

工厂节电计算手册

方大千 编著



科学技术文献出版社

工厂节电计算手册

方大千 编著

TM 92-62

15

科学技术文献出版社

(京)新登字130号

要 索 引

图书在版编目(CIP)数据

工厂节电计算手册/方大千 编著. —北京: 科学技术文献出版社, 1994.5

ISBN 7-5023-2198-5

I. 工… II. 方… III. ①工厂-用电管理-节能-计算-手册②用电管理-工厂-节能-计算-手册③节能-工厂-用电管理-计算-手册 IV. TM92-62

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5月第1版 1994年5月第1次印刷

开本: 787×1092毫米 1/32 18.75印张412千字

科技新书目: 314—115 印数: 1—3500册

定价: 14.80元

内容提要

本手册系专门为工矿企业节电工作者而编写的，目的是让读者能方便地查找和应用节电计算方法和计算公式，以及节电工作中常用的技术资料、标准和规定。

本手册全面、系统地介绍工厂输配电、变压器、无功补偿、电动机、风机、空压机、水泵、电加热器、电焊机及交流接触器、照明、整流设备、电镀设备等的节电计算方法和计算公式, 以及节电工程经济效益的计算等。

本手册适用于能源管理机构及工矿企业中具有高中文化水平的节电工作者、技术人员、管理人员及电工阅读，也可供大、中专学生参考，还可用作节电培训的补充教材。

前 言

近几年,我国电力工业发展很快,发电量以年递增约10%的高速度发展,但由于用电设备的增长速度远远超过发电设备的增长速度,发电容量与用电容量之比,已从1981年的1比2.1拉大到1989年的1比2.79,导致电力供应更加紧张,据估计全国缺电700亿kWh。90年代我国能源工业面临的形势比80年代更为严峻,我国将长期摆脱不了缺电状态。估计到2000年全国缺电2000多亿kWh。另一方面,我国能源利用率很低,大约为30%,单位国民生产总值能耗相当于印度的1倍,日本的4.4倍。因此节约用电成了我国能源战略的重要组成部分。工矿企业是电能消费的主要部门,做好工矿企业的节电工作,是摆在我们面前重要而艰巨的任务。

节电工作者在具体工作中常常涉及到节电的分析和计算,而手头往往缺乏现成的计算方法和计算公式。因为计算方法和计算公式分散于各类电气书刊及参考资料中,公式繁多,形式符号又极不统一,因此要查找和使用这些资料相当困难。这就促使作者尝试编写了《工厂节电计算手册》一书。本书是作者多年从事节电工作中收集的资料及积累的经验,经筛选、整理、归纳编写而成。书中还收集了节电计算需涉及的一些最新国家标准、规定,旨在让广大节电工作者能方便地获得节电计算方法和计算公式,以及查找有关的技术资料等。手册中列举的例题,大都是生产中具有代表性的实例。读者通过例题可以学会如何应用计算方法和计算公式去分析和解决实际问题,同时它也是计算公式部分的补充。

随着节电工作的深入，节电技术的进步，国家有关节电的一些标准、规定也会不断修正，书中若与国家新颁布的标准、规定有抵触之处，应以新标准、规定为准。

参加本书编写工作的有徐晓峰、郑鹏、冯金生、方亚平、胡志荣等同志。全书由《电工技术》杂志主编张裕庆同志审稿，本书插图由那罗丽同志绘制，浙江省节能技术服务中心刘开琳、上海宝山钢铁厂能源部高均、中国城市规划设计研究院汤铭潭等同志提供了许多宝贵意见及资料，在此一并表示最诚挚的谢意。

限于作者的经验和水平，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

作者 1993年8月

目 录

第一章 基础知识.....(1)

第一节 基本定律和公式.....(1)

第二节 基本电路计算及网络变换.....(5)

第三节 交流电路的基本计算.....(5)

第四节 非正弦交流电的功率及功率因数计算.....(19)

第五节 部分常用术语的定义.....(26)

第二章 输配电节电.....(30)

第一节 电力线路参数计算.....(30)

第二节 电压降计算.....(33)

第三节 三相对称负荷及单相负荷线损的计算.....(53)

第四节 三相不对称负荷线损的计算.....(67)

第五节 不同供电场合的电压降和线损.....(74)

第六节 合理调整运行电压降低电网损耗的

计算.....(80)

第七节 导线、电缆的选择.....(87)

第三章 变压器节电.....(98)

第一节 变压器基本参数、损耗及效率等计算.....(98)

第二节 变压器经济运行计算.....(112)

第三节 变压器负荷不对称附加铜耗的计算.....(153)

第四节	环境温度对变压器出力的影响及 变压器过负荷能力.....	(167)
第五节	变压器容量的确定.....	(174)
第六节	变压器安装位置的确定.....	(185)
第七节	工厂年电能需要量的计算.....	(187)
第四章	无功功率与无功补偿	(191)
第一节	基本关系式.....	(191)
第二节	电网电压对移相电容器影响的计算.....	(193)
第三节	功率因数的计算及无功补偿量的确定.....	(198)
第四节	采用同步电动机补偿的计算.....	(210)
第五节	提高功率因数与降损及改善电压的 计算.....	(213)
第五章	电动机节电	(225)
第一节	异步电动机基本参数、损耗、效率 (82) 及功率因数等计算.....	(225)
第二节	异步电动机各转矩、输出功率及最佳 (17) 功率的计算.....	(236)
第三节	交流电动机调速节电.....	(252)
第四节	电动机节电计算.....	(259)
第五节	滑差电机节电计算.....	(277)
第六节	直流电动机节电计算.....	(281)
第七节	同步电动机节电计算.....	(287)
第六章	风机、空压机节电	(290)
第一节	风机的特性曲线及风压计算.....	(290)

第二节	风机轴功率、效率、电动机功率及耗电量计算	(293)
第三节	风机节电计算	(300)
第四节	风机串、并联运行节电计算	(309)
第五节	空压机节电计算	(310)

第七章 水泵节电 (330)

第一节	水泵轴功率、效率、电动机功率的计算	(330)
第二节	泵损耗计算	(336)
第三节	水泵节电计算	(340)
第四节	泵串、并联运行节电计算	(348)

第八章 电加热节电 (350)

第一节	电弧炉节电计算	(350)
第二节	电阻炉节电计算	(373)
第三节	感应炉节电计算	(387)
第四节	远红外线加热节电计算	(397)
第五节	各种电加热设备的比较及经济性评价	(417)

第九章 电焊机及交流接触器节电 (426)

第一节	弧焊机负载持续率、功率因数及效率的计算	(427)
第二节	电焊机电源容量的计算	(429)
第三节	改善电焊机的功率因数降低损耗的计算	(433)
第四节	电焊机加装空载自停装置的节电计算	

及评价.....	(436)
第五节 合理选择电焊机和焊接方法的节电计算.....	(438)
第六节 电焊机导线(电缆)的选择.....	(453)
第七节 交流接触器无声运行节电计算.....	(457)
第十章 照明节电	(462)
第一节 照明术语、单位及计算公式.....	(462)
第二节 材料的反射率、透射率和吸收率.....	(469)
第三节 照度标准.....	(474)
第四节 灯具的选用及布置计算.....	(484)
第五节 照度计算.....	(494)
第六节 照明线路导线截面的选择.....	(531)
附录1 铝绞线每km的电阻(r_0)和电抗(x_0)值.....	(536)
附录2 钢芯铝绞线每km的电阻(r_0)和电抗(x_0)值.....	(537)
附录3 铜绞线每km的电阻(r_0)和电抗(x_0)值.....	(538)
附录4 钢导线每km的电阻(r_0)值.....	(539)
附录5 钢导线每km的外感抗(x_0')值.....	(541)
附录6 钢导线每km的内感抗(x_0'')值.....	(542)
附录7 裸绞线安全载流量.....	(544)
附录8 BVR型和BLVB型聚氯乙烯铜芯软线及铝芯线的参考载流量.....	(545)
附录9 BVV型和BLVV型聚氯乙烯绝缘、聚氯乙烯护套铜芯及铝芯导线参考载流量.....	(546)
附录10 RVZ型聚氯乙烯绝缘、聚氯乙烯护套连接软线的参考载流量.....	(546)
附录11 塑料绝缘铜、铝电线安全载流量.....	(547)
附录12 橡皮绝缘铜、铝电线安全载流量.....	(548)

附录13 直接敷设在地中的低压绝缘电缆(铜、铝) 安全载流量	(550)
附录14 矩形截面的金属排(铜、铝) 安全载流量	(551)
附录15 金属圆梗(铜、铝) 载流量	(552)
附录16 1千伏VV、VLV型无铠装聚氯乙烯、聚乙烯绝缘电 缆安全载流量	(553)
附录17 1千伏VV ₂₀ 、VLV ₂₀ 、VV ₃₀ 、VLV ₃₀ 、VV ₅₀ 、 VLV ₅₀ 、VV ₅₉ 、VLV ₅₉ 型铠装聚乙烯电缆安 全载流量	(554)
附录18 导线电阻温度校正系数表	(555)
附录19 导线载流量温度校正系数 η_1	(556)
附录20 导线并列敷设校正系数 η_2	(556)
附录21 土壤热阻不同时的土壤热阻校正系数 η_3	(556)
附录22 SZL ₇ -200~1600/10冷轧铝线有载调压低损耗变压器 技术数据	(558)
附录23 SZL ₇ -2000~6300/35冷轧铝线有载调压低损耗变压器 技术数据	(559)
附录24 SL ₇ -30~6300/6、10低损耗电力变压器 技术数据	(560)
附录25 SL ₇ -50~6300/35低损耗电力变压器技术数据	(563)
附录26 Y系列三相异步电动机参数	(566)
附录27 JO ₂ 系列P _{2e} 、 η_e 、P ₀ 和 β_0 一览表	(573)
附录28 Y(IP44)系列P _{2e} 、 η_e 、P ₀ 和 β_0 一览表	(574)
附录29 Y(IP44)系列各种负荷率 β 下的效率	(575)
附录30 JO ₂ 系列2极效率和功率因数与负荷率的关系	(576)
附录31 JO ₂ 系列4极效率和功率因数与负荷率的关系	(578)
附录32 JO ₂ 系列6极效率和功率因数与负荷率的关系	(580)
附录33 JO ₂ 系列8极效率和功率因数与负荷率的关系	(582)
附录34 绝缘材料等级与电机允许温升	(584)
附录35 几种牌号电阻丝的材料性能	(584)

附录36 炉壁外表面对空气的放热系数 α(585)

主要参考文献.....(587)

附录37 金属圆板(圆)的放热系数.....(588)

附录38 金属圆板(圆)的放热系数.....(589)

附录39 金属圆板(圆)的放热系数.....(590)

附录40 金属圆板(圆)的放热系数.....(591)

附录41 金属圆板(圆)的放热系数.....(592)

附录42 金属圆板(圆)的放热系数.....(593)

附录43 金属圆板(圆)的放热系数.....(594)

附录44 金属圆板(圆)的放热系数.....(595)

附录45 金属圆板(圆)的放热系数.....(596)

附录46 金属圆板(圆)的放热系数.....(597)

附录47 金属圆板(圆)的放热系数.....(598)

附录48 金属圆板(圆)的放热系数.....(599)

附录49 金属圆板(圆)的放热系数.....(600)

附录50 金属圆板(圆)的放热系数.....(601)

附录51 金属圆板(圆)的放热系数.....(602)

附录52 金属圆板(圆)的放热系数.....(603)

附录53 金属圆板(圆)的放热系数.....(604)

附录54 金属圆板(圆)的放热系数.....(605)

附录55 金属圆板(圆)的放热系数.....(606)

附录56 金属圆板(圆)的放热系数.....(607)

附录57 金属圆板(圆)的放热系数.....(608)

附录58 金属圆板(圆)的放热系数.....(609)

附录59 金属圆板(圆)的放热系数.....(610)

附录60 金属圆板(圆)的放热系数.....(611)

附录61 金属圆板(圆)的放热系数.....(612)

附录62 金属圆板(圆)的放热系数.....(613)

附录63 金属圆板(圆)的放热系数.....(614)

附录64 金属圆板(圆)的放热系数.....(615)

附录65 金属圆板(圆)的放热系数.....(616)

附录66 金属圆板(圆)的放热系数.....(617)

附录67 金属圆板(圆)的放热系数.....(618)

附录68 金属圆板(圆)的放热系数.....(619)

附录69 金属圆板(圆)的放热系数.....(620)

附录70 金属圆板(圆)的放热系数.....(621)

温度 t/℃	电阻率 ρ /mΩ·mm	材料
2000.0	0.010	铜
1800.0	0.020	铝
1600.0	0.030	铁
1400.0	0.040	镍
1200.0	0.050	铂
1000.0	0.060	银
800.0	0.070	金
600.0	0.080	钨
400.0	0.090	钼
200.0	0.100	钽
100.0	0.110	铌
50.0	0.120	钽
20.0	0.130	钽
0.0	0.140	钽
-20.0	0.150	钽
-40.0	0.160	钽
-60.0	0.170	钽
-80.0	0.180	钽
-100.0	0.190	钽
-120.0	0.200	钽
-140.0	0.210	钽
-160.0	0.220	钽
-180.0	0.230	钽
-200.0	0.240	钽
-220.0	0.250	钽
-240.0	0.260	钽
-260.0	0.270	钽
-280.0	0.280	钽
-300.0	0.290	钽
-320.0	0.300	钽
-340.0	0.310	钽
-360.0	0.320	钽
-380.0	0.330	钽
-400.0	0.340	钽
-420.0	0.350	钽
-440.0	0.360	钽
-460.0	0.370	钽
-480.0	0.380	钽
-500.0	0.390	钽
-520.0	0.400	钽
-540.0	0.410	钽
-560.0	0.420	钽
-580.0	0.430	钽
-600.0	0.440	钽
-620.0	0.450	钽
-640.0	0.460	钽
-660.0	0.470	钽
-680.0	0.480	钽
-700.0	0.490	钽
-720.0	0.500	钽
-740.0	0.510	钽
-760.0	0.520	钽
-780.0	0.530	钽
-800.0	0.540	钽
-820.0	0.550	钽
-840.0	0.560	钽
-860.0	0.570	钽
-880.0	0.580	钽
-900.0	0.590	钽
-920.0	0.600	钽
-940.0	0.610	钽
-960.0	0.620	钽
-980.0	0.630	钽
-1000.0	0.640	钽

第一章 基础知识

第一节 基本定律和公式

一、电阻的计算

1. 导体电阻的一般计算公式

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

式中 R ——导体电阻 Ω ;

L ——导体长度 m ;

S ——导体截面积 mm^2 ;

ρ ——导体的电阻率 $\Omega \cdot mm^2/m$ 。

常用材料的电阻率见表1-1。

2. 电阻随温度变化的计算公式

(1) 公式一

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

式中 t_1 、 t_2 ——分别为导体的温度 $^{\circ}C$;

R_1 、 R_2 ——分别为温度 t_1 和 t_2 时导体的电阻 Ω ;

α ——导体电阻的温度系数 $1/^{\circ}C$ 。

常用材料的电阻温度系数见表1-1。

(2) 公式二

$$R_2 = R_1 \frac{T + t_2}{T + t_1}$$

表1-1 常用材料的电阻率和温度系数(+20℃时)

材料	电阻率 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	温度系数 $1/^\circ\text{C}$
银	0.016	0.0036
铜	0.0175	0.004
铝	0.029	0.0038
钨	0.053	0.0051
铁	0.10~0.30	0.0062
钢	0.13~0.25	0.006
锡	0.113	0.0042
镍	0.07	0.0062
锌	0.061	0.0037
黄铜	0.07~0.08	0.002
青铜	0.021~0.4	0.0037
锰铜	0.42	6×10^{-6}
康铜	0.4~0.51	5×10^{-6}
镍铬	1.1	1.5×10^{-4}
铁铬铝	1.4	5×10^{-5}

式中 T ——温度系数，铜线 $T=234.5$ ，铝线 $T=225$ ，
其它符号同

前。

3. 分流器电阻的计算

测量数值很大的直流电流时，一般都采用一个数值很小的电阻器和直流电流表并联，然后串联到电路中，

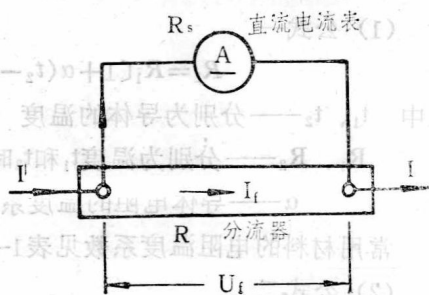


图1-1 分流器接线图

这个电阻叫分流器。分流器的接线图如图1-1所示。

其分路定律为

$$I_a R_a = I_f R_s$$

故分流电阻可按式计算：

$$R_s = \frac{I_a R_a}{I_f} = \frac{I_a R_a}{I - I_a}$$

式中 R_s ——分流电阻 Ω ;

R_a ——直流电流表的内阻 Ω ;

I_a ——直流电流表的量程(所允许通过的最大电流)

A;

I_f ——分流电流 A;

I ——被测量电路的电流 A,

$$I = \left(\frac{R_a}{R_s} + 1 \right) I_a = K I_a$$

K ——扩程倍数, $K = (R_a/R_s) + 1$ 。

二、电功率等计算

1. 电功率的计算

直流电路 $P = UI = I^2 R = U^2 / R$

单相交流电路的有功功率 $P = UI \cos \varphi$

单相交流电路的无功功率 $Q = UI \sin \varphi$

单相交流电路的视在功率 $S = UI$

三相交流电路的有功功率 $P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$

三相交流电路的无功功率 $Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi$

三相交流电路的视在功率 $S = \sqrt{3} UI$

式中 U ——电压 V, 对交流电而言为线电压;

I ——电流 A, 对交流电而言为线电流;

P 、 Q 、 S ——分别为有功功率、无功功率和视在功率

W 、 Var 、 VA ;

$\cos\varphi$ ——功率因数。

2. 焦耳定律

电流通过导体时产生的热量与电流强度的平方、导体的电阻以及通过电流的时间成正比。即

$$Q = I^2 R t$$

式中 Q ——导体发热量 J ;

I ——通过导体的电流 A ;

R ——导体的电阻 Ω ;

t ——通电时间 s 。

4. 电流的化学效应

电流的化学效应在电极上析出物质的质量按下式计算:

$$M = \frac{It}{F} \cdot \frac{A}{n}$$

式中 M ——电极上析出物质的质量 g ;

A ——物质的原子量;

n ——物质的化合价;

A/n ——克当量;

F ——法拉第常数, $F = 96849 \text{ C} \approx 26.8 \text{ Ah}$;

其它符号同前。

例1-1 使用 1.5 kW 电热器,将 3 kg 水从 10°C 加热至 80°C ,需用多少时间?设电热器产生的热量的 60% 是给予水的。

解 把 m 克水升温 $\Delta t^\circ \text{C}$ 所需的热量 为 $Q_{\text{吸收}} = mC \cdot \Delta t$, 其中 C 为水的比热 $4.187 \text{ J/g} \cdot ^\circ \text{C}$ 。将已知条件代入上式,得

$$Q_{\text{吸收}} = 3 \times 10^3 \times 4.187 \times (80 - 10) = 87.9 \times 10^4 \text{ J}$$

电热器提供的热量为

$$Q_{\text{供给}} = \eta I^2 R t = \eta P t = 0.6 \times 1.5 \times 10^3 t$$

$$\therefore Q_{\text{吸收}} = Q_{\text{供给}}$$

$$\therefore t = \frac{87.9 \times 10^4}{0.6 \times 1.5 \times 10^3} = 977 \text{ s} = 16' 17''$$

第二节 基本电路计算及网络变换

一、电阻(阻抗)串、并联及网络变换计算

电阻(阻抗)串、并联及网络变换计算, 见表1-2。

二、电阻、电感和电容三种电路的比较

R、L、C三种电路的比较, 见表1-3。

第三节 交流电路的基本计算

一、交流电路中的关系式

1. 交流电的瞬时值、最大值、有效值和平均值(图1-2)

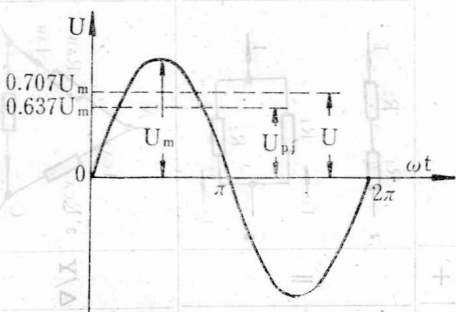


图1-2 正弦波交流电

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

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$$