

PEIDIAN JISHU SHOUCHE (DIYA BUFEN)

配电技术手册

(低压部分)

PEIDIAN JISHU SHOUCHE
(DIYA BUFEN)

孙成宝 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

7577

9-213

1

配电技术手册

(低压部分)

孙成宝 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

配电技术手册: 低压部分/孙成宝编. -北京: 中国电力出版社, 2000.5

ISBN 7-5083-0037-8

I. 配… II. 孙… III. 低电压-配电系统-技术手册 IV. TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 06125 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

三河实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经营

2000 年 9 月第一版 2000 年 9 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 32 开本 20.25 印张 450 千字
印数 0001 - 5120 册 定价 40.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

内 容 提 要

《配电技术手册》是根据全国城乡电网建设与改造精神，结合 110kV 以下配电网及其配电设备的规划、设计、安装、施工、运行维护和检修的实际情况而编写的，分《高压部分》和《低压部分》两册，本书为《低压部分》分册，主要介绍 380/220V 低压配电系统的负荷计算、常用配电系统方式和供电制式、低压电网短路电流计算、导体选择、低压架空配电线路、低压电缆线路、地埋电力线路、接进户和量电装置、室内配电线路、低压配电装置、低压配电线路保护及其装置、低压系统漏电保护和无功补偿技术、常用用电设备配电技术、低压系统过电压保护和接地技术等。

本书可作为城乡电网低压供配电、用电的设计、施工、运行和维修工人、技术人员、干部和管理人员的必备工具书，以及工矿企业供配电工人、技术人员和有关专业师生等参考书。

前 言

随着我国电气化事业的发展和城乡电网建设与改造工作的深入，配电网的技术状况有了截然的改观，新技术、新装备及新工艺正在不断的出现。这就要求从事配电工作的人员更新观念，进一步提高技术业务水平，适应形势发展的需要。为此，我们组织从事配电工作的专家和技术人员，广泛收集了国内外有关资料，结合工作实际，编写了《配电技术手册》一书。作为工具书，供从事配电技术人员、工人在工作中参考使用。

《配电技术手册》一书，分《高压部分》和《低压部分》两册，本册为《低压部分》，共分十六章，内容包括：负荷计算、低压配电系统、低压电网短路电流计算、导体选择、低压架空配电线路、低压电缆线路、地理电力线路、接户、进户和量电装置、室内配电线路、低压配电装置、低压配电线路保护及其装置、低压系统漏电保护、低压配电系统无功补偿技术、常用用电设备配电技术、低压系统过电压保护、低压配电系统接地。内容具体实际，便于使用。

在本书的编写过程中，得到了国内同行的热情指导和大力支持。承蒙吴功坚同志对全书进行了详细审阅，提出了许多宝贵意见，编者对此表示深深谢意。

由于时间仓促，水平有限，尽管编写人员尽了最大努力，但缺点和错误仍在所难免，恳请全国同行和广大读者批评指正。

编 者

2000年6月

目 录

前 言

第一章 负荷计算 1

- 第一节 负荷特性 1
- 第二节 用电设备计算容量的确定 7
- 第三节 需要系数法 9
- 第四节 二项式法 10
- 第五节 利用系数法 15
- 第六节 单相负荷计算 20

第二章 低压配电系统 28

- 第一节 常用低压电力配电系统 28
- 第二节 常用照明配电系统 31
- 第三节 低压电网供电制式 35

第三章 低压电网短路电流计算 39

- 第一节 低压电网中各元件阻抗的计算 39
- 第二节 低压电网短路电流计算 63
- 第三节 短路电流计算实例 74

第四章 导体选择 79

- 第一节 导体类型的选择 79
- 第二节 导线截面的选择与常用导线的载流量 82
- 第三节 电压损失计算 109

第五章 低压架空配电线路

132

- | | | |
|-----|------------|-----|
| 第一节 | 低压架空线路技术要求 | 132 |
| 第二节 | 杆塔型式与施工 | 139 |
| 第三节 | 横担、绝缘子及拉线 | 146 |
| 第四节 | 架空线路施工技术 | 153 |
| 第五节 | 架空绝缘线路 | 168 |

第六章 低压电缆线路

176

- | | | |
|-----|-----------------|-----|
| 第一节 | 电缆敷设一般要求 | 176 |
| 第二节 | 电缆敷设方法 | 179 |
| 第三节 | 1kV 电缆终端接头的制作工艺 | 184 |
| 第四节 | 1kV 电缆中间接头的制作工艺 | 189 |

第七章 地理电力线路

193

- | | | |
|-----|-------------|-----|
| 第一节 | 地理线技术要求 | 193 |
| 第二节 | 地理线敷设 | 203 |
| 第三节 | 地理线路接头处理 | 216 |
| 第四节 | 地理线路故障探测与处理 | 224 |

第八章 进户装置和计量装置

236

- | | | |
|-----|-----------------|-----|
| 第一节 | 进户点选择原则及接户线对地距离 | 236 |
| 第二节 | 进户装置安装施工 | 238 |
| 第三节 | 量电及配电装置的安装要求与施工 | 241 |

第九章 室内配电线路

251

- | | | |
|-----|----------|-----|
| 第一节 | 室内配线一般要求 | 251 |
| 第二节 | 室内配线操作工艺 | 254 |
| 第三节 | 车间接电线路安装 | 276 |
| 第四节 | 高层建筑内线工程 | 284 |

第十章 低压配电装置

291

- 第一节 低压配电装置一般要求 291
- 第二节 照明、动力配电箱选择与安装 294
- 第三节 低压配电屏选择与安装 315

第十一章 低压配电线路保护及装置

368

- 第一节 低压配电线路保护 368
- 第二节 低压保护装置选择的一般要求 371
- 第三节 熔断器、低压断路器选择 373
- 第四节 刀开关、接触器及热继电器选择 397

第十二章 低压系统漏电保护

403

- 第一节 漏电保护器主要技术参数 403
- 第二节 漏电保护器保护方式 406
- 第三节 选用漏电保护器技术要求 413
- 第四节 漏电保护器安装 417
- 第五节 漏电保护器运行管理 423

第十三章 低压配电系统无功补偿技术

426

- 第一节 无功补偿原理及方法 426
- 第二节 低压电力电容器及其技术参数 428
- 第三节 低压系统无功补偿方式和补偿容量选择 435
- 第四节 低压电容器组接线与安装 443
- 第五节 低压电容器组控制与保护 448
- 第六节 低压电容器组成套装置 451

第十四章 常用用电设备配电技术

454

- 第一节 电动机配电 454
- 第二节 起重机电配 470

第三节	电梯和自动扶梯配电	493
第四节	电焊机配电	500

第十六章 低压系统过电压保护 520

第一节	过电压保护装置	520
第二节	低压设备过电压及防护措施	526
第三节	配电变压器防雷保护	534
第四节	低压架空线路防雷保护	540

第十七章 低压配电系统接地 543

第一节	低压系统接地制式	543
第二节	接地组成及基本要求	548
第三节	接地设计	554
第四节	接地施工技术	585
第五节	接地测量与检验	611
第六节	接地降阻剂应用	622
第七节	低压系统接地与等电位连接	631

第一节 负荷特性

一、负荷曲线

表示负荷大小随时间而变化的曲线称为负荷曲线。根据延续时间段不同可分为全日和全年负荷曲线等。

全日负荷曲线可用测量方法来绘制。如有功负荷曲线可根据有功功率表每隔一定时间（一般为 0.5~1h）的读数而绘制，见图 1-1。相邻两负荷值之间的时间间隔取得越短，则曲线越能准确反映负荷的实际变化。全日无功负荷曲线可根据无功功率表的读数绘制。

负荷曲线有如下特点：

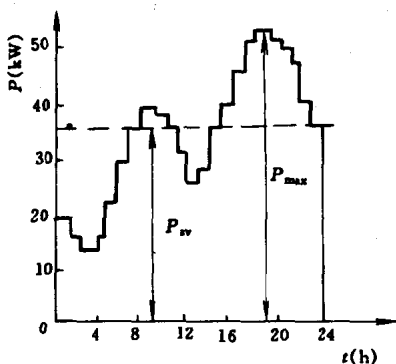


图 1-1 全日有功功率负荷曲线

(1) 用电设备的实际负荷并不总是等于其铭牌上的额定功率 P_N ，而是随时都在变动的。负荷曲线的最大值称为最大负荷，记作 P_{\max} 、 Q_{\max} 、 S_{\max} 。负荷曲线的平均值称为平均负荷，记作 P_{av} 、 Q_{av} 及 S_{av} 。

(2) 同类型用户的日负荷曲线，具有大致相似的形状。负荷曲线的形状也可用需要系数、利用系数来表达，其定义如下

$$K_x = \frac{P_{\max}}{P_N} \quad (1-1)$$

$$K_L = \frac{P_{av}}{P_N} \quad (1-2)$$

式中 K_x ——需要系数；

K_L ——利用系数；

P_{\max} ——日负荷曲线中的最大负荷值；

P_{av} ——日负荷曲线中的平均负荷；

P_N ——日负荷曲线中的额定负荷。

同类型的用户的需要系数 K_x 值很相近，通常可用一个典型值来表示。同样，同类型用户的利用系数 K_L 也十分相近，也可用一个典型值来表示。通过长期调查，已统计出一些用电设备、车间和工厂的需要系数 K_x 与利用系数 K_L 的数据，见表 1-1~表 1-4。

表 1-1 用电设备组的需要系数和功率因数参考值

序号	用电设备组名称	需要系数 $K_x^{\text{①}}$	$\cos\varphi$	$\lg\varphi$
1	小批生产的金属冷加工机床电动机	0.16~0.2	0.5	1.73
2	大批生产的金属冷加工机床电动机	0.18~0.25	0.5	1.73
3	小批生产的金属热加工机床电动机	0.25~0.3	0.6	1.33

续表 1-1

序号	用电设备组名称	需要系数 K_x ^①	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
4	大批生产的金属热加工机床电动机	0.3~0.35	0.65	1.17
5	通风机、水泵、空气压缩机及电动发电机组	0.7~0.8	0.8	0.75
6	非连锁的连续运输机械及铸造车间整砂机械	0.5~0.6	0.75	0.88
7	连锁的连续运输机械及铸造车间整砂机械	0.65~0.7	0.75	0.88
8	锅炉房和机加工、机修、装配等类车间的吊车 ($\epsilon=25\%$)	0.1~0.15	0.5	1.73
9	铸造车间的吊车 ($\epsilon=25\%$)	0.15~0.25	0.5	1.73
10	自动连续装料的电阻炉设备	0.75~0.8	0.95	0.33
11	实验室用的小型电热设备 (电阻炉、干燥箱等)	0.7	1.0	0
12	工频感应电炉 (未带无功补偿装置)	0.8	0.35	2.68
13	高频感应电炉 (未带无功补偿装置)	0.8	0.6	1.33
14	电弧熔炉	0.9	0.87	0.57
15	点焊机、缝焊机	0.35	0.6	1.33
16	对焊机、铆钉加热机	0.35	0.7	1.02
17	自动弧焊变压器	0.5	0.4	2.29
18	单头手动弧焊变压器	0.35	0.35	2.68
19	多头手动弧焊变压器	0.4	0.35	2.68
20	单头弧焊电动发电机组	0.35	0.6	1.33
21	多头弧焊电动发电机组	0.7	0.75	0.88
22	生产厂房及办公室、阅览室、实验室照明 ^②	0.8~1	1.0	0
23	变配电所、仓库照明 ^②	0.5~0.7	1.0	0
24	宿舍 (生活区) 照明 ^②	0.6~0.8	1.0	0
25	室外照明、事故照明 ^②	1	10	0

① 当设备组总台数 $n=1\sim 2$ 时, 可取 $K_x=1$; 而单台电动机为 $P_{\min}=P_N/\eta$, 式中 P_N 为电动机额定容量, η 为电动机额定效率。

② 这里照明的 $\cos\varphi$ 和 $\operatorname{tg}\varphi$ 值, 均为白炽灯照明的数值。如为荧光灯照明, 应取 $\cos\varphi=0.9$, $\operatorname{tg}\varphi=0.48$; 如为高压汞灯、钠灯, 应取 $\cos\varphi=0.5$, $\operatorname{tg}\varphi=1.73$ 。

表 1-2 车间的需要系数和功率因数参考值

序号	车 间 名 称	需要系数 K_x	$\cos\varphi$	$\lg\varphi$
1	机加工(金工)车间	0.2~0.25	0.6	1.33
2	木工车间	0.25~0.35	0.65	1.17
3	工具车间	0.28~0.32	0.65	1.17
4	机修车间	0.2~0.25	0.6	1.33
5	电修车间	0.3~0.35	0.65	1.17
6	焊接车间	0.25~0.3	0.45	1.98
7	热处理车间	0.4~0.6	0.7	1.02
8	电镀车间	0.4~0.6	0.85	0.62
9	电解车间	0.7~0.8	0.8	0.75
10	发电机车间	0.25~0.3	0.6	1.33
11	变压器车间	0.3~0.4	0.65	1.17
12	开关设备车间	0.25~0.3	0.7	1.02
13	电容器车间	0.35~0.4	0.98	0.2
14	绝缘材料车间	0.4~0.5	0.8	0.75
15	漆包线车间	0.75~0.8	0.9	0.48
16	电磁线车间	0.65~0.7	0.8	0.75
17	绕线车间	0.5~0.55	0.87	0.57
18	压延车间	0.4~0.5	0.78	0.8
19	铸钢车间(不包括电弧炉)	0.3~0.4	0.65	1.17
20	铸铁车间	0.35~0.4	0.7	1.02
21	锻压车间(不包括水泵)	0.2~0.3	0.6	1.33
22	煤气站	0.5~0.7	0.65	1.17
23	氧气站	0.75~0.85	0.8	0.75
24	压缩空气站	0.7~0.85	0.75	0.88
25	乙炔站	0.7	0.90	0.48
26	水泵站	0.5~0.65	0.8	0.75
27	冷冻站	0.7	0.75	0.88
28	污水处理站	0.75~0.8	0.75	0.88
29	锅炉房	0.65~0.75	0.8	0.75
30	仓库	0.25~0.4	0.85	0.62

表 1-3 工厂的需要系数、功率因数和最大有功负荷利用小时参数值

序号	工厂类别	需要系数 K_x	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	年最大有功负荷利用小时 (h)
1	汽轮机制造厂	0.38	0.88	0.54	5000
2	锅炉制造厂	0.27	0.73	0.94	4500
3	柴油机制造厂	0.32	0.74	0.91	4500
4	重型机械制造厂	0.35	0.79	0.78	3700
5	重型机床制造厂	0.32	0.71	0.99	3700
6	机床制造厂	0.2	0.65	1.17	3200
7	石油机械制造厂	0.45	0.78	0.8	3500
8	量具刃具制造厂	0.26	0.6	1.33	3800
9	工具制造厂	0.34	0.65	1.17	3800
10	电机制造厂	0.33	0.65	1.17	3000
11	电气开关制造厂	0.35	0.75	0.88	3400
12	电线电缆制造厂	0.35	0.73	0.94	3500
13	仪器仪表制造厂	0.37	0.81	0.72	3500
14	滚珠轴承制造厂	0.28	0.70	1.02	5800

表 1-4 利用系数 K_L 值、功率因数及其正切值

用电设备组名称	K_L	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
一般工作制小批生产用金属切削机床 (小型车、刨、插、铣、钻床、砂轮机)	0.1~0.12	0.5	1.73
一般工作制大批生产用金属切削机床	0.12~0.14	0.5	1.73
重工作制金属切削机床 (冲床、自动车床、六角车床、粗磨、铣齿、大型车床、刨、铣、立车、镗床)	0.16	0.55	1.51
小批生产金属热加工机床 (锻锤传动装置、锻造机、拉丝机、清理转磨筒、碾磨机等)	0.17	0.6	1.33
大批生产金属热加工机床	0.2	0.65	1.17
生产用通风机	0.55	0.8	0.75
卫生用通风机	0.5	0.8	0.75
泵、空气压缩机、电动发电机组	0.55	0.8	0.75
移动式电动工具	0.05	0.5	1.73
不连锁的连续运输机械 (提升机、皮带运输机、螺旋运输机等)	0.35	0.75	0.88

续表 1-4

用 电 设 备 组 名 称	K_L	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
联锁的连续运输机械	0.5	0.75	0.88
起重机及电动葫芦 ($\epsilon=100\%$)	0.15~0.2	0.5	1.73
电阻炉、干燥箱、加热设备	0.55~0.65	0.95	0.33
试验室用小型电热设备	0.35	1.0	0
电弧炼钢炉 10t 以下	0.65	0.8	0.75
单头直流弧焊机	0.25	0.6	1.33
多头直流弧焊机	0.5	0.7	1.02
单头弧焊变压器	0.25	0.35	2.67
多头弧焊变压器	0.3	0.35	2.67
自动弧焊机	0.3	0.5	1.73
点焊机及缝焊机	0.25	0.6	1.33
对焊机及铆钉加热器	0.25	0.7	1.02
工频感应电炉	0.75	0.35	2.67
高频感应电炉 (用电动发电机组)	0.7	0.8	0.75
高频感应电炉 (用真空管振荡器)	0.65	0.65	1.17

二、计算负荷

一般 16mm^2 以上的导线其发热时间常数在 10min 以上, 因此时间很短暂的尖峰负荷不会造成导线温度达到最高温度, 因为导线的温度还未升高到其相应负荷时的温度之前, 这个尖峰负荷就已经过去了。实践表明, 导线到达稳定温升的时间约为 30min, 因此只有持续时间在 30min 以上的最大负荷才有可能造成导线的最大温升。

通常按每隔 30min 的负荷来绘制的负荷曲线中, 取其负荷最大值称为计算负荷, 并作为按发热条件选择电气设备的依据。因此, P_c 、 Q_c 及 S_c 的数值等于 P_{\max} 、 Q_{\max} 及 S_{\max} , 称为有功、无功及视在计算负荷。

第二节 用电设备计算容量的确定

在进行负荷计算时，应将不同工作制的用电设备按其额定容量统一换算为计算容量。

一、长期工作制设备计算容量的确定

长期工作制电动机设备的计算容量等于其铭牌上的额定功率 P_N 。

二、反复短时工作制设备计算容量的确定

反复短时工作制的电动机，其工作时间短，且工作时间与停止或空载时间反复交替。如起重机用电动机，其设备的计算容量是指换算到统一暂载率下的功率。暂载率可用下式计算

$$\epsilon = \frac{t}{t + t_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 t ——交替变换一个周期内的工作时间；

t_0 ——交替变换一个周期内的停用时间。

采用需要系数法或二项式法计算时，应统一换算至 $\epsilon = 25\%$ 时的额定功率，其换算关系如下

$$P_N = P_{N\epsilon} \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon_{25}}} = 2P_{N\epsilon} \sqrt{\epsilon_N} \quad (1-4)$$

采用利用系数法计算时，应统一换算至 $\epsilon = 100\%$ 时的额定功率，其换算关系如下

$$P_N = P_{N\epsilon} \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon_{100}}} = P_{N\epsilon} \sqrt{\epsilon_N} \quad (1-5)$$

式中 P_N ——换算后 ($\epsilon = 100\%$) 用电设备的计算容量，kW；

ϵ_N ——电动机的额定暂载率；

$P_{N\epsilon}$ ——额定暂载率 ϵ_N 时的电动机额定功率，kW。

【例 1-1】 某厂有 10t 桥式起重机一台，额定容量为 39.4kW ($\epsilon = 40\%$)，试求该电动机 $\epsilon = 25\%$ 时的 P_N 。

$$\begin{aligned}\text{解 } P_N &= P_{N\epsilon} \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon_{25}}} = 2P_{N\epsilon} \sqrt{\epsilon_N} \\ &= 2 \times 39.4 \times \sqrt{0.4} = 50(\text{kW})\end{aligned}$$

三、电焊机及电焊变压器设备计算容量的确定

电焊机及电焊变压器设备的计算容量应统一换算至 $\epsilon = 100\%$ 时的额定有功功率，换算关系如下

$$P_N = S_{N\epsilon} \sqrt{\epsilon_N} \cos\varphi_N \quad (1-6)$$

式中 ϵ_N ——电焊机及电焊变压器的额定暂载率；

$S_{N\epsilon}$ ——额定暂载率 ϵ_N 时的电焊机及电焊变压器的额定视在功率，kVA；

$\cos\varphi_N$ ——额定功率因数。

【例 1-2】 某电焊变压器 $S_{N\epsilon} = 42\text{kVA}$ ($\epsilon_N = 60\%$)， $\cos\varphi_N = 0.62$ ，试计算额定功率 P_N 。

$$\begin{aligned}\text{解 } P_N &= S_{N\epsilon} \sqrt{\epsilon_N} \cos\varphi_N = 42 \times \sqrt{0.6} \times 0.62 \\ &= 20(\text{kW})\end{aligned}$$

四、电炉变压器设备计算容量的确定

电炉变压器设备的计算容量是指额定功率因数下的有功功率，即

$$P_N = S_N \cos\varphi_N \quad (1-7)$$

式中 S_N ——电炉变压器的额定视在功率，kVA；

$\cos\varphi_N$ ——额定功率因数。

【例 1-3】 某厂一台 0.5t 电炉，其变压器为 HSJ-500/10