

实用 电工 计算

SHIYONG
DIANGONG
JISUAN 221 LI

221例

方大千 编著



金盾出版社
JINDUN CHUBANSHE

实用电工计算 221 例

方大千等 编著

金 盾 出 版 社

前 言

本书作者曾出版了多种实用电工计算手册。由于这些书中介绍的计算公式和计算方法准确、简明,没有过多的技术参数,使用方便,实用性很强,因此深受读者欢迎。然而也有不少读者来信反映,当他们在工作中碰到具体计算问题时,尚不能与书中介绍的计算公式挂上钩并进行正确计算;有的读者对使用书中公式所得的计算结果是否正确心中没底,建议配上实例。鉴于上述情况,使作者萌发编写实用电工计算实例一书的想法,以便读者通过书中实例很快掌握如何应用电工计算公式和计算方法,更好地解决工作中遇到的具体计算问题。

本书结合作者长期从事电气工作的实践,紧密联系工程施工与设计、运行维护与使用的实际,详细地介绍了电动机选择与节能、小型发电、电子及晶闸管电路、继电保护及二次回路、电加热、照明、仪器仪表、接地与防雷等专业范围内,广大电工最关心、工作中最常涉及的电工计算应用实例。将这些实例集中起来便于查找和使用。

参加编写的有方大千、方成、方立、郑鹏、朱丽宁、朱征涛、方亚平、张正昌、张荣亮、方亚敏、鲍俏伟、许纪秋、孙文燕和那罗丽等。全书由方大中高级工程师审校,方欣绘图。

由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

金盾版图书,科学实用, 通俗易懂,物美价廉,欢迎选购

摩托车修理工技能实训	15.00 元	进口摩托车电路图集	12.00 元
摩托车故障速查与排除 技术手册	16.00 元	国产摩托车电路图集	20.00 元
摩托车电气设备结构与 维修	20.00 元	国产摩托车维修数据手册	16.00 元
国内流行摩托车电气设备 结构与维修	27.00 元	进口摩托车维修数据手册	18.00 元
摩托车使用与维修问答	19.00 元	本田系列摩托车维修手册	22.00 元
新型摩托车电子控制技术 与电器设备	19.00 元	铃木系列摩托车维修手册	25.00 元
图解踏板式摩托车故障 诊断与排除	30.00 元	铃木系列摩托车结构与使 用维修	10.00 元
国产摩托车使用与维修 (修订版)	39.00 元	雅马哈系列摩托车维修手 册	22.00 元
电动自行车选购与使用 维修	17.00 元	嘉陵系列摩托车维修手册	18.00 元
电动自行车修理 466 问	18.00 元	建设系列摩托车维修手册	16.00 元
电动自行车检修问答	9.00 元	轻骑系列摩托车维修手册	17.50 元
新编国产摩托车使用与 维修(第一册)	29.50 元	幸福系列摩托车维修手册	15.00 元
新编国产摩托车使用与 维修(第二册)	31.00 元	五羊系列摩托车维修手册	16.50 元
新编国产摩托车使用与 维修(第三册)	20.00 元	金城系列摩托车维修手册	18.50 元
新型摩托车电路图集与 电路图识读	21.00 元	三阳系列摩托车维修手册	22.50 元
摩托车检修技术问答	20.00 元	光阳系列摩托车维修手册	22.50 元
新型摩托车故障快查快修	19.00 元	摩托车维修实用技术手册	20.00 元
进口摩托车使用与维修	37.50 元	汽车驾驶员技术图解	27.00 元
摩托车驾驶读本	11.50 元	汽车维修电工技能实训	19.00 元
摩托车驾驶与维修 (第二版)	10.00 元	汽车维修工技能实训	20.00 元
摩托车故障诊断与排除	8.00 元	汽车驾驶员技能实训	18.00 元
摩托车选购指南	7.50 元	汽车驾驶节油技巧	10.00 元
坐式摩托车图册	20.00 元	汽车涂装工等级考试必读	15.00 元
		汽车涂装美容技术问答	17.00 元
		夏利系列轿车故障诊断排 除实例	14.50 元
		汽车电子控制技术自学读 本	25.00 元
		汽车电控系统故障诊断检 修实例	33.00 元
		威驰轿车维修技术问答	25.00 元
		斯太尔重型载货汽车维修 手册	23.50 元

新编国产微型客车使用与维修	24.00 元	新型汽车修理方法 222 例	12.00 元
赛欧轿车结构与使用维修	29.00 元	机动车辆保险与事故车辆损失鉴定	10.00 元
新编桑塔纳系列轿车结构与使用维修	30.00 元	波罗(POLLO)轿车使用维修手册	29.00 元
广州本田雅阁轿车结构与使用维修	29.00 元	宝来轿车使用维修手册	27.00 元
新编夏利系列轿车使用与检修	17.50 元	轿车技术图册	29.00 元
汽车故障检修技术(第二次修订版)	30.00 元	世界汽车博览手册	21.00 元
汽车保养与故障排除 600 问(第二次修订版)	29.00 元	汽车自动变速器维修技术问答	17.50 元
汽车空调使用维修 700 问	22.00 元	新型柴油汽车维修 800 问	20.00 元
汽车电器故障的判断与排除(修订版)	10.00 元	解放柴油汽车维修手册	17.50 元
汽车声响与故障判断排除	14.00 元	图解桑塔纳系列轿车使用与检修	19.00 元
汽车发动机检修图解	18.00 元	汽车电控燃油喷射系统结构与检修	8.40 元
汽车故障简易判断方法 250 例(第二次修订版)	16.00 元	微型汽车使用与维修(第二版)	16.00 元
汽车电工自学读本(修订版)	25.00 元	轻型汽车使用与维修(第二版)	11.00 元
汽车电工基本技术	25.00 元	解放、东风汽车使用保养指南	7.00 元
汽车表面修复技术	23.00 元	解放 CA1091 型汽车结构与使用维修	19.00 元
汽车维修检验工自学读本	19.00 元	柴油汽车使用与维修(第二版)	13.50 元
轿车新型设备故障诊断与排除	17.00 元	奥迪轿车结构与使用维修	7.90 元
汽车钣金工基本技术	16.50 元	广州本田雅阁轿车结构与使用维修	29.00 元
汽车漆装修理基本技术	9.00 元	丰田汽车结构与使用维修	11.50 元
汽车维修检验工自学读本	19.00 元	日产汽车结构与使用维修	10.00 元
轿车新型设备结构与使用维修	11.50 元	昌河汽车结构与使用维修	8.00 元

以上图书由全国各地新华书店经销。凡向本社邮购图书或音像制品,可通过邮局汇款,在汇单“附言”栏填写所购书目,邮购图书均可享受 9 折优惠。购书 30 元(按打折后实款计算)以上的免收邮挂费,购书不足 30 元的按邮局资费标准收取 3 元挂号费,邮寄费由我社承担。邮购地址:北京市丰台区晓月中路 29 号,邮政编码:100072,联系人:金友,电话:(010)83210681、83210682、83219215、83219217(传真)。

目 录

一、电动机选择与节能	1
1. 风机配套电动机功率的计算	1
2. 变速风机配套电动机功率的计算	3
3. 较大场所用空调器容量的选择	5
4. 中央空调系统变频调速节电计算	7
5. 水泵电动机功率的计算	8
6. 水泵电能消耗计算	10
7. 深井泵的选择	10
8. 根据电动机功率选配水泵的计算	14
9. 水泵、风机类负载配套变频器容量的计算	15
10. 水泵用开口式平皮带传动装置的计算	16
11. 离心式空压机配套电动机功率的计算	19
12. 离心式制冷机配套电动机功率的计算	20
13. 阶梯式负荷空压机配套电动机最佳功率的计算	21
14. 桥式起重机提升、横行、走行装置配套电动机功率 的计算	22
15. 桥式起重机滑接线计算电流和最大电流的计算	26
16. 皮带输送机功率及效率的计算	28
17. 斜面拉物卷扬机配套电动机功率的计算	30
18. 断续周期负荷起重机配套电动机能否胜任的校核	33
19. 自动扶梯配套电动机功率的计算	34
二、小型发电	36
1. 水电站发电量计算(之一)	36
2. 水电站发电量计算(之二)	37

3. 水电站发电量计算(之三)	38
4. 扬水水电站发电量的计算	39
5. 压力水管水压变化的计算	40
6. 压力水管内径及壁厚计算(之一)	42
7. 压力水管内径及壁厚计算(之二)	43
8. 压力水管内径及壁厚计算(之三)	44
9. 压力水管水头损失的计算	45
10. 水轮机转速的计算	45
11. 小型水轮发电机的选择	47
12. 并联运行的发电机无功功率分配的计算	49
13. 防飞车用水电阻值的计算	50
14. 手动励磁调节器的计算	51
15. 低压励磁变压器的计算	52
16. 高压励磁变压器的计算	54
三、电子及晶闸管电路	55
1. 单相半波整流电路的计算	55
2. 单相全波整流电路的计算	57
3. 单相桥式整流电路的计算	59
4. 电容降压半波整流电路的计算	61
5. 电容降压全波整流电路的计算	63
6. 多级倍压整流电路的计算	64
7. 电容滤波(半波)电路的计算	66
8. 电容滤波(全波)电路的计算	68
9. 电感滤波(全波)电路的计算	69
10. 单节 Γ 型滤波电路的计算	70
11. 两节 Γ 型滤波电路的计算	72
12. Π 型滤波电路的计算	73
13. 简单的稳压电源的计算	74

14. 采用温度补偿的稳压电路的计算	78
15. 简单串联型稳压电源的计算	79
16. 三端固定集成稳压电路电容器容量的选择	81
17. 晶体管截止、放大、导通计算	83
18. 晶体管集电极反向截止电流 I_{cbo} 的计算	86
19. 晶体管集电极最大允许耗散功率 P_{cm} 的计算	86
20. 大功率晶体管散热片的计算	87
21. 单管交流放大器的输入电阻值、输出电阻值和放大 倍数的计算	89
22. 单级交流放大器的计算	92
23. 阻容耦合放大器的计算	94
24. 射极输出器的计算	97
25. RC 延时吸合电路的计算	99
26. RC 延时释放电路的计算	101
27. 单结晶体管延时电路的计算	102
28. 射极耦合单稳态触发器(整形器)的计算	104
29. 采用 555 时基集成电路组成的单稳态触发器的 计算	106
30. 双稳态触发器的计算	107
31. 自激多谐振荡器的计算	109
32. 采用 555 时基集成电路组成的多谐振荡器的计算	111
33. OTL 功率放大器的计算	112
34. 直流电路发光二极管限流电阻器的计算	114
35. 交流电路发光二极管限流电阻器的计算	116
36. 功率晶体管连接白炽灯的限流电阻器的计算	117
37. 当 PLC 输入接口接显示用发光二极管时并联 电阻器的计算(之一)	120
38. 当 PLC 输入接口接显示用发光二极管时并联	

电阻器的计算(之二)	121
39. CMOS 驱动继电器接口电路的计算	122
40. TTL 驱动大功率负载接口电路的计算	124
41. 单结晶体管触发电路的计算	125
42. 带晶体管功率放大器的单结晶体管触发电路的 计算	129
43. 单相半波阻容移相桥触发电路的计算	131
44. 晶闸管整流电路的计算	133
45. 晶闸管串联的计算	136
46. 晶闸管并联的计算	138
47. 晶闸管换相过电压阻容保护元件的计算	138
48. 小容量整流设备晶闸管交流侧过电压阻容保护 元件的计算	140
49. 大容量整流设备晶闸管交流侧过电压阻容保护 元件的计算	143
50. 整流设备晶闸管交流侧过电压保护用压敏 电阻器计算	145
51. 晶闸管过电流保护快速熔断器的计算	147
52. 晶闸管整流装置配用风机的选择	150
四、继电保护及二次回路	153
1. 用标么值算法求三相短路电流	153
2. 用有名值算法求三相短路电流	155
3. 无限大容量系统短路电流的计算	158
4. 无限大容量系统高压短路电流的计算	161
5. 无限大容量系统低压线路短路电流的计算	164
6. 有限容量系统高压短路电流的计算	169
7. 有限容量系统低压短路电流的计算	172
8. 无限大容量系统不对称短路电流的计算	180

9. 降至变压器二次侧(低压)出口处短路电流的计算	182
10. 变压器二次侧短路电流折算到一次侧电流的计算	185
11. 变电所高低压侧电器的选择	187
12. 根据电流互感器 10%误差曲线校核电流互感器 二次侧负荷的计算	190
13. 利用电流互感器励磁特性曲线进行 10%误差校核 的计算	193
14. 电流互感器连接导线截面积的选择	195
15. 计量用电流互感器连接导线截面积的选择	196
16. 电流互感器的选择	198
17. 过电流保护用电流互感器的选择	202
18. 电压互感器二次侧连接导线截面积的选择	204
19. 电压互感器的选择	205
20. 线路电流速断保护的一次侧动作电流及灵敏度 计算	209
21. 工厂 10kV 线路电流速断保护和过电流保护计算 (之一)	212
22. 工厂 10kV 线路电流速断保护和过电流保护计算 (之二)	213
23. 农网 10kV 线路电流速断保护和过电流保护计算	216
24. 中心点不接地系统零序电流保护计算(之一)	220
25. 中心点不接地系统零序电流保护计算(之二)	223
26. 中心点不接地系统零序电流保护计算(之三)	224
27. 变压器电流速断保护计算	225
28. 变压器过电流保护装置、电流速断保护装置和 单相接地保护装置计算	229
29. 电炉变压器瞬时过电流保护装置和带时限过 电流保护装置整定值计算	232

30. 变压器纵差动保护计算	234
31. 断路器脱扣动作时间对变压器温升影响的计算	240
32. 10kV 分段母线过电流保护计算	241
33. 母线不完全差动保护计算	243
34. 工厂供电系统及电动机保护用断路器的选择	248
35. 10kV 线路并联移相电容器组电流速断保护、 单相接地保护及过电压保护的计算	249
36. 低压侧并联电容器组放电电阻值的计算	251
37. 高压侧并联电容器组放电电感器的计算	252
38. 并联电容器保护用熔断器和电抗器的选择	253
39. 高低压大功率电动机自启动计算	255
40. 高压电动机电流速断保护和过电流保护计算	258
41. 低压大功率电动机用断路器的选择	260
42. 小型发电机过电流保护和过电压保护计算	262
43. 小型发电机过速保护和失磁保护计算	264
44. 柴油发电机组逆功率保护计算	266
45. 油开关合闸电缆截面积的选择	268
46. 串联信号继电器和附加电阻的选择	269
47. 信号继电器串联电阻的计算	271
48. 发光二极管信号灯降压电容的选择	272
49. 信号灯由降压电阻改为降压电容的计算	273
50. 电压线圈并联分流电阻器时信号继电器和分流 电阻器的选择	276
51. 接触器、继电器工作状态指示电路元件的选择	279
五、电加热	282
1. 箱式电阻炉技术参数的计算	282
2. 改善箱式电阻炉保温结构的节能计算	288
3. 并联式保温电热带的计算	290

4. 远红外电热炉的计算	294
5. 电加热炉耗用电功率的计算	296
6. 电弧炉炉料预热的节电计算	298
7. 工频感应加热器的计算(之一)	299
8. 工频感应加热器的计算(之二)	303
9. 中频感应炉补偿电容器容量的计算	307
10. 无芯工频电炉补偿电容器容量、平衡电容器容量 和平衡电抗器电感量的计算	308
11. 高频感应炉电能单耗计算	310
12. 注塑机电子式温控器振荡频率及元件参数的计算	312
六、照明	315
1. 点光源发光强度的计算	315
2. 点光源照度的计算	315
3. 完全扩散性球形灯照度的计算	318
4. 多个点光源作用下照度的计算	319
5. 直线光源照度的计算	320
6. 多根直线光源作用下照度的计算	324
7. 用利用系数法计算室内照度	326
8. 用单位容量法计算照度	345
9. 道路照度计算	351
10. 电感式镇流器相关技术参数的计算	353
11. 感容式镇流器相关技术参数的计算	359
12. 电容调光灯电容器容量的计算	361
13. 住宅用电负荷的计算	363
14. 不同住宅档次的主开关、电能表及进户线的选择	364
七、仪器仪表	367
1. 直流电流表扩程计算	367
2. 直流电压表扩程计算	367

3. 交流电流表扩程计算	368
4. 交流电压表扩程计算	370
5. 穿心式电流互感器变流比的计算	370
6. 直流电流表连接导线截面积的选择	372
7. 电流表更改刻度的计算	373
8. 电压表更改刻度的计算	374
9. 功率表更改刻度的计算	374
10. 动圈式温控仪外接电阻器的计算	375
11. 用两功率表法测量三相有功功率的计算	376
12. 住宅电能表的选择	377
13. 三相三线或三相四线有功电能表的选择	378
14. 三相三线或三相四线无功电能表的选择	379
15. 电能表与互感器合成倍率的计算	380
16. 电能表所测电能的计算	380
17. 电能表误差的测算	381
18. 因电能表潜动过大需退补用户电能的计算	383
19. 两只单相有功电能表测算功率因数	384
20. 因三相有功电能表接线错误导致更正用电量 计算(之一)	387
21. 因三相有功电能表接线错误导致更正用电量 计算(之二)	388
22. 因三相有功电能表和三相无功电能表接线错误 导致更正用电量计算(之一)	389
23. 因三相有功电能表和三相无功电能表接线错误 导致更正用电量计算(之二)	391
24. 因三相三元件电能表电压回路断路导致更正用 电量的计算	392
25. 因电流互感器变比不当导致有功电能表更正用	

电量的计算	393
八、接地与防雷	396
1. TT 系统用电设备不接地(接零)时接地电流的计算 ..	396
2. TT 系统用电设备接地时接地电流的计算	397
3. 土壤电阻率的计算	398
4. 单根垂直接地体接地电阻值计算	401
5. 多根垂直接地体接地电阻值计算	403
6. 单根水平接地体接地电阻值计算	405
7. 多根扁钢并联水平敷设接地电阻值计算	406
8. 多根水平放射式接地体接地电阻值计算	407
9. 直埋铠装电缆金属外皮接地电阻值计算	408
10. 直埋金属水管接地电阻值计算	409
11. 钢筋混凝土电杆接地电阻值计算	409
12. 工频接地电阻与冲击接地电阻阻值的换算	410
13. 人工接地坑散流电阻值计算	411
14. 人工接地沟散流电阻值计算	412
15. 降阻剂用量的计算	413
16. 10/0.4kV 变电所接地装置的计算	417
17. 防雷保护接地电阻的计算	419
18. 单支避雷针保护范围的计算	425
19. 两支等高避雷针保护范围的计算	427
20. 单条避雷线保护范围的计算	429
21. 两条平行避雷线保护范围的计算	431
22. 导线落雷数和感应过电压的计算	432
23. 建筑物落雷数的计算	433
九、其他	434
1. 用少数电阻得到多种阻值的方法	434
2. 用少数次级绕组得到多种输出电压的方法	434

3. 直流电源用免维护铅酸蓄电池容量的计算(之一)	436
4. 直流电源用免维护铅酸蓄电池容量的计算(之二)	437
5. 直流电源用免维护铅酸蓄电池容量的计算(之三)	440
6. 不间断电源(UPS)容量和配电缆截面积的选择	442
7. 低压电器耐压试验用变压器容量的计算	443
8. 用铜丝代替熔丝时铜丝直径的选择	444
9. 由导体集肤效应引起的交流电阻值的计算	445

一、电动机选择与节能

1. 风机配套电动机功率的计算

(1) 计算步骤和计算公式

① 风机流量和全压计算。风机流量 Q 和全压 H 的计算公式如下(设进出口大气重度相等):

$$Q = Fv_2 = \frac{\pi}{4} D^2 v_2$$

$$\begin{aligned} H &= H_j + H_d = (H_{j2} - H_{j1}) + (H_{d2} - H_{d1}) \\ &= (H_{j2} - H_{j1}) + \frac{1}{2g} \gamma (v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2g} \gamma v_2^2 \end{aligned}$$

式中 Q ——风机流量,即风量(m^3/s);

F ——出口截面积(m^2);

v_1, v_2 ——分别为风机进口和出口风速(m/s);

D ——出口管道直径(mm);

H ——风机全压(Pa);

H_j, H_d ——分别为风机静压和动压(Pa);

H_{j1}, H_{j2} ——分别为风机进口处和出口处的静压(Pa);

H_{d1}, H_{d2} ——分别为风机进口处和出口处的动压(Pa);

γ ——气体的重度(N/m^3),空气的重度 $\gamma = 11.77 \text{ N/m}^3$;

g ——重力加速度, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 。

② 电动机功率计算。电动机输出功率 P_2 的计算公式为

$$P_2 = \frac{QH}{1000\eta\eta_t} = \frac{\pi D^2 \gamma v_2^3}{4 \times 2g \times 1000\eta\eta_t}$$

电动机输入功率 P_1 的计算公式为

$$P_1 = P_2 / \eta_d$$

式中 P_1, P_2 ——分别为电动机输入功率和输出功率(kW);

η ——风机效率,为 0.4~0.75,实际数值以制造厂提供的数据为准,无实际数据时,可参见表 1-1;

η_t ——传动装置效率,见表 1-2;

η_d ——电动机效率,一般中小型电动机 $\eta_d = 75\% \sim 85\%$;大型电动机 $\eta_d = 85\% \sim 94\%$,实际值以制造厂提供的数据为准。

电动机设计功率 P 的计算公式为

$$P = KP_2$$

式中 K ——储备系数,见表 1-1;对于离心式风机,储备系数可查表 1-3;

P ——电动机设计功率(kW)。

表 1-1 风机的效率与功率储备系数

通风机的种类	η	K
螺旋桨式通风机	0.5~0.75	1.3
圆盘式通风机	0.3~0.5	1.5
多叶式通风机	0.45~0.55	1.2~1.3
透平式通风机($\geq 400\text{kW}$)	0.65~0.75	1.15~1.25
透平式通风机($< 400\text{kW}$)	0.6~0.7	1.15~1.25
板式通风机	0.5~0.6	1.15~1.25
单级透平式通风机	0.6~0.75	1.1~1.2
多级透平式通风机	0.55~0.7	1.1~1.2

表 1-2 传动装置效率估算值

传动方式	η_t	传动方式	η_t
三角皮带	0.95~0.96	齿轮减速器	0.94~0.98
联轴器	0.98	直联	1

表 1-3 离心式风机功率储备系数

电动机功率(kW)	1.0 以下	1~2	2~5	> 5
K	2	1.5	1.25	1.15~1.10