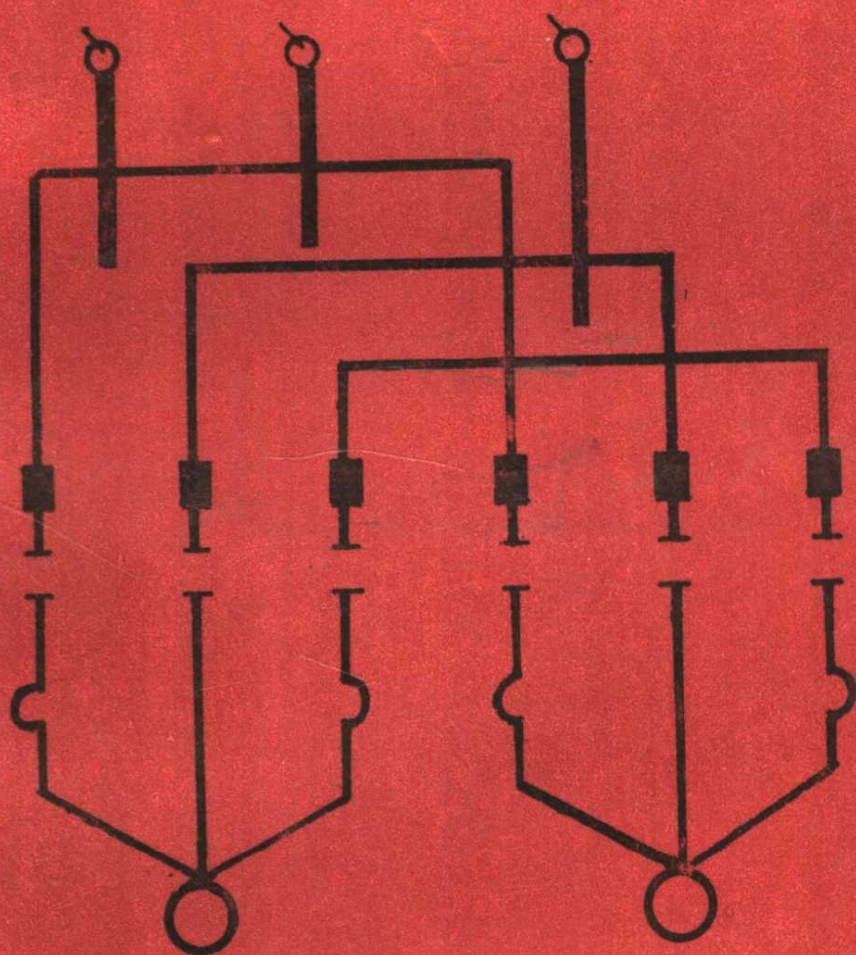


实用电工公式

左宝信 刘求实 编著



科学技术文献出版社

实 用 电 工 公 式

左宝信 刘求实 编著

科学技术文献出版社

(京) 新登字130号

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电工公式/左宝信等编著.-北京: 科学技术文献出版社, 1994

ISBN 7-5023-2337-6

I. 实… II. 左… III. 公式 (数学) - 电工技术 IV. TM11

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第05053号

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

中国科学技术信息研究所重庆分所印刷厂印刷 新华书店重庆发行所发行

1994年11月第1版 1994年11月第1次印刷

787×1092毫米 32开本 17.375印张 380千字

科技新书目: 330—186 印数1—4000册

定价: 12.80元

内容简介

本书较详细地介绍了化工、纺织、冶金、机械、矿山和电厂等各行业中的电路、电机、电力系统、输配电系统、避雷防爆、发电机、半导体电路、电气仪表、功率测量、自动调节、继电保护、电化学、电力平衡等方面的计算时所用到的实用电气公式(理论公式和经验公式)和有关的数学公式。同时还列出了电工常用的基本单位、辅助单位表和常见法定计量单位的换算表,以及电气、电气材料的有关参数表。

本书具有内容广泛、简单明了、通俗易懂、单位清楚、计算准确和查找方便的特点,适于维修电工和运行电工,初、中级电气工人和技术人员使用,也可供乡镇企业和广大农村电工和电类工程技术人员阅读。

前 言

本书根据建国以来有关高等学校电气专业教材、国际国内电气专业杂志发表的有价值的文章和作者本人30余年现场电气工作经验整理或推导而写成。

纵观国内外有关电气公式方面的论述，一般均强调专业中的分科，例如发电——输配电——用电。但由于篇幅所限，论述中只能引出一个或两个分科，难以面面俱到；有的仅强调系统性和理论推导，以及公式的演算，而省略了计算公式中的计算单位；有的采用厘米—克—秒制，不甚适用工程计算，至少也不方便；有的只强调工矿企业的原则计算，而省略了照明、防爆、家电及农用电的计算等等。

鉴于上述原因，笔者在本书中，力图将发电——输配电——用电诸方面的电气实用公式进行简化整理。不管是理论公式，还是经验公式中的物理量，均引入米—千克—秒制工程单位，引入现场使用中的实用公式，省略作为科研中的理论公式。因此，本书具有简单明了、通俗易懂、计算准确、查找方便的特点。

本书适于工矿企业的电气技术人员和电气工人用于电气设计、施工、技改、事故处理，以及电气设备的检修和运行，也可用于电气工作的技术管理和技术培训。

在某种意义上说，它是一本随身携带的小型实用“电工手册”，也是一本企业电气工作人员的培训教材。

由于时间仓促，加上笔者本人水平有限，错误缺点难免，敬请广大读者批评指正，本人不胜感谢。

一九九三年十一月十九日

目 录

第 一 章	电磁学基本公式.....	(1)
第 二 章	直流电与交流电的基本公式.....	(17)
第 三 章	电路计算.....	(26)
第 四 章	熔断器、照明、变压器计算公式.....	(46)
第 五 章	电机的计算公式.....	(61)
第 六 章	电力系统的接地和接零.....	(96)
第 七 章	输配电系统的计算公式.....	(109)
第 八 章	避雷方面的计算公式.....	(127)
第 九 章	防爆方面的计算公式.....	(135)
第 十 章	功率因数补偿.....	(144)
第 十 一 章	电炉的计算公式.....	(149)
第 十 二 章	发电厂的有关计算公式.....	(155)
第 十 三 章	半导体电路的计算公式.....	(171)
第 十 四 章	整流电路的有关计算公式.....	(190)
第 十 五 章	半导体逻辑电路的计算公式.....	(204)
第 十 六 章	电气仪表的计算公式.....	(216)
第 十 七 章	功率测量公式.....	(228)
第 十 八 章	自动调节的有关计算公式.....	(240)
第 十 九 章	短路电流的计算公式.....	(248)
第 二 十 章	继电保护的计算公式.....	(274)
第 二 十 一 章	电化学的常用公式.....	(312)

第二十二章	电机、变压器等元件的设计计算公式	…(319)
第二十三章	并联变压器环流的计算公式和电动机降压起动的计算公式	…(351)
第二十四章	电力平衡的计算公式	…(361)
第二十五章	常用数学公式	…(380)

附录

表1	国际单位制的基本单位	…(412)
表2	国际单位制的辅助单位	…(412)
表3	国际单位制中具有专门名称的导出单位	…(413)
表4	国家选定的非国际单位制单位	…(413)
表5	用于构成十进倍数和分数单位的词头	…(414)
表6	常见法定计量单位换算表	…(415)
表7	常用导电材料的物理性质一	…(431)
表8	常用导电材料的物理性质二	…(431)
表9	常用物质的导热系数	…(432)
表10	常用电工材料性能表	…(433)
表11	塑料绝缘线安全载流量(安)	…(434)
表12	橡皮绝缘线安全载流量(安)	…(436)
表13	架空线用的各种裸线安全载流量(安)	…(438)
表14	长方形截面的金属排安全载流量(安)	…(439)
表15	金属圆梗安全载流量(安)	…(440)
表16	直接敷设在地中的低压纸绝缘电缆安全载流量(安)	…(441)
表17	地埋线允许安全电流(安)	…(442)
表18	常用物质的相对介电系数	…(444)
表19	铅熔丝的额定电流表	…(445)
表20	铜熔丝的额定电流表	…(447)
表21	康铜、锰铜及镍铬电阻合金裸线规格	…(448)
表22	扁铜线规格(毫米)	…(452)

表23	导线穿电线管的标称直径选择表	(456)
表24	电线管规格	(457)
表25	有缝钢管 (黑、白铁管)规格	(457)
表26	聚氯乙烯 (PVC) 硬管规格	(458)
表27	聚氯乙烯 (PVC) 半硬管规格	(458)
表28	各件规格的导线截面、根数、直径及近似英规的对照表	(459)
表29	环境温度变化时载流量的校正系数	(462)
表30	土壤热阻系数不同时载流量的修正系数	(462)
表31	电缆在空气中多根并列敷设时载流量的修正系数	(463)
表32	直埋地下电缆并列敷设时载流量的校正系数	(463)
表33	电缆线路直流耐电压试验的规定	(463)
表34	油浸纸绝缘泄漏电流的参考值 (微安)	(464)
表35	线路和配电设备与工业管道等设备之间的最小距离 (毫米)	(464)
表36	接户线跨越交叉的最小距离	(465)
表37	户内、外明线装置的最小截面和距离	(466)
表38	架空线对地和跨越物的最小距离	(467)
表39	铜芯导线及电缆 (三相380伏)每安公里的电压损失 (%)	(468)
表40	铝芯导线及电缆 (三相380伏)每安公里的电压损失 (%)	(469)
表41	异步电动机每千瓦负荷所需电容数	(470)
表42	防爆级别分类表	(472)
表43	不同传爆间隙代号	(473)
表44	不同温度级别代号	(473)
表45	防爆标志表	(474)
表46	进口电机加油方式	(475)
表47	热继电器的热元件技术数据表, JRO、JR16 系列热继电器	(476)
表48	JR15系列热继电器	(477)

表49	Y (1P44) 系列电动机与JRO热继电器匹配表.....	(478)
表50	漏电开关和漏电继电器的主要技术数据.....	(481)
表51	电流型低压触电保护器的主要技术数据.....	(483)
表52	脉冲型低压触电保护器的主要技术数据.....	(485)
表53	0.55~0.75千瓦三相异步电动机保护用的低压电器配套表.....	(486)
表54	各种通用保险器系列表.....	(488)
表55	部分低压氧化锌压敏电阻系列表一.....	(490)
表56	部分低压氧化锌压敏电阻系列表二.....	(492)
表57	部分高压氧化锌避雷器系列表 (1) ~ (4)	(492)
表58	不同光源的简单比较表.....	(496)
表59	几种不同灯具的比较表.....	(498)
表60	不同场合不同照度表.....	(498)
表61	电热、白炽灯、卤钨灯 (碘钨灯、溴钨灯) 的电流计算公式.....	(499)
表62	功率因数小于1的照明设备的电流计算公式.....	(499)
表63	电动机的电流计算公式.....	(499)
表64	比率 $\left(\frac{\text{无功电度}}{\text{有功电度}}\right)$ 与功率因数对照表.....	(500)
表65	电焊机、X光机的电流计算公式.....	(501)
表66	36伏以下低压线路负荷计算表.....	(501)
表67	电刷选型表.....	(502)
表68	汽轮发电机用电刷.....	(504)
表69	典型的电刷技术性能和工作条件.....	(505)
表70	小电阻颜色指示电阻 (1) — (2)	(506)
表71	注入电动机滑动轴承的润滑油牌号.....	(509)
表72	注入电动机滚动轴承的润滑油牌号.....	(510)
表73	一般电气绝缘油 (胶) 性能和型号 (一)、(二).....	(512)
表74	电机检修工作中常用材料 (绝缘漆和树脂胶)	(514)
表75	绝缘漆的绝缘水平 (一)、(二)	(520)

表76	绝缘材料的耐热分级.....	(527)
表77	滚动轴承允许的间隙.....	(529)
表78	滑动轴承的允许间隙.....	(529)
表79	防爆和一般电动机允许的振动.....	(530)
表80	滑动轴承中电动机允许轴串量.....	(530)
表81	JRO和JSQ系列异步电动机滚动轴承型号.....	(530)
表82	Z系列直流电机滚动轴承型号.....	(531)
表83	ZZ和ZZK系列直流电动机滚动轴承型号.....	(531)
表84	JZ和JZR系列电动机滚动轴承型号.....	(532)
表85	J、JS和JR系列电动机滚动轴承型号.....	(532)
表86	JZ和JOZ系列电动机滚动轴承型号.....	(533)
表87	J、JO、JQ和JQO系列异步电动机滚动轴承型号.....	(533)
表88	ZKK系列放大机滚动轴承型号.....	(533)
表89	常用家用电器的功率及额定电流.....	(534)
表90	电气安全用电的试验标准.....	(535)
表91	常用电气安全工作标示牌式样.....	(537)
表92	常用电气绝缘工具试验标准.....	(538)
表93	各种常用电具功率查对参考表.....	(539)
表94	各种电动机特性比较表.....	(541)
表95	单相电容电机电容选择表.....	(541)

第一章 电磁学基本公式

一、静 电

1. 库仑定律

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r r^2} = 9 \times 10^9 \frac{q_1 q_2}{\epsilon_r \cdot r^2}$$

式中, F ——点电荷作用力 (牛顿); q_1 、 q_2 ——电荷(库仑);
 r ——点电荷的距离 (米); ϵ_0 ——真空介电常数 ($\epsilon_0 = 10^7 / 4\pi c^2$); ϵ_r ——相对介电常数 (无量纲)。 ϵ_r 的几种典型物质数据见表1。

表1 ϵ_r 常数表

介 质	ϵ_r
空气	1.006 $\approx$ 1
煤油	2~4
水	81
石蜡	2
硬橡胶	4
瓷	6
云母	6~8
玻璃	4~7

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

式中, ε ——某介质的介电常数; 其余参数同前。

2. 电场强度

$$E \frac{F}{q} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2} = 9 \times 10^9 \frac{q}{\varepsilon_r r^2}$$

式中, E ——点电荷或球电荷电场强度(伏/米或牛顿/库仑);
 q ——带电体电量(库仑); r ——从点电荷或球电荷中心到所求点距离(米); 其余参数同前。

多点电荷的电场强度,

$$E_e = E_1 + E_2 + \dots + E_n$$

$$= \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r_1^2} + \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r_2^2} + \dots + \frac{q_n}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r_n^2}$$

式中, $q_1, q_2, \dots, q_n$ ——各点的点电荷(库仑); $r_1, r_2, \dots, r_n$ ——各点电荷到所计算点的距离(米); 其余参数同前。

3. 电位

$$U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r} \approx 9 \times 10^9 \frac{q}{\varepsilon_r \cdot r}$$

式中, U ——点电荷或带电球的电位(伏); r ——点电荷或电球中心到所求点距离(米); 其余参数同前。

4. 电位差

$$U_{ab} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r \cdot r_1} - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r_2} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

式中, U_{ab} ——两点电位差(伏); q ——两点对应位置所带电荷(库仑); r_1, r_2 ——两点分别到参考点距离(米); 其余参数同前。

5. 电介质密度

$$D = \epsilon_0 \epsilon_r E$$

式中, D ——电介质密度(库仑/米²); E ——电场强度(伏/米); 其余参数同前。

$$D = \epsilon_0 E + P$$

式中, P ——电介质极化率(库仑/米²); 其余参数同前。

$$P = xE$$

式中, $x = \epsilon_0 \epsilon_r - \epsilon_0 = \epsilon_0 (\epsilon_r - 1)$

x 为化率系数(法/米); 其余参数同前。

6. 电容

$$C = \frac{Q}{U}$$

式中, C ——电容量(法); Q ——电量(库仑); U ——电位差(伏)。

(1) 各种电容元件电容量的计算

a. 平板电容, 如图1,



图1

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{L} = 8.855 \times 10^{-12} \frac{\epsilon_r S}{L}$$

式中, C ——平板电容器的电容量(法); S ——平板电容器一个极板的面积(米²); L ——两极板间的距离(米); 其余参数同前。

b. 球电容, 如图2,

$$C = 4\pi \epsilon_0 \epsilon_r R$$

式中, R ——球半径(米); 其余参数同前。

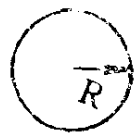


图2

c. 同心球电容, 如图3,

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon_r R_1 \cdot R_2}{R_2 - R_1} = \frac{\epsilon_r}{9 \times 10^9} \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



式中, R_1, R_2 ——分别为同心球半径(米); 其余参数同前。

图3

d. 同轴圆筒电容, 如图4,

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{\log \frac{R_2}{R_1}}$$

式中, L ——圆筒长度(米); 其余参数同前。

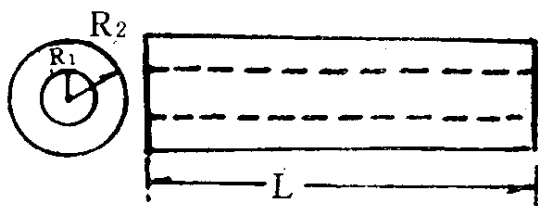


图4

e. 两平行导线电容

$$C = \frac{\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{L \frac{D}{r}}$$

式中, L ——导线长度(米); D ——两平行线间距离(米); r ——导线半径(米); 其余参数同前。

f. 三相输电线电容, 如图5,

$$C_{AC} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{2\text{Ln} \frac{b}{r} + \text{Ln} \frac{ab}{cr} \cdot \frac{\text{Ln} \frac{bc}{ar}}{\text{Ln} \frac{ac}{br}}}$$

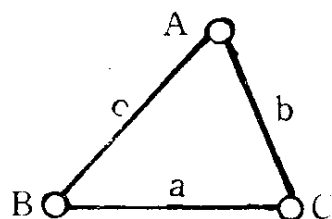


图5

$$C_{AB} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{2\text{Ln} \frac{c}{r} + \text{Ln} \frac{bc}{ar} \cdot \frac{\text{Ln} \frac{ac}{ar}}{\text{Ln} \frac{ab}{cr}}}$$

$$C_{BC} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{2\ln\frac{a}{r} + \ln\frac{ac}{br} \cdot \frac{\ln\frac{ab}{cr}}{\ln\frac{bc}{ar}}}$$

若导线以正三角形排列，则 $a=b=c=d$ ，那么

$$C_{AB}=C_{BC}=C_{AC} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{3L_n \frac{d}{r}}$$

式中， r ——导体半径(米)； C_{AB} 、 C_{AC} 、 C_{BC} ——各线间电容(法)；其余参数同前。

(2) 电容器串联和并联

a. 串联，如图6(上)，

$$\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

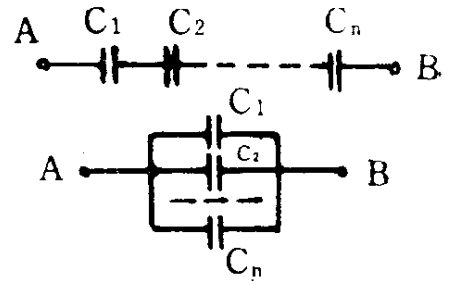


图6

b. 并联，如图6(下)，

$$C_{AB} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

(3) 电容器连结的变换

a. Δ 连结改变成Y，如图7，

$$C_a = \frac{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1}{C_1}$$

$$C_b = \frac{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1}{C_2}$$

$$C_c = \frac{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1}{C_3}$$

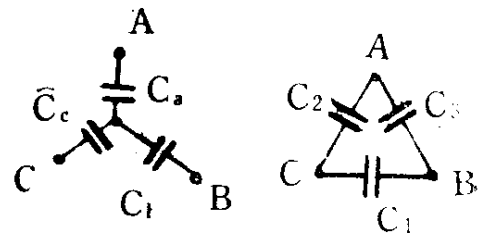


图7

b. Y连结改变成 Δ

$$C_1 = \frac{C_b C_c}{C_a + C_b + C_c}$$

$$C_2 = \frac{C_c C_a}{C_a + C_b + C_c}$$

$$C_3 = \frac{C_a C_b}{C_a + C_b + C_c}$$

若 $C_1 = C_2 = C_3 = C_d$, $C_a = C_b = C_c = C_e$

则 $3C_d = C_e$ (法)

7. 静电场能量

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} = \frac{Q^2}{2C}$$

式中, W ——静电场能量 (焦耳); C ——电容 (法); U ——电压 (伏); Q ——电量 (库仑)。

8. 电容器受力

$$F = -\frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r E^2 \cdot S$$

式中, “-”——平板电容器向外受力为负; F ——向外受力 (牛顿); E ——电场强度 (伏/米); S ——电容器极板面积 (米²); 其余参数同前。

二、磁

1. 磁库仑定律

$$F = \frac{m_1 m_2}{4\pi \mu_0 \mu_r r^2} \approx 6.33 \times 10^4 \frac{m_1 m_2}{\mu_r r^2}$$

式中, F ——磁极间作用力 (牛顿); $m_1 m_2$ ——磁极强度 (韦伯); r ——磁极间距 (米); μ_0 ——真空导磁率; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (亨/米); μ_r ——相对导磁率 (无量纲); $\mu = \mu_0 \mu_r$, μ 为介质导磁率, 详见表2,

表2

物质材料	μ	顺磁质 $\mu-1$ (亨/米)	物质材料	μ	抗磁质 $1-\mu$ (亨/米)
氮		0.013×10^{-6}	氢		0.063×10^{-6}
氧		1.9×10^{-6}	铜		8.8×10^{-6}
铝		23×10^{-6}	岩盐		12.6×10^{-6}
铂		360×10^{-6}	铋		176×10^{-6}

2. 磁场强度

$$H = \frac{m}{4\pi\mu_0\mu_r r^2}$$

$$\approx 6.33 \times 10^4 \cdot \frac{m}{\mu_r \cdot r^2}$$

式中, H ——磁场强度(安匝/米); m ——磁极强度(韦伯);
 r ——到磁极距离(米); 其余参数同前。

3. 几种典型载流形体的磁场

(1) 有限长度导线, 如图8,

$$H = \frac{I}{4\pi r} (\sin\beta - \sin\alpha)$$

式中, H —— P 点的磁场强度(安/米); I ——导线 AB (长度 L)
 中流过的电流(安); r —— P 点到导线的垂直距离(米); α 、 β
 ——见图标示。

(2) 无限长度导线

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

式中各参数均同前式。

(3) 圆电流中心线上的某点 P 的磁
 场, 如图9,

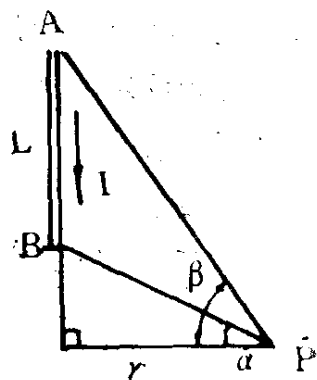


图8