

# 工業企業电工手冊

## 第二分冊

### 工業企業供电的一般問題

苏联 A. A. 費道洛夫 П. B. 庫茲涅佐夫編

電力工業出版社

# 工業企業電工手冊

## 第二分冊

### 工業企業供電的一般問題

蘇聯 A. A. 費道洛夫 П. B. 庫茲涅佐夫編

倪保珊譯

電力工業出版社

## 内 容 提 要

“工業企業电工手册”是苏联出版的一本大型手册，其中包括了有关工業企業电气设备的設計、安裝和运行工作的必需資料。書中除去有关一般电气设备、供电、电力驱动的資料以外，还包括了和工業企業用电有关系的各种設備像車床、鍋爐、汽輪机、泵、空气压缩机、通風机等資料。

全書分10个分册出版。第二分册叙述工業企業供电的一般問題，包括工業企業电力負荷的設計、电压和結綫方式的選擇、工業企業電網中短路电流的計算、电能的節約、电力負荷功率因数的提高、供电系統中的自动裝置和調度，以及繼电保护、过电压保护、接連裝置等。

本書可供工業企業动力部門的工程师、設計人員、研究人員参考，也可作为高等工業学校工業企業电气化專業师生的参考書。

А. А. ФЕДОРОВ П. В. КУЗНЕЦОВ

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ЧАСТЬ ВТОРАЯ, ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1954

### 工業企業电工手册 第二分册

根据苏联国立动力出版社1954年莫斯科版翻譯

倪 保 珊譯

627E158

电力工業出版社出版(北京右安門26号)

北京市書刊出版業登記證出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

787×1092毫米开本 \* 134印張 \* 262千字 \* 定价(第10类)1.90元

1957年9月北京第1版

1957年9月北京第1次印刷(0001—2,800册)

# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 第 4 章 企业的电力负荷 .....               | 5  |
| 4-1. 按需要系数决定电力受电器的运算功率 .....      | 5  |
| 4-2. 受电器组的需要系数和功率因数 .....         | 6  |
| 4-3. 企业的需要系数(用以决定企业的综合运算负荷) ..... | 7  |
| 4-4. 两项式的系数值 .....                | 7  |
| 4-5. 照明受电器运算功率的确定 .....           | 8  |
| 4-6. 用 220 伏电压的白炽灯照明时的单位负荷* ..... | 8  |
| 4-7. 企业或车间综合运算负荷的决定 .....         | 8  |
| 4-8. 按单位产品的用电量确定综合运算负荷* .....     | 9  |
| 4-9. 单位产品的用电量 .....               | 9  |
| 4-10. 年最大负荷利用小时数 .....            | 10 |
| 4-11. 工业企业供电系统各个环节中的功率损耗* .....   | 11 |
| 4-12. 工业企业供电系统中的电能损耗* .....       | 13 |
| 第 5 章 电压、供电接线方式、变电所型式及容量的选择 ..... | 13 |
| A. 电压的选择 .....                    | 13 |
| 5-1. 总论 .....                     | 13 |
| 5-2. 配电网电压的选择 .....               | 14 |
| B. 供电接线图及变电所容量的选择 .....           | 15 |
| 5-3. 总论 .....                     | 15 |
| 5-4. 给企业供电的方法 .....               | 15 |
| 5-5. 受电点及与动力系统的联络线 .....          | 15 |
| 5-6. 企业的配电网接线图 .....              | 16 |
| 5-7. 变压器站及配电所(PP) .....           | 19 |
| 5-8. 车间变电所变压器台数的选择 .....          | 21 |
| 第 6 章 电器选择和短路电流计算 .....           | 22 |
| A. 电器、绝缘子及载流部分的选择 .....           | 22 |
| 6-1. 总则 .....                     | 22 |
| 6-2. 电器、绝缘子及母线按工作(正常)条件的选择 .....  | 22 |
| 6-3. 电器的容许工作条件* .....             | 25 |
| 6-4. 高压电器、母线及电缆按短路条件的选择 .....     | 26 |
| 6-5. 低压电器的选择和校验特点* .....          | 33 |
| B. 短路电流和短路功率的决定 .....             | 34 |

|             |                            |            |
|-------------|----------------------------|------------|
| 6-6.        | 总则、高压系统中短路过程的定义及其计算条件      | 34         |
| 6-7.        | 计算值的决定                     | 41         |
| 6-8.        | 计算用結綫圖                     | 43         |
| 6-9.        | 借計算曲綫决定短路电流                | 46         |
| 6-10.       | 不对称短路情况的計算                 | 49         |
| 6-11.       | 計算工業企業低压电網中短路电流的特点         | 55         |
| 6-12.       | 例题                         | 57         |
| 6-13.       | 第6章附表                      | 64         |
| <b>第7章</b>  | <b>选择电气設備用的技术經濟数据*</b>     | <b>68</b>  |
| 7-1.        | 总則                         | 68         |
| 7-2.        | 配电裝置及变压器的技术經濟数据            | 69         |
| 7-3.        | 电綫綫路的技术經濟指标                | 73         |
| 7-4.        | 單回路6,10及35千伏架空輸电綫的技术經濟指标*  | 74         |
| <b>第8章</b>  | <b>工業企業中的电能節約</b>          | <b>75</b>  |
| 8-1.        | 总論                         | 75         |
| 8-2.        | 电力变压器并列运行时的电能節約            | 76         |
| 8-3.        | 借母綫的排列以節約多条母綫中的电能          | 79         |
| 8-4.        | 節約电爐用电的基本措施                | 79         |
| 8-5.        | 压缩机裝置运行中的电能節約              | 83         |
| 8-6.        | 泵裝置中的电能節約                  | 85         |
| 8-7.        | 通風机裝置中的电能節約                | 87         |
| 8-8.        | 碳化硅*生产中的电能節約               | 87         |
| 8-9.        | 限制各种机械的傳动电动机的空載运行来節約电能     | 87         |
| 8-10.       | 負荷不平衡时借均衡电網中的电流以節約电能       | 88         |
| <b>第9章</b>  | <b>功率因数的提高</b>             | <b>92</b>  |
| 9-1.        | 总論                         | 92         |
| 9-2.        | 功率因数的瞬时值, 平均值及均权值          | 93         |
| 9-3.        | 無功功率的經濟当量                  | 94         |
| 9-4.        | 借受电器运行的合理化以提高功率因数的方法       | 96         |
| 9-5.        | 借补偿設備提高功率因数                | 99         |
| 9-6.        | 裝置补偿設備合理性的决定               | 105        |
| 9-7.        | 靜电电容器接入电網的特点               | 109        |
| 9-8.        | 靜电电容器組的安裝                  | 110        |
| <b>第10章</b> | <b>工業企業供电系統元件的自动裝置和調度*</b> | <b>113</b> |
| A.          | 供电系統元件的自动裝置                | 113        |
| 10-1.       | 总論                         | 113        |
| 10-2.       | 自动化裝置的特征和应用                | 114        |

|        |                                                                         |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10- 3. | 自动重合闸装置(АПВ) .....                                                      | 115 |
| 10- 4. | 备用电源自动投入(ABP) .....                                                     | 122 |
| 10- 5. | 异步电动机的自起动 .....                                                         | 126 |
| 10- 6. | 发电机自同步 .....                                                            | 129 |
| 10- 7. | 按频率自动减负荷(АПЧ) .....                                                     | 133 |
| 10- 8. | 泵、压缩机及通风机设备的自动化 .....                                                   | 140 |
| B.     | 工业企业供电系统中的调度 .....                                                      | 146 |
| 10- 9. | 调度方式和通讯系统 .....                                                         | 146 |
| 10-10. | 调度控制的种类 .....                                                           | 147 |
| 10-11. | 多线制调度控制系统 .....                                                         | 148 |
| 10-12. | 两线制调度控制系统 .....                                                         | 148 |
| 10-13. | 在自动化系统及调度系统中所用的电话继电器 .....                                              | 157 |
| 10-14. | 自动化系统及调度系统中所用的电话继电器的技术数据 .....                                          | 162 |
| 10-15. | 用在自动化系统及调度系统中的CQB型继电器系 .....                                            | 181 |
| 10-16. | 自动化及调度系统中所采用的步进制选择开关 .....                                              | 190 |
| 第11章   | 工业企业供电系统中的继电器保护与熔断器保护 .....                                             | 192 |
| 11- 1. | 总则 .....                                                                | 192 |
| 11- 2. | 供电系统元件各种故障的保护装置 .....                                                   | 198 |
| 11- 3. | 发电机的保护装置 .....                                                          | 199 |
| 11- 4. | 电力变压器的保护装置 .....                                                        | 204 |
| 11- 5. | 发电机变压器组的保护装置 .....                                                      | 209 |
| 11- 6. | 小接地电流电网中、电压2—35千伏、单侧供电的架空线路及电缆线路的保护装置 .....                             | 211 |
| 11- 7. | 异步及同步电动机的保护装置 .....                                                     | 213 |
| 11- 8. | 静电电容器的保护装置 .....                                                        | 216 |
| 11- 9. | 同步补偿机的保护装置 .....                                                        | 216 |
| 11-10. | 由中间继电器和电流互感器供给交流操作的过电流保护装置的最典型的接线图 .....                                | 217 |
| 11-11. | 电流互感器及继电器成典型接线时、单侧供电的供电系统元件的电流保护装置在两相短路时的相对灵敏系数 $k_{q,omH}^{(2)}$ ..... | 218 |
| 11-12. | 过电流保护装置及电流速断装置的动作参数 .....                                               | 218 |
| 11-13. | 用零序电流互感器实现的、保护接地短路的保护装置的动作参数 .....                                      | 219 |
| 11-14. | 用高压熔断器的保护装置 .....                                                       | 220 |
| 11-15. | 三相降压变压器的熔断器熔丝选择表 .....                                                  | 220 |
| 11-16. | 汲取电流的确定 .....                                                           | 221 |
| 第12章   | 过电压保护装置 .....                                                           | 224 |
| 12- 1. | 避雷器的用途和种类 .....                                                         | 224 |

|               |                                                   |            |
|---------------|---------------------------------------------------|------------|
| 12- 2.        | 避雷器的選擇 .....                                      | 224        |
| 12- 3.        | 变电所和發電厂的防雷保护 .....                                | 225        |
| 12- 4.        | 輸电綫的防雷保护 .....                                    | 229        |
| 12- 5.        | 接地体 .....                                         | 229        |
| 12- 6.        | 对防雷裝置的基本要求 .....                                  | 230        |
| 12- 7.        | 中性点的接地 .....                                      | 230        |
| <b>第 13 章</b> | <b>接地裝置 .....</b>                                 | <b>231</b> |
| 13- 1.        | 电压1000伏以下設備中的工作接地和保护接地 .....                      | 231        |
| 13- 2.        | 电压1000伏以上的設備中的工作接地和保护接地 .....                     | 234        |
| 13- 3.        | 各种接地裝置間的相互連系 .....                                | 237        |
| 13- 4.        | 接地导綫、接中性綫的导綫、以及中性綫的截面的選擇 .....                    | 238        |
| 13- 5.        | 利用房屋建筑的金屬部分作为电压1000伏以下电气設備的接地导綫和<br>接中性綫的导綫 ..... | 239        |
| 13- 6.        | 接地体 .....                                         | 239        |
| 13- 7.        | 接地裝置杂散电阻的确定 .....                                 | 240        |
| 13- 8.        | 土壤和水的电阻率 .....                                    | 244        |
| 13- 9.        | 管形接地体的利用系数 .....                                  | 244        |

## 附：工業企業电工手册各分册目录

第一分册一般知識

第二分册工業企業供电的一般問題

第三分册电压高于 1000 伏的配电裝置

第四分册电压在 1000 伏以下的电气設備的安裝

第五分册工業企業电力網

第六分册用电設備

第七分册直流电源

第八分册动力設備、燃料、輔助机械和輔助材料

第九分册工業企業通訊

第十分册防火技术和安全技术

## 第4章 企业的电力负荷

### 4-1. 按需要系数决定电力受电器的运算功率

运算功率的含义是：此功率在持续情况下使供电系统的元件发热，发热的值与通过该元件的实际功率所致者相同。

电力受电器归算到车间变电所低压母线的运算有功功率按下列公式决定

$$P_p = P_y k_c, \quad (4-1)$$

$k_c = \frac{k_s k_o}{\eta_c \eta_m}$ ——电动机，电焊设备，变压器等等的需要系数；

$k_c = \frac{k_s k_o}{\eta_c}$ ——电炉及其他电热设备的需要系数；

式中  $P_y$ ——受电器的设备容量；  $\eta_m$ ——受电器效率；

$\eta_c$ ——电网效率；  $k_o$ ——同时率；

$k_s$ ——负载系数；  $k_c$ ——需要系数(§4-2)。

运算的视在功率( $S_p$  千伏安)及无功功率( $Q_p$  千乏)由下列算式求得

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi} \text{ 及 } Q_p = S_p \sin \varphi,$$

式中  $\cos \varphi$ ——是功率因数的均权值(参阅第9章)。

按照公式(4-1)可求得一个受电器或一组相同受电器的运算功率。 $k_o$  的值列于§4-2及§4-3。

苏联电力安装总局系统中所采用的决定电力负荷的方法，按下列公式(4-2)及(4-3)进行：

$$P_p = c P_{y1} + b P_y \quad (4-2)$$

或者  $I_p = c_I P_{y1} + b_I P_y, \quad (4-3)$

式中  $P_{y1}$ ——某一组电动机中最大容量电动机的总设备容量，瓩；

$P_y$ ——该组全部电动机设备容量的总和，瓩；

$I_p$ ——运算电流，安；

$c, b, c_I$  及  $b_I$ ——说明全部电动机使用程度的系数( $b$ 及 $b_I$ )和其中部分电动机(最大电动机)使用程度的系数( $c$ 及 $c_I$ )。

只有金属加工工厂及部分的冶金工厂和化学工厂才有特殊受电器组的系数值  $c, b, c_I$  及  $b_I$  (§4-4)。

按公式(4-2)及(4-3)决定数组受电器的运算功率时，要考虑到各组受电器的最大负荷并不在同时出现：

$$\begin{aligned}
\text{第1組受电器} & (P_p)_1 = (cP_{y1})_1 + (bP_y)_1; \\
\text{第2組受电器} & (P_p)_2 = (cP_{y1})_2 + (bP_y)_2; \\
\text{第3組受电器} & (P_p)_3 = (cP_{y1})_3 + (bP_y)_3; \\
\text{第}n\text{組受电器} & (P_p)_n = (cP_{y1})_n + (bP_y)_n.
\end{aligned}$$

$$P_{p\Sigma} = (cP_{y1})_{\text{max}} + \sum_{i=1}^n (bP_y)_i. \quad (4-4)$$

$(cP_{y1})_{\text{max}}$  值系取自下列各值中的最大者

$$(cP_{y1})_1, (cP_{y1})_2, (cP_{y1})_3, \dots, (cP_{y1})_n.$$

#### 4-2. 受电器組的需要系数和功率因数

| 受 电 器 組 名 称            | 需要系数     | 功率因数 | 受 电 器 組 名 称 | 需要系数 | 功率因数 |
|------------------------|----------|------|-------------|------|------|
| 机器制造及冶金                |          |      | 焊接设备        | —    | 0.7  |
| 1. 金屬加工机床的个别傳动:        |          |      | 8. 生产工厂的照明  | 0.8  | 1.0  |
| 大批生产及流水作業时的热加工車間       | 0.27     | 0.65 | 有色冶金        |      |      |
| 大批生产及流水作業时的冷加工車間       | 0.2      | 0.65 | 板型鑄給机及試藥    | 0.87 | 0.84 |
| 小批及單件生产的冷加工車間          | 0.18     | 0.65 | 帶型及盤型鑄給机    | 0.70 | 0.72 |
| 2. 通風机:                |          |      | 鋸屑磨碎机       | 0.63 | 0.71 |
| 生产用通風机                 | 0.7      | 0.8  | 漏斗型磨碎机      | 0.70 | 0.80 |
| 衛生保健用通風机               | 0.65     | 0.8  | 油泵          | 0.70 | 0.80 |
| 3. 泵, 电动發电机, 傳动机械      | 0.7      | 0.8  | 电动發电机       | 0.80 | 0.83 |
| 4. 重复短时運轉状态的受电器車間起重機   | 0.15—0.2 | 0.5  | 通風机         | 0.65 | 0.75 |
| 生产机械                   | 0.2—0.4  | 0.5  | 行車(梁上起重機)   | 0.2  | 0.5  |
| 5. 連續運輸机及鑄工車間中的砂土加工机械: |          |      | 搬運器         | 0.6  | 0.7  |
| 非連鎖的机械                 | 0.5      | 0.75 | 球式磨粉机       | 0.9  | 0.83 |
| 連續动作的机械                | 0.65     | 0.75 | 分类器         | 0.85 | 0.80 |
| 6. 加热设备:               |          |      | 篩鑄机         | 0.6  | 0.7  |
| 电阻电爐, 干燥箱, 加热仪器        | 0.8      | 0.95 | 漂浮机         | 0.95 | 0.75 |
| 低頻感应电爐                 | 0.8      | 0.35 | 泡沫机         | 0.95 | 0.75 |
| 高頻感应电爐                 | 0.8      | 0.1  | 接触箱         | 0.65 | 0.65 |
| 熔爐                     | 0.9      | 0.87 | 立式泵         | 0.70 | 0.80 |
| 7. 电焊机及电焊设备:           |          |      | 濃縮机         | 0.70 | 0.70 |
| 电焊变压器                  | 0.35     | 0.35 | 膜型泵         | 0.70 | 0.80 |
| 單組电动發电机                | 0.35     | 0.6  | 真空过濾器       | 0.70 | 0.75 |
| 多組电动發电机及鉚釘加热热器         | 0.5—0.9  | 0.55 | 砂泵          | 0.80 | 0.85 |
| 点焊及縫焊设备                | 0.35     | 0.6  | 真空泵         | 0.70 | 0.78 |
|                        |          |      | 鼓風机         | 0.75 | 0.78 |
|                        |          |      | 过濾物泵        | 0.70 | 0.80 |
|                        |          |      | 濃縮物枱        | 0.60 | 0.70 |
|                        |          |      | 濃縮物庫運輸机     | 0.3  | 0.82 |
|                        |          |      | 濃縮物庫的刮移式校車  | 0.2  | 0.7  |

### 4-3. 企業的需要系数

(用以決定企業的綜合運算負荷)

| 工業部門   | 需要系数<br>平均值 | 需要系数<br>變動範圍 | 工業部門     | 需要系数<br>平均值 | 需要系数<br>變動範圍 |
|--------|-------------|--------------|----------|-------------|--------------|
| 化學     | 0.26        | 0.17—0.33    | 球軸承工廠    | 0.24        | 0.20—0.25    |
| 木材加工   | 0.19        | 0.14—0.30    | 電器工業工廠   | 0.23        | 0.17—0.28    |
| 面包工廠   | 0.34        | 0.24—0.53    | 汽車修理工廠   | 0.22        | 0.15—0.28    |
| 制鞋工廠   | 0.43        | 0.4—0.52     | 紡織工廠     | 0.5         | 0.32—0.6     |
| 糖果工廠   | 0.33        | 0.22—0.41    | 棉紡織工廠    | 0.5         | 0.39—0.62    |
| 印刷工廠   | 0.28        | 0.20—0.34    | 毛紡織工廠    | 0.43        | 0.37—0.56    |
| 制冷工廠   | 0.41        | 0.24—0.66    | 絲織工廠     | 0.44        | 0.39—0.51    |
| 重型機器製造 | 0.25        | —            | 技術織物紡織工廠 | 0.51        | 0.44—0.52    |
| 儀器製造   | 0.18        | 0.17—0.18    | 棉毛工廠     | 0.5         | 0.43—0.6     |
| 機床製造   | 0.13        | 0.12—0.16    | 水泥工廠     | 0.71        | 0.5—0.84     |
| 工具工廠   | 0.20        | 0.13—0.26    |          |             |              |

### 4-4. 兩項式的系数值

| 特殊用戶組的名称(參閱註 1)                               | 計 算 時 所 用 系 數 |      |                |                | 功率的运<br>算 系 數 |
|-----------------------------------------------|---------------|------|----------------|----------------|---------------|
|                                               | 功 率 的         |      | 电流的(參閱註 2)     |                |               |
|                                               | c             | b    | c <sub>T</sub> | b <sub>T</sub> |               |
| 金屬切削机床的个别傳动:                                  |               |      |                |                |               |
| 大批生产及流水作業时的金屬熱加工車間*                           | 0.5           | 0.26 | 1.17           | 0.61           | 0.65          |
| 大批生产及流水作業时的金屬冷加工車間*                           | 0.5           | 0.14 | 1.5            | 0.42           | 0.5           |
| 小批及單件生产时的金屬冷加工車間*                             | 0.4           | 0.14 | 1.2            | 0.42           | 0.5           |
| 通風机 (生产用及衛生技术用的), 泵, 电动發電机, 運輸机*              | 0.25          | 0.65 | 0.48           | 1.24           | 0.8           |
| 連續運輸机械, 鑄工車間中的砂土加工机械, 非連鎖的机械*                 | 0.4           | 0.4  | 0.81           | 0.81           | 0.75          |
| 連續運輸机械, 鑄工車間中的砂土加工机械, 連鎖的机械*                  | 0.2           | 0.6  | 0.4            | 1.22           | 0.75          |
| ΠБ-25型容量的起重機:                                 |               |      |                |                |               |
| 鍋爐車間, 修理車間, 裝配車間, 机械車間以及类似的車間                 | 0.2           | 0.06 | 0.6            | 0.18           | 0.5           |
| 鑄工車間                                          | 0.3           | 0.09 | 0.9            | 0.27           | 0.5           |
| 馬丁爐車間                                         | 0.3           | 0.11 | 0.9            | 0.33           | 0.5           |
| 軋鋼車間, 裝卸車間及裝配車間                               | 0.3           | 0.13 | 0.9            | 0.54           | 0.5           |
| 具有自动(連續)裝載制品的电阻爐**                            | 0.3           | 0.7  | —              | —              | 1.0           |
| 具有非自动(間断或週期性的)裝載制品的电阻爐***                     | 0.5           | 0.5  | —              | —              | 1.0           |
| 具有連續流水工艺作業的化学工厂的傳动机械(壓縮机, 泵, 通風机, 攪拌混和机, 离心机) | 0.5           | 0.5  | —              | —              | 0.86          |

註: 1. 註有一個\*的用戶, 取 $P_{y1}$ 值等於五個最大(容量)用戶額定容量的總和。註有兩個\*的用戶, 取 $P_{y1}$ 值等於兩個最大用戶額定容量的總和, 而註有三個\*的用戶, 取 $P_{y1}$ 等於一個最大用戶的額定容量。其餘的用戶(在上表中不註星號者), 取 $P_{y1}$ 等於三個最大用戶額定容量的總和。

2. 表內所列的 $c_T$ 及 $b_T$ 兩系数是三相380伏系統的, 在500伏時這些系数必須乘上0.76, 在220伏時, 須乘上1.73。對於直流系統, 系数 $c_T$ 及 $b_T$ 應乘上 $1000/U$ , 其中 $U$ ——電網電壓, 伏。

#### 4-5. 照明受电器运算功率的确定

照明受电器的运算功率按照下列方法中的一种来确定:

- 1) 根据照明设计中照明受电器装置容量的计算, 并采用需要系数 (§ 4-2);
- 2) 根据以每平方公尺車間地面面积的瓦数 (§ 4-6) 表示的單位負荷的使用数据, 计算装置容量, 并采用需要系数 (§ 4-2);
- 3) 根据以电力受电器运算功率百分数表示的照明受电器的运算功率(粗略计算方法)计算。

#### 4-6. 用 220 伏电压的白熾灯照明时的單位負荷\*

| 場 所 名 称 | 瓦/公尺 <sup>2</sup> | 場 所 名 称     | 瓦/公尺 <sup>2</sup> |
|---------|-------------------|-------------|-------------------|
| 机械及装配車間 | 10—13             | 消防站         | 12                |
| 热处理車間   | 8                 | 重要商場及材料倉庫   | 7                 |
| 鍛压車間    | 12                | 易燃材料倉庫      | 7.5               |
| 木模車間    | 14                | 热化隧道(每公尺)   | 16                |
| 鑄工車間    | 11—12             | 工厂中心試驗室     | 15                |
| 鍋爐車間    | 8                 | 食堂          | 14                |
| 泵及压缩机車間 | 7                 | 工厂管理室       | 15                |
| 乙炔站     | 11                | 車間起居室       | 12                |
| 氬气站     | 8                 | 通道          | 15                |
| 变压器站    | 12                | 企業範圍        | 0.12              |
| 換流站     | 12.5              | 发电厂及变电所的控制盤 | 20—25             |
| 汽車間     | 9                 |             |                   |

\* 或称負荷率。——譯者

#### 4-7. 企業或車間綜合运算負荷的决定

以下所引的决定运算負荷的方法是近似法, 借此法所得的綜合运算負荷稍大一些(因为不計及車間最大負荷的同时率)。但是此法在实用上是完全可以接受的, 因为所决定的运算負荷的准确度在工程計算准确度的范围(10—15%)以內。

有功运算功率

$$P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} + \dots + P_{pm} = \sum_{i=1}^m P_{pi} = P_{p.\Sigma}.$$

無功运算功率

$$Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + \dots + Q_{pm} = \sum_{i=1}^m Q_{pi} = Q_{p.\Sigma}.$$

視在运算功率

$$S_{p,z} = \sqrt{(P_{p,z})^2 + (Q_{p,z})^2},$$

式中  $P_{p1}, P_{p2}, P_{p3}, \dots, P_{pm}$  及  $Q_{p1}, Q_{p2}, Q_{p3}, \dots, Q_{pm}$ ——各組受电器或車間的負荷，各以瓩及千乏为單位。

#### 4-8. 按單位产品的用电量确定綜合运算負荷\*

按下列程序进行計算：

1) 决定一年內的用电量

$$W_n = W_0 A [\text{瓩时}],$$

式中  $W_0$ ——單位产品用电量，瓩时；

$A$ ——企業車間每年單位产品的生产量。

$A$  值根据表 § 4-9 或按照相应工業部門的統計数据求得。

2) 决定平均消耗功率

$$P_{c,n} = \frac{W_n}{T_0} [\text{瓩}],$$

式中  $T_0$ ——企業在一年中的实际工作的小时数。

3) 决定企業的运算功率

$$P_p = \frac{W_n}{T_u} [\text{瓩}],$$

式中  $T_u$ ——年最大負荷利用小时数 (§ 4-10)。

当企業的电气部分还没有設計时，借此方法所得的数据可用以粗略地选择供电綫路的截面或变压器的容量。

#### 4-9. 單位产品的用电量

| 工業部門及产品名称 | 产品数量的計量  | 單位产品用电量，瓩时 | 工業部門及产品名称 | 产品数量的計量 | 單位产品用电量，瓩时    |
|-----------|----------|------------|-----------|---------|---------------|
| 1. 輕工業    |          |            | 2. 有色金屬冶煉 |         |               |
| 未精理的紗     | 1 吨紗     | 40         | 鋁         | 1 吨     | 19 000—20 000 |
| 紡織品       | 百万梭 (緯錢) | 50—80      | 黑銅        |         | 1000          |
|           |          |            | 精煉銅       |         | 450           |
| 精理的紗      | 1 吨      | 130—320    | 鎂         |         | 25 000        |
| 染色的紗      | 1 吨      | 235        | 氧化鋁 (矾土)  |         | 300—600       |
| 粗麻        | 1 吨      | 40         | 鋅錠        |         | 4000          |
| 精理羊毛      | 1 吨      | 3000       | 电解鎳       |         | 4000          |
| 橡皮靴       | } 1000 双 | 750        | 火化鎳       |         | 6000—8000     |
| 靴         |          | 400        | 銅矿处理      |         | 35—40         |
|           |          |            | 石墨电極      |         | 5000—7000     |
|           |          |            | 銅矿        |         | 25—40         |

\* 这一方法适用于拟訂設計任务及初步判据。

續表

| 工業部門及產品<br>名稱 | 產品數量<br>的計量       | 單位產品用電<br>量, 瓩時 | 工業部門及產品<br>名稱          | 產品數量<br>的計量         | 單位產品用電<br>量, 瓩時 |
|---------------|-------------------|-----------------|------------------------|---------------------|-----------------|
| 3. 黑色金屬       |                   |                 | 用排鋸鋸木材                 |                     | 9—18            |
| 炭鋼            |                   | 600—1100        | 機械加工的細木構件              | 1公尺 <sup>3</sup> 木材 | 85              |
| 馬丁爐鋼          |                   | 10—17           | 木結構                    | 1公尺 <sup>3</sup> 木材 | 17              |
| 壓鑄鋼管          |                   | 65—150          | 鑄接鋼結構                  | 1噸                  | 140             |
| 鋼管            |                   | 40—200          | 用311-14/65型近           |                     | 1.2             |
| 焦炭            |                   | 20              | 步式挖土機挖土                |                     |                 |
| 鑄鐵            | 1噸                | 40—60           | (挖土機斗的容                |                     |                 |
| 鐵礦            |                   | 12—17           | 量14公尺 <sup>3</sup> )   |                     |                 |
| 火山塊石          |                   | 10—40           | 用311-1型(斗容             | 1公尺 <sup>3</sup>    | 1.4             |
| 75%時鐵         |                   | 8500            | 量3.8公尺 <sup>3</sup> )近 |                     |                 |
| 45%時鐵         |                   | 5000            | 步式挖土機挖土                |                     |                 |
| 鎢鐵            |                   | 200—4000        | 用多斗式挖土機挖               |                     | 2.0             |
| 鎢             |                   | 5500            | 土(“基洛夫”式,              |                     |                 |
| 錳鐵            |                   | 2000—3000       | “巴里卡特”式,               |                     |                 |
| 4. 紙漿工業       |                   |                 | “伏龍尼日斯基”               |                     |                 |
| 成紙            |                   | 400—800         | 式)                     |                     |                 |
| 灰紙板           | 1噸                | 100             | 3. 機器製造                |                     |                 |
| 電氣紙板          |                   | 1400            | 壓縮空氣(平均值)              | 1000公尺 <sup>3</sup> | 100             |
| 紙漿            |                   | 60—250          | 有色金屬鑄件                 | 1噸                  | 600—1000        |
| 木材            |                   | 1000            | 蒸汽機車                   |                     | 15 000—60 000   |
| 5. 化學工業       |                   |                 | 列車箱                    |                     | 1500—15 000     |
| 硫酸            |                   | 70—120          | 拖拉機                    | 1輛                  | 5000—8000       |
| 氨             |                   | 300—2300        | 汽車                     |                     | 1500—2500       |
| 熟石灰           |                   | 2500            | 聯合收割機(康拜               |                     | 800—2200        |
| 電石            |                   | 2700—3500       | 因)                     |                     |                 |
| 石油處理          |                   | 5—50            | 復雜打穀機                  |                     | 600             |
| 無水碳酸鈉         | 1噸                | 70—110          | 鍛件                     |                     | 30—80           |
| 橡膠制品          |                   | 250—400         | 生鐵鑄件                   |                     | 300             |
| 硝酸            |                   | 50—500          | 電鋼玉                    |                     | 2500            |
| 接觸法硫酸         |                   | 40—70           | 特种電鋼玉                  | 1噸                  | 1750            |
| 石炭酸           | 1公尺 <sup>3</sup>  | 400—600         | 黑金鋼砂                   |                     | 8500            |
| 單             |                   | 2—2.5           | 綠金鋼砂                   |                     | 11 000          |
| 6. 燃料開采工業     |                   |                 | 炭化棚                    |                     | 26 000          |
| 石油壓縮機開采       |                   | 90—110          | 單鋼玉                    |                     | 4000            |
| 深井石油          | 1噸                | 10—35           | 9. 電氣工業                |                     |                 |
| 無煙煤           |                   | 16—17           | 電表                     | 1只                  | 7               |
| 褐煤            |                   | 10—12           | 電燈                     | 1噸                  | 300—800         |
| 7. 建築         |                   |                 | 靜電電容器                  | 1千乏                 | 3               |
| 帶不同密度配筋的      |                   | 9500—15 000     | 變壓器                    | 1千伏安                | 2.5             |
| 大塊建築物中的       |                   |                 | 電動機                    | 1瓩                  | 14              |
| 鋼筋混凝土         | 1千公尺 <sup>3</sup> | 5500—8000       | 10. 建築材料工業             |                     |                 |
| 底腳牆的混凝土       |                   | 7000—8500       | 水泥                     | 1噸                  | 40—120          |
| 骨架結構的鋼筋混      |                   |                 | 玻璃                     |                     | 60—150          |
| 凝土            |                   |                 | 11. 食品工業               |                     |                 |
| 平均水頭50公尺時     |                   | 3—5             | 面粉(磨)                  | 1噸                  | 20—60           |
| 堆筑沙土填的土壤      | 1公尺 <sup>3</sup>  | 4—9             |                        |                     |                 |
| 堆筑沃土填的土壤      |                   | 10—20           |                        |                     |                 |
| 堆筑粘土填的土壤      |                   |                 |                        |                     |                 |

## 4-10. 年最大負荷利用小時數

a) 在不同工業部門中的最大電力負荷年利用小時數

| 工業部門 | $T_u$ 的平均值, 小時 | 工業部門      | $T_u$ 的平均值, 小時 |
|------|----------------|-----------|----------------|
| 冶金   | 6500           | 紡織        | 4500           |
| 化學   | 5800           | 制鞋        | 3000           |
| 采礦   | 5000           | 木材加工      | 2500           |
| 機器製造 | 4400           | 制冷        | 4000           |
| 造紙   | 5500           | 列車及汽車修理工廠 | 3400           |
| 食品   | 5000           | 電氣工程企業    | 5000           |
| 印刷   | 3000           |           |                |

#### 6) 單班工作制的最大照明負荷年利用小时数

|            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 地理緯度, 度    | 40  | 42  | 44  | 46  | 48  | 50  | 52  | 54  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  |
| 1          | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
| $T_u$ , 小时 | 180 | 200 | 220 | 250 | 280 | 310 | 350 | 390 | 430 | 450 | 480 | 505 | 530 |

当兩班制工作时,  $T_u=2200$  小时; 三班制工作时  $T_u=4100$  小时,

戶外照明有下列的  $T_u$  值: 工厂区域内每晚均开灯时,  $T_u=3600$  小时, 市鎮区域每晚均开灯时,  $T_u=3500$  小时, 仅开灯至半夜12点鐘时,  $T_u=1950$  小时。

#### 4-11. 工業企業供电系統各个环节中的功率損耗\*

a) 有功損耗, 瓩

##### 1. 电網导綫中的損耗

$$\Delta P = 3I^2 r \times 10^{-3},$$

式中  $I$  ——綫路的运算电流, 安;

$r$  ——綫路每根导綫(一芯)的电阻(參閱 § 3-3), 欧;

$$r = \frac{l}{\gamma s};$$

$l$  ——綫路長度, 公尺;

$s$  ——导綫截面, 公厘<sup>2</sup>;

$\gamma$  ——导电率, 公尺/欧·公厘<sup>2</sup>。

电阻值的計算应考虑發热温度(或取自第 7 章的数据)。

##### 2. 电抗器中的損耗

$$\Delta P_p = 3\Delta P_{n.\phi} \beta^2,$$

式中  $\Delta P_{n.\phi}$  ——在額定負荷时一相电抗器中的損耗(根据第 14 章), 瓩;

$\beta = \frac{s_\phi}{s_n}$  ——負載系数, 等于电抗器的实际負荷对額定負荷的比值。

##### 3. 电力变压器中的損耗

$$\Delta P_T = \Delta P_c + \beta^2 \Delta P_m,$$

式中  $\Delta P_c$  ——变压器鉄芯中的損耗, 瓩;

$\Delta P_m$  ——变压器在額定負荷时繞組中的銅耗(有功損耗, 瓩)。  $\Delta P_c$  及  $\Delta P_m$  值取自第 14 章的表列数据;

$\beta = \frac{s_\phi}{s_n}$  ——变压器的負載系数, 等于变压器的实际負荷对其額定容量的比

\* 上列的功率損耗計算是用以決定电力負荷的簡化法。

值。

取:  $\Delta P_c \approx \Delta P_{x,x}$ , 而  $\Delta P_M = \Delta P_{K.3}$ .

## 6) 無功損耗(千乏)

### 1. 綫路中的損耗

$$\Delta Q = 3 I x^2 10^{-3},$$

式中  $x$ ——綫路一相的电抗, 欧。

在簡化計算中, 可以取三相架空綫路中的每相电抗等于 0.4—0.35 欧/公里。

綫路的充电(容电性)功率—— $\Delta Q_c$  按下列公式計算

$$-\Delta Q_c = \sqrt{3} I_s U 10^{-3},$$

式中  $I_s$ ——綫路充电电流(參閱第 23 章), 安;  $U$ ——綫电压, 伏。

### 2. 电力变压器中的損耗

$$\Delta Q_T \approx S_n \Delta Q_T \% \times 10^{-2},$$

$$\Delta Q_T \% = \Delta Q_c \% + \Delta Q_M \% \cdot \beta^2,$$

式中  $S_n$ ——变压器額定容量, 千伏安;

取  $\Delta Q_c \%$  等于空載电流的%; 取  $\Delta Q_M$  等于短路电压的%(即变压器的  $u_k \%$ )。

### Б) 用近似法决定变压器中的損耗

欲粗略計算变压器中的損耗, 可取下列損耗值:

有功的  $\Delta P_T = 2 \%$   
無功的  $\Delta Q_T = 10 \%$  } 由变压器負荷( $S_2$ )算出;

因此一次側的功率

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} \text{ [千伏安]}$$

或者

$$S_1 = S_2 \sqrt{(\cos \varphi_2 + 0.02)^2 + (\sin \varphi_2 + 0.10)^2},$$

式中  $P_1; Q_1; S_1$ ——計入变压器損耗后变压器高压側的运算負荷, 它們的相应單位为: 瓩, 千乏, 千伏安;

$S_2$ ——二次側的負荷, 千伏安;

$\cos \varphi_2$ ——变压器二次側的功率因数,

当  $\cos \varphi_2 = 1$  时,  $S_1 = 1.02 S_2$ .

当  $\cos \varphi_2 = 0.9$  时,  $S_1 = 1.06 S_2$ .

当  $\cos \varphi_2 = 0.8$  时,  $S_1 = 1.08 S_2$ .

当  $\cos \varphi_2 = 0.7$  时,  $S_1 = 1.085 S_2$ .

当  $\cos \varphi_2 = 0.6$  时,  $S_1 = 1.09 S_2$ .

#### 4-12. 工業企業供電系統中的電能損耗\*

電能損耗按下列公式決定

$$\Delta W = \Delta W_{n.l.} + \Delta W_{x.x.}$$

隨一年中負荷而變的年損耗按下列公式進行計算：

$$\Delta W_{n.l.} = \Delta P \tau [\text{瓩時}],$$

式中  $\Delta P$ ——功率損耗(按 § 4-11 中的公式計算), 瓩;

$\tau$ ——供電系統元件的損耗時間(按照

$T_{max}$  由圖 4-1 的曲線取得),

變壓器中的空載損耗

$$\Delta W_{x.x.} = \Delta P_c T_0 (\text{瓩時}),$$

式中  $\Delta P_c$ ——變壓器中的空載有功損耗, 瓩;

$T_0$ ——變壓器接在電網上的小時數, 實

際上一年中  $T_0 \approx 8000-8400$  小時。

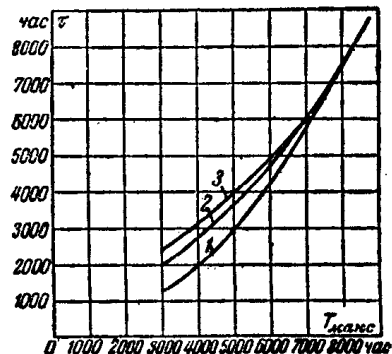


圖 4-1 最大損耗小時與最大負荷利用小時的關係曲線

當  $\cos \varphi$  等於 1, 0.8 及 0.7 時, 相應於曲線 1, 2 及 3。

## 第 5 章 電壓、供電接綫方式、變電所型式及容量的選擇

### A. 電壓的選擇

#### 5-1. 總 論

供電系統各個環節中電壓的選擇, 一般根據不同電壓的方案進行投資費用、有色金屬消費量、電能損耗及運行費用等方面的技術經濟比較, 同時也考慮對用戶供電的可靠性。

供給企業的綫路電壓, 往往預先被電源的電壓所決定。在下列情況下, 可能需要作選擇供電綫路電壓的技術經濟計算:

- 1) 有可能從供電電源以兩種或兩種以上的電壓獲得電能時;
- 2) 輸送大量的功率, 從而必須建設新的區域變電所或改建現有的區域變電所時;
- 3) 建設大型工廠發電廠與區域電網間的連絡綫時。

對於企業內部的配電電壓可以採用 3、6、10 及 35 千伏。同時, 如果供電綫路的電壓不超過 10 千伏, 則工廠內部的配電網電壓通常採用等於供電的電壓, 而

\* 本節所述為簡化法。

毋須进行技术經濟計算。

当供电电压为 35 千伏及 35 千伏以上时，因而必須有变电所供給企業以电能，甚至必須建設自备发电厂时，則工厂內高压电網的电压应根据技术經濟分析来选择。选择电压时的估算可用 § 5-2 的数据为指南。

## 5-2. 配电网电压的选择

### a) 大于 1000 伏的电压

| 电網額定电压，千伏 | 应 用 范 围                                                                                                                                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3         | 很少用作配电网的基本电压。只有在所需功率不太大(例如 5000 千伏安以下)的企業中以及有很多容量为 75—200 瓩的电动机的企業中，有正确的技术經濟根据以后，才可以采用                                                   |
| 6         | 在很大的功率範圍內，尤其当企業中有很多 6 千伏电压的受电器时，采用此种电压是适当的                                                                                               |
| 10        | 建議广泛采用这种电压，尤其没有那些可能由 6 千伏电網直接供电的受电器时采用之。当大容量电动机的数目相当多时，这些电动机可以采用 3 千伏，3 千伏电压可以借 10/3 千伏中間变压获得，而一次电压采用 10 千伏可能更为合理，此时 3 千伏的电压并不用作企業中的配电电压 |
| 35        | 可以建議在下列範圍內采用：<br>1) 有大容量 35 千伏电压的受电器(熔鋼爐，汞弧整流器設備等等)时<br>2) 有供給一羣小容量变电所的“深入引入”供电接綫方式时：此时工厂建筑物不妨碍 35 千伏架空綫路的敷設，并且在 35 千伏架空綫通过地带没有很污穢的空气    |

註：熟練掌握 35 千伏电压的負載开关、大功率熔断器及小截面电纜以后，35 千伏的电压應該更广泛地采用。

### 6) 1000 伏以下的电压

| 电網額定电压，伏          | 应 用 范 围                                                                                                                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 500及220(应用于电力受电器) | 仅在改建及扩建的企業中，220 或 500 伏电压的保留設備佔很大的比重时可以采用                                                                                             |
| 380/220           | 是工業企業低压电網的基本电压。在任何情况下用以从变压器供給三相四綫制的电力及照明受电器                                                                                           |
| 220/127(用于照明电網)   | 在下列情况下有技术經濟根据以后可以采用：<br>1) 220/127 伏电压的保留設備佔很大比重的改建或扩建的企業中<br>2) 負荷密度很大时<br>3) 对于照明，必須采用 500/230/133 伏或 330/230/133 伏的单独变压器或特殊的中間变压器时 |
| 36                | 用于危險性較高及特別危險的房屋內的局部照明电網                                                                                                               |

註：危險性不高的房屋內的局部照明电網，采用与該企業普通照明电網的同一电压。