

《电世界》丛书

电工问答 1500 例

上海市电机工程学会 编
《电世界》编辑委员会

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书内容选自《电世界》创刊以来各期《想想看》栏。全书共二十章,以一问一答的形式解答了电工基础知识、供电系统、高低压电器、变压器、直流电机、异步电机、同步电机、特种电机、电力线路、接地和电气安全、防雷技术、功率因数、电气照明、蓄电池、继电保护、电力拖动控制、电子技术、电工仪表、电气测量及其他电气、电器方面的有关基本原理与结构、运行、故障、维修、测试等具有代表性的1500个实际技术问题。本书内容丰富、通俗易懂、实用性强,是广大初、中级电工的一本很好参考书。

本书可供工矿企业、乡镇企业及农村的广大初、中级电工参考,亦可供广大电气技术人员及中专、技校的师生参考。

电工问答 1500 例

上海市电机工程学会

《电世界》编辑委员会 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 19.5 字数 431,000

1989年6月第1版 1989年6月第1次印刷

印数: 1—31,300

ISBN 7-5323-1214-3/TM·34

定价: 6.20 元

前 言

自 1946 年《电世界》创刊以来,上海市电机工程学会编辑委员会在编辑出版《电世界》的同时,汇编出版了《电动机文辑》、《读者信箱》、《电工问答》等《电世界》丛书,曾深受广大读者欢迎。自从六十年代初期以后,丛书随着《电世界》暂时停办而中断出版。

《电世界》复刊以来,在广大读者的热切要求下,编委会决定陆续恢复丛书的选编出版工作。蒙上海科学技术出版社等大力支持,1983 年以来已出版了《电世界信箱选集》、《大楼的电气照明工程安装》、《电气事故的分析与处理》、《家用电冰箱原理与维修》等《电世界》丛书。本书也是这些新编丛书中的一本。

本书内容选自《电世界》创刊以来各期《想想看》栏。该栏内容一直受到广大初、中级读者的欢迎。本书经过汇编整理将更有助于读者对电工基础知识的理解与掌握。本书由王慎言同志主编,申鸿光、何雪影同志任责任编辑。

本书内容曾得到许多读者、撰稿人、审稿人的大力支持,在此特向这些同志表示感谢。

上海电机工程学会《电世界》编辑委员会

1988年6月

目 录

第一章 电工基础知识	1
1-1 电路中的基本概念	1
1-2 用验电笔检查电路	8
1-3 铁心线圈	11
1-4 电与磁	13
1-5 绝缘材料	14
第二章 供电系统的基本问题	18
2-1 电力输送	18
2-2 母线	24
2-3 电晕	34
2-4 中性点接地问题	37
2-5 供电与通讯	49
2-6 其他	52
第三章 电器	56
3-1 工作环境对电器的影响	56
3-2 套管与瓷瓶	58
3-3 电弧的产生和熄灭	61
3-4 触头	64
3-5 油断路器	69

3-6	六氟化硫断路器、空气断路器和真空断路器	79
3-7	隔离开关和闸刀开关	84
3-8	操动机构和电路操作	91
3-9	熔断器	97
3-10	自动空气开关	108
3-11	电磁铁	110
3-12	接触器	116
3-13	继电器	124
3-14	电抗器	132
3-15	防爆电器	137
第四章	变压器	143
4-1	变压器的一般原理	143
4-2	变压器的结构与工艺	152
4-3	变压器的接线方法	169
4-4	变压器的测试	178
4-5	变压器的运行	185
4-6	调压器和互感器	196
第五章	直流电机	208
5-1	直流发电机	208
5-2	他激、并激电动机	214
5-3	串激电动机	218
5-4	复激电动机	221
5-5	换向	223
5-6	其他	227

第六章 异步电动机	232
6-1 异步电动机的工作原理	232
6-2 异步电动机的结构	244
6-3 鼠笼型电动机的运行	251
6-4 鼠笼型电动机的起动和制动	259
6-5 集电环式电动机	267
6-6 单相电动机	273
6-7 三相整流子电机	278
6-8 电动机的故障与检修	279
第七章 同步电机及特种电机	287
7-1 同步发电机	287
7-2 同步电动机	305
7-3 同步电机的其他问题	310
7-4 特种电机	312
第八章 电机的结构、工艺及其他	316
8-1 电机结构	316
8-2 铁心	324
8-3 线圈	327
8-4 轴承	335
8-5 换向器、集电环和电刷	338
8-6 电机的检测	341
8-7 其他	345
第九章 电力线路	351
9-1 电力线路的一般问题	351

9-2	导线	357
9-3	户外架空线路	363
9-4	户内线路	371
9-5	电缆结构	376
9-6	电缆接头	379
9-7	电缆的敷设和运行	381
第十章 接地和电气安全		389
10-1	预防触电的基本知识	389
10-2	接地和接零	397
10-3	接地电阻与电气安全	404
10-4	接地装置	408
10-5	安全措施	414
第十一章 防雷技术		419
11-1	避雷器	419
11-2	避雷针、避雷线和避雷间隙	429
11-3	电气设备的防雷	431
11-4	线路的防雷	436
11-5	建筑物的防雷	441
11-6	避雷接地线安装及安全问题	442
第十二章 功率因数		446
12-1	用电容器提高功率因数	446
12-2	电容器的安装和运行	448
第十三章 电气照明		452
13-1	白炽灯	452

13-2 荧光灯	455
13-3 其他光源	463
13-4 照明电路和运行	465
第十四章 蓄电池	470
14-1 蓄电池的极板配置	470
14-2 电解液	471
14-3 蓄电池的充放电	472
14-4 蓄电池的运行	475
第十五章 继电保护和自动装置	478
15-1 过电流保护	478
15-2 差动保护和方向保护	480
15-3 零序保护	481
15-4 操作电源	483
15-5 自动装置	484
第十六章 电力拖动控制	488
16-1 控制线路	488
16-2 电动机的选用	491
16-3 电动机的保护	492
16-4 电动机的起动、制动和调速	493
第十七章 电子技术	497
17-1 电子元件	497
17-2 可控硅	500
17-3 可控硅装置的运行	504

17-4 可控硅触发和保护装置	505
17-5 整流电路	509
17-6 其他整流元件和装置	521
17-7 稳压电源	525
第十八章 电工仪表	528
18-1 电工仪表的结构和原理	528
18-2 常用电工仪表的使用	541
18-3 万用表	552
18-4 兆欧表	561
18-5 电度表与功率表	569
18-6 钳形表	573
18-7 电桥	580
第十九章 电气测试	582
19-1 电气测量	582
19-2 电气试验	593
第二十章 其他	605
20-1 电器补遗	605
20-2 电气连接、焊接和电热	607
20-3 电车	610
20-4 杂项	613

第一章 电工基础知识

1-1 电路中的基本概念

1-1-1

【问】交流电是按照正弦曲线变化的，我们通常所指的电流和电压是以什么为标准？

【答】在交流电路中我们是用“有效值”来作为测量标准。即交流通过电阻在一周期内所发的热量和直流通过同一电阻在相同时间内发出的热量相等。这样的交流的值叫做有效值。

1-1-2

【问】用一节 1.5 伏和一节 1.2 伏干电池并联后，外电路断开，经过一段时间发现一节 1.5 伏的电池电压很快就降低，为什么？

【答】当两并联电池的电动势不等时，电池之间就有环流（如图 1-1-2 所示）。如电动势 E_1 高于 E_2 ，虽然外电路断开，在二电池间仍会产生一个环流

$$I_0 = \frac{E_1 - E_2}{r_{01} + r_{02}}$$

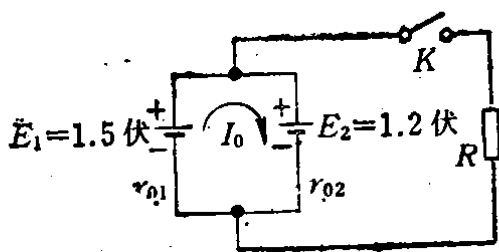


图 1-1-2

(r_{01} 、 r_{02} 为电池的内电阻) 环

流 I_0 流过电阻 r_{01} 、 r_{02} 时，就消耗电动势较高的电池电能，直到

电势 E_1 等于 E_2 时, 环流 I_0 方可等于零。所以, 两个电势不等的电池是不能并联的。

1-1-3

【问】为什么交流发电机上的总电流表指示的数值, 小于各分路电流表指示的数值之和?

【答】总电流表读出的电流是各分路电流的相量和, 只有当各分路功率因数相同时, 总电流才等于各分路电流的代数和, 但一般各分路电流的功率因数不相同, 所以总电流表的指示电流总小于各分路电流之和。

1-1-4

【问】为什么星形连接的加热器, 当一相断线时, 其容量减少到原来的一半?

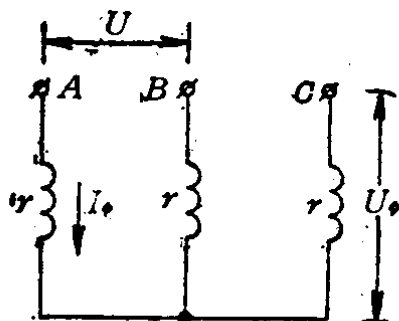


图 1-1-4

U_ϕ 一相电压; U —线电压;
 I 一相电流; r —每相电阻

【答】连接如图 1-1-4 所示。没有断线, 其容量

$$P = 3U_\phi I_\phi = \frac{3U_\phi^2}{r}$$

当一相断线时(如C相), 此时:

$$I_C = 0$$

$$I_A = I_B = \frac{U}{2r} = \frac{\sqrt{3}U_\phi}{2r}$$

$$P_{\text{断}} = P_A + P_B = UI_A (\text{或 } I_B) = U \frac{\sqrt{3}U_\phi}{2r} = \frac{3U_\phi^2}{2r}$$

因此

$$\frac{P_{\text{断}}}{P} = \frac{1}{2}$$

所以, 当一相断线时容量减少到原来的一半。

1-1-5

【问】何谓视在功率？有功功率？无功功率？

【答】电路中电压和电流的有效值的乘积叫做视在功率，即 $S = UI$ 。视在功率乘以电流和电压间相角差的余弦（功率因数）叫有功功率，即 $P = UI \cos \varphi$ 。视在功率乘以电流和电压间相角差的正弦（ $\sin \varphi$ ）叫无功功率，即 $Q = UI \sin \varphi$ 。

三者之间的关系 $S^2 = P^2 + Q^2$

或

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

1-1-6

【问】用点焊机焊接钢板时应用紫铜电极，但将银片焊到铜片上去时便不能用紫铜电极，何故？

【答】钢板的电阻系数远大于铜电极，通电时，由于焊接处钢板及其接触面间的电阻远大于点焊机的其他部分，即钢板部分的 I^2R （ I —电流， R —电阻）最大，所以产生高热，局部熔融而焊接在一起。银片和铜焊接时，这一部分的电阻常小于电极部分，结果，先熔融的部分将是电极，不能达到焊接要求，必须采用高电阻而又有较高熔点的金属或石墨炭块作电极，利用电极的高温辅助加热，使银片和铜的接触面先熔融而焊好。

1-1-7

【问】设电源电压为 220 伏，现有 110 伏 25 瓦和 110 伏 100 瓦的两只灯泡，是否可以把这两只灯泡串联接到电源上去？这样接上去以后，其结果又如何？

【答】不可以，功率不同的电灯泡是不容许串联起来的，否

则 25 瓦的这只灯泡将烧毁。

$$25 \text{ 瓦灯泡的额定电流为 } \frac{25}{110} = 0.23 \text{ 安}$$

$$\text{电阻为 } \frac{25}{(0.23)^2} = 473 \text{ 欧}$$

$$100 \text{ 瓦灯泡的额定电流为 } \frac{100}{110} = 0.91 \text{ 安}$$

$$\text{电阻为 } \frac{100}{(0.91)^2} = 121 \text{ 欧}$$

当两灯泡串联接到 220 伏的电源上时,流过的电流约为

$$\frac{220}{473 + 121} = 0.37 \text{ 安}$$

这电流超过 25 瓦灯泡的额定电流很多,因此灯泡必然将烧毁,此时 25 瓦灯泡两端的电压降约为 $0.37 \times 473 = 175$ 伏,并非 110 伏。

1-1-8

【问】有一个电阻器的部分电阻丝短路,通电时被短路的电阻丝不热,而未被短路的电阻丝发热;但是有一个绕在铁心上的线圈发生部分短路,通交流电时则被短路的线圈比未被短路的线圈热得多,何故?

【答】电阻器部分短路,通电时电流不流过被短路的电阻丝,所以不热。

绕在铁心上的线圈发生部分短路时,等于一台自耦变压器的二次侧发生短路,被短路部分通过的电流等于正常电流的好多倍,所以产生的热量较多,温度较高。

1-1-9

【问】同一根导线的交流电阻和直流电阻为什么不一样?

【答】当交流电通过导线时，导线截面内的电流分布密度是不相同的，越接近导体中心电流密度愈小，在导体表面附近电流密度则较大。这种现象叫做集肤效应。当频率越高，这种现象表现得越突出。由于这种集肤效应的结果，使导线有效截面减小，而电阻增大。当直流电流流过导线时，却没有这种现象。所以同一根导线的交流电阻大于直流电阻。

1-1-10

【问】绕制高频电感线圈时，为什么要用多股或空心导线？

【答】绕制高频线圈时采用多股导线，是为了减小电流集肤效应的影响。采用空心导线是为了充分利用导线的有效面积，节约有色金属，因当高频线圈通过高频电流时，空心导线与同外径的实心导线相比效果相同。

1-1-11

【问】如图 1-1-11 所示电路，当在电感线圈 L 中插入一根铁心时，电灯的亮度就变暗了，为什么？

【答】在交变电路中接有线圈时，电路中的电流不仅决定于灯泡内的电阻与线圈上的电阻，而且与线圈中电感 L 有关， L 愈大电流就愈小，而当线圈中插入铁心时 L 变得很大，因而电灯就变暗了。

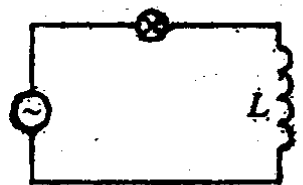


图 1-1-11

1-1-12

【问】为什么电容器接到交流电路里有电流流过，而接到直流电路却没有电流流过？

【答】电容器接到交流电路里时，由于交流电压大小和方向周期性的变化，使电容器极板进行周期性充电、放电。这种充电和放电电流就是通过电容器的交流电流。

把电容器接到直流电路时，因直流电压的方向不作周期变化，仅在接上瞬间有充电电流，但为时很短。充电完毕后，就不再有电流流过。所以，直流电流不能流过电容器。

1-1-13

【问】额定电压相等但电容量不相等的两只电容器串联后，允许外施电压是否等于一只电容器额定电压的两倍？

【答】不是两倍。因为电容器串联以后端电压的分配与电容量 C 成反比。即 C 越小，它的端电压越高，两只容量不等的电容器串联时，若外施电压是一只电容器额定电压的两倍，则 C 小的电容器必然发生过电压。

1-1-14

【问】两个电容器 C_1 、 C_2 ，其中 C_1 为 16 微法、300 伏； C_2 为 8 微法、300 伏，今将它串联后用于 550 伏直流电源上，发现 8 微法的一只电容器被击穿，为什么？

【答】当电容器串联应用时，则承受的电压与电容量成反比。

设两个电容器 C_1 、 C_2 上的电压分别为 U_1 、 U_2 。

$$\text{总容量： } C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{16 \cdot 8}{16 + 8} = \frac{16}{3} \text{ 微法}$$

各电容器上的电量

$$Q = CU = C_2 U_2$$

$$U_2 = \frac{C}{C_2} U = \frac{16/3}{8} \times 550 = 367 \text{ 伏}$$

由此可见,电容量小的电容器,承受的电压大于其耐压限度,所以被击穿。

1-1-15

【问】两只同规格无铁芯线圈分别加上 220 伏直流电压和 220 伏交流电压时,哪只线圈发热快?为什么?

【答】根据焦耳定律可知,发热量与流过导体的电流的平方成正比,与导体的电阻成正比,与加热时间成正比。

无铁心线圈加上 220 伏直流电压后,电流的大小仅决定于线圈的电阻。而无铁心线圈加上 220 伏交流电压后,线圈的感抗要阻止交流电流流过,电流的大小决定于线圈的阻抗。所以交流电流小于直流电流。因此加上直流电压的线圈比加上交流电压的线圈发热要快。

1-1-16

【问】交流电磁开关的电压线圈,如果匝数不变而增加导线截面时,可以降低线圈温升;但直流线圈同样增加导线截面时,温升反而增高,何故?

【答】交流线圈的电抗远大于电阻,线圈内的电流几乎不受电阻值的影响,当导线截面增加而电阻 R 减小时,电流 I 几乎没有变动,线圈的铜损耗 I^2R 减小,所以温升降低。直流线圈的电流决定于电阻 R (端电压不变时), R 减小时, I 与 R 成反比的增加,损耗 I^2R 一方面与 R 平方成反比的增加,一方面又与 R 成正比的减小,结果是与 R 成反比的增加,所以温升反而增加了。

1-2 用验电笔检查电路

1-2-1

【问】验电笔只有一端碰到带电体,为何能发光?

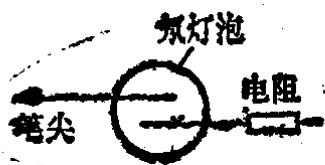


图 1-2-1

【答】验电笔内部的构造如图 1-2-1, 发光的部分是一只只有两个极的灯泡, 泡内充有氖气, 一极接到笔尖, 一极串联一只高电阻后接到笔的另一端,

当灯泡的两极间的电压达到某一值时, 两极间便发生辉光, 辉光的强弱与两极间的电压成正比, 当带电体对地的电压大于灯泡的起始辉光电压, 而将笔的一端碰到它时, 则另一端经过人体接地, 所以能发光了。电阻的作用, 是限制流过人体的电流以免受到电震发生危险。

1-2-2

【问】如何用验电笔区别 220 伏电压是交流还是直流? 如何区别直流电的正、负极?

【答】验电笔的氖管通电时, 只有接负极性的一极发光。当测量交流电时, 氖管的两极交替为正、负极, 所以两极同时发亮。当把验电笔接在直流电的正、负极之间时, 氖管仅一极发亮, 发亮的一极即接于电源负极, 不发亮的接于正极。

1-2-3

【问】用验电笔检查 110 伏直流发电机的正负两极, 灯泡均不发光, 但接触 500 伏以上兆欧计的任何一端, 均能发光, 两者均未接地, 为何后者能发光?