修:

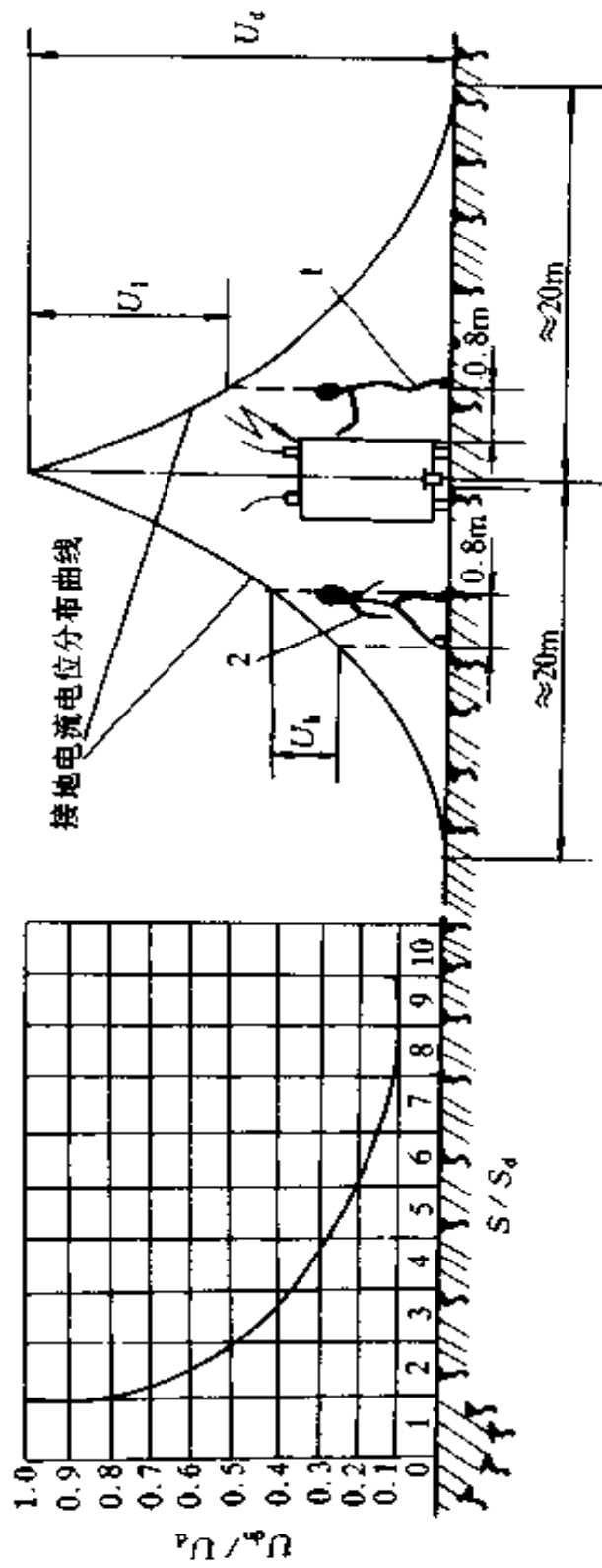
- (1) 接地线连接处有焊缝开焊及接触不良；
- (2) 接地线与电气设备连接处的螺栓松动；
- (3) 接地线有机械损伤、断股或有化学腐蚀；
- (4) 接地体由于洪水冲刷或取土露出地面；
- (5) 接地装置的接地电阻值大于规定值。

62. 什么是电气设备发生漏电或接地故障时的“对地电压”？什么是跨步电压？什么是接触电压？

一般所说的对地电压，就是指带电体与大地之间的电位差。在这里，“大地”是指离带电体接地点 20m 以外的大地而言。就是说，对地电压是带电体与具有零电位的大地之间的电位差。它在数值上等于接地电流与接地电阻的乘积。

当电流通过接地体流入大地时，接地体具有相对来讲最高的电位，也即具有最高对地电压。离开接地体后，各点的对地电压便逐渐下降，直至 20m 外对地（零电位点）之间的电压降为零。

当设备发生接地故障时，以接地点为中心的大地表面约 20m 半径的圆形范围内形成了一个电位分布区。当人体处在这一范围内又同时接触该故障设备的外壳（或架构等）时，人体所承受的电位差称为接触电压（ U_f ）。显然它的大小与设备（或接触设备外壳的人体立足点）离接地点的远近有关，离得越近则接触电压就越小，离得越远便越大，如图 1-53 所示。在流散电场范围内，人体两脚（或牲畜前后脚）之间所承受的电位差称为跨步电压（ U_k ），其值随立足点距接地点的远近和跨步的大小而变化，离得越近或跨步越大，跨步电压就越高，反之则越小。



(a)接地体的对地电压曲线

(b)接触电压和跨步电压

图 1-53 对地电压曲线、接触电压和跨步电压

63. 人工垂直接地体的安装一般有哪些规定?

接地装置是接地体与接地线的总称。埋入土壤内并与大地直接接触的金属导体或导体组,称为接地体,又称接地极。它按设置结构可分为人工接地体与自然接地体两类。

人工垂直接地体的安装要求是:

(1) 不应埋设在垃圾、炉渣和有强烈腐蚀性土壤处,遇有上述情况应换土;

(2) 接地体与建筑物及人行道的最小距离一般不小于 1.5m;

(3) 垂直接地体应按设计要求敷设,但最少不得少于 2 根;

(4) 接地体应采用镀锌钢材,垂直接地体应选用如下钢材:

钢管: $\phi 50\text{mm}$ (2in) 或 $\phi 40\text{mm}$ (1.5in), 其壁厚不应小于 3.5mm;

圆钢: 直径不小于 19mm;

角钢: $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 或 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 4\text{mm}$, 厚度不小于 4mm。

(5) 垂直接地体之间的水平连接导体,其规格如下:

扁钢: $40\text{mm} \times 4\text{mm}$, 厚度不小于 4mm;

圆钢: 直径不小于 8mm, 其截面不小于 48mm^2 。

(6) 垂直接地体安装要求:

① 埋设深度不应小于 0.6m;

② 长度不应小于 2.5m;

③ 间距不应小于 5m。

(7) 焊接时应采用搭接法,扁钢搭接长度不小于宽度的 2 倍,应三面施焊;圆钢搭接长度不小于直径的 6 倍,应两面施焊。

64. 在三相四线制供电系统中,零线的干线以及保护分支线的最小截面是怎样规定的?

(1) 三相四线制供电系统主干零线的截面,不得小于相线截面的 $1/2$;

(2) 接至用电设备的保护零线应有足够的机械强度,应尽量按 IEC 标准选择零线的截面和材质,架空敷设的保护零线应选用截面不小于 10mm^2 的铜芯线,穿管敷设的保护零线应选用截面不小于 4mm^2 的铜芯线。若采用铝芯线时,不得使用独股线,且截面应比铜线高一个等级;

(3) 与电气设备连接的保护接零线,采用裸导线时,其直径不得小于 4mm ;采用绝缘线时,其截面不得小于 2.5mm^2 (护套线除外)。

65. 什么是安全电压、加强绝缘和电气隔离?

安全电压指人体较长时间接触而不致发生触电危险的电压。GB3805 - 83《安全电压》规定了为防止触电事故而采用的、由特定电源供电的电压系列,这个电压系列的上限值是在任何情况下,两导体间或任一导体与地之间均不得超过交流(50 ~ 100Hz)有效值 50V(直流 120V)。

我国对工频安全电压规定了以下几个等级:42V、36V、24V、12V、6V。其使用场合如下:

42V:用于Ⅲ类手持式电动工具;

36V 和 24V:用于一般场所的安全灯或手提灯;

12V:用于特别潮湿场所及在金属容器内使用的照明灯;

6V:用于水下工作的照明灯。

加强绝缘是机械强度、绝缘性能都有所增强的绝缘结构。

它是一种附加保护措施,可以防止工作绝缘损坏后,在易接近部分出现危险的対地电压。

(1) 凡属加强绝缘的设备,其绝缘性能要高,一般应不低于 $7M\Omega$ 。使用中要防止机械损伤和过负荷。

(2) 使用标记应明显,双重绝缘用标记“回”表示。凡印有双重绝缘标记的电气设备,不得再与 TN 系统的 PE 线连接,防止高电位引入造成危害。

(3) 在潮湿、腐蚀性环境,狭窄场所及触电危险性大的环境,或手持式电动工具等易发生危险的设备,均要优先采用加强绝缘。采用双重绝缘防护措施后,一般不再需要采用接零或接地保护。必要时,可配用漏电保护器。

电气隔离是指阻断工作回路与其他回路(包括电源一次回路)之间电击电流的通路。

实现电气隔离时必须有独立的电源变压器供电,不与其他用户电力变压器构成回路。隔离变压器输入绕组与输出绕组没有直接的电气连接,彼此是绝缘的和隔离的,具有加强绝缘或双重绝缘结构。

隔离变压器及电路如图 1-54 所示。由于在一次与二次绕组之间从结构上保证不出现电气连接的可能性(包括意外事故时),从而使原中性点直接接地的供电系统变为不接地供电系统。

除有专门规定外,变压器输出绕组不得与 PEN 线及壳体有任何电气连接,以保证独立的回路。屏护部分应有足够的机械强度,且固定可靠。

隔离变压器容量单相不宜超过 25kVA,三相不宜超过 40kVA,用于照明或手持式电动工具时,单相不应超过 10kVA,三相不应超过 16kVA。满负荷试验 24h,温升不应超过 40°C ,二次

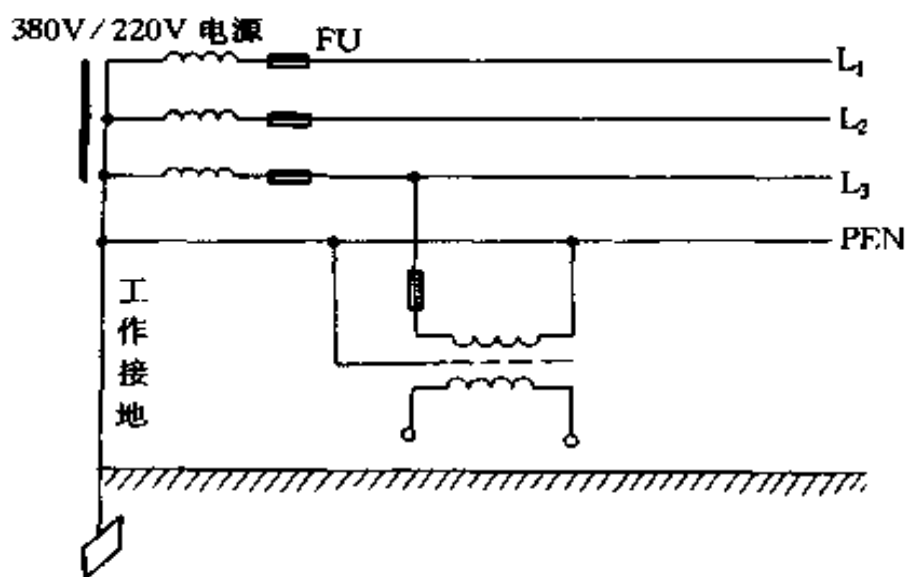


图 1-54 电气隔离变压器接线图

侧压降不应超过 5%。

66. 保证安全的技术措施和组织措施有哪些？

根据规程规定,在全部停电或部分停电的电气设备上工作时,必须采取安全技术措施,其主要内容为:

- (1) 停电;
- (2) 验电;
- (3) 装设临时接地线;
- (4) 悬挂标示牌和装设临时遮栏。

上述措施由值班员执行,并应有人监护。对于无人经常值班的设备和线路,可由工作负责人执行。

在全部停电或部分停电的电气设备上工作时,必须采取下列组织措施:

- (1) 工作票制度;
- (2) 操作票制度;
- (3) 查活及交底制度;

- (4) 工作许可制度；
- (5) 工作监护制度；
- (6) 工作间断及转移制度；
- (7) 工作终结及送电制度；
- (8) 调度管理制度。

67. 设备停电检修对验电工作的安全技术要求是什么？

为防止带电装设临时接地线或带电合上接地隔离开关及反送电源,危及人身设备安全,设备停电后,必须进行验电工作,具体规定如下:

(1) 被检修的电气设备停电后,在悬挂接地线之前,必须用验电器检验其确无电压;

(2) 验电时,必须使用电压等级合适、经试验合格、试验期限有效的验电器;

(3) 验电前,应先在已知带电体上检验验电器是否良好;

(4) 应在施工或检修设备的进出线的各相分别进行验电;

(5) 高压验电必须戴绝缘手套;

(6) 联络用的断路器或隔离开关检修时,应在其两侧验电;

(7) 线路的验电应逐相进行。检修同杆塔架设的多层电力线路时,先验低压,后验高压;先验下层,后验上层;

(8) 表示设备断开的常设信号或标志、表示允许进入间隔的信号及接入的电压表指示无电压和信号灯熄灭等,只能作为参考,不能作为设备无电的依据。

68. 停电检修时,对装设临时接地线的安全技术要求是什么？

装设临时接地线可用来防止工作地点因突然来电(如错误合闸送电)而带电,消除邻近感应电压或未放尽电的已断开电源

的电缆或变压器等设备的剩余电荷。它是检修工作中必不可少
的安全技术措施,其要求如下:

(1) 装设时,应先将接地端可靠接地,当验明设备或线路确
无电压后,立即将临时接地线的另一端(导体端)接在设备或线
路的导电部分上,此时设备或线路已接地并三相短路。

(2) 临时接地线应使用多股软裸铜线,截面不小于 25mm^2 ,
每次使用前应进行检查。

(3) 装设临时接地线必须先接接地端,后接导体端(拆的
顺序与此相反);装、拆临时接地线应使用绝缘棒或戴绝缘手
套。

(4) 分段母线在断路器或隔离开关断开时,各段应分别验
电并在接地之后方可进行检修。降压变电所全部停电时,应在
各个可能来电侧的部位装设临时接地线。

(5) 在室内配电装置上,临时接地线应装在未涂相色漆的
母线上及指定的接地点上。

(6) 临时接地线应装设在工作地点可以看见的地方。

(7) 临时接地线与检修的设备或线路之间不应连接有断路
器或熔断器。

(8) 带有电容的设备或电缆线路在装设临时接地线之前,
应先放电。

(9) 同杆架设的多层电力线路装设临时接地线时,应先装
低压,后装高压;先装下层,后装上层;先装“地”,后装“火”。拆
的顺序则相反。

(10) 装、拆临时接地线工作必须由两人进行,一人操作,一
人监护;若变电所为单人值班时,只允许使用接地隔离开关接
地。

(11) 对于可能送电至停电设备或线路的各方面(包括线路

的各支路)或停电设备可能产生感应电压的地方,都要装设临时接地线。

(12) 临时接地线禁止装设在本单位不能控制的线路或电气设备上。

(13) 临时接地线及其存放位置均应编号。

69. 标示牌的种类和悬挂的规定有哪些?

标示牌按其性质分为4类7种:

禁止类:“禁止合闸,有人工作!”和“禁止合闸,线路有人工作!”;

警告类:“止步,高压危险!”和“禁止攀登,高压危险!”;

准许类:“在此工作”和“由此上下”;

提醒类:“已接地!”。

标示牌的悬挂场所规定如下:

禁止类标示牌应悬挂在“一经合闸即可送电到施工设备或施工线路的断路器和隔离开关的操作手柄上”。

警告类标示牌悬挂在以下场所:

(1) 禁止通行的过道上或门上;

(2) 临近工作地点带电设备的围栏上;

(3) 在室外架构上工作时,挂在工作地点临近带电设备的横梁上;

(4) 已装设的临时遮栏上;

(5) 进行高压试验的地点附近。

准许类标示牌悬挂在以下场所:

(1) 室外和室内工作地点或施工设备上;

(2) 工作人员上、下的铁架或固定扶梯上。

提醒类标示牌悬挂在“已装设临时接地线的隔离开关操作

手柄上”。

标示牌悬挂数量为：

- (1) 禁止类标示牌的数量应与参加工作的班组数相同；
- (2) 提醒类标示牌的数量应与装设接地线的组数相同；
- (3) 警告类和准许类标示牌的数量，可视现场情况适量悬挂。

70. 监护人的条件是什么？职责范围有哪些？

监护人应具备下列条件：监护人的安全技术等级应高于操作人，具有丰富的实际工作经验并熟悉现场及设备情况。监护人一般由工作负责人担任，同一工作票不同地点的监护人可由工作负责人指派。

监护人的职责是保证工作人员在工作中的的人身安全及操作正确，其监护内容如下：

(1) 部分停电时，监护所有工作人员的活动范围，使其与带电设备保持规定的安全距离；

(2) 带电作业时，监护所有工作人员的活动范围，使其与接地部分保持规定的安全距离；

(3) 监护所有工作人员的工具使用是否正确，工作位置是否安全，以及操作方法是否正确等；

(4) 工作中监护人因故离开工作现场时，必须另指派了解有关安全措施的人员接替监护并告知工作人员，使监护工作不致间断；

(5) 监护人发现工作人员中有不正确的动作或违反规程的作法时，应及时提出纠正，必要时可令其停止工作，并立即向上级报告；

(6) 所有工作人员(包括工作负责人)不准单独留在室内或

室外高压设备区内,以免发生意外触电或电弧灼伤;

(7) 监护人应自始至终不间断地进行监护,在执行监护时,不应兼做其它工作。但在下列情况下监护人可参加班组的工作:

a. 全部停电时;

b. 变、配电所内部分停电时,只有在安全措施可靠、工作人员集中在一个地点、工作人员连同监护人不超 过 3 人时;

c. 所有室内外带电部分均有可靠的安全遮栏,足以防止触电的可能,不致误碰导电部分。

71. 停电检修工作终结后,送电前应检查的内容有哪些?

停电检修工作终结后,在送电前应按以下顺序进行检查:

(1) 工作负责人应会同值班员共同对设备进行检查,特别要核对断路器、隔离开关的分、合位置是否与工作票规定的位置相符,核对无误后,双方在工作票上签字,宣布工作终结;

(2) 检查设备上、线路上及工作现场的工具和材料,不应有遗漏;

(3) 线路工作应检查弓子线的相序及断路器、隔离开关的分、合位置是否与工作票规定的位置相符;

(4) 拆除临时遮栏、标示牌,恢复永久遮栏、标示牌等,同时清点全体工作人员的人数;

(5) 拆除临时接地线,所拆除的接地线组数应与装设的接地线组数相同(接地隔离开关的分、合位置与工作票的规定位置相符);

(6) 送电后,工作负责人应检查用电设备运行情况,正常后方可离开现场。

72. 巡视高压设备的安全要求有哪些?

在巡视高压设备时,值班人员为保证自身的安全,应做到:

(1) 禁止越过遮栏巡视,在巡视高压设备时应与带电设备保持安全距离。其电压等级为 10kV 时,人体与带电体间的最小距离为:有遮栏的不小于 0.35m;无遮栏的不小于 0.7m。

(2) 遇雷雨天气和发生接地故障时,应防止跨步电压触电,处理时要穿绝缘靴,而且尽可能远离接地故障点。

(3) 巡视设备时,一般不处理发现的缺陷,只要发现问题,应及时汇报,不要单独进行处理。

73. 变(配)电站值班长和值班员的岗位职责有哪些基本内容?

值班长的职责为:负责本班安全、运行、维护工作。领导值班员接受、执行调度命令,正确、迅速地进行倒闸操作和事故处理;发现和及时处理缺陷;受理和审查工作票,并参加验收工作;组织好设备维修工作;审查值班记录;完成安全技术培训工作。

值班员的职责为:在值班长领导下,做好安全、运行、维护工作。按时巡视设备;进行倒闸操作;按时做好各种记录;管理好安全用具和仪表工具;做好交接班工作;在值班长不在时,代理值班长进行必要的业务工作。

五、电气线路

74. 架空线路主要由哪些部分组成?各部分的作用是什么?

架空输电线路主要由避雷线、导线、线路金具、绝缘子、杆塔

(包括电杆和铁塔)、拉线和杆塔基础等部分组成,其用途分述如下:

(1) 避雷线 用来保护架空线路免遭雷电大气过电压的损害,一般 10kV 及以下架空线路不装设避雷线。

(2) 导线 导线是线路的主要组成部分,用来传输电流。一般线路每相多采用单根导线。对于超高压大容量输电线路,由于输电容量大,同时为了减少电晕损失和电晕干扰,多采用同相分裂导线,即每相采用两根、三根、四根或更多根导线。

(3) 线路金具 连接绝缘子与横担、绝缘子与导线及导线本身的连接所需用的金属附件,通称为线路金具。常用的线路金具有抱箍、线夹、拉板、垫铁、穿心螺栓、花篮螺丝及直角挂板等。

(4) 绝缘子 绝缘子用来支撑或悬吊导线并使导线与杆塔绝缘,它应保证有足够的电气绝缘强度和机械强度。

(5) 杆塔 杆塔的作用是支撑导线、避雷线及其附件,10kV 及以下多采用钢筋混凝土电杆,按其用途分为直线杆、耐张杆、转角杆、终端杆、分支杆及特种杆等。

(6) 拉线和杆塔基础 拉线的作用是加强电杆的强度和稳定性,平衡电杆各方向的受力。杆塔基础是将杆塔固定在地下,以保证杆塔不发生倾斜或倒塌的设施。

75. 低压架空线路如何正确选择导线截面?

低压架空线路导线的截面一般按下列条件选择:

(1) 按导线的允许电流值选择:在导线连续通过允许的最大负荷电流时,使导线发热不超过线芯所允许的温度。

(2) 按允许电压损失选择:导线连续通过正常的最大负荷电流时所产生的电压损失不能超过允许范围,以保证电气设备的正

常运行。《全国供用电规则》规定：低压电力用户电压变动范围为额定电压的 $\pm 7\%$ ，低压照明用户则为额定电压的 $+5\% \sim -10\%$ 。

(3) 按机械强度选择：为防止导线在安装或运行中断线。对低压架空线路导线截面，要求铝绞线不小于 25mm^2 ，钢芯铝绞线不小于 25mm^2 ，铜线直径不小于 4mm 。选择较大导线截面时，还应考虑按经济电流密度来选择，以减少线路的电能损耗及运行费用。

76. 怎样确定低压架空线路电杆的长度及埋设深度？

电杆长度应根据电杆最上层横担距杆尖的距离(L_1)、横担与横担之间的距离(L_2)、导线的最大弧垂(L_3)、导线对地面允许的最小垂直距离(L_4)以及电杆的埋设深度(L_5)等因素确定。如果用 L 代表电杆长度，则 $L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$ 。

电杆埋设深度应根据电杆的长度、承受力的大小和土质情况来确定。一般为杆长的 $1/6$ ，但最浅不得小于 1.5m ；变台杆不应小于 2m 。一般电杆埋设深度如表1-4所示。

表 1-4 电杆埋设深度

电杆长度(m)	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	15.0
埋设深度(m)	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3

77. 架空线路的档距是根据哪些因素确定的？在城市及居民区，档距一般是多少？

在架空线路中，两根相邻电杆之间的水平距离称为档距。架空线路的档距是根据导线对地的最小垂直距离、导线的弧垂、导线允许应力、电杆高度、地形特点和用户接户线方位以及路灯

安装距离等因素来确定的。城市居民区的档距一般为 40 ~ 50m;6 ~ 10kV 的档距为 40 ~ 60m。

高低压架空线路采用同样架设时,一般应满足低压架空线路的档距要求。另外,在非居民区或偏远地区,条件允许时,应尽量加大档距,以减少线路投资。

78. 什么是导线的弧垂? 导线弧垂的大小与哪些因素有关? 弧垂过大或过小有什么不好?

水平架设的架空线路,导线最低点与两悬挂点间的垂直距离,称为导线的弧垂。弧垂的大小与电杆的档距、导线的自重、架线的松紧、气候等因素有关。

导线弧垂的大小在电工手册中都可查到。也可以由下式计算:

$$f = \frac{L^2 g S}{8T}$$

式中 f —— 弧垂(m)

g —— 比载(kg/m·mm²)

L —— 档距(m)

S —— 导线截面(mm²)

T —— 导线最低点的拉力(kg)

弧垂过大或过小都会影响线路的安全运行。当弧垂过大时,不能保证导线对地面的安全距离,大风时还可能造成短路事故。当弧垂过小时,导线所承受的应力过大,在冬季气温过低时,有可能造成断线事故。

79. 运行中架空线路巡视检查的项目有哪些?

(1) 电杆 杆体是否破损、倾斜,横担是否倾斜、腐蚀。构

件是否变形、短缺；杆上是否有鸟巢或其它杂物。

(2) 导线 导线是否断股、损伤或有烧伤痕迹；弧垂度是否一致，导线对地或交叉及与其它物体的距离是否符合规定要求。

(3) 绝缘子 绝缘子是否有裂纹、破损、污染、放电痕迹或严重的电晕现象。

(4) 拉线及铁杆 拉线是否松弛、断股、锈蚀。拉线金具是否齐全，地锚是否松动，铁杆有无移位。

(5) 杆上开关设备 开关设备安装是否牢固，无变形、破损及放电痕迹，操动机构是否完好，各部引线之间及对地的间距是否符合规定。

(6) 防雷及接地装置 放电间隙是否烧伤、有无变形，阀型避雷器瓷件有无裂纹、破损及放电痕迹。接地引下线是否断股或断线，引下线的连接部位是否牢固，接地装置有无被水冲刷而外露等。

(7) 沿线路附近的其它工程 是否影响线路安全运行。周围建筑物设施以及树木是否影响线路安全运行。

80. 什么是接户线？对接户线有哪些要求？

由低压配电线路引至建筑物外墙第一支持物之间的一段线路，称为接户线。

接户线应采用耐压为 500V 以上的绝缘导线，且不应有接头；接户线的导线截面可根据用电负荷大小来确定，但其最小截面不小于下列数值：铜线为 2.5mm^2 ，多股铝绝缘导线为 10mm^2 ；接户线的档距不宜超过 25m，对于偏僻地区不应超过 40m；接户线在最大弧垂时对路面的中心垂直距离不应小于下列数值：交通要道为 6m，交通困难的街道和一般胡同为 3.5m；接户线不宜跨越建筑物，必须跨越时，对建筑物最高点的垂直距离不应小于

2.5m;接户线与树枝最小净空距离不应小于300mm;接户线与配电线路的夹角在 45° 及以上时,应在配电线路的电杆上装设横担;接户线不得从档距中间悬空连线,横担长度应满足线间距离的要求,一般不小于150mm;接户线的零线与相线交叉时,应采用绝缘套管隔离。

81. 什么是进户线? 对进户线有哪些要求?

由室外第一支持物到室内电度表盘之间的一段线路称为进户线,又叫表外线。

安装进户线时,要合理选择进户点,使其尽量接近供电线路,且应明显易见、便于维护和检修。进户线的长度不应超过15m,并且中间不应有接头。同一用电单位只应设一个进户点。

计费方式不同的进户线不应穿入同一根管内,当电度表装有互感器时,也可在互感器外套接。

进户线穿墙时,应套上保护套管(如瓷管、硬塑料管等),并应防止相间短路或对地短路;绝缘套管露出墙外部分不应小于10mm,其外端应有防水弯头;进户线与接户线连接时,多股线应做成“倒人字”接法。

高层综合楼的进户线安装应符合下列规定:

- (1) 商业与民用的进户线应分别敷设;
- (2) 商业分装表的表外干线,在进入室内时,应安装维护分界刀开关,表外干线应考虑发展,一般应加大1~2级;
- (3) 商业分装表自表外干线连接时,应采用线夹等机械连接,并做接线箱或盘后开门;
- (4) 商业表外干线走墙下侧时,分支线接线箱距地面不应低于300mm;

(5) 商业表外干线的接线箱规格应根据导线截面选择,但一般不应小于 $220\text{mm} \times 300\text{mm} \times 160\text{mm}$ 。

82. 什么是第一支持物? 什么是套接线?

建筑物外墙支持接户线的设施以及自设电杆等称为第一支持物。

第一支持物应按供电部门供电方案中确定的位置安装,接户线的固定点对地距离不应小于 2.7m ,且应符合接户线最大弧垂的要求。

一般楼房的第一支持物应做在首层,并应避开阳台、窗户和雨水口下方。

由第一支持物沿建筑物敷设至另一建筑物进线口处的线路,称为套接线。这段线路一般由用电单位安装。

套接线不宜过长,否则线路电压损失过大,其总长度一般不应大于 40m 。

套接线的截面,铜线不应小于 2.5mm^2 ;铝线沿建筑物敷设时,不应小于 4mm^2 。

83. 常用低压电力电缆的型号和种类有哪些?

电力电缆型号中的符号含义如表 1-5 所示。

表 1-5 电缆型号中的符号含义

绝缘材料	线芯材料	内护层	特征	外护层
V—聚氯乙烯	L—铝芯 (铜芯不表示)	H—橡套 HF—非燃性橡套 L—铝包	CY—充油 D—不滴流 F—分相 G—高压	0—相应的裸外护层 1—一级防腐、麻被外护层 2—二级防腐、钢带铠装,钢带加强层 (对充油电缆)

续表

绝缘材料	线芯材料	内护层	特征	外护层
Y—聚乙烯 YJ—交联聚 乙烯 Z—纸		Q—铅包 V—聚氯 乙烯护套 Y—聚乙烯 护套	P—贫油、 干绝缘 P—屏蔽 Z—直流	3—单层细钢丝铠装 4—双层细钢丝铠装 5—单层粗钢丝铠装 6—双层粗钢丝铠装 29—双层钢带铠装外加聚氯乙烯护套 39—细钢丝铠装外加聚氯乙烯护套 59—粗钢丝铠装外加聚氯乙烯护套

常用的电力电缆按其绝缘和保护层的不同,主要有以下几类:

(1) 油浸纸绝缘铅包(或铝包)电力电缆,如 ZQ₀₂型、ZLL₃₂型;

(2) 不滴流油浸纸绝缘电力电缆,如 ZQD型、ZLQD₁₂型;

(3) 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆,如 VV₂₉型、VLV₅₉型;

(4) 交联聚乙烯绝缘聚乙烯护套电力电缆,如 YJY型、YJLY型;

(5) 交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆,如 YJV型、YJLV₂₂型;

(6) 橡皮绝缘电力电缆,如 XLV型、XQ2型。

84. 电力电缆在运行中的常见故障有哪些?

电缆运行中的常见故障主要有:

(1) 机械损伤:由于管理不严,施工不当,电缆直接受外力损伤;

(2) 铅皮疲劳、龟裂、胀裂:由于安装条件不良、电缆质量不良或电缆长期过负荷等原因引起;

(3) 户外电缆终端头浸水爆炸:原因是设计不良、施工不当和运行维护不良;

(4) 中间接头爆炸:原因是设计不良、超负荷、导体连接不良、铅封不良进水等;

(5) 热击穿:长期过载、散热不良等原因引起;

(6) 过电压击穿:原因是雷击侵入波过电压或内部过电压;

(7) 护层腐蚀:原因是地下电流的电解腐蚀或化学腐蚀使护层损坏。

85. 什么是电缆头? 电缆头的作用是什么? 常用的种类有哪些?

电缆的一端与其它电气设备连接时,需用电缆终端头;将两条电缆的一端连成为一条电缆线路时,需利用电缆中接头,电缆终端头和中接头统称为电缆头。

电缆头的主要作用是把电缆密封起来。当电缆出厂时,两端都是密封的,但在敷设或连接时,其端头都要剖开,这就破坏了其密封性。如果电缆在敷设时端头未密封或制作的电缆头质量不合格,电缆头就会漏油,最后使绝缘油干枯,绝缘性能大大下降,影响电缆的安全运行。另外,电缆纸有很强的吸水性,极易受潮,如电缆密封不良,潮气侵入电缆内部,也会使绝缘性能降低并影响电缆的安全运行。不难理解,电缆头是电缆绝缘的薄弱环节,且是电缆线路故障的多发点。

电缆终端头分为户内和户外两大类,户外电缆终端头由于易受风雨冰雪及环境气候影响,工作条件恶劣,所以其结构较为复杂。户内电缆终端头工作条件较好,不需防水装置,电缆芯线

可直接引出与设备相连。目前 10kV 及以下电缆的户内、户外电缆终端头普遍采用环氧树脂电缆终端头,户外电缆有时也采用生铁盒电缆终端头。

常用的电缆中间接头有两种:铅套管中间接头和环氧树脂中间接头。前者消耗材料多,安装不方便;后者目前较为常用。

86. 直埋电力电缆敷设时有哪些要求? 电力电缆在敷设前应进行哪些试验和检查?

直埋电力电缆的敷设要求主要有:

- (1) 直埋电缆 应有铠装和防腐保护层。
- (2) 直埋电缆的深度 一般不小于 0.7m,农田中不小于 1m,35kV 及以上不小于 1m,若不能满足上述要求,应采取保护措施。
- (3) 直埋电缆 应在电缆上、下均匀铺设 100mm 厚细砂或软土,垫层上侧应用水泥盖板或砖衔接覆盖,回填土时应去掉大块砖、石等杂物。
- (4) 直埋电缆在拐弯、接头、交叉、进出建筑物等地段,应设明显的方位标桩。直线段应适当增设标桩。标桩露出地面以 150mm 为宜。
- (5) 电缆经过含有酸碱、矿渣、石灰等的场所时,不应直接埋设;必须经过该地段时,应采用缸瓦管、水泥管等防腐保护措施。
- (6) 直埋电缆不应平行敷设在各种管道的上面或下面;
- (7) 电缆沿坡敷设时,中间接头应保持水平;多条电缆同沟敷设时,中间接头的位置应前、后错开。
- (8) 敷设电缆时,应防止电缆扭伤和过分弯曲,电缆弯曲半

径与电缆外径的比值不应小于下列规定：纸绝缘多芯电力电缆，铅包 15 倍，铝包 25 倍。

电力电缆敷设前应检查电力电缆的型号、规格及长度是否符合设计要求，是否有外力损伤。低压电力电缆用 1000V 兆欧表摇测绝缘电阻，绝缘电阻值一般不应低于 $10\text{M}\Omega$ ；高压电力电缆用 2500V 兆欧表摇测绝缘电阻，绝缘电阻值一般不应低于 $400\text{M}\Omega$ 。

87. 电缆线路的巡视检查周期是如何规定的？直埋电力电缆的巡视检查内容有哪些？

电缆线路的巡视检查周期为：

- (1) 直埋电缆，隧道中、沟道中及沿桥梁架设的电缆，每 3 个月一次；
- (2) 竖井中敷设的电缆，至少每半年一次；
- (3) 室外电缆终端头，应每月一次；
- (4) 变(配)电所内的电缆终端头应与高压配电装置的巡视检查一起进行；
- (5) 暴雨后，对可能冲刷出地面的电缆路段应进行特殊巡视检查。

直埋电缆的巡视检查内容有：

- (1) 电缆路径附近有无挖掘工程；
- (2) 电缆路径标桩是否完整无缺；
- (3) 沿线路面有无堆放重物及搭盖临时建筑；
- (4) 线路附近有无酸、碱等腐蚀性排泄物以及堆放石灰等；
- (5) 露出地面的保护管(钢管、角钢)有无锈蚀现象，其固定是否牢固；
- (6) 引入室内的电缆穿管处是否封堵严密。

88. 电力电缆在什么情况下应穿管保护？保护管直径如何选择？

电力电缆通过下列地段时，应采取穿管保护：

- (1) 电力电缆引入和引出建筑物时应穿管保护，保护管应超出建筑物散水坡以外；
- (2) 电力电缆与铁路或道路交叉时应穿管保护，且保护管应伸出轨道或路边 2m 以外；
- (3) 电力电缆引出地面 2m 以下，人易接触的明露部分；
- (4) 电力电缆与各种管道、沟道交叉处；
- (5) 电力电缆可能受到机械损伤的地段。

电缆保护管长度在 30m 以下者，内径不应小于电缆外径的 1.5 倍；超过 30m 时不应小于 2.5 倍，但一般主进电缆保护管的内径不应小于 100mm。

89. 直埋电力电缆与热力沟及易燃管道等的交叉平行安全距离有何要求？

直埋电力电缆与热力沟及易燃管道等的交叉平行安全距离如表 1-6 所示。

表 1-6 直埋电力电缆与管道、建筑物等接近、交叉距离（单位：mm）

类别	接近距离	交叉时垂直距离
电力电缆与易燃管道	1000	500
电力电缆与热力沟	2000	500
电力电缆与建筑物	600	-
电力电缆与电杆	500	-

续表

类别	接近距离	交叉时垂直距离
电力电缆与树木	1000	-
电力电缆与其他管道	500	250
电力电缆与铁路路基	3000	1000

90. 为什么铜、铝导线不允许直接连接？铜、铝导线的连接有哪些要求？

铜、铝导线一般不能直接连接，因为铜和铝两种金属的电化性质不同。将铜线和铝线直接连接时，一旦遇到空气中的水分、二氧化碳以及其它杂质形成的电解液时，就将形成电池效应。这时，铝易于失去电子成为正极，铜难于失去电子而成为负极，于是在正负极间就产生一个 1.69V 的电动势，并有一很小的电流通过，腐蚀铝线，即形成所谓电化腐蚀，因此引起接触不良，接触电阻增大。有电流通过铜铝连接部位时，将使其温度升高，而高温又加速了铝线的腐蚀程度。从而形成恶性循环，直至将导线烧毁。

综上所述，铜、铝导线必须采取过渡连接，单股小截面铜、铝导线连接时，应将铜线搪锡后再与铝线连接；多股大截面铜、铝导线连接时，应采用铜铝过渡连接管或铜铝过渡线夹；若铝导线与开关的铜接线端连接时，则应采用铜铝过渡鼻子。

91. 临时用电线路的敷设有哪一些基本安全要求？

临时、暂设低压配电线路期限不超过半年，安全要求如下：

(1) 外线的架设应符合电气安装标准和施工图册要求。

(2) 水泥杆不应有掉灰、露筋及裂纹或弯曲现象。当采用木杆时,除满足机械强度外,杆梢直径不小于 120mm,不应有糟朽和劈裂;电杆不得倾斜、下沉及杆根积水等。

(3) 导线截面:铜线不小于 6mm^2 ,铝线(多股)不小于 10mm^2 ,不能使用裸导线和裸绑线,导线应绝缘良好,无破损。

(4) 线路禁止敷设在树上,各种绝缘导线不能成束架空敷设;电缆线路容易受损的线段应采取保护措施,所有固定设备的配电线路不能沿地面敷设,应穿管埋地敷设,管内不准有接头,管口部分要封堵严密。

(5) 线路的每一支路须装设带有效短路和过载保护的断路器。

(6) 线路与施工的建筑水平距离一般不小于 10m,与地面的垂直距离不小于 6m,跨越建筑物时距房顶的垂直距离不小于 2.5m,与塔吊回转半径及被吊物之间的距离不小于 1.5m,达不到上述安全距离时,应采取有效的保护措施。

(7) 遇恶劣天气(大风、大雪、雷雨天气)应立即巡视检查线路,发现问题应及时处理。

(8) 暂时停用的线路应及时切断电源;工程竣工后临时线路应立即拆除。

92. 在低压架空线路上带电作业时,监护人的主要职责是什么?

监护人的安全技术等级应高于操作人。在低压架空线路上带电作业时,监护人员的主要职责是保证工作人员和线路的安全,所以要监护工作人员杆上带电作业的全过程,并监视无关人员和车辆,不使其进入作业场地。

监护人要始终不断地监护工作人员的工作位置是否安全,

工作人员身体各部位的最大活动范围与接地部位的距离是否小于安全距离,工具的使用是否正确,操作方法是否正确(如导线拆、接顺序等)。发现工作人员有不正确的动作时,应及时纠正,必要时令其停止工作。

93. 在低压带电设备或线路上作业时,有哪些安全注意事项?

(1) 应有专人监护。工作人员不准直接接触带电体,应保持规定的安全距离。

(2) 工作人员应穿长袖衣服,戴安全帽、防护手套及与工作内容相关的防护用品。

(3) 工作人员应携带试电笔,操作时应使用基本绝缘安全用具,不准使用无绝缘的金属工具(钢锯、锉刀、钢卷尺),以免造成导线接地、短路及人身触电事故。

(4) 杆上作业,登杆前应检查杆基及登高用具,选好工作位置,分清相线、零线。登杆后人体不准穿越带电导线,接线时应先接零线、后接相线。断线时顺序相反。

(5) 在低压配电装置上作业时,要防止相间、相对地的短路。为防止触及带电体,必要时应设置绝缘屏护。

(6) 禁止带负荷拆、搭表尾线和电流互感器的二次回路。

(7) 移动带电设备时,应先断开电源。接线时应先接负载、后接电源,拆线时顺序相反。

94. 使用安全带有哪些规定?

使用安全带应符合下列规定:

(1) 安全带应是电工专用的,每半年应进行一次拉力试验并保证合格(大带 225kg,小带 150kg)。

(2) 使用前,应检查有无腐朽、脆裂、老化、断股等现象,所

有钩环是否牢固,安全带上的孔眼有无豁裂。

(3) 安全带上的钩环应完好,并有可靠的保险装置,防止自动脱钩。

(4) 安全带应拴在可靠处,禁止拴在杆尖、横担、瓷瓶、铁板、导线以及将要拆卸的部件上。

(5) 腰带(小皮带)应系在臀部偏上方,电工工具五联的下面,松紧应适中。

(6) 安全带拴好后,先将钩环扣好,上好保险装置,然后才可探身或后仰,禁止“听响探身”。在杆上转位时,不应失去安全带保护。

(7) 锦纶安全带不宜接触 120℃以上的高温、明火和酸类物质,以及有锐角的坚硬物体等。

95. 使用梯子、高凳有哪些要求?

使用梯子、高凳的要求如下:

(1) 梯子、高凳应坚固完整,梯子的架构要有足够强度,能承受工作人员和携带工具的总重量。

(2) 在光滑的地面上架设梯子和高凳时,应有防滑措施。

(3) 靠在杆子上使用的梯子,必须把梯子上端绑牢。

(4) 在高凳和梯子上工作,腿必须跨在梯凳内,不许站在梯子最上一层。

(5) 当人在梯子上工作时,严禁移动梯子。也不准两人同登一梯作业。在梯子上工作时,要注意身体重心不要超出梯子范围以外。

(6) 使用 4m 以上的高凳应拉晃绳,或有专人扶着。

(7) 架立梯子时,梯身与地面的夹角以 60°为宜。

96. 使用脚扣有哪些规定？

使用脚扣应符合下列规定：

(1) 脚扣的形式应与电杆的材质相适应，禁止用木杆脚扣上水泥杆。

(2) 脚扣的尺寸应与杆径相适应，禁止大脚扣上“小”杆。

(3) 检查脚扣有无摔过，开口过大或过小；歪扭、变形者不得继续使用。

(4) 脚扣的小爪应活动灵活，且螺栓无松脱，胶皮无磨损。

(5) 脚扣上的胶皮层应无老化、平滑、脱落、磨损、断裂及“离股”现象。

(6) 脚扣上的皮带孔眼应无豁裂、严重磨损或断裂。

(7) 脚扣的踏板与铁管焊接应无开焊及断裂现象。

(8) 脚扣的静拉力试验不应小于 100kg。试验周期为每半年一次。

97. 登杆作业时在杆上传递工具、器材，应注意哪些安全事项？

登杆作业的安全注意事项有：

(1) 要有专人监护。

(2) 工作人员应穿长袖工作服，使用基本绝缘安全用具。

(3) 上杆前应全面检查所使用的登杆用具，保证其安全可靠；电杆本身应无露筋、裂纹现象；要选好杆上的工作位置，分清线路的相线、零线。

(4) 上杆后，工作人员应与带电体保持 0.1m 以上的安全距离。

(5) 遇有大雾、雷电或五级以上大风时，严禁在杆上作业。

在杆上传递工具、器材时的注意事项是：

(1) 要用小绳和工具袋进行传递,不准上下抛掷;小绳不应拴在安全带上或工作人员身上。

(2) 杆下工作人员应戴安全帽,严禁行人、车辆在杆下逗留。

六、照明装置

98. 光源的种类及灯具的形式有哪些?

常用的电光源有两大类:一类是热辐射光源,如白炽灯;另一类是气体放电光源,如荧光灯、高低压钠灯等。

灯具的主要形式有:

(1) 开启型:光源与外界空间直接接触;

(2) 闭合型:用透光罩将光源包含起来,但内外空气仍能自由流通;

(3) 封闭型:光源用透光罩包含起来,透光罩固定处加以一般封闭,与外界隔绝比较可靠,但内外空气仍可有限流通;

(4) 密闭型:光源用透光罩包含起来,透光罩固定处严密封闭,与外界隔绝相当可靠,内外空气不能流通;

(5) 防爆型:光源用透光罩包含起来,透光罩本身及其固定处和灯具外壳均能承受要求的压力,能安全使用在有爆炸危险性的场所。

99. 一般开启式灯具,灯头对地面的距离是怎样规定的?

一般开启式灯具,灯头对地面的距离规定为:

(1) 室内一般不应低于 2m;

(2) 室外及车间厂房内不应低于 2.5m;

(3) 装有升降器的软线吊灯,导线全部展开后不应低于 0.8m;

(4) 灯头必须距地面 1m 及以下的照明灯具(工作台灯例外),需采用安全电压 36V 及以下。

各种照明灯具最低悬挂高度如表 1-7 所示。

表 1-7 照明灯具最低悬挂高度

光源类型	反射器类型	保护角 (度)	灯具容量 (W)	最低悬挂高度 (m)	
白炽灯	搪瓷反射器	10-30	100 及以下	2.5	
			150-200	3.0	
			300-500	3.5	
			500 以下	4.0	
	乳白玻璃漫射罩			100 及以下	2.0
				100-200	2.0
300-500				3.0	
高压水银灯	搪瓷反射器	10-30	250 及以下	5.0	
	铝抛光反射器		400 及以上	6.0	
卤钨灯	搪瓷反射器	30 以上	500	6.0	
	铝抛光反射器		1000-2000	7.0	
荧光灯	无反射器		40 及以下	2.0	
金属卤化物灯	搪瓷反射器	10-30	400	6.0	
	铝抛光反射器	30 以上	1000	14.0 以上	
高压钠灯	搪瓷反射器	10-30	250	6	
	铝抛光反射器		400	7	

100. 荧光灯和白炽灯的主要特点及区别有哪些?

荧光灯管内充有低压汞蒸气。荧光灯在通电过程中,汞原

子被电离时辐射出的紫外线(波长主要为 254nm)激发内壁上的荧光粉而发出可见光。它的发光光谱近似于太阳光谱,所以又叫日光灯,其优点如下:

(1) 发光效率高:普通白炽灯的发光效率仅有 7~19 lm/W,而荧光灯可达 27~67 lm/W,节电显著;

(2) 使用寿命长:普通白炽灯寿命为 1000 小时,而荧光灯可达 1500~5000 小时(但频繁启动对荧光灯寿命影响很大)

白炽灯又称钨丝灯,在额定电压下,电流通过灯泡内的钨丝,使其加热呈白热状态(2200~3000℃)而发出可见光。灯丝的温度越高,灯的发光效率也越高;但钨丝蒸发加快,灯泡寿命缩短

一般 40W 及以下小功率的白炽灯,灯泡内为真空;40W 以上灯泡抽真空后充以氩、氦等惰性气体,缓减钨丝的蒸发并提高发光效率。

白炽灯有结构简单、使用方便、价格低廉、无需维修的优点,但也有如下缺点:

(1) 发光效率低,仅有 7~19 lm/W,约 90% 电能转化为有害的热能和看不见的辐射光而丧失掉。

(2) 适应电压变化的性能差,在额定电压使用时,寿命一般为 1000 小时。如电压升高 10%,发光效率增加 17%,而寿命则降低 28%,即降低 280 小时;如电压降低 10%,寿命虽可延长,但发光效率减小 19%。因此应避免电源电压过高或过低。

(3) 灯丝的冷态电阻很小,故启动电流很大,约为额定电流的 8 倍。一只 300W 的白炽灯其启动电流达 11A 之多。

基于白炽灯的上述缺点,规程推荐:室内固定安装的照明宜

采用荧光灯,如采用白炽灯,其功率不应大于 300W,且白炽灯需安装在符合国标规定的灯座上。

101. 使用碘钨灯时有哪些注意事项?

碘钨灯是卤素灯的一种,属热辐射光源。碘钨灯是通过提高灯丝温度来提高光效的。它既有白炽灯光色好、色辨率高的优点,又克服了白炽灯寿命短,发光效率低的缺点,是大面积照明的主要灯具。

使用碘钨灯的注意事项主要有:

(1) 灯管应装在配套的灯架上,这种灯架是特定设计的,既具有灯光的反射功能,又是灯管的散热装置,有利于提高照度和延长灯管使用寿命。

(2) 灯管距离可燃物的距离不得小于 1m,以免出现烤焦或引燃事故。

(3) 固定安装时,灯架距地面不宜低于 6m,以免产生眩光。

(4) 灯管在工作时必须处于水平状态,倾斜度不得超过 5°。否则,自重会使钨分子大量回归在灯丝的下端部分,导致上端部分的灯丝迅速变细,灯丝寿命直线下降。

(5) 由于灯管温度较高,灯管两端管脚的连接导线应采用裸铜线穿套瓷管的绝缘结构,然后通过瓷接头与电源线连接。电源线应采用耐热性能较好的橡胶绝缘软线。

102. 使用镇流器式高压水银灯时,有哪些注意事项?

高压水银灯,又称高压汞灯,属气体放电光源。它的优点是具有较高的光效、较长的寿命和较好的防震性能;但也存在辨色率较低,点燃时启辉时间长,电源电压下降 5%时会出现自熄及关闭后需等 5~10 分钟灯泡内汞蒸气压力下降后才能重新点燃等

不足之处。

使用镇流器式高压水银灯时,应注意以下事项:

- (1) 应按使用说明书正确接线。
- (2) 高压水银灯功率在 125W 及以下的,应配用 E27 型瓷质灯座;功率在 175W 及以上的,应配用 E40 型瓷质灯座。
- (3) 镇流器的规格与灯泡功率应一致。
- (4) 镇流器应装在灯具附近和人触及不到的地方。
- (5) 装在室外的镇流器应有防雨措施。

103. 试述一般照明灯开关和螺丝灯口的安装要求。

一般照明灯开关的安装要求如下:

- (1) 拉线开关:距地面高度为 2.2~2.8m,距出入口为 150~200mm。
- (2) 扳把开关:距地面高度为 1.2~1.4m,距出入口为 150~200mm。
- (3) 同一室内的开关,其开、关方向应一致,且开关位置应与灯位相对应,其暗装开关的盖板应端正严密。
- (4) 明装开关应装在本台或塑料台上,其厚度不小于 15mm;潮湿场所和室外应选用瓷质防水拉线开关或普通开关加装保护箱。
- (5) 易燃易爆场所应采用防爆型开关或将开关安装在其它场所进行控制。

螺丝灯口的安装要求如下:

- (1) 除开启式灯具外,灯泡容量在 100W 及以上时应采用瓷质灯口。
- (2) 螺丝灯口接线时,开关应控制相线,相线接灯口的顶芯,零线接灯头的螺口。

104. 照明装置的定期检查、维修,其周期和内容是什么?

每年4月15日前,做雨季前的检查;每年7~8月期间,做雷雨季节中的检查;每年11月底以前应做好防冻、防风的检修工作;暴风雨及大风后应做特殊巡视和检查。

室内照明装置应检查:

- (1) 灯泡瓦数是否超过灯具的额定容量;
- (2) 灯具的各部件有无松动、脱落或损坏;
- (3) 开关的接线是否符合规程规定;
- (4) 插座有无烧伤,接地线接触是否良好;
- (5) 线路绝缘电阻值是否合格。

室外照明装置应检查:

- (1) 灯具是否有单独熔丝保护;
- (2) 露天照明灯是否采用防水灯口;
- (3) 开关控制箱是否漏雨,泄水孔是否畅通;
- (4) 灯具内有无杂物;
- (5) 导线的绝缘有无破损,其绝缘电阻值是否合格。

105. 室内照明线路的敷设有何要求?

室内照明线路采用管配线时,应符合以下要求:

(1) 明管配线,钢管壁厚不应小于1.0mm,装于潮湿、易腐蚀场所的明管,以及埋在混凝土内的暗管,钢管壁厚不应小于2.5mm。管壁应经过除锈和防腐处理。

(2) 采用硬塑料管配线时,明敷设管壁厚不应小于2mm;暗敷设管壁厚不应小于3mm。在易燃、易爆场所,明敷设时,禁止使用硬塑料管配线。

(3) 钢管或硬塑料管的管径选择,管内导线截面总和(包括绝

缘层)不应超过管子有效面积的40%,最小管径不应小于13mm。

(4) 管子转角处的弯曲半径,一般不小于管子外径的6倍;敷设在混凝土内时,其弯曲半径不应小于管子外径的10倍。管子的弯曲角度不应小于90°。

(5) 明管应采用管卡固定。钢管管卡间的距离一般不大于2.5m,当管子外径大于50mm时,管卡间的距离可不大于3.5m。硬塑料管管卡间的距离,管径在20mm以下时为1m,管径在20~40mm时为1.5m,管径在40mm以上时为2m。

(6) 钢管与钢管之间或钢管与接线盒之间,一般采用丝扣连接。硬塑料管之间可采用套接或焊接。

(7) 采用钢管布线时,同一回路的导线必须穿在一根管内。不同电压的回路,禁止同管敷设,管内导线不得有接头。

(8) 采用钢管或硬塑料管配线,遇有下列情况时,均应加装中间分线盒或接线盒:

- a. 无转角时,在管线全长每30m处;
- b. 有一个转角时,在每20m处;
- c. 有二个转角时,在每12m处;
- d. 有三个转角时,在每8m处

(9) 配线管与各种管道的最小平行、交叉距离应符合表1-8的规定。

表 1-8 配线管与各种管道的最小距离 (单位:m)

管道名称	最小距离	
	平行	交叉
暖气管	0.3	0.1
蒸汽管	1.0	0.3
沼气管	0.1	0.1

106. 插座安装的一般要求有哪些？

- (1) 不同电压等级的插座应有明显的区别,使其不能混用;
- (2) 凡为携带式或移动式电气设备用的插座,单相应用三眼插座,三相应用四眼插座,其接地孔应与接地线或零线接牢;
- (3) 明装插座距地面的距离不应小于 1.8m,暗装和工业用插座距地面的距离不应低于 0.3m;
- (4) 儿童活动场所的插座应采用安全插座,采用普通插座时,安装高度不应低于 1.8m;
- (5) 在特别潮湿、有易燃易爆气体及粉尘的场所,不应安装插座。

107. 霓虹灯的安装要求有哪些？

霓虹灯用的变压器应符合下列要求:

- (1) 变压器应为双线圈的,铭牌应标明电压、电流、容量等数据;
- (2) 变压器一次侧电压应为 220V,二次侧电压不应超过 15kV;
- (3) 变压器应装设在明显、易检修的地方,距地面高度不应低于 2.5m;
- (4) 室内式变压器装在室外时,应加设防雨箱;
- (5) 变压器二次侧不应串联或并联使用。

霓虹灯二次线路应符合下列要求:

- (1) 应采用铜导线,其截面不应小于 0.5mm^2 ,玻璃管的厚度不应小于 1mm;
- (2) 室内敷设的二次线路,在非耐火建筑上安装时,应加设双层玻璃管;

(3) 应用玻璃制品的支持物固定,支持点与建筑物距离为在室外不应小于 50mm,在室内不应小于 40mm;

(4) 支持点的距离为:水平线段不应大于 0.5m,垂直线段不应大于 0.75m;

(5) 导线连接处应错开,连接点应套以长度不小于 100mm 的玻璃管。

108. 照明灯具的固定应符合哪些要求?

(1) 1kg 以下的普通吊线灯,可采用软导线自身吊装,其吊盒及灯头盒内应结扣;

(2) 1~3kg 的灯具,应采用铁链吊装,且导线应编叉在吊链内,使导线不致受力;

(3) 3kg 以上的灯具,应固定在预埋的吊钩或螺栓上;

(4) 灯具采用金属管吊装时,其管径不应小于 10mm,且管内导线不应有接头,金属管及灯具应可靠接零或接地。

109. 试述不同类型照明灯的电流计算及其熔丝的选择方法。

(1) 白炽灯电流计算公式为:

$$I = \frac{Pn}{U}$$

式中: I —— 白炽灯电流(A)

P —— 每盏灯的功率(W)

n —— 白炽灯的盏数

U —— 额定电压(V)

(2) 日光灯电流计算公式为:

$$I = \frac{Pn}{U \cos \phi}$$

式中： I ——日光灯电流(A)

P ——每盏灯的功率(W)

n ——日光灯的盏数

U ——额定电压(V)

$\cos\phi$ ——日光灯的功率因数(0.4~0.6)

(3) 行灯变压器一、二次侧电流计算公式为：

$$I_1 = \frac{S}{U_1} \qquad I_2 = \frac{S}{U_2}$$

式中： I_1 ——一次侧额定电流(A)

I_2 ——二次侧额定电流(A)

S ——变压器额定容量(VA)

U_1 ——变压器一次侧额定电压(V)

U_2 ——变压器二次侧额定电压(V)

照明电路的熔丝，一般情况下可按其额定电流的 1.1~1.5 倍选择。

110. 简述行灯变压器的安装使用有哪些基本安全技术要求。

(1) 行灯变压器应是双绕组的，不准用自耦变压器或调压器，二次侧额定电压不得超过 36V；一、二次侧均应装设熔断器保护。

(2) 在特别潮湿场所或在金属容器内使用的行灯，其额定电压不得超过 12V。

(3) 行灯应有完好的保护网及挂钩，并有耐热、防潮湿的绝缘手柄。

(4) 行灯不得带有灯头开关，灯泡拧紧后不应外露金属导体。

(5) 携带式行灯变压器的初级电源线应采用三芯绝缘护套

线或橡皮电缆,其长度不应超过 3m。

(6) 普通行灯变压器铁芯(外壳)及二次侧绕组应可靠接零或接地;具有加强绝缘结构的变压器,二次侧应保持相对独立,既不接零,也不接地,且不应与其它用电设备连接。

(7) 不准将行灯变压器带入金属容器内使用。

(8) 停用 3 个月或在雨季,使用前应用 500V 兆欧表摇测绝缘电阻,普通变压器阻值不应小于 $0.5M\Omega$,加强绝缘的变压器阻值不应小于 $7M\Omega$ 。

七、用电设备安全

111. 简述三相异步电动机的结构和工作原理。

三相异步电动机主要由静止的定子和转动的转子两大部分组成。

定子部分由定子铁心、定子绕组、机座及端盖组成。

(1) 定子铁心:一般是用导磁性较好的 0.35mm 厚的硅钢片,在铁心内圆中冲压有均匀分布的线槽,叠压后固定在机座内。

为了减少铁心的涡流损耗和磁滞损耗,硅钢片涂有绝缘漆(硅钢片漆)。

(2) 定子绕组:是异步电动机的电路部分。由三相对称绕组按一定的空间角度依次嵌放在定子线槽内,其绕组有单层和双层两种基本形式。

(3) 机座:主要用来固定定子铁心并支撑端盖和转子。中小型异步电动机一般采用铸铁机座。

转子部分由转子铁心、转子绕组及转轴组成。

(1) 转子铁心：由 0.35mm 厚的硅钢片叠压后固定在转轴上，转子铁心外圆侧均匀分布着线槽，以浇铸或嵌放转子绕组。

(2) 转子绕组：按其形式可分为鼠笼式和绕线式两种。

小容量鼠笼式电动机一般采用铸铝笼条，两端的端环将笼条短接起来，并浇铸成冷却用风扇叶状。

绕线式电动机是在转子铁心线槽内嵌放对称三相转子绕组，三相绕组的一端接成星形，另一端接在固定在转轴上的滑环（集电环）上，以通过电刷与变阻器连接。

(3) 转轴：其主要作用是支撑转子和传递转矩。

(4) 气隙：是定子铁心与转子铁心之间的间隙，中小型异步电动机的气隙一般为 0.2 ~ 1.0mm。气隙越大，磁阻越大，励磁电流就越大，功率因数也就越低。

三相异步电动机的工作原理是这样的：三相定子绕组中通入三相电流即产生旋转磁场。磁力线切割转子绕组，在转子绕组中产生感应电动势，由于转子绕组接成闭合回路，因而在转子导体中产生感应电流。载流导体在磁场中受到电磁力的作用，产生电磁转矩使转子旋转起来。转子旋转方向与旋转磁场的方向是一致的，而旋转磁场的方向是由三相电源的相序所决定的，因此，改变电动机三相电源的相序，即任意对调三相电源线中两根导线的接线，即可改变电动机的旋转方向。

112. 用于三相异步电动机直接启动的开关设备有哪些？其额定电流如何选择？

三相异步电动机直接启动的开关设备主要包括：

(1) 三相胶盖闸：又称开启式负荷开关，型号为 HK，规格有 15A、30A、60A 等，其额定电流应按电动机额定电流的 3 倍考虑。

(2) 主回路熔丝:可按电动机额定电流的 1.5~2.5 倍选择,也可按电动机额定功率的 3~5 倍选择。

(3) 主回路熔断器:熔断器的额定电流应等于或大于熔丝的额定电流。常用的瓷插式熔断器,型号为 RC1A,规格有 5A、10A、15A、30A、60A 等;螺旋式熔断器,型号为 RL1,规格有 15A、60A、100A、200A 等。

(4) 接触器:应按电动机额定电流的 1.3~2 倍选择。常用型号有 CJ10、CJ20、B 系列、D 系列及 NC6 系列等。

(5) 热继电器:应按电动机额定电流的 1.1~1.25 倍选择。其整定电流值应按电动机额定电流整定。常用型号有 JR 系列、T 系列、D 系列及 3UA 系列等。

113. 三相电动机直接启动时的容量是怎样规定的?

(1) 由公用变压器供电者,容量在 10kW 及以下的,可直接启动;

(2) 由小区配电室供电者,容量在 14kW 及以下的,可直接启动;

(3) 由专用变压器供电者,启动时电压损失值不超过下列数值的,可直接启动:

- a. 经常启动的电动机,不超过额定电压的 10%;
- b. 不经常启动的电动机,不超过额定电压的 15%。

114. 什么是降压启动?三相异步电动机常用的降压启动方法有哪几种?简述其工作原理。

三相异步电动机直接启动时启动电流很大(约为电动机额定电流的 4~7 倍)。为降低启动时的启动电流,启动时先降低加在定子绕组上的电压,待转子转速接近额定转速时,再将全压

加在定子绕组上,使其在额定电压下运行,这个启动过程称为降压启动。采用降压启动时的启动电流约为电动机额定电流的 2~3 倍。

常用的降压启动方法主要有 Y- Δ 启动、自耦减压启动、主回路串电阻或电抗器等。

Y- Δ 启动:只适用于正常运行时为 Δ 形接线的电动机,即启动时将电动机三相绕组接成星形,运行时接成三角形。这种降压启动方法是通过改变电动机三相绕组接线方式来降低启动电流的。

自耦减压启动:应用变压器的变比原理工作。由于变压器一次侧电压高、圈数多、电流小,而二次侧电压低、圈数少、电流大,这样,电动机在启动时利用三相自耦变压器 60% 或 80% 抽头来启动,待电动机转子转速接近额定转速时,再使电动机直接与变压器一次侧连接,在额定电压下运行。

主回路串电阻或电抗器:是在电动机定子绕组回路中串入电阻或电抗器来启动;启动后再将电阻或电抗器短接,以全压加于定子绕组上运行。

绕线式电动机启动时在转子绕组中串联频敏变阻器,不属于降压启动方式。

115. 三相异步电动机在运行中有哪些常见故障?

三相异步电动机在运行中的常见故障主要有:

定子绕组方面:绕组断线;相间短路;匝间短路;一相接地;绝缘降低;引出线及接线盒内短路或断路。

转子方面:鼠笼式断条或绕线式断线;绕线式电动机滑环与电刷接触不良。

机械方面:扫膛;轴承损坏或缺油;风扇故障。

116. 对运行中的异步电动机应监视哪些项目？

异步电动机在运行中应监视的项目如下：

- (1) 电动机各部分的发热情况，其温度不应超过允许值；
- (2) 电动机的工作电流不超过其额定电流，三相电流不平衡度不应大于 10%；
- (3) 电源电压变化范围不超过 + 10% ~ - 5%，三相电压不平衡度不应大于线间电压的 5%；
- (4) 电动机的声响和气味。

117. 运行中的三相异步电动机，在什么情况下应立即断开电源？

运行中的三相异步电动机发生下列情况之一时，应立即断开电源：

- (1) 人身事故；
- (2) 缺相运行；
- (3) 电动机或启动装置温度过高、冒烟或起火；
- (4) 轴承声音异常，温度超过允许值；
- (5) 电动机转速下降，甚至停止运行；
- (6) 电动机剧烈振动，威胁安全运行；
- (7) 电动机发生扫膛或机械撞击；
- (8) 电动机或所带的机械设备发生故障或卡死；
- (9) 电动机电流剧增或三相电流严重不平衡。

118. 运行中的三相异步电动机温度过高的原因有哪些？

运行中的三相异步电动机温度过高的原因如下：

- (1) 电源电压过高或过低；

- (2) 缺相运行或三相电压不平衡;
- (3) 绕组相间或匝间短路;
- (4) 绕组一相接地;
- (5) 轴承缺油或损坏;
- (6) 过负荷运行;
- (7) 风道堵塞;
- (8) 环境温度过高。

119. 三相异步电动机在投入运行前应进行哪些检查?

- (1) 检查电动机铭牌电压与电源电压是否相符,接法是否正确;
- (2) 摇测绕组绝缘电阻,电阻值应合格;
- (3) 电动机外壳接地(或接零)应良好;
- (4) 电动机的各部位螺栓应紧固;
- (5) 轴承注油量应合适,轴承游动量应符合要求;
- (6) 启动装置应完好;
- (7) 盘车应正常。

上述内容检查完毕,应对电动机作空载运行,检查电动机转向、转速、温度、声音、振动及三相电流等是否正常。

120. 并联电容器组的投入和退出运行是如何规定的?

正常情况下,并联电容器组的投入和退出运行应根据系统功率因数数值的大小及系统电压的高低来决定。系统功率因数低于规定值(一般为 0.9 ~ 0.95)或系统电压较低时,应投入电容器;系统功率因数趋近于 1,并有超前的趋势或系统电压偏高时,应适量退出部分电容器。

当实际运行条件超出了电容器的正常工作条件时,电容器

组也应从系统中退出。即电源电压超过电容器额定电压的 1.1 倍,或电容器运行电流超过额定电流的 1.3 倍,或室温超过 $+40^{\circ}\text{C}$,或电容器外壳温度超过 $+60^{\circ}\text{C}$;

运行中发生下列情况之一时,应将电容器组紧急退出:

- (1) 连接点严重过热甚至熔化;
- (2) 瓷套管严重放电现象;
- (3) 电容器外壳严重膨胀变形;
- (4) 电容器内部或其放电装置有严重的异常声响;
- (5) 电容器发生爆破;
- (6) 电容器起火、冒烟等。

121. 在正常情况下,并联电容器组停电、送电操作顺序有何要求?在异常情况下,操作时的注意事项是什么?

并联电容器组在正常情况下停电、送电操作的顺序是:

(1) 全站停电操作时,先拉开电容器组开关,后拉开各路出线开关;

(2) 全站送电操作时,先合各路出线开关,后合电容器组开关。

在异常情况下,操作并联电容器组的安全注意事项是:

(1) 运行中,电容器组自动开关掉闸后不可强送;

(2) 熔丝熔断后,未查明原因并排除故障之前,不可更换熔丝再次给电容器组送电;

(3) 电容器组禁止带电荷合闸;并联电容器组停电后,可靠放电至少 3 分钟后方可再次合闸送电。

122. 并联电容器运行中,日常巡视检查周期及内容是如何规定的?

检查周期:有人值班的,每班不少于一次;无人值班的,至少每周一次。

日常巡视检查内容主要有：

- (1) 电压表、电流表、功率因数表指示是否正常；
- (2) 各连接点有无过热；
- (3) 瓷套管有无放电现象；
- (4) 电容器外壳有无膨胀变形；
- (5) 有无渗漏油现象；
- (6) 电容器内部有无异常声响；
- (7) 电容器本身及室内温度是否正常；
- (8) 放电装置及外壳接地是否良好。

123. 手持电动工具按照使用电压和结构特征可分为几类？其具体使用场所是怎样规定的？

按照使用电压、结构特征及防触电保护特性，可将手持电动工具分为三类，即Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类。

Ⅰ类手持电动工具为金属外壳，额定电压在500V以下。由于Ⅰ类工具仅依靠其基本绝缘，因此安全性能较差，禁止在潮湿、易燃易爆等场所使用。

Ⅱ类手持电动工具采用封闭式或塑料外壳，额定电压在500V以下。由于Ⅱ类工具是双重绝缘或加强绝缘结构，因此安全性能较好，可以在触电危险性较大的场所使用。

Ⅲ类手持电动工具的额定电压为42V安全电压，故安全性能较好，可以用于触电危险性极大的场所。

124. Ⅰ类手持电动工具使用中有哪些安全技术要求？

使用Ⅰ类手持电动工具应遵守下列安全技术要求：

- (1) 使用前应对手持式电动工具进行外观检查。
- (2) 应定期摇测绝缘电阻；在潮湿季节，每次使用前要摇测

绝缘电阻,其绝缘电阻值应大于 $2M\Omega$ 。

(3) 单相电动工具的控制开关应为双极开关,电源线应使用护套线且绝缘应保持良好的;单相工具应用三芯护套线,配用单相三线插头;三相工具应用四芯护套线,配用三相四线插头。

(4) 应根据需要配备隔离变压器或装设漏电保护装置。

(5) 工具的金属外壳必须做好接地或接零保护。

(6) 操作人员应戴绝缘手套,并在干燥的绝缘垫上操作。

125. 使用移动式电气设备有哪些安全要求?

使用移动式电气设备的安全要求为:

(1) 应配备专用控制配电盘,并装设控制开关、熔断器及漏电保护器。

(2) 室外使用时,配电盘应置于防水、防雨的配电箱内。

(3) 电气设备应可靠接地或接零。

(4) I类工具电源线必须使用橡皮电缆,单相应用三芯,三相应用四芯;电缆绝缘应无破损、龟裂,电缆中间无接头。

(5) 操作手柄应装有良好的绝缘物,在潮湿条件下作业,操作者必须穿绝缘鞋,戴绝缘手套。

(6) 构架上的操作开关应灵活、可靠、安装牢固。

(7) 每月应摇测一次绝缘电阻,其阻值不应低于 $1M\Omega$ 。

(8) 使用完毕应妥善保管,防止受潮。

126. 自动开关使用中有哪些安全注意事项?

自动开关使用中的安全注意事项为:

(1) 额定电压应与线路电压相符,额定电流和脱扣器整定电流应满足最大负荷电流的需要。

(2) 极限通断能力应大于被保护线路的最大短路电流。

(3) 类型选用应适合线路工作特点,对于负荷启动电流倍数较大,而实际工作电流较小,且过电流整定倍数较小的线路或设备,一般应选用 DZ12 型;对于短路电流相当大的线路,应选用限流型自动开关。

(4) 对 DZ 型开关,不得自己调整过电流脱扣器的整定电流。

(5) 禁止自行启动的设备,应选用带有失压保护的控制器,如接触器等。

(6) 若自动开关缺少部件或部件损坏,不得继续使用。

(7) 自动开关的工作状态应与指示灯指示相符。

八、变 压 器

127. 变压器的功能是什么? 配电变压器由哪些部分组成?

变压器是一种应用电磁感应原理,将某一电压等级的交流电压转变为频率相同的另一种或两种及以上交流电压的电气设备。其最基本的功能是改变交流电压。常用的三相配电变压器,高压侧额定电压为 10kV,低压侧额定电压为 0.4kV,其容量等级主要有 200、250、315、400、500、630、800、1000、1250、1600kVA 等。

配电变压器主要由铁心、高压绕组、低压绕组、分接开关等组成,这些部件都装在变压器油箱内。油箱内充满变压器油。

油箱外部四周有散热管,油箱的顶部有油枕、防爆管,在油箱与油枕的连接管中间装有气体(瓦斯)继电器。油枕上装有油标管和呼吸器,油枕顶部有注油孔。

在变压器油箱顶盖上两侧分别装有高、低压瓷套管,它是把高、低压绕组的引线从油箱内引至油箱外的绝缘装置。顶盖上还有分接开关的调整手柄和温度计插孔。油箱底部装有放油截门及脚轮。

128. 什么是变压器的接线组别? 常用的接线组别有哪几种?

变压器的接线组别表达了变压器初、次级绕组按照一定的接线方式连接时,初、次级线电压之间的相位关系。

通常采用时钟表示法来区别不同的连接组别,即用初级绕组与次级绕组的线电压矢量作为时钟盘面上的长针和短针。长针代表初级绕组(高压)并固定指向12点;短针代表次级绕组(低压),其所指的钟点就是连接组别号。时钟等分为12个格,每格为 30° ,由长、短针相距的格数,可得出初、次级绕组线电压的相位关系,如长短针均指向12点,就表示初、次级绕组相对应的电压相位相同,接线组别为12,即 Y/Y_0-12 ;如长针指向12点,短针指向11点,就表示初、次级绕组相对应的电压相位相差 30° ,接线组别为11,即 $Y/\Delta-11$ 。

三相变压器的接线组别共有12种,就是说共有12个组别。凡初级绕组与次级绕组的接法不同时,如 Y/Δ 或 Δ/Y ,属于奇数组,为1、3、5、7、9、11共六组;凡初级绕组与次级绕组的接法相同时,如 Y/Y 或 Δ/Δ ,属于偶数组,为2、4、6、8、10、12共六组。

绕组的接线方式主要有星形、三角形和曲折形三种,高压绕组分别用字母Y、D、Z表示,低压(或中压)绕组分别用字母y、d、z表示。有中性线引出时则加注字母N或n表示,而不用0表示,如YN、ZN和yn、zn。

新国标中还规定用时钟法表示的接线组别,分别用0~11

表示,而不用 12。接线符号间用逗号,而不再用“/”。

配电变压器常用的接线组别主要有:

Y,yno —— 它替代旧标准 Y/Y₀-12,其中 Y 表示高压绕组为星形接线,y 表示低压绕组为星形接线,n 表示中性点直接接地并有中性线引出,o 表示高压与低压的线电压相位相同。

D,yn11 —— 它替代旧标准 Δ /Y₀-11,其中 D 表示高压绕组为三角形接线,y 表示低压绕组为星形接线,n 表示中性点直接接地并有中性线引出,11 表示高压与低压的线电压相位相差 30°。

129. 变压器并列运行应满足哪些条件? 否则会产生哪些后果?

变压器并列运行应满足下列条件:

- (1) 绕组接线组别相同;
- (2) 变压比相同(允许误差 $\pm 0.5\%$);
- (3) 阻抗电压相同(允许误差 $\pm 10\%$);
- (4) 容量比一般不应超过 3:1。

不符合上述并列运行条件时,将产生如下后果:

(1) 如果绕组接线组别不同,在变压器同相的二次侧会出现很大的电位差,由于变压器次级绕组阻抗很小,将会产生很大的环流而烧毁变压器。

(2) 如果变压比超过规定误差值时,在两台变压器绕组间,由于电位差的存在,必然有循环电流存在;变压比误差越大,则环流越大。这样不仅造成较大的功率损耗,严重时还会烧毁变压器;

(3) 如果阻抗电压(又称短路电压百分比)超过规定误差值时,会造成负荷分配不平衡,容量大的变压器欠载,容量小的变压器过载。

(4) 如果容量比超过 3:1, 阻抗电压也相差较大, 同样满足不了第三个条件。

130. 室外变压器在安装时有哪些要求?

室外变压器的安装应符合下列要求:

(1) 落地式变压器台的高度, 一般为 0.5m, 其周围应装设不低于 1.7m 的遮栏, 并于明显部位悬挂警告牌。变压器外廓与遮栏的距离不应小于 1m, 在有操作的方向应留有 2m 以上的宽度。

(2) 315kVA 及以下的变压器可采用柱上安装方式, 其底部距地面的距离不应小于 2.5m, 裸露带电部分距地面的距离不应小于 3.5m。

(3) 柱上变压器应安装牢固, 腰拦应采用 $\Phi 4.0\text{mm}$ 铁线缠绕四圈以上。铁线不准有接头, 缠绕应紧固。腰拦距带电部位的距离不应小于 0.2m。

(4) 变压器高压跌开式熔断器的安装, 距地面高度不应低于 4.5m, 相间不小于 0.7m, 熔断器与垂线夹角在 $15 \sim 30^\circ$ 之间。

(5) 柱上变压器的二次侧装有隔离开关时, 二次侧熔断器应装于隔离开关与低压绝缘子之间; 无隔离开关时, 二次侧熔断器应装于低压绝缘子外侧。

(6) 室外变压器的所有高低压引线均应使用绝缘导线。

131. 切换变压器分接开关的安全注意事项有哪些?

切换变压器无载调压分接开关必须将变压器停电后进行, 其安全注意事项如下:

(1) 停电后的变压器应做好相应的安全技术措施, 并拆除高压侧引线。

(2) 切换前,应初测高压绕组的直流电阻并记录,初测前后应放电。

(3) 切换时,要反复转动分接开关手柄,以消除触头上的氧化物和油污。

(4) 切换后,应再测高压绕组的直流电阻并与初测记录值对比,测量前后应放电。

(5) 使用电桥测量直流电阻时,按下 B 钮并锁住,待充电电流稳定后,再点按 G 钮。测量后,先释放 G 钮,再释放 B 钮。

132. 配电变压器初次送电的试验检查项目有哪些?

(1) 新变压器安装竣工后在投入运行前,应进行吊心检查;

(2) 变压器吊心后送电前,还应进行交接试验;

(3) 停止运行半年以上的变压器,应摇测绝缘电阻,并做油耐压试验;

(4) 变压器全压冲击合闸时,应在正常运行时使用的分接开关位置上进行;

(5) 变压器试运行期间,应有完善的保护装置,瓦斯保护掉闸压板应在试验位置;

(6) 变压器空载运行 24 小时无异常后,才能逐步带负载;

(7) 试运行期间应检查运行状态是否正常并做记录,包括检查电压、电流、油位、温度和声音等;

(8) 大修后的变压器与新变压器要求相同。

133. 配电变压器在运行中应巡视检查哪些项目? 巡视周期是怎样规定的?

运行中的变压器应巡视检查的项目主要有:

(1) 检查变压器的运行电压、负荷电流;

(2) 检查变压器的油面、油色、油温,检查变压器有无渗漏油现象;

(3) 检查高、低压瓷套管应清洁,无裂纹及放电痕迹;

(4) 接线端子应无接触不良及过热现象;

(5) 变压器运行声音应正常;

(6) 呼吸器的吸湿剂颜色应正常(浅蓝色),未达到饱和状态;

(7) 瓦斯继电器的油截门应打开,应无渗漏油;

(8) 防爆管隔膜应完整;

(9) 冷却装置应正常,散热管温度应均匀,散热管无堵塞现象;

(10) 变压器外壳接地应良好;

(11) 变压器室门窗应完好,百叶窗、铁纱网应完整;

(12) 室外变压器基础应完好,无下沉现象,杆根应无腐朽。

巡视周期如下:

(1) 有人值班的,每班一次;

(2) 无人值班的,至少每周一次;

(3) 采用强迫油循环的变压器,应每小时巡视检查一次;

(4) 室外柱上变压器,应每月巡视检查一次;

(5) 在变压器负荷变化剧烈、天气恶劣、变压器运行异常或线路故障后,应增加特殊巡视。

134. 运行中变压器温升过高有哪些原因? 如何判断和处理?

运行中变压器温升过高的原因主要有:

(1) 分接开关接触不良

接触电阻增加造成接点发热,轻者会增加功率损耗,使油温升高,重者还会烧毁分接开关。

通过测量高压绕组的直流电阻,可判断分接开关接触情况;也可通过轻瓦斯频繁动作或取油样化验判断。如属分接开关接触不良,应通过吊心进行检修。

(2) 绕组匝间或层间短路

绕组短路部分会出现很大环流,绕组导线温度升高,造成变压器温升过高。

通过测量绕组的直流电阻,可判断匝间或层间是否短路;如短路点打火形成电弧,会使油分解产生气体,导致轻瓦斯频繁动作。匝间或层间短路故障只能通过吊心检查并处理。

(3) 铁心硅钢片间绝缘损坏

硅钢片间绝缘损坏或穿心螺栓的绝缘套管损坏,都会使铁心产生涡流,从而导致变压器温升过高。

油温长时间升高,会加速油质老化,因此,通过油质化验分析,可大致做出判断。铁心故障只能通过吊心检查并处理。

135. 变压器油的主要作用是什么? 说明北京地区选用变压器油的种类。

变压器油的主要作用是绝缘、冷却和灭弧。

变压器油的牌号有:10号油,凝固点为 -10°C ;北京地区室内变压器,常采用这种变压器油。25号油,凝固点为 -25°C ;室外变压器常采用这种变压器油。45号油,凝固点为 -45°C ;主要用于气候寒冷地区,北京个别山区的室外变压器也有采用这种变压器油的。

136. 运行中的变压器如何取油样? 补油时有哪些注意事项?

运行中的变压器取油样时应注意:

(1) 取油样前,应先检查油标管,变压器缺油时不准取油

样：

(2) 取油样应在天气干燥时进行；

(3) 应使用带毛玻璃塞的玻璃瓶装油样，并需经干燥处理；

(4) 油量应一次取够，做油耐压试验不少于 0.5L(0.45kg)，做简化试验不少于 1L(0.895kg)；

取油样的方法如下：

(1) 应在变压器下部放油截门处取油样，先放出 2L 左右底部积存的污油，并擦净放油口，再用变压器油冲洗干净；

(2) 用变压器油将油样瓶冲洗两次，并将瓶塞洗净后，方可灌瓶；

(3) 将油样灌入样瓶后，应立即将瓶塞盖好，并用石蜡封严瓶口，以防受潮；

(4) 启瓶时，室温应接近取油样时的温度，否则油样会受潮，影响试验结果。

变压器补油时的注意事项为：

(1) 补入的油应与变压器中的油牌号相同，并经试验确认合格，不同牌号的油应做混油试验确认合格。

(2) 如果变压器在运行中补油，补油前应将重瓦斯保护改接信号位置，防止误动掉闸。补油后要及时排放油中气体，运行 24 小时之后，方可将重瓦斯投入掉闸位置。

(3) 补油应在变压器油枕上的注油孔处进行，补油要适量，禁止从下部放油截门处补油。

137. 造成变压器缺油的原因是什么？缺油有什么危害？

造成变压器缺油的原因主要有：变压器油箱渗漏油；放油截门关闭不严；取油样后未及时补油；出现假油面未及时发现等。

变压器缺油的危害主要有：油面过低，可能致使瓦斯继电器

误动作,造成变压器停电。同时由于变压器绕组露出油面,会使绝缘强度下降,甚至造成事故。另外,油箱内进入空气,变压器油吸收空气中的潮气,会使变压器油绝缘强度下降,加速油质劣化。

九、高压电器

138. 高压少油断路器、高压负荷开关、高压隔离开关的功能各是什么?

高压少油断路器结构复杂,触头在油箱内,断开时无明显断开点;有完善的灭弧装置;可以分、合断路器额定电流范围内的负荷电流,额定电流范围外的过载电流,还可以切断断路器额定开断电流范围内的短路电流;操动方式以弹簧储能、电磁操动为主;少油断路器作为中、大型电气设备及线路的主开关,还可以配备继电保护装置,实现自动保护及备用电源自投等功能。

高压负荷开关结构比较简单,断开时有明显断开点;有简单的灭弧装置,并有快速分断机构;可以分、合负荷开关额定电流范围内的负荷电流,还可以切断不大的过载电流,但不能分、合故障电流。当配有高压熔断器时,可由高压熔断器切断故障电流。操动方式以手力操动为主,但可采用配有电动脱扣器的手力操动机构实现电动分闸;负荷开关可作中、小容量电气设备或线路的主开关,但不能单独使用,要配有能断开故障电流的其它高压电器。也可起隔离开关的电气隔离作用。

高压隔离开关结构简单,断开时有明显断开点;没有灭弧装置,也没有快速分断机构;不允许带负荷操作,只能在正常情况

下分、合某些电气设备和一定容量的变压器或一定长度线路的空载电流；隔离开关只能采用手力操动机构，即手动分、合闸；隔离开关一般作电气设备或线路冷备用状态或检修状态时的电气隔离用。

139. 高压断路器和高压隔离开关倒闸操作的顺序有哪些规定？

由于高压隔离开关没有灭弧装置，不能带负荷拉合闸，因此，倒闸操作时只能先合、后拉。具体操作顺序如下：如高压断路器和隔离开关串联使用，在停电操作时，应先拉断路器，后拉隔离开关；在送电操作时，应先合隔离开关，后合断路器。如高压断路器两侧均有隔离开关，在停电操作时，应先拉开断路器，然后拉开负荷侧隔离开关，最后拉开电源侧隔离开关；在送电操作时，应先合上电源侧隔离开关，再合上负荷侧隔离开关，最后合上断路器。

140. 为什么停电时，在断开断路器后，应先拉开负荷侧隔离开关？而送电时，要先合母线侧隔离开关？

这主要是为了防止发生带负荷拉、合隔离开关时，使事故范围扩大。

停电时，可能出现的误操作有：

(1) 未拉开断路器，而先拉隔离开关，造成带负荷拉隔离开关；

(2) 断路器虽已拉开，但操作隔离开关时，因走错间隔，而错拉不该停电的隔离开关，也造成带负荷拉隔离开关。

鉴于上述可能出现的误操作，在断开断路器后，应先拉开负荷侧隔离开关。这样即使发生误操作，引起相间弧光短路，其短路故障点也在断路器及电流互感器的保护范围内，能使继电保

护装置及时动作,断路器掉闸,切除故障点。若先拉开母线侧隔离开关,一旦发生相间弧光短路,必将导致上级断路器掉闸,从而扩大了事故范围。

送电时,出现的误操作主要有:先合断路器,后合隔离开关,造成带负荷合隔离开关。

如断路器合上后,先合负荷侧隔离开关,后合母线侧隔离开关,则母线侧隔离开关必将引起相间弧光短路,造成母线短路故障,人为扩大事故范围,导致上级断路器掉闸。如果先合母线侧隔离开关,后合负荷侧隔离开关,即使负荷侧隔离开关发生相间弧光短路,故障点也在断路器及电流互感器的保护范围内,能使继电保护装置及时动作,断路器掉闸,切除故障点,不致扩大事故范围。所以,送电时应先合母线侧隔离开关。

141. 高压断路器和高压隔离开关之间为什么要加装联锁?常用的联锁类型有几种?什么是“五防”闭锁装置?

如该装置的动作取决于另一装置的动作,就叫做另一装置对该装置“联锁”,该装置与另一装置也一起统称为联锁装置。

为了保证操作安全,操作高压开关必须遵照一定的操作顺序,即合闸操作时,先合隔离开关,后合断路器;分闸操作时,先拉断路器,后拉隔离开关。否则,将发生误操作事故。在断路器与隔离开关之间必须加装联锁,可以防止误操作。此外,两路电源不允许并路操作,两台变压器不允许并列运行,一旦误并路或误并列,就会发生事故,轻者由于产生环流而导致断路器掉闸,造成停电;重者由于相位不同,导致相间短路,造成重大事故。在有关的开关之间加装“联锁”,可以有效地防止误并列。总之,装设联锁的目的是防止误操作和误并列。

联锁装置主要分为机械联锁和电气联锁两大类。

机械联锁装置的形式主要有：

(1) “挡柱” 在断路器的传动机构上加装圆柱形挡块，在开关柜的面板上开一个圆洞，当断路器处于合闸状态时，挡柱从面板圆洞中被推出，恰好挡住隔离开关操作机构的定位销，使定位销无法拔出，隔离开关也就无法操作了，从而有效地防止带负荷拉、合隔离开关的误操作。

(2) 钢丝绳 将调好长度的钢丝绳，通过导向滑轮与两台不允许同时合闸的隔离开关的操动机构连接起来，一台开关合闸后，钢丝绳被拉紧，致使另一台开关无法合上，防止了误并列。

(3) 机械程序锁 KSI 型程序锁是一种机械程序闭锁装置，它具有合理的程序编码，使操作顺序符合规程规定。选用适当的程序编码，就可满足电力系统对防止误操作的要求。

电气联锁装置的形式主要有：

(1) 电磁锁 在隔离开关的操动机构上安装的成套电磁联锁装置，由电磁锁和钥匙组成，可有效地防止带负荷操作隔离开关。

(2) 辅助接点互锁 在不允许同时合闸的两台断路器的合闸回路中，分别串联接入对方断路器的常闭辅助接点。当第一电源断路器处于合闸状态时，串联在常闭辅助接点上的第二电源断路器合闸线圈(YA-N)的电路被断开，第二电源就不可能进行合闸送电。同样，当第二电源断路器处于合闸状态时，其常闭辅助接点断开，阻断了第一电源断路器的合闸回路，使它不能合闸。这样就实现了两台断路器之间的联锁。

防止误操作闭锁装置的“五防”功能是：

- (1) 防止带负荷拉合隔离开关；
- (2) 防止误拉、误合断路器；
- (3) 防止带接地线合闸；

- (4) 防止带电挂接地线；
- (5) 防止误入带电间隔。

142. 高压少油断路器运行中的巡视检查项目有哪些？巡视检查的周期是怎样规定的？

总体方面的检查：

- (1) 电流表指示值应在正常范围内；
- (2) 继电保护应处于正常运行状态；
- (3) 应无异常声响；
- (4) 应无异常气味。

运行状态方面的检查：

- (1) 断路器的工作状态与实际运行状态应相符；
- (2) 信号灯指示应与运行状态一致(红灯亮为合闸状态)；
- (3) 分合闸操作手把位置应正确；
- (4) 操动机构的标示牌应显示无误；
- (5) 分闸弹簧状态应符合运行状态。

结构外观方面的检查：

- (1) 各连接点应无过热现象；
- (2) 瓷绝缘应无放电痕迹；
- (3) 油面、油位应正常,无渗漏油现象；
- (4) 传动部位应无异常,销轴无脱落,传动杆无裂纹。

操动机构方面的检查：

- (1) 操动机构无异常；
- (2) 分、合闸回路完好；
- (3) 控制回路电源、合闸电源及熔断器正常；
- (4) 直流系统无接地现象。

巡视检查周期规定如下：

- (1) 有人值班的,每班一次;
- (2) 无人值班的,每周至少一次;
- (3) 特殊情况下,应增加特殊巡视。

143. 少油断路器油标管内无油时应如何处理? 少油断路器喷油的原因有哪些?

正常情况下,油面应在油标管的两条红线之间,油标管内无油时少油断路器将失去灭弧能力及断流能力,应及时进行处理。处理方法如下:

(1) 采取措施防止少油断路器自动掉闸。应立即取下操作回路熔断器;对于装有掉闸压板的高压柜,可解除继电保护的掉闸压板。

(2) 将该断路器的负荷电流尽量降低或转移。

(3) 设法使缺油的断路器退出运行。由于断路器与隔离开关之间装有联锁装置,因此负荷电流再小,也不可能用隔离开关操作,只能先停上级断路器,然后再拉开缺油的断路器。

(4) 填写检修工作票,做好安全技术措施,查明缺油原因,找出漏油部位,修复后注入适量经试验合格的变压器油,方可重新投入运行。

少油断路器喷油的原因主要有:

- (1) 油箱内油量过多,油面过高,油面以上缓冲空间过小;
- (2) 操作不当,分闸~合闸~分闸的间隔时间过短;
- (3) 少油断路器的断流能力不够。

144. 断路器分合闸信号指示灯的作用是什么? 灯不亮的原因有哪些?

红色信号指示灯亮,表示断路器处于合闸运行状态,并说明掉闸回路完好;绿色信号指示灯亮,表示断路器处于分闸状态,

并说明合闸回路完好。

信号指示灯不亮的原因主要有：电源故障，如熔丝熔断；控制回路断线或接触不良；信号指示灯灯丝断或接触不良；指示灯串联的电阻断线；合闸线圈或分闸线圈断线。

145. 少油断路器投入运行前或大修后，应进行哪些电气试验及机械调整？

电气试验项目有：

- (1) 绝缘电阻测定 ($\leq 1000M\Omega$)；
- (2) 测量瓷套管介质损失角；
- (3) 油耐压试验；
- (4) 交流耐压试验；
- (5) 回路直流电阻测定；
- (6) 低电压分合闸值的试验。

机械调整项目有：

- (1) 导电杆行程的调整；
- (2) 导电杆备用行程的调整；
- (3) 油缓冲器的调整；
- (4) 弹簧缓冲器的调整；
- (5) 三相同期合闸的调整；
- (6) 辅助触头的调整；
- (7) 操动机构的调整。

146. 少油断路器在运行中出现哪些异常现象时应立即停止运行？

少油断路器在运行中出现以下情况之一时，应立即停止运行：

- (1) 油标管内无油或严重缺油。此时断路器已丧失或降低

了灭弧能力及断流能力,要采取措施防止断路器自动掉闸。

(2) 掉闸时严重喷油。应查明原因、妥善处理,清理现场并补入适量的油,然后再考虑重新投入运行。

(3) 支持瓷瓶断裂。这会使断路器无法正常分、合闸。这时,若断路器处于分闸状态,应修复后再投入运行;若断路器处于合闸状态,应采取措施防止其自动掉闸,再将上级电源停电,进行维修。

(4) 瓷绝缘严重放电。带电导体沿瓷瓶或瓷套管的表面向金属架构放电,其后果严重,必须及时停电检修。

(5) 内部有异常声响。这是由于动、静触头接触不良而发出滋火的声音,将导致触头发热或烧蚀。

(6) 连接点严重过热。这是由于接触不良引起发热或烧断,甚至会造成弧光短路。

147. 在 10kV 变(配)电所中,什么是越级掉闸? 应如何处理?

运行中出线分路发生故障,分路断路器未动作掉闸,而使主进断路器掉闸;或分路断路器与主进断路器同时掉闸,这两种情况称为越级掉闸。

发生越级掉闸的处理方法如下:主进断路器掉闸并判明属越级掉闸后,应断开故障分路未掉闸的开关及其它各分路开关。检查主进电源是否有电。若无电,应立即通知供电部门;若有电,则可试送主进开关,再试送正常的各分路开关。为缩短停电时间,允许在带着各正常分路负载的情况下,直接试送主进开关。对于故障分路,应查明原因,排除故障,并检查两级继电保护配合情况,加以妥善处理,再恢复继电保护信号,试送电。以上操作至少需两人进行,并对掉闸及处理情况做详细记录,还需向本单位电气负责人汇报。

148. 隔离开关在运行中可能出现哪些异常情况？应如何处理？

隔离开关在运行中可能出现的异常情况及处理方法如下：

(1) 隔离开关及引线连接处过热变色。应减少负荷电流，或停电进行检修。

(2) 隔离开关拉不开时，不要猛力强行操作，可对开关手把进行试验性的摇动，并注意观察瓷瓶和传动机构，找出抗劲处。

(3) 当发生带负荷错拉隔离开关，而刀片刚离刀闸口有弧光出现时，应立即将隔离开关合上。如已拉开，不准再合上。

(4) 当发生带负荷错合隔离开关时，无论是否造成事故，均不准将错合的隔离开关再错拉开。

十、继电保护

149. 继电保护装置在电力系统中的任务是什么？

继电保护装置在电力系统中的任务是：

(1) 自动地、迅速地、有选择性地将故障部分从电力系统中切除，以保证非故障部分持续正常运行；

(2) 及时地、准确地预报电气设备的异常工作状态，根据不同的运行条件发出信号，通知值班人员采取有效措施。

150. 什么是定时限过流保护？什么是反时限过流保护？

继电保护的动作时间固定不变，与短路电流的大小无关，称为定时限过流继电保护。定时限过流继电保护的时限是由时间继电器设定的，时间继电器在一定的范围内连续可调，使用时可

根据给定时间进行整定。

继电保护的动作时间与短路电流的大小成反比,称为反时限过流继电保护。短路电流越大,这种保护动作的时间越短;短路电流越小,保护动作的时间越长。

151. 定时限过流保护和反时限过流保护的主要区别是什么?

定时限过流保护和反时限过流保护的主要区别为:

(1) 定时限过流保护的動作时限是确定的,它与故障电流的大小无关。反时限过流保护的動作时限与故障电流的大小成反比。

(2) 定时限过流保护的配合级差采用 $\Delta t = 0.5s$,反时限过流保护的配合级差采用 $\Delta t = 0.7s$ 。

(3) 反时限过流保护采用的是感应式继电器,它是由继电器的多功能来显示指示信号并使断路器掉闸。而定时限过流保护采用电磁式继电器,它是由时间继电器、中间继电器和信号继电器组合而成的,并且过流与速断分别由各自的继电器来完成。

152. 运行中继电保护装置的巡视检查内容是什么? 巡视检查周期是如何规定的?

在日常巡视中,应检查以下内容:

(1) 检查各类继电器的外壳是否完好无损、清洁无污垢,继电器整定值的指示位置是否正确,有无变动;

(2) 检查长期带电运行的继电器(如电压继电器)有无接点抖动、磨损现象,对带附加电阻的继电器还应检查线圈及附加电阻有无过热现象;

(3) 电磁型继电器应检查接点有无卡住、变位、倾斜、烧伤

及脱轴、脱焊等；

(4) 感应型继电器应检查圆盘转动是否正常，机械信号掉牌的指示位置是否与运行状态相符；

(5) 检查继电保护回路的压板、转换开关的运行位置是否与运行要求一致；

(6) 检查各种信号指示、光字牌、信号继电器，位置指示信号、警报音响信号等是否正常，必要时应进行检查性试验，如检查光字牌能否正常发光；

(7) 检查交流、直流控制电源和操作电源运行是否正常，电源的电压表指示是否正常，熔断器是否过热，熔丝是否熔断，直流电源是否接地；

(8) 检查分、合闸回路(包括分、合闸线圈)有无过热、短路、接点接触不良，以及分、合闸线圈的铁心是否复位，有无卡住的现象。

巡视检查周期为：

变、配电所值班人员应定期或不定期地对继电保护装置进行巡视检查，一般巡视检查周期为：有人值班的，每班一次；无人值班的，每周至少一次。

153. 变、配电所继电保护装置动作后，应如何分析、判断和处理？

变、配电所继电保护装置动作后，值班人员应迅速做出正确的分析、判断及处理，以缩短停电时间和减少损失。可按下列步骤进行：

(1) 继电保护动作断路器掉闸时，如果是主进线断路器掉闸，应立即通知供电局的用电监察部门；如果是各路出线断路器掉闸，应立即报告本单位主管领导，以求得迅速处理。

(2) 断路器掉闸后,必须立即查明继电保护信号、警报的性质,观察有关仪表的变化以及出现的各种异常现象,结合值班运行经验,尽快判断出故障掉闸的原因、故障范围、故障性质,进而确定处理故障的有效措施。

(3) 故障排除后,在恢复供电前,应将所有信号指示、音响等复位。在确认设备完好的情况下,方可恢复供电。

(4) 上述工作须由两人进行,始终有监护人在场,并将事故发生、分析、处理的过程做详细纪录。

十一、倒闸操作

154. 操作票上的主要填写内容及项目是什么?

(1) 发令人 指发出操作任务或命令的人员,一般均由调度员或电气负责人发令。任务或命令可用书面或口头形式发布,重要的操作任务应进行录音。

(2) 受令人 指接受操作任务或命令的人员,一般均由值班员受令。受令时应严肃、认真,并应对发令人复诵操作任务或命令,同时应将有关的操作顺序一并复诵。

(3) 监护人 指执行工作监护任务的人员,可由值班长或正值班员担任。

(4) 操作人 指直接进行操作的人员,一般由值班员担任。

(5) 下令时间 以发令人下达操作任务或命令的时间为依据,填写的时间应准确无误(准确到“时”、“分”),由受令人填写。

(6) 操作开始时间 即正式开始进行操作的时间(准确到“时”、“分”),由监护人填写。

(7) 操作完了(结束)时间 即操作顺序的最后一项完结的

时间(准确到“时”、“分”),亦由监护人填写。

(8) 操作顺序 按操作的正确顺序进行排列后,依次填写在操作票上。

(9) 操作项目 指操作顺序每一步的具体内容(包括检查、核对以及其它应进行的操作内容)。

(10) 操作任务 写明原运行方式及倒闸后的运行方式,并执行有关的安全技术措施。

155. 电气设备运行中有几种状态?

电气设备运行中的状态有四种:

(1) 运行状态 指某回路中的高压隔离开关和断路器(或低压刀开关和自动开关)均处于合闸位置,从电源至受电端的电路得以接通,称为运行状态。

(2) 检修状态 指某回路中的高压断路器和隔离开关(或低压自动开关和刀开关)均已断开,同时按照保证安全的技术措施的要求装设了临时接地线,并悬挂标示牌和装设好临时遮拦,处于停电检修的状态。

(3) 热备用状态 指某回路中的高压断路器(或低压自动开关)已断开,而高压隔离开关(或刀开关)仍处于合闸位置。

(4) 冷备用状态 指某回路中的高压断路器及隔离开关(或低压自动开关及刀开关)均在断开位置,至少有一个明显断开点。

156. 什么是倒闸操作? 倒闸操作有哪些具体规定?

倒闸操作就是将电气设备由一种状态转换到另一种状态。包括接通或断开高压断路器、隔离开关、低压自动开关、刀开关、直流操作回路,整定继电保护装置或自动装置,装设(或拆除)临

时接地线等。

倒闸操作的具体规定如下：

(1) 操作前,应根据操作票上的操作顺序在模拟板上进行核对性模拟操作,无误后方可进行实际操作。

(2) 操作时,应先核对开关设备的名称、编号,并检查断路器、隔离开关、自动开关、刀开关的分、合位置是否与工作票上的要求相符。

(3) 倒闸操作应由两人进行,由监护人唱票(宣布操作项目),操作人复诵后再进行操作。每完成一项后,监护人则应在完成的操作项目前画“√”,并核查操作质量。

(4) 操作中,发生疑问时,必须搞清楚后再进行操作,不准擅自更改操作票。

(5) 操作人应穿长袖衣裤,与带电体保持安全距离,进行高压操作时应穿绝缘靴、戴绝缘手套,操作跌开式熔断器应站在绝缘台(垫)上进行。

(6) 不受供电局调度所调度的双路电源(包括自发电)用户,严禁并路倒闸(倒路时应先停常用电源,后送备用电源);

(7) 雨天操作室外高压开关设备时,使用的绝缘杆应带有防雨罩,雷雨时应停止室外的正常操作。

157. 填写操作票的有关要求及注意事项是什么?

填写操作票的有关要求及注意事项是:

(1) 操作票是保证人身安全、防止误操作(错拉、错合,带负荷拉合隔离开关及带地线合闸等)的主要措施。变(配)电所、变电站及配电室的一切倒闸操作均应填写操作票。

(2) 填写操作票必须以命令或许可作为依据。命令的形式可分为书面命令和口头命令两种。书面命令即工作票;口头命

令可由电气负责人亲自向值班员当面下达,也可以电话通信方式下达。受令人必须将接受的口头命令复诵,复诵无误后应将发令人、下令时间及操作任务填入值班运行日志。

(3) 操作票由值班员(工作许可人)按顺序填写,不准涂改,禁止使用铅笔填写。

(4) 操作票应进行编号。已操作过的应注明“已执行”,保存期限不宜少于3个月。

(5) 操作任务中未注明备用路为热备用状态时,一律按冷备用状态填写;但备用路电源侧隔离开关(如202-2)及PT柜隔离开关(如202-9)为监视备用路电源状况,应处于合闸状态。

(6) 双路供电系统中有6个开关不准操作:101、102、44、49、55、59;单路供电系统中有3个开关不准操作:101、33、39。

(7) 属于供电局的调度户,在得到调度员的许可后,方可进行合环操作,其操作顺序(又称合环七步令)为:

- a. 解除运行路继电保护;
- b. 解除备用路继电保护;
- c. 合上备用路;
- d. 查环流;
- e. 拉开运行路;
- f. 恢复原运行路继电保护;
- g. 恢复原备用路继电保护。

(8) 合闸前,检查与其有关的断路器“确在断开位置”,目的是防止带负荷操作或反送电源及误并列。可以“走一步,查一步”,也可以统一查。

(9) 操作项目中应包括以下内容:

- a. 按照操作技术要求将操作顺序逐项填写清楚,如:“拉开

“×××”或“合上×××”。为保证操作质量应提示：“查确已拉开”或“查确已合上”。

b. 合上“201-9”或“202-9”后,应“查第一电源电压正常”或“查第二电源电压正常”;

c. 合上“211”或“221”后,应查“1T”或“2T”空载运行声音是否正常(3分钟);

d. 合上“401-2”或“402-2”后,应查“1T”二次侧或“2T”二次侧电压是否正常;

e. 装设临时接地线应写明装设位置,如:“×××电源侧装设1#接地线”或“×××负荷侧装设2#接地线”,而不写“高压侧”或“低压侧”;

f. 两台变压器并列,应查明符合并列条件,操作时先合电源侧,后合负荷侧;操作后应查负荷分配;

g. 两台变压器解列,应查明解列后能带全负荷,操作时先拉负荷侧,后拉电源侧;

h. 取下或装上某控制回路及电压互感器一、二次侧熔断器时,也应填入操作票;

i. 解除或恢复继电保护装置以及改变整定值时,也应填入操作票。

(10) 在发生威胁人身或设备安全的紧急情况下,不填操作票,而立即拉开有关电源开关;但事后必须向上级报告,同时将情况详细记入值班日志。

第二部分 实践篇

一、低压电工实际操作

1. 万用表的正确使用

(1) 简述万用表的一般用途及在使用前应做的检查和调整。

万用表是一种多用途、多量程、便携式的电工仪表,可用来测量直流电阻、交直流电压、电流等。

使用前的检查和调整步骤为:

- ① 检查仪表外观应完好无损,表针应无卡阻现象;
- ② 转换开关应切换灵活,指示挡位准确;
- ③ 平放仪表,必要时应进行机械调零;
- ④ 测电阻前应进行欧姆调零(电气调零)以检查电池电压,电压偏低时应更换;
- ⑤ 表笔测试线绝缘应良好,黑表笔插负极“-”或公用端“*”,红表笔插正极“+”或相应的测量孔;
- ⑥ 用欧姆挡检查表笔测试线应完好。

(2) 如何用万用表测量直流电阻,交直流电压和交直流电流?

测量直流电阻的方法：

- ① 断开被测电路或元件的电源及连线；
- ② 根据被测值选择合适的挡位，被测值无法估计时，应选中挡；
- ③ 每调换一次挡位，应重新进行欧姆调零；
- ④ 测量中表笔应接触良好，手不得触及表笔的金属部分；
- ⑤ 指示数乘以倍率为被测值，指示数应在标度尺 20% ~ 80% 范围内为宜；
- ⑥ 用毕应置于交流电压最大挡或空挡。

测量交直流电压的方法：

- ① 应与被测电路并联连接；
- ② 测量直流时应分清极性；
- ③ 根据被测值选择合适挡位，当被测值无法估计时，应选最大挡；
- ④ 测量中防止触电、短路及表笔脱落；
- ⑤ 指示数乘以倍率为实测值，指示数至少应在标度尺 1/2 以上，最好在标度尺 2/3 以上；
- ⑥ 用毕应置于交流电压最大挡或空挡。

测量交直流电流的方法：

- ① 必须与被测电路串联连接；
- ② 测量直流时应分清极性；
- ③ 根据被测值选择合适挡位，被测值无法估计时，应选最大挡；
- ④ 测量中不准带电流换挡，应断开电源后再撤去表笔；
- ⑤ 指示数乘以倍率为实测值，指示数至少应在标度尺 1/2 以上，最好在标度尺 2/3 以上；
- ⑥ 用毕应置于交流电压最大挡或空挡。

2. 用三只电流表配接三只电流互感器,以测量三相电流的接线

画出电气原理图,如图 1-45 所示。

按图进行实际接线:三只电流互感器的 K1 分别接三只电流表的任一接线端,三只电流表的另一端连接后再与三只电流互感器的 K2 端相连,并接地或接零。

电流互感器、电流表及导线的选择要求:

① 应根据负荷电流合理选择电流表,负荷电流应经常指示在电流表满刻度值的 $1/3 \sim 3/4$ 范围内为宜;

② 电流互感器与电流表的变比应相同,极性不能接反,K2 端应接地或接零;

③ 连接导线应采用截面不小于 2.5mm^2 的绝缘铜导线,中间不准有接头,线端应顺时针压接牢固;

④ 二次线排列应整齐,线端应套带回路标记及编号的标记头。

3. 正确使用钳形电流表测量交流电流

(1) 钳形电流表的用途是什么? 如何正确选用?

用途:钳形电流表是一种可以在不断开载流导线的情况下,测量低压(交流)绝缘导线电流的便携式仪表。

正确选用的钳形电流表主要根据:

① 被测电流值的大小;

② 被测电流的频率:50Hz 时可选用互感器式或电磁式钳形电流表;小于 50Hz 或直流时应选用电磁式钳形电流表。

测量方法和步骤:

① 平放仪表,必要时应进行机械调零;

② 根据被测值选择合适挡位,被测值无法估计时选最大挡;

③ 被测导线应位于钳口内空间部位的中央,钳口应紧密闭合;

④ 测量小电流时(仪表最低量程挡位满刻度值的 20% 以下),应将被测导线绕圈后套在钳口上,指示数除以钳口内导线根数则为实测值;

⑤ 测完大电流后,再测小电流之前,应开闭钳口数次进行去磁;

⑥ 正确读取指示数。

(2) 在测量中应注意哪些安全问题?

① 使用前检查仪表外观应完好,绝缘无破损,钳口无油污、锈蚀;

② 测量时应戴绝缘手套或干燥的线手套;

③ 测量时应与带电体保持安全距离(0.1m),防止触电或短路;

④ 测量中不准带电流换挡,不准测量裸导线;

⑤ 不准套在开关的闸嘴(动触头)上或保险管上测量;

⑥ 用毕后置于最大挡。

4. 用一只电压表,通过转换开关测量三相线电压的接线

(1) 试画出接线图。用一只 LW2-5.5/F4-X 型转换开关和一只电压表测量三相电压的接线原理图,如图 2-1 所示。

(2) 如何按图进行实际接线?

1、3、6、8、4、7 封;

3、8 接表在当中;

7、2、5 经熔断器接 A(L1) B(L2)、C(L3)。

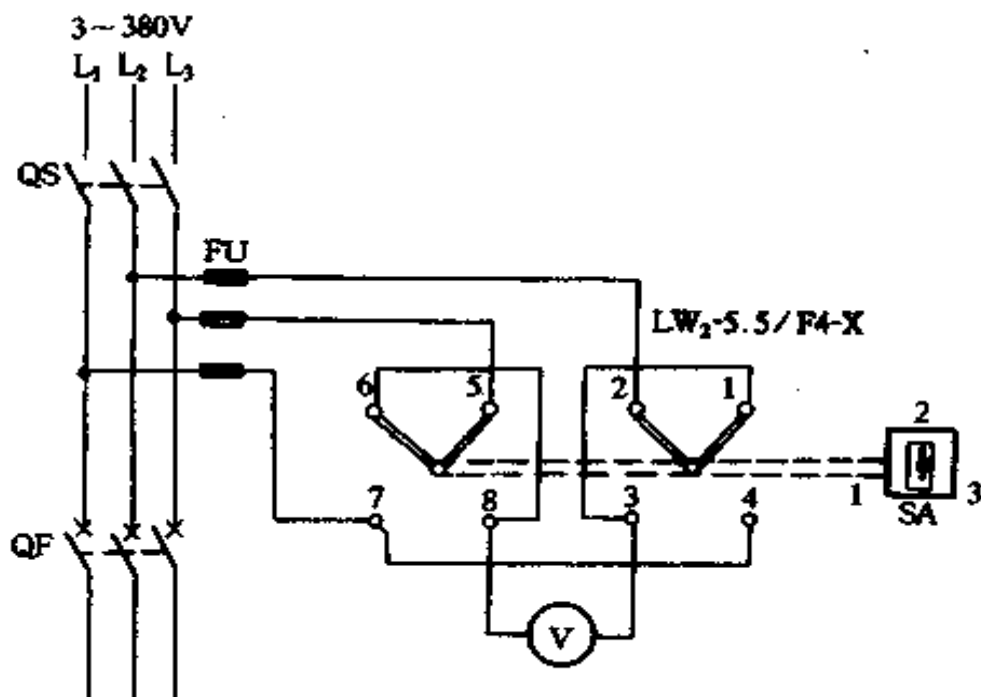


图 2-1 测量三相线电压的接线原理图

(3) 简述对连接导线、熔断器及熔丝规格的选用要求。

- ① 电压表：选用 1T1 - V 型或 42L6 - V 型，量程为 0 - 450V；
- ② 转换开关：选用 LW2 - 5.5/F4 - x 型；
- ③ 熔丝：选用 1 ~ 5A，作短路保护；
- ④ 熔断器：瓷插式熔断器选用 RC1A - 5(A) 或 RC1A - 10(A)，螺旋式熔断器选用 RL1 - 15(A)；
- ⑤ 连接导线应采用截面不小于 1.5mm^2 的绝缘铜线，中间不准有接头，线端应顺时针压接牢固；
- ⑥ 二次线排列应整齐，线端应套带回路标记及编号的标记头。

5. 使用电压表进行相位核对

(1) 说明在什么情况下需要进行相位核对？

① 两个及两个以上电源互为备用或并列运行时,投入运行前应核相;

② 电源系统及设备做了改变后,应重新进行核相;

③ 电源线路大修后,应重新核相。

(2) 如何进行相位核对?

核相应选用 0 ~ 450V 电压表或万用表交流电压 500V 挡。

① 用已知相中的任意一相,分别对未知相的三相各测一次,同相的做标记;

② 换已知相的另外两相,再分别对未知相的三相各测三次,同相的做标记;

③ 共进行九次测量,电压约为 0V 左右的为同相,电压相差 380V 左右的为异相;

④ 相位相同指两个交流量同时到达最大值或零值($\phi = 0$),简称同相。

(3) 核相过程中应注意哪些安全问题?

① 核相工作应两人进行,需戴绝缘手套;

② 核相时应与带电体保持安全距离,手不得直接接触及表笔的金属部分,禁止手持电压表;

③ 测试线长度应适中,表笔的金属部分不宜过长。

6. 单相有功电度表的接线

(1) 试根据给定的单相有功电度表画出接线原理图。

单相电度表跳入式接线如图 2-2 所示。顺入式接线如图 2-3 所示。配接电流互感器接线如图 2-4 所示。

(2) 如何对照接线原理图进行实际接线?

按电度表接线端子顺序,分别为:

① 跳入式:(一进一出式)

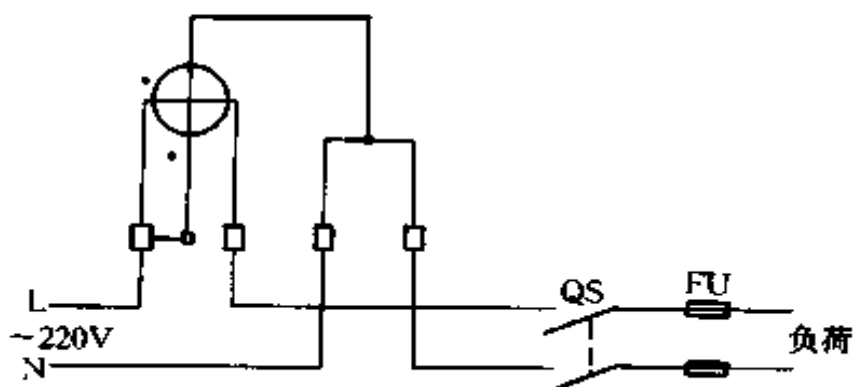


图 2-2 单相电度表跳入式接线原理图

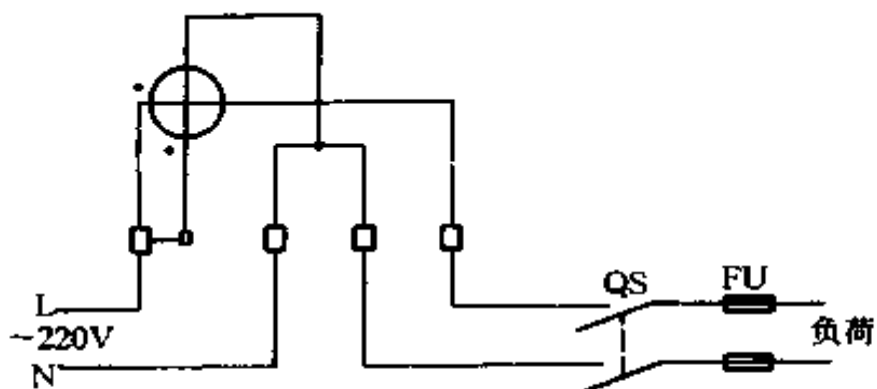


图 2-3 单相电度表顺入式接线原理图

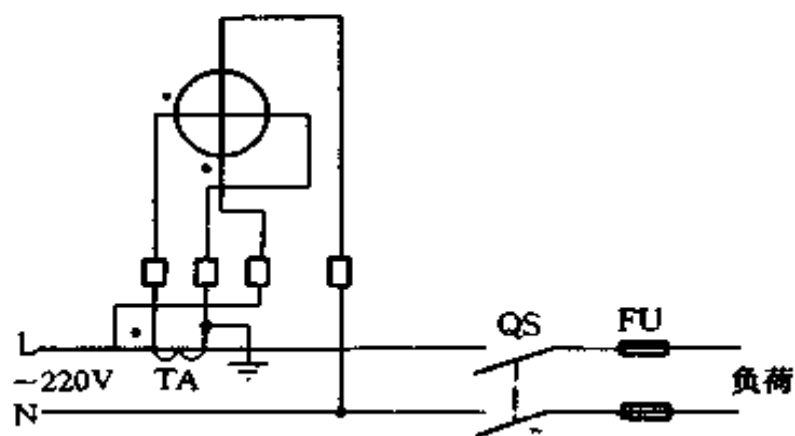


图 2-4 单相电度表配接电流互感器的接线原理图

火线进、火线出，零线进、零线出。

② 顺入式：(二进二出式)

火线进、零线进，零线出、火线出。

③ 配接电流互感器:(带 TA)

电度表的接线端子 1 接电流互感器的 K1,端子 2 接 K2 并接地,端子 3 接电流互感器的 L1,端子 4 接零线。

(3) 说明对单相有功电度表的接线要求(以跳入式为例)。

① 电度表的标定电流应等于或略大于负荷电流,计算负荷电流时应考虑功率因数,即:

$$I = \frac{P}{U \cos \phi}$$

一般白炽灯,电热负荷可按 4.5A/kW 估算;日光灯按 9A/kW 估算;单相电动机按 8A/kW 估算(功率因数、效率均按 0.75 计算);

② 应按电度表标定电流选择导线,一般应采用绝缘铜线,其最小截面不应小于 2.5mm²,6mm² 及以下应采用独股线(多股线则应涮锡);

③ 直入式单相电度表接线时,火线应接电流线圈首端(同名端),零线应一进一出,火线、零线不能接反,否则会造成漏计量,而且不安全;

④ 直入式电度表的电压联片(电压小勾)必须连接牢固;

⑤ 开关、熔断器应接负荷侧。

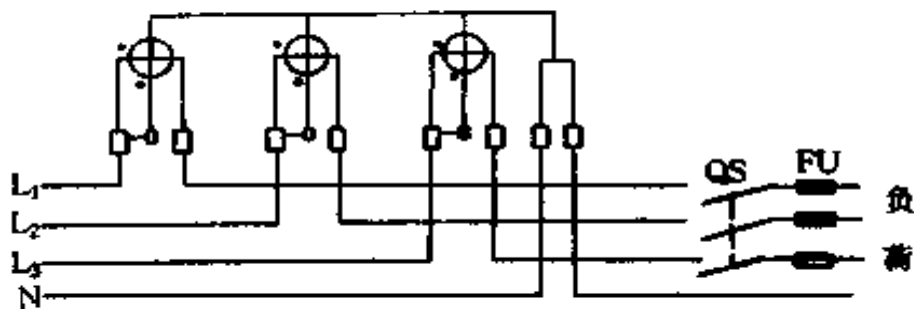
7. 三相有功电度表直入式的接线

(1) 试根据给定的三相有功电度表画出接线原理图。

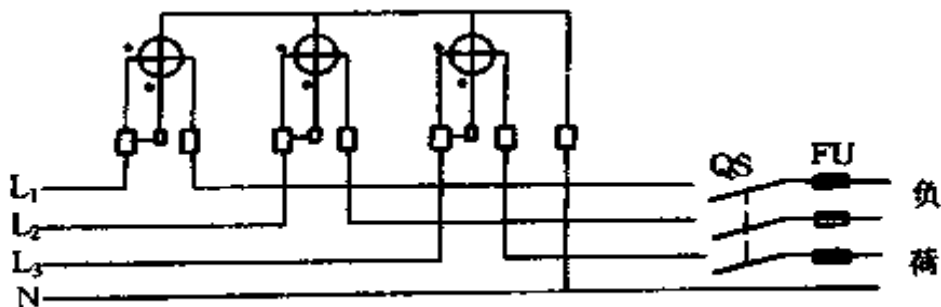
① 三相四线表(3×380V/220V、DT 型、三元件电度表)的接线如图 2-5 所示。

② 三相三线表(3×380V、DS 型、两元件电度表)的接线如图 2-6 所示。

(2) 如何对照接线原理图进行实际接线?



(a) DT 型 25A



(b) DT 型 40~80A

图 2-5 三相四线有功电度表直入式接线原理图

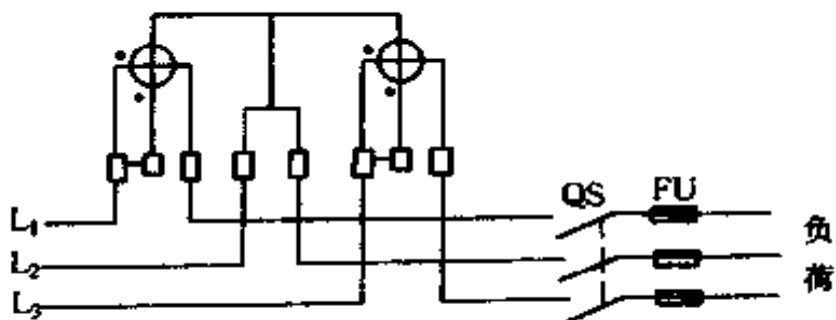


图 2-6 三相三线有功电度表直入式接线原理图

① 三相四线表(DT 型):

L1 相进、L1 相出, L2 相进、L2 相出, L3 相进、L3 相出, N 线进、N 线出。

② 三相三线表(DS 型):

L1 相进、L1 相出, L2 相进、L2 相出, L3 相进、L3 相出。

(3) 说明对三相直入式有功电度表的接线要求(以三相四

线表为例)。

① 电度表的标定电流应等于或略大于负荷电流,计算负荷电流时应考虑功率因数,即:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \phi}$$

一般三相阻性负载(即 $\cos \phi = 1$)可按每千瓦 1.5A(1.5A/kW)估算,三相电动机可按每千瓦 2A(2A/kW)估算;

② 应按电度表的标定电流选择导线,一般应采用绝缘铜线,其最小截面不应小于 2.5mm^2 , 6mm^2 及以下应采用独股线;

③ 应按正相序入表(即 L1 - L2 - L3 或 L2 - L3 - L1 或 L3 - L1 - L2),若反相序入表(如 L1 - L3 - L2),电度表虽然不反转,但由于表的结构和校表等方面原因,将使电度表产生附加误差;

④ 三相四线表(DT型)零线必须入表。尽管电度表内三个电压线圈匝数、线径及阻抗均相同,即三相对称,若零线不入表,当三相电压不平衡时,三个电压线圈的星形连接点也不会保持零电位,这将引起较大的测量误差,因此,零线必须入表。入表的方式为 5 ~ 30A 一进一出,40A ~ 80A 只提供电位(即只进不出);

⑤ 三相四线表(DT型)零线、火线不能接反。因为三相四线表电压线圈的额定电压为 220V,若零线、火线接反时,只有一相电压线圈承受电压 220V,另外两相电压线圈则承受 380V 线电压,将使电压线圈烧毁;

⑥ 直入式电度表电压联片(电压小勾)必须连接;

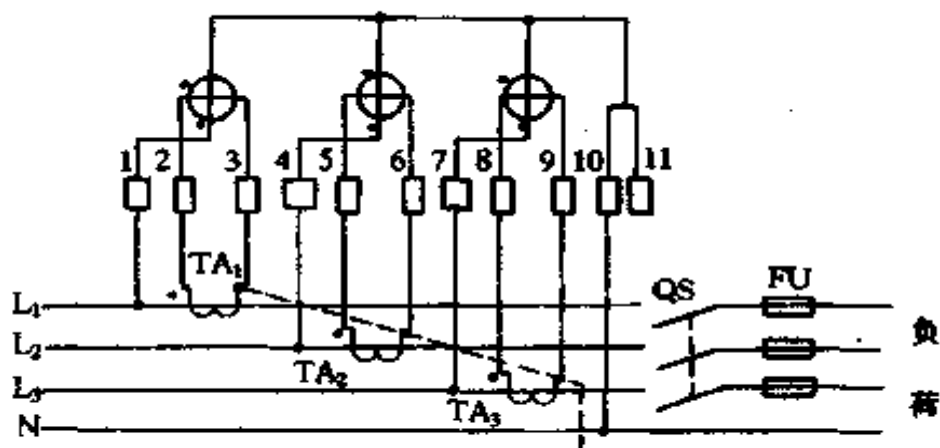
⑦ 开关、熔断器应接负荷侧。

8. 三相有功电度表配用电流互感器的接线

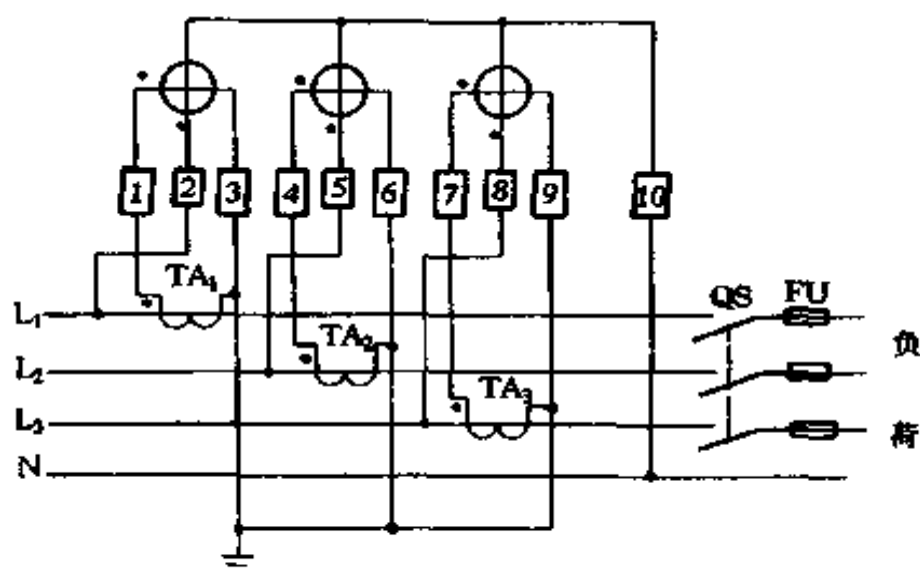
(1) 试根据给定的三相有功电度表和电流互感器画出接线

原理图。

① 三相四线表(3×380V/220V、DT型、三元件电度表)接线如图2-7所示。



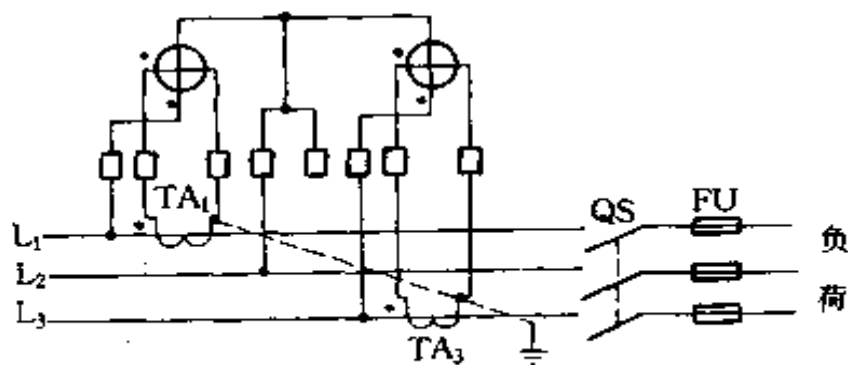
(a)电压线圈为1、4、7、10接线端子时



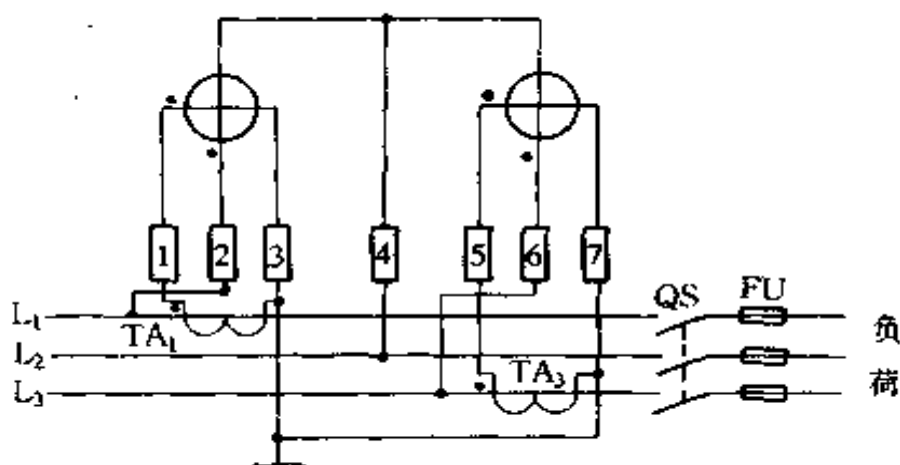
(b)电压线圈为2、5、8、10接线端子时

图2-7 DT型三相四线有功电度表配接电流互感器的接线原理图

② 三相三线表(3×380V、DS型、两元件电度表)的接线如图2-8所示。



(a)电压线圈为1、4、5、6接线端子时



(b)电压线圈为2、4、6接线端子时

图 2-8 DS 型三相三线有功电度表配接电流互感器的接线原理图

(2) 如何对照接线原理图进行实际接线?

三相四线表(DT型):

① 电压接线端子在 1、4、7、10 位置时,如图 2-7(a)所示,按电度表接线端子顺序为:1 接 L1 相 TA1 的 L1 端,2 接 K1,3 接 K2;4 接 L2 相 TA2 的 L1 端,5 接 k1,6 接 K2;7 接 L3 相 TA3 的 L1 端,8 接 K1,9 接 K2;将三只 TA 的 K2 连接后并接地;10 接零线。

② 电压接线端子在 2、5、8、10 位置时,如图 2-7(b)所示,

按电度表接线端子顺序为:1接L1相TA1的K1,2接TA1的L1端,3接K2;4接L2相TA2的K1,5接TA2的L1端,6接K2;7接L3相TA3的K1,8接TA3的L1端,9接K2;将三只TA的K2连接起来并接地;10接零线。

三相三线表(DS型):

① 电压接线端子在1、4、5、6位置时,如图2-8(a)所示,按电度表接线端子顺序为:1接L1相TA1的L1端,2接K1,3接K2;4接L2相,6接L3相TA3的L1端,7接K1,8接K2;将两只TA的K2连接起来并接地;

② 电压接线端子在2、4、6位置时,如图2-8(b)所示,按电度表接线端子顺序为:1接L1相TA1的K1,2接TA1的L1端,3接K2;4接L2相,5接L3相TA3的K1,6接TA3的L1端,7接K2;将两只TA的K2连接起来并接地。

(3) 说明对三相四线有功电度表配用电流互感器的接线要求

① 电度表标定电流应是 $3 \times 5A$ 或 $3 \times 3(6)A$,并带有单独电压接线端子间隔;

② 电流互感器一次额定电流应满足负荷电流的需要,电流互感器的变比应相同,极性不能接反,K2端应接地或接零(供电部门的电度表除外);

③ 应按正相序入表,三相四线表零线必须入表(只提供电位,不用一进一出),零线,火线不能接反;三相三线表B相(L2)可只提供电位;

④ 电压回路应使用截面不小于 $1.5mm^2$ 的绝缘铜线;电流回路应使用截面不小于 $2.5mm^2$ 的绝缘铜线;

⑤ 凡低压计量,容量在250A及以上时,二次回路中应加装专用接线端子板,以便于校表;

- ⑥ 电度表的电压联片必须拆除；
- ⑦ 开关、熔断器接负荷侧；
- ⑧ 电度表的金属外壳应接零或接地。

9. 摇测三相异步电动机定子绕组的绝缘电阻

(1) 如何根据给定的三相异步电动机正确选择兆欧表,并确定摇测项目及摇测时间:

正确选表:新安装的电动机,根据规程规定应选用 1000V 兆欧表;运行中的电动机,用 500V 的兆欧表。

摇测项目:鼠笼式电动机只摇测定子绕组(相间及相对地)的绝缘电阻值。

摇测时间:

- ① 新安装的电动机,投入运行前;
- ② 停用三个月以上时,再次使用前;
- ③ 电动机在大、小修时;
- ④ 电动机在运行中发生异常现象或故障时。

实际摇测:

- ① 断开被测电动机电源,拆除电动机电源线;
- ② 检查兆欧表:
 - a. 外观完好无破损,平放仪表时表针应指向偏无穷大侧;
 - b. 开路试验应指向无穷大;
 - c. 短路试验应瞬间指零;
 - d. 测试线绝缘应良好,禁止使用双股麻花线或平行线。
- ③ 大型电动机摇测前、后应放电(大型电动机系指 J02 系列 16 号机座以上者,Y 系列中心高 630mm 以上者);
- ④ 摇测相对地绝缘电阻时,兆欧表的“E”接外壳,“L”接三相绕组,即三相对地一次摇成;

⑤ 摇测相间绝缘电阻时,应拆除电动机接线端子上的联片,兆欧表的“E”接一相绕组,“L”接另一相绕组,即分别摇测 U 相 - V 相、V 相 - W 相、W 相 - U 相;

⑥ 摇测时,仪表水平放置,以每分钟 120 转的转速匀速摇测,待表针稳定一分钟后读取读数。

(2) 如何根据绝缘电阻的最低合格值,确定被摇测三相异步电动机能否使用?

① 新安装的电动机用 1000V 兆欧表,不得低于 $1\text{M}\Omega$;

② 运行中的电动机按每伏工作电压不得低于 1000Ω ,即相对地不得低于 $0.22\text{M}\Omega$,相间不得低于 $0.38\text{M}\Omega$,一般只要大于 $0.5\text{M}\Omega$ 即可使用。

10. 正确使用接地电阻测试仪测量接地装置的电阻值

(1) 测试接地电阻前应该做哪些准备工作? 如何正确接线?

① 断开被测接地极相关的电源,拆开接地极预留测试点并打磨干净;

② 检查接地电阻表;

a. 外观完好无破损;

b. 调整表针与中心刻度线重合。

c. 可做短路试验,以检查仪表的准确度。

③ 选好倍率,一般选 $\times 1$ 挡;

④ 正确接线;

5m 测试线,接仪表的 E(或 C2、P2)及被测接地极;

20m 测试线,接仪表的 P(或 P1)及电压辅助接地极;

40m 测试线,接仪表的 C(或 C1)及电流辅助接地极。

⑤ 接线示意图如图 2-9 所示。

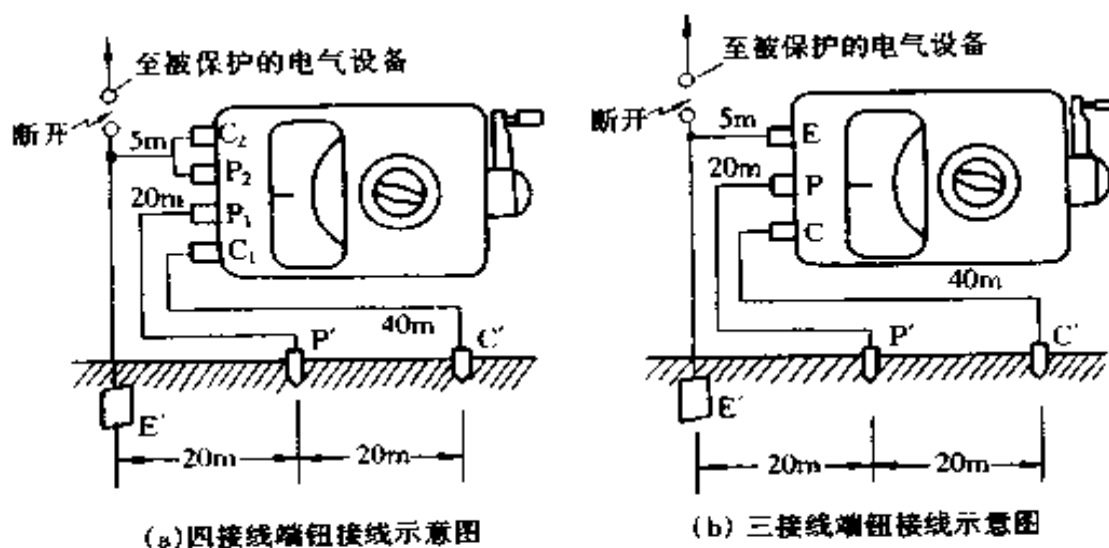


图 2-9 接地电阻表接线示意图

(2) 如何进行摇测?

正确接线后,仪表水平放置,以每分钟 120 转的转速匀速摇测,边摇测边调整标度盘旋钮,调整至表针与中心刻度线重合时,表针所指标度盘上的数值乘以倍率即为实测值。

(3) 使用接地电阻测试仪应该注意哪些事项?

- ① 测试线不得与架空线路或金属管道平行;
- ② 雷雨季节阴雨天气时,不得测量避雷装置的接地电阻;
- ③ 仪表一般不做开路试验;
- ④ 摇测工作应两人进行。

11. 三相异步电动机采用 Y- Δ 降压启动器的接线(利用九线闸或交流接触器)

(1) 画出电气原理图。

① 九线闸(双投开关)接线原理图如图 2-10 所示。

② 接触器控制、按钮操作、手动转换 Y- Δ 启动接线原理图如图 2-11 所示。

(2) 如何根据给定的三相异步电动机功率,选取开关、导线、接触器和熔断器的规格?怎样进行实际接线?

以 10kW 三相电动机 ($I_e = 20A$) 为例,选取开关、导线、接触器和熔断器的规格为:

① 三相胶盖闸: $I_{QS} = 3I_e = 3 \times 20 = 60(A)$, 选用 HK-60;

② 主回路导线: 选用 $6mm^2$ 铝线或 $4mm^2$ 绝缘铜线;

③ 控制回路导线: 选用不小于 $1.5mm^2$ 绝缘铜线;

④ 接触器: $I_{KM} = I_e(1.3 \sim 2)$
 $= 20 \times (1.3 \sim 2)$
 $= 26 \sim 40(A)$

可选用 CJ10-40 或 CJ20-40 接触器;

⑤ 主回路熔断器: 选用 RC1A-60 瓷插式熔断器或 RL1-60 螺旋式熔断器;

⑥ 控制回路熔断器: 选用 RC1A-5(A) 或 RC1A-10(A), 或 RL1-15(A) 熔断器。

实际接线:

采用 Y- Δ 启动, 电动机应接入三相电源, 引出六根三相绕组的端子线以改变电动机接法。接触器手动控制(主回路)的实际接线如图 2-12 所示。

(3) 启动器的操作顺序是什么? 安全注意事项有哪些?

① 操作顺序

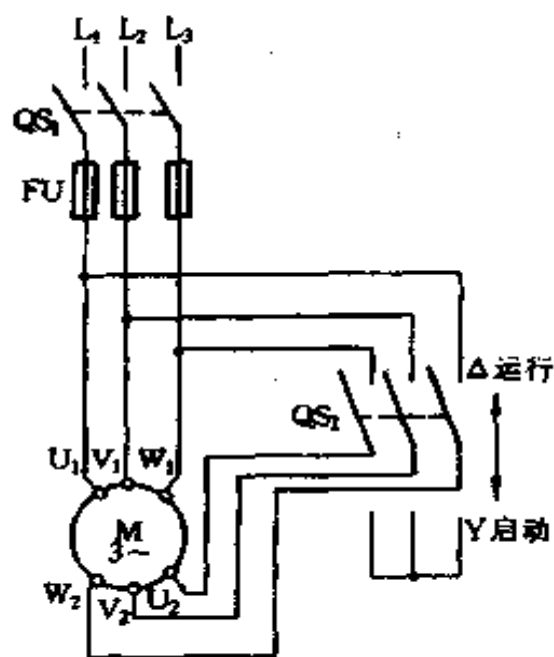


图 2-10 九线闸接线原理图

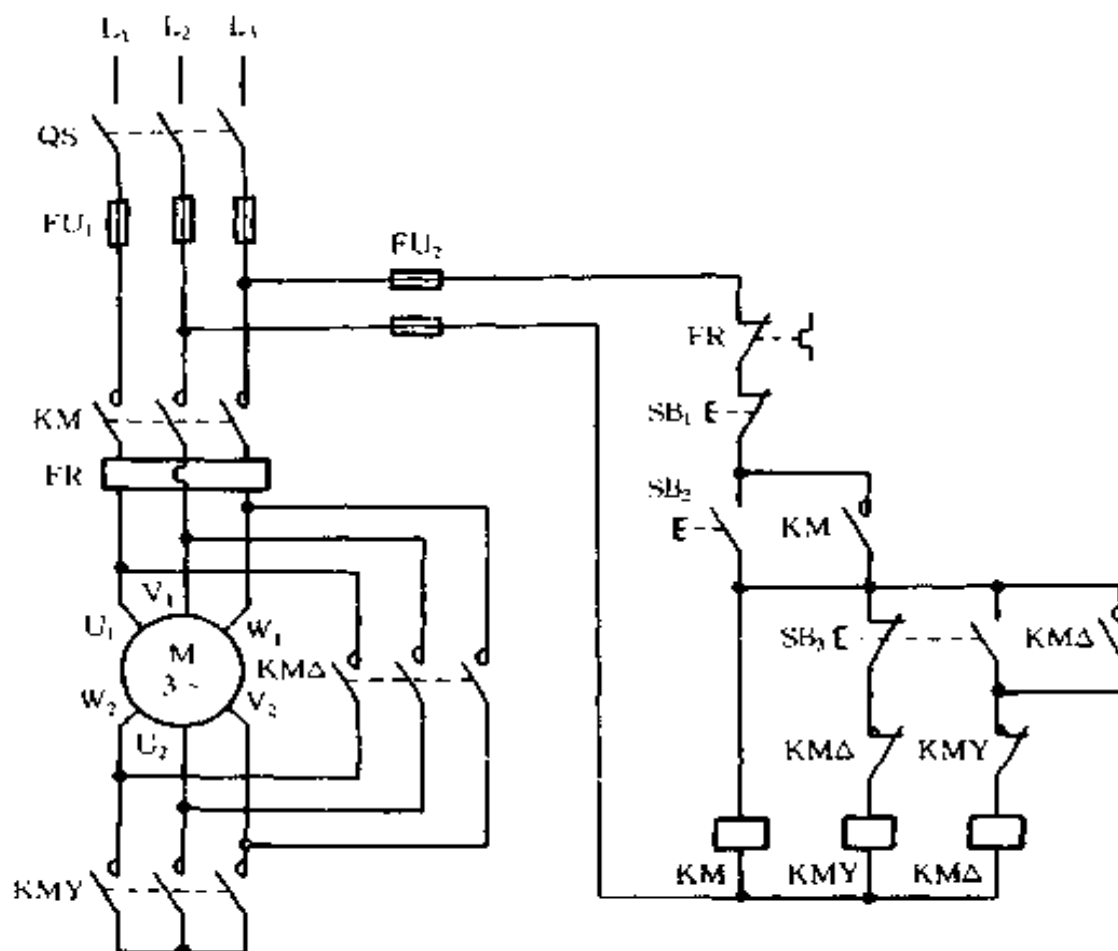


图 2-11 接触器手动转换接线原理图

双投开关(九线闸)操作顺序:

电动机投入运行时,先合上 QS_1 ,然后将 QS_2 向下合,使电动机接成 Y 形启动,待电动机转速接近额定转速时,再将 QS_2 向上合,使电动机接成 Δ 形运转。

电动机停止运行时,先拉开 QS_2 ,再拉开 QS_1 。

接触器手动控制操作顺序:

按 SB_2 :主接触器 KM 线圈获电 \rightarrow KM 主触头闭合 \rightarrow KM 常开辅助触头(自锁)闭合;接触器 KMY 线圈获电 \rightarrow KMY 主触头闭合 \rightarrow KMY 常闭辅助触头断开 \rightarrow 电动机接成 Y 形启动。待电动机转速接近额定转速时,按 SB_3 ;

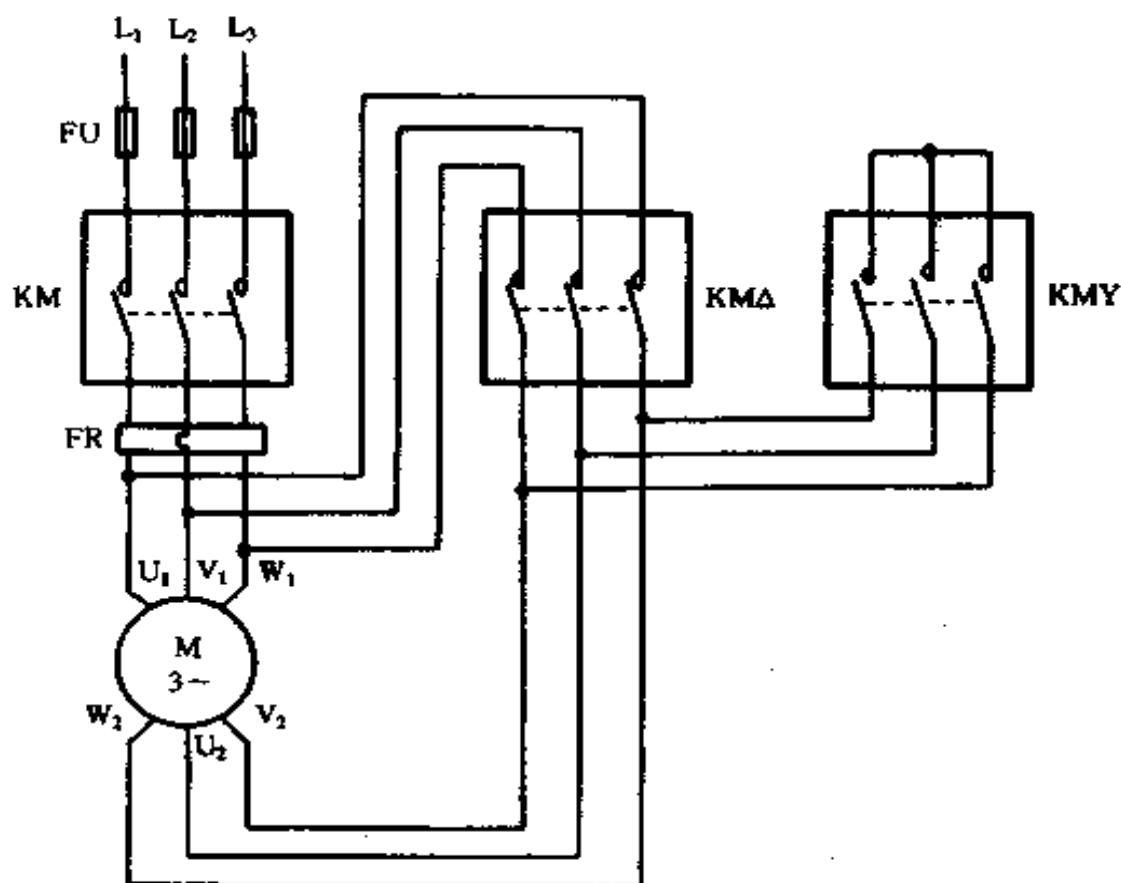


图 2-12 接触器手动控制(主回路)实际接线图

接触器 KMY 线圈断电 → KMY 主触头断开 → KMY 常闭辅助触头闭合；接触器 KMA 线圈获电 → KMA 主触头闭合 → KMA 常开辅助触头(自锁)闭合 → KMA 常闭辅助触头断开,电动机接成 Δ 形运转。

按 SB₁:控制回路断电,电动机停止运行。

② 安全注意事项

采用 Y-Δ 启动的电动机应拆除接线盒内上下联片；
如电动机反转时,不宜在接线盒内倒头。

12. 三相异步电动机采用自耦降压启动器的接线

(1) 按实物说明主要电气元件的作用,并画出电气接线原

理图。

QJ3 型自耦降压启动器的主要电气元件及作用：

- ① 带抽头的三相自耦变压器，是降压启动的降压元件；
- ② 手动操动机构及触头系统，是实现降压启动和全压运行的转换装置；
- ③ 热继电器是过载保护装置；
- ④ 失压脱扣器是停止运行装置，并起失压保护和欠压保护作用；
- ⑤ 油箱内变压器油主要起灭弧作用。

自耦降压启动接线原理如图 2-13 所示。

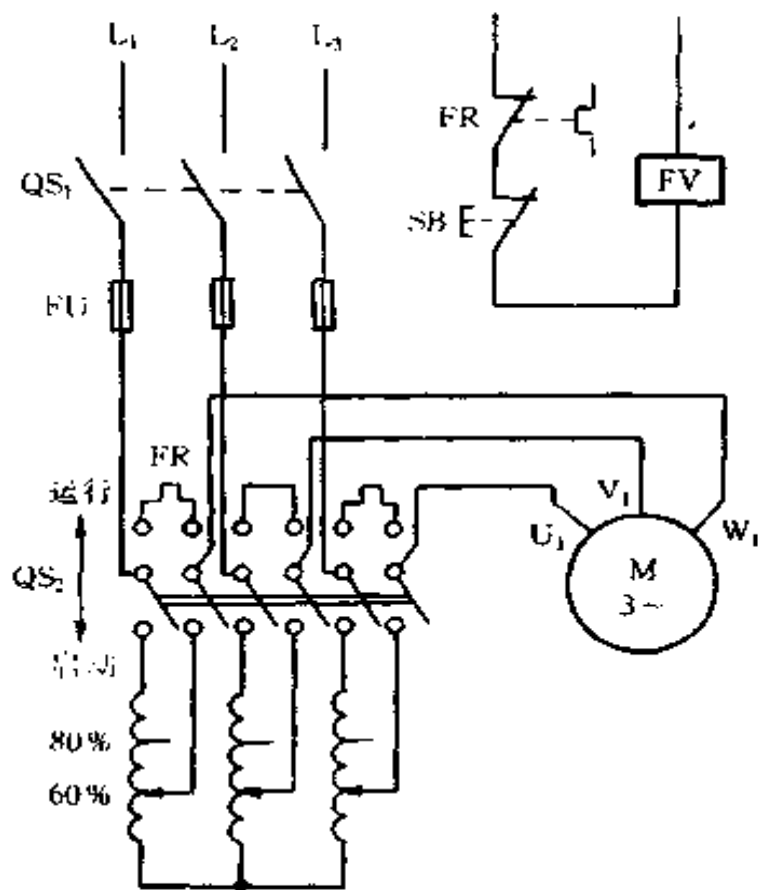


图 2-13 自耦降压启动接线原理图

(2) 自耦变压器绕组抽头的选用原则是什么?

轻载启动时,选用 60%或 65%抽头;重载启动时,选用 80%抽头。

采用 80%抽头启动时,电压比为 380V/304V,电流比为 1/1.25,降压启动时的电流和转矩均为直接启动时的 0.64;

采用 65%抽头启动时,电压比为 380V/247V,电流比为 1/1.54,降压启动时的电流和转矩均为直接启动时的 0.42;

采用 60%抽头启动时,电压比为 380V/228V,电流比为 1/1.67,降压启动时的电流和转矩均为直接启动时的 0.36。

(3) 自耦降压启动器的操作方法是怎样的?安全注意事项有哪些?

① 启动器容量应等于或大于电动机容量;

② 启动器外壳应可靠接零或接地;

③ 启动器按短时工作制设计,不宜频繁启动,两次启动间隔不得少于 3 分钟;

④ 操作时应迅速、果断,启动时间不宜过长或过短;

⑤ 油箱内的变压器油应油量充足(达到油面线)、油质良好(亮黄色)。

13. 三相异步电动机单方向运行的接线

(1) 画出使用交流接触器控制的、具有短路和过载保护的主回路及控制回路电气原理图。电路原理图如图 2-14 所示。其两地控制原理图如图 2-15 所示。

(2) 如何按照给定的三相异步电动机功率,选择熔丝、熔断器、交流接触器、热继电器及连接导线的规格,并进行实际接线?

以 10kW 三相电动机为例选取熔丝、熔断器、接触器及导线的规格。

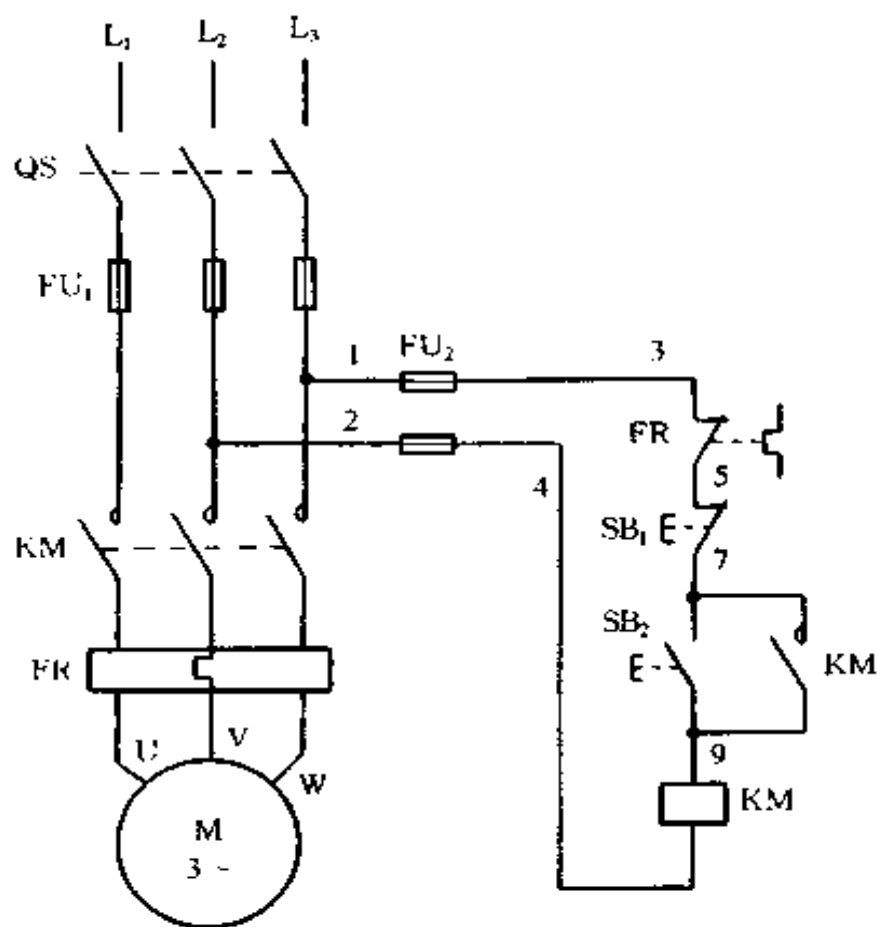


图 2-14 单方向运行接线原理图

10kW 三相异步电动机的额定电流按 2A/kW 估算为 20A。

① 主回路熔丝：

按电动机额定电流的 1.5 ~ 2.5 倍选用，即：

$$\begin{aligned} I_{\text{熔}} &= I_e (1.5 \sim 2.5) \\ &= 20 \times (1.5 \sim 2.5) \\ &= 30 \sim 50(\text{A}) \end{aligned}$$

按电动机额定功率的 3 ~ 5 倍选用，即：

$$\begin{aligned} I_{\text{熔}} &= P_e (3 \sim 5) \\ &= 10 \times (3 \sim 5) \\ &= 30 \sim 50(\text{A}) \end{aligned}$$

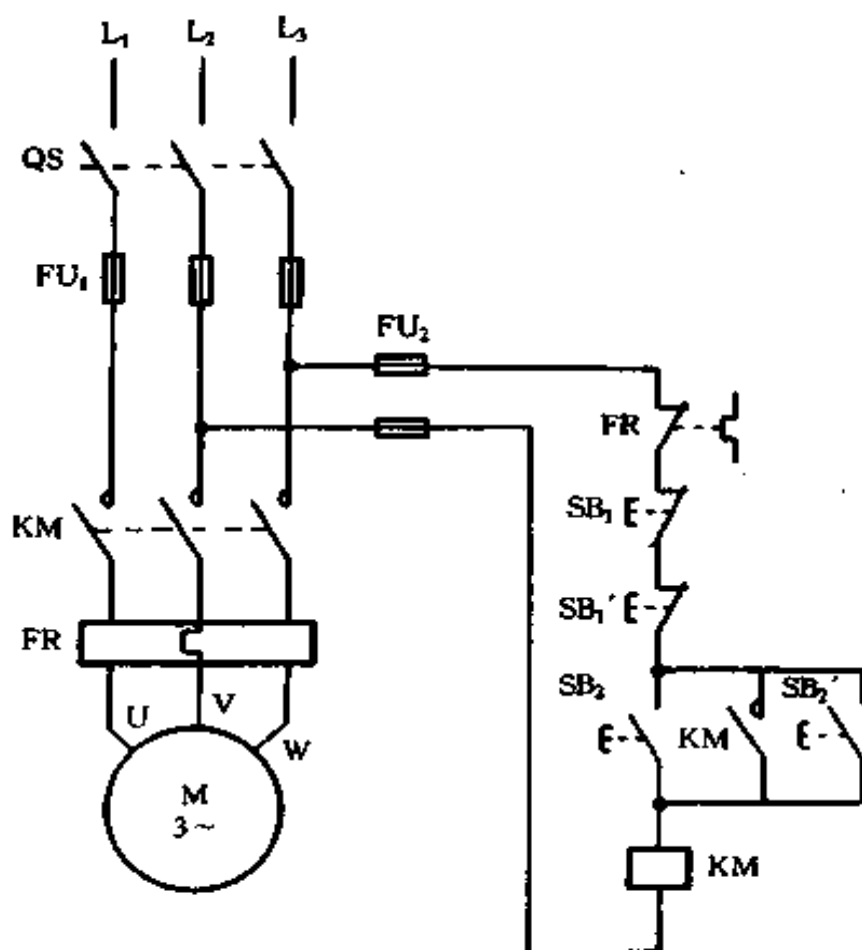


图 2-15 单方向运行两地控制原理图

电动机主回路应选用 30 ~ 50A 的熔丝,作短路保护;

② 控制回路熔丝:选 1 ~ 5A 熔丝,作短路保护;

③ 主回路熔断器:选用瓷插式熔断器(RC1A)或螺旋式熔断器(RL1)60A;

④ 控制回路熔断器:选用 RC1A - 5(A)或 RC1A - 10(A),或 RL1 - 15(A);

⑤ 接触器:选用 CJ10 - 40(A)或 CJ20 - 40(A);

⑥ 主回路导线:选用 BLV 或 BLXV 型 6mm^2 铝线,或 BV 或 BXV 型 4mm^2 铜线;

⑦ 控制回路导线:选用 BV 或 BXV 型 1.5mm^2 铜线。

实际接线：单方向运行的控制回路实际接线如图 2-16 所示。

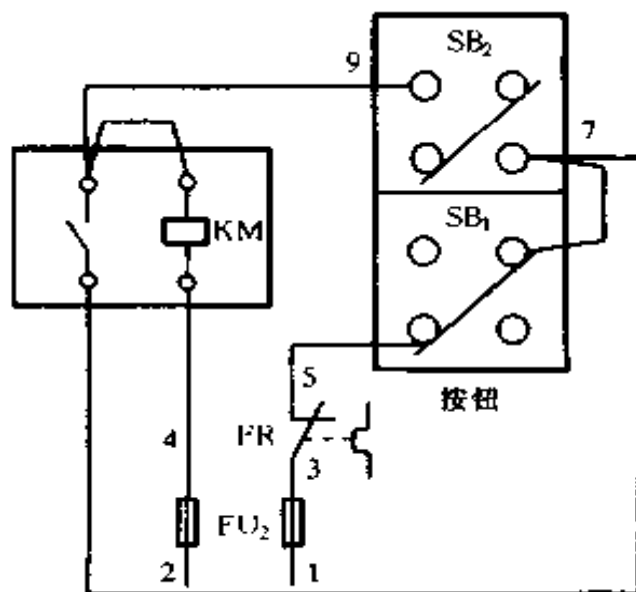


图 2-16 单方向运行(控制回路)实际接线图

(3) 热继电器的复位方式及调整方法是什么?

热继电器的复位方式有两种,即手动复位和自动复位。

将热继电器侧面下方小孔内的调整螺钉顺时针拧紧为自动复位。当热继电器因过载动作后,约 5 分钟左右自动将常闭辅助触头 95(31)与 96(32)恢复闭合。

将热继电器侧面下方小孔内的调整螺钉逆时针拧松为手动复位。当热继电器因过载动作后,约 2~3 分钟用手按复位按钮,才能使常闭辅助触头 95(31)与 96(32)恢复闭合。

14. 三相异步电动机可逆运行的电气回路接线

(1) 画出电气主电路及控制原理图(要求具有接触器和按钮开关双重电气互锁)。

电路图如图 2-17 所示。

(2) 如何按照给定的三相异步电动机功率,选取交流接触

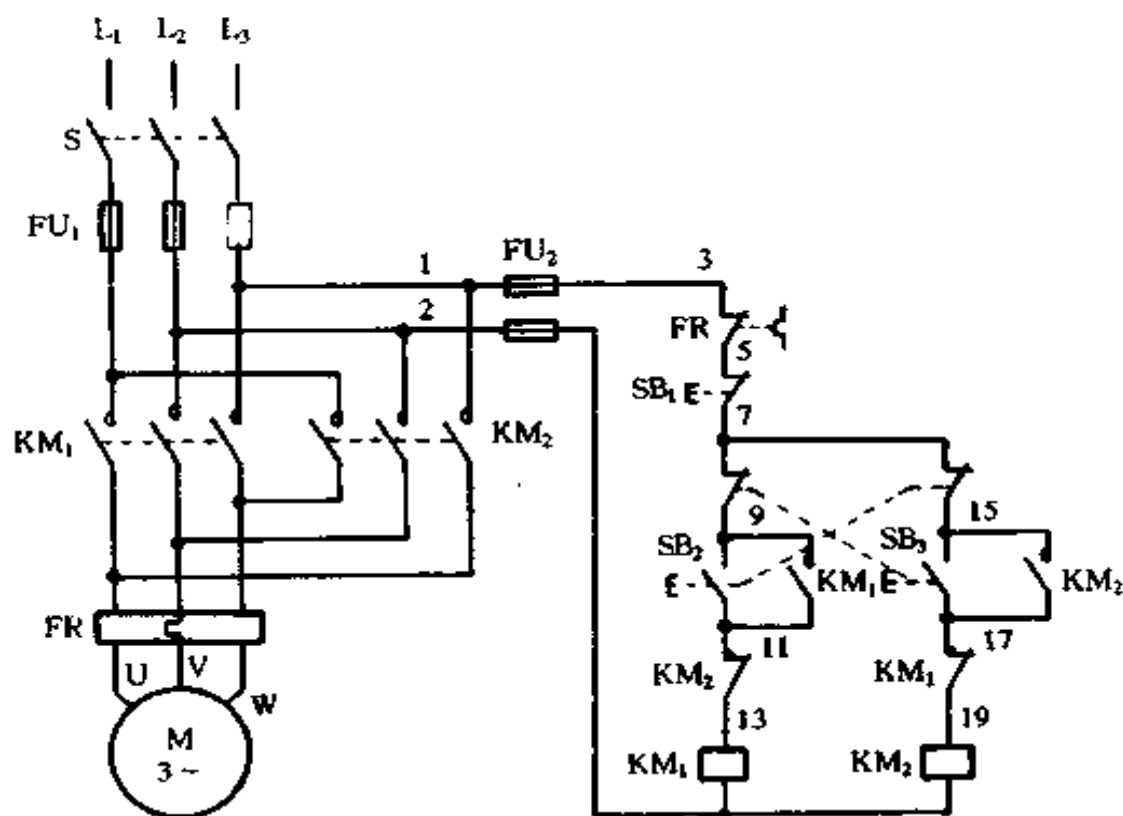


图 2-17 双重互锁正反车接线原理图

器、熔断器、热继电器的规格并实际接线？

以 10kW 三相电动机为例，选取交流接触器、熔断器、热继电器的规格为：

$$\begin{aligned} \text{① 接触器: } I_{KM} &= I_e(1.3 \sim 2) \\ &= 20 \times (1.3 \sim 2) \\ &= 26 \sim 40(\text{A}) \end{aligned}$$

选用 CJ10-40(A) 或 CJ20-40(A)；

② 主回路熔断器：选用瓷插式熔断器(RC1A)或螺旋式熔断器(RL1)60A；

③ 控制回路熔断器：选用 RC1A-5(A)或 RC1A-10(A)，或 RL1-15(A)；

$$\text{④ 热继电器: } I_{FR} = I_e(1.1 \sim 1.25)$$

$$= 20 \times (1.1 \sim 1.25)$$

$$= 22 \sim 25(\text{A})$$

选用 JR-15 型或 JR-16 型, 额定电流 22~25A。应按电动机额定电流整定。

实际接线: 双互锁正反车(控制回路)实际接线如图 2-18 所示。

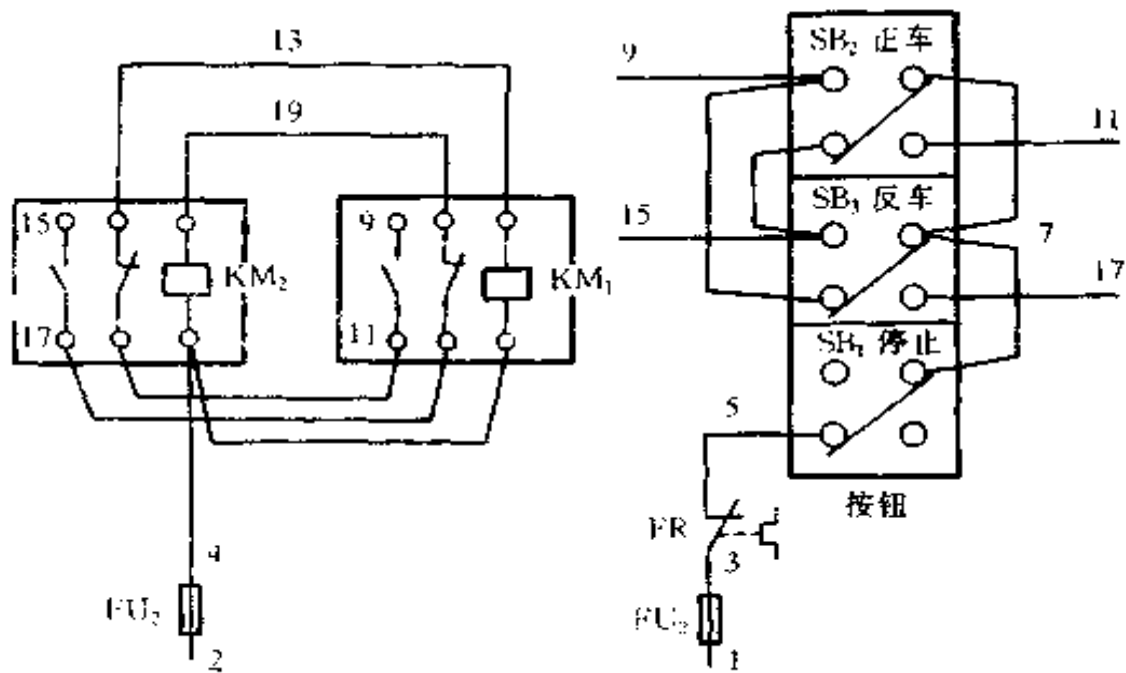


图 2-18 双重互锁正反车(控制回路)实际接线图

控制回路电源经熔断器(FU2)接热继电器常闭辅助触头 95(31), 常闭辅助触头 96(32)接三联按钮中停止按钮常闭触头的左侧(5#线), 其右侧与反车按钮常闭触头及正车按钮常闭触头相连接(7#线), 即为右侧常闭一线牵。三联按钮的左侧为正车按钮、反车按钮的常闭、常开两相连, 然后由正车按钮引出(9#、11#线)两根自锁线, 反车按钮常开触头引出(15#、17#线)两根自锁线。

接触器上的接线为: 将两只线圈的一端连接后(4#线)经熔

断路器接控制回路电源。线圈的另一端为正车线圈接反车常闭辅助触头(13#线),反车线圈接正车常闭辅助触头(19#线);正车常闭辅助触头接反车常开辅助触头(17#线),反车常闭辅助触头接正车常开辅助触头(11#线)。

最后,将三联按钮上正车(9#、11#线)反车(15#、17#线)与各自的常开辅助触头(自锁)相连接。即:有线对无线,无线接有线。

(3) 说明限位开关的作用及限位开关在控制电路中的连接方法。

限位开关在控制电路中的连接方法如图 2-19 所示。

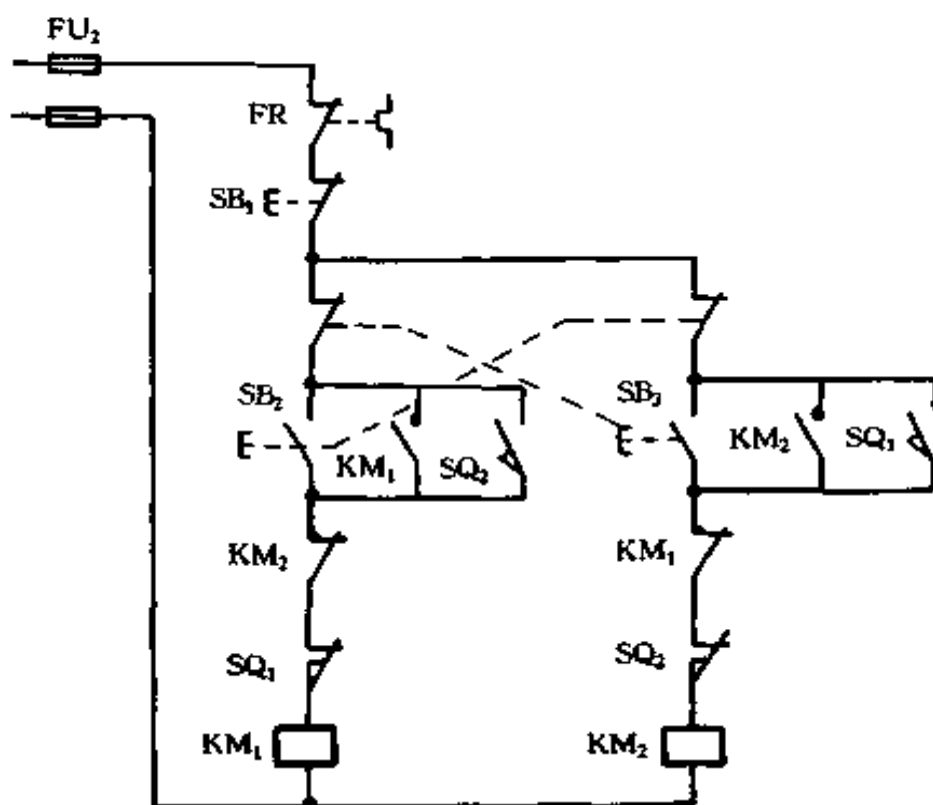


图 2-19 限位开关在控制电路中的连接方法

限位开关的作用是:

① 将限位开关的常闭触头串联在被控制设备的控制回路

中,即能起到限制设备行程的作用;

② 将限位开关的常开触头并联在控制回路中反方向运行的自锁接点上,可实现设备的自动往复运行。

15. 漏电保护器的正确使用

(1) 说明漏电保护器的工作原理。

电流型漏电保护器是应用零序电流互感器的原理工作的。

当被保护的电气设备正常工作时,由于负荷电流的矢量和等于零,零序电流互感器的二次侧无零序电流及电压,漏电保护器不动作。

当被保护的电气设备发生漏电或接地时,由于负荷电流的矢量和不等于零,零序电流互感器的二次侧产生零序电流及电压,促使漏电保护器的放大脱扣器动作使保护器掉闸,从而起到保护作用。

(2) 漏电保护器应用中的安全技术要求有哪些?

① 安装前,要核实保护器的额定电压、额定电流、短路通断能力、漏电动作电流和动作时间,注意分清输入端和输出端、相线端子和零线端子,以防接反接错;

② 安装位置的选择,应尽量安装在远离电磁场的地方,在高温、低温、湿度大、尘埃多或有腐蚀性气体环境中的保护器,要采用一定的辅助保护措施;

③ 装于室外的保护器应注意防雨雪、防水溅、防撞砸等;

④ 三相四极漏电保护器用于单相电路时,单相电源的相线、零线应接在保护器试验装置相对应的端子上,否则试验按钮将不起作用;

⑤ 对于有工作零线端子的漏电保护器,不管负载侧零线是否使用,都应将电源零线(N)接入保护器的输入端以便试验其

性能；

⑥ 在中性点直接接地的供电系统中,大多采用保护接零。当安装使用漏电保护器时,既要防止用保护器取代保护接零的错误作法,又要避免保护器误动作或不动作,必要时应采用三相五线制。即采用 TN-S 系统供电,从变压器中性点引出一条专用保护零线(PE 线)作保护用；

⑦ 多个分支漏电保护器应各自单独接通工作零线,不得相互连接、混用或跨接,否则,会造成漏电保护器误动作。

(3) 如何进行漏电保护开关安装实际接线？

三相四线漏电保护开关接线如图 2-20 所示。

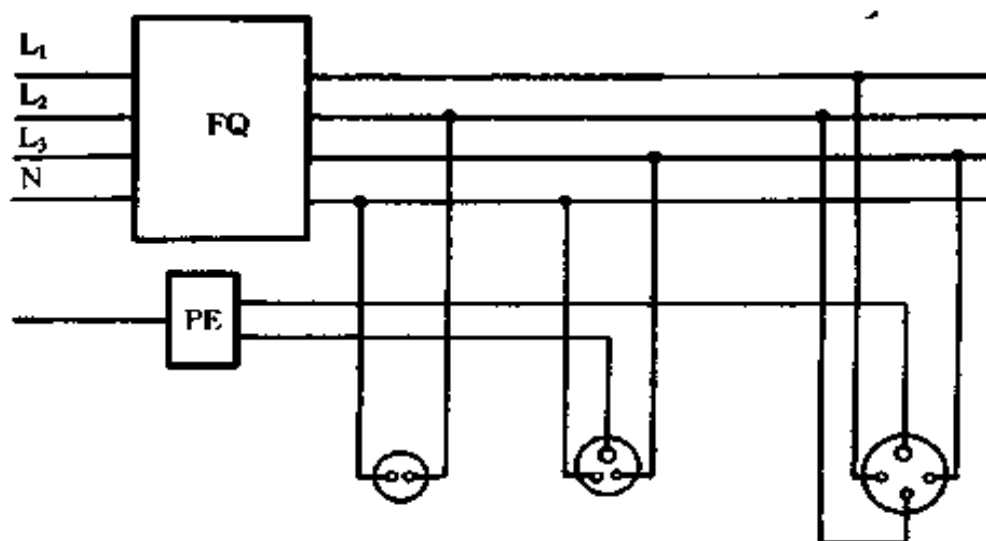


图 2-20 三相四线漏电保护开关接线原理图

在三相四线制保护接零系统(TN-C 系统)中,PE 端子应接在漏电保护开关输入端口的 PEN 线接线端子上；

在三相五线制保护接零系统(TN-S 系统)中,PE 端子应接在由变压器中性点引出的专用保护零线(PE 线)上；

在三相四线制保护接地系统(TT 系统)中,PE 端子应接在保护接地的接地装置上。

16. 常用灯具的种类及接线

(1) 画出日光灯、双控灯电路的接线原理图。

① 日光灯电路接线原理图如图 2-21 所示。

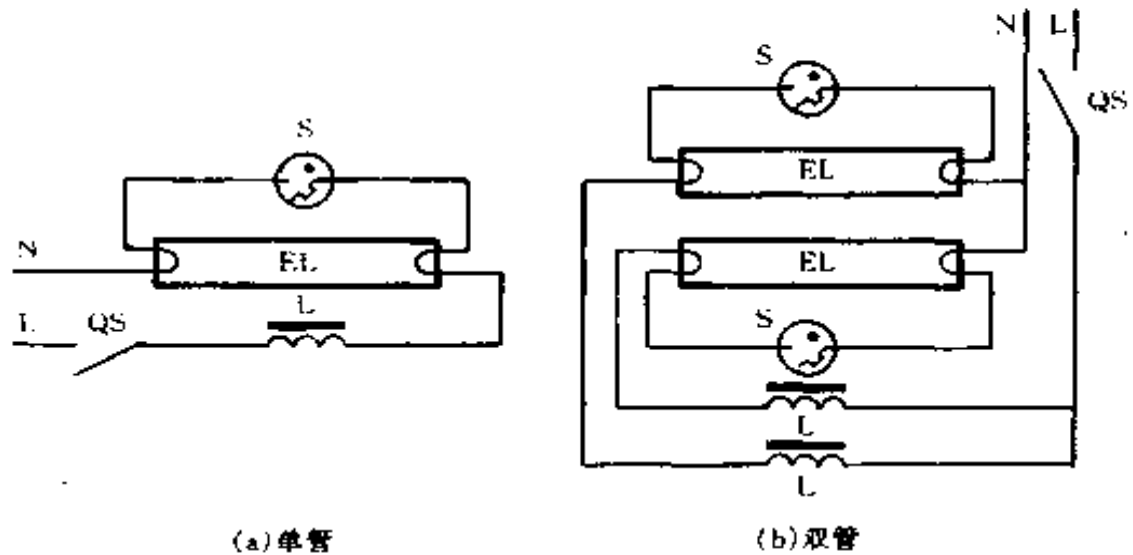


图 2-21 日光灯接线原理图

② 双控灯电路接线原理图如图 2-22 所示。

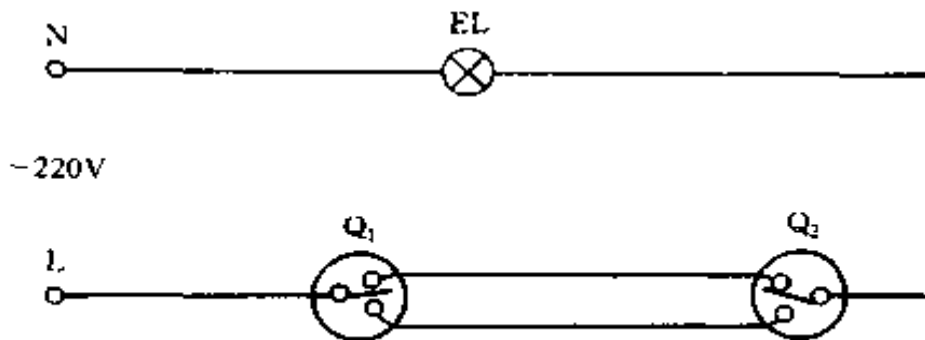


图 2-22 双控灯接线原理图

(2) 如何组装日光灯电路？各电气元件的作用是什么？

① 日光灯电路的组装

日光灯电路如图 2-21 所示，日光灯两端灯丝的一端分别

接启辉器(S),另一端分别接电源的零线(N)和镇流器(L),镇流器的另一端经开关(QS)接电源的相线(L)。

② 镇流器及启辉器的作用

日光灯电路接通电源,启辉器(S)两端的电压使启辉器内产生辉光放电,并使启辉器内双金属片受热变形向外伸张与静触片接通,此时,镇流器、灯丝、启辉器与电源形成回路,电路中的电流使灯丝预热并发射电子。当启辉器内双金属片冷却复原时,电路突然断开的瞬间,镇流器产生脉冲高电压,加在灯管两端使灯管内惰性气体击穿,形成弧光放电使日光灯点燃。日光灯正常工作时,镇流器起着限流作用。

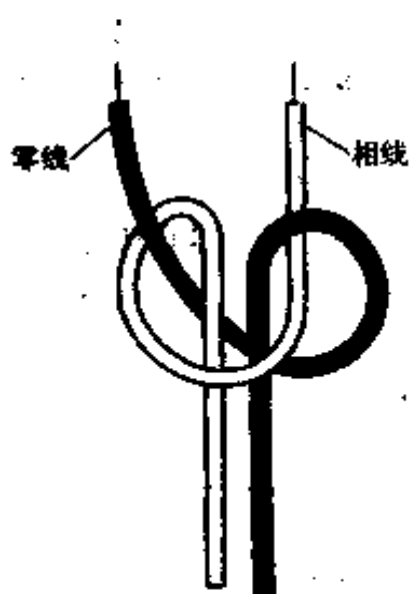


图 2-23 导线结扣图

(3) 灯具安装的基本质量要求及安全注意事项有哪些?

灯具安装的基本质量要求及安全注意事项见第 99 问、第 103 问、第 108 问。其中 1kg 以下的灯具,软线自身吊装时,吊盒及灯头盒内的结扣如图 2-23 所示。

17. 导线的连接方法

(1) 独股导线怎样连接(6mm^2 及以下)?

- ① 一字连接:自身缠绕 5~7 圈,如图 2-24 所示。
- ② 丁字连接:有背扣和不背扣两种,如图 2-25 所示。

(2) 多股导线怎样连接?

多股导线的连接方法很多,主要有以下几种:

- ① 铝绞线(LJ)、钢芯铝绞线(LGJ)采用钳压管连接,如图 2-26 所示。

② 采用并沟线夹连接,如图 2-27 所示。

③ 采用绑接法连接,如图 2-28 所示。

④ 铜线可采用插接法连接,如 7 股导线插接时,其缠绕圈数为 9、9、7、7、5 或 7、7、7、7、7。如图 2-29 所示。

(3) 导线连接的基本技术要求及铜、铝导线连接要求有哪些?

导线连接的基本技术要求为:

① 导线连接处的直流电阻

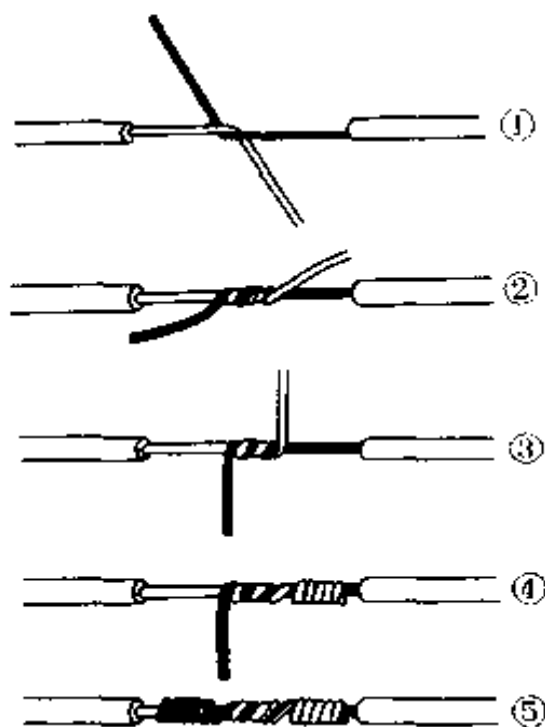
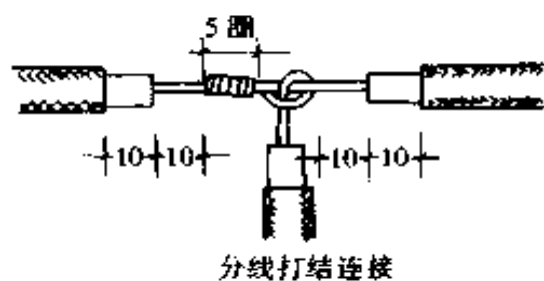


图 2-24 一字连接接线图

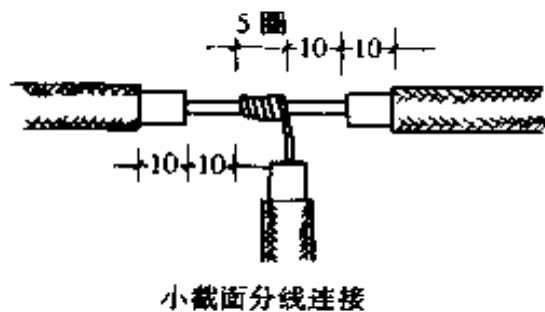


图 2-25 丁字连接接线图

值,不得大于等长度、等截面、同材料导线的电阻值;

② 导线连接处的机械强度,不得低于原导线机械强度的 80%;

③ 导线连接处的绝缘强度,不得低于原导线绝缘强度。

铜、铝导线连接要求为:

① 小截面(独股)铜、铝导线连接时,应将铜线涮锡后,再与

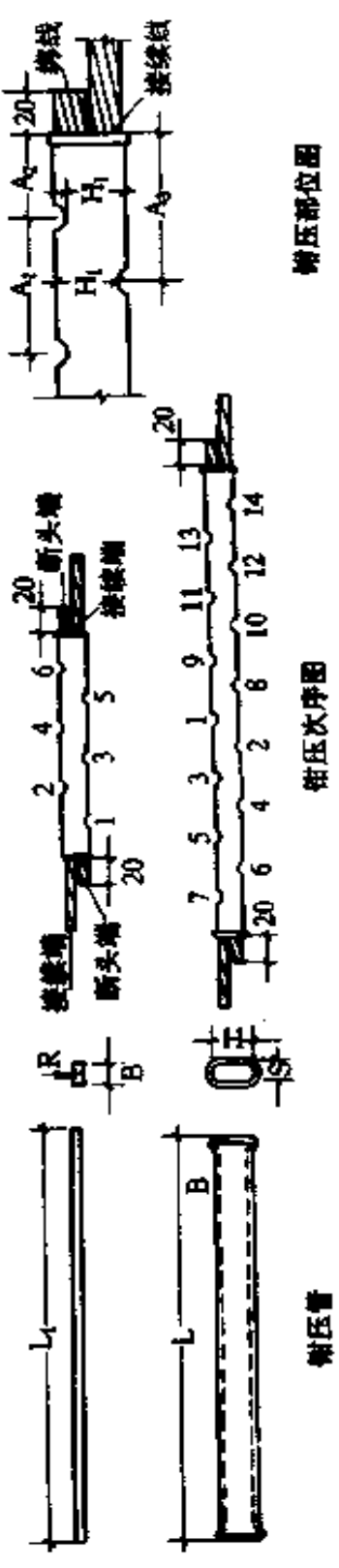


图 2-26 钳压管连接示意图

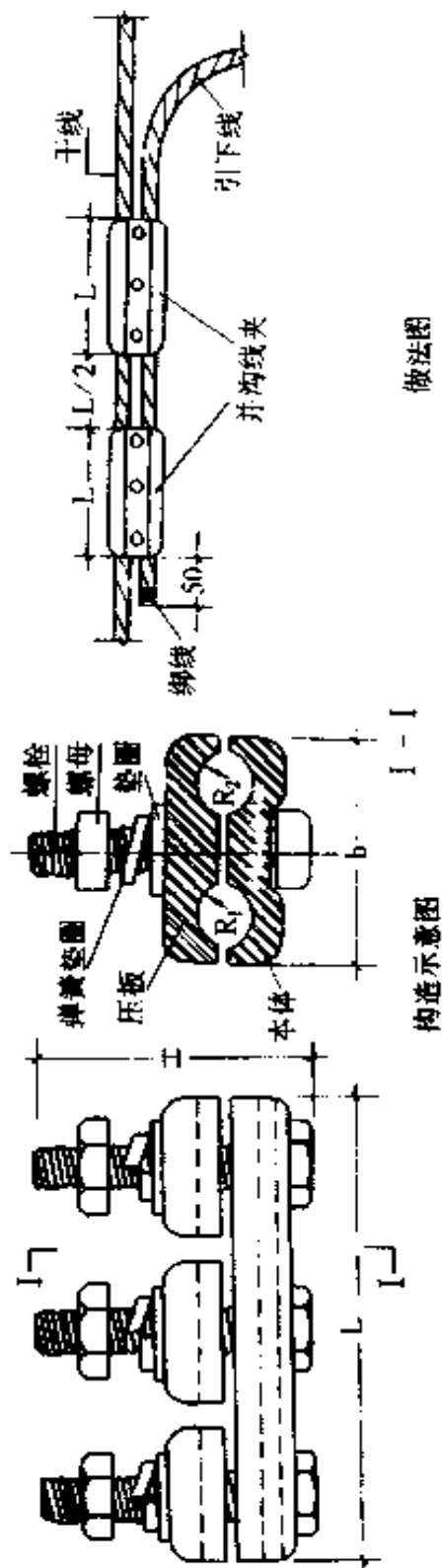


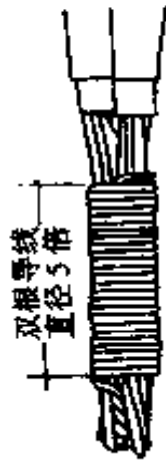
图 2-27 并沟线夹连接示意图



直线连接(一式)



直线连接(二式)



倒人字连接



分线连接(三式)



分线连接(一式)



分线连接(二式)

注:1.芯线用细砂布清除氧化膜
2.连接完毕需用帆布包扎绝缘胶布

图 2-28 绑扎法连接示意图

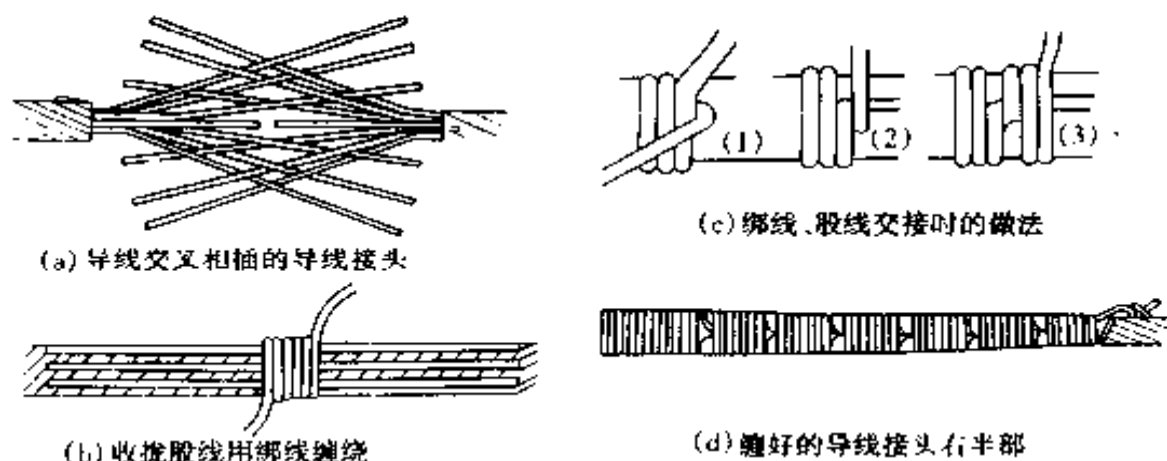


图 2-29 插接法连接接线图

铝线连接；

② 大截面(多股)铜、铝导线连接时,应采用铜铝过渡接管或铜铝过渡线夹；

③ 多股铝导线与开关的铜接线端连接时,应采用铜铝过渡鼻子。

18. 识别导线截面积的方法

(1) 如何识别 25mm^2 以下导线的截面积？

25mm^2 及以下导线截面与直径如表 2-1 所示(铝线最小截面为 2.5mm^2)。

表 2-1 导线截面与直径

截面(mm^2)	1.5	2.5	4	6	10	16	25
直径(mm)	1.37	1.76	2.24	2.73	7×1.33	7×1.68	7×2.11

由表 2-1 可看出, 10mm^2 导线单根直径(1.33mm)与 1.5mm^2 导线直径(1.37mm)近似, 16mm^2 导线单根直径(1.68mm)与 2.5mm^2 导线直径(1.76mm)近似, 25mm^2 导线单根直径(2.11mm)与 4mm^2 导线直径(2.24mm)近似;因此会识别 1.5mm^2 、 2.5mm^2 、 4mm^2 导线,

也就等于会识别 10mm^2 、 16mm^2 、 25mm^2 导线截面。

(2) 单芯导线截面(S)与直径(D)如何换算?

$$S = (D/2)^2\pi$$

即:截面 = (直径/2)² × 圆周率

(3) 根据给定的设备功率,如何按不同的敷设方法估算选择导线截面?

导线截面选择可按下列公式计算:

$$S = \frac{I_e}{J \times 0.8}$$

即:截面 = $\frac{\text{负荷电流(A)}}{\text{安全电流密度(A/mm}^2\text{)} \times 0.8}$

导线安全载流量口诀:

10 下五,100 上二;

25、35,四、三界;

70、95,两倍半。

穿管、高温,八、九折;

裸线加一半;

铜线升级算。

口诀的前三句是指铝导线、明敷设、环境温度为 25°C 时的安全载流量,具体内容如下:

10 下五;指 10mm^2 及以下铝导线(包括 2.5 、 4 、 6 、 10mm^2),每平方毫米的安全载流量按 5A 估算;如 4mm^2 铝线的安全载流量为 $5 \times 4 = 20\text{A}$ 。

100 上二;指 100mm^2 以上铝导线(包括 120 、 150 、 185mm^2),每平方毫米的安全载流量按 2A 估算;如 120mm^2 铝线的安全载流量为 $2 \times 120 = 240\text{A}$ 。

25、35,四、三界;指 16 、 25mm^2 铝导线,每平方毫米的安全载

流量按 4A 估算;35、50mm² 铝导线,每平方毫米的安全载流量按 3A 估算。

70、95,两倍半,系指 70、95mm² 铝导线,每平方毫米的安全载流量按 2.5A 估算。

口诀的后三句是指条件变化时的安全载流量:

穿管、高温,八、九折;指导线穿管敷设时的安全载流量按明敷设时的 80% 估算;环境温度超过 25℃ 时的安全载流量应按 25℃ 时安全载流量的 90% 估算;如果又穿管、又高温则按 72% 估算;

裸线加一半;指裸导线的安全载流量按绝缘导线安全载流量的 1.5 倍估算;

铜线升级算;指铜线的安全载流量按上一级铝线安全载流量估算,如 6mm² 的铜线,其安全载流量可按 10mm² 铝线的安全载流量估算。

某三相异步电动机额定功率为 10kW,额定电流为 20A,其导线截面根据安全载流量口诀可知,10mm² 以下铝导线每平方毫米安全电流密度为 5A,又知导线穿管时载流量打八折计算,可得:

$$S = \frac{20}{5 \times 0.8} = \frac{20}{4} = 5(\text{mm}^2)$$

由于导线没有 5mm² 这个规格,因此 10kW 三相电动机应选用 6mm² 铝线或 4mm² 铜线。

19. 架空线路的杆上作业

(1) 如何检查和正确使用安全带、脚扣?

安全带、脚扣的检查及正确使用,见第 94 问、第 96 问。

(2) 如何上杆?

① 上杆时应穿电工绝缘鞋,且脚扣上的皮带松紧应合适;

② 上杆时应用脚挑起脚扣,脚扣与电杆抱严后,再用力下

踩；

③ 上杆时两手应扶电杆两侧，胸部与电杆应平行且保持20cm左右间距；

④ 到达工作位置后，应系好安全带，脚扣不得交叉叠压使用。

(3) 如何进行一般的杆上作业(导线在直瓶、拉台上的绑扎、杆上接线等)?

① 直瓶颈绑法如图2-30所示。

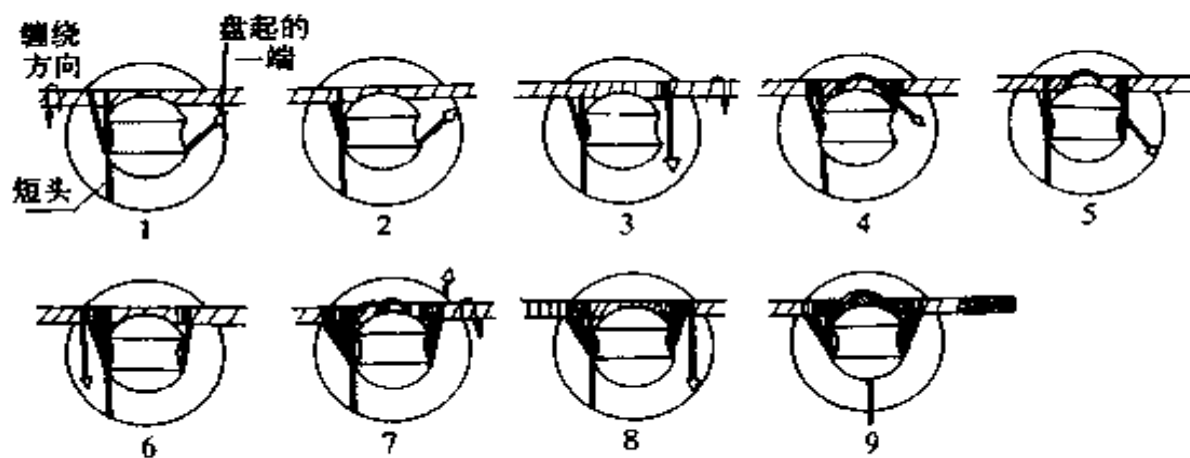


图2-30 直瓶颈绑法

② 直瓶顶绑法如图2-31所示。

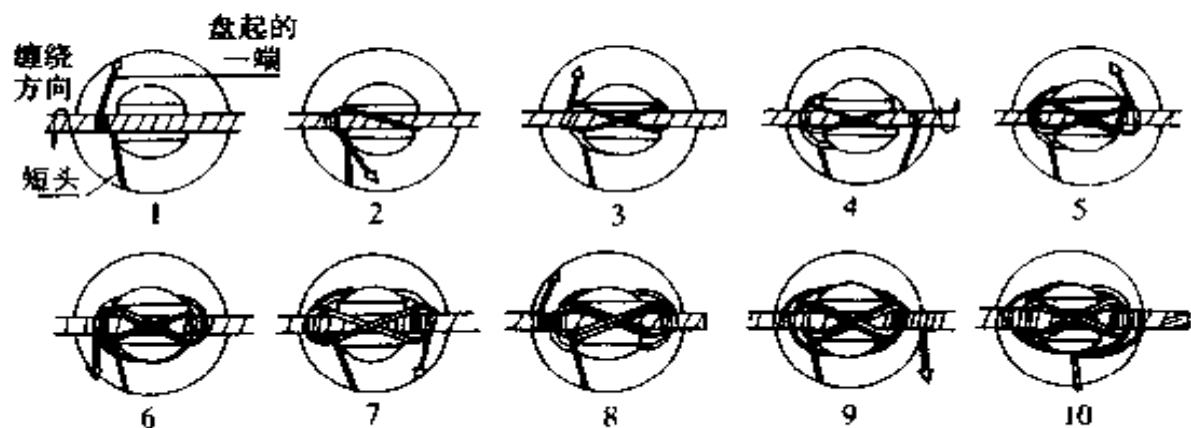


图2-31 直瓶顶绑法

③ 拉台绑扎法如图 2-32 所示。

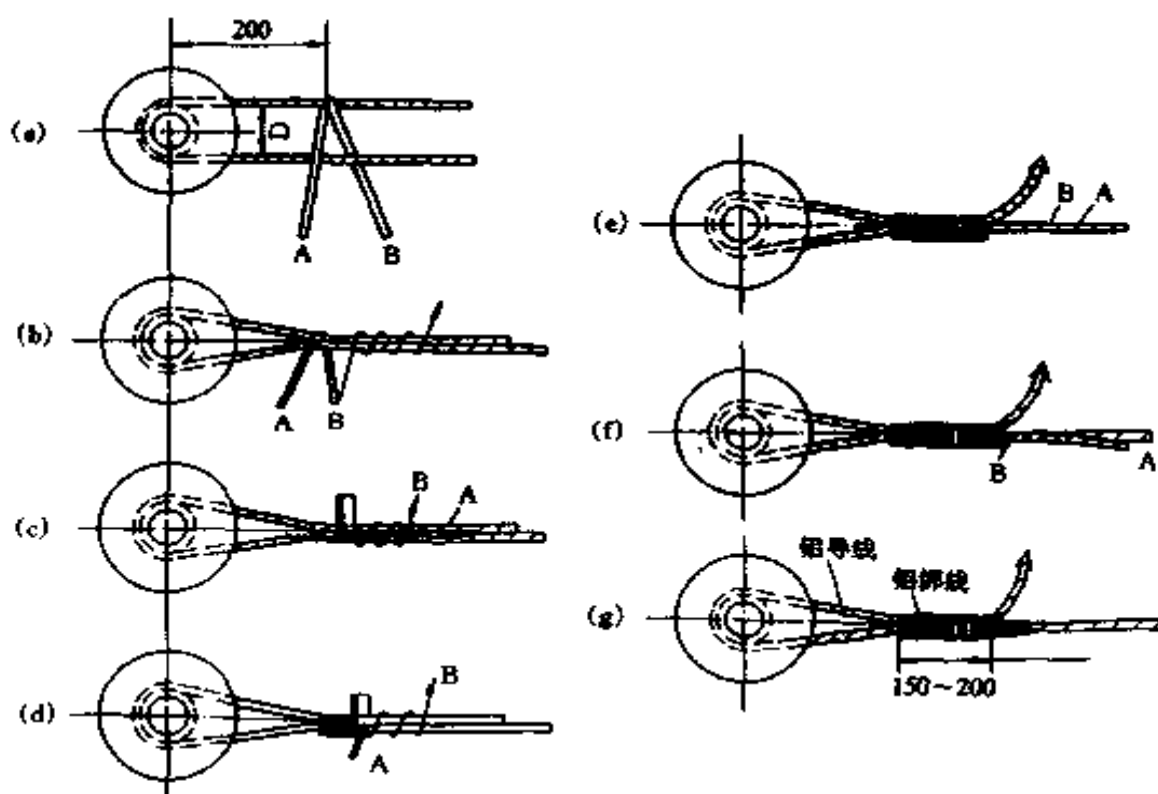


图 2-32 拉台绑扎法

20. 摇测低压并联电容器的绝缘电阻

(1) 怎样选用及检查兆欧表？

兆欧表的选用：选用 500V 或 1000V 兆欧表；

兆欧表的检查：

- ① 外观完好无破损，平放仪表时表针应指向偏无穷大侧；
- ② 开路试验应指向无穷大；
- ③ 短路试验应瞬间指零；
- ④ 测试线绝缘应良好，禁止使用双股麻花线或平行线。

(2) 摇测方法及合格值的规定是什么？

摇测方法：

① 电容器的极间不做摇测,只摇测三极对外壳(极对地)的绝缘电阻;

② 摇测前,先将兆欧表的 E 接电容器外壳,挑起 L 线,待摇动兆欧表手柄达每分钟 120 转时,再将 L 线搭接在三个极上;

③ 摇测时,仪表水平放置,以 120r/min 转速匀速摇测,待表针稳定一分钟后取读数,然后撤下 L 线再停摇表;

④ 摇测后,进行三极对外壳(极对地)放电。

合格值的规定:

① 新安装的(交接试验),不应低于 2000M Ω ;

② 运行中的(预防性试验),不应低于 1000M Ω ;

③ 按照新国标规定,以上两项试验均不应低于 3000M Ω 。

(3) 人工放电的操作方法及安全注意事项有哪些?

人工放电方法:

① 因故未经放电装置放电的电容器,应先经电阻缓冲放电后,再进行短路放电;

② 人工放电时,先进行极对地(外壳)放电,即 U 相对外壳, V 相对外壳、W 相对外壳,要反复多次,放至无火花、无响声为止;

③ 再进行极间放电,即 U 相对 V 相、V 相对 W 相、W 相对 U 相,要反复多次,放至无火花、无响声为止,然后,用裸铜线将三个极(U 相、V 相、W 相)短接。

安全注意事项:

① 摇测工作应两人进行,需戴绝缘手套;

② 放电时,不得碰触接线端子的螺纹部位;

③ 摇测中,应与带电部位保持安全距离;

④ 摇测中,兆欧表不得减速或停摇。

21. DW10 自动开关失压脱扣、分励脱扣控制电路及红、绿指示灯控制电路的接线

(1) 画出接线原理图。

DW10 开关失压、分励脱扣器及红、绿指示灯接线原理图如图 2-33 所示。

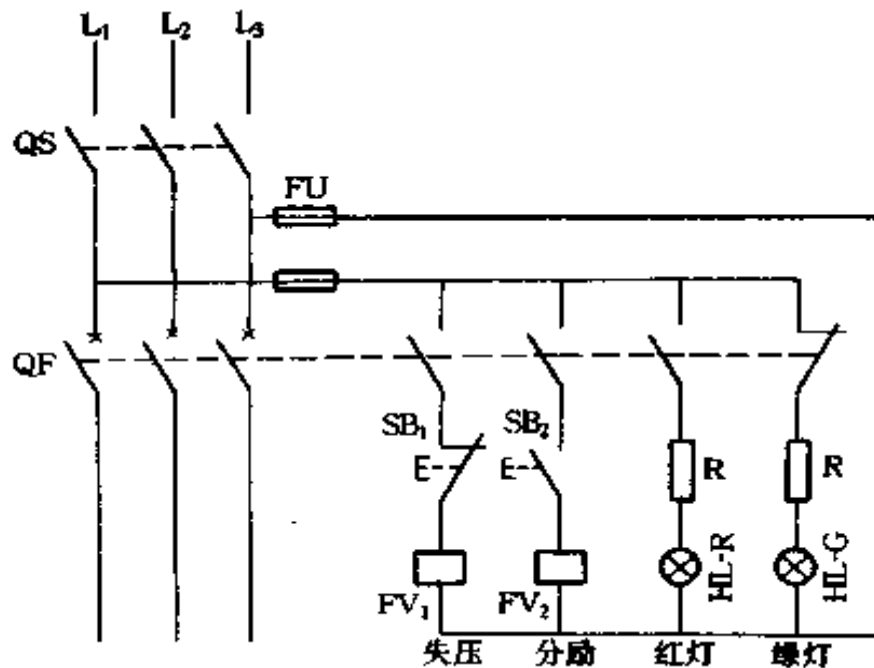


图 2-33 DW10 开关失压、分励脱扣器及红、绿指示灯接线原理图

(2) 如何选用相适应的电气元件及材料?

- ① 熔丝: 选用 1~5A, 作短路保护;
- ② 熔断器: 选用瓷插式熔断器 RC1A-5(A) 或 RC1A-10(A), 螺旋式熔断器 RL1-15(A);
- ③ 按钮: 选用 LA2 型单按钮;
- ④ 信号灯: 选用 AD 系列红、绿信号灯;
- ⑤ 导线: 选用 BV 型不小于 1.5mm^2 的绝缘铜线。

- ② 开路试验应指向无穷大；
 - ③ 短路试验应瞬间指零；
 - ④ 测试线绝缘应良好，禁止使用双股麻花线或平行线。
- (2) 怎样摇测？判断合格值的标准是什么？

摇测方法：

- ① 低压四芯电力电缆摇测项目如下：

U 相对 V 相、W 相、N 线及外皮；

V 相对 U 相、W 相、N 线及外皮；

W 相对 U 相、V 相、N 线及外皮；

N 线对 U 相、V 相、W 相及外皮。

② 摇测 U 相对 V 相、W 相、N 线及外皮的接线如图 2-35 所示。兆欧表的 E 接 V 相、W 相、N 线的线芯及外皮上，G 接 U 相的绝缘层上（绕 3~5 圈），挑起 L 线，待摇动兆欧表手柄达每分钟 120 转时，再将 L 线搭接在 U 相线芯上；

③ 摇测时，仪表水平放置，以 120r/min 转速匀速摇测，待表针稳定一分钟后取读数，然后撤下 L 线再停摇表。

合格值：

低压电力电缆敷设前应采用 1000V 兆欧表摇测

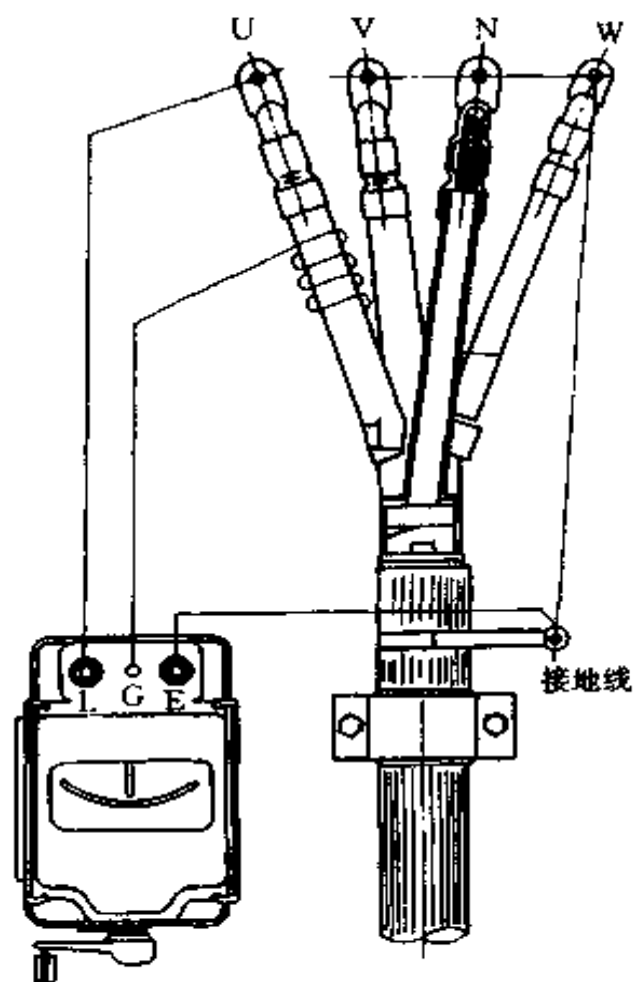


图 2-35 摇测 U 相对 V 相、W 相、N 线及外皮的实际接线图

绝缘电阻,温度在 20℃时,绝缘电阻值不应小于 10MΩ。

(3) 摇测中的安全注意事项

① 被测电缆停电后应采取相应的安全技术措施,被测电缆的另一端应有人看守或装设临时遮栏,挂警告牌;

② 摇测工作应两人进行,需戴绝缘手套,摇测前、后必须充分进行相对外皮及相间放电;

③ 摇测前应断开被测电缆两端连接的开关或设备,摇测后应恢复原接线;

④ 摇测中,兆欧表不得减速或停摇。

23. 触电急救

(1) 如何让触电者脱离电源?

① 立即拉开与触电者有关的电源开关或保险;

② 使用相应的绝缘物使触电者脱离电源;

③ 使用相应的绝缘物挑开带电导线;

④ 现场条件允许时,可采用短路法使熔丝熔断或开关掉闸。

(2) 现场救护中两种并用的急救方法(人工呼吸法、胸外心脏挤压法)是什么?

口对口(或口对鼻)人工呼吸法:

① 触电者仰卧平躺,头部后仰,仰至鼻孔朝天;

② 清理触电者口中杂物,解开触电者衣领和腰带,以保证呼吸道通畅;

③ 救护者可在触电者头部的左边或右边,口对口吹气时应把鼻子捏紧,口对鼻吹气时应把嘴捂严;救护者换气时应放松触电者鼻或口,让其自动呼气;

④ 吹气时应使触电者胸部略有膨胀,对儿童吹气量酌减,

每次吹两秒,放松三秒,每分钟做 12 次。

胸外心脏挤压法:

① 触电者硬底仰卧平躺,救护者跪骑在触电者的胯部;

② 救护者双手叠压在触电者心口窝略偏左部位(心脏部位),用掌根向下挤压,下压深度 3~5cm(小孩酌减),压下后迅速放松,但掌根不要挪位,如此往复,每秒一次,每分钟 60~80 次;

③ 单人抢救时,两种急救方法应交替进行,可每 15~20 秒交替一次。

(3) 触电急救中的安全注意事项有哪些?

① 触电者未脱离电源时,救护者不得直接接触及触电者的身体;

② 在使触电者脱离电源时,要防止触电者二次伤害;

③ 触电者脱离电源后,没有致命的外伤只能认为是假死,要争分夺秒地进行抢救,在送往医院途中或请医生过程中不得间断;

④ 不准给触电者注射肾上腺素(强心针)。

二、高压电工实际操作

24. 跌开式熔断器的操作

(1) 采用跌开式熔断器保护配电变压器,熔丝容量如何选择? 熔丝熔断的原因有哪些? 如何检查?

采用跌开式熔断器保护的变压器,一般可按下列规定选用:

① 100kVA 以下的变压器,一次侧熔丝的额定电流为一次侧额定电流的 2~3 倍,但不得小于 10A;

② 100kVA 及以上的变压器,一次侧熔丝的额定电流为一次侧额定电流的 1.5~2 倍;

③ 变压器二次侧熔丝的额定电流一般按变压器二次侧额定电流选择。

一相熔丝熔断原因及检查:

- ① 接触不良;
- ② 熔丝受外力造成机械损伤;
- ③ 严重匝间短路。

一相熔丝熔断后,应将变压器停电后进行检查,如未发现异常可更换熔丝,在变压器空载状态下试送电,经监视变压器运行状态正常后,方可带负荷。

两相熔丝熔断原因及检查:

① 跌开式熔断器负荷侧及变压器一次侧绝缘瓷套管处,发生金属性短路或弧光短路造成熔断;

② 变压器一次侧绕组中的两相出现相间短路或两相绕组严重匝间短路;

③ 变压器二次侧引线处两相短路或二次负荷侧短路,且二次侧开关未动作。

两相熔丝熔断后,首先应检查高压引线及瓷绝缘有无放电痕迹,同时注意观察变压器有无过热、变形及喷油等现象。变压器内部故障可通过用直流电桥测量三相绕组直流电阻或测量绝缘电阻的方法来判断,如查证属于变压器内部故障,应对变压器进行大修。

三相熔丝熔断原因及检查:

- ① 三相金属性短路或三相电弧短路;
- ② 变压器一次或二次侧三相绕组短路;
- ③ 变压器铁芯片间绝缘严重损坏或长时间过负荷引起发

热,造成变压器烧毁;

④ 变压器一次或二次引线发生三相短路。

三相熔丝熔断后,必须对变压器进行停电检查,排除故障后方可更换熔丝试送电,空载运行正常后,可带负荷投入运行。检查及处理情况应做详细记录。

(2) 操作前应做好哪些准备? 操作的安全要点有哪些? 如何操作?

操作前的准备:

① 填写检修工作票、倒闸操作票;

② 将变压器负荷侧全部停电;

③ 使用基本安全用具和辅助安全用具,站在绝缘台、垫上进行操作;

④ 一人操作,一人监护。

操作安全要点:

① 送电操作时,先合两边相,后合中相;

② 停电操作时,先拉中相,后拉两边相;

③ 有风时,先拉下风侧边相,后拉上风侧边相,防止弧光短路。

更换熔丝的操作:

① 取下熔丝管,RW3型用绝缘杆顶静触头(鸭嘴);RW4及RW7型则拉熔丝管上端的操作环;

② 打磨被电弧烧伤的熔丝管静、动触头;

③ 调整熔丝管静、动触头的距离及紧固件,熔丝应位于消弧管的中部偏上处;

④ 更换熔丝前应检查熔丝管与产气管是否良好无损伤,损坏时应更换;

⑤ 更换熔丝时应压接牢固,接触良好,防止造成机械损伤;

⑥ 送电操作时,先用绝缘杆金属端钩穿入操作环,令其绕轴向上转动到接近上静触头的地方,稍加停顿,看到上动触头确已对准上静触头,果断而迅速地向斜上方推,使上动触头与上静触头良好接触,并被锁紧机构锁在这一位置,然后轻轻退出绝缘杆。

25. 断路器的停电、送电操作

(1) 断路器与隔离开关之间为何要加联锁? 联锁的形式有哪些? 什么是“五防”闭锁装置?

如果该装置的动作取决于另一装置的动作,就叫做另一装置对该装置“联锁”,且该装置与另一装置一起统称为联锁装置。

加装联锁的目的:

为了保证操作安全,操作高压开关必须按照一定的操作顺序,即合闸操作时,先合隔离开关,后合断路器;分闸操作时,先拉断路器,后拉隔离开关;否则将发生误操作造成相间短路事故。为此,在断路器与隔离开关之间必须加装联锁,以防止误操作。

联锁装置主要分为机械联锁和电气联锁两大类。

机械联锁装置的形式主要有“挡柱”、钢丝绳、机械程序锁等。电气联锁装置的形式主要有电磁锁、辅助触头互锁等。

防止误操作闭锁装置的“五防”功能是:

- ① 防止带负荷拉合隔离开关;
- ② 防止误拉、误合断路器;
- ③ 防止带接地线合闸;
- ④ 防止带电挂接地线;
- ⑤ 防止误入带电间隔。

(2) 具体操动机构(CS2、CT7、CT8、CD10)作停、送电的操作

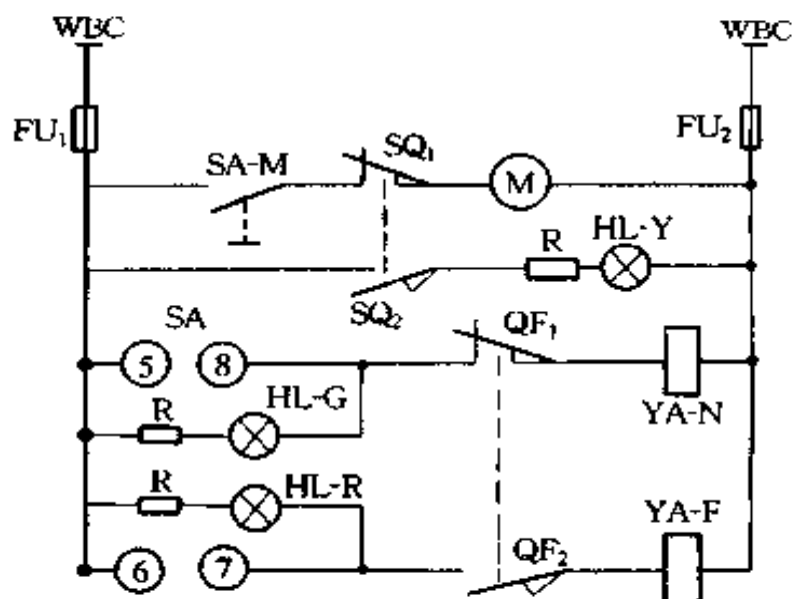
要求是什么?

CS2 型手力操动机构可以附装瞬时过电流脱扣器、失压脱扣器、分励脱扣器及速饱和分励脱扣器,但最多不得超过三个。如 CS2-114 型就是附装了两个瞬时过电流脱扣器和一个分励脱扣器。

操作时,先用手下压操动机构的手柄后,再向上抬起使断路器合闸。手力操动机构安全性差、费力,不宜继续使用。国标 GB1984-80 第 34 条规定:“直接利用人力进行合闸操作的断路器,为保证安全,一般仅允许使用于额定开断电流不超过 6.3kA 的场合”。

CT7 型弹簧储能式电动操动机构,简称 CT7 弹簧机构。其中 CT7-I 配 SN10-10I 型少油断路器(2 根合闸弹簧),CT7-II 配 SN10-10II 型少油断路器(4 根合闸弹簧)。其储能电动机为 HDZ-22 型单相 220V 交直流串激整流子式电动机,额定功率 433W,额定转数 13200r/min,额定电压下储能时间小于 10s,额定电压下电流小于 5A,电动机工作电压范围为额定电压的 85%~110%。CT7 型弹簧储能操动机构电气原理如图 2-36 所示。

合闸前,绿色信号灯 HL-G 亮,说明控制回路电源正常,并监视合闸回路的完好性。当采用电动储能时,先将储能开关 SA-M 合上,储能电动机转动,由于储能电动机转速高达 13200r/min,在 10 秒钟内迅速将弹簧拉长,即储能完毕。然后将储能开关 SA-M 断开。当采用手动储能时,将摇动手柄插入输出轴孔内,用手顺时针摇动手柄,带动偏心轮转动,其储能动作与电动储能相同。无论是手动储能还是电动储能,储能完毕后,其操动机构上的限位开关 SQ 的常闭触点断开,使储能电动机断电;同时限位开关 SQ 的常开触点闭合,使储能信号灯 HL-Y(黄色或白色)亮。



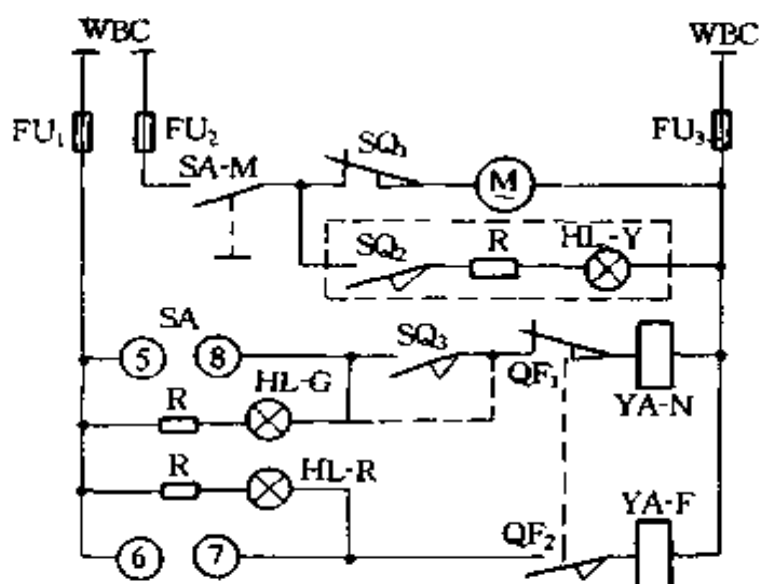
WBC - 控制小母线 FU₁、FU₂ - 控制回路熔断器 SA-M - 储能开关
 SQ - 储能限位开关 R - 信号灯串联电阻 HL-Y - 黄色(或白色)信号灯
 HL-G - 绿色信号灯 HL-R - 红色信号灯 SA - 分合闸操作开关
 QF - 断路器辅助接点 YA-N - 断路器合闸线圈 YA-F - 断路器分闸线圈

图 2-36 CT7 型弹簧储能操动机构电气原理图

合闸时,将分合闸操作开关 SA 的手柄由垂直位置顺时针转动 45°,操作开关 SA 的 5、8 接通,合闸线圈 YA-N 获电,合闸电磁铁动作,储能弹簧释放,使断路器合闸。待红、绿信号灯转换后,再将操作开关 SA 的手柄恢复垂直位置。此时,断路器辅助接点 QF 的常闭触点断开(绿灯灭),常开触点接通红色信号灯 HL-R 亮,并监视分闸回路完好。

分闸时,将分合闸操作开关 SA 的手柄由垂直位置逆时针转至水平(预分)位置,再转动 45°,操作开关 SA 的 6、7 接通,分闸线圈 YA-F 获电,在分闸弹簧的弹力作用下,使断路器分闸。分闸后,操作开关 SA 的手柄应转至垂直(预合)位置。此时,断路器辅助触头 QF 的常开触点断开(红灯灭),常闭触点接通绿色信号灯 HL-G 亮,并监视合闸回路完好。

CT8 型与 CT7 型弹簧储能式操动机构的主要区别是,用手动储能时,CT7 型是采用摇把储能,CT8 型是采用压把储能;另外,在 CT8 型电气控制回路中,将电动机储能回路另加熔断器保护,还在合闸回路中串联了限位开关的常开接点 SQ3。CT8 型弹簧储能操动机构的电气原理如图 2-37 所示。

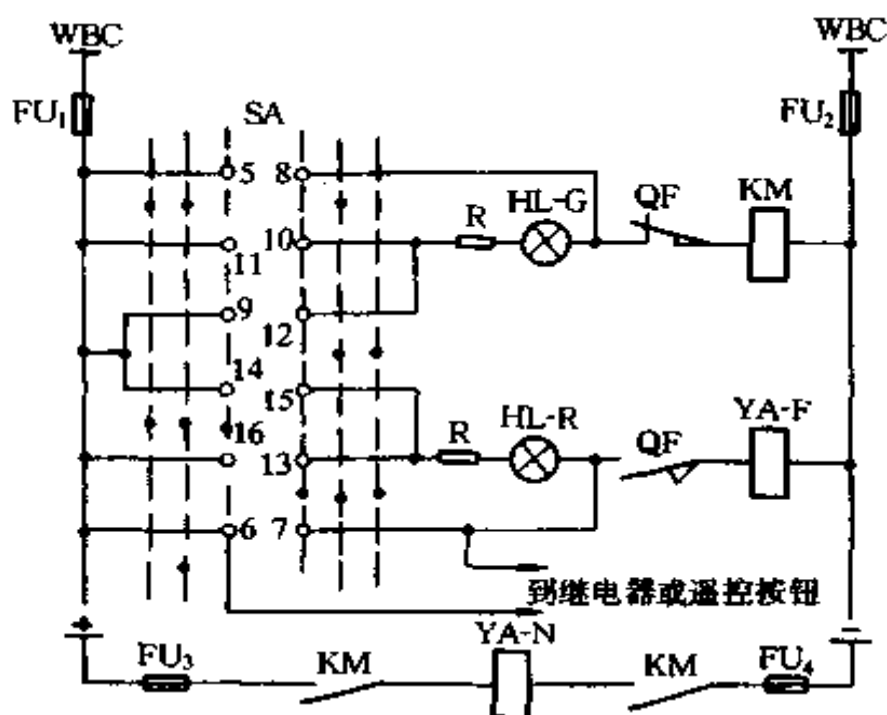


WBC - 控制小母线 FU1、FU2、FU3 - 控制回路熔断器 SA-M - 储能开关
 SQ1、SQ2、SQ3 - 储能限位开关 R - 信号灯串联电阻 HL-Y - 黄色(或白色)信号灯
 HL-G - 绿色信号灯 HL-R - 红色信号灯 SA - 分合闸操作开关
 QF - 断路器辅助接点 YA-N - 断路器合闸线圈 YA-F - 断路器分闸线圈

图 2-37 CT8 型弹簧储能操动机构电气原理图

CD10 电磁操动机构,采用直流操作电源和直流合闸电源。常用的型号有 CD2(旧型)和 CD10(新型)。CD10I、II、III 型分别用于操作 SN10-10I、II、III 型少油断路器。CD 型操动机构正常情况下只采用电动合闸和电动分闸,为了进行操动机构的调整,设有一个手力合闸短柄,插上一段钢管往下压,经杠杆作用就可以进行合闸。手力合闸速度缓慢,以便于细微观察合闸过程中各部件的动作情况。

CD10 电磁操动机构二次回路原理图如图 2-38 所示。



WBC - 控制小母线 FU1-4 - 控制回路熔断器 R - 信号灯串联电阻
 HL-G - 绿色信号灯 HL-R - 红色信号灯 KM - 直流(合闸)接触器
 SA - 分合闸操作开关 QF - 断路器辅助接点 YA-N - 断路器合闸线圈
 YA-F - 断路器分闸线圈

图 2-38 CD10 型电磁操动机构二次回路电气原理图

与 CT7、CT8 弹簧储能式操动机构相比,CD10 有以下特点:

- ① 没有储能回路及储能信号灯;
- ② CD10 的合闸线圈瞬时工作电流很大,所以要装设直流接触器 KM,又称合闸接触器;

③ CD10 的二次回路分为操作回路与合闸回路,电源也分为操作电源与合闸电源。合闸回路的保护熔丝(FU3、FU4)应按合闸线圈额定电流的 $1/3 \sim 1/4$ 来选择,而操作回路的保护熔丝(FU1、FU2)只要选 3~5A 即可。

(3) 操作前应作哪些准备? 操作的安全要点有哪些?

操作前的准备:

- ① 填写工作票、倒闸操作票;
- ② 在单线系统图(模拟板)上进行核对性模拟操作,无误后方可进行实际操作;
- ③ 应使用基本安全用具和辅助安全用具进行操作,操作前应对其进行检查;
- ④ 操作时应戴绝缘手套,穿绝缘靴,站在绝缘垫上进行。

操作的安全要点:

- ① 一人操作,一人监护,监护人唱票,操作人复诵;
- ② 送电操作,由电源侧往负荷侧送;先送高压,后送低压;先合刀闸,后合开关。断路器两侧有刀闸的,先合电源侧刀闸,再合负荷侧刀闸,最后合断路器;
- ③ 停电操作,由负荷侧往电源侧停;先停低压,后停高压;先拉开关,后拉刀闸。断路器两侧有刀闸的,先拉断路器,再拉负荷侧刀闸,最后拉电源侧刀闸。

26. 电压互感器更换高压熔丝的操作

(1) 电压互感器高压熔断器常用型号有哪些?有何特点?熔断后有哪些现象?熔断的原因有哪些?

电压互感器高压熔断器的常用型号有 RN2 型(或 RN4 型)。RN2-10 型高压熔断器是 10kV 电压互感器专用熔断器,其额定电压为 10kV;额定电流为 0.5A;熔断电流为 0.6A~1.8A,可于一分钟内熔断;最大开断电流为 50kA;三相最大断流容量为 1000MVA;过电压倍数为额定电压的 2.5 倍。熔体的电阻值为 $100\Omega \pm 7\Omega$,具有限制故障电流的作用,由于 RN2 型熔体的限流作用是普通熔丝不具备的,因此,不能用普通熔丝替代。RN4-20 型高压熔断器,其额定电压为 20kV,额定电流为 0.35A,最大

开断电流为 130kA,可替代 RN2-10 作电压互感器短路保护用。

电压互感器一、二次侧熔丝熔断时,主要是从二次侧所接的线电压表、相电压表指示变化来判断。正常运行时,线电压表指示应为 10kV,三只相电压表指示为 6kV(5.8kV)。

① 如果三相熔丝都熔断,那么,线电压表和相电压表都指示为零;

② 发生两相熔丝熔断时,线电压表指示为零。相电压表只有一相(即未熔断相)指示正常,熔断相的两只相电压表指示降低;

③ 发生一相熔丝熔断时,电压表指示值的变化情况与电压互感器的接线方式以及二次回路所接的负载状况都有关系,不能用固定的模式来说明,而只能概括定性为:当一相熔丝熔断后,与熔断相有关的线电压表及相电压表的指示值都会有不同程度的降低,与熔断相无关的电压表指示值基本正常。具体地说,一相熔丝熔断后,线电压表的指示为“两低一不变”,即与熔断相有关的线电压降低,只有未熔断的两相线电压正常。相电压表的指示为“一低两不变”,即熔断相的相电压表指示降低,但不为零,非熔断相的相电压表指示正常。电压互感器一次侧熔丝熔断的原因:

① 一次侧引线、瓷套管相间或相对地放电;

② 一次侧绕组相间、相对地或匝间短路;

③ 电压互感器二次侧短路,而二次熔丝又未及时熔断,造成一次侧熔丝熔断;

④ 系统发生过电压(如单相间歇性电弧接地、铁磁谐振及操作过电压),电压互感器磁饱和,励磁电流剧增,引起一次侧熔丝熔断。

(2) 更换高压熔丝前应做好哪些准备?

更换高压熔丝前应做好以下各项准备：

- ① 填写工作票和倒闸操作票；
- ② 拉开电压互感器隔离开关；
- ③ 取下电压互感器二次回路熔丝管，防止反送电源；
- ④ 采取相应的安全技术措施，如验电、装设临时接地线、悬挂标示牌等。

(3) 更换高压熔丝的操作要求是什么？再次投入使用前应作哪些检查？

更换高压熔丝的操作要求为：

- ① 操作人应戴绝缘手套，使用绝缘夹钳；
- ② 在有专人监护的情况下，操作人取下已熔断的熔丝管（熔断指示器弹出者）；
- ③ 换上合格的专用熔丝管（RN2 或 RN4 型）。

再次投入使用前，电压互感器引线、瓷套管应完好，并按以下各项进行：

- ① 填写恢复送电倒闸操作票；
- ② 拆除临时接地线，取下标示牌，锁好柜门；
- ③ 恢复电压互感器二次回路熔丝管；
- ④ 合上电压互感器隔离开关；
- ⑤ 检查电压表指示应正常。

27. 油浸自冷式变压器绝缘电阻的测量

(1) 如何选用兆欧表？

兆欧表的选用，主要考虑兆欧表的额定电压和测量范围是否与被测的电气设备绝缘等级相适应。测量 10kV 变压器的绝缘电阻应选用 2500V 兆欧表。

(2) 对变压器绝缘电阻的要求，新安装的、大修后的、运行

中的各是什么？

摇测变压器绝缘电阻的合格值标准为：

① 本次测得的绝缘电阻值与上次测得的数值，换算到同一温度下相比较，本次数值比上次数值不得降低 30%；

② 吸收比 R_{60}/R_{15} （即摇测中 60 秒与 15 秒时绝缘电阻的比值）在 $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 时，应为 1.3 倍及以上；

③ 3 ~ 10kV 变压器在不同温度条件下绝缘电阻合格值，如表 2-2 所示；

表 2-2 不同温度条件下变压器绝缘电阻合格值(3 ~ 10kV)

温度($^{\circ}\text{C}$)	10	20	30	40	50	60	70	80
良好值(M Ω)	900	450	225	120	64	36	19	12
最低值(M Ω)	600	300	150	80	43	24	13	8

④ 新安装的和大修后的变压器，其绝缘电阻合格值应符合上述规定。运行中的变压器则不得低于 10M Ω 。

(3) 试述对一台运行中的变压器进行绝缘测量的全过程（按操作顺序回答，安全措施应足够）。

摇测项目：

① 高压绕组对低压绕组及外壳的绝缘电阻，简称高对低及地；

② 低压绕组对高压绕组及外壳的绝缘电阻，简称低对高及地。

摇测全过程：

① 将被测变压器退出运行；并执行停电、验电、放电、装设临时接地线等安全技术措施；摇测工作须由两人进行，应戴绝缘手套；

② 拆除变压器高、低压两侧的母线或导线；

③ 将变压器高、低压瓷套管擦拭干净，然后用裸铜线在每个瓷套管的瓷裙上绕 2 ~ 3 圈，将高、低压瓷套管分别连接起来；

④ 将变压器高压 A、B、C(U、V、W)和低压 o、a、b、c(n、u、v、w)接线端用裸铜线分别短接；

⑤ 摇测高压绕组对低压绕组及外壳，其接线如图 2-39 所示。兆欧表的 E 接低压绕组及外壳，G 接高压瓷套管的瓷裙上，L 接高压绕组；

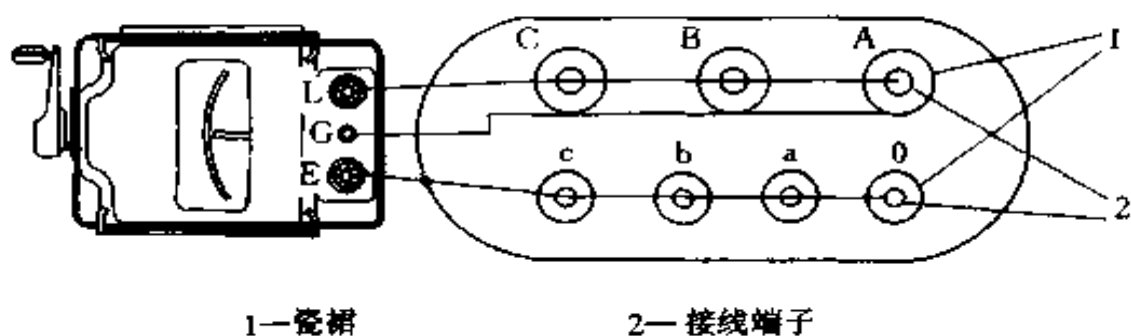


图 2-39 摇测高压绕组对低压绕组及外壳的接线

⑥ 摇测低压绕组对高压绕组及外壳，其接线如图 2-40 所示。兆欧表的 E 接高压绕组及外壳，G 接低压瓷套管的瓷裙上，L 接低压绕组；

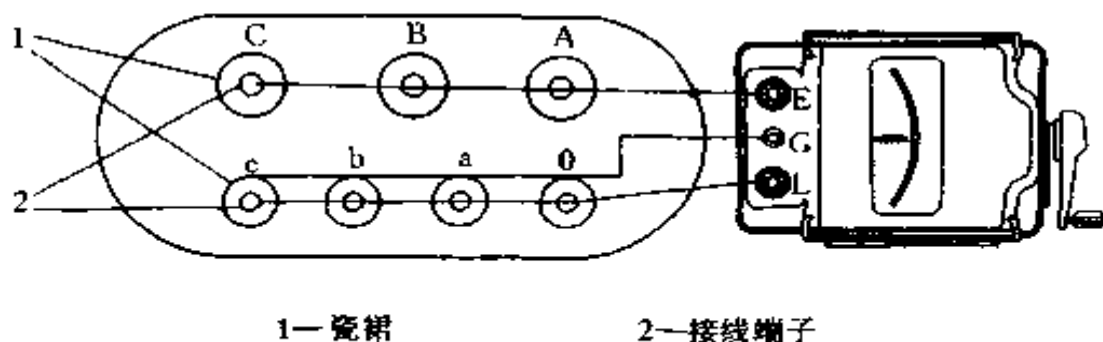


图 2-40 摇测低压绕组对高压绕组及外壳的接线

⑦ 摇测时应先将 E 和 G 与被测物连接好，用绝缘物挑起 L 线，待兆欧表转速达每分钟 120 转时，再将“L”线搭接在高压绕组(或低压绕组)上，摇测时仪表应水平放置，以每分钟 120 转的转速匀速摇测，待表针稳定一分钟后取读数，撤下“L”线，再停

摇表；

⑧ 摇测前后均应进行绕组对地放电；摇测完毕后，拆除相间短路线，并恢复原来接线。

28. 油浸自冷式变压器分接开关的切换操作

(1) 电力变压器为何要装分接开关？何时需要切换？

分接开关是变压器高压绕组改变抽头的装置。调整分接开关位置，可以增加或减少高压绕组匝数，以改变其变压比，使低压侧输出电压得到调整。运行中的变压器，高压侧供电电压偏高或偏低时，致使低压侧电压值过高或过低，这种情况下，需要调整其分接开关位置，改变其变压比，以使低压侧电压恢复到额定电压下正常运行。

无载调压分接开关分为三挡，I挡为10.5kV（绕组圈数最多），其变压比为26.25；II挡为10kV（额定电压），其变压比为25；III挡为9.5kV（绕组圈数最少），其变压比为23.75。如运行中的变压器分接开关在II挡位置，当低压侧电压较长期偏低时，应将分接开关调到III挡；当低压侧电压较长期偏高时，应将分接开关调到I挡。即所谓“低往低倒，高往高调”。

(2) 切换分接开关的操作方法是什么？

切换无载调压分接开关，应在变压器停止运行的情况下进行。变压器停电后应执行有关的安全技术措施；应拆开高压侧母线，并擦净高压瓷套管；切换分接开关前、后均应测试高压绕组直流电阻；倒分接开关和测试高压绕组直流电阻应由两人进行。

倒分接开关操作方法：

- ① 取下分接开关的护罩，松开并提起定位螺栓（或销子）；
- ② 反复转动分接开关的手柄，以去除分接开关触头上的油

污及氧化物；

③ 调至预定的位置后，放下并紧固好定位螺栓（或销子）。

(3) 试述对一台运行中的变压器分接开关进行切换操作的全过程（按操作顺序回答，包括测量及判断操作的质量，安全措施应足够）。

① 填写工作票、操作票，应设专人监护，操作人应戴绝缘手套；

② 执行安全技术措施，进行停电、验电、放电、装设临时接地线、悬挂标示牌等操作；

③ 拆开高压侧母线；

④ 先用万用表粗测高压绕组的直流电阻，再用电桥精确测量 R_{uv} 、 R_{vw} 、 R_{wu} 直流电阻，并做记录。测试前后应放电；

⑤ 切换分接开关挡位（操作方法如前面所述）；

⑥ 切换后，再用电桥精确测量 R_{uv} 、 R_{vw} 、 R_{wu} 直流电阻（测试前后应放电），并与切换前的测量数据作比较，其三相之间差别应不大于三相平均值的 2%，即：

$$\frac{R_{大} - R_{小}}{R_{平}} \times 100\% \neq 2\% \quad R_{平} = \frac{R_{uv} + R_{vw} + R_{wu}}{3}$$

⑦ 确认直流电阻合格后，拆除测试线，恢复变压器原接线；

⑧ 执行工作票，拆除临时接地线及标示牌后，方可按操作票进行变压器送电操作。

(4) 如何正确使用电桥(QJ-23型)测量直流电阻？

① 电桥平稳放置后，应检查外接检流计和外接电源的联片是否短接好；检查电源 B 和检流计 G 两个开关是否在断开位置；带锁扣的检流计应将锁扣打开；调整检流计调零器使表针指 0；

② 被测变压器应经充分放电，并用万用表欧姆挡粗测高压

绕组的直流电阻；

③ 将被测绕组通过测试线接在电桥 R_x 接线端钮上，测试线截面应较大、不宜过长，且连接点接触应良好；

④ 根据万用表粗测数值选择合适的比率臂倍率，以便使比较臂的四挡都能充分利用。选择比率臂倍率的原则是：被测电阻 R_x 阻值为 $1 \sim 9.999\Omega$ 选 0.001 挡； R_x 为 $10 \sim 99.99\Omega$ 选 0.01 挡； R_x 为 $100 \sim 999.9\Omega$ 选 0.1 挡； R_x 为 $1000\Omega \sim 9999\Omega$ 选 1 挡； R_x 为 $10k\Omega \sim 99.99k\Omega$ 选 10 挡； R_x 为 $100k\Omega \sim 999.9k\Omega$ 选 100 挡。例如，用万用表粗测电阻值为 5.5Ω ，则应选 0.001 挡；

⑤ 选好比率臂挡位后，根据粗测值调好比较臂，如粗测值为 5.5Ω ，比较臂 $\times 1000$ 挡应置于 5 ， $\times 100$ 挡应置于 5 ， $\times 10$ 挡应置于 0 ， $\times 1$ 挡应置于 0 。选好预置数，是为了防止损坏检流计并缩短测量时间；

⑥ 测量时，应先按下 B 钮并锁住，稍等数分钟（变压器容量越大，充电时间越长），待测试电流稳定后，再点按 G 钮。如点按 G 钮时，检流计表针向“+”方向偏转，则需增加比较臂数值，如表针向“-”方向偏转，则需减少比较臂数值。增加或减少数值的多少，应视表针偏转幅度大小而定。表针基本稳定时，可将 G 钮锁住后进行细调，即调整倍率最小（ $\times 1$ ）的比较臂，直至检流计表针指 0 为止；

⑦ 正确读取测量值，若测量结果比较臂四个挡位的数字分别是： $\times 1000$ 挡为 5 ， $\times 100$ 挡为 5 ， $\times 10$ 挡为 6 ， $\times 1$ 挡为 8 ；比率臂为 0.001 挡，测量结果即为 $5568 \times 0.001 = 5.568\Omega$ ；

⑧ 测量完毕后，应先断开检流计 G 钮，再断开电源 B 钮。然后进行放电，再拆除测试线；

⑨ 电桥用毕后，带锁扣的检流计应将锁扣锁好，防止把表针打坏；不带锁扣的，应将左下侧检流计的三个接线钮由“内接”

改为“外接”；

⑩ 电桥电源电压不足时,会影响电桥的灵敏度(表现为表针不能指0),应及时更换电池。

29. 电力电缆绝缘电阻的测量

(1) 测量 10kV 或 1kV 电力电缆绝缘电阻应各选用何种兆欧表?

测量 10kV 电力电缆应选用 2500V 兆欧表,测量 1kV 电力电缆应选用 1000V 兆欧表。

(2) 对 10kV 或 1kV 电力电缆的绝缘电阻各有何要求?

10kV 电力电缆的绝缘电阻合格值为:

① 10kV 电力电缆,长度在 500m 及以下,在电缆温度为 20℃时,不应低于 400MΩ;

② 三相之间绝缘电阻值应比较一致,若不一致,则不平衡系数不得大于 2.5;

③ 本次测得数值与上次数值比较,换算到同一温度下,其值不得下降 30%以上。

1kV 及以下电力电缆的绝缘电阻值,在电缆温度为 20℃时,不应低于 10MΩ。

(3) 试述对一条运行中的 10kV 电力电缆测量的全过程(按操作顺序回答,包括判断该电缆是否可继续运行,安全措施应足够)。

10kV 三芯电力电缆,主要摇测相间及对地(铅包或铝包及金属铠装即为地)的绝缘电阻。即分别摇测 U 相对 V 相、W 相及地,V 相对 U 相、W 相及地,W 相对 U 相、V 相及地。

摇测 10kV 三芯电力电缆的全过程:

① 被摇测电缆必须停电、验电,进行逐相放电(相对地、相

间),放电时间一般不得少于 1 分钟,电缆较长的不得少于 2 分钟,并执行有关的安全技术措施;

② 拆除被测电缆两端连接的开关或设备,并将电缆头的污垢擦干净;

③ 摇测 U 相对 V 相、W 相及地时,兆欧表的“E”接 V 相、W 相线芯及金属外皮上,“G”接 U 相导线的绝缘层上。用绝缘物挑起“L”线,待兆欧表转速达每分钟 120 转时,再将“L”线搭接在 U 相线芯上;

④ 摇测时仪表应水平放置,以每分钟 120 转的转速匀速摇测,待表针指示稳定一分钟后取读数,撤下“L”线,再停摇表;

⑤ 摇测中不得减速或停摇,摇后进行 U 相对 V 相、W 相及地的放电;

⑥ 按上述接线方式,再分别摇测 V 相对 U 相、W 相及地,W 相对 U 相、V 相及地的绝缘电阻;

⑦ 摇测工作应两人进行,需戴绝缘手套,摇测前、摇测后必须进行充分放电;

⑧ 被测电缆的另一端应做好相应的安全技术措施,如派人看守或装设临时遮拦等。

30. 运行中的高压负荷开关之巡视检查

(1) 负荷开关的结构特点有哪些? 其功能如何? 型号如何解释?

负荷开关的结构特点及功能:

负荷开关是一种介于断路器和隔离开关之间的高压电器,在性能上与断路器相近,在结构上则与隔离开关相似,即有明显的断开点。

负荷开关具有简单的灭弧装置(灭弧装置是按额定电流设

计的),它可以在额定电压和额定电流下分、合电路,但它不能切断短路电流。将负荷开关与高压熔断器串联使用,可代替价格较贵的少油断路器,因此,它广泛用于容量较小的配电系统中。其中负荷开关用来分、合负载电路,而熔断器则担负着切断短路电流的任务。

户内型负荷开关,常用的型号有 FN2 - 10R、FN3 - 10R,均为压气式,其灭弧方式是利用分闸时主轴带动活塞压缩空气,使压缩空气从喷嘴中高速喷出以吹灭电弧,其灭弧性能较好。

型号解释:

FN3 - 10R/400 其中 F 表示负荷开关, N 表示户内型, 3 为设计序号, 10 表示额定电压为 10kV, R 表示带熔断器(装在负荷开关下方), 400 表示额定电流。

(2) 巡视检查的周期及内容是什么?

巡视检查的周期:

有人值班的,每班一次;无人值班的,每周一次;特殊情况时,增加特巡。

巡视检查的内容:

- ① 动、静触头接触应良好,无发热现象;
- ② 连接点应无松动及过热现象;
- ③ 灭弧装置应完好无损;
- ④ 运行中应无异常声响;
- ⑤ 瓷绝缘表面应清洁,无放电痕迹,无掉瓷、裂纹等;
- ⑥ 操动机构及传动装置应完好无损,操作杆的卡环及支持点应无松动和脱落现象。

(3) 与负荷开关配合使用的熔断器常用型号有哪些? 安装要求是什么?

与负荷开关配合使用的熔断器,通常采用户内型限流式 RN

系列熔断器,常用型号为 RN1 - 10 及 RN3 - 10 型。如 RN1 - 10 50/30 中,R 表示熔断器,N 表示户内型,1 为设计序号,10 表示额定电压为 10kV,空格后、斜线前的 50 表示熔断器额定电流,30 表示熔体额定电流。

负荷开关的安装要求:

① 负荷开关应垂直安装,固定触头应在上侧,并与电源连接;

② 负荷开关的动触头应与固定触头对准,并接触良好;

③ 三相动触头应与固定触头同时接触,其前后相差不大于 3mm;

④ 户内压气式负荷开关的拉开距离应大于 182mm,户外柱上负荷开关的拉开距离应大于 175mm;

⑤ 负荷开关的传动装置应无裂纹、损伤,动作应灵活,拉杆应加保护套;

⑥ 负荷开关的延长轴、轴承、连轴器及曲柄等应有足够的机械强度,联杆轴的销钉不应焊死;

⑦ 依墙安装的负荷开关与进线电缆连接时,应经过母线;

⑧ 负荷开关操动机构的固定轴距地面高度应为 1m,其操作手柄距带电部分不应小于 1.2m;

⑨ 负荷开关操动机构依墙安装时,其手柄中心距侧墙不应小于 0.4m;侧墙安装时,其手柄中心距侧墙不应小于 0.3m。

31. 绝缘安全用具的检查与使用

(1) 什么叫绝缘安全用具? 它包括几类?

绝缘安全用具是指可以防止工作人员直接接触带电导体的用具。它包括基本绝缘安全用具和辅助绝缘安全用具两大类。其具体分类和内容见第一部分理论篇中第 44 问。

(2) 绝缘杆、绝缘手套、绝缘靴使用前应作哪些检查?

① 使用前应检查其是否在试验合格有效期内;

② 应检查绝缘杆有无受潮、断裂,钩环有无变形,表面应清洁,连接部位应牢固;

③ 绝缘手套应检查有无划痕、开裂,表面应清洁,应做充气试验检查,并无泄漏;

④ 绝缘靴应检查有无受潮,表面应清洁,靴底无扎伤、底部花纹应清晰可见。

(3) 绝缘杆、绝缘手套、绝缘靴如何正确使用? 如何正确保管?

绝缘杆:

① 使用绝缘杆应戴绝缘手套,穿绝缘靴;手握部分不得超出防护环或防护罩;

② 雨雪天气时,室外使用绝缘杆应装有防雨的伞形罩;

③ 使用时应防止碰撞、划伤,绝缘杆不应挪做它用;

④ 绝缘杆应存放在干燥通风处,并悬挂在支架上,避免与墙或地面接触;

绝缘手套:

① 低压绝缘手套作为基本安全用具,可直接接触低压带电体。而高压绝缘手套只能作为辅助安全用具,不能直接接触高压带电体;

② 绝缘手套应存放在密闭的橱内,并与其它工具分别存放。

绝缘靴:

① 绝缘靴在高压系统中只能作为辅助安全用具,不能直接接触高压带电体;

② 穿用绝缘靴时,要防止硬质尖锐物体扎伤靴底;

③ 绝缘靴应存放在橱内,不应代替一般雨靴使用。

32. 检修安全用具的检查与使用

(1) 什么叫检修安全用具? 它包括哪几种?

检修安全用具指在进行检修工作时用来保护电气作业人员安全的器具和工具,以避免发生人身触电、电弧灼伤及高空坠落等事故。

检修安全用具主要有临时接地线、临时遮拦、标示牌、防护眼镜和安全带等。

(2) 对验电器有哪些要求? 使用前应作哪些检查?

为防止带电装设临时接地线或带电合接地隔离开关及反送电源,危及人身、设备安全,在被检修的设备停电后,装设临时接地线之前,必须用验电器检验其确无电压。

验电前,应对验电器作以下检查:

① 验电器的电压等级应与系统电压等级相适应(一般为6kV~35kV通用型,亦有6kV~10kV专用型);

② 验电器应经试验合格,并且试验期限有效(试验周期为半年);

③ 检查验电器外观应完好,连接处应牢固;

④ 应在已知带电体上检验验电器是良好、有效的(发光型或蜂鸣型)。

(3) 验电工作应由谁做? 对验电工作有哪些要求?(主考老师任意指定一项设备的检修,应能正确的验电)

验电工作应由值班员(即操作票上的操作人)来做。

对验电工作的要求见“理论篇”的第67问。

(4) 对临时接地线有哪些要求? 使用前应作哪些检查?

临时接地线应使用多股软裸铜导线,截面不得小于 25mm^2 。

使用前的检查内容:

① 检查接地线有无断股、背花,绝缘棒部分应完好无损、无裂纹;

② 检查接地线的专用线夹(母线型或线路型)是否与设备或线路相符,紧固件是否完好;

③ 检查接地线线端连接的线夹或接线端子有无松动、脱落;

④ 检查接地线的编号是否与操作票上的要求一致。

(5) 装设临时接地线应由谁做? 装设临时接地线有哪些要求?

装设临时接地线应在有人监护下,由值班员(即操作票上的操作人)来做。

临时接地线可用来防止检修设备或工作地点因突然来电(如错误合闸送电)而带电,消除邻近感应电压或未放尽电的已断开电源的电缆或变压器等设备的残余电荷。它是检修工作中必不可少的安全技术措施之一。

装设临时接地线的具体要求见“理论篇”的第 68 问。

(6) 标示牌有几类几种? 各是什么?

标示牌按其性质分为四类七种,详见“理论篇”的第 69 问。

(7) 说明禁止类、提醒类标示牌的用法及悬挂的数量。在哪些情况下使用准许类标示牌?

禁止类、提醒类标示牌的用法及悬挂的数量见第 69 问。

为指明检修人员的工作地点和安全通道,以下处所应悬挂准许类标示牌:

① 室外和室内工作地点或施工设备上;

② 工作人员上、下的铁架或固定扶梯上。

33. 运行中的少油断路器之巡视检查

(1) 如何判断少油断路器的运行状态? 型号如何解释?

少油断路器的运行状态可从以下几方面判断:

- ① 信号指示灯, 红灯亮表示合闸, 绿灯亮表示分闸;
- ② 观察操动机构上的“分”、“合”指示器(牌);
- ③ 分、合闸操作开关, 手把处于垂直位置时为合闸, 处于水平位置时为分闸;
- ④ 分闸弹簧拉伸状态为合闸, 分闸弹簧松弛(收缩)状态为分闸;
- ⑤ 外摇臂的位置朝前时为合闸, 朝后时为分闸。

型号解释:

SN10-10 I/630-16 其中 S 表示少油断路器, N 表示户内, 10 为设计序号, 横线后的 10 表示额定电压为 10kV, I 为形式, 630 为额定电流(A), 16 为开断电流(kA);

SN10-10 II/1000-31.5 其中 S 表示少油断路器, N 表示户内, 10 为设计序号, 横线后的 10 表示额定电压为 10kV, II 为形式, 1000 为额定电流(A), 31.5 为开断电流(kA)。

(2) 巡视检查的周期及内容如何? 什么情况下要增加特殊巡视?

巡视检查的周期及内容见第 142 问。

(3) 少油断路器喷油的原因有哪些? 发现看不到油面或发现瓷绝缘断裂应如何处理?

喷油的原因主要有:

- ① 油箱内油量过多, 油面过高, 油面以上缓冲空间过小;
- ② 操作不当, 分闸—合闸—分闸的间隔时间过短;
- ③ 少油断路器的断流能力不够。

处理方法为：

发现少油断路器看不到油面或瓷绝缘断裂时，应立即降低或转移负荷电流，并采取使断路器不得自动掉闸。首先应取下断路器操作回路熔丝管或解除掉闸压板；然后先断开上级断路器，再断开该断路器；采取必要的安全技术措施后，方可对该断路器进行检修。

34. 运行中的油浸自冷式配电变压器之巡视检查

(1) 运行中的油浸自冷式配电变压器有哪些主要元部件？变压器的型号如何解释？

配电变压器主要由高压绕组、低压绕组、铁心、分接开关等组成，这些部件都装在变压器油箱内，油箱内充满变压器油。

油箱外部四周有散热管，油箱的顶部有油枕、防爆管，在油箱与油枕的连接管中间装有气体(瓦斯)继电器，油枕上装有油标管和呼吸器，油枕顶部有注油孔。

在变压器油箱顶盖上两侧分别装有高、低压瓷套管，它是把高、低压绕组的引线从油箱内引至油箱外的绝缘装置。顶盖上还有分接开关的调节手柄和温度计插孔。油箱底部装有放油截门及脚轮。

变压器的型号是用汉语拼音字母和数字组成，含义如下：

①②③ - ④/⑤

①——相数代号：D—单相 S—三相

②——派生代号：L—铝线绕组(铜线不表示)

C—绕组外绝缘介质为成型固体(树脂浇注干式变压器)

G—绕组外绝缘介质为空气(干式变压

器)(油浸式不表示)

Z—有载调压(无载调压不表示)

[3]——设计序号

[4]——额定容量(kVA)

[5]——高压绕组额定电压(kV)

例如:SL7 - 500/10、SLZ7 - 800/10、S9 - 630/10、SC - 800/10、SC - 400/10 等。

(2) 巡视检查的周期及内容如何? 什么情况下要增加特殊巡视?

巡视检查周期如下:

- ① 有人值班的,每班一次;
- ② 无人值班的,每周至少一次;
- ③ 采用强迫油循环的变压器,应每小时巡视检查一次;
- ④ 室外柱上变压器,应每月巡视检查一次;
- ⑤ 在变压器负荷变化剧烈、天气恶劣、变压器运行异常或线路故障后,应增加特殊巡视。

运行中的变压器巡视检查项目见第 133 问。

变压器的特殊巡视:

- ① 过负荷运行的巡视 应监视负荷电流、上层油温、油位变化及冷却系统是否正常;
- ② 大风天气的巡视 重点检查变压器的引线摆动情况以及周围环境,有无搭挂杂物,以免造成外力破坏事故;
- ③ 雷雨天气的巡视 重点检查变压器的瓷绝缘有无放电现象;检查避雷器外观是否完好,动作指示是否正常;
- ④ 大雾天气的巡视 重点检查污秽的瓷绝缘有无放电现象;

⑤ 大雪天气的巡视 检查变压器的积雪融化情况以及接头是否发热,处理结冰。

(3) 运行中变压器温升过高的原因有哪些? 应如何处理?
运行中变压器温升过高的原因及处理方法见第 134 问。

35. 运行中的电压互感器之巡视检查

(1) 电压互感器有哪些用途? 画出三相五柱式电压互感器接电压表并带有绝缘监视的接线原理图。

电压互感器是将电力系统中的高电压变为标准低电压的仪用变压器。它的一次侧额定电压与电力系统的额定电压相同,二次侧额定电压为 100V,其主要作用有:

① 由于二次侧测量仪表与一次侧高压隔离开,不但提高了仪表的安全性和可靠性,而且还降低了仪表的绝缘水平和表耗功率;

② 由于电压互感器二次额定电压都是 100V,从而使仪表制造标准化、规范化,并可降低仪表成本;

③ 一台互感器可同时接入几种仪表,如线电压表、相电压表及电度表等。

三相五柱式电压互感器接电压表并带有绝缘监视的接线原理如图 1-50 所示。

(2) 巡视检查的周期及内容如何? 什么情况下要增加特殊巡视?

巡视检查周期为:

有人值班的,每班一次;无人值班的,每周至少一次。

巡视检查内容为:

① 与互感器连接的电压表、电度表及继电器指示应正常;

② 一、二次侧引线各部位连接点应无过热及打火现象;

- ③ 瓷绝缘应无放电现象；
- ④ 应无冒烟及异常气味；
- ⑤ 互感器内部应无放电声及其它噪声；
- ⑥ 充油式互感器应无渗漏油现象。

以下情况要增加特殊巡视：

- ① 系统发生一相接地时；
- ② 电压表指示不稳定时；
- ③ 电压互感器有异常声响时；
- ④ 电压互感器二次侧负载变化时。

(3) 带有绝缘监视的电压互感器一次线路发生一相接地故障时有何现象？如何查找？

一相接地后的故障现象：

10kV 中性点不接地系统中正常情况下，带有绝缘监视的电压互感器二次侧所接的线电压表指示为 10kV，相电压表指示为 5.8kV，其辅助绕组（开口三角形）两端无电压，所接的电压继电器（kV）不动作。

当系统任何一相发生金属性接地（死接地）故障时，二次侧所接的电压表将有以下现象：接地相对地电压为零，未接地的两相对地电压升高 $\sqrt{3}$ 倍，此时，三只相电压表反映出接地相指示为 0，未接地的两相指示为 10kV。由于三相线电压不变，所以线电压表指示仍为 10kV。以上电压表指示情况，即所谓“一低、两高、三不变”。同时，在开口三角形绕组两端出现约为 100V 的零序电压，使电压继电器（kV）动作，发出接地故障信号。

如果是非金属性接地故障，接地相的相电压相应降低但不为零，非接地两相的相电压相应升高但不是 $\sqrt{3}$ 倍，三相线电压仍不变。电压表的指示变化仍是：“一低、两高、三不变”。这种情况下，开口三角形绕组两端出现的零序电压小于 100V，因此，为

保证在系统发生接地故障时,电压继电器能可靠、灵敏地发出信号,通常电压继电器整定动作电压为 25V ~ 40V。

查找方法:

- ① 首先应检查变、配电所内设备,重点是瓷绝缘、电缆终端头;
- ② 若在所内未发现故障点,可试拉各路出线断路器;
- ③ 若试拉各路出线断路器时,发现故障发生在电缆线路,可用直流冲击法查找接地点;
- ④ 若试拉各路出线断路器时,发现故障发生在架空线路,应迅速派人查找。

36. 运行中的电流互感器之巡视检查

(1) 电流互感器有哪些用途? 型号如何解释? 画出用两只电流互感器、三只电流互感器测三相线电流的接线原理图。

电流互感器是一种将高压系统中的电流或低压系统中的大电流变成低电压标准小电流的电流变换装置。其主要作用有:

① 使测量仪表、继电保护装置与电力系统高压电路隔离,从而保证了测量工作的安全性、可靠性,并降低了仪表、继电器等的绝缘水平;

② 由于电流互感器二次额定电流均为 5A,从而使仪表制造标准化、规范化,并可简化仪表工艺及降低成本;

③ 二次回路中可同时串接仪表及继电器等的电流线圈,从而简化了仪表接线。

型号解释:

LQJ-10 其中 L 表示电流互感器, Q 表示线圈式, J 表示树脂浇注绝缘, 10 表示额定电压为 10kV。

LZX-10 其中 L 表示电流互感器, Z 表示支柱式, X 表示小

体积柜用,10表示额定电压为10kV。

LFZJ₂-10 其中L表示电流互感器,F表示复匝贯穿式,Z表示浇注绝缘,J表示加大容量,2表示设计序号,10表示额定电压为10kV。

接线原理图:

① 用两只电流互感器测三相线电流的接线,如图1-46所示。

② 用三只电流互感器测三相线电流的接线,如图1-45所示。

(2) 巡视检查的周期及内容如何?什么情况下要增加特殊巡视?

巡视检查周期为:

有人值班的,每班一次;无人值班的,每周至少一次。

巡视检查内容为:

- ① 与互感器连接的电流表、电度表及继电器指示应正常;
- ② 一、二次各部位连接点应无过热及打火现象;
- ③ 无放电声及其它噪声;
- ④ 无异常气味;
- ⑤ 绝缘良好,无放电现象。
- ⑥ 充油式互感器应无渗漏油现象。

以下情况要增加特殊巡视:

- ① 大修后的或新安装的过载运行时;
- ② 负荷电流或电压不稳定时;
- ③ 断路器故障掉闸后。

(3) 电流互感器发生二次开路有哪些现象?后果如何?如何处理?

电流互感器二次开路的现象、后果及处理见第37问。

37. 运行中的阀型避雷器之巡视检查

(1) 阀型避雷器的用途如何？型号如何解释？安装要求有哪些？

用途：

阀型避雷器的上接线端子与被保护的电气设备或线路相连接，下接线端子通过接地装置与大地相连接，当线路上出现危及设备安全的过电压时，它就对地放电，把侵入的直击雷雷电波或感应雷雷电波限制在避雷器残压值范围内，从而使变压器及其电气设备的绝缘免受过电压的危害。

型号解释：

FS3-10型主要用于保护10kV及以下的配电线路或设备。其中F表示阀型避雷器，S表示配电所用，3为设计序号，10表示额定电压为10kV；

FZ-10型的火花间隙并联有分路电阻，它的保护性能较好，主要用于保护大、中容量的配电装置（如电厂或电站的电气设备）。其中F表示阀型避雷器，Z表示电站用，10表示额定电压为10kV。

安装要求：

① 安装前，检查避雷器瓷套应无裂纹，密封良好，并经试验合格；

② 避雷器应垂直安装，引线要压接牢固，顶部接线端子不得受力；

③ 避雷器安装位置应尽量靠近被保护设备，3kV~10kV变压器单路进线不应大于15m，双路进线不应大于23m，三路进线不应大于27m，若大于上述距离时，应在母线上加装避雷器；

④ 避雷器的引线，其截面：铜线不应小于 16mm^2 ，铝线不应

小于 25mm^2 。避雷器的接地引下线应采用裸导线；

⑤ 为防止避雷器在运行中或雷击后发生故障，影响电力系统的正常运行，其安装位置应处于熔断器保护范围之内；

⑥ 避雷器接地引下线应与接地体可靠连接，其接地电阻不应大于 5Ω 。室外避雷器接地引下线应与变压器的外壳、二次侧中性点“三位一体”共同接地，其接地电阻不应大于 4Ω 。

(2) 巡视检查的周期及内容如何？什么情况下要增加特殊巡视检查？

巡视检查周期为：

① 有人值班的，每班一次；无人值班的，每周至少一次；

② 停电清扫检查，室外每半年至少一次，室内每年至少一次；一般应在雷雨季节前进行试验、检修和清扫。

巡视检查内容为：

① 检查瓷套表面有无严重污秽，瓷套有无裂纹、破损；

② 检查与电力系统的连接线及接地引下线有无断股及烧伤痕迹；

③ 检查瓷套上、下端与接线端子连接部位密封是否良好，否则将使内部受潮发生故障；

④ 检查避雷器内部有无异常响声；

⑤ 检查避雷器与被保护电气设备之间的距离是否符合规定要求。

此外，每年春季土壤最干燥的时候，应测量接地装置的接地电阻值，以检查其是否合格；每年应进行一次避雷器绝缘电阻的测量；每两年应进行一次工频放电试验，不合格者应予以更换。

在雷雨天气后及可能产生操作过电压时，应增加特殊巡视，其检查内容如下：

① 表面有无放电痕迹；

- ② 上下引线有无松动；
- ③ 避雷器本体有无摆动；
- ④ 如遇停电时，应检查避雷器泄水孔是否畅通。

(3) 阀型避雷器爆炸的原因有哪些？运行中的阀型避雷器瓷套发生裂纹应如何处理？

发生爆炸的原因有：

① 在中性点不接地的系统中，发生一相接地时，可能使非故障相的相电压升高到线电压。这时，虽然避雷器所承受的电压小于工频放电电压，但在持续时间较长的过电压作用下，有可能引起爆炸；

② 电力系统发生铁磁谐振过电压时，可能使避雷器放电，从而可能烧毁其内部元件而引起爆炸；

③ 当线路遭受雷击时，避雷器正常动作后，由于本身火花间隙灭弧性能较差，如果间隙承受不住恢复电压而击穿时，则电弧重燃，工频续流将再度出现。这样将会因间隙多次重燃使阀片电阻烧毁，引起爆炸；

④ 避雷器阀片电阻不合格，残压虽然低了，但续流却增大了，阀片由于长时间通过续流而烧毁，引起爆炸；

⑤ 避雷器瓷套密封不良，容易受潮和进水等，从而引起爆炸。

运行中瓷套发生裂纹的处理：

① 若天气无雷雨时，可停电将避雷器退出运行，更换合格的避雷器。无备件更换而又不致威胁安全运行时，为了防止受潮可临时采取在裂纹处涂漆或黏结剂，随后再安排更换。

② 在雷雨中，避雷器尽可能先不退出运行，待雷雨过后再进行处理。若造成放电，但未引起系统永久性接地时，在可能的条件下，应将故障相的避雷器停用。

38. 运行中的高压隔离开关之巡视检查

(1) 户内式隔离开关的安装要求有哪些? 型号如何解释?

安装要求:

① 隔离开关的刀片应与固定触头对准, 并接触良好, 接触面处应涂凡士林油;

② 隔离开关的各相刀片与固定触头应同时接触, 前后相差不大于 3mm;

③ 隔离开关拉开时, 刀片与固定触头间的垂直距离: 户外型应大于 180mm, 户内型应大于 160mm;

④ 隔离开关拉开时, 刀片的拉开角度不应小于: 户外型为 35° , 户内型为 65° ;

⑤ 隔离开关的固定触头一般应接电源(主进柜“倒进火”除外), 隔离开关垂直安装时, 固定触头应在上侧;

⑥ 传动装置各部件不应有损伤和裂纹, 动作应灵活;

⑦ 单极隔离开关的相间距离不应小于: 户外为 600mm, 户内为 450mm;

⑧ 单极隔离开关的背板应采用不小于 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的角钢, 穿钉直径不应小于 12mm;

⑨ 隔离开关的延长轴、连轴器、曲柄及轴承等传动部件, 应有足够的机械强度。联杆轴的销钉不应焊死;

⑩ 隔离开关的拉杆应加保护环;

⑪ 带有接地刀闸的隔离开关, 接地刀片与主触头之间应有可靠的闭锁装置;

⑫ 隔离开关操动机构的安装位置应符合下列规定:

a. 操动机构的固定轴距地面不应低于 1m;

b. 依墙安装时, 手柄中心距侧墙不应小于 0.4m;

c. 侧墙安装时,手柄中心距侧墙不应小于 0.3m;

d. 手柄与带电部分的距离不应小于 1.2m。

型号解释:

GN19-10C/400 其中 G 表示隔离开关, N 表示户内型, 19 为设计序号, 10 表示额定电压为 10kV, C 表示带瓷绝缘套管, 400 表示额定电流为 400A。

GW9-10(W)/400 其中 G 表示隔离开关, W 表示户外型, 9 为设计序号, 10 表示额定电压为 10kV, (W) 为防污型, 400 表示额定电流为 400A。

(2) 巡视检查的周期及内容如何?

巡视检查周期为:

一般与高压配电装置的巡视检查一起进行, 即有人值班的, 每班一次; 无人值班的, 每周至少一次。

巡视检查内容为:

① 瓷绝缘应无掉瓷、裂纹、破碎以及放电的痕迹, 表面应清洁;

② 连接点应无过热、腐蚀现象, 监视温度的示温蜡片或变色漆应无熔化或变色;

③ 检查动、静触头接触应良好, 应无过热现象和异常声响;

④ 检查操动机构和传动装置是否完好, 应无断裂、变形; 操作杆的卡环和支持点应无松动或脱落现象。

(3) 如何保证操作的安全? 一旦发生误拉、误合隔离开关, 应如何处理?

为保证安全操作隔离开关, 必须做到:

① 严禁带负荷拉、合隔离开关;

② 送电操作时, 先合电源侧隔离开关, 再合负荷侧隔离开关, 最后合断路器;

③ 停电操作时, 先拉断路器, 再拉负荷侧隔离开关, 最后拉

电源侧隔离开关；

④ 为防止误操作，隔离开关与断路器之间必须加装联锁装置；

⑤ 操作隔离开关时应迅速、果断，不得用力过猛；操作过程中如发生故障，必须停电后再进行处理。

隔离开关一旦发生误拉、误合时，应作如下处理：

① 当发生带负荷错拉隔离开关，而刀片刚离刀闸口有弧光出现时，应立即将隔离开关合上。如已拉开，不准再合上；

② 当发生带负荷错合隔离开关时，无论是否造成事故，都不准将错合的隔离开关再拉开；

③ 单极隔离开关操作一相后，发现错拉或错合时，另外两相不得继续操作。

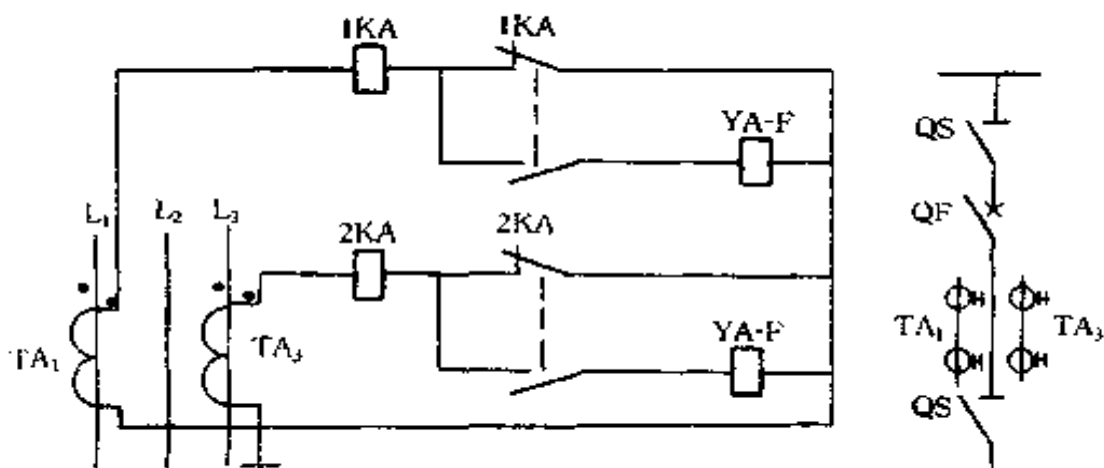
39. 反时限过流保护的运行与检查

(1) 画出反时限过流保护的二次回路展开图，说明保护动作原理。

反时限过流保护的二次回路展开图，如图 2-41 所示。

保护动作原理：

反时限过流保护，其动作时限与故障电流之间的关系表现



TA₁、TA₃ 电流互感器 1KA、2KA 电流继电器 YA-F 跳闸线圈

图 2-41 反时限过流保护二次回路展开图

为反时限特性,即继电保护动作时限是不固定的,而是根据系统短路电流数值的大小而沿曲线作相反的变化,故障电流越大,动作时限越短。

当主电路出现过电流时,过流继电器 1KA 或 2KA 按反时限动作,使其常开触点先闭合,常闭触点后断开,从而跳闸线圈 YA-F 获电,电磁铁吸合,促使断路器掉闸,切断故障电路,起到过流保护作用。

反时限过流保护装置比定时限的简单,只用感应式 GL 型电流继电器就行了,其中电磁式瞬动部分作为速断保护用;感应式部分则作为过流保护用;而且一般采用交流操作电源。

(2) 说明过流和速断保护的整定原则和保护范围。

过流保护:

① 整定原则是,要躲开线路上可能出现的最大负荷电流。如电动机的启动电流,尽管其数值相当大,但毕竟不同于故障电流,为了区别最大负荷电流和故障电流,常用接于线路末端、容量较小的一台变压器的二次侧短路时的线路电流作为最大负荷电流。

整定时要根据启动电流、整定电流的计算值,做出反时限特性曲线来确定,要保证在曲线上的整定电流这一点,其动作时限的级差不得小于 0.7s,以满足选择性要求及上、下级之间的配合。

② 保护范围是,可以保护设备的全部和线路的全长;还可作为相邻下一级线路的穿越性短路故障的后备保护。

速断保护:

① 整定原则是,保护的動作电流大于被保护线路末端发生的三相金属性短路的短路电流。对变压器而言,则是其整定电流大于被保护的变压器二次侧出现三相金属性短路的短路电流。

② 保护范围是,不能保护线路的全长,只能保护线路全长的 70% ~ 80%,对线路末端附近的 20% ~ 30% 不能保护;不能

保护变压器的全部,而只能保护从变压器的高压侧引线及电缆到变压器一部分绕组(主要是高压绕组)的相间短路故障。总之,速断保护有死区,往往要用过流保护作为速断保护的后备。

(3) 变压器速断和瓦斯继电保护动作,断路器掉闸,试判断其故障原因。如何检查?

① 速断和瓦斯继电保护动作,断路器掉闸,应判断为变压器内部故障;

② 重瓦斯保护动作后,应收集瓦斯气体进行分析;

③ 根据瓦斯气体的颜色和可燃性,判断故障性质及故障原因;

a. 无色、无味且不可燃,是油内排出的空气引起的;

b. 黄色且不易燃烧,说明是变压器内木质部分故障;

c. 淡黄色、带强烈臭味且可燃烧,则为绝缘纸或纸板故障;

d. 灰色或黑色且易燃,则是绝缘油的故障。

④ 重瓦斯动作后,未查明故障原因时,变压器不能重新合闸送电;

⑤ 变压器发生故障后,应立即报告有关领导,并确定更换变压器的方案。

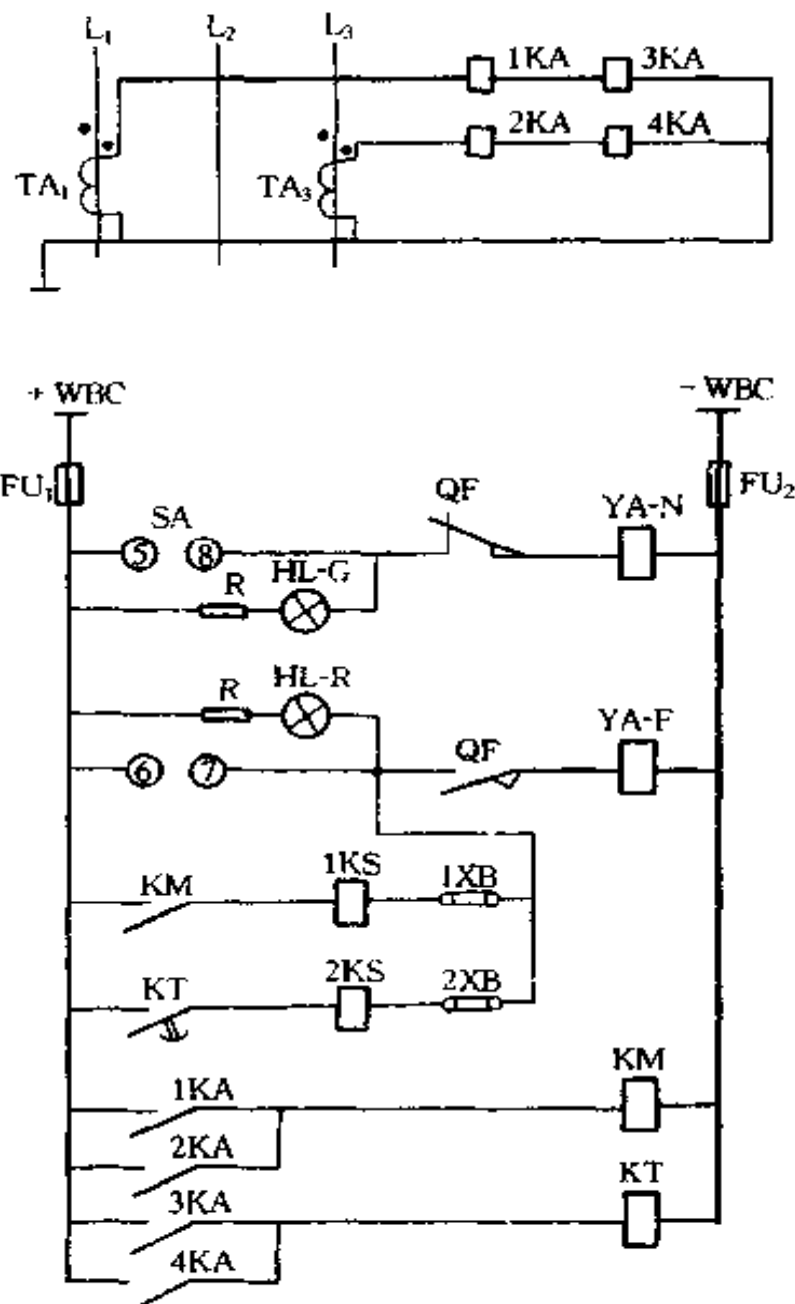
40. 定时限过流保护的运行与检查

(1) 画出定时限过流保护的二次回路展开图,说明保护动作原理。

定时限过流保护的二次回路展开图,如图 2-42 所示。

动作原理:

定时限过流保护,其动作时限与故障电流之间的关系表现为定时限特性,即继电保护动作时限与系统短路电流的数值大小无关,只要系统故障电流转换成保护装置中的电流,达到或超



TA₁、TA₃ 电流互感器 1KA、2KA 电流继电器 WBC 控制小母线
 FU₁、FU₂ 控制回路熔断器 SA 分合闸操作开关 R 信号灯串联电阻
 HL-G 绿色信号灯 HL-R 红色信号灯 YA-N 断路器合闸线圈
 YA-F 断路器跳闸线圈 QF 断路器辅助接点 1KS、2KS 信号继电器
 KM 中间继电器 KT 时间继电器 1XB、2XB 掉闸压板

图 2-42 定时限过流保护二次回路展开图

过保护的整定电流值, 继电保护就以固有的整定时限动作, 使断路器掉闸, 切除故障。

当主电路出现过电流时,电流继电器 3KA 或 4KA 线圈获电,继电器的常开触点闭合,使时间继电器 KT 开始计时,计时结束,KT 的常开触点(延时)闭合,并接通信号继电器 2KS 及跳闸线圈 YA-F,从而实现断路器掉闸。

速断保护是由电流继电器 1KA 或 2KA 控制中间继电器 KM 动作的(动作无延时),当 1KA 或 2KA 常开触点闭合,KM 线圈获电后,KM 常开触点闭合,并接通信号继电器 1KS 及跳闸线圈 YA-F,从而实现断路器掉闸。

(2) 说明定时限过流保护和速断保护的整定原则和保护范围。

过流保护整定原则和保护范围:

① 整定原则:整定电流应避开变压器的最大负荷电流(包括电动机的启动电流)。对定时限过流保护,除应确定电流继电器的动作电流外,还应确定动作时限,并保证上、下级时限级差为 0.5s,以实现保护动作的选择性。

② 保护范围:作为变压器电流速断后备保护,能保护变压器的全部或线路的全长;还可作为变压器低压侧低压出线的后备保护。

速断保护整定原则和保护范围:

① 整定原则:其整定电流应避开变压器低压侧母线的最大短路电流。最大短路电流指系统在最大运行方式下,在变压器低压侧发生三相金属性短路,归算至变压器高压侧的短路电流。

② 保护范围:不能保护线路的全长,只能保护线路全长的 70% ~ 80%,对线路末端附近的 20% ~ 30% 不能保护;不能保护变压器的全部,而只能保护从变压器的高压侧引线及电缆到变压器一部分绕组(主要是高压绕组)的相间短路故障。总之,速断保护有死区,往往要用过流保护作为速断保护的后备。

(3) 变压器速断和瓦斯继电保护动作,断路器掉闸,试判断其故障原因。如何处理?

① 变压器速断保护动作掉闸,说明故障性质比较严重,如有瓦斯保护时,应检查瓦斯保护是否动作,若瓦斯保护动作,说明故障在变压器内部;

② 检查速断保护的继电器动作及信号指示是属于哪一相,并解除事故音响装置;

③ 检查变压器高压引线及其它部分有无明显故障点,有无其它异常现象,如喷油、起火、温度过高及异常声响等;

④ 立即报告有关领导,属于主变压器故障的要报告供电局,并作好备用变压器的投入及倒负荷的措施;

⑤ 在未查明故障原因,并解除故障点之前,不准再次给变压器合闸送电;

⑥ 必要时对变压器的速断保护进行故障校验,并填写事故调查报告。

41. 户外变压器的安装要求

(1) 画出常见的户外安装的配电变压器主接线图(画至 401)。户外安装的配电变压器主接线,要求变压器二次侧中性点、变压器外壳及防雷保护三位一体共同接地,如图 2-43 所示。

(2) 跌落式熔断器及阀型避雷器安装的一般要求有哪些?跌落式熔断器的安装应符合产品说明书及电气安装规程的要求。一般要求如下:

- ① 熔丝管与垂线的夹角,一般应为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$;
- ② 相间距离,室外不应小于 0.7m,室内不应小于 0.6m;
- ③ 熔丝管底端对地面的距离,室外不应低于 4.5m,室内不应低于 3m;

④ 对下方电气设备的水平距离,不应小于 0.5m;

⑤ 跌落式熔断器应安装在同一水平线上,熔丝应位于消弧管的中部偏上侧。

阀型避雷器安装的一般要求为:

① 安装前,检查避雷器瓷套应无裂纹,密封良好,并经试验合格;

② 阀型避雷器应垂直安装,引线要压接牢固,顶部接线端子不得受力;

③ 避雷器的引线,其截面:铜线不应小于 16mm^2 ,铝线不应小于 25mm^2 。避雷器的引下线应采用裸导线;

④ 避雷器安装位置应尽量靠近变压器,一般不应大于 15m;

⑤ 避雷器接地引下线应与变压器的外壳、二次侧中性点“三位一体”共同接地,其接地电阻不应大于 4Ω ;

⑥ 为防止避雷器在运行中或雷击后发生故障,影响电力系统正常运行,其安装位置应处于熔断器保护范围之内。

(3) 户外变压器有几种安装方式? 安装的一般要求有哪些?

户外变压器安装方式有两种,地上变台安装和柱上变台安装(315kVA 及以下)。

地上变台安装要求:

① 变台高度一般为 0.5m,其周围应装设高度不低于 1.7m

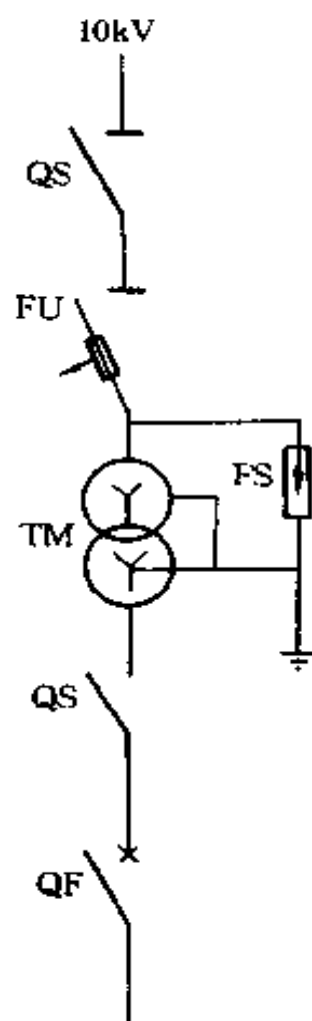


图 2-43 户外安装的配电变压器主接线图

的栅栏；

- ② 变压器外廓与栅栏的距离不小于 1m；
- ③ 在栅栏明显部位应悬挂标示牌。

柱上变台安装要求：

① 315kVA 及以下变压器可采用柱上安装，其底部距地面不应小于 2.5m，裸露带电部分距地面不应小于 3.5m；

② 变压器应安装牢固、平稳，腰栏应采用 $\Phi 4.0\text{mm}$ 铁线缠绕四圈以上，铁线不准有接头，缠绕应紧固。腰栏距带电部位不应小于 0.2m；

③ 柱上变压器的二次侧装有隔离开关时，二次侧熔断器应装于隔离开关与低压绝缘子之间，无隔离开关时，二次侧熔断器应装于低压绝缘子外侧；

④ 室外变压器的所有高低压引线均应使用绝缘导线。

42. 变(配)电室硬母线的安装

(1) 硬母线涂黑漆贴色片的意义何在？

硬母线涂黑漆可使硬母线吸热快，热辐射快，加强散热性能。

硬母线上贴色片主要是为了区别相位，国标规定用黄色表示 A 相(L1)，绿色表示 B 相(L2)，红色表示 C 相(L3)。其排列顺序从左至右为黄、绿、红。

(2) 硬母线有几种弯曲方式？各有哪些要求？

硬母线弯曲方式有三种，即平弯、立弯和扭弯。以下设母线宽度为 a 、厚度为 b 、弯曲半径为 R ，其单位为 mm 。

① 平弯：母线尺寸在 50×5 以下； $R \geq 2b$ ；母线尺寸在 50×5 以上至 100×10 的铜母线弯曲半径为 $R \geq 2b$ ，铝母线弯曲半径为 $R \geq 2.5b$ 。

② 立弯：母线尺寸在 50×5 以下；铜母线弯曲半径为 $R \geq a$ ，

铝母线弯曲半径为 $R \geq 1.5a$ 。母线尺寸在 50×5 以上至 100×10 的铜母线弯曲半径为 $R \geq 1.5a$, 铝母线弯曲半径为 $R \geq 2a$ 。母线弯曲处不应有裂纹及明显的折皱。

③ 扭弯:扭弯又称麻花弯,扭 90° 弯,扭转部分的长度不应小于母线宽度的 2.5 倍。

④ 硬母线的弯曲,一般是在专用的弯模上冷弯。若需加热,其加热温度不应超过:铜— 350°C ;铝— 250°C ;钢— 600°C 。

(3) 硬母线的安装有哪些要求?

① 高压母线及低压主母线的尺寸不应小于 $40\text{mm} \times 4\text{mm}$;

② 母线一般采用铝、铜等金属材料,同一段母线不应采用不同金属材料;

③ 高压母线支持点距离不应大于 1.2m , 低压母线支持点距离不应大于 0.9m ;

④ 接至各个电器分支的母线,应尽量减少弯曲,弯曲点与连接处接触面的边缘不应小于 50mm ;

⑤ 母线弯曲处距最近支持绝缘子中心不应小于 100mm , 但不应大于弯曲处两端绝缘子中心线距离的 25%;

⑥ 母线连接处的螺栓,当母线水平安装时,螺栓应自下向上穿,当母线垂直安装时,螺栓应自内向外穿;

⑦ 各相母线的排列顺序为:水平安装时,自内向外为 A、B、C;垂直安装时,自左至右为 A、B、C;

⑧ 长度小于 10m 的母线系统,在交接试验中各相对地及相间绝缘电阻不应小于 $500\text{M}\Omega$, 预防性试验时不应小于 $300\text{M}\Omega$ 。

(4) 硬母线的固定有哪些要求。

硬母线固定要求:

① 硬母线通常固定在绝缘子上,母线排列应整齐,同一段母线应在同一水平面上,母线支持点距离: $3 \sim 10\text{kV}$ 不应大于

1200mm,0.4kV 不应大于 900mm;

② 用螺栓将母线固定在绝缘子上。必须事先根据绝缘子的位置,在母线相应的位置上钻出椭圆形的孔,以便运行中母线随温度变化有伸缩的余地,而不致拉坏绝缘子。长度大于 20m 的母线应有补偿措施;

③ 用夹板固定母线。这种固定方式不需要在母线上钻孔,只需将母线夹在夹板中间,两侧用螺栓将夹板紧固即可。母线采用铁夹板固定时,不应形成闭合磁路;

④ 用卡板固定母线。这种固定方式最为简单,只需将母线放入固定在绝缘子上的卡板中,然后将卡板转动一个角度卡住母线即可。

(5) 硬母线的连接有几种方式? 各有哪些要求?

硬母线的连接有螺栓连接和焊接连接两种方式。

硬母线采用螺栓连接时的主要要求:

① 母线连接处应平整、光洁,接触面应去除氧化层及锈蚀,涂抹导电膏或中性凡士林;

② 搭接部分的长度不应小于母线的宽度,搭接处不应受到任何外加应力;

③ 螺孔直径应比螺栓直径大 1mm,孔与孔间的形位误差不应超过 0.5mm;

④ 母线搭接时,紧固件应采用镀锌螺栓、螺母和垫圈,螺栓两侧应加平垫,螺母侧应加弹簧垫圈。螺栓长度以螺母拧紧后露出螺母 2~3 扣为宜,螺栓数量及直径应符合规程要求;

⑤ 母线安装应便于紧固螺母,水平安装时螺栓应由下向上穿,垂直安装时螺栓应由内向外穿,螺母应置于维护侧;

⑥ 搭接处的直流电阻不应大于同材料、同规格、同长度母线电阻值的 1.2 倍;

⑦ 接触面的连接应紧密,用 $0.05\text{mm} \times 10\text{mm}$ 塞尺检查,母线宽度在 63mm 及以上者,塞尺塞入深度不得超过 6mm 。母线宽度在 56mm 及以下者,塞尺塞入深度不得超过 4mm 。

硬母线采用焊接连接时的主要要求:

① 焊口应四面施焊,表面应平整、光洁,焊口两侧的母线不应偏移和错位;

② 同相不同片母线的焊口位置应错开;

③ 焊口与支持绝缘子边缘或弯曲处边缘的距离不应小于 50mm ;

④ 焊接处的直流电阻不应大于同材料、同规格、同长度的母线电阻值。

43. 触电急救

(1) 发现有人在低压系统或高压系统上触电,如何使其脱离电源?

使触电人脱离低压电源的方法主要有:

① 立即拉开与触电人有关的电源开关或熔断器;

② 使用带绝缘柄的工具或有干燥木柄的斧头等利器切断电源线;

③ 使用相应的绝缘物挑开带电导线或用干燥的绳索套拉带电导线;

④ 救护人可站在干燥木板上,用一只手将触电人拉开,脱离电源;

⑤ 救护人可一只手戴上手套或手上缠裹干燥衣服、围巾等将触电人拉开脱离电源;

⑥ 现场条件允许时,可采用短路法使电源开关掉闸或熔丝熔断,切断电源。

使触电人脱离高压电源的方法主要有：

① 立即通知有关供电部门停电；

② 戴上绝缘手套，穿上绝缘靴，拉开有关的断路器或跌开式熔断器；

③ 在保证安全的前提下，抛掷裸金属导线使线路短路，迫使继电保护装置动作开关掉闸或熔丝熔断。

(2) 人工呼吸及胸外挤压的操作方法是什么？

口对口(或口对鼻)人工呼吸：

① 触电者仰卧平躺，头部后仰，仰至鼻孔朝天；

② 清理触电者口中异物，解开触电者衣领和腰带，以保证呼吸道通畅；

③ 救护者可在触电者头部的左边或右边，口对口吹气时应把鼻子捏紧，口对鼻吹气时应把嘴捂严；救护者换气时应放松触电者鼻或口，让其自动呼气；

④ 吹气时应使触电者胸部略有起伏，对儿童吹气量酌减，每次吹两秒，放松三秒，每分钟做 12 次。

胸外挤压法：

① 触电者硬底仰卧平躺，救护者跪骑在触电者的胯部；

② 救护者双手叠压在触电者心口窝略偏左部位(心脏部位)，用掌根向下挤压，下压深度 3cm ~ 5cm(小孩酌减)，压下后迅速放松，但掌根不要挪位，如此往复，每秒一次。每分钟约 60 ~ 80 次。

单人抢救时，两种急救方法应交替进行，可每 15 ~ 20 秒交替一次。

(3) 触电急救过程中应注意哪些安全问题？

① 触电者未脱离电源时，救护者不得直接接触及触电者的身体；

② 在使触电者脱离电源时，要防止触电者二次伤害；

③ 触电者脱离电源后，没有致命的外伤只能认为是假死，要争

分夺秒地进行抢救,在送往医院途中或请医生过程中不得间断;

④ 不准给触电者注射肾上腺素(强心针);

⑤ 触电者出现明显死亡综合症状(如瞳孔放大、背部或四肢出现红色尸斑、皮肤青灰、身体僵冷)且经医生诊断死亡时,方可终止抢救。

44. 模拟板倒闸操作

(1) 画出本单位一次系统图,要求标出开关操作编号及主要设备型号、规格。

画图要求:

① 主要电气设备包括高压断路器、高压隔离开关、高压负荷开关、跌开式熔断器、高压熔断器、变压器 TM、电压互感器 TV、电流互感器 TA、避雷器、母线、低压自动开关、刀开关、熔断器及并联电容器组等;

② 型号、规格只注明主要规格,并注在图形符号左侧;

③ 操作编号必须注在图形符号右侧,图中操作编号应符合《电气设备运行管理规程》的规定;

④ 图形符号必须采用新符号(GB4728)。

画图范围:

① 双路电源用户:从 101 开关开始,画出两路电源,每段母线各供一台变压器(单母线不分段则供两台变压器),画至低压母线(含母联开关);如图 2-44 所示。

② 单路电源用户:从 101 开关开始,单母线不分段供两台变压器,分段母线则每段母线各供一台变压器,画至低压母线(含母联开关);如图 2-45 所示。

③ 高供低量用户:从 101 开关开始,画至各低压分路(动力、照明、电容器组等各低压分路);如图 2-46 所示。

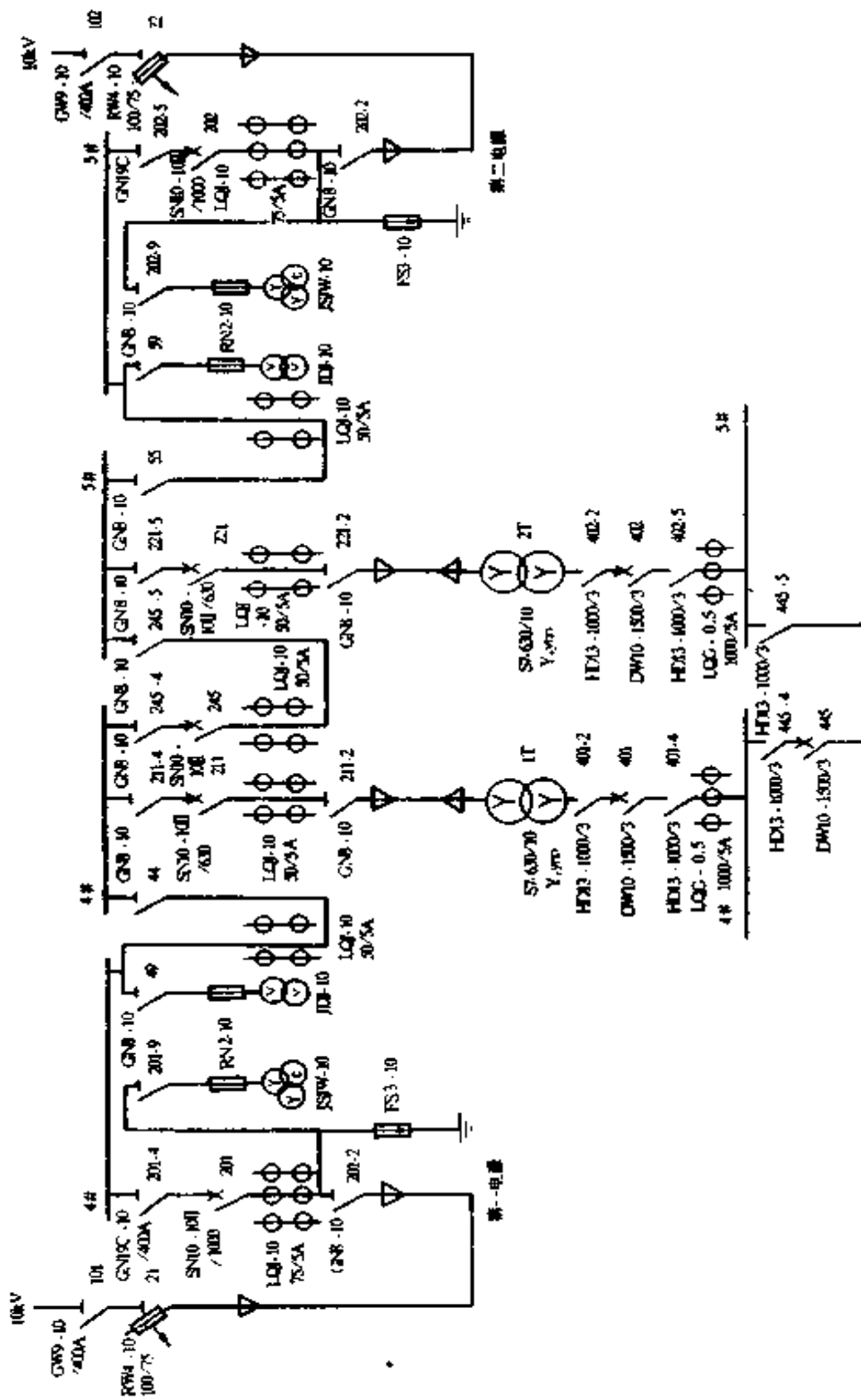


图 2-44 高压供电高压计量双路供电系统图

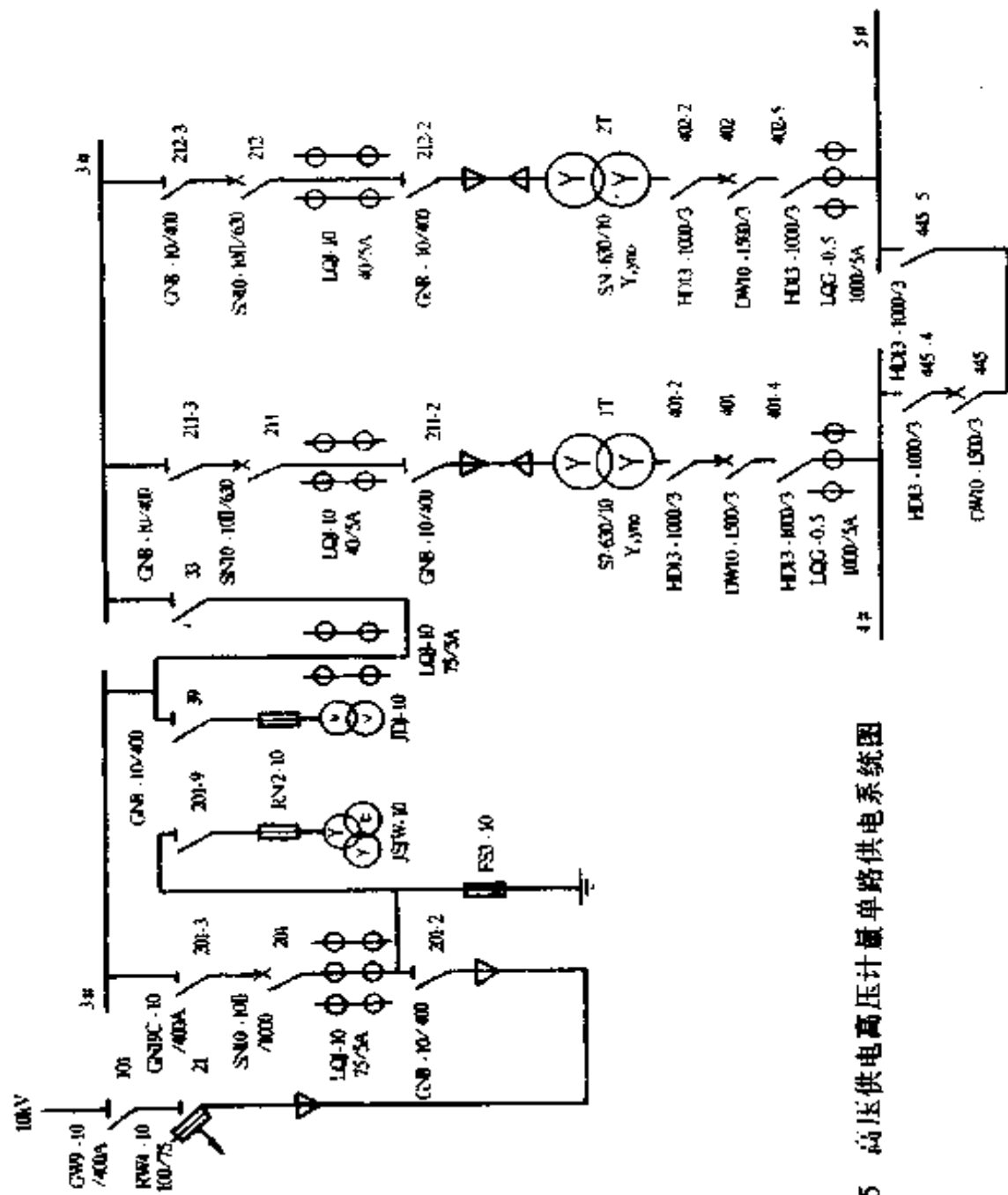


图 2-45 高压供电高压计量单路供电系统图

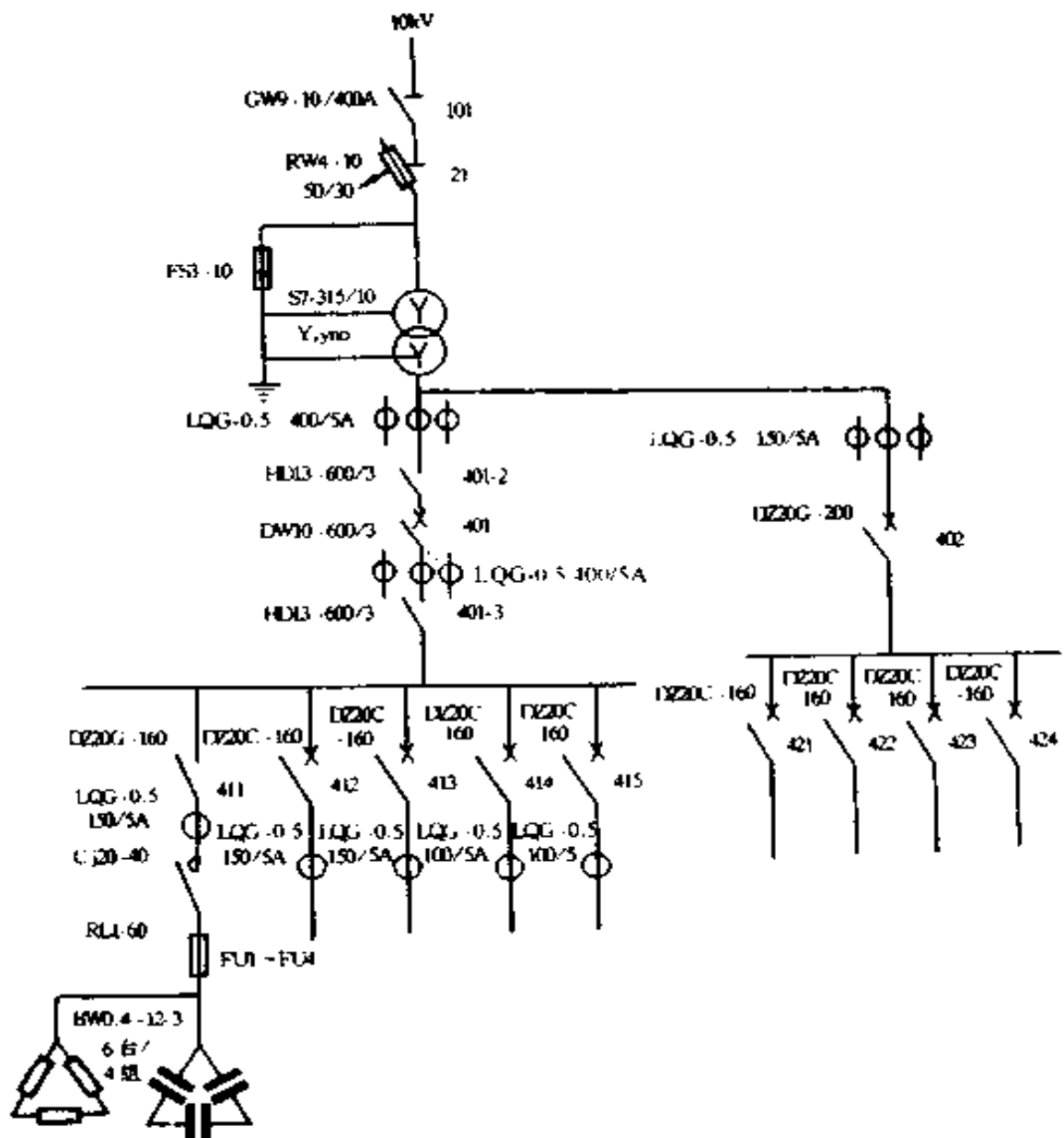


图 2-46 高压供电低压计量单路供电系统图

① 高供高量用户应画出计量柜接线。
 (2) 对本单位一次系统图的理解(主考老师根据图提问)。
 为确保安全运行和日常维护,要求了解、掌握本单位一次系统接线及设备的下列情况:

- ① 本单位电源由何处提供、引入方式、路名等具体情况;
- ② 本单位一次系统各主要设备的运行情况;

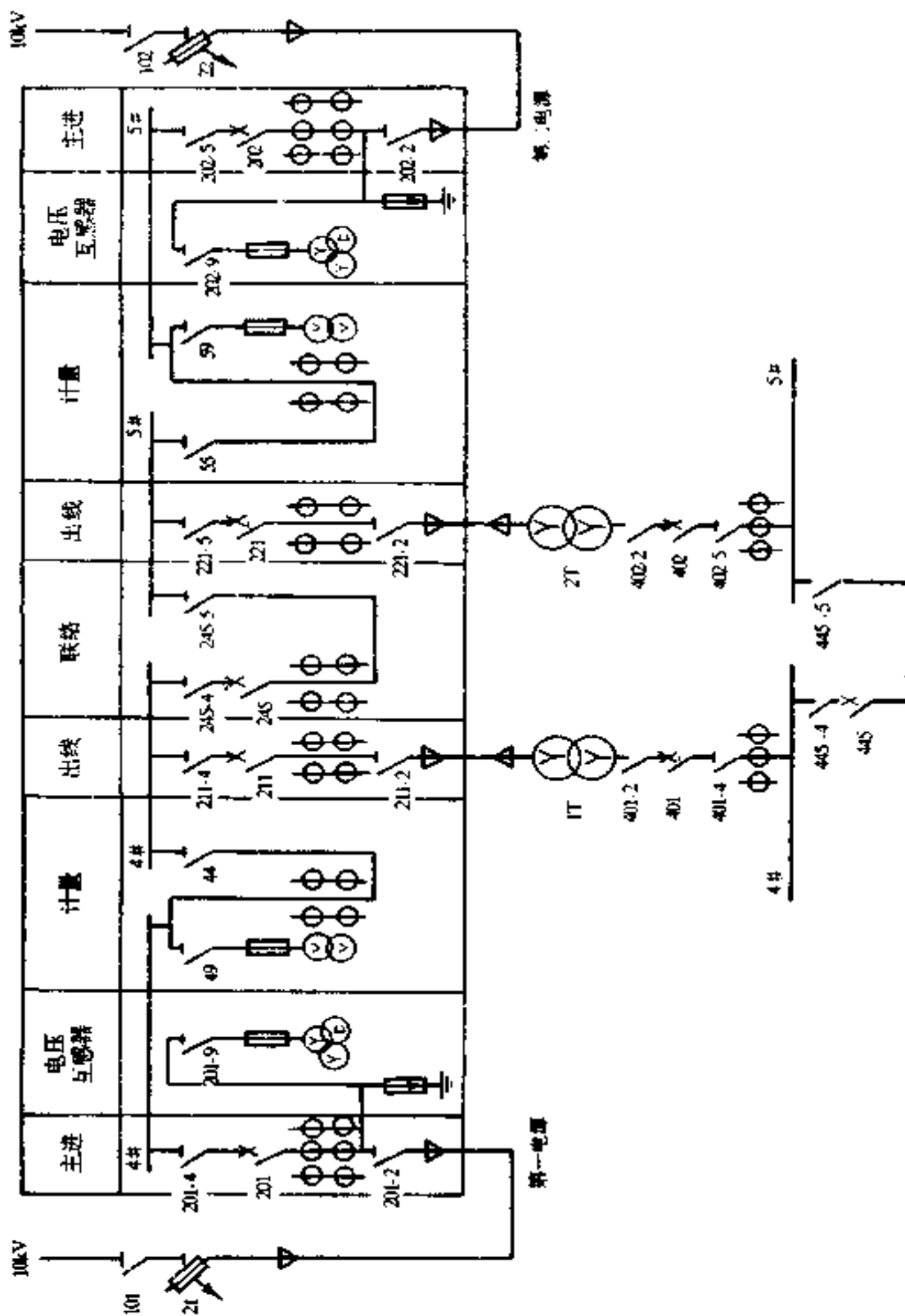


图 2-47 高压双路供电倒闸操作系统图

③ 本单位变、配电所的继电保护工作情况；

④ 本单位变、配电所的负荷情况；

⑤ 本单位电费计算依据；

⑥ 本单位与供电部门的业务联系范围。

(3) 填写倒闸操作票,参阅图 2-47 高压双路供电倒闸操作系统图,有以下 25 种倒闸操作方式:

第 1 种 操作任务:全站停电操作。

(现运行方式为:第二电源供电、1T、2T 并列运行带全负荷;第一电源备用。)

操作项目

- (1) 拉开低压电容器组开关;
- (2) 拉开低压各路出线开关;
- (3) 拉开 445 查确已拉开;
- (4) 拉开 445-4 查确已拉开;
- (5) 拉开 445-5 查确已拉开;
- (6) 拉开 401 查确已拉开;
- (7) 拉开 401-4 查确已拉开;
- (8) 拉开 401-2 查确已拉开;
- (9) 拉开 402 查确已拉开;
- (10) 拉开 402-5 查确已拉开;
- (11) 拉开 402-2 查确已拉开;
- (12) 拉开 211 查确已拉开;
- (13) 拉开 211-2 查确已拉开;
- (14) 拉开 211-4 查确已拉开;
- (15) 拉开 245 查确已拉开;
- (16) 拉开 245-4 查确已拉开;
- (17) 拉开 245-5 查确已拉开;

- (18) 拉开 221 查确已拉开;
- (19) 拉开 221 - 2 查确已拉开;
- (20) 拉开 221 - 5 查确已拉开;
- (21) 拉开 202 查确已拉开;
- (22) 拉开 202 - 5 查确已拉开;
- (23) 拉开 202 - 9 查确已拉开;
- (24) 拉开 202 - 2 查确已拉开;
- (25) 拉开 22 查确已拉开;
- (26) 拉开 201 - 9 查确已拉开;
- (27) 拉开 201 - 2 查确已拉开;
- (28) 拉开 21 查确已拉开;

第 2 种 操作任务:全站停电操作。

(现运行方式为:第二电源供电,2T 运行带全负荷;第一电源及 1T 备用。)

操作项目

- (1) 拉开低压电容器组开关;
- (2) 拉开低压各路出线开关;
- (3) 拉开 445 查确已拉开;
- (4) 拉开 445 - 4 查确已拉开;
- (5) 拉开 445 - 5 查确已拉开;
- (6) 拉开 402 查确已拉开;
- (7) 拉开 402 - 5 查确已拉开;
- (8) 拉开 402 - 2 查确已拉开;
- (9) 拉开 221 查确已拉开;
- (10) 拉开 221 - 2 查确已拉开;
- (11) 拉开 221 - 5 查确已拉开;
- (12) 拉开 202 查确已拉开;

- (13) 拉开 202-5 查确已拉开;
- (14) 拉开 202-9 查确已拉开;
- (15) 拉开 202-2 查确已拉开;
- (16) 拉开 22 查确已拉开;
- (17) 拉开 201-9 查确已拉开;
- (18) 拉开 201-2 查确已拉开;
- (19) 拉开 21 查确已拉开;

第 3 种 操作任务:全站停电操作。

(现运行方式为:第一电源供电,1T 运行带全负荷;第二电源及 2T 备用。)

操作项目

- (1) 拉开低压电容器组开关;
- (2) 拉开低压各路出线开关;
- (3) 拉开 445 查确已拉开;
- (4) 拉开 445-5 查确已拉开;
- (5) 拉开 445-4 查确已拉开;
- (6) 拉开 401 查确已拉开;
- (7) 拉开 401-4 查确已拉开;
- (8) 拉开 401-2 查确已拉开;
- (9) 拉开 211 查确已拉开;
- (10) 拉开 211-2 查确已拉开;
- (11) 拉开 211-4 查确已拉开;
- (12) 拉开 201 查确已拉开;
- (13) 拉开 201-4 查确已拉开;
- (14) 拉开 201-9 查确已拉开;
- (15) 拉开 201-2 查确已拉开;
- (16) 拉开 21 查确已拉开;

- (17) 拉开 202 - 9 查确已拉开;
- (18) 拉开 202 - 2 查确已拉开;
- (19) 拉开 22 查确已拉开。

第 4 种 操作任务:全站停电操作。

(现运行方式为:第一电源供电,1T、2T
并列运行带全负荷;第二电源备用。)

操作项目

- (1) 拉开低压电容器组开关;
- (2) 拉开低压各路出线开关;
- (3) 拉开 445 查确已拉开;
- (4) 拉开 445 - 5 查确已拉开;
- (5) 拉开 445 - 4 查确已拉开;
- (6) 拉开 402 查确已拉开;
- (7) 拉开 402 - 5 查确已拉开;
- (8) 拉开 402 - 2 查确已拉开;
- (9) 拉开 401 查确已拉开;
- (10) 拉开 401 - 4 查确已拉开;
- (11) 拉开 401 - 2 查确已拉开;
- (12) 拉开 221 查确已拉开;
- (13) 拉开 221 - 2 查确已拉开;
- (14) 拉开 221 - 5 查确已拉开;
- (15) 拉开 245 查确已拉开;
- (16) 拉开 245 - 5 查确已拉开;
- (17) 拉开 245 - 4 查确已拉开;
- (18) 拉开 211 查确已拉开;
- (19) 拉开 211 - 2 查确已拉开;
- (20) 拉开 211 - 4 查确已拉开;

- (21) 拉开 201 查确已拉开;
- (22) 拉开 201 - 4 查确已拉开;
- (23) 拉开 201 - 9 查确已拉开;
- (24) 拉开 201 - 2 查确已拉开;
- (25) 拉开 21 查确已拉开;
- (26) 拉开 202 - 9 查确已拉开;
- (27) 拉开 202 - 2 查确已拉开;
- (28) 拉开 22 查确已拉开。

第 5 种 操作任务:全站由运行转检修,并执行安全技术措施。

(现运行方式为:第一电源供电,1T、2T 并列运行带全负荷;第二电源备用。)

操作项目

- (1) 拉开低压电容器组开关;
- (2) 拉开低压各路出线开关;
- (3) 拉开 445 查确已拉开;
- (4) 拉开 445 - 5 查确已拉开;
- (5) 拉开 445 - 4 查确已拉开;
- (6) 拉开 401 查确已拉开;
- (7) 拉开 401 - 4 查确已拉开;
- (8) 拉开 401 - 2 查确已拉开;
- (9) 拉开 402 查确已拉开;
- (10) 拉开 402 - 5 查确已拉开;
- (11) 拉开 402 - 2 查确已拉开;
- (12) 拉开 221 查确已拉开;
- (13) 拉开 221 - 2 查确已拉开;
- (14) 拉开 221 - 5 查确已拉开;

- (15) 拉开 245 查确已拉开;
- (16) 拉开 245 - 5 查确已拉开;
- (17) 拉开 245 - 4 查确已拉开;
- (18) 拉开 211 查确已拉开;
- (19) 拉开 211 - 2 查确已拉开;
- (20) 拉开 211 - 4 查确已拉开;
- (21) 拉开 201 查确已拉开;
- (22) 拉开 201 - 4 查确已拉开;
- (23) 拉开 201 - 9 查确已拉开;
- (24) 拉开 201 - 2 查确已拉开;
- (25) 拉开 21 查确已拉开;
- (26) 拉开 202 - 9 查确已拉开;
- (27) 拉开 202 - 2 查确已拉开;
- (28) 拉开 22 查确已拉开;
- (29) 在 201 - 2 电源侧验电确无电压;
- (30) 在 201 - 2 电源侧装 1 # 接地线;
- (31) 在 201 - 2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (32) 在 202 - 2 电源侧验电确无电压;
- (33) 在 202 - 2 电源侧装 2 # 接地线;
- (34) 在 202 - 2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌。

第 6 种 操作任务:全站由运行转检修,并执行安全技术措施。

(现运行方式为:第二电源供电,1T、2T 并列运行带全负荷;第一电源备用。)

操作项目:

- (1) 拉开低压电容器组开关；
- (2) 拉开低压各路出线开关；
- (3) 拉开 445 查确已拉开；
- (4) 拉开 445 - 4 查确已拉开；
- (5) 拉开 445 - 5 查确已拉开；
- (6) 拉开 401 查确已拉开；
- (7) 拉开 401 - 4 查确已拉开；
- (8) 拉开 401 - 2 查确已拉开；
- (9) 拉开 402 查确已拉开；
- (10) 拉开 403 查确已拉开；

- (28) 拉开 21 查确已拉开;
- (29) 在 201-2 电源侧验电确无电压;
- (30) 在 201-2 电源侧装 1# 接地线;
- (31) 在 201-2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (32) 在 202-2 电源侧验电确无电压;
- (33) 在 202-2 电源侧装 2# 接地线;
- (34) 在 202-2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌。

第 7 种 操作任务:211 开关由运行转检修,并执行安全技术措施。

(现运行方式为:第一电源供电,1T、2T 并列运行带全负荷;第二电源备用。)

操作项目

- (1) 查 2T 能带全负荷;
- (2) 拉开 401 查确已拉开;
- (3) 拉开 401-4 查确已拉开;
- (4) 拉开 401-2 查确已拉开;
- (5) 拉开 211 查确已拉开;
- (6) 拉开 211-2 查确已拉开;
- (7) 拉开 211-4 查确已拉开;
- (8) 在 211-4 负荷侧验电确无电压;
- (9) 在 211-4 负荷侧装 1# 接地线;
- (10) 在 211-4 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (11) 在 211-2 电源侧验电确无电压;
- (12) 在 211-2 电源侧装 2# 接地线;

(13) 在 211-2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸，有人工作”标示牌。

第 8 种 操作任务：2T 由运行转检修，并执行安全技术措施。

(现运行方式为：第二电源供电，1T、2T 并列运行带全负荷；第一电源备用。)

操作项目

- (1) 查 1T 能带全负荷；
- (2) 拉开 402 查确已拉开；
- (3) 拉开 402-5 查确已拉开；
- (4) 拉开 402-2 查确已拉开；
- (5) 拉开 221 查确已拉开；
- (6) 拉开 221-2 查确已拉开；
- (7) 拉开 221-5 查确已拉开；
- (8) 在 221-2 负荷侧验电确无电压；
- (9) 在 221-2 负荷侧装 1# 接地线；
- (10) 在 221-2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸，有人工作”标示牌；
- (11) 在 402-2 电源侧验电确无电压；
- (12) 在 402-2 电源侧装 2# 接地线；
- (13) 在 402-2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸，有人工作”标示牌。

第 9 种 操作任务：221 开关由运行转检修，并执行安全技术措施。

(现运行方式为：第二电源供电，1T、2T 并列运行带全负荷；第一电源备用。)

操作项目

- (1) 查 1T 能带全负荷;
- (2) 拉开 402 查确已拉开;
- (3) 拉开 402-5 查确已拉开;
- (4) 拉开 402-2 查确已拉开;
- (5) 拉开 221 查确已拉开;
- (6) 拉开 221-2 查确已拉开;
- (7) 拉开 221-5 查确已拉开;
- (8) 在 221-5 负荷侧验电确无电压;
- (9) 在 221-5 负荷侧装 1# 接地线;
- (10) 在 221-5 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (11) 在 221-2 电源侧验电确无电压;
- (12) 在 221-2 电源侧装 2# 接地线;
- (13) 在 221-2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (14) 查 1T 运行正常。

第 10 种 操作任务: 1T 由运行转检修,并执行安全技术措施。

(现运行方式为:第一电源供电,1T、2T 并列运行带全负荷;第二电源备用。)

操作项目

- (1) 查 2T 能带全负荷;
- (2) 拉开 401 查确已拉开;
- (3) 拉开 401-4 查确已拉开;
- (4) 拉开 401-2 查确已拉开;
- (5) 拉开 211 查确已拉开;
- (6) 拉开 211-2 查确已拉开;

- (7) 拉开 211-4 查确已拉开;
- (8) 在 211-2 负荷侧验电确无电压;
- (9) 在 211-2 负荷侧装 1# 接地线;
- (10) 在 211-2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (11) 在 401-2 电源侧验电确无电压;
- (12) 在 401-2 电源侧装 2# 接地线;
- (13) 在 401-2 操作手柄上挂“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (14) 查 2T 运行正常。

第 11 种 操作任务:全站由检修转运行。

(现运行方式为:第一电源供电,2T 运行带全负荷;第二电源及 1T 备用。)

操作项目

- (1) 查 21、22、201、202、211、221、245、445、401 及 402 确在分闸位置;
- (2) 拆除 201-2 电源侧 1# 接地线一组;
- (3) 取下 201-2 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (4) 拆除 202-2 电源侧 2# 接地线一组;
- (5) 取下 202-2 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (6) 合上 21 查确已合上;
- (7) 合上 201-2 查确已合上;
- (8) 合上 201-9 查确已合上,三相电源电压应正常;
- (9) 合上 201-4 查确已合上;
- (10) 合上 201 查确已合上;

- (11) 合上 22 查确已合上;
- (12) 合上 202-2 查确已合上;
- (13) 合上 202-9 查确已合上,三相电源电压应正常;
- (14) 合上 245-4 查确已合上;
- (15) 合上 245-5 查确已合上;
- (16) 合上 245 查确已合上;
- (17) 合上 221-5 查确已合上;
- (18) 合上 221-2 查确已合上;
- (19) 合上 221 听 2T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (20) 合上 402-2 查 2T 二次侧电压应正常;
- (21) 合上 402-5 查确已合上;
- (22) 合上 402 查确已合上;
- (23) 合上 445-5 查确已合上;
- (24) 合上 445-4 查确已合上;
- (25) 合上 445 查确已合上;
- (26) 合上低压各路出线开关;
- (27) 合上低压电容器组开关。

第 12 种 操作任务:221 开关由检修转运行。(2T 运行与 1T 并列)

(现运行方式为:第一电源供电,1T 运行带全负荷;第二电源备用。)

操作项目

- (1) 查 202、245 及 402 确在分闸位置;
- (2) 拆除 221-2 电源侧 1# 接地线一组;
- (3) 取下 221-2 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (4) 拆除 221-5 负荷侧 2# 接地线一组;

- (5) 取下 221 - 5 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (6) 合上 245 - 4 查确已合上;
- (7) 合上 245 - 5 查确已合上;
- (8) 合上 245 查确已合上;
- (9) 合上 221 - 5 查确已合上;
- (10) 合上 221 - 2 查确已合上;
- (11) 合上 221 听 2T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (12) 合上 402 - 2 查 2T 二次侧电压应正常;
- (13) 合上 402 - 5 查确已合上;
- (14) 合上 402 查确已合上;
- (15) 查 1T、2T 负荷分配应正常。

第 13 种 操作任务:1T 由检修转运行。(与 2T 并列)

(现运行方式为:第一电源供电,2T 运行带全负荷;第二电源备用。)

操作项目

- (1) 查 202、211 及 401 确在分闸位置;
- (2) 拆除 401 - 2 电源侧 1# 接地线一组;
- (3) 取下 401 - 2 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (4) 拆除 211 - 2 负荷侧 2# 接地线一组;
- (5) 取下 211 - 2 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (6) 合上 211 - 4 查确已合上;
- (7) 合上 211 - 2 查确已合上;
- (8) 合上 211 听 1T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (9) 合上 401 - 2 查 1T 二次侧电压应正常;

- (10) 合上 401 - 4 查确已合上;
- (11) 合上 401 查确已合上;
- (12) 查 1T、2T 负荷分配应正常。

第 14 种 操作任务:211 开关由检修转运行。(1T 运行与 2T 并列)

(现运行方式为:第二电源供电,2T 运行带全负荷;第一电源备用。)

操作项目

- (1) 查 201、245 及 401 确在分闸位置;
- (2) 拆除 211 - 2 电源侧 1# 接地线一组;
- (3) 取下 211 - 2 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (4) 拆除 211 - 4 负荷侧 2# 接地线一组;
- (5) 取下 211 - 4 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (6) 合上 245 - 5 查确已合上;
- (7) 合上 245 - 4 查确已合上;
- (8) 合上 245 查确已合上;
- (9) 合上 211 - 4 查确已合上;
- (10) 合上 211 - 2 查确已合上;
- (11) 合上 211 听 1T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (12) 合上 401 - 2 查 1T 二次侧电压应正常;
- (13) 合上 401 - 4 查确已合上;
- (14) 合上 401 查确已合上;
- (15) 查 1T、2T 负荷分配应正常。

第 15 种 操作任务:2T 由检修转运行。(与 1T 并列)

(现运行方式为:第二电源供电,1T 运

行带全负荷;第一电源备用。)

操作项目

- (1) 查 201、221 及 402 确在分闸位置;
- (2) 拆除 402-2 电源侧 1# 接地线一组;
- (3) 取下 402-2 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (4) 拆除 221-2 负荷侧 2# 接地线一组;
- (5) 取下 221-2 操作手柄上“已接地”、“禁止合闸,有人工作”标示牌;
- (6) 合上 221-5 查确已合上;
- (7) 合上 221-2 查确已合上;
- (8) 合上 221 听 2T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (9) 合上 402-2 查 2T 二次侧电压应正常;
- (10) 合上 402-5 查确已合上;
- (11) 合上 402 查确已合上;
- (12) 查 1T、2T 负荷分配应正常。

第 16 种 操作任务:原运行电源转备用,原备用电源转运行。(停电倒电源)

(现运行方式为:第二电源供电,2T 运行带全负荷;第一电源及 1T 备用。倒为第一电源供电,第二电源备用。)

操作项目

- (1) 查第一电源电压应正常;
- (2) 拉开低压电容器组开关;
- (3) 拉开低压各路出线开关;
- (4) 拉开 445 查确已拉开;
- (5) 拉开 445-4 查确已拉开;

- (6) 拉开 445 - 5 查确已拉开;
- (7) 拉开 402 查确已拉开;
- (8) 拉开 402 - 5 查确已拉开;
- (9) 拉开 402 - 2 查确已拉开;
- (10) 拉开 221 查确已拉开;
- (11) 拉开 221 - 2 查确已拉开;
- (12) 拉开 221 - 5 查确已拉开;
- (13) 拉开 202 查确已拉开;
- (14) 拉开 202 - 5 查确已拉开;
- (15) 查 201、211、245、401 确在分闸位置;
- (16) 合上 201 - 4 查确已合上;
- (17) 合上 201 查确已合上;
- (18) 合上 245 - 4 查确已合上;
- (19) 合上 245 - 5 查确已合上;
- (20) 合上 245 查确已合上;
- (21) 合上 221 - 5 查确已合上;
- (22) 合上 221 - 2 查确已合上;
- (23) 合上 221 听 2T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (24) 合上 402 - 2 查 2T 二次侧电压应正常;
- (25) 合上 402 - 5 查确已合上;
- (26) 合上 402 查确已合上;
- (27) 合上 445 - 5 查确已合上;
- (28) 合上 445 - 4 查确已合上;
- (29) 合上 445 查确已合上;
- (30) 合上低压各路出线开关;
- (31) 合上低压电容器组开关。

第 17 种 操作任务:原运行电源转备用,原备用电源转运

行。(不停电倒电源)

(现运行方式为:第一电源供电,1T运行带全负荷;第二电源及2T备用。倒为第二电源供电,第一电源备用。)

操作项目

- (1) 经供电部门调度同意;
- (2) 查第二电源电压应正常;
- (3) 查 202、221、245 及 402 确在分闸位置;
- (4) 合上 245-4 查确已合上;
- (5) 合上 245-5 查确已合上;
- (6) 合上 245 查确已合上;
- (7) 合上 202-5 查确已合上;
- (8) 解除 201 继电保护;
- (9) 解除 202 继电保护;
- (10) 合上 202 查确已合上;
- (11) 查环流;
- (12) 拉开 201 查确已拉开;
- (13) 恢复 201 继电保护;
- (14) 恢复 202 继电保护;
- (15) 拉开 201-4 查确已拉开。

附:合环操作七步令:

- (1) 解除运行路继电保护;
- (2) 解除备用路继电保护;
- (3) 合上备用路;
- (4) 查环流;
- (5) 拉开运行路;
- (6) 恢复原运行路继电保护;

(7) 恢复原备用路继电保护。

第 18 种 操作任务:原运行变压器转备用,原备用变压器转运行。(并列倒变压器)

(现运行方式为:第二电源供电,2T 运行带全负荷;第一电源及 1T 备用。倒为 1T 运行,2T 备用。)

操作项目

- (1) 查 201、211、245、401 确在断开位置;
- (2) 合上 245-5 查确已合上;
- (3) 合上 245-4 查确已合上;
- (4) 合上 245 查确已合上;
- (5) 合上 211-4 查确已合上;
- (6) 合上 211-2 查确已合上;
- (7) 合上 211 听 1T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (8) 合上 401-2 查 1T 二次侧电压应正常;
- (9) 合上 401-4 查确已合上;
- (10) 合上 401 查确已合上;
- (11) 查 1T、2T 负荷分配;
- (12) 拉开 402 查确已拉开;
- (13) 拉开 402-5 查确已拉开;
- (14) 拉开 402-2 查确已拉开;
- (15) 拉开 221 查确已拉开;
- (16) 拉开 221-2 查确已拉开;
- (17) 拉开 221-5 查确已拉开。

第 19 种 操作任务:原运行变压器转备用,原备用变压器转运行。(停电倒变压器)

(现运行方式为:第一电源供电,2T 运

行带全负荷;第二电源及 1T 备用。倒为 1T 运行,2T 备用。)

操作项目

- (1) 拉开低压电容器组开关;
- (2) 拉开低压各路出线开关;
- (3) 拉开 445 查确已拉开;
- (4) 拉开 445-4 查确已拉开;
- (5) 拉开 445-5 查确已拉开;
- (6) 拉开 402 查确已拉开;
- (7) 拉开 403 查确已拉开;

(25) 合上低压各路出线开关;

(26) 合上低压电容器组开关;

第 20 种 操作任务:原运行变压器转备用,原备用变压器转运行。(并列倒变压器)

(现运行方式为:第一电源供电,1T 运行带全负荷;第二电源及 2T 备用。倒为 2T 运行,1T 备用。)

操作项目

- (1) 查 2T 能带全负荷;
- (2) 查 245、221 及 402 确在分闸位置;
- (3) 合上 245 - 4 查确已合上;
- (4) 合上 245 - 5 查确已合上;
- (5) 合上 245 查确已合上;
- (6) 合上 221 - 5 查确已合上;
- (7) 合上 221 - 2 查确已合上;
- (8) 合上 221 听 2T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (9) 合上 402 - 2 查 2T 二次侧电压应正常;
- (10) 合上 402 - 5 查确已合上;
- (11) 合上 402 查确已合上;
- (12) 拉开 401 查确已拉开;
- (13) 拉开 401 - 4 查确已拉开;
- (14) 拉开 401 - 2 查确已拉开;
- (15) 拉开 211 查确已拉开;
- (16) 拉开 211 - 2 查确已拉开;
- (17) 拉开 211 - 4 查确已拉开。

第 21 种 操作任务:原运行变压器转备用,原备用变压器转运行。(停电倒变压器)

(现运行方式为:第二电源供电,1T运行带全负荷;第一电源及2T备用。倒为2T运行,1T备用。)

操作项目

- (1) 查2T能带全负荷;
- (2) 查201、221及402确在分闸位置;
- (3) 拉开低压电容器组开关;
- (4) 拉开低压各路出线开关;
- (5) 拉开445 查确已拉开;
- (6) 拉开445-5 查确已拉开;
- (7) 拉开445-4 查确已拉开;
- (8) 拉开401 查确已拉开;
- (9) 拉开401-4 查确已拉开;
- (10) 拉开401-2 查确已拉开;
- (11) 拉开211 查确已拉开;
- (12) 拉开211-2 查确已拉开;
- (13) 拉开211-4 查确已拉开;
- (14) 拉开245 查确已拉开;
- (15) 拉开245-4 查确已拉开;
- (16) 拉开245-5 查确已拉开;
- (17) 合上221-5 查确已合上;
- (18) 合上221-2 查确已合上;
- (19) 合上221 听2T空载运行声音应正常(3分钟);
- (20) 合上402-2 查2T二次侧电压应正常;
- (21) 合上402-5 查确已合上;
- (22) 合上402 查确已合上;
- (23) 合上445-5 查确已合上;

- (24) 合上 445 - 4 查确已合上;
- (25) 合上 445 查确已合上;
- (26) 合上低压各路出线开关;
- (27) 合上低压电容器组开关。

第 22 种 操作任务:原运行电源及变压器转备用,原备用电源及变压器转运行。(停电倒闸)
(现运行方式为:第一电源供电,1T 运行带全负荷;第二电源及 2T 备用。倒为第二电源供电,2T 运行带全负荷,第一电源及 1T 备用。)

操作项目

- (1) 查第二电源电压正常;
- (2) 拉开低压电容器组开关;
- (3) 拉开低压各路出线开关;
- (4) 拉开 445 查确已拉开;
- (5) 拉开 445 - 5 查确已拉开;
- (6) 拉开 445 - 4 查确已拉开;
- (7) 拉开 401 查确已拉开;
- (8) 拉开 401 - 4 查确已拉开;
- (9) 拉开 401 - 2 查确已拉开;
- (10) 拉开 211 查确已拉开;
- (11) 拉开 211 - 2 查确已拉开;
- (12) 拉开 211 - 4 查确已拉开;
- (13) 拉开 201 查确已拉开;
- (14) 拉开 201 - 4 查确已拉开;
- (15) 查 202、221、245 及 402 确在分闸位置;
- (16) 合上 202 - 5 查确已合上;

- (17) 合上 202 查确已合上;
- (18) 合上 221 - 5 查确已合上;
- (19) 合上 221 - 2 查确已合上;
- (20) 合上 221 听 2T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (21) 合上 402 - 2 查 2T 二次侧电压应正常;
- (22) 合上 402 - 5 查确已合上;
- (23) 合上 402 查确已合上;
- (24) 合上 445 - 5 查确已合上;
- (25) 合上 445 - 4 查确已合上;
- (26) 合上 445 查确已合上;
- (27) 合上低压各路出线开关;
- (28) 合上低压电容器组开关。

第 23 种 操作任务:原运行电源及变压器转备用,原备用电源及变压器转运行。(停电倒闸)
(现运行方式为:第二电源供电,2T 运行带全负荷;第一电源及 1T 备用。倒为第一电源供电,1T 运行带全负荷,第二电源及 2T 备用。)

操作项目

- (1) 查第一电源电压正常;
- (2) 拉开低压电容器组开关;
- (3) 拉开低压各路出线开关;
- (4) 拉开 445 查确已拉开;
- (5) 拉开 445 - 4 查确已拉开;
- (6) 拉开 445 - 5 查确已拉开;
- (7) 拉开 402 查确已拉开;
- (8) 拉开 402 - 5 查确已拉开;

- (9) 拉开 402 - 2 查确已拉开;
- (10) 拉开 221 查确已拉开;
- (11) 拉开 221 - 2 查确已拉开;
- (12) 拉开 221 - 5 查确已拉开;
- (13) 拉开 202 查确已拉开;
- (14) 拉开 202 - 5 查确已拉开;
- (15) 查 201、211、245、401 及 445 确在分闸位置;
- (16) 合上 201 - 4 查确已合上;
- (17) 合上 201 查确已合上;
- (18) 合上 211 - 4 查确已合上;
- (19) 合上 211 - 2 查确已合上;
- (20) 合上 211 听 1T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (21) 合上 401 - 2 查 1T 二次侧电压应正常;
- (22) 合上 401 - 4 查确已合上;
- (23) 合上 401 查确已合上;
- (24) 合上 445 - 4 查确已合上;
- (25) 合上 445 - 5 查确已合上;
- (26) 合上 445 查确已合上;
- (27) 合上低压各路出线开关;
- (28) 合上低压电容器组开关。

第 24 种 操作任务:原运行电源及变压器转备用,原备用电源及变压器转运行。(停电倒闸)
(现运行方式为:第一电源供电,2T 运行带全负荷;第二电源及 1T 备用。倒为第二电源供电,1T 运行带全负荷,第一电源及 2T 备用。)

操作项目

- (1) 查 1T 能带全负荷；
- (2) 查 202、211 及 401 确在分闸位置；
- (3) 查第二电源电压正常；
- (4) 拉开低压电容器组开关；
- (5) 拉开低压各路出线开关；
- (6) 拉开 445 查确已拉开；
- (7) 拉开 445 - 4 查确已拉开；
- (8) 拉开 445 - 5 查确已拉开；
- (9) 拉开 402 查确已拉开；
- (10) 拉开 402 - 5 查确已拉开；
- (11) 拉开 402 - 2 查确已拉开；
- (12) 拉开 221 查确已拉开；
- (13) 拉开 221 - 2 查确已拉开；
- (14) 拉开 221 - 5 查确已拉开；
- (15) 拉开 245 查确已拉开；
- (16) 拉开 245 - 5 查确已拉开；
- (17) 拉开 245 - 4 查确已拉开；
- (18) 拉开 201 查确已拉开；
- (19) 拉开 201 - 4 查确已拉开；
- (20) 合上 202 - 5 查确已合上；
- (21) 合上 202 查确已合上；
- (22) 合上 245 - 5 查确已合上；
- (23) 合上 245 - 4 查确已合上；
- (24) 合上 245 查确已合上；
- (25) 合上 211 - 4 查确已合上；
- (26) 合上 211 - 2 查确已合上；
- (27) 合上 211 听 1T 空载运行声音应正常(3 分钟)；

- (28) 合上 401 - 2 查 2T 二次侧电压应正常;
- (29) 合上 401 - 4 查确已合上;
- (30) 合上 401 查确已合上;
- (31) 合上 445 - 4 查确已合上;
- (32) 合上 445 - 5 查确已合上;
- (33) 合上 445 查确已合上;
- (34) 合上低压各路出线开关;
- (35) 合上低压电容器组开关。

第 25 种 操作任务:原运行电源及变压器转备用,原备用电源及变压器转运行。(停电倒闸)
(现运行方式为:第二电源供电,1T 运行带全负荷;第一电源及 2T 备用。倒为第一电源供电,2T 运行带全负荷,第二电源及 1T 备用。)

操作项目

- (1) 查 2T 能带全负荷;
- (2) 查 201、221 及 402 确在分闸位置;
- (3) 查第一电源电压正常;
- (4) 拉开低压电容器组开关;
- (5) 拉开低压各路出线开关;
- (6) 拉开 445 查确已拉开;
- (7) 拉开 445 - 5 查确已拉开;
- (8) 拉开 445 - 4 查确已拉开;
- (9) 拉开 401 查确已拉开;
- (10) 拉开 401 - 4 查确已拉开;
- (11) 拉开 401 - 2 查确已拉开;
- (12) 拉开 211 查确已拉开;

- (13) 拉开 211 - 2 查确已拉开;
- (14) 拉开 211 - 4 查确已拉开;
- (15) 拉开 245 查确已拉开;
- (16) 拉开 245 - 4 查确已拉开;
- (17) 拉开 245 - 5 查确已拉开;
- (18) 拉开 202 查确已拉开;
- (19) 拉开 202 - 5 查确已拉开;
- (20) 合上 201 - 4 查确已合上;
- (21) 合上 201 查确已合上;
- (22) 合上 245 - 4 查确已合上;
- (23) 合上 245 - 5 查确已合上;
- (24) 合上 245 查确已合上;
- (25) 合上 221 - 5 查确已合上;
- (26) 合上 221 - 2 查确已合上;
- (27) 合上 221 听 2T 空载运行声音应正常(3 分钟);
- (28) 合上 402 - 2 查 2T 二次侧电压应正常;
- (29) 合上 402 - 5 查确已合上;
- (30) 合上 402 查确已合上;
- (31) 合上 445 - 5 查确已合上;
- (32) 合上 445 - 4 查确已合上;
- (33) 合上 445 查确已合上;
- (34) 合上低压各路出线开关;
- (35) 合上低压电容器组开关。

附录 A 低压电工安全技术理论题

一、填空题

1. 对操作者本人,及对_____和_____的安全有重大危害因素的作业,称为特种作业。
2. 对于特种作业人员,必须进行专业的_____,并经考试合格后,才允许上岗操作。
3. 电工职业道德规范是:(1) 忠于职业责任,(2) _____,(3) 交流电工的_____和_____技术,(4) 团结协作。
4. 电工作业岗位安全职责中指出:电工应严格遵守国家颁布的用电_____和_____,提高_____安全意识和防止_____的能力。
5. 安全用电,就是要使一切电力设施处于_____状态,避免电力系统发生事故。
6. 用电安全,是要我们采取一切必要的措施,避免发生_____事故。
7. 安全生产的重要意义在于它关系到_____的安全。
8. 违章作业是不安全因素之一,既可能造成_____事故,也可能造成设备事故。
9. 发生人身事故和设备事故,大多数是由于_____造成

的。

10. 在电气设备上使用了_____电器产品或材料,就可能造成严重后果。

11. 根据电气事故的原因及后果,可分为电气设备事故和_____事故两大类。

12. 电路故障是_____故障的一部分。

13. 欧姆定律表明,电路中电阻不变时电流与_____成正比,电路中电压不变时电流与_____成反比。

14. R_1 、 R_2 、 R_3 三个电阻串联后接到电压为 U 的电源上,则该电路的总电流为_____。

15. 某直流负载两端电压为 12V,其电流为 8A,该负载电阻为_____。

16. 某直流负载为 4Ω ,通过负载的电流为 7.5A,负载两端的电压应为_____。

17. 220V、100W 的电烙铁其电阻应为_____。

18. 一条电阻值为 80Ω 的电阻丝,对折后并联测量,其电阻值应为_____。

19. 串联电路中电流_____,总电压等于各电阻上的_____之和。

20. 并联电路中的总_____等于各支路的电流之_____。

21. 我国电力系统中,交流电的频率为_____,周期为_____。

22. 交流电的三要素是_____、_____、_____。

23. 正弦交流电的频率为 50Hz,则角频率为_____。

24. 正弦交流电的最大值与有效值的关系为 $U_m =$ _____
 $i, I =$ _____ I_m 。

25. 正弦交流电的最大值是 311V,其有效值为_____。

26. 有一单相交流电压 $u = 311\sin(314t + \pi/6)V$, 其最大值为_____。

27. 有一单相正弦电压 $u = 311\sin(314t - \pi/6)V$, 其初相位为_____。

28. $R = 6\Omega$ 的纯电阻与 $X_C = 8\Omega$ 的纯容抗相串联, 其等效阻抗为_____。

29. $R = 9\Omega$ 的纯电阻与 $X_L = 12\Omega$ 的纯感抗相串联, 其等效阻抗为_____。

30. $R = 6\Omega$ 的纯电阻与 $X_L = 12\Omega$ 的纯感抗及 $X_C = 4\Omega$ 的纯容抗相串联, 其等效阻抗为_____。

31. 三相交流电为了区别相位, 用统一规定的颜色来表示, 我国规定用黄色表示 A 相(L1), 用_____色表示 B 相(L2), 用_____色表示 C 相(L3)。

32. 三相交流电路中, 已知 U, I, ϕ , 则 $P =$ _____。

33. 三相交流电路中, 已知 U, I, ϕ , 则 $Q =$ _____。

34. 三相交流电路中, 已知 U, I, ϕ , 则视在功率 $S =$ _____, 有功功率 $P =$ _____, 无功功率 $Q =$ _____, $\cos\phi =$ _____。

35. 在交流电路中, 电源提供的电功率有两种: 一种是_____功率, 另一种是有功功率。

36. 在交流电路中, 有功功率 P 与视在功率 S 的比值, 称为_____。

37. 交流电路中, 与功率三角形功率因数角相邻的直角边表示_____, 用符号_____表示; 单位是_____或_____。

38. 功率三角形的斜边表示_____, 用符号_____表示, 它的单位是_____或_____。

39. 功率三角形功率因数角的对边表示_____。

40. 负载为星形接线的对称三相电路,其线电压是相电压的_____倍,线电流与相电流_____。

41. Y形接线的对称三相负载,其线电压 U_L 与相电压 U_ϕ 的关系为_____;其线电流 I_L 与相电流 I_ϕ 的关系为_____。

42. Δ 形接线的对称三相负载,其线电压 U_L 与相电压 U_ϕ 的关系为_____;其线电流 I_L 与相电流 I_ϕ 的关系为_____。

43. 电工仪表按使用方式可分为_____式和_____式。

44. 测量电流应使用_____,并将其_____在电路中。

45. 为保证测量的准确,电流表的内阻应尽可能地_____。

46. 为保证测量的准确,电压表的内阻应尽可能地_____。

47. 钳形电流表可测量_____的电流。

48. 测量线路中的电流,但又不能中断负载的运行,应选用_____电流表。

49. 刻度非常均匀是_____系仪表的主要特点。

50. LQG-0.5型电流互感器,其中“Q”表示_____。

51. LMZJ1-0.5型电流互感器,其中“M”表示_____。

52. 电度计量用的电流互感器,应采用_____式的,其准确度等级不应低于_____。

53. 运行中的电流互感器二次侧开路会产生如下后果(1)_____,(2)_____,(3)_____,(4)电流表指示异常,继电保护无法正常工作等。

54. 电流互感器的变流比就是一次线圈的_____与二次线圈的_____之比。

55. 兆欧表的选用主要考虑兆欧表的额定_____和_____是否与被测的电气设备绝缘等级相适应。

56. 测量运行中额定电压 500V 以下的电机绝缘电阻时,应选用_____的兆欧表。

57. 万用表用毕,应将转换开关拨至交直流_____或 OFF 挡。

58. 为保证测量的相对误差尽可能地小,使用万用表的电压挡、电流挡时,选挡的原则是_____。

59. 使用万用表的电阻挡时,应通过选挡使表针指在刻度线的_____且每换一次挡应调整一次_____。

60. 有功电度表是测量_____的,其单位为_____。

61. 电度表的常数,表示每消耗 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 的电能,电度表_____的圈数。

62. 直入式电度表的接线,应使用绝缘铜导线,其截面应满足负荷电流的需要,且不得小于_____ mm^2 。

63. 三相有功电度表配接电流互感器时,电压回路导线截面不得小于_____,电流回路不得小于_____。

64. 电度表板的安装高度,其底口距地面不应低于_____。

65. 电度表箱明装时,表箱底口距地面不应低于_____。

66. 电度表箱暗装时,表箱底口距地面不应低于_____。

67. 电度表装于成套柜内,电度表底口距地面不应低于_____。

68. 当人体接近带电的裸导体时,即可能发生电流_____事故。

69. 电伤的后果,可分为灼伤、电烙印、_____三种。

70. 人体触电后果的严重程度和通过人体电流的大小、电流持续时间的长短、_____、_____及人体状况有关。

71. 电击触电的形式可分为_____电击和_____电击。

72. 通过人体工频电流的有效值约_____时,会有触电的感觉,此值称为_____电流。

73. 通过人体工频电流的有效值约_____时,触电者能自

主地摆脱电源,此值称为_____电流。

74. 通过人体工频电流的有效值达到_____时,有可能引起心室纤维性颤动,这是_____的主要原因。

75. 触电事故发生的季节性表现在:_____季比_____季多,以_____月份为最多。

76. 如果触电者尚未脱离电源,救护者_____直接接触其身体,应设法使其尽快脱离电源,并防止触电者_____。

77. 触电者只要没有_____,只能认为是_____,必须立即就地_____在医生到来之前救护_____。

78. 口对口(鼻)人工呼吸,应使触电人_____,头部尽量_____,并排除_____。

79. 人工呼吸采用口对口吹气法急救时,大约每次吹_____秒,放松_____秒,操作时应能看到触电人_____。

80. 胸外心脏挤压法是救护人双手叠压在_____部位,_____一次。

81. 胸外心脏挤压的操作节奏,大约每分钟_____次;下压的深度(对成年人)约_____。

82. TN系统的字母“T”表示_____,字母“N”表示电气设备金属外壳与变压器中性点引出的零线相连接。

83. 配电变压器低压中性点的接地叫_____,其接地电阻一般不超过_____。

84. TN-C-S供电系统指三相四线制变为三相_____系统。

85. 低压三相五线制供电系统的零线有两条,一条为工作零线,用字母_____表示;另一条为保护零线,用字母_____表示。

86. 保护接零适用于电源中性点_____的_____配电网。

87. 接零保护的原理是:可以形成大的短路电流,从而

使漏电设备_____。

88. 保护接地适用于电源中性点_____的_____配电网。

89. 接地保护的原理是:可以_____漏电设备外壳上的_____。

90. 电力系统的接地装置与建筑物及人行道的最小距离为_____。

91. 电力系统的接地装置距独立避雷针的接地装置至少为_____ m。

92. 防雷装置由接闪器、_____及接地装置三部分组成。

93. 人工垂直接地体的安装通常规定:圆钢直径不得小于_____ mm,角钢厚度不得小于_____ mm,钢管壁厚不得小于_____ mm,长度不得小于_____ m,间距不得小于_____ m。埋深不得小于_____ m。

94. 接地体与独立避雷针的接地体之间的距离不得小于_____ m,与建筑物基础之间的距离不得小于_____ m。

95. 防火的基本原理是防止燃烧的三个条件同时存在和_____作用。

96. 燃烧的基本条件是:具备火源、具有_____物质和助燃物质。

97. 灭火器材的灭火原理是_____或_____。

98. 带电灭火可使用的灭火器有_____和_____。

99. 明令禁止使用的灭火器材是_____。

100. 灭火器材应存放在_____场所且_____位置。

101. 在灭火器材存放的位置,夏季应_____、冬季应_____。

102. 使用二氧化碳灭火器时,应_____喷管,喷向_____,并防止喷出物_____。

103. 漏电保护装置,是用于防止人身触电和因漏电而引起
_____等事故的一种电器。

104. 常用的低压基本安全用具有:_____,_____,_____
用具。

105. 在低压带电设备上作业时,应使用_____用具操作,
携带_____,不准使用_____的金属用具。

106. 在低压带电设备或线路上作业时,应设有_____,工
作人员不准_____带电导体,应保持规定的_____。

107. 电气设备停电检修时,保证安全的技术措施是:
_____,_____,_____,_____,_____。

108. 进行停电检修工作中,在工作间断时,应使全体工作
人员_____,工作票由工作负责人执存,所有的安全措施
_____。

109. 电气设备带电检修时,执行监护制度是保证_____和
_____的主要措施。

110. 临时接地线应采用_____,其截面不应小于_____。

111. 接临时接地线时,必须先接_____,后接_____。

112. 常用登高安全用具有_____,_____,_____等专用
用具。

113. 在潮湿的环境或室外,铜铝导线的连接应采用_____,
以免发生_____腐蚀。

114. 同杆架设线路直线杆横担之间的最小垂直距离为:高
压与低压_____ m,低压与低压_____ m。

115. 导线的常用连接方法有三种,即有压接法、焊接法和
_____法。

116. 1kV 以下线路架空敷设,经过以下地区的最小对地面
距离为:居民区_____ m;非居民区 5m;交通困难区 4m。

117. 低压架空线路的电杆,一般埋设深度为电杆长的_____,但最浅不得小于_____ m。变台杆埋设深度不得小于_____ m。

118. 低压架空线路跨越建筑物,当导线最大弧垂时,导线与建筑物的垂直距离不得小于_____ m。

119. 接户线应使用_____导线,其长度不宜超过_____ m;对地面的距离不得小于_____ m。

120. 接户线的最小截面:铜线不小于_____ mm^2 ,铝线不小于_____ mm^2 。

121. 接户线最大弧垂时,对交通要道路面的中心垂直距离不小于_____ m,对通车困难的道路一般不小于_____ m。

122. 电力电缆的直埋,对电缆的要求是_____。

123. 低压电缆敷设前应采用_____兆欧表摇测绝缘电阻,温度在_____ $^{\circ}\text{C}$ 时,绝缘电阻值不应低于_____。

124. 直埋电力电缆埋深一般不小于_____ m,应在电缆上、下各铺设_____ mm厚的细砂或软土,垫层上应用_____或砖衔接覆盖。

125. 电力电缆与无隔热措施的热力管道平行接近的最小间距为_____ m;垂直接近的最小间距为_____ m。

126. 在直埋电力电缆沿线的地面上,应在_____处、_____处、_____处及_____处设置明显的方位标桩。

127. 直埋电力电缆在进出建筑物(或进出沟道、隧道)处,应_____并_____。

128. 低压电器是指工作在额定电压_____及以下电路中的电器。

129. 矩形硬母线的排列方式有三种,即有水平、垂直和_____排列。

130. 硬母线的安装,当母线长度超过_____时,应有补偿措施。

131. 螺栓连接的硬母线其搭接长度应_____。

132. 螺栓连接的硬母线,当母线垂直安装时螺栓应_____穿,水平安装时螺栓应_____穿。

133. 螺栓连接的硬母线,其连接部分在连接前应打磨干净,并_____。

134. 100×10 及以下铝母线平弯时,其弯曲半径不应小于_____的_____倍。

135. 100×10 及以下铝母线立弯时,其弯曲半径不应小于_____的_____倍。

136. 硬母线扭弯(90°)时,扭转部分的_____不应小于_____倍。

137. 硬母线弯曲部分的边缘与连接部分的边缘相距至少_____。

138. 硬母线焊接时,其焊口应_____,中心线不应_____。

139. DW10 是低压电器中_____的型号。

140. DW10 型空气断路器电磁脱扣器整定值的刻度,是该断路器额定电流的_____、_____、_____。

141. DW15 - 630/3 是低压电器中_____的型号,其中 630 表示_____,3 表示_____。

142. DZ10 - 100/330 是低压电器中_____的型号,其中“100”表示_____。

143. DZ10 - 100/330 是低压电器中_____的型号,其中“330”中的第二个“3”表示_____。

144. DZ 型自动开关的热脱扣器由_____构成,_____时动作,电磁脱扣器由_____构成,_____时动作。

145. HD13 是低压电器中_____的型号,其中“D”表示_____。
146. HS13 是低压电器中_____的型号,其中“S”表示_____。
147. RC1A - 30 是_____的型号,其中 30 是指_____,单位是_____。
148. RL1 是低压电器中_____的型号。
149. 熔体的熔断电流是指能使熔体在_____时间内熔断的电流。
150. LW2 是低压电器中_____的型号,属于低压电器中_____类。
151. LA 是低压电器中_____的型号,属于低压电器中_____类。
152. CJ10 是低压电器中_____的型号。
153. QC10 - 3/6 是磁力启动器的型号,其中 QC 表示_____,10 表示_____,3 表示_____,该级额定电流为 20A,6 表示防护式不可逆,装有_____。
154. JR16 是_____的型号,它可以作为低压线路或电气设备的_____保护。
155. 热继电器作电气设备或线路的_____保护,热继电器的额定电流一般按负载额定电流的_____倍选择,应整定在负荷电流的_____倍上。
156. 热继电器经过载保护动作后,在手动复位方式下,在_____分钟后可_____使其复位。
157. 热继电器经过载保护动作后,在自动复位方式下,约_____分钟后可自动复位。
158. 电光源的类型主要有_____发光和_____发光两大

类。

159. 在有腐蚀性气体场所应选择_____灯具。

160. 易燃、易爆的场所应选择_____灯具。

161. 一般室内, 敞开式灯具的安装高度应不小于_____, 当灯具的重量为 1~3kg 时应采用_____固定。

162. 灯头必须距离地面 1m 的照明设备(工作台灯除外)需要采用_____以下。

163. 安全灯电压的选用, 一般场所使用时不应超过_____V; 在特别潮湿场所和金属容器内使用时, 不应超过_____V。

164. 照明电源普遍采用中性点接地的 380V/220V、TN-C 或_____系统。

165. 照明线路的零线(中性线)除规定情况外是_____的。

166. 插座的安装, 要求不同电压等级的插座应有_____, 使其_____。明装插座对地距离不应小于_____, 暗装插座对地距离不应小于_____。

167. 螺丝口灯头的安装要求, 开关断_____, 火线应接灯头的_____。除敞开式灯具外, 凡灯泡容量在 100W 以上应采用_____。

168. 拉线开关安装距地面一般为_____m, 距出入口水平距离一般为_____m。

169. 一般情况下, 一个照明支路允许安装的灯头数不应超过_____个, 同时该支路的电流不应超过_____A。

170. 管配线的管径选择应使所穿入导线总截面不得大于管内径截面的_____。

171. 管配线, 直线管至少每_____m 应有一个接线盒; 有一个 90°弯时至少每_____m 应有一个接线盒。

172. 明管配线, 线管的弯曲半径不应小于管外径的_____。

倍,当有两个 90° 弯时至少每 _____ m 应有一个接线盒。

173. 交流异步电动机按转子结构的不同,可分为 _____ 和 _____ 两大类。

174. 在公用电网上,允许直接启动的电动机,其容量不应大于 _____。

175. 三相鼠笼式异步电动机常用的降压启动方法有 _____ 和 _____。

176. 采用 Y- Δ 启动器启动的电动机,要求电动机在正常运行时必须是 _____ 形接法。

177. 采用 Y- Δ 启动器启动的电动机,对负载的要求是:必须在 _____ 情况下启动。

178. 应作降压启动的三相鼠笼式电动机,在带半载启动的条件下,以采用 _____ 启动装置较为合理。

179. 在三相电压平衡时,电动机在额定电压下的空载电流,任何一相与平均值之差,应不大于平均值的 _____ %。

180. 三相异步电动机转子的故障常发生在 _____、_____ 和 _____ 处。

181. 三相异步电动机要想改变旋转方向,将三相电源 _____ 即可。

182. 一台 8 极异步电动机,转差率 $S = 0.06$,其额定转速应是 _____。

183. 电动机的机械特性是指 _____ 和 _____ 之间的关系。

184. 运行中的三相异步电动机,其转子电流的频率 _____ 于定子电流的频率。

185. Y 系列电动机,其绝缘等级为 _____ 级。

186. 电气设备的绝缘等级为 E 级,其允许的最高工作温度为 _____。

187. 电气设备的绝缘等级为 B 级,其允许的最高工作温度为_____。

188. 新安装的电动机,测量定子绕组的绝缘应使用_____兆欧表,最低合格值为_____。

189. 运行中的电动机,测量定子绕组的绝缘应选用_____兆欧表,最低合格值为_____。

190. 电动机换装时,应核对新装电动机与原电动机的_____、_____、_____、_____是否一致。

191. 三相异步电动机带有额定负载,如长时间缺相运行,电动机有可能_____。

192. 并联电容器有改善_____功率因数的作用,一般应通过投入电容器使功率因数在_____范围内。

193. BW0.4 - 12 - 3 为_____的型号,其中“12”表示_____。

194. BW0.4 - 12 - 3TH 是并联电容器的型号,其中“TH”表示_____型。

195. 并联电容器采用熔断器保护时,其熔丝的选择要求是:保护单台电容器的熔丝为额定电流的_____倍。

196. 并联电容器分组装设熔丝保护时,每组不宜超过_____台。其熔丝额定电流应按电容器组额定电流的_____倍选择。

197. 规程规定禁止电容器组在_____的情况下再次合闸送电。

198. 刚退出运行的电容器组,需再次投入时,至少应在_____分钟以后。

199. 电容器采用电阻放电时,按运行规程的要求,应使电容器组的残留电压在电容器断电 30 秒钟内降至_____ V 以下。

200. 并联电容器的总台数超过_____时,应设电容器室,电容器室温不应超过 40°C 。

201. 全站停电操作时,应先拉_____开关,后拉_____开关。

202. 新安装的 0.4kV 并联电容器,交接试验应使用_____兆欧表,摇测各极对地绝缘电阻最低合格值为_____。

203. 运行中的 0.4kV 并联电容器,预防性试验应使用_____兆欧表,摇测各极对地绝缘电阻最低合格值为_____。

204. 并联电容器的安装,底层距地面不应小于_____,各层间距不应小于_____。

205. II类手持式电动工具采用封闭式或_____外壳,额定电压在 500V 以下。

206. I类手持式电动工具的外壳为_____结构,额定电压在 500V 以下。

二、判断题(正确的划“√”,不正确的划“×”)

1. 导体在磁场中运动时,一定会产生感应电动势。()
2. 电磁力的方向可按左手定则确定。()
3. 直流电流就是大小和方向均不变化的电流。()
4. 几个不等值的电阻串联,每个电阻中流过的电流也不相等。()
5. 几个不等值的电阻并联,每个电阻上的电压也不相等。()
6. 四个阻值为 R 的电阻,可经过适当的连接,使其等效电阻值仍为 R 。()
7. 负载是消耗电能的设备。()
8. 同一配电线路上的两个负载,负载大的其阻抗就高;负

- 载小的其阻抗就低。 ()
9. 电气设备在单位时间内所做的功叫电功率。 ()
10. 有功功率是电源供给的,而无功功率则不是。 ()
11. 功率因数也可以根据阻抗三角形求得。 ()
12. 功率三角形中,功率因数角的对边与斜边之比即为功率因数。 ()
13. 功率三角形中,功率因数角的对边表示无功功率,邻边表示有功功率。 ()
14. 某交流电路的功率因数 $\cos\phi = 1$,说明该电路中只有电阻性负载。 ()
15. 相电压就是两条相线之间的电压。 ()
16. 频率为 50Hz 的交流电,其周期是 0.02s。 ()
17. 交流电路在分析及计算时,常将电流、电压看作矢量,其实它们不是真正的矢量。 ()
18. 交流电路中的阻抗,包括电阻和电抗两部分,而电抗又分为感抗和容抗两种。 ()
19. 感抗为 X_L 的线圈与容抗为 X_C 的电容器相串联,其总电抗 $X = X_L + X_C$ 。 ()
20. 电感量 $L_1 < L_2$ 的两个线圈串联后,总的电感量可能小于 L_2 。 ()
21. 电阻与电容器相串联,流过电容器的电流超前于流过电阻的电流 90° ()
22. 两个互不相关的电感线圈串联后接到交流电源上,线圈内阻大的。其两端电压就高。 ()
23. 正弦交流电路中, $S = P + Q$ 。 ()
24. 三相三线 Y 接的电源指示灯如瓦数不等,接入电源后,瓦数小的灯泡两端电压低。 ()

25. 常用电压表、电流表上标示的准确度,就是测量的读数
值可能产生的相对误差的百分数。 ()

26. 使用电压表、电流表进行测量时,都要消耗被测电路的
能量。 ()

27. 电度表是一种积算式仪表。 ()

28. 电度表是直读式仪表。 ()

29. 接地电阻测量仪只能测量接地装置的接地电阻值,而
不能测量土壤的电阻率。 ()

30. 使用万用表的电阻挡测量电阻时,表针偏转角度越大,
指示值就越高。 ()

31. 万用表内没有电池,也可以测量电压或电流且不影响
其测量准确度。 ()

32. 万用表用毕,应置于直流电流最高挡。 ()

33. 当没有兆欧表时,可以用万用表的 $R \times 10k$ 挡测量电气
设备的绝缘电阻。 ()

34. 电磁系仪表刻度的均匀性不如磁电系仪表。 ()

35. 兆欧表使用之前应先进行外观检查及调整机械零位。
()

36. 500V 的兆欧表,开路试验中摇速达到 120rpm 时,在表上
“E”、“L”两端的电压为 500V。 ()

37. 凡是配用电流互感器的电流表,其量程都是 5A 的。
()

38. 电力系统中,凡是应配用电流互感器的电流表,其电流
线圈的额定电流都是 5A。 ()

39. 运行中的电流互感器二次侧不接负载时,应将其短路
并接地,而不允许开路。 ()

40. 运行中的电流互感器二次侧短路后,电流互感器有可

能烧毁。 ()

41. 经电流互感器接线的电度表, K2 端接地与否都不影响计量的准确性。 ()

42. 凡是使用两个电源的场所都应进行核相。 ()

43. 控制该设备的带有明显断开点的开关已拉开, 且电源指示灯已熄灭, 即可视为该设备已停电并安排检修。 ()

44. 电气设备部分停电检修时, 只要安全技术措施足够, 可以不再另设监护人。 ()

45. 低压三相四线系统中, 可以只采用三芯裸铅包电缆的铅皮作为零线。 ()

46. 跨步电压电击也有致命的危险。 ()

47. 当电气设备发生对大地漏电时, 人距漏电设备越近, 接触电压越高, 跨步电压越低。 ()

48. 在接地故障点周围行走时, 因跨步电压只从人的一只脚到另一只脚, 电流没有通过心脏, 所以没有致命危险。 ()

49. 人触及离接地装置近的故障电气设备时, 接触电压高。 ()

50. 重复接地属于工作接地。 ()

51. 在 TN-C 系统中, 只要工作接地的接地电阻值小于 4Ω , 可以不再作重复接地。 ()

52. 在 TN 系统中, 尽管中性点接地的接地电阻值在 4Ω 以下, 在零线上的规定处也必须作重复接地。 ()

53. 凡是接零保护系统, 均应对保护零线作重复接地。 ()

54. 为了节省材料, 多台电气设备金属外壳可串接后再统一与接地装置相连接。 ()

55. 因为 36V 为安全电压, 所以人体接触这个电压两端不

会受到伤害。 ()

56. 在带电工作时,直接接触单相回路中的零线是没有危险的。 ()

57. 低压基本安全用具包括:带绝缘柄的工具;绝缘手套;试电笔。 ()

58. 绝缘手套和绝缘靴在高低压作业中,均可作为基本绝缘安全用具。 ()

59. 电流动作型漏电保护器,是以被保护设备的对地泄漏电流或接地电流作为输入信号的。 ()

60. 在正确选用及安装条件下,漏电保护装置仍然可能不因漏电而动作。 ()

61. 安装了漏电保护装置的设备,可以不作接地或接零保护。 ()

62. 安装了漏电保护装置的设备,仍需作接地或接零保护。 ()

63. 凡属加强绝缘的设备,其外壳不必再接地或接零。 ()

64. 手持式电动工具,只有 I 类的要作接地或接零保护; II 类及 III 类的不必作接地或接零保护。 ()

65. 当对地绝缘的导体与带电体过分接近时,在前者上会有感应电压存在。 ()

66. 电气事故可分为人身事故和设备事故,而且都可因此引起二次事故。 ()

67. 工作前征得许可,是确保停电设备处于检修状态的必不可少的手续。 ()

68. 凡架设专用施工变压器的施工现场,应采用 TN-C 系统供电。 ()

69. 除独立避雷针外,其它防雷接地装置可与一般接地装置共用,其接地电阻值应按两者中最小的确定。 ()

70. 雷电击穿是雷云对离它最近的物体或地面放电的结果。 ()

71. 接地电阻指接地体的流散电阻。 ()

72. 低压线路防止雷电波侵入的措施是:当采用架空进户时,应将进户线横担、绝缘子铁脚一并接地。 ()

73. TN-C 供电系统即三相四线制供电系统。 ()

74. TN 系统中的 PE 线或 PEN 线上都不得装设开关和熔断器。 ()

75. 凡是三相四线中性点直接接地系统,均应做接零保护。 ()

76. 接零保护的原理是:一旦设备发生对地故障,可形成大电流,使熔丝熔断或开关跳闸,从而避免发生人身触电事故。 ()

77. 中性点不接地系统中使用的电气设备,其金属外壳或架构只能作接地保护。 ()

78. 规程中规定对某些电气设备的某些部分应“作接地或接零保护”,就是说,接地保护或接零保护任选其一。 ()

79. 同一低压三相四线中性点直接接地系统中的电气设备,允许一部分作接地保护、另一部分作接零保护。 ()

80. 接地保护是保护人身和设备安全的。 ()

81. 二氧化碳灭火器和干粉灭火器都可带电灭火。 ()

82. “1211”灭火器是一种新型优良灭火器,应大力推广应用。 ()

83. 高处起火,使用灭火器仰喷时,为了缩短喷射距离、快速灭火,人应站在着火点的正下方喷射。 ()

84. 在繁华地段施工时,临时用电配电箱不宜采用落地式的。 ()

85. 杆上作业进行断线工作时,应先断零线,后断相线。 ()

86. 室内干线敷设时,应将动力线路和照明线路分开。 ()

87. 在城市及居民区,低压架空线路电杆的档距一般不应超过 50m。 ()

88. 对架空线路的巡视,只在白天进行,无须作夜间巡视。 ()

89. 以安全载流量计算出的导线截面,只考虑导线自身的安全,不考虑导线末端的电压降。 ()

90. 接户线应采用绝缘导线,铜、铝线均可。 ()

91. 室内线路敷设,严禁利用大地作为中性线而形成回路。 ()

92. 电缆线路中的大部分故障,都是发生在电缆受到外力损坏时造成的。 ()

93. 电缆交叉敷设时,低压电缆应在高压电缆下方。 ()

94. 电力电缆与架空配电线路的导线同等截面时,因电缆埋在地下,受环境温度影响较小,所以安全载流量比架空导线大。 ()

95. 架空线路与电缆线路的导线截面相同时,其安全载流量也相同。 ()

96. 当负载电流达到熔断器熔丝的额定电流时,熔丝将立即熔断,从而起到过载保护的作用。 ()

97. 在正确的安装和使用条件下,熔体额定电流为 30A 的

熔断器,当负荷电流达到 30A 时,熔体在两小时内应熔断。

()

98. 常用的几种低压熔断器 RTO、RM10、RL1、RC1A 中,以 RTO 型的断流能力为最强。

()

99. 以交流接触器控制的设备,因接触器具有电磁吸引线圈,因此,不必另装失压保护装置。

()

100. 热继电器的额定电流和热元件的额定电流,实质上是同一概念。

()

101. DW10-600 型自动开关在合闸过程中,是弧触头先闭合,主触头后闭合。

()

102. DW10-600 型自动开关在跳闸过程中,主触头和弧触头同时断开。

()

103. DZ 型开关中的电磁脱扣器是起短路保护作用的,而热脱扣器是起过载保护作用的。

()

104. DZ 型开关中,电磁脱扣器是起过流保护作用的。

()

105. 自动开关失压脱扣器的动作方式有瞬时动作,也有延时动作。

()

106. 穿管的导线,不论有几条,仅允许其中的一条导线有一个接头。

()

107. 计算白炽灯与日光灯混合电路的总电流 I 时,应分别求出白炽灯电流 I_A 与日光灯电流 I_B ,则 $I = I_A + I_B$ 。

()

108. 额定电压为 220V 的白炽灯,如果电源电压降低 10%,其电功率也将下降 10%。

()

109. 日光灯在启辉状态时,由灯丝、启辉器和镇流器形成回路。

()

110. 照明线路发生漏电时,应将漏电看成短路的前兆。 ()
111. 照明、动力合一的临时配电箱,一般应装设四极漏电开关。 ()
112. 高压汞灯关闭后,不能再立即点燃。 ()
113. 室外照明(路灯)各回路均有熔丝保护,每个路灯不必另加熔丝保护。 ()
114. 卤钨灯属于放电灯的一种。 ()
115. 采用螺丝灯口的照明灯具,当开关闭合时,灯口能电人,而当开关断开时,灯口也电人,其原因是开关控制零线,相线接到螺口上了。 ()
116. 有一 220V 照明电路装有 40W 白炽灯 20 盏,该电路负荷的额定电流为 3.6A,可选用 5A 的熔丝保护。 ()
117. 一个照明支路,原接白炽灯时导线过热,改用瓦数相同的日光灯就可避免导线发热。 ()
118. 40W 日光灯安装了 40W 镇流器之后,接在额定电压的电源上,总的消耗功率就是 40W。 ()
119. 日光灯之所以功率因数低,是由于安装了镇流器。 ()
120. 局部照明变压器都应是双绕组的,并且一、二次侧均应装熔断器保护。 ()
121. 异步电动机的同步转速与磁极对数成正比。 ()
122. 三相异步电动机转子的旋转方向与定子旋转磁场的旋转方向相反。 ()
123. 三相异步电动机转子的旋转方向与定子旋转磁场的旋转方向相同。 ()
124. 要改变三相异步电动机的转子旋转方向,只要改变定

子绕组的三相电流的相序即可。 ()

125. 三相异步电动机的绝缘等级为 E 级, 其允许温升为 120°C 。 ()

126. 用温度计法测得的温度减去当时的环境温度即为电动机温升。 ()

127. 当电源电压为额定电压, 三相异步电动机过载运行时, 其工作电流将超过电动机的额定电流。 ()

128. 运行中的电动机缺一相时, 运行时间过长即有烧毁电动机的可能。 ()

129. 采用 Y- Δ 启动器时, 启动电流小, 启动转矩小, 可以频繁启动。 ()

130. Y- Δ 启动器不适用于重载启动的电动机。 ()

131. 启动 30kW 电动机用的 Y- Δ 启动器, 也可以用于启动 22kW 的电动机。 ()

132. Y- Δ 启动器适用于任何接线方式的三相异步电动机。 ()

133. 使用自耦减压启动器的异步电动机, 启动器的容量要与被启动电动机的容量相适应。 ()

134. 三相异步电动机采用自耦减压启动的目的是: 降低启动电流、增加启动转矩。 ()

135. 三相异步电动机功率的计算公式 $P = \sqrt{3} UI \cos \phi \eta$, 既适用于星接, 也适用于角接的电动机。 ()

136. 电动机的额定功率就是输出机械功率的额定值。 ()

137. 三相异步电动机在空载或轻载运行时, 其功率因数达不到铭牌所标示的数值。 ()

138. 改变电源的频率, 可以改变电动机的转速。 ()

139. 一台 4 极的三相异步电动机, 额定频率为 50Hz, 它的额定转速为 1500r/min。 ()

140. 一台 4 极的三相异步电动机, 额定频率为 50Hz, 它的定子旋转磁场的转速为 1500r/min。 ()

141. 频敏变阻器是用于启动绕线式电动机的, 不可用于启动鼠笼式电动机。 ()

142. 用频敏变阻器启动绕线式电动机的启动方式也属于降压启动。 ()

143. 连续工作制的三相异步电动机, 当满载运行时, 运行的时间越长其温升就越高。 ()

144. 并联电容器的补偿原理, 是利用它的无功功率补偿线路上的无功功率。 ()

145. 并联电容器在电力系统中有改善功率因数的作用, 而且使变压器的额定电流也同时增加了。 ()

146. 由于电容器的功率是无功功率, 所以它的功率因数近似于零。 ()

147. 采用电容器组作为功率因数的补偿, 可以提高负载的功率因数。 ()

148. 采用电容器组作为功率因数的补偿, 以“就地补偿”的效果为最好。 ()

149. 型号为 BW0.4-12-3 的并联电容器, 其固体介质为十二烷基苯。 ()

150. 要求外壳接地的电容器, 若金属架构已接地, 则电容器外壳可不接地。 ()

151. 全站送电操作时, 先合各出线开关, 后合电容器组开关; 停电操作时顺序相反。 ()

152. 并联电容器组的放电装置, 其放电电阻的阻值越大,

放电时间就越长,残留电压下降也越慢。 ()

153. 处理故障电容器时,电容器组虽然已经经过放电装置自动放电,但为了确保安全,还必须进行人工放电。 ()

154. 电容器组的放电装置,当电容器退出运行后,应保证在 30s 内使极间电压降至 65V 以下。 ()

155. 并联电容器的运行电流与电网电压的平方成正比。 ()

156. 只要电源电压不超过并联电容器额定电压的 1.1 倍,其电流也不会超过额定电流的 1.3 倍。 ()

157. 摇测电容器的绝缘电阻时,只摇测各极对地绝缘电阻,不摇测极间绝缘电阻。 ()

158. 在潮湿季节使用 I 类手持式电动工具,每次使用前都应测量其绝缘电阻。 ()

159. I 类手持式电动工具必须由专用的隔离变压器供电。 ()

160. 凡 I 类移动式的电气设备,其电源线必须使用三芯或四芯橡套电缆。 ()

161. 多台电焊机安装时,应尽量装在同一相,以便于控制。 ()

三、选择题(在正确的答案上划“√”)

1. 与金属导体的电阻无关的因素是:

- A. 导体长度
- B. 导体电阻率
- C. 导体截面积
- D. 外加电压

2. 纯电阻上消耗的功率与_____成正比。

- A. 电阻两端电压
- B. 通过电阻的电流
- C. 电阻两端电压的平方
- D. 通电的时间

3. 将 2Ω 与 3Ω 的两个电阻串联后,在两端加 $10V$ 电压, 2Ω 电阻上消耗的功率是:

- A. $4W$ B. $6W$ C. $8W$ D. $10W$

4. 六个阻值相同的电阻,三个 Y 接、三个 Δ 接,然后接到同一电源上,其消耗的功率为:

- A. $P_{\Delta} = P_Y$ B. $P_{\Delta} = \sqrt{3}P_Y$ C. $P_{\Delta} = 3P_Y$ D. $P_Y = 3P_{\Delta}$

5. 某直流电路的电压为 $220V$,电阻为 40Ω ,其电流为:

- A. $4.4A$ B. $1.8A$ C. $5.5A$ D. $8.8A$

6. 周期与频率的关系是:

- A. 正比 B. 无关 C. 反比 D. 非线性

7. 在三相交流电路中,最大值是有效值的:

- A. $\sqrt{2}$ 倍 B. $\sqrt{3}$ 倍 C. 2 倍 D. 3 倍

8. 三相正弦交流电的有效值是最大值的:

- A. $\sqrt{2}$ 倍 B. $\sqrt{3}$ 倍 C. $1/\sqrt{2}$ 倍 D. $1/\sqrt{3}$ 倍

9. 交流电路中,若电阻与电抗相等,则电压与电流之间的相位差为:

- A. π B. $\pi/2$ C. $\pi/3$ D. $\pi/4$

10. R-C-L 串联电路接于交流电源中,总电压与电流之间的相位关系为:

- A. U 超前于 I B. U 滞后于 I
C. U 与 I 同相 D. 无法确定

11. 某正弦交流电压的初相角为 $\phi = -\pi/3$,当 $t=0$ 时的瞬时值为:

- A. 正值 B. 负值 C. 零 D. 最大值

12. 所谓 $220V$ 的交流电压,是指它的:

- A. 最大值 B. 瞬时值 C. 平均值 D. 有效值

13. 一般情况下,电力系统的自然功率因数是:

- A. 滞后且小于 1
- B. 超前且小于 1
- C. 等于 1
- D. 不能确定

14. 将 220V、40W 的灯泡与 220V、100W 的灯泡串联后接在 380V 的电源上,会发生:

- A. 开始 40W 灯泡极亮随即烧毁
- B. 开始 100W 灯泡极亮随即烧毁
- C. 两灯泡均比正常时较暗
- D. 两灯泡均极亮随即烧毁

15. 阻值为 90Ω 的一条电阻丝,三等分后拧在一起,其总电阻为:

- A. 10Ω
- B. 15Ω
- C. 30Ω
- D. 33Ω

16. 要想改变三相交流异步电动机的旋转方向,只要将原相序 A-B-C 改接为:

- A. B-C-A
- B. A-C-B
- C. C-A-B

17. 当空气中的相对湿度较大时,会使绝缘电阻:

- A. 增加
- B. 不变
- C. 略增加
- D. 降低

18. 开关板式仪表由于对准确度要求不高,故多采用的结构是:

- A. 磁电式
- B. 电磁式
- C. 电动式
- D. 感应式

19. 使用电磁式仪表测量交流时,其指示值为交流电的:

- A. 最大值
- B. 瞬时值
- C. 有效值
- D. 平均值

20. 测量仪表的基本误差是由于_____原因引起的。

- A. 制造工艺上的
- B. 读数方法不正确的
- C. 外电场或外磁场干扰的
- D. 使用的环境温度不符合要求的

21. 功率因数表的指示值,表示的功率因数为:

- A. 月平均值
- B. 日平均值
- C. 小时平均值
- D. 瞬时值

22. 用万用表的交流电压挡,测量 400V 左右的交流电压,该挡对应的刻度线满刻度值为 25,所测的实际电压值应为指针指示数乘上以下倍率:

- A.1
- B.2
- C.10
- D.20

23. 怀疑三相异步电动机绕组有匝间短路故障时,应在其退出运行后,使用_____进行测量判断。

- A.500V 兆欧表
- B. 电流表
- C. 电压表
- D. 万用表及电桥

24. 电力系统中,作为监视某一回路电流的电流表,其量程应约为该回路的:

- A. 所有设备额定电流之和
- B. 计算电流
- C. 计算电流的 1.5 倍
- D. 可能出现的最大负荷电流

25. 就对被测电路的影响而言,电压表的内阻:

- A. 越大越好
- B. 越小越好
- C. 适中为好
- D. 大小均可

26. 就对被测电路的影响而言,电流表的内阻:

- A. 越大越好
- B. 越小越好
- C. 适中为好
- D. 大小均可

27. 按测量机构分类,电度表属于_____仪表。

- A. 磁电式
- B. 电磁式
- C. 电动式
- D. 感应式

28. 有功电度表是计量_____的:

- A. 有功功率
- B. 无功功率
- C. 视在功率
- D. 有功电能

29. 电度表表盘上标示的准确度与_____直接有关:

- A. 绝对误差
- B. 相对误差

39. 触电者呼吸停止,心脏尚有跳动,此时应立即对其施行:

- A. 胸外挤压法
- B. 仰卧压胸法
- C. 俯卧压胸法
- D. 人工呼吸法

40. 人体的感知电流约为:

- A. 0.1mA
- B. 0.5mA
- C. 1mA
- D. 10mA

41. 人体对工频电流的摆脱电流约为:

- A. 1mA
- B. 10mA
- C. 30mA
- D. 50mA

42. 工频电流触电,流过人体电流约为_____ mA 时,可能引起心室纤维性颤动而致死。

- A. 1
- B. 10
- C. 30
- D. 50

43. 一般场所使用的漏电保护装置,作为人身直接接触电保护时,应选用额定漏电动作电流($I_{\Delta n}$)和额定漏电动作时间(Δt)分别为:

- A. 50mA、0.2s
- B. 50mA、0.1s
- C. 30mA、0.2s
- D. 30mA、0.1s

44. 三相四线保护接零系统,属于_____系统。

- A. IT
- B. TT
- C. TN-C
- D. TN-S

45. 在三相四线制保护接零系统中,单相三线插座的保护接线端可以与_____相连。

- A. 接地干线
- B. 工作零线孔
- C. 保护零线
- D. 自来水或暖气等金属管道

46. 对电气设备进行停电检修时,确定有无电压的根据是:

- A. 开关已经拉开
- B. 电流表无电流指示
- C. 用合格的试电笔验证确无电压
- D. 指示灯熄灭

47. 被检修的线路停电后,在配电室控制线路的开关操作手把处应悬挂的标示牌是:

- A. 止步,高压危险! B. 已接地
C. 禁止合闸,有人工作! D. 禁止合闸,线路有人工作!
48. 车间接地装置,定期测量接地电阻值的周期为:
A. 每五年一次 B. 每两年一次
C. 每半年一次 D. 每年一次
49. 接地干线采用扁钢时,最小截面不应小于:
A. 40mm^2 B. 24mm^2 C. 4mm^2 D. 12mm^2
50. 接地干线采用镀锌圆钢时,其直径不应小于:
A. 4mm B. 6mm C. 8mm D. 10mm
51. 安全灯变压器应该是_____。
A. 双绕组的 B. 单绕组的
C. 自耦变压器 D. 自耦调压器
52. 所谓绝缘材料的绝缘强度高,就是指其:
A. 绝缘的机械强度高 B. 耐热性能好
C. 耐压高 D. 耐受的电场强度高
53. 所谓绝缘材料的绝缘等级,就是指其_____等级。
A. 绝缘的机械强度 B. 耐热
C. 耐压 D. 耐受的电场强度
54. 低压接户线采用铜芯绝缘导线时,其最小截面不应小于:
A. 4mm^2 B. 2.5mm^2 C. 1.5mm^2 D. 6mm^2
55. 低压接户线采用多股铝芯绝缘导线时,其最小截面不应小于:
A. 10mm^2 B. 6mm^2 C. 2.5mm^2 D. 4mm^2
56. 运行中的直埋电力电缆的巡视检查周期是:
A. 3个月 B. 半年 C. 1个月 D. 1年
57. 低压电力电缆摇测绝缘电阻时,应选用兆欧表的额定

电压是：

- A. 2500V B. 500V C. 1000V D. 250V.

58. 在 DZ10 - 250/330 型的空气开关中：

- A. 没有脱扣器 B. 只有热脱扣器
C. 只有电磁脱扣器 D. 既有热脱扣器又有电磁脱扣器

59. 如果电气设备需要频繁启动,其启动的控制装置最好采用：

- A. 空气开关 B. 接触器
C. 铁壳开关 D. 组合开关

60. 三相鼠笼式异步电动机采用热继电器作过载保护时,热元件的整定电流值应等于电动机额定电流的：

- A. 1.5 ~ 2.5 倍 B. 1.1 ~ 1.25 倍
C. 1 倍 D. 1.3 ~ 1.8 倍

61. 热继电器的动作电流整定值是可以调节的,调节范围是热元件额定电流的：

- A. 50% ~ 70% B. 60% ~ 90%
C. 40% ~ 50% D. 60% ~ 100%

62. 长期带额定负载运行的交流接触器,其额定电流常选为：

- A. 小于负载额定电流 B. 等于负载额定电流
C. 负载额定电流的(1.3 ~ 2)倍

63. HD 型刀开关与 DW 型自动开关串联在一起使用时,分闸的正确操作顺序为：

- A. 先拉开 DW 型自动开关,后拉开 HD 型刀开关
B. 同时拉
C. 先拉开 HD 型刀开关,后拉开 DW 型自动开关
D. 先拉开哪个都行

64. RM10 型和 RC1A 型熔断器,在 1.25 倍额定电流下:
- A. 长时间不应动作 B. 在 1 小时内不动作
C. 在一分钟内动作 D. 在 1 秒钟内动作
65. 当负荷电流达到熔断器熔体的额定电流时,熔体将:
- A. 立即熔断 B. 长延时后熔断
C. 短延时后熔断 D. 不会熔断
66. 下列型号的熔断器中,_____有熔断指示器。
- A. RM10 B. RL1 C. RC1A D. RT0
67. 在 RC1A、RL1、RM10、RT0 四种熔断器中,如果所装熔体的额定电流相同,断流容量最大的为:
- A. RC1A B. RL1 C. RM10 D. RT0
68. 三相异步电动机铭牌上标示的额定电压是:
- A. 相电压的有效值 B. 线电压的有效值
C. 相电压的最大值 D. 线电压的最大值
69. “B”级绝缘允许的最高工作温度为:
- A. 95℃ B. 105℃ C. 120℃ D. 130℃
70. 运行中的电动机绝缘电阻的数值,应不低于:
- A. 0.5MΩ B. 1MΩ C. 2MΩ D. 10MΩ
71. 三相异步电动机恒载运行时,三相电源电压突然下降 10% 时,其电流将会_____。
- A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 变化不明显
72. 三相异步电动机采用 Y-Δ 启动时,其启动转矩为全压启动时的_____倍。
- A. 1/3 B. $\sqrt{3}$ C. 3 D. $1/\sqrt{3}$
73. 三相鼠笼式异步电动机采用 Y-Δ 降压启动时,其启动电流为全压启动时的:
- A. $1/\sqrt{3}$ B. 1/3 C. $1/\sqrt{2}$ D. 1/2

74. 三相异步电动机主回路装置的熔丝所起的主要作用是:

- A. 过载保护
- B. 短路保护
- C. 过载与短路双保护
- D. 失压保护

75. 三相异步电动机在空载下或负载下启动时,启动瞬间的电流是:

- A. 空载小于负载
- B. 负载小于空载
- C. 一样大
- D. 无法确定

76. 三相异步电动机采用自耦减压启动器 80% 的抽头启动时,启动转矩为全压启动时的:

- A. 0.58 倍
- B. 0.64 倍
- C. 0.8 倍
- D. 1 倍

77. 一台满载运行的三相异步电动机,当电源电压降低 10% 时,电动机转速将:

- A. 上升
- B. 降低
- C. 不变
- D. 停止转动

78. 三相电动机铭牌上标有“额定电压 380V/220V,接法 Y/ Δ ”,当电压为 380V 时,其接法应为:

- A. Δ 接
- B. Y 接

79. 型号为 BW0.4 - 12 - 3 的电容器,其固体介质采用的是:

- A. 聚丙烯薄膜
- B. 电容器纸
- C. 聚丙烯薄膜和电容器纸
- D. 十二烷基苯

80. 并联电容器运行时的环境温度不应超过:

- A. $\pm 20^{\circ}\text{C}$
- B. $\pm 25^{\circ}\text{C}$
- C. $\pm 40^{\circ}\text{C}$
- D. $\pm 45^{\circ}\text{C}$

81. 并联电容器运行时其外壳温度(如无厂家规定时),一般不应超过_____ $^{\circ}\text{C}$ 。

- A. 40
- B. 50
- C. 60
- D. 70

82. 并联电容器交接试验项目中,摇测极对外壳的绝缘电

阻值,其最低合格值为:

- A. $1000\text{M}\Omega$ B. $200\text{M}\Omega$ C. $2000\text{M}\Omega$ D. $1\text{M}\Omega$

四、作图题

1. 画出 DW10-600 型空气断路器失压、分励脱扣器及红、绿指示灯接线原理图。

2. 画出三相四线有功电度表经电流互感器的接线原理图。

3. 画出三相二元件有功电度表经电流互感器的接线原理图。

4. 画出经三只电流互感器测量三相线电流的接线原理图。

5. 画出三相异步电动机采用接触器控制、按钮操作、带有短路保护和过载保护、双重互锁、可逆运行的接线原理图。

6. 画出三相异步电动机单方向运行两地控制的接线原理图。

7. 画出用一只开关控制双管日光灯(使用电感镇流器)的接线原理图。

8. 画出用一只电压表通过开关(LW2-5.5/F4-X)测量三相线电压的接线原理图。

9. 画出用于 TN-S 系统中的三相四线漏电保护装置接有单相及三相设备的接线图(单相及三相设备以插座示出)。

10. 画出三相异步电动机采用 Y- Δ 启动器的接线原理图(接触器控制、按钮操作、手动转换)。

五、计算题

1. 有一 Y 接的三相对称负载,每相具有电阻 $R = 8\Omega$ 、感抗 $X_L = 6\Omega$,接在线电压为 380V 的电源上,求该负载的相电压、相电流、线电流各为多少?

2. 有一 Δ 接的三相对称负载, 每相具有电阻 $R = 8\Omega$ 、感抗 $X_L = 6\Omega$, 接在线电压为 $380V$ 的电源上, 求该负载的相电压、相电流、线电流各为多少?

3. 有一 Δ 接的三相对称负载, 每相具有电阻 $R = 8\Omega$ 、感抗 $X_L = 6\Omega$, 接在线电压为 $380V$ 的电源上, 求该三相负载的有功功率、无功功率、视在功率各为多少?

4. 某三相异步电动机, 额定功率为 $7.5kW$, 额定电压为 $380V$, 功率因数为 0.85 , 效率为 0.87 , 试计算其额定电流。其熔丝、熔断器的额定电流应选为多少? 保护此电动机的热继电器的热元件整定值应定为多少?

5. 有一台三相异步电动机, 额定电压为 $380V$, 额定电流为 $27.8A$, 功率因数为 0.85 , 效率为 0.9 , 试计算这台电动机的额定功率为多少?

6. 有一台三相异步电动机, 额定电压为 $380V$, 额定功率为 $10kW$, 当电动机满载运行时, 效率为 0.9 , 线电流为 $20A$; 当电动机轻载输出功率为 $2kW$ 时, 效率为 0.8 , 线电流为 $10.5A$; 试求上述两种情况下的功率因数。

7. 一台二极的三相鼠笼式异步电动机, 铭牌上标明额定转速为 $2880r/min$, 接在 $380V$ 、频率为 $50Hz$ 的三相电源上, 求该电动机的转差率为多少?

8. 四台一组的 $BW0.4 - 12 - 3$ 并联电容器, 铭牌上标明电容值为 $239\mu F$, 当实际工作电压为 $380V$ 时, 其实际容量为多少? 实际电流为多少?

9. 某相电压为 $220V$ 的 TN-C 系统(三相四线制)中, 第一相无负荷, 第二相接有 $40W$ 白炽灯 20 盏, 第三相接有 $40W$ 白炽灯 18 盏, 系统 PEN 线(零线)断线时, 计算原第二相和第三相的白炽灯实际承受的电压各为多少?

10. 单相照明电路电压为 220V, 接 40W 的白炽灯 10 盏及 60W 白炽灯 10 盏, 计算各自电流和总电流并选择熔丝和熔断器的额定电流。

11. 容量为 500VA 的安全灯变压器, 一次额定电压为 220V (设 $\cos\phi = 1$, 损耗不计)。试求: (1) 一次额定电流、选一次熔丝。(2) 二次电压 36V 时, 满负荷电流为多少? 并选用二次熔丝和熔断器。

12. 有一单相照明电路, 电压为 220V, 接有 40W 日光灯 25 盏, 配用电感式镇流器时功率因数为 0.52, 改用电子镇流器时功率因数为 0.73, 试计算, 改用电子镇流器后电流下降多少?

13. 一照明支路, 电压为 220V, 装有 40W 日光灯 15 盏, ($\cos\phi = 0.5$), 60W 白炽灯 10 盏, 试计算该支路总电流。使用单极空气开关控制并保护时, 其热脱扣器的额定电流应选用多大的?

14. 一台容量为 500VA 的安全灯变压器(设效率为 1), 一次额定电压为 220V, 二次使用电压为 36V, 试计算满负荷时的一、二次电流, 并确定一、二次熔丝的额定电流应选用的规格。

15. 某 220V 照明支路接有 60W 白炽灯 8 盏, 配用电感式镇流器的 40W 日光灯 16 盏($\cos\phi = 0.5$), 求该支路的电流, 并选熔丝的额定电流。

附录 B 高压电工安全技术理论题

一、填空题

1. 电工职业道德规范是:(1) 忠于职业责任,(2) _____, (3) 交流电工的专业技术和安全操作技术,(4) 团结协作。

2. 部分电路的欧姆定律表达式为_____。

3. 部分电路的欧姆定律是用来说明电路中_____、电流和_____三个物理量之间关系的定律。

4. 电阻值为 R 的一段导线,中间对折,合并成一段新导线,接在 20V 的电源两端,其电阻值为_____,若将电源电压升为 40V,其电阻值为_____。

5. 正弦交流电的最大值是有效值的_____倍,我国交流电的频率为_____,周期为_____。

6. 我国对 10kV 供电线路允许的电压波动为:不超过额定值的_____。

7. 为了区别交流电的相位,我国规定:_____颜色表示 L1 相。

8. 电力系统中一般以大地为参考点,把电路的任一点接地,则该点的电位就是_____电位。

9. 配电变压器二次侧中性点接地的性质为_____。

10. 在交流电路中,有功功率与视在功率的比值叫做_____。
11. 交流电路中的功率包括_____、_____和视在功率。
12. 串联电路中的_____处处相等,总电压等于各电阻上的_____之和。
13. 当交流电路的负载采用三角形接线时,则线电压等于相电压的_____倍,而线电流是相电流的_____倍。
14. 当交流电路的负载采用星形接线时,则线电压等于相电压的_____倍,而线电流等于相电流的_____倍。
15. 已知月平均用电量为有功电量 400kWh,无功电量为 300kVarh,则月平均功率因数为_____。
16. 中性点直接接地的低压供电系统中的零线上_____装设开关和熔断器。
17. 在交流电路中,白炽灯所消耗的功率是_____功率,它的单位是_____。而电容器所消耗的功率是_____功率,它的单位是_____。
18. 线路中的有功功率保持恒定,而无功功率增大时,将引起线路电流增大,视在功率增大,电压损失增大,变压器的_____相对降低。
19. 测量电能的仪表称为_____表或_____表。它的计量单位是_____。
20. JDJ-10 是电压互感器的型号,其中 D 表示_____。
21. 电压互感器的_____线圈在运行中不允许短路。
22. 两台单相电压互感器接成 V/V 接线只能测量_____电压。
23. 通常电力工程上常把电压互感器的误差分为 0.5 级、_____级、3 级。

24. RN2 - 10 是电压互感器的专用熔断器,其额定电流为 _____ A。
25. 电流互感器的 _____ 线圈在运行中不允许开路。
26. 电流互感器也是按 _____ 原理工作的。
27. 为了在不断开电路的情况下测量电路中的电流,可使用 _____ 电流表。
28. 专门用来测量绝缘电阻的仪表,称为 _____ 表。
29. 兆欧表是一种专门用来测量 _____ 的便携式仪表。
30. 兆欧表的选用,主要考虑兆欧表的额定 _____ 和 _____,看其是否与被测的电气设备绝缘等级相适应。
31. 高压 10kV 配电系统,一般装有三只相电压表和一只线电压表,系统正常运行时,相电压表指示约为 _____ kV,线电压表指示约为 _____ kV。
32. 电流互感器二次线圈不准 _____ 路,电压互感器二次线圈不准 _____ 路。
33. 仪用互感器二次绕组一端应 _____,电压互感器一次侧应装 _____ 开关和熔断器保护。
34. 供电电能的质量指标主要有:频率、_____、波形。
35. 临时接地线应挂在工作人员 _____。
36. 装设临时接地线的位置和工作位置之间应无 _____。
37. “已接地”标示牌应挂在 _____。
38. 停电检修作业时,在配电室内装设临时接地线的工作应由 _____ 完成。
39. 停电检修作业后,送电之前,原在配电室内装设的临时接地线,应由 _____ 拆除。
40. “禁止合闸,有人工作”标示牌应挂在 _____。
41. 工作监护制度是保证 _____ 和 _____ 的主要措施。

42. 工作票就是允许在_____设备上工作的书面命令。
43. 电气设备的运行状态是指设备的_____及断路器都在合闸位置,设备带电运行。
44. 变电所停电检修,采取的安全技术措施有:停电;验电;_____ ;悬挂标示牌、装设临时遮拦。
45. 在变电所进行检修或安装工作时,值班人员应负责完成有关_____措施,并向工作负责人指明_____范围、_____范围以及_____设备所在的位置。
46. 运行中的变(配)电所,不论高压设备带电与否,值班人员不允许_____或_____遮拦进行工作。
47. 高压设备发生接地故障时,人体距接地点的安全距离:室内应大于_____ m,室外应大于_____ m;进入上述范围内的人员,应穿_____。
48. 扑灭电气火灾使用的灭火器有:_____和_____灭火器。
49. 如果触电者呼吸停止,心脏也不跳动,只要没有致命的外伤,只能认为是_____。
50. 接地装置的焊接,应采用_____法,搭接长度规定:扁钢应为宽度的_____倍,圆钢应为直径的_____倍。
51. 阀型避雷器的接地线应使用裸导线,即截面不应小于_____ mm^2 的铜绞线或截面不小于_____ mm^2 的钢绞线。
52. 雷电过电压的三种形式是,直击雷过电压、_____过电压、雷电波浸入过电压。
53. 需检修的电气设备停电后,在装设临时接地线之前,必须用合格的_____检验有无_____。
54. 安装在线路中间地段,用来支持导线、绝缘子等重量的电杆,称为_____杆。

55. 10kV 架空线路, 经过居民区时, 导线与地面的最小距离为_____ m。

56. 高压接户线, 宜用绝缘导线, 其铜线截面应不小于_____。

57. 架空线路分为输电线路、_____线路、直配线路。

58. 电缆的基本结构主要包括导体、_____和保护层三个部分。

59. 接于电力系统的主进电缆及重要电缆, 每年应进行一次_____试验, 其它的电缆一般每_____试验一次。

60. 油浸纸绝缘多芯电力电缆的弯曲半径与电缆直径的比值不小于下列规定: 铅包_____倍, 铝包_____倍。

61. 架空线路常用导线按其材质可分为: _____、_____以及钢芯铝绞线等几种。

62. 变压器的基本功能是改变交流_____。

63. 对于运行中的变压器, 变压器油应能承受_____的电压。

64. 用于动力、照明混合负载的三相配电变压器, 接线方式多采用_____接线方式。

65. 双绕组变压器, 当一次侧电压一定时, 如果负载电阻增大时, 则二次侧电流将_____。

66. 双绕组变压器, 当一次侧电压一定时, 如果负载电阻减小时, 则二次侧电流将_____。

67. 两台变压器并列运行, 要求变压器的容量比不超过_____。

68. 变压器一次电压与二次电压之比等于_____和_____之比。

69. 户外地上安装的变压器, 应在其周围装设永久性遮拦,

并在遮拦外侧悬挂_____类标示牌。

70. 对运行中的变压器,有人值班的应_____巡视检查一次,无人值班时,至少_____巡视检查一次。

71. 接线方式为 Y,yn0 的配电变压器,其低压侧中性线电流不得超过相线额定电流的_____%。

72. 停止运行半年以上的变压器,应摇测_____和做_____合格后,方可重新投入运行。

73. 并列运行的变压器,在拆装引线后,必须经过_____试验,才允许重新并列运行。

74. 变压器的上层油温不得超过_____。

75. 保护配电变压器的阀型避雷器,应安装在跌开式熔断器与变压器_____,避雷器的接地引下线应采用_____的接线方式,其接地电阻值不应大于 4Ω 。

76. 并联电容器组禁止_____,以防止产生操作过电压。

77. 断路器合闸失灵时,应从_____回路和操动机构两方面进行检查。

78. 断路器合闸失灵时,应从二次回路、_____两方面进行查找。

79. 少油断路器中的油应为_____色。

80. SN10-10 型断路器的灭弧装置有_____三种结构。

81. 电磁操动机构的熔丝应按合闸线圈额定电流的_____来选择。

82. 高压断路器是一种能够实现控制与_____双重作用的电器。

83. 高压隔离开关是一种没有_____装置的高压电器。

84. GN10-10 是高压隔离开关的型号,其中 G 表示_____。

85. 错拉隔离开关时,在刀口处如刚刚出现电弧,应将隔离

开关迅速_____。

86. 跌开式熔断器送电时的操作顺序是:先合_____相。

87. 断路器不但能切合正常情况下的负荷电流,还能切断故障情况下的_____电流,这是因为它有完善的_____装置。

88. SN10-10 少油断路器在掉闸时,电弧在灭弧装置中经_____吹和_____吹而迅速灭弧,从而保证了一定的_____容量。

89. 新投入的高压断路器,_____年后应进行一次大修;故障掉闸_____次以上或断路器严重喷油后应停电检修。

90. 在断路器控制信号系统中,红、绿指示灯是表明断路器分、合位置的。同时红灯还监视断路器的_____回路完好,绿灯监视断路器的_____回路完好。

91. CD 型电磁操动机构的合闸线圈采用熔丝保护时,应按合闸线圈额定电流的_____~_____倍来选择。如合闸线圈的额定电流为 120A,合闸回路的熔丝应选用_____~_____A 的。

92. 断路器采用 CT 型或 CD 型操动机构,合闸失灵时,一般可从_____、_____、_____三方面查找故障。

93. 高压隔离开关和高压断路器之间要装联锁,以防止发生误操作。联锁的类型主要有_____联锁和_____联锁。

94. GW9-10 是一种高压隔离开关的型号,其中“G”表示_____,“W”表示使用环境为_____,9 为设计序号,10 表示额定电压为 10kV。

95. GN19-10 是一种高压隔离开关的型号,其中“G”表示_____,“N”表示使用环境为_____,19 为设计序号,10 表示额定电压为 10kV。

96. RN2-10 是_____的专用熔断器,额定电流为_____

A,熔管内充填石英砂,具有良好的灭弧性能和较大的_____容量。

97.RN2-10是电压互感器的专用熔断器,额定电流为_____A,熔断电流为_____~_____A,在一分钟内熔断。

98.RW4-10是一种常用的高压保护电器,叫做_____。其中:“W”表示_____,“10”表示_____为10kV。

99.跌开式熔断器的操作顺序是:送电时先合_____相,后合_____相,以防止相间弧光短路。

100.安装10kV跌开式熔断器时,它与垂线的夹角为_____~_____度,对地面的距离:室外以_____m为宜,室内以_____m为宜。

101.对继电保护装置的基本要求是:选择性、_____,可靠性、灵敏性。

102.电力系统的继电保护装置,应能满足可靠性,_____,迅速性,_____性方面的基本要求。

103.定时限过流继电保护,动作电流是按照躲开线路的_____电流而整定的。

104.电流速断保护只能保护线路全长的_____。

105.电流速断保护为主保护,过流保护为_____保护。

106.瓦斯保护是一种_____保护,由瓦斯继电器组成。

107.倒闸操作就是将_____由一种状态转换到另一种状态。

108.反时限过电流保护是指保护装置的_____与短路电流大小成_____关系。

二、判断题(将判断结果填写在括号内,正确画“√”错误画“×”)

1. 电阻并联时,其总电阻值比任何一个分电阻值都小。 ()
2. 功率三角形中,功率因数角的对边是 Q 。 ()
3. 电流的频率越高,则电感的感抗数值越小,而电容的容抗数值越大。 ()
4. 提高负荷率,仅对电力系统有利,用户实际不受益。 ()
5. 没有兆欧表时,可以用万用表测量绝缘电阻值。 ()
6. 接地电阻值的摇测应在每年土地最湿润季节进行。 ()
7. 三相两元件 DS 型有功电度表,可以用于三相四线制供电系统中不平衡负载的电度计量。 ()
8. 三相两元件 DS 型有功电度表,可以用于三相四线制供电系统中作对称及不对称负载的有功电量的计量。 ()
9. 三相两元件有功电度表,仅可以对三相三线对称负载作有功电量的计量。 ()
10. 电压互感器一次或二次熔丝熔断一相后,熔断相的电压表指示值降低,非熔断相的电压表指示值升高。 ()
11. 10kV 系统中,作为监视对地绝缘的电压互感器,其一次绕组中性点可以不接地。 ()
12. 中性点不接地的电力系统中,作为监视对地绝缘的电压互感器,其一次绕组中性点必须接地,否则就不能起绝缘监视作用。 ()
13. 中性点不接地的电力系统中,发生一相接地故障时,将会造成线电压的失衡。 ()
14. 10kV 系统中,电压互感器一次熔丝熔断,如非二次负荷

过载,必然是电压互感器内部或一次引线上的故障。()

15.电压互感器、电流互感器的二次线圈,除另有规定外,均应接地或接零。()

16.互感器二次侧接地的目的,是为了防止一、二次侧绝缘击穿时,造成人身及设备的损伤。()

17.仪表与继电器等的电流线圈都是并联接在电流互感器二次电路中的。()

18.运行中的电流互感器不使用的二次绕组两端应断开。()

19.电流互感器二次侧电路里所串接的仪表及继电器电流线圈的阻抗和,不应大于互感器铭牌所规定的二次负载阻抗。()

20.正常运行的电流互感器,一次磁通与二次磁通是相互抵消的,所以铁心中的磁通密度很小。()

21.运行中的电流互感器,只要二次侧开路,其开路点两端就会产生高电压。()

22.原使用 1000/5A 的电流互感器配接 1000/5A 的电流表,因电流表损坏,换装一块 100/5A 的电流表,此表将烧毁。()

23.若用万用表的“ $R \times 10$ ”挡测电阻前已调好了零位,接着又改用“ $R \times 100$ ”挡去测量较大的电阻时,就不必再调整欧姆零位了。()

24.使用单臂电桥测量变压器线圈直流电阻,按下 B 钮并锁住后,应等待一些时间,待充电电流稳定下来,再按 G 钮。()

25.在 10kV 供电系统中,衡量电能质量的标准是:电压的变动不大于 $\pm 7\%$,频率与 50Hz 的偏差不大于 $\pm 0.5\text{Hz}$ 及保证供电不中断。()

26.在三相四线制供电系统中,当负载不平衡时,用试电笔

测试中性线,试电笔不发光;若用钳形电流表测量中性线电流,电流表有指示。 ()

27.安装在保护接零系统中的单相三眼插座,不得将插座的工作零线孔和保护零线孔连接后,接到电源零线上。 ()

28.日常的停电送电倒闸操作,不用填写工作票和操作票。 ()

29.在发生严重威胁设备及人身安全的紧急情况下,可不填写工作票和操作票,值班人员可立即断开有关的电源。 ()

30.雷雨天气时,应停止室外的正常倒闸操作。 ()

31.变电室单人值班时,只准巡视,不应进行设备清扫或检修。 ()

32.验电的重要目的之一,是将要在该处装设临时接地线。 ()

33.停电而未装设临时接地线的设备,应视为带电设备。 ()

34.降压变电所全所停电检修时,只需将可能来电的部位装设临时接地线,其余部位不必装设。 ()

35.禁止在本单位不能控制的电气设备上进行工作或装设临时接地线。 ()

36.开关掉闸后,在没有找出故障原因之前,如急需用电可强行试合闸送电。 ()

37.触电人呼吸停止,应立即采用人工呼吸法;心脏也停止跳动时,必须和胸外心脏挤压同时进行。 ()

38.防雷装置的接地线应使用裸导线。 ()

39.防雷装置的接地线应使用绝缘铝导线,截面应不小于 25mm^2 。 ()

40.阀型避雷器的接地引下线,应使用铜线或钢线,但不得

使用铝线。 ()

41. 保护配电变压器的阀型避雷器, 可以安装在变压器一次侧的任何地方。 ()

42. 配电变压器避雷器的防雷接地引下线采用“三位一体”的接线方法, 其接地电阻不应大于 4Ω 。 ()

43. 变、配电所的接地装置, 除每年应检测接地电阻外, 每年还要做一次全面检查。 ()

44. 监护人发现工作人员中有不正确动作时, 应及时提出纠正, 必要时可令其停止工作。 ()

45. 人在接地故障点附近行走时, 因为跨步电压只是从人的一只脚到另一只脚, 电流没有通过心脏, 所以人体没有触电危险。 ()

46. 10kV 架空线路, 导线与建筑物之间的最小垂直距离为 3m 。 ()

47. 10kV 架空线路与弱电线路交叉时, 最小垂直距离为 2m , 当使用绝缘导线时可降低为 1.2m 。 ()

48. 不同金属、不同规格的导线, 不应在同一档距内连接。 ()

49. 带金属外统包的三芯电缆, 可以将三根缆芯并联在一相上使用。 ()

50. 变压器安装了电容器, 既改善了功率因数, 又增加了变压器容量。 ()

51. 变压器的铁心是由相互绝缘的硅钢片叠装而成的闭合磁路, 它具有较高的导磁系数和较大的电阻系数, 并可以减少涡流。 ()

52. 配电变压器中, 由于 $U_1 > U_2$ 、 $I_1 < I_2$, 故初级绕组匝数多, 导线截面大。 ()

53. 用于 10kV 变压器油的绝缘强度规定为：运行中的油 25kV，新油 30kV。 ()

54. 配电变压器无载分接开关，可以在空载运行情况下调整。 ()

55. 备用变压器电压分接开关位置，可与运行中的变压器分接开关位置不一致。 ()

56. 有一台配电变压器，高压分接开关分为：10.5kV、10kV、9.5kV 三挡，低压侧额定电压为 0.4kV，分接开关在 10kV 挡位，由于电网电压太低，将分接开关调到 10.5kV 挡，可使低压侧电压得到提高。 ()

57. 在安全距离足够的条件下，对变压器取油样可在带电的情况下进行。 ()

58. 高压少油断路器的金属外壳是带电的，所以它的外壳严禁接地。 ()

59. SN 型少油断路器的外壳是金属的，是带电的一端，运行中必须注意不能靠近和触及。 ()

60. 少油断路器喷油的原因之一是两次合闸时间间隔过短。 ()

61. 少油断路器里的油，只用作灭弧和触头间隙的绝缘，而不作为对地绝缘。 ()

62. 少油断路器正常的油位应在油标管的两条红线以上，油的作用是灭弧，油越多灭弧越可靠。 ()

63. 正常情况下停电时，配电变压器两侧开关的操作顺序，应先停高压侧开关，再停低压侧开关，因为高压断路器灭弧能力强。 ()

64. 少油断路器采用电磁操动机构时，其合闸回路熔丝的额定电流应按合闸线圈额定电流的 1.25 倍选择。 ()

65. 在电磁操动机构上也装有手动合闸的部分。 ()
66. 不论采用哪种操动机构控制断路器,其合闸力不仅要使断路器动、静触头闭合,还要将分闸弹簧拉开。 ()
67. 隔离开关和本回路的少油断路器之间的联锁,要保证少油断路器处于合闸状态时,隔离开关无法拉开。 ()
68. 当发现单相接地故障并查明接地点后,可以使用隔离开关断开接地点。 ()
69. 隔离开关可以用来切除高压的一相接地故障。 ()
70. 室外单极隔离开关,可以拉、合 800kVA 空载变压器。 ()
71. 隔离开关不允许带负荷合闸,如已发生误合闸,则不准再拉开。 ()
72. 并联电容器既能提高负载的功率因数,又能改善电压质量,所以电容器装的越多越好。 ()
73. 当并联电容器投入过多,造成无功功率的过补偿时,功率因数表的指示就大于 1。 ()
74. 并联电容器在配电系统中,主要是补偿无功功率,所以投入了适量的电容器后能提高功率因数,而且线路的功率损耗也降低了。 ()
75. 运行中的电容器,若断路器突然掉闸,只要电容器没有故障,就可立即合闸。 ()
76. 运行中的并联电容器,其断路器突然掉闸,可以立即再次强行合闸试送。 ()
77. 变电所安装了电容器,既改善功率因数,又增加了变压器容量,就是说 315kVA 变压器,安装了 100kVar 电容器就能当 400kVA 来用。 ()
78. 继电保护方式中,以过电流保护作为主保护,因为它的

保护范围比速断保护大。 ()

79. 短路点越靠近电源, 短路电流越大, 反时限过流保护的
动作时限也越长。 ()

80. 变压器运行中瓦斯继电器动作, 说明故障发生在变压器
内部, 而且故障的性质是严重的。 ()

三、选择题

1. 如果交流电路中的电阻和电抗相等, 则电路的电压与电
流之间的相位差是:

A. π B. $\pi/2$ C. $\pi/4$ D. $\pi/3$

2. 交流电路中, 有功功率 P 和无功功率 Q 与视在功率 S 的
关系是, 有功功率 P 等于:

A. $Q^2 + S^2$ B. $\sqrt{S^2 - Q^2}$ C. $S^2 + Q^2$ D. $\sqrt{Q^2 + S^2}$

3. 两只额定电压 220V 的灯泡, 一只为 100W, 另一只为
40W, 串联后接在 380V 电源上, 将会造成:

A. 100W 灯泡电压高而烧毁 B. 100W 与 40W 灯泡都烧毁
C. 两只灯泡全不烧毁 D. 40W 灯泡电压高而烧毁

4. 电流互感器投入运行前, 凡不使用的二次线圈应在接线
端子处将

A. K_1 与 K_2 短接 B. K_1 接地
C. K_1 与 K_2 短接并接地 D. K_2 接地

5. 测量二次回路的绝缘电阻应使用

A. 500V 摇表 B. 1000V 摇表
C. 2500V 摇表 D. 5000V 摇表

6. 摇测 10kV 母线的绝缘电阻, 可选用下列电压等级的兆欧
表:

A. 100V B. 1000V C. 500V D. 2500V

7. 10kV 电压互感器的专用熔断器的型号是:

A. RN1 - 10 B. RN2 - 10 C. RW4 - 10 D. RW3 - 10

8. 进线电源的断路器操作编号为 201, 电源侧隔离开关为 201 - 2, 负荷侧隔离开关为 201 - 3, 送电的正确操作顺序是:

A. (1) 合 201 - 2 (2) 合 201 (3) 合 201 - 3

B. (1) 合 201 - 2 (2) 合 201 - 3 (3) 合 201

9. 我国 10kV 电力系统是_____系统。

A. IT B. TT C. TN-C D. TN-S

10. 在何种情况下, 可以不填写工作票, 而在配电装置上进行检修工作:

A. 安全措施完善

B. 领导现场监护

C. 熟悉现场情况

D. 事故紧急抢修

11. 临时接地线应使用

A. 多股铜绞线

B. 多股铝绞线

C. 多股软裸铜线

D. 钢芯铝绞线

12. 临时接地线的截面应不小于:

A. 16mm^2 B. 25mm^2 C. 35mm^2 D. 45mm^2

13. 10kV 高压电气设备在室外发生接地故障时, 人体距接地故障点的安全距离应大于:

A. 1m B. 2m C. 4m D. 8m

14. 在巡视运行中的 10kV 电气设备时, 如果没有安全遮拦, 工作人员与带电导体之间的最小安全距离为:

A. 0.35m B. 0.5m C. 0.6m D. 0.7m

15. 铅包油浸纸绝缘多芯电力电缆的弯曲半径与电缆外径的比值不得小于

A. 5 倍 B. 10 倍 C. 15 倍 D. 20 倍

16. 在紧急情况下, 10kV 电力电缆过负荷 15% 时, 连续运行

的时间不应超过:

- A. 15min B. 30min C. 1h D. 2h

17. 直埋电力电缆与热力沟平行敷设时,其水平距离不得小于:

- A. 0.5m B. 1m C. 0.8m D. 2m

18. 三相四线制配电变压器,低压侧中性线电流不应超过线电流的:

- A. 25% B. 30% C. 35% D. 50%

19. 接线组别为 Y,yno 的 10kV/0.4kV 变压器,一次线路上 B 相接地,其二次相电压将会_____。

- A. $U_B \downarrow$ 、 $U_A = U_C$ 不变 B. $U_B \downarrow$ 、 $U_A \uparrow$ 、 $U_C \uparrow$
C. $U_A \downarrow$ 、 $U_B \uparrow$ 、 $U_C \uparrow$ D. U_A 、 U_B 、 U_C 均不变

20. 3~10kV 变压器,绝缘电阻合格值(20℃时,最低标准)是:

- A. 450MΩ B. 300MΩ C. 200MΩ D. 100MΩ

21. 3~10kV 变压器检修时,用 2500V 兆欧表摇测变压器一次侧对地的绝缘电阻,在 20℃时其绝缘电阻最低合格值为:

- A. 450Ω B. 450MΩ C. 225MΩ D. 300MΩ

22. 变压器初次投入运行,应空载运行一段时间后,才能带负荷运行,规程规定空载运行时间是:

- A. 8 小时 B. 12 小时 C. 20 小时 D. 24 小时

23. 保护户外变压器的阀型避雷器与变压器之间的最大电气距离不大于:

- A. 4m B. 8m C. 15m D. 23m

24. 两台符合并列条件的变压器 T1、T2,其容量分别为 S1、S2。已知 $S1 > S2$,并列后,当负载逐渐增加时,是:

- A. T1 先满载 B. T2 先满载

C. T1、T2 同时满载 D. 无法判断

25. 变压器油正常的颜色为：

A. 褐色 B. 亮黄色 C. 暗红色 D. 棕色

26. 装有呼吸器的油浸式变压器，其呼吸作用的来源主要是：

A. 负荷电流的变化 B. 环境温度的变化
C. 外壳的膨胀与收缩 D. 环境空气气压的变化

27. 在 10kV 系统中运行的变压器，当一次线路上发生单相接地故障时，如变压器不过载，则_____。

A. 仍可持续运行 B. 只允许运行两小时
C. 只允许运行半小时 D. 应立即退出运行

28. 一台变压器的额定容量是：变压器分接开关在 II 挡一次加以额定频率的额定电压时_____保证值。

A. 输入的有功功率 B. 输入的视在功率
C. 输出的有功功率 D. 输出的视在功率

29. 无载调压变压器切换分接开关后，用直流电桥测量变压器一次绕组直流电阻，其数值差别应不大于：

A. 5% B. 3% C. 2.5% D. 2%

30. 少油断路器中油的作用是：

A. 灭弧和绝缘 B. 冷却和灭弧
C. 绝缘和冷却 D. 防止相间短路

31. 变压器油在少油断路器中的作用是：

A. 主要是灭弧，其次是绝缘
B. 主要是冷却，其次是灭弧

32. 少油断路器的以下部分不应接地：

A. 操作机构 B. 油箱 C. 金属架构 D. 传动杆

33. 少油断路器掉闸后严重喷油，对于这种情况应：

- A. 不准强送,应立即安排停电检修
- B. 静待三分钟后再次试送
- C. 观察油标管,只要还有油,便可试送
- D. 可以再试送两次,如果再喷油,就得检修

34. 少油断路器油标管中的油,其颜色应为:

- A. 暗红色
- B. 亮黄色
- C. 褐色
- D. 黑色

35. GG1A 开关柜上侧隔离开关的操动机构,常使用_____型的。

- A. CS2
- B. CS6
- C. CT7
- D. CT8

36. 隔离开关允许拉合变压器的空载电流为

- A. 2A
- B. 4A
- C. 5A
- D. 7A

37. 跌开式熔断器在正常情况下,可以拉合下述容量及以下变压器的空载电流:

- A. 315kVA
- B. 500kVA
- C. 800kVA
- D. 630kVA

38. 以跌开式熔断器保护的 10kV/0.4kV 户外变压器,当一次熔丝熔断一相后,应立即采取的措施是_____。

- A. 拉开 401
- B. 向上级要求停电
- C. 将另外未熔断的两相拉开
- D. 报告领导要求签发检修工作票

39. 有三台 BW10.5 - 12 - 1W 型电容器,接在额定电压 10kV 的线路中,应该采用的正确接线方式为:

- A. 串联连接
- B. 并联连接
- C. 三角形连接
- D. 星形连接

40. 对继电保护的基本要求,应满足:

- A. 选择性、可靠性、迅速性、灵敏性
- B. 安全性、可靠性、多用性、灵敏性
- C. 安全性、经济性、迅速性、可靠性

41. 线路采用速断保护时,其保护范围是:

- A. 线路的全长 B. 线路全长的 10% - 20%
C. 线路全长的 70% - 80% D. 线路全长及下级线路的一部分

四、作图题

1. 画出 CT7 型弹簧储能操动机构控制原理图,并说明各指示灯的作用。

2. 画出 CT8 型弹簧储能操动机构的基本控制接线图。

3. 某 10kV 变电站一次主接线为单母线接线方式,一路电源进线两台变压器,画出一一次单线系统图(含电压互感器、电流互感器、避雷器、计量柜、开关编号)。

4. 画出电流互感器测量电流的几种接线方式(一只电流互感器的接线,两只电流互感器的不完全星形接线,三只电流互感器的星形接线)。

5. 画出 JSJW - 10 三相五柱电压互感器的接线原理图(画至电压表)。

6. 画出两台单相电压互感器用于三相线路接成 V 形的接线图(画至电压表)。

7. 画出反时限过流保护原理展开图。

五、计算题

1. 某单位月耗有功电度 40 万千瓦时,无功电度 30 万度,试计算该月的平均功率因数为多少?

2. 某单位月耗有功电度 4 万度,无功电度 3 万度,试计算该月的平均功率因数为多少?

3. 三相电力变压器,630kVA,额定电压 10kV/0.4kV 求:

(1) 该变压器一、二次电流;

(2) 一次侧熔丝的额定电流。

4. 有一台三相变压器的电压比为 $10\text{kV}/0.4\text{kV}$, 它所带负荷的有功功率为 400kW , 负荷的功率因数为 0.8 , 求变压器的视在功率和无功功率各为多少?

5. 某配电室变压器, 运行中线电压表指示为 10kV , 频率为 50Hz , 高压平均负荷电流为 57.8A , 平均负载功率为 900kW , 求变压器的视在功率和功率因数各为多少?

6. 有一台 800kVA 三相变压器, $Y, y\text{no}$ 接线, 额定电压为 $10\text{kV}/0.4\text{kV}$, 试计算: (1) 变压器一、二次额定电流; (2) 变压器的额定变比。

7. 有一台 315kVA 三相变压器, $Y, y\text{no}$ 接线, 额定电压为 $10\text{kV}/0.4\text{kV}$, 试计算变压器一、二次额定电流并选择一、二次熔丝额定电流。

8. 有 $\text{GR}-1$ 型 10kV 高压电容器柜一台, 装有 $\text{BW}10.5-12-1$ 型高压电容器 12 台, Δ 形接线, 每相 4 台为一组, 装一套 $\text{RN}1-10$ 熔断器作保护, 试计算:

(1) 每组电容器的电流为多少?

(2) 每组电容器的熔丝额定电流为多少?

(3) 电容器柜的总电流为多少?

附录 C 低压、高压电工安全技术理论题答案

低压电工安全技术理论答案

一、填空题

1. 他人;周围设施
2. 安全技术培训
3. 遵守职业纪律;专业技术;安全操作
4. 法规;规程;自身;触电事故
5. 良好的运行
6. 人身触电
7. 人身及设备
8. 人身
9. 违章作业
10. 不合格的
11. 人身
12. 设备
13. 电压;电阻

14. $U/(R_1 + R_2 + R_3)$
15. 1.5Ω
16. 30V
17. 484Ω
18. 20Ω
19. 处处相等;电压降
20. 电流;和
21. 50Hz;0.02s
22. 角频率;最大值;初相位
23. 314 rad/s
24. $\sqrt{2}; 1/\sqrt{2}$
25. 220V
26. 311V
27. $-\pi/6$
28. 10Ω
29. 15Ω
30. 10Ω
31. 绿;红
32. $\sqrt{3} U I \cos\phi$
33. $\sqrt{3} U I \sin\phi$
34. $\sqrt{3} U I; \sqrt{3} U I \cos\phi; \sqrt{3} U I \sin\phi; P/S$
35. 无功
36. 功率因数
37. 有功功率;P;W;kW
38. 视在功率;S;VA;kVA
39. 无功功率
40. $\sqrt{3}$;相等

41. $U_L = \sqrt{3} U_\phi; I_L = I_\phi$
42. $U_L = U_\phi; I_L = \sqrt{3} I_\phi$
43. 开关板; 便携
44. 电流表; 串联
45. 小
46. 大
47. 低压绝缘导线
48. 钳形
49. 磁电
50. 线圈式
51. 母线式
52. 线圈式; 0.5
53. 产生高电压; 铁心发热; 计量不准
54. 额定电流; 额定电流
55. 电压; 测量范围
56. 500V
57. 电压最大挡
58. 选用大于被测值但又与之最接近的一挡
59. 中间部位; 欧姆零位
60. 有功电能; kWh
61. 圆盘转动
62. 2.5
63. $1.5\text{mm}^2; 2.5\text{mm}^2$
64. 1.8m
65. 1.8m
66. 1.4m
67. 0.7m

68. 伤害
69. 皮肤金属化
70. 电流通过人体的途径;电流的种类
71. 直接接触;意外接触
72. 1mA;感知
73. 10mA;摆脱
74. 50mA;触电死亡
75. 夏;冬;8
76. 不能;二次伤害
77. 致命的外伤;假死;进行抢救;不得间断
78. 平躺;后仰;口腔中异物
79. 两;三;胸部略有起伏
80. 心脏;每秒
81. 60~80次;3~5cm
82. 电源侧中性点直接接地
83. 工作接地;4Ω
84. 五线制
85. N;PE
86. 直接接地;TN-C或TN-S
87. 断开电源
88. 不直接接地;三相三线
89. 降低;对地电压
90. 1.5m
91. 3
92. 引下线
93. 19;4;3.5;2.5;5;0.6
94. 3;1.5

95. 相互
96. 可燃
97. 隔绝空气;吸热降温
98. 二氧化碳、干粉、
99. 1211
100. 重点防火;取用方便的
101. 防晒;防冻
102. 手握;着火点;沾着皮肤
103. 电气火灾
104. 试电笔;绝缘手套;带绝缘柄的工具
105. 基本绝缘安全;试电笔;无绝缘
106. 专人监护;直接接触;安全距离
107. 停电;验电;装设临时接地线;悬挂标示牌、装设临时遮栏
108. 撤离现场;不许变动
109. 人身安全;操作正确
110. 多股软裸铜导线; 25mm^2
111. 接地端;导体端
112. 梯子;高凳;脚扣
113. 铜、铝过渡接头;电化
114. 1.2;0.6
115. 绑接
116. 6
117. 1/6;1.5;2
118. 2.5
119. 绝缘;25;6
120. 2.5;10

- 121. 6;3.5
- 122. 铠装、防护、防腐
- 123. 1000V;20;10MΩ
- 124. 0.7;100;水泥盖板
- 125. 2;0.5
- 126. 拐弯;接头;交叉;进出建筑物
- 127. 穿管保护;封堵严密
- 128. 1200V
- 129. 平行
- 130. 20m
- 131. 不小于母线的宽度
- 132. 由内向外;由下向上
- 133. 涂凡士林油
- 134. 母线厚度;2.5
- 135. 母线宽度;2
- 136. 长度;母线宽度的 2.5
- 137. 50mm
- 138. 平直;偏移
- 139. 空气断路器
- 140. 1 倍;1.5 倍;3 倍
- 141. 空气断路器;额定电流;三极
- 142. 空气断路器;额定电流
- 143. 空气断路器;复式脱扣
- 144. 热元件;延;电磁元件;瞬
- 145. 刀开关;单投
- 146. 刀开关;双投
- 147. 瓷插式熔断器;额定电流;A

- 148. 螺旋式熔断器
- 149. 一定
- 150. 万能式转换开关;主令电器
- 151. 控制按钮;主令电器
- 152. 交流接触器
- 153. 磁力启动器;设计序号;容量等级;热继电器
- 154. 热继电器;过载
- 155. 过载;1.1~1.25;1
- 156. 2~3;用手按复位按钮
- 157. 5
- 158. 热辐射;放电
- 159. 耐腐蚀的防潮灯或密闭式
- 160. 防爆型
- 161. 2m;铁链吊装
- 162. 36V及
- 163. 36V;12V
- 164. TN-S
- 165. 不允许装熔断器
- 166. 明显区别;不能混用;1.8m;0.3m
- 167. 火线;顶芯;瓷灯口
- 168. 2.2~2.8;0.15~0.2
- 169. 25;15
- 170. 40%
- 171. 30;20
- 172. 6;15
- 173. 鼠笼式;绕线式
- 174. 10kW

- 175. Y- Δ 启动;自耦减压;主回路串电阻或电抗器
- 176. Δ
- 177. 空载或轻载
- 178. 自耦减压
- 179. 10
- 180. 断条;断线;电刷
- 181. 相序改变
- 182. 705r/min
- 183. 电磁转矩;转速
- 184. 小
- 185. B
- 186. 120 $^{\circ}$ C
- 187. 130 $^{\circ}$ C
- 188. 1000V;1M Ω
- 189. 500V;0.5M Ω
- 190. 额定功率;额定电压;接法;额定转速
- 191. 烧毁
- 192. 电力系统;0.9~0.95
- 193. 并联电容器;标称容量
- 194. 湿热
- 195. 1.5~2.5
- 196. 四;1.3~1.8
- 197. 带电荷;
- 198. 3
- 199. 65
- 200. 20
- 201. 电容器组;各路出线

202. 1000V;2000MΩ

203. 500V;1000MΩ

204. 0.3m;0.2m

205. 塑料

206. 金属

二、判断题

- | | |
|-------|-------|
| 1. × | 21. × |
| 2. ✓ | 22. ✓ |
| 3. ✓ | 23. × |
| 4. × | 24. × |
| 5. × | 25. × |
| 6. ✓ | 26. ✓ |
| 7. ✓ | 27. ✓ |
| 8. × | 28. × |
| 9. ✓ | 29. × |
| 10. × | 30. × |
| 11. ✓ | 31. ✓ |
| 12. × | 32. × |
| 13. ✓ | 33. × |
| 14. × | 34. ✓ |
| 15. × | 35. × |
| 16. ✓ | 36. ✓ |
| 17. ✓ | 37. × |
| 18. ✓ | 38. ✓ |
| 19. × | 39. ✓ |
| 20. × | 40. × |

- 41. ✓
- 42. ✓
- 43. ✗
- 44. ✗
- 45. ✗
- 46. ✓
- 47. ✗
- 48. ✗
- 49. ✗
- 50. ✗
- 51. ✗
- 52. ✓
- 53. ✓
- 54. ✗
- 55. ✗
- 56. ✗
- 57. ✓
- 58. ✗
- 59. ✓
- 60. ✓
- 61. ✗
- 62. ✓
- 63. ✓
- 64. ✓
- 65. ✓
- 66. ✓
- 67. ✓

- 68. ✗
- 69. ✓
- 70. ✓
- 71. ✓
- 72. ✓
- 73. ✓
- 74. ✓
- 75. ✓
- 76. ✓
- 77. ✓
- 78. ✗
- 79. ✗
- 80. ✓
- 81. ✓
- 82. ✗
- 83. ✗
- 84. ✓
- 85. ✗
- 86. ✓
- 87. ✓
- 88. ✗
- 89. ✗
- 90. ✓
- 91. ✓
- 92. ✓
- 93. ✗
- 94. ✗

95.✗	122.✗
96.✗	123.✓
97.✗	124.✓
98.✓	125.✗
99.✓	126.✓
100.✗	127.✓
101.✓	128.✓
102.✗	129.✓
103.✓	130.✓
104.✗	131.✓
105.✗	132.✗
106.✗	133.✓
107.✗	134.✗
108.✗	135.✓
109.✓	136.✓
110.✓	137.✓
111.✓	138.✓
112.✓	139.✗
113.✗	140.✓
114.✗	141.✓
115.✓	142.✗
116.✓	143.✗
117.✗	144.✓
118.✗	145.✗
119.✓	146.✗
120.✓	147.✗
121.✗	148.✓

- | | |
|--------|--------|
| 149. × | 156. × |
| 150. × | 157. ✓ |
| 151. ✓ | 158. ✓ |
| 152. ✓ | 159. × |
| 153. ✓ | 160. ✓ |
| 154. ✓ | 161. × |
| 155. × | |

三、选择题

1. D 外加电压
2. C 电阻两端电压的平方
3. C 8W
4. C $P_{\Delta} = 3P_Y$
5. C 5.5A
6. C 反比
7. A $\sqrt{2}$ 倍
8. C $1/\sqrt{2}$
9. D $\pi/4$
10. D 无法确定
11. B 负值
12. D 有效值
13. A 滞后且小于 1
14. A 开始 40W 灯泡极亮随即烧毁
15. A 10Ω
16. B A-C-B
17. D 降低
18. B 电磁式

- 19. C 有效值
- 20. A 制造工艺上的
- 21. D 瞬时值
- 22. D 20
- 23. D 万用表及电桥
- 24. C 计算电流的 1.5 倍
- 25. A 越大越好
- 26. B 越小越好
- 27. D 感应式
- 28. D 有功电能
- 29. C 引用误差
- 30. A 灵敏度高
- 31. D、E、L 先短接, 由慢摇加速到 120rpm
- 32. C 2.5mm^2
- 33. D 3A
- 34. B 保护
- 35. B 相位
- 36. C 25mm^2
- 37. B 多股软裸铜导线
- 38. D 不能
- 39. D 人工呼吸法
- 40. C 1mA
- 41. B 10mA
- 42. D 50
- 43. D 30mA、0.1s
- 44. C TN-C
- 45. C 保护零线

- 46. C 用合格的试电笔验证确无电压
- 47. D 禁止合闸,线路有人工作!
- 48. D 每年一次
- 49. B 24mm^2
- 50. B 6mm
- 51. A 双绕组的
- 52. D 耐受的电场强度高
- 53. B 耐热
- 54. B 2.5mm^2
- 55. A 10mm^2
- 56. A 3个月
- 57. C 1000V
- 58. D 既有热脱扣器又有电磁脱扣器
- 59. B 接触器
- 60. C 1倍
- 61. D 60% ~ 100%
- 62. C 负载额定电流的(1.3 ~ 2)倍
- 63. A 先拉开 DW 型自动开关,后拉开 HD 型刀开关
- 64. B 在 1 小时内不动作
- 65. D 不会熔断
- 66. D RTO
- 67. D RTO
- 68. B 线电压的有效值
- 69. D 130°C
- 70. A $0.5\text{M}\Omega$
- 71. A 增大
- 72. A $1/3$

- 73. B 1/3
- 74. B 短路保护
- 75. C 一样大
- 76. B 0.64 倍
- 77. B 降低
- 78. B Y 接
- 79. B 电容器纸
- 80. C $\pm 40^{\circ}\text{C}$
- 81. C 60
- 82. C $2000\text{M}\Omega$

四、作图题

- 1. 答案见图 2-33
- 2. 答案见图 2-7
- 3. 答案见图 2-8
- 4. 答案见图 1-45
- 5. 答案见图 2-17
- 6. 答案见图 2-15
- 7. 答案见图 2-21(b)
- 8. 答案见图 2-1
- 9. 答案见图 2-20
- 10. 答案见图 2-11

五、计算题

1. 解:

$$(1) Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = 10(\Omega)$$

$$(2) U_{\text{相}} = U_{\text{线}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 380 \times 0.58 = 220(\text{V})$$

$$(3) I_{\text{相}} = \frac{U}{Z} = \frac{220}{10} = 22(\text{A})$$

$$(4) I_{\text{线}} = I_{\text{相}} = 22(\text{A})$$

答:该三相负载的相电压为 220V,相电流、线电流均为 22A。

2. 解:

$$(1) Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = 10(\Omega)$$

$$(2) U_{\text{相}} = U_{\text{线}} = 380(\text{V})$$

$$(3) I_{\text{相}} = \frac{U}{Z} = \frac{380}{10} = 38(\text{A})$$

$$(4) I_{\text{线}} = \sqrt{3} I_{\text{相}} = 1.732 \times 38 = 66(\text{A})$$

答:该三相负载的相电压为 380V,相电流为 38A、线电流为 66A。

3. 解:

$$(1) Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = 10(\Omega)$$

$$(2) I = \frac{U}{Z} = \frac{380}{10} = 38(\text{A})$$

$$(3) P = 3 \cdot I^2 \cdot R = 3 \times 38^2 \times 8 = 3 \times 1444 \times 8 = 34656(\text{W})$$

$$(4) Q = 3 \cdot I^2 \cdot X_L = 3 \times 38^2 \times 6 = 3 \times 1444 \times 6 = 25992(\text{Var})$$

$$(5) S = 3 \cdot U \cdot I = 3 \times 380 \times 38 = 1140 \times 38 = 43320(\text{VA})$$

答:该三相负载的有功功率为 34656W,无功功率为 25992Var,视在功率为 43320VA。

4. 解:

$$(1) I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \phi \eta} = \frac{7.5}{1.732 \times 0.38 \times 0.85 \times 0.87} = 15.4(\text{A})$$

$$(2) I_{\text{熔}} = I(1.5 \sim 2.5) = 15.4 \times (1.5 \sim 2.5) = 23 \sim 38.5(\text{A})$$

(3) $FU \geq I_{\text{熔}}$ 应选用规格为 60A 的熔断器;

$$(4) FR_{\text{整}} = I = 15.4(\text{A})$$

答:该电动机额定电流为 15.4A;可选 25 ~ 40A 熔丝保护;熔断器应选用规格为 60A 的;热继电器的整定值应按额定电流 15.4A 整定。

5. 解:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi \cdot \eta \\ &= 1.732 \times 0.38 \times 27.8 \times 0.85 \times 0.9 \\ &= 14(\text{kW}) \end{aligned}$$

答:该电动机的额定功率为 14kW。

6. 解:

(1) 满载时:

$$\cos\phi_1 = \frac{P}{\sqrt{3} U I \eta} = \frac{10}{1.732 \times 0.38 \times 20 \times 0.9} = \frac{10}{11.88} = 0.85$$

(2) 轻载时:

$$\cos\phi_2 = \frac{P}{\sqrt{3} U I \eta} = \frac{2}{1.732 \times 0.38 \times 10.5 \times 0.8} = \frac{2}{5.5} = 0.36$$

答:该电动机满载时的功率因数为 0.85,轻载时的功率因数为 0.36。

7. 解:

$$(1) n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 50}{1} = \frac{3000}{1} = 3000(\text{r/min})$$

$$(2) S = \frac{n_1 - n_e}{n_1} \times 100\% = \frac{3000 - 2880}{3000} \times 100\% = 4\%$$

答:该电动机的转差率为 4%。

8. 解:

$$\begin{aligned} (1) Q_C &= \omega \cdot C \cdot U^2 \cdot 10^{-3} \\ &= 314 \times 239 \times 0.38^2 \times 10^{-3} \\ &= 10.8(\text{kvar}) \end{aligned}$$

$$(2) I_1 = \frac{Q_{cn}}{\sqrt{3}U} = \frac{10.8 \times 4}{1.732 \times 0.38} = \frac{43.2}{0.66} = 65(\text{A})$$

答：运行电压为 380V 时，实际容量为 43.2kvar；实际电流为 65A。

9. 解：

$$(1) R_2 = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{40 \times 20} = \frac{48400}{800} = 60.5(\Omega)$$

$$(2) R_3 = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{40 \times 18} = \frac{48400}{720} = 67.2(\Omega)$$

$$(3) R = R_2 + R_3 = 60.5 + 67.2 = 127.7(\Omega)$$

$$(4) U_2 = U \cdot \frac{R_2}{R} = 380 \times \frac{60.5}{127.7} = 180(\text{V})$$

$$(5) U_3 = U \cdot \frac{R_3}{R} = 380 \times \frac{67.2}{127.7} = 200(\text{V})$$

答：第二相的灯实际承受电压为 180V，第三相的灯实际承受电压为 200V。

10. 解：

$$(1) I_1 = \frac{P_n}{U} = \frac{40 \times 10}{220} = 1.8(\text{A})$$

$$(2) I_2 = \frac{P_n}{U} = \frac{60 \times 10}{220} = 2.7(\text{A})$$

$$(3) I = I_1 + I_2 = 1.8 + 2.7 = 4.5(\text{A})$$

$$(4) I_{\text{熔}} = I \cdot (1.1 \sim 1.5) = 4.5 \times (1.1 \sim 1.5) = 4.95 \sim 6.75(\text{A})$$

答：第一支路电流为 1.8A；第二支路电流为 2.7A；总电流为 4.5A；可选 5A 熔丝保护。

11. 解：

$$(1) I_1 = \frac{S}{U_1} = \frac{500}{220} = 2.3(\text{A})$$

$$(2) I_{1\text{熔}} = I_1(1.1 \sim 1.5) = 2.3 \times (1.1 \sim 1.5) = 2.5 \sim 3.5(\text{A})$$

$$(3) I_2 = \frac{S}{U_2} = \frac{500}{36} = 14(\text{A})$$

$$(4) I_{2熔} = I_2 \cdot (1.1 \sim 1.5) = 14 \times (1.1 \sim 1.5) = 15.4 \sim 21(\text{A})$$

答:一次额定电流为 2.3A, 可选 3A 熔丝保护;二次满负荷时电流为 14A, 可选 20A 熔丝保护, 应选用 30A 瓷插式熔断器。

12. 解:

$$(1) I_1 = \frac{Pn}{U \cdot \cos\phi} = \frac{40 \times 25}{220 \times 0.52} = \frac{1000}{114} = 8.8(\text{A})$$

$$(2) I_2 = \frac{Pn}{U \cdot \cos\phi} = \frac{40 \times 25}{220 \times 0.73} = \frac{1000}{160.6} = 6.2(\text{A})$$

$$(3) I = I_1 - I_2 = 8.8 - 6.2 = 2.6(\text{A})$$

答:改用电子镇流器后电流下降了 2.6A。

13. 解:

$$(1) I_1 = \frac{P \cdot n}{U \cdot \cos\phi} = \frac{40 \times 15}{220 \times 0.5} = 5.5(\text{A})$$

$$(2) I_2 = \frac{P \cdot n}{U} = \frac{60 \times 10}{220} = 2.7(\text{A})$$

$$(3) I = I_1 + I_2 = 5.5 + 2.7 = 8.2(\text{A})$$

(4) 热脱扣器的额定电流应按负载额定电流选, 应选为 8.2A。

答:该支路总电流为 8.2A, 热脱扣器的额定电流应选为 8.2A。

14. 解:

$$(1) I_1 = \frac{S}{U_1} = \frac{500}{220} = 2.3(\text{A})$$

$$(2) I_2 = \frac{S}{U_2} = \frac{500}{36} = 14(\text{A})$$

$$(3) I_{1熔} = I_1(1.1 \sim 1.5) = 2.3 \times (1.1 \sim 1.5) = 2.5 \sim 3.5(\text{A})$$

$$(4) I_{2熔} = I_2(1.1 \sim 1.5) = 14 \times (1.1 \sim 1.5) = 15.4 \sim 21(\text{A})$$

答:一次额定电流为 2.3A, 可选 3A 熔丝保护;二次满负荷时电流为 14A, 可选 20A 熔丝保护。

15. 解:

$$(1) I_1 = \frac{P_n}{U} = \frac{60 \times 8}{220} = \frac{480}{220} = 2.2(\text{A})$$

$$(2) I_2 = \frac{P_n}{U \cdot \cos\phi} = \frac{40 \times 16}{220 \times 0.5} = \frac{640}{110} = 5.8(\text{A})$$

$$(3) I = I_1 + I_2 = 2.2 + 5.8 = 8(\text{A})$$

$$(4) I_{\text{熔}} = I \cdot (1.1 \sim 1.5) = 8 \times (1.1 \sim 1.5) = 8.8 \sim 12(\text{A})$$

答:该照明电路的额定电流为 8A,应选用 10A 熔丝保护。

高压电工安全技术理论答案

一、填空题

1. 遵守职业纪律
2. $I = U/R$
3. 电压;电阻
4. $1/4R; 1/4R$
5. $\sqrt{2}; 50\text{Hz}; 0.02\text{s}$
6. $\pm 7\%$
7. 黄
8. 零
9. 工作接地
10. 功率因数
11. 有功功率;无功功率
12. 电流;电压降
13. $1; \sqrt{3}$
14. $\sqrt{3}; 1$
15. 80%
16. 不准

17. 有功;W 或 kW;无功;Var 或 kVar
18. 利用率
19. 电度;电能;kWh
20. 单相
21. 二次
22. 线
23. 1
24. 0.5
25. 二次
26. 电磁感应
27. 钳形
28. 兆欧
29. 绝缘电阻
30. 电压;测量范围
31. 6;10
32. 开;短
33. 接地;隔离
34. 电压
35. 可以看见的地方
36. 开关或熔断器
37. 已接地线的隔离开关的操作手柄上
38. 值班员(操作人)
39. 值班员会同检修人员
40. 一经合闸即可送电到施工设备或施工线路的断路器或
隔离开关的操作手柄上
41. 人身安全;操作正确
42. 电气

43. 隔离开关
44. 装设临时接地线
45. 安全技术;停电;工作;带电
46. 移开;越过
47. 4;8;绝缘靴
48. 二氧化碳;干粉
49. 假死
50. 搭接;2;6
51. 16;25
52. 感应雷
53. 验电器;电压
54. 直线
55. 6.5
56. 16mm^2
57. 配电
58. 绝缘层
59. 预防性;1~3年
60. 15;25
61. 裸铜绞线;裸铝绞线
62. 电压
63. 20kV
64. Y,yn0
65. 减小
66. 增大
67. 3:1
68. 一次绕组匝数;二次绕组匝数
69. 警告

- 70. 每班;每周
- 71. 25
- 72. 绝缘电阻;油耐压试验
- 73. 核相
- 74. 85℃
- 75. 之间;三位一体
- 76. 带电荷合闸
- 77. 二次
- 78. 操动机构
- 79. 亮黄
- 80. 横吹;纵吹;机械油
- 81. $1/3 \sim 1/4$
- 82. 保护
- 83. 灭弧
- 84. 隔离开关
- 85. 合上
- 86. 两边
- 87. 短路;灭弧
- 88. 横;纵;断流
- 89. 1;3
- 90. 掉闸;合闸
- 91. $1/3;1/4;40;30$
- 92. 电气回路;操动机构;传动机械
- 93. 机械;电气
- 94. 隔离开关;户外
- 95. 隔离开关;户内
- 96. 电压互感器;0.5;断流

97. 0.5;0.6;1.8

98. 跌开式熔断器; 户外; 额定电压

99. 两边; 中

100. 15;30;4.5;3

101. 迅速性

102. 选择; 灵敏

103. 最大负荷

104. 70% ~ 80%

105. 后备

106. 气体

107. 电气设备

108. 动作时间; 反比

二、判断题

1. ✓

14. ✓

2. ✓

15. ✓

3. ✗

16. ✓

4. ✗

17. ✗

5. ✗

18. ✗

6. ✗

19. ✓

7. ✗

20. ✓

8. ✗

21. ✗

9. ✗

22. ✗

10. ✗

23. ✗

11. ✗

24. ✓

12. ✓

25. ✓

13. ✗

26. ✓

- | | |
|--------|-------|
| 27. ✓ | 54. ✗ |
| 28. ✗ | 55. ✗ |
| 29. ✓. | 56. ✗ |
| 30. ✓ | 57. ✗ |
| 31. ✓ | 58. ✓ |
| 32. ✓ | 59. ✓ |
| 33. ✓ | 60. ✓ |
| 34. ✓ | 61. ✓ |
| 35. ✓ | 62. ✗ |
| 36. ✗ | 63. ✗ |
| 37. ✓ | 64. ✗ |
| 38. ✓ | 65. ✓ |
| 39. ✗ | 66. ✓ |
| 40. ✓ | 67. ✓ |
| 41. ✗ | 68. ✗ |
| 42. ✓ | 69. ✗ |
| 43. ✓ | 70. ✗ |
| 44. ✓ | 71. ✓ |
| 45. ✗ | 72. ✗ |
| 46. ✓ | 73. ✗ |
| 47. ✗ | 74. ✓ |
| 48. ✓ | 75. ✗ |
| 49. ✗ | 76. ✗ |
| 50. ✗ | 77. ✗ |
| 51. ✓ | 78. ✓ |
| 52. ✗ | 79. ✗ |
| 53. ✓ | 80. ✓ |

三、选择题

1. C $\pi/4$
2. B $\sqrt{S^2 - Q^2}$
3. D 40W 灯泡电压高而烧毁
4. C K_1 与 2 短接并接地
5. A 500V 摇表
6. D 2500V
7. B RN2 - 10
8. B (1) 合 201 - 2 (2) 合 201 - 3 (3) 合 201
9. A IT
10. D 事故紧急抢修
11. C 多股软裸铜线
12. D 25mm^2
13. D 8m
14. D 0.7m
15. C 15 倍
16. D 2h
17. D 2m
18. A 25%
19. D U_A 、 U_B 、 U_C 均不变
20. B $300\text{M}\Omega$
21. D $300\text{M}\Omega$
22. D 24 小时
23. C 15m
24. B T2 先满载
25. B 亮黄色

- 26. A 负荷电流的变化
- 27. B 只允许运行两小时
- 28. D 输出的视在功率
- 29. D 2%
- 30. A 灭弧和绝缘
- 31. A 主要是灭弧,其次是绝缘
- 32. B 油箱
- 33. A 不准强送,应立即安排停电检修
- 34. B 亮黄色
- 35. B CS6
- 36. A 2A
- 37. B 500kVA
- 38. A 拉开 401
- 39. C 三角形连接
- 40. A 选择性、可靠性、迅速性、灵敏性
- 41. C 线路全长的 70% ~ 80%

四、作图题

- 1. 答案见图 2-36
- 2. 答案见图 2-37
- 3. 答案见图 2-45
- 4. 答案见图 1-44、1-45、1-46
- 5. 答案见图 1-50
- 6. 答案见图 1-48
- 7. 答案见图 2-41

五、计算题

1. 解:

$$\cos\phi = \frac{W_p}{\sqrt{W_p^2 + W_Q^2}} = \frac{40}{\sqrt{40^2 + 30^2}} = 0.8$$

答:该月的平均功率因数为 0.8。

2. 解:

$$\cos\phi = \frac{W_p}{\sqrt{W_p^2 + W_Q^2}} = \frac{4}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 0.8$$

答:该月的平均功率因数为 0.8。

3. 解:

$$(1) I_1 = \frac{S}{\sqrt{3}U_1} = \frac{630}{1.732 \times 10} = 36.4(\text{A})$$

$$(2) I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}U_2} = \frac{630}{1.732 \times 0.4} = 913(\text{A})$$

$$(3) I_{1\text{熔}} = I_1 \cdot (1.5 \sim 2) = 36.4 \times (1.5 \sim 2) = 54.6 \sim 72.6(\text{A})$$

答:该变压器一次电流为 36.4A;二次电流为 913A;可选 50~70A 熔丝保护。

4. 解:

$$(1) S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{400}{0.8} = 500(\text{kVA})$$

$$(2) Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{500^2 - 400^2} = \sqrt{90000} = 300(\text{kVar})$$

答:该变压器的视在功率为 500kVA;无功功率为 300kVar。

5. 解:

$$(1) S = \sqrt{3}UI = 1.732 \times 10 \times 57.8 = 1000(\text{kVA})$$

$$(2) \cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{900}{1000} = 0.9$$

答:该变压器的视在功率为 1000kVA;功率因数为 0.9。

6. 解:

$$(1) I_1 = \frac{S}{\sqrt{3}U_1} = \frac{800}{1.732 \times 10} = 46(\text{A})$$

$$(2) I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}U_2} = \frac{800}{1.732 \times 0.4} = 1159(\text{A})$$

$$(3) K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10}{0.4} = 25$$

答:该变压器一次电流为 46A;二次电流为 1159A;额定变比为 25。

7. 解:

$$(1) I_1 = \frac{S}{\sqrt{3}U_1} = \frac{315}{1.732 \times 10} = 18.2(\text{A})$$

$$(2) I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}U_2} = \frac{315}{1.732 \times 0.4} = 457(\text{A})$$

$$(3) I_{1\text{熔}} = I_1 \cdot (1.5 \sim 2) = 18.2 \times (1.5 \sim 2) = 27 \sim 36(\text{A})$$

$$(4) I_{2\text{熔}} = I_2 = 457(\text{A})$$

答:该变压器一次电流为 18.2A;二次电流为 457A;一次侧可选 30~35A 熔丝保护;二次侧选用 450~500A 熔丝保护。

8. 解:

$$(1) I_{\text{组}} = \frac{Q \cdot n}{U} = \frac{12 \times 4}{10.5} = \frac{48}{10.5} = 4.57(\text{A})$$

$$(2) I_{\text{组熔}} = I_{\text{组}} (1.3 \sim 1.8) = 4.57 \times (1.3 \sim 1.8) \\ = 5.94 \sim 8.23(\text{A})$$

$$(3) I_{\text{总}} = \frac{Q \cdot n}{\sqrt{3}U} = \frac{12 \times 12}{1.732 \times 10.5} = \frac{144}{18.18} = 7.92(\text{A})$$

答:每组电流为 4.57A;可选 6A~8A 熔丝保护;电容器柜总电流为 7.92A。