

(第二版)

应用电工基础知识 400问

单欣安 单文培 罗 忠 主 编
刘 强 何勤联 宋莲花 齐 安 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

应用电工基础知识 400问

(第二版)

单欣安 单文培 罗 忠 主 编
刘 强 何勤联 宋莲花 齐 安 副主编

 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以《中华人民共和国职业技能鉴定规范 电力行业》为依据,突出理论联系实际,增强现场实用知识与操作技能,并辅以工程实例。

本书共十四章,主要内容有静电场、电路的基本概念与基本定律、直流电路、电磁与电磁感应、电容器、单相正弦交流电路、三相交流电路、非正弦周期电流电路、电路的过渡过程、磁路和铁芯线圈、电工测量仪表、电子技术基础、电工的应用,电工安全用电等。

为了便于自学、培训和考核,各章均有大量有代表性例题、复习题及解答,文后还附有试卷。

本书适用水力、火力发电厂、供用电、城镇(农村)工矿企业、电力排灌站、火力(水力)建设和电力机械修造等部门各专业各个工种的初、中、高级工、技师培训考核使用,也适用于其他有关人员学习。

图书在版编目(CIP)数据

应用电工基础知识 400 问/单欣安,单文培,罗忠主编.—2 版.
北京:中国电力出版社,2014.1

ISBN 978-7-5123-4731-1

I. ①应… II. ①单… ②单… ③罗… III. ①电工学-问题
解答 IV. ①TM1-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 169574 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 2 月第一版

2014 年 1 月第二版 2014 年 1 月北京第四次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 10.375 印张 257 千字

印数 8001—11000 册 定价 21.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

本书自 2011 年 2 月出版以来,多次重印,深受读者喜爱。

为使本书更加完善,2012 年开始,即着手开始修订,订正了一版中排版等引起的谬误,以及不足之处。第二章、第三章、第六章、第七章、第十三章分别增加了更贴近实际应用的知识,以及工程实例。如增加了电路中有电阻的主要指标、允许偏差、电阻率单位两种表现形式以及相互的换算,电阻星—三角形变换公式及简化复杂电路的实例。电机中有变压器运行发出声响的故障判断,变压器运行中的检查与维护,异步电动机不启动原因及确定方法,查找三相异步电动机缺相的原因与步骤,三相异步电动机绕组烧坏现象及故障原因,三相异步电动机三相电流不平衡度的限制等,三相电能表不平衡度超差的原因与查找方法等,增加了输电线路中架空线路的强度安全系数,导线弧垂大小要求,架空导线连接有关规定,10kV 高压线路电压损失估算,常用导线的命名、低压带电作业中注意事项,低压线路电压损失的估算等内容。

本书由单欣安编写第三、六、七章,单文培编写提纲,第十三章部分内容,并统稿;罗忠编写第十一、十二章。刘强编写第四、五、八章,何勤联编写第九、十章,宋莲花编写第一、二章、第十三章部分内容,齐安与参编舒俊兰合编第十四章,王红材、李建平、刘檀、邱玉林、廖宇仲、钟群编写第十三章部分内容。

虽然本书再版过程中,力求完美,但由于编者精力有限,书中若还有疏漏之处敬请读者指正,以待改进。

编者

2013 年 9 月

第一版前言

为适应电力行业岗位培训与电工考试的需要,快速引导电力职工学习与掌握电工基础的三基(基本概念、基本定理、基本计算方法),以便为更加深入学习电力专业知识打下良好基础,特编写这本书。

本书以《中华人民共和国职业技能鉴定规范 电力行业》为依据,覆盖了电工基础的基本知识,也突出了问题的定向性和针对性,不片面追求学科体系的系统性,而强调贴近生产实际与工作需要的电工基础知识,精选问答题内容,充实实用性的内容,减少了不必要的数学推导,删除了高等数学的傅里叶级数及微分方程,采用了工程上常用的非正弦周期量的傅里叶级数展开式,来解决非正弦周期电路问题。对过渡过程的一阶微分方程,采用了三要素法来解决一阶过渡过程问题。理论联系实际,如RLC串联电路谐振会使个别元件产生过电压,对电气设备造成危害,应该破坏串联谐振产生的条件,而在收音机中又需要利用串联谐振提高接收信号强度等。第十一章电工测量仪表介绍了工程上的常用仪表;第十二章电子技术基础介绍了模拟与数字电路的基本内容。

本书由欧阳微频、单文培和单欣安担任主编,朱丽、彭汐单担任副主编,刘英、朱莉、杨济海、王兵为参编。欧阳微频编写了第一~四章,单欣安、刘英、朱莉编写了第五~八章,单文培、朱丽编写了第九章、第十三章、第十四章,彭汐单编写了第十~十二章,杨济海、王兵也参与了部分工作。

由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请读者与专家批评指正，以待改进。并对支持本书出版的同志表示感谢。

编者

2010 年 11 月

目 录

前言

第一版前言

第一章 静电场	1
1. 电是什么?	1
2. 电的特性有哪些?	1
3. 电荷与电荷量是什么?	1
4. 什么是导体、绝缘体和半导体?	2
5. 绝缘油是什么?	2
6. SF ₆ 是什么?	2
7. 超导体是什么?	2
8. 为什么一般绝缘材料的绝缘电阻值随温度的升高而减小, 而金属导体的电阻值随温度的升高而增加?	2
9. 何谓电场与电场强度?	3
10. 什么是电力线?	4
11. 什么是点电荷?	4
12. 什么是静电感应?	4
13. 什么叫静电屏蔽?	4
14. 尖端放电的工作原理是什么?	5
第二章 电路的基本概念及基本定律	6
1. 什么是电路? 什么是电路图?	6
2. 理想电路元件是什么?	6
3. 什么叫支路、节点、回路和网孔?	6
4. 什么叫电流与电流强度	7

5. 什么叫电源？	7
6. 什么叫电压与电动势？两者有何区别？	7
7. 什么是安全电压？	8
8. 什么是电源的串联？	8
9. 什么叫电源的并联？	8
10. 什么是电源的外特性曲线？	8
11. 短路、断路是什么意思？	8
12. 什么叫做电阻？电流在导体内流动为什么会受到阻力？	8
13. 什么叫做电阻率？怎样计算导体的电阻值？	9
14. 什么是电导和电导率？	9
15. 什么是线性电阻和非线性电阻？	10
16. 什么叫电阻温度系数？导体电阻与温度有什么关系？	10
17. 什么叫电位？它与电压有何区别？	12
18. 为什么要规定电流、电压的参考方向？ 关联参考方向是什么？	12
19. 什么是欧姆定律？	12
20. 什么是电功率？它是怎样表示的？	13
21. 电能与电功率有什么区别？	13
22. 什么是节点电流定律？	13
23. 什么是回路电压定律？	13
24. 什么是电流热效应？它有何利弊？	13
25. 如图 2-2 所示，是一个十二个 1Ω 电阻组成 的正六面体电路，求等效电阻 R_{AB} 。	14
26. CJ-75 型交流接触器线圈，在 20°C 时，直流电阻 $R_1=105\Omega$ ， 通电后温度升高，此时测量线圈的直流电阻 $R_2=113.3\Omega$ ， 若 20°C 时，线圈的电阻系数 $\alpha=0.00395$ ， 求线圈的温度 Δt 大小。	15
27. 已知直流母线电压 $U=220\text{V}$ ，跳闸线圈的电阻 $R_1=88\Omega$ ， 红灯额定功率 $P_N=88\text{W}$ ，额定电压 $U_N=110\text{V}$ ，串联 电阻 $R_2=2.5\text{k}\Omega$ ，当红灯短路时，跳闸线圈上的压降	

值占额定电压的百分数是多少？试判别能否跳闸。·····	15
28. 在电磁机构控制的合闸回路中，除合闸接触器线圈电阻外， 在合闸回路总电阻上取得电源电压 U 的 60%，计算 合闸接触器线圈端电压百分数是多少？ 此开关能否合闸？·····	16
29. 变电站铝母线的截面尺寸为 $50\text{mm} \times 5\text{mm}$ ，电阻率 $\rho = 0.029 \, 5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，总长度 L 为 50m， 计算铝母线电阻是多少？·····	16
30. 聚氯乙烯绝缘软铜线的规格为 $n=7$ 股，每股线径 $D=1.7\text{mm}$ ，长度 $L=200\text{m}$ ，求其电阻是多少 (铜的电阻率 $\rho=1.84 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)。·····	16
第三章 直流电路 ·····	17
1. 什么是电阻的串联？怎样计算串联电路的阻值？·····	17
2. 两电阻串联，各电阻上的电压怎样分配？·····	17
3. 什么叫电阻的并联？怎样计算并联电阻值？·····	18
4. 两电阻并联，各支路电流怎样分配？·····	19
5. 何谓电阻的复联？其总电阻怎样计算？·····	20
6. 电阻的星形连接和三角形接法怎样进行变换？·····	22
7. 什么叫理想的电压源？·····	26
8. 什么叫理想的电流源？·····	26
9. 两种电源如何进行等效变换？·····	26
10. 什么叫支路法？·····	28
11. 什么叫节点法？·····	29
12. 什么叫叠加定理？·····	32
13. 使用叠加定理计算线性电路应注意哪些事项？·····	33
14. 什么是戴维南定理？·····	33
15. 什么是诺顿定理？·····	34
16. 举例说明如何用多种方法求解复杂电路。·····	34
17. 举例说明如何用戴维南定理求解复杂电路。·····	39
18. 如图 3-38 所示，南昌市无轨电车全长约 10km，线路	

每公里电阻为 0.3Ω ，由两个大型硅整流器电源供电， 现电车行驶距 600V 电源 4km ，距 580V 电源 6km ， 电车耗电力 40A ，问电车滑轮间电路 U_{AB} 为多少？ 两个电源各供多少电流？	40
19. 如图 3-39 (a) 所示，虚线内所示电路中， $R_1=3\Omega$ ， $R_2=6\Omega$ ， $E_1=E_2=30\text{V}$ ， $I_{S1}=I_{S2}=2\text{A}$ ，试求 虚线框内电路的等效电压源。	41
20. 电阻的星形—三角形互换口诀是什么？	41
第四章 电磁与电磁感应	44
1. 什么是磁铁？它有哪些性质？	44
2. 什么是磁力线？它有哪些性质？	44
3. 什么是磁效应？右手螺旋定则是什么？	44
4. 什么叫磁感应强度？	45
5. 什么叫磁导率？	45
6. 什么叫磁场强度？	45
7. 什么叫全电流定律？	45
8. 全电流定律的应用。	45
9. 什么是磁场对载流直导体的作用？	46
10. 什么是平行载流直导体间的相互作用？	46
11. 什么是直导体的感应电动势？	47
12. 什么是线圈感应电动势？	48
13. 什么是自感？什么叫自感电动势？	48
14. 线圈储能是什么？	49
15. 什么是互感？	49
16. 什么是同名端？	49
17. 什么是互感电动势？	50
第五章 电容器	51
1. 什么是电容器？怎么计算电容器的电容量？	51
2. 平板电容器电容量的大小与哪些因素有关？	51
3. 何谓电容器充电？	52

4. 何谓电容器放电？	52
5. 为什么电容器能隔直流？	52
6. 为什么交流电能通过电容器？	52
7. 什么是电容电流？	52
8. 何谓电容器的串联？怎样计算等效电容值？	53
9. 为什么有的电容器串联时， 在每只电容器旁并联一个电阻？	53
10. 何谓电容器的并联？其等效电容值怎样计算？	53
11. 什么叫寄生电容？	54
12. 什么是电容元件的电场储能？如何计算？	54
13. 电容器的主要性能与标准是什么？	54
14. 电容器如何测试？	55
15. 对电容器进行测试时应注意什么？	55
第六章 单相正弦交流电路	56
1. 什么叫正弦交流电？为什么目前 普遍应用正弦交流电？	56
2. 什么叫交流电的周期、频率与角频率？	56
3. 什么叫交流电的相位与相位差？	57
4. 什么是交流电的最大值、有效值与平均值？	57
5. 什么叫相量？为什么正弦交流电能用相量表示？	58
6. 相量进行加减运算时有几种方法？	59
7. 纯电阻交流电路中，电流与电压的关系如何？	59
8. 什么叫瞬时功率和有功功率？	60
9. 纯电感交流电路中，电压与电流的关系如何？	60
10. 纯电感交流电路中的功率怎样计算？	61
11. 纯电容交流电路中，电压与电流的关系如何？	62
12. 纯电容交流电路中的功率怎样计算？	62
13. R 、 L 、 C 串联电路中，电压与电流的关系如何？	63
14. R 、 L 、 C 串联电路的功率如何计算？	64
15. 在 R 、 L 、 C 串联电路中，什么是电压三角形？	

什么是阻抗三角形? 什么是功率三角形?	67
16. 怎样提高功率因数?	67
17. 什么叫谐振?	69
18. 什么叫串联谐振? 它是怎样产生的?	70
19. 什么叫并联谐振? 它产生的条件是什么?	71
20. 什么是频率特性? 它与 Q 值的关系如何?	71
21. 什么叫复数? 复数有哪几种表示形式?	71
22. 怎样用复数表示正弦量?	72
23. 什么是电纳? 什么是导纳? 什么是电导?	72
24. 什么叫复阻抗? 什么叫复导纳?	
怎样进行复阻抗与复导纳的等值互换?	73
25. 基尔霍夫定律的相量形式是什么?	74
26. 什么叫复功率?	74
27. 什么是正弦交流电路的相量分析法?	76
28. 什么是复阻抗的串联与并联?	77
29. 什么是相量的节点电压法?	77
30. 什么是相量的网孔法?	79
31. 镇流器铭牌不清, 如何求它的电感 L 与电阻值。	80
32. 在一个电阻电感与电容串联的电路中, 已知 $R=4\Omega$, $L=25.5\text{mH}$, $C=40\mu\text{F}$, 外加电压 $U=220\text{V}$, $f=50\text{Hz}$, 计算 I , U_L , U_C 及 U_L/U 。	80
33. 由于没有瓦特计, 测量某电感性负载的功率时 要用图 6-17 (a) 所示的三安培计法, 图中 $R=1\text{k}\Omega$ 的固定电阻, 设安培表 PA1, PA2, PA3 的读数各为 0.4A, 0.1A 和 0.36A, 试计算负载的有功功率与无功功率。	81
34. 有一线圈 $L=6.3\text{H}$, 电阻 $r=200\Omega$, 外接工频 交流电源的电压 $U=220\text{V}$, 计算通过线圈的 电流是多少, 若接到 220V 直流电源上,	

求电流是多少？	82
第七章 三相交流电路	83
1. 什么是三相交流电源？它有何用途？	83
2. 三相交流电和单相交流电相比较有何优点？	83
3. 三相交流电动势是怎样产生的？	84
4. 什么叫相序？	84
5. 什么叫相电压、线电压、相电流和线电流？	85
6. 什么是三相电源和负载的星形连接？	85
7. 在星形连接中，相电流、线电流的关系如何？	85
8. 在星形连接中，相电压、线电压的关系如何？	86
9. 什么叫三相电源和负载的三角形连接？	86
10. 在三角形连接中，相电压、线电压的关系如何？	86
11. 在三角形连接中，相电压、线电流的关系如何？	86
12. 什么叫中性点？什么叫中性线？	87
13. 什么是中性点位移现象？	87
14. 中性线的作用是什么？	88
15. 在低压供电系统中，三相四线制较三相三线制有何优点？ ...	88
16. 怎样计算三相电路中的功率？	91
17. 什么叫对称分量法？	93
18. 某施工场地有一台容量 $S=320\text{kVA}$ 的三相变压器，该工 地原有负载功率 $P=210\text{kW}$ ，平均功率因数 $\cos\varphi=0.69$ （感性），试问此变压器能 否满足要求？负载功率增加到 255kW 时， 此变压器的容量能否满足要求？	94
第八章 非正弦周期电流电路	96
1. 非正弦电压、电流产生的原因是什么？	96
2. 什么是非正弦周期量的有效值与平均值？	96
3. 非正弦周期电路如何分析计算？	97
4. 非正弦周期量如何分解？	99
5. 非正弦交流电路的有功功率计算方法是什么？	100

6. 非正弦周期电压与电流用等效正弦电压与电流来代替， 等效的条件是什么？	102
7. 对称三相电路中的高次谐波是什么？	102
第九章 电路的过渡过程	103
1. 电路过渡过程产生的原因是什么？	103
2. 什么叫换路定律？	103
3. 电路过渡过程的初始值如何确定？	103
4. 什么是 RC 电路的过渡过程？	104
5. 什么是 RL 电路的过渡过程？	107
6. 什么是三要素法？	108
7. 什么是电容对电阻、电感电路的放电？	110
第十章 磁路和铁芯线圈	111
1. 什么叫磁化现象？	111
2. 什么叫起始磁化曲线？什么叫磁滞回线？	111
3. 什么是基本磁化曲线？	111
4. 什么叫磁路？	111
5. 什么叫磁路的基尔霍夫定律？	111
6. 什么是磁路的欧姆定律？	112
7. 无分支磁路计算的正面问题是什么？	112
8. 交流铁芯线圈电压与磁通的关系是什么？	114
9. 磁饱和对线圈电流和磁通的波形有何影响？	114
10. 什么是交流铁芯线圈的相量图和电路模型？	114
11. 什么叫磁滞损失？	114
12. 什么叫涡流损失？	115
第十一章 电工测量仪表	116
1. 什么是电气仪表的绝对误差和相对误差？	116
2. 磁电式测量仪表的工作原理是什么？	116
3. 为什么磁电式仪表只能测量直流，不能测量交流？	116
4. 怎样扩大直流电流表的量限？	117
5. 若扩大电压表量程，其分压电阻怎样计算？	117

6. 直流电流表、电压表能否测量交流? 交流电流表、 电压表能否测量直流?	117
7. 电压表与电流表有何区别?	118
8. 电磁式(动铁式)仪表的转动原理是怎样的?	118
9. 交流电压表和电流表怎样接线? 为什么?	118
10. 钳形电流表的用途和工作原理如何?	119
11. 功率因数表的工作原理是什么?	120
12. 功率表如何接线?	121
13. 两块瓦特表为什么能测量三相有功功率、 无功功率和功率因数?	121
14. 使用功率表测量功率时, 如果发现指针反转, 为什么更换电流线圈接头, 而不更换电压线圈接头?	123
15. 电能表的基本工作原理是怎样的?	124
16. 三相三线有功电能表怎样接线? 为什么能测三相有功电能?	125
17. 三相四线电能表如何接线?	126
18. 常用三相无功表有几种接线方式?	127
19. 为什么一般家庭用电能表不宜大于 2.5A?	128
20. 怎样按用电器选择电能表的容量?	129
21. 绝缘电阻表的工作原理是什么?	129
22. 使用绝缘电阻表测量绝缘电阻时应注意哪些事项?	130
23. 万用表能进行哪些测量? 结构如何?	131
24. 怎样正确使用万用表? 应注意些什么?	132
25. 直流单臂电桥(惠斯登电桥)的工作原理如何?	133
26. 交流电桥的工作原理是什么?	134
27. 仪表的维护与保管应注意哪些事项?	135
28. 数字仪表有哪些特点?	135
29. 仪表和保护共用电流互感器同一组二次线圈时, 应采取哪些措施?	136
30. 全电子式电能表有哪些特点?	136

31. 试述全电子式电能表的工作原理。	136
32. 电子式电能表是怎样计量电能的数量的?	137
33. 什么是乘法器? 应用在电子式电能表的 乘法器有哪几种?	137
34. 电压变化时对电能表的误差有何影响因素?	138
35. 频率变化对电能表的误差有何影响?	138
36. 试述三相电能表调整时的注意事项。	138
37. 预付费电能表分哪几种?	139
38. IC卡预付电能表有何优点?	139
39. 如何防止电能表产生“潜动”的故障?	139
40. 试写出校验高压电能表倍率的计算公式。	139
第十二章 电子技术基础	141
1. 什么叫P型半导体? 什么叫N型半导体? 什么是半导体的PN结?	141
2. 什么是半导体二极管? 什么是二极管的伏安特性?	141
3. 二极管有哪些主要参数?	142
4. 常用的整流电路有哪些? 它们的简单工作原理是怎样的? ...	142
5. 硅稳压管是如何起稳压作用的? 其主要参数有哪些?	145
6. 为什么整流电路要滤波? 滤波电路主要有哪几种? 各有何优缺点?	146
7. 什么是晶体三极管? 它在结构上有何特点?	147
8. 什么是三极管的特性曲线? 它们是如何测试的?	147
9. 选用三极管时要考虑哪些主要参数?	148
10. 为什么放大电路要建立工作点?	148
11. 什么是交流放大器? 电路中为什么要采用多级放大器? ...	150
12. 什么叫直流放大器? 有哪几种? 何谓零点漂移? 如何抑制?	151
13. 什么叫反馈? 它在电路中起什么作用?	151
14. 怎样判别放大电路的正反馈和负反馈?	152
15. 什么叫自激振荡? 产生自激振荡的根本原因是什么?	153

16. 晶闸管的基本结构和工作特点是什么?	153
17. 晶闸管的控制角和导通角定义如何?	154
18. 常见晶闸管整流电路和触发电路有哪些种类? 为什么晶闸管整流电路要采取过电压保护措施?	154
19. 单结晶体管有什么特点? 什么是张弛振荡器?	155
20. 什么是集成电路? 什么是集成运算放大器?	155
21. 理想化集成运放有什么特点? 实现它们的条件各是什么?	156
22. 什么叫脉冲? 常见脉冲信号有哪几种? 常见基本脉冲电路有哪几种?	157
23. 什么是 RC 微分电路和 RC 积分电路?	157
24. 什么是双稳态触发器?	158
25. 什么是单稳态触发器?	158
26. 什么是门电路? 最基本的门电路有哪些? 门电路有何用途?	159
27. 与门的作用和工作原理是怎样的?	160
28. 或门的作用与工作原理是怎样的?	160
29. 非门的作用与工作原理是怎样的?	161
30. 如何用继电器组成与门电路、或门电路和非门电路?	161
31. 什么是逻辑代数? 逻辑代数中的基本逻辑运算有哪些? ...	163
32. 什么叫二进制数?	163
33. 二进制与十进制数怎样相互转换?	163
34. 触发器的基本特性是什么?	164
35. R-S 触发器的组成及其工作原理是什么?	164
36. JK 触发器的电路结构及工作原理是什么?	165
37. 什么是光电开关电路?	167
38. 什么是液位控制电路?	167
39. 什么是简单的晶闸管调光电路?	168
第十三章 电工的应用	169
1. 什么是变压器? 它的基本结构及工作原理是什么?	169