

高等学校教学用书

电工手册

第四分册

苏联 A. T. 戈洛万等著

电力工业出版社

高等學校教學用書

電工手冊

第五分冊

蘇聯 A. T. 戈洛萬等著

電力工業出版社

統一書号：15036·388

定价 1.30 元

高等學校教學用書

電 工 手 冊

第四分冊

苏联 A. T. 戈洛万 П. Г. 格魯京斯基 Г. H. 彼特罗夫 著
A. M. 費多謝也夫 M. Г. 契里金
張蓋楚譯 林文鐸 朱百里校訂

苏联高等教育部审定作为动力和电工院系的教学参考書

電力工業出版社

高等学校教学用书

电 工 手 册

第五分册

苏联 A. T. 戈洛万 И. Г. 格鲁京斯基 Г. H. 彼特罗夫 著
A. M. 費多謝也夫 M. Г. 契里金

張 益 楚譯

湯肇善 周孔章 林文鈺 徐紹綱 朱百里校訂

苏联高等教育部审定作为动力和电工院系的教学参考書

电 力 工 業 出 版 社

內 容 提 要

电工手册包括电工方面常用的理論、計算、电路和構造等方面的資料。

本分册包括发电厂、網絡和工業企業用电等方面的材料。

电工手册是高等学校中电力和电机等專業大学生在作計算作業和課程設計时所不可少的参考書，同时也是电業工程技術人員工作中必备書。

А. Т. ГОЛОВАН П. Г. ГРУДИНСКИЙ Г. Н. ПЕТРОВ
А. М. ФЕДОСЕЕВ М. Г. ЧИЛИКИН

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1952

电 工 手 册 第四分册

根据苏联国立动力出版社1952年莫斯科版翻譯

張盖楚譯 林文錫 朱百里校訂

*

454D 165

电力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版登記證出字第082号

北京市印刷一厂印刷 新华書店發行

*

787×1092¹/₁₆开本 * 8¹/₂印張 * 173千字 * 定价(第9类)1.00元

1957年2月北京第1版

1957年2月北京第1次印刷(00001—18,400册)

內 容 提 要

电工手册包括常用电工设备的理論、計算、电路和構造等方面的資料。

本分册則包括电力驱动，电气照明，繼电保护装置，电力系统的自动化，发电厂及变电所中之控制、監視与信号装置，短路电流，安全技术及防火技术，大气过电压及过电压保护，工业对無綫电的干扰各章。

电工手册是高等学校中电力和电机等專業的大学生在作計算作業和課程設計时所必不可少的参考書，同时也是电業工程技术人员工作中必备的資料。

А. Т. ГОЛОВАН П. Г. ГРУДИНСКИЙ Г. Н. ПЕТРОВ
А. М. ФЕДОСЕЕВ М. Г. ЧИЛИКИН

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1952

电 工 手 册 第五分册

根据苏联国立动力出版社1952年莫斯科版翻譯

張 鑑 楚譯

湯肇善 周孔章 林文錦 徐紹綱 朱百里校訂

*

453 D 164

电力工業出版社出版(北京右安門外26号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第052号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787×1092¹/₁₆开本 * 10号印張 * 230千字 * 定价(第9类)1.30元

1957年4月北京第1版

1957年4月北京第1次印刷(00001—15,400册)

目 錄

第三篇 發電、輸電和用電

第二十八章	電力系統的一般問題.....	593
第二十九章	發電廠和變電所的接綫圖.....	600
第三十章	載流部分和電氣器械的選擇.....	616
第三十一章	高壓配電裝置.....	628
第三十二章	低壓配電裝置.....	649
第三十三章	電力網絡.....	654
第三十四章	架空輸電綫路(機械計算).....	675
第三十五章	佈綫.....	700
第三十六章	工業企業供電.....	716

目 录

第三十七章	电力驱动.....	739
第三十八章	电气照明.....	783
第三十九章	繼电保护装置.....	804
第四十章	电力系統的自动化.....	830
第四十一章	发电厂及变电所中之控制、監視与信号装置.....	856
第四十二章	短路电流.....	866
第四十三章	安全技术及防火技术.....	888
第四十四章	大气过电压及过电压保护.....	908
第四十五章	工業对無綫电的干扰.....	921

7327103

第三篇 發電 輸電和用電

第二十八章 電力系統的一般問題

內 容

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 28-1. 電力負荷曲綫 | 圖的基本問題 |
| 28-2. 電氣裝置的額定電壓及電壓的選擇 | 28-4. 改善功率因數時有功電能損耗的降低 |
| 28-3. 選擇發電廠、網絡和對用戶供電的接綫 | 參考文獻 |

28-1. 電力負荷曲綫

電力系統具有代表性的負荷曲綫如下：

1) 用戶的負荷曲綫； 2) 網絡的負荷曲綫； 3) 發電廠的負荷曲綫； 4) 電力系統的負荷曲綫。同時根據負荷種類又可繪出有功負荷曲綫及無功負荷曲綫，而根據持續時間則可繪出晝夜負荷曲綫及年負荷曲綫。

工業用戶典型的、計算的晝夜有功負荷曲綫如圖 28-1 所示。

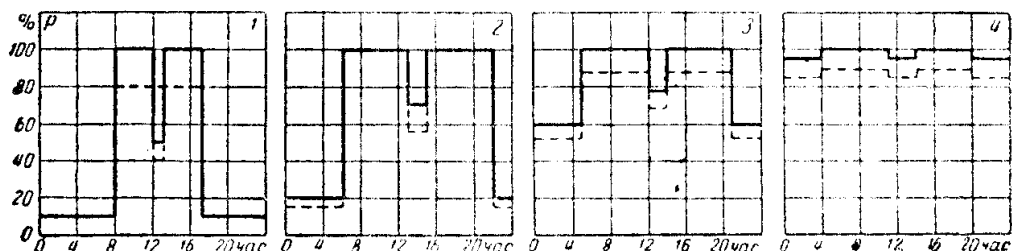


圖 28-1

1——班工作制時； 2——兩班工作制時； 3 及 4——三班工作制時(4——適用於化學工業和冶金工業)。

工業企業的最大有功負荷按下列公式計算：

$$P_{\text{max}} = k_c P_{\text{ycm}},$$

式中 P_{ycm} ——電力設備的設備容量；

k_c ——需用系數第三十四章。

當繪制工業企業(手工業除外)的無功負荷曲綫時，所採用的 $\cos \varphi$ 值不應低於 0.8。

圖 28-2 所示者為公用事業用戶的典型的、計算的晝夜有功負荷曲綫。

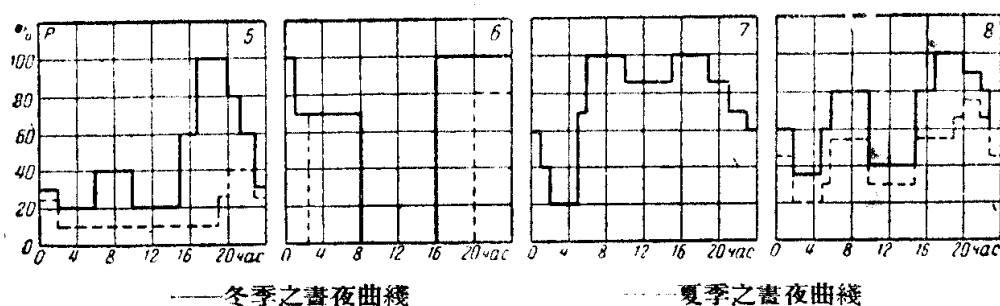


圖 28-2

5—室內照明負荷； 6—室外照明負荷； 7—城市電力運輸負荷； 8—文
化和工業中心的家用負荷及照明負荷。

当計算城市室內照明負荷时，接用容量可按表 28-1 确定。

每 1000 居民的室內照明接用容量

表 28-1

城 市 居 民 数	每 1000 居 民 的 p_{np}
100 000 人 以 下 者	30~40 瓩
100 000 至 500 000 人者	40~70 瓩
500 000 人 及 以 上 者	70~100 瓩

室內照明的最大負荷为:

$$P_{\max} = mP_{np},$$

式中 $m \approx 0.5-0.8$ ——同时系数。

城市室外照明負荷为 1—5 瓩/1000 居民；城市電力運輸負荷为 7—25 瓩/
1000 居民。城市机关和商店的照明和家用的計算負荷为 15—25 瓦/1 平方公尺有
效面积。

发电厂、变电所和電力系統的晝夜負荷曲綫是根据用戶的負荷曲綫，並計入
網絡(綫路及变压器)中的功率損耗和自用負荷来繪制的。

根据持續時間繪制年負荷曲綫的例子如圖 28-3 所示。繪制时採取冬季負荷
曲綫及夏季負荷曲綫工作的時間各为 91 日，春秋兩季負荷曲綫工作的時間共为
183 日。

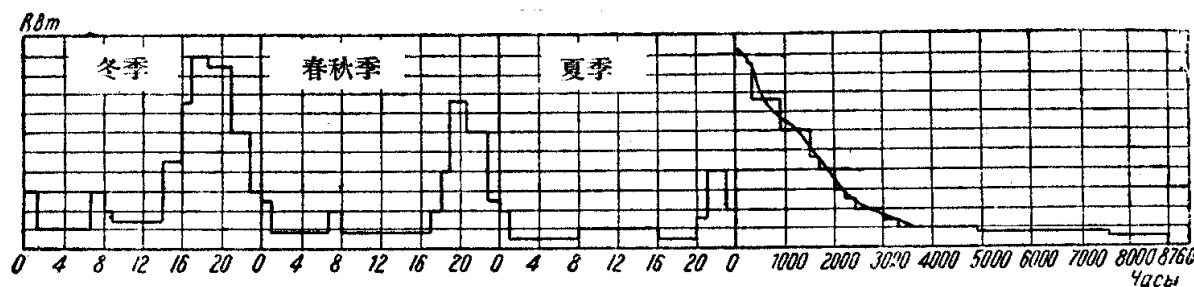


圖 28-3

根据負荷曲綫可以求出:

1. 平均的晝夜負荷和平均的年負荷

$$P_{cp} = \frac{A}{T},$$

式中 A —— 設備在 T 小时 (一晝夜为 24 小时, 一年为 8760 小时) 內發电厂所發出的电能 (或变电所所需的电能)。

2. 負荷系数或曲綫的填充系数

$$\alpha = \frac{P_{cp}}{P_{max}},$$

式中 P_{max} —— 所研究的 T 時間內的最大負荷。

3. 設備容量的利用系数

$$n = \frac{P_{cp}}{P_{уст}},$$

式中 $P_{уст}$ —— 發电厂的机組 (或变电所的变压器組) 的設備容量。

4. 最大負荷的利用時間

$$T_{max} = \frac{A}{P_{max}} \text{ 或 } T_{max} = \alpha T.$$

各类用戶的負荷系数 α 和一年內最大負荷的利用時間 T_{max} 的数值列於表 28-2 中。

表 28-2

用 戶 类 別	α	T_{max} , 小时
室 內 照 明	0.17~0.29	1 500~2 500
室 外 照 明	0.29~0.35	2 500~3 000
一班工作制的工業企業	0.23~0.35	2 000~3 000
同上, 但为兩班工作制	0.35~0.52	3 000~4 500
同上, 但为三班工作制	0.52~0.80	4 500~7 000

發电厂和电力系統的 T_{max} 值为 4000 到 7000 小时。

5. 設備容量的利用時間

$$T_{уст} = \frac{A}{P_{уст}} \text{ 或 } T_{уст} = nT.$$

28-2. 电气裝置的額定电压及电压的選擇

苏联現行的标准額定电压是指用电設備的电压而言。用电設備的額定电压亦作为电力系统網絡的額定电压。

發电机和变压器的額定电压決定於用电設備以及網絡的額定电压。

电压为 127—380 伏的裝置系低压裝置, 但电压为 380 伏的裝置, 只有当中性綫 (零綫) 直接接地时, 才認為此种裝置是低压的。电压为 127—220 伏的裝置, 当配电方式为三綫制和四綫制时, 發电机和变压器的中性点不接地。在苏联, 高压裝置的中性点是否接地随电压之不同和裝置之不同工作条件而定。

电压为 6—15 千伏、經過变压器向 35 千伏及以上的网络供电的发电机，以及向不长的电缆网络（对地短路时之电容电流小于 30 安者）供电的发电机，其中性点均不接地。在較长的电缆网络（对地电容电流大于 30 安者）上工作的 6—10 千伏装置中应有消弧线圈。

35 千伏网络上的变压器，如果网络不长（对地电容电流小于 5 安），其中性点不接地。当 35 千伏网络甚长时（架空线路的长度在 50 公里以上者），则应装设消弧线圈。110—220 千伏的网络，通常应采取中性点直接接地。

大量用电设备及其供电的网络均采用低压。如果向此种网络供电的发电机的容量不大，则发电机亦制成低压的。

15 千伏及 15 千伏以下的高电压，用于大容量的发电机，而 10 千伏以下的高压，则用于对低压网络供电的网络，但有一个条件，即发电机发出高压电能或者电源距用户很远。採用高压（10 千伏及 10 千伏以下）的还有大容量的用电设备（主要是电动机）。更高的电压（由 35 千伏起）只供输送电能到较低电压的网络上之用。此种电压的用电设备只有降压变压器的一次线圈。

合理的电压值可由下列各项来确定：

- 1) 电气装置的功率或需要输送的功率；
- 2) 输电距离；
- 3) 发电机或用电设备的数量。

在选择电压时起决定作用的是最初费用（投资）和年运转费用方面的经济与否。在一般情况下，是根据一些能实现的方案作技术经济比较来进行选择的。並在可靠性方面以及在許多技术指标（电压损耗、线路所用之导线截面及其他等）方面均可取的方案进行经济计算。进行经济比较时須求出每个方案的最初费用和年运转费用（包括电能损耗的电费）。

表 28-3

用电设备的額定綫电压	端 子 上 的 額 定 綫 电 压		
	發 电 机	变 压 器	
		一 次 側 端 子	二 次 側 端 子
	伏		
127	—	—	133
220	230	220	230
380	400	380	400
500	525	500	525
	千 伏		
3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 2.3
6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11.0
—	15.75	15.75	—
35	—	35	38.5
110	—	110	121
(154)	—	(154)	(169)
220	—	220	242

附註：括弧中的电压值建議不使用它，只在扩充現有电气装置时允許应用它。

在各种电压下所输送的功率(三相单回路线路)及输电距离的近似值 表 28-4

额定线电压, 千伏	线路种类	所输送的功率, 瓩	输电距离的近似值
			公尺
0.220	架空线路	50 以下	150 以下
0.220	电缆线路	100 以下	200 以下
0.380	架空线路	100 以下	250 以下
0.380	电缆线路	175 以下	350 以下
			公里
6	架空线路	2 000 以下	10~3
6	电缆线路	3 000 以下	8 以下
10	架空线路	3 000 以下	15~5
10	电缆线路	5 000 以下	10 以下
35	架空线路	2 000~10 000	50~20
110	架空线路	10 000~50 000	150~50
220	架空线路	100 000~150 000	300~200

附註：当负荷沿线路分佈时，输送功率的距离可增大。

当编制表 28-4 时，在最大负荷的利用时间、负荷的功率因数和线路所采用的导线截面等方面系以平均值为根据。在个别情况下，合理的数值可能与表中所列之数值相差很大。

28-3. 选择发电厂、网络和对用户供电的接线图基本问题

发电厂之发电机、变压器及输电线路的接线图（发电厂接线图以及变电所接线图）以及输电线路相互间及与变电所间的接线图（网络接线图）应保证系统之各部分及整个系统经济和可靠地运行。在所设计的接线图中应保证具有必要的备用电源。

在需要备用电源方面，可将负荷分为下述各类：

第一类——重要负荷。对此类负荷供电中断时，将发生人身事故，使产品成为废品、设备损坏、企业需长期停工始能恢复生产过程，电气化运输遭到破坏或大城市的生活陷于混乱状态。对此类负荷的用户不许间断供电，因此对此类负荷的用户，电力系统的各元件应保证有备用容量以便任一元件发生故障或修理时能保证对其供电。

第二类——次要重要负荷。对此类负荷供电中断时将引起产品大大地减产。此类用户应在经济上合理的范围内保证其具有备用电源。

第三类——不重要负荷。对此类负荷供电中断时不会引起损失（工厂的辅助车间、小型手工业企业、某些公用事业负荷、农业区及其他等）。对此类负荷的用户可不保证其具有备用电源。

供电电源（发电厂及变电所）的接线图和网络的接线图应一起绘制。发电厂所采用的接线图列於第二十九章中，而网络所采用的接线图则列於第三十三和第三十五章中。

网络的接线图要在那些可靠性、备用电源和运转的技术指标方面均可能且可取的许多方案中进行选择，此时以这些方案的技术经济比较为根据。通常，接线图和电压同时选择是合理的。

当将各方案进行经济比较时，既要考虑实现这些方案的最初费用，也要考虑其年运转费用。

年运转费用包括下列各部分：

- 1) 网络设备 and 建造的折旧费；
- 2) 网络小修的费用；
- 3) 维护网络的費用；
- 4) 网络中所损耗的电能的电费。

当比较各个方案时，考虑年运转费用是很重要的。将各个方案作比较时，如果它们在电能损耗方面相差很大，则网络中所损耗的电能的电费有着很大的意义（功率和电能损耗的计算参阅第三十三章）。

当评价所比较的方案时，必须将建造该装置时所消耗的有色金属总量作为补充指标。

28-4. 改善功率因数时有功电能损耗的降低

当采取合理化措施来降低某一用电设备或某组用电设备的无功电能需要量或损耗量时，必须计算因减少传输无功功率的结果而节省的有功电能损耗量。此时应区别下列两种情况：1) 系统中各个环节所减少的无功功率的输送量与它所输送的无功功率总量相比，其值很大者；2) 所减少的无功功率相当小者——小于沿靠用户最近的一个元件送到用户的功率的10%。

在第一种情况下，所减少的损耗按普通方法确定，即比较两种输电方案（运行方式改变前与改变后）的损耗。在第二种情况下（当运行方式改变不大时）用普通方法来确定因降低无功功率的输送量而减少的有功功率损耗量不是极为困难，便是实际上不可能。为这种情况研究出了一个特殊方法，即所谓“经济当量”

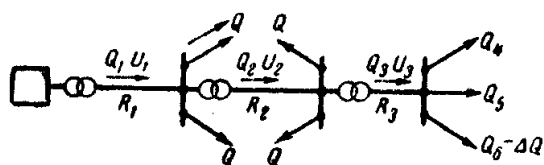


图 28-4

法。採用这一方法来确定局部无功电能需要量减少时电力系统网络中所减少的有功电能损耗量。

如果沿具有有效电阻 R_i 的某一输电环节（图 28-4）输送无功功率 Q_i （千乏），则有功功率损耗为：

$$\Delta P_i = \frac{Q_i R_i}{U_i^2}.$$

所降低的有功功率损耗量 $\Delta \Delta P_i$ 与所减少的无功功率需要量 ΔQ_i 之比称为无功功率之“经济当量”，这一比值在极限内等于有功功率损耗量与无功功率的导数。一个输电环节的经济当量的分量等于：

$$k_{is} = \frac{\Delta \Delta P_i}{\Delta Q_i} = \frac{d\left(\frac{Q_i^2 R_i}{U_i^2}\right)}{dQ_i} = 2 \frac{Q_i R_i}{U_i^2} \left[\frac{\text{瓦}}{\text{千乏}} \right],$$

而由产生无功功率之地方至需要无功功率之地方间的整个途程的无功功率经济当量按下列公式计算：

$$k_s = 2 \sum \frac{Q_i R_i}{U_i^2} \left[\frac{\text{瓦}}{\text{千乏}} \right].$$

无功功率的经济当量值(瓦/千乏)

表 28-5

变 压 器 及 供 电 系 统 的 特 性	当电力系统最大负荷时	当电力系统最小负荷时
直接由发电厂发电机电压的母线供电的变压器	0.02	0.02
由发电厂发电机电压供电的网络变压器(例如, 由工厂或城市发电厂供电的工业企业变压器)	0.07	0.04
由区域网络供电的 110~35 千伏降压变压器	0.1	0.06
由区域网络供电的 6~10 千伏降压变压器	0.15	0.1
由区域网络供电的降压变压器其无功负荷由同期补偿器补偿	0.05	0.03

因为用户装置中之无功功率需要量减少 ΔQ (千乏)而使电力系统中有功功率损耗量降低 $\Delta \Delta P$ (瓦)，其值等于：

$$\Delta \Delta P = k_s \Delta Q \text{ (瓦)}.$$

电能损耗量减少

$$\Delta \Delta A = k_s \Delta Q T'_{\text{max}} \text{ (瓦时)},$$

式中 T'_{max} ——该时期内 ΔQ 之最大负荷利用小时数。

无功功率的经济当量值由电力系统运行方式管理部门来确定。

如果经济当量值不详，则建议用系统中具有代表性的一点典型的经济当量进行近似的计算。这种典型数值列于表 28-5 中，该表系根据苏联电站部变压器运行规程编制。

参 考 文 献

28-1. Под редакцией проф. А. А. Глазунова, Электрическая часть станций и подстанций, ГЭИ, 1951.

28-2. Л. Н. Баптиданов и В. П. Тарасов, Электрооборудование электрических станций и подстанций, т. I и II, ГЭИ, 1952 и 1948.

28-3. А. А. Федоров и Б. А. Князевский, Электропоставление промышленных предприятий, ГЭИ, 1951.

第二十九章 发电厂和变电所的接线图

内 容

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 29-1. 发电厂发电机的选择 | 擇。发电厂厂用电的供电接线图。厂用 |
| 29-2. 发电机的激磁 | 电供电接线图中的变压器及电抗器的选 |
| 29-3. 发电厂与电力系统的联络 | 擇 |
| 29-4. 发电厂的接线图 | 29-8. 区域降压变电所的接线图 |
| 发电机电压的电气接线图。有升高电压 | 29-9. 工业企业变电所的接线图 |
| (35—220千伏)的接线图。所有能量均 | 配电站的接线图。车间降压变电所的接 |
| 由升高电压送出的发电厂的接线图 | 线图 |
| 29-5. 变压器的选择 | 29-10. 变电所的自用电 |
| 29-6. 配电网络中线上电抗器的装设 | 29-11. 发电厂和变电所中自用的直流电气装 |
| 29-7. 发电厂的厂用电 | 置 |
| 厂用电的分配。厂用机械的电动机之选 | 参考文献 |

29-1. 发电厂发电机的选择

发电厂的容量、发电机的数量和功率是根据与国民经济计划及许多具体条件有关的各项问题的综合分析而选择的。

对于在电力系统中运行的热力发电厂来说，其机组可以选择得大一些。对于单独运行的发电厂来说，其机组的功率应这样选择，即当其中一台发生故障时，其余机组能保证对电力负荷供电。

水力发电厂的发电机功率和数量是根据水力计算和发电厂布置条件而选择的。

功率为 12 000 瓩及以上的发电机的电压一般采用 10 千伏。功率为 25 000 瓩及以下的发电机，且装设在 6000 伏网络比较发达的地区内时，可以采用 6000 伏的电压。采用 6000 伏电压是否合理应根据计算来决定。功率为 12 000 瓩，并与变压器连接成一组的发电机，其电压应采用 6000 伏。

对于机组之功率在 6000 瓩以下之发电厂，其发电机的电压一般应当采用 6000 伏。

29-2. 发电机的激磁

发电厂中采用下列激磁系统：