

工廠設計參考資料之三

工廠動力系統設計

成 秉 進 彭 健 譯

東北工業出版社出版

1 9 5 2 年

工廠動力系統設計

出版者：東北工業出版社
原出版者：蘇聯機械製造科學技術書籍出版局
譯者：成 秉 進 彭 健
發行者：新華書店東北總分店
印刷者：工 教 印 刷 廠
出版日期：1 9 5 2 年 9 月

定 價： 7,500元

冊 數： 4,000

目 錄

第一部	電力系統的設計	1—53
第 一 節	內容、原始資料及設計編製程序	1
第 二 節	電流種類的選擇	2
第 三 節	電力負荷及其消耗量的確定	2
第 四 節	工廠電力系統一次電壓的選擇	8
第 五 節	廠外電力連絡線	9
第 六 節	工廠發電廠	13
	1. 發電機組的數目及容量	
	2. 接線圖	
	3. 開關保護設備的選擇	
	4. 發電廠總配電設備的構成	
	5. 發電廠的廠用電	
	6. 廠用電力的消耗量	
	7. 廠用機械的傳動裝置	
第 七 節	變電所位置的選擇	17
第 八 節	變壓器及二次電壓的選擇	18
第 九 節	供電接線圖	19
第 十 節	功率因數的改善	21
第 十一 節	電動機的選擇	25
第 十二 節	起動設備的選擇	28
第 十三 節	同期電動機的起動	38
第 十四 節	配電箱	35
第 十五 節	動力線路	36
第 十六 節	主幹線	42
第 十七 節	吊車線路	44
第 十八 節	電弧爐	48
第二部	壓縮空氣系統的設計	54—76
第 一 節	設計的內容和程序	54
第 二 節	壓縮空氣的消耗量	54

第 三 節	空氣壓縮機的選擇.....	58
第 四 節	空氣壓縮機的動力消耗量.....	59
第 五 節	空氣壓縮機的傳動.....	61
第 六 節	空氣壓縮機站位置的選擇.....	62
第 七 節	空氣管路系統及空氣壓縮機站的主要部份.....	62
第 八 節	空氣壓縮機站的機器房.....	66
第 九 節	空氣管路（壓縮機站內，車間外和車間內的）.....	66
第 十 節	空氣壓縮機站的給水.....	71
第 十一 節	空氣壓縮機的潤滑.....	73
第 十二 節	檢查測量儀器.....	73
第 十三 節	空氣壓縮機站的設備費用及其技術規範.....	74

工廠動力系統設計

第一部 電力系統的設計

第一節 內容、原始資料及設計編製程序

工廠電力系統設計應包括下列內容：A) 供電電源；B) 全廠 6 或 10 KV 線路的配電系統（有時 35 KV）、配電所及變電所；B) 車間動力及照明的電氣設備和廠區照明；Г) 造砂車間、鑄造車間及其他部門內連續輸送的電動機組；Д) 電爐裝置；E) 變流裝置；Ж) 帶有巨型電動機的設備；З) 電氣修理車間；И) 油處理儲藏設備；К) 弱電設備。

編製上述內容的設計時，必須具有下列基本原始資料：工廠總平面圖；車間及廠房生產技術配置圖，附各項生產設備規格及其電動機的需要容量；廠房斷面圖；衛生工程設備規格及其平面佈置圖；廠房特徵（潮濕、灰塵、可能着火及爆炸程度）和對不斷斷供電的要求。

編製工廠電力系統設計的程序如下：根據工廠設計中生產技術部份中低壓電氣設備的設備容量，用途及佈置等資料確定電力負荷。根據電氣設備分佈的密度及負荷集中的程度等資料配合工廠總平面圖及車間平面圖選擇車間變電所的位置、變壓器的數量和容量，並確定所採用的二次電壓。根據車間變電所及高壓電氣設備的佈置與容量等資料，在總平面圖上選擇配電所的位置，確定其負荷，同時並須決定供熱發電廠或電力系統的降壓變電所的負荷。然後選定一次電壓並設計高壓線路（包括供電變電所的饋電線數量、饋電線接線圖、電線截面和經過路徑、配電所及高壓設備等）。根據工廠電力系統設計中關於負荷曲線和 6 或 10KV 饋電線的數量及容量等資料進行編製工廠供熱發電廠或電力系統降壓變電所的設計。根據工廠設計中生產技術部份中已確定之設備容量的資料編製車間動力及照明設備之設計。

設計時需參考的資料如下：а) 一九四四年頒佈的『工業企業電氣設備按設備容量及功率下簡稱 ПУЭ』〔12〕註。6) 『發電廠及線路運轉技術規程』〔10〕及『電力設備按裝保安規程』〔11〕及 г) 人民委員會重工業部頒佈的『生產車間變電所的防火暫行條列』〔2〕。

已註明之數字，係指書後參考書目錄的編號。

第二節 電流種類的選擇

在機械製造廠中，大部採用三相交流五十週波的電氣設備。直流電僅使用於速度調節範圍極大之大型機床的傳動裝置。此外，電焊機、蓄電池充電室，電鍍設備等有時也使用直流電。在少數情況下，直流電也應用於吊車、保護線路以及其他特殊用途方面。

第三節 電力負荷及其消耗量的確定

大型電氣設備（電熔爐、巨型電動機及其他）根據工作特性的資料來確定其電力負荷。其餘電氣設備，用需要係數確定負荷法來計算電力負荷。需要係數的關係式如下：

$$K_n (\text{需要係數}) = \frac{\text{變電所供壓母線上的有效負荷}}{\text{電氣設備的設備容量}} = \frac{P}{\sum P_{ym}}$$

所有電氣設備均按其工作特性分類，並計算每類的總設備容量 $\sum P_{ym}$ 。

有效負荷及無效負荷按下列公式計算之：

$$P (\text{有效負荷}) = K_n \cdot \sum P_{ym}$$

$$Q (\text{無效負荷}) = P \tan \varphi$$

各類電氣設備的名稱，需要係數及功率因數之值見第一表〔17〕〔19〕。

第一表 各類電氣設備需要係數及功率因數之平均計算值

（供確定變電所的負荷和電力年消耗量用）

類 別	每類的平均值			變電所供壓母線的需要容量		高壓母線上電力年消耗量 (KWH)
	需要係數 K_n	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	有效負荷 (KW)	無效負荷 (KVAR)	
1. 負荷正常及連續運轉的電動機，如：送風機、泵、輸送帶、運輸機、壓縮機、變流機等使用的電動機（其中包括多頭電焊變流機）。	0.75 0.7*	0.8	0.75	*** $0.75 \sum P$ $0.7 \sum P$	$0.56 \sum P$ $0.52 \sum P$	$0.54 T_r \sum P$ $0.5 T_r \sum P$
2. 一般輕負荷機床的電動機，如：單獨傳動的車床、鉋床、插床、銑床、鑽床及立式車床等使用的電動機。	0.2	0.6	1.33	$0.2 \sum P$	$0.27 \sum P$	$0.15 T_r \sum P$

3. 重負荷機床的電動機 如：單獨傳動的偏心沖模 壓力機、自動機床、六角 車床、剝荒機及螺旋銑床 等使用的電動機。	0.25	0.6	1.35	0.25 Σ P	0.33 Σ P	0.18T _r Σ P
4. 特別重負荷機床及器 械的電動機，如：滾筒、 磨碎機、鍛鑄、曲軸壓力 機、鍛造機及拉線機等使 用的電動機。	0.45	0.65	1.17	0.45 Σ P	0.53 Σ P	0.32T _r Σ P
5. 間歇使用的電動機， 如：天車、小型吊車、輔 助傳動裝置、聯道、升降 台及剪斷機等使用的電動 機。	0.15**			0.15 Σ P	0.3 Σ P	0.10T _r Σ P
	0.10	0.45	1.96	0.10 Σ P	0.2 Σ P	0.06T _r Σ P
6. 加熱器、電爐（電阻 爐）、乾燥室、溶膠罐、 電解槽等。	0.6	0.95	0.32	0.54 Σ P	0.15 Σ P	0.43T _r Σ P
7. 弧焊變壓器	0.37	0.35	2.65	0.13 Σ P	0.34 Σ P	0.09T _r Σ P
8. 點焊機、對焊機鉚釘 加熱器、車輪加熱器等。	0.42	0.7	1.9	0.3 Σ P	0.3 Σ P	0.21T _r Σ P
9. 單頭電焊變流機	0.51	0.65	1.17	0.51 Σ P	0.59 Σ P	0.37T _r Σ P
10. 照明	0.8	1	0	0.8 Σ P		0.75T _{r, 0.06ΣP}

註* 有取變通風裝置時採用。

* 重負荷時採用0.15，輕負荷時採用0.10。

***P為設備容量，計算6,7,8項時，以輸入功率計算，用KVA表示。

計算其他各項（第10項除外）時，以輸出功率計算，用KW表示。

T_r為設備工作年時，單位為小時。如每班工作八小時，七日休息一次，則一班工作制的設備工作年時為2325小時；兩班工作制為4630小時；三班工作制為6640小時。

T_{r, 0.06}為室內最大照明負荷使用年時數，視地理緯度及工作班次而定。下列數字為室內照明的使用年時數：

地理緯度(度)	一班制	兩班制	三班制
40	650	2300	4600
50	800	2500	4700
60	850	2500	4800

室外照明之使用年時數 T_e 採用3300小時。

確定全廠供電電源(區域變電所、供熱發電廠等)的容量時,需考慮工廠中各負荷所造成全廠最大負荷時之參差係數,應符合第二表。

第二表 全廠最大負荷時之參差係數

高壓母線上的負荷 (KW)	有效電力 (β)	無效電力 ($r=0.33\beta+0.67$)
5000以下	0.9	0.97
5000—10000	0.85	0.95
10000以上	0.8	0.93

在有巨型電動機、電弧爐($K_c=0.9$)、電鋸機組等設備時,則以專門計算來確定工廠電力負荷。

經驗證明:機械製造廠的全廠需要係數 K_c^{3AB} 值的變動範圍為0.25—0.32;當電弧爐及巨型電動機的負荷極大時, K_c^{3AB} 值即升至0.4—0.45,而當大型機械製造廠無上述設備時,則 K_c^{3AB} 值可能降至0.2—0.18。

綜合各類電氣設備的有效負荷及無效負荷,即可求出車間變電所低壓母線上的總負荷。各類電氣設備的負荷均以連續最大的負荷計算之。

低壓設備的負荷 P 及 Q 加上變壓器的有效損耗 p 和無效損耗 q (第三表)[17][18],再加上高壓設備的有效負荷 P_0 和無效負荷 Q_0 ,即可求出高壓母線上的總負荷 P' 和 Q' 。即:

$$P' = P + p + P_0 \quad Q' = Q + q + Q_0$$

根據求得的 P' 和 Q' 計算全廠的 $\tan \varphi$ 平均值,然後可求得功率因數 $\cos \varphi$,再按下列公式計算單位為KVA之視在負荷 S' :

$$\tan \varphi = \frac{Q'}{P'} \quad S' = \sqrt{P'^2 + Q'^2} = \frac{P'}{\cos \varphi}$$

電氣照明負荷可根據設備容量及電燈同時燃用係數確定之。

電力年消耗量(KWH)根據有效電力及設備工作年時確定之。其計算的公式如下:

$$W = \Sigma P' T_r a$$

式中， $\Sigma P'$ ——電氣設備有效電力之和，KW；

T_r ——設備工作年時，小時；

a ——年平均負荷率(根據各廠的調查，可採用0.7—0.75)。(譯註)

第三表 變壓器損耗

變壓器 容 量 (KVA)	有效損耗 (KW)		無效損耗 (KVAR)		變壓器 容 量 (KVA)	有效損耗 (KW)		無效損耗 (KVAR)	
	空載時	滿載時 銅損	空載時	滿載時 總大值		空載 損耗	滿載時 銅 損	空載 損耗	滿載時 總大值
100	0.60	2.4	6.5	4.9	220	1.60	6.1	19.0	16.5
135	0.83	3.1	8.8	6.9	420	2.1	7.2	28.0	21.8
180	1.00	4.0	10.7	9.1	560	2.5	9.0	27.9	28.8
240	1.40	4.9	14.3	11.9	750	4.1	11.9	44.5	39.2
					1000	4.9	15.0	49.8	53.0

例：根據低壓母線上的負荷及560KVA 變壓器的損耗確定高壓母線上的負荷：

	P (KW)	Q (KVAR)	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P (KVA)
低壓母線上的負荷	450	336	0.8	0.75	560
滿載時變壓器損耗	11.5	56.7	—	—	—
高壓母線上的負荷	461.5	392.7	0.76	0.85	610

工廠各類負荷電力年消耗量計算的公式見第一表，各類負荷的計算順序及其結果則列入A，B，B三表內，該三表可分別單獨編製，以供建設的第一期和第二期使用。B表為確定供電設備容量時所必需的資料。如係由區域變電所供電時，這些資料一般已足夠應用。但如由中央發電廠和供熱發電廠供電時，則須根據工作班數計算負荷和繪製夏季和冬季的晝夜負荷曲線，並按負荷曲線來選擇電廠發電機組的容量。

*譯註：為年平均負荷與年設備容量之比值。

各車間開低壓電氣

A 表

車間名稱	機床及生產機械						泵及通風機				間歇	
	數量(台)	設備容量(KW)	需要係數(K _c)		功率因數(cosφ)		設備容量(KW)	需要係數(K _c)	功率因數(cosφ)	負荷	數量(台)	設備容量(KW)
			有	無	有	無				有		
鑄造車間及鑄件清理車間	22	160	0.25	40	0.6	58.27	200	0.7	0.8	1.40	105.30	580
鍛壓車間	115	1200	0.25	300	0.6	400.35	250	0.7	0.8	17.5	131.54	610
全廠合計	257	3600	0.25	500	0.6	850.62	610	0.7	0.8	5.25	505.96	1750
												0.15
												0.15
												0.15

設備負荷的確定

使用的吊車及電動機					銲接變壓器及加熱器								動力設備及加熱設備的總負荷					照明		電力年消耗量		設備工作年時
功率因數 ($\cos\varphi$)	負荷		數量 (台)	設備容量 (KVA)	需要係數 (K_c)	功率因數 ($\cos\varphi$)	負荷		數量 (台)	設備容量 (KW)	負荷		數量 (台)	設備容量 (KW)	負荷 (KW)	無効 (KVAB)	設備容量 (KW)	負荷 (KW)	電力年消耗量 (KWH)	工作年時		
	有効 (KW)	無効 (KVAB)					有効 (KW)	無効 (KVAB)														
0.45	87	171	3	77	0.37	0.35	10	27	72	965	277	356	85	68	1040000	4630						
0.45	91	178	18	570	0.37	0.35	74	196	207	2260	640	905	150	120	2310000	4630						
0.45	132	840	18	900	0.37	0.85	117	315	470	6860	1200	960	415	315	6610000	4630						

B 表 變電所負荷的確定及變壓器的選擇

變電所及車間名稱	負 荷		$\cos\varphi$	視在容量 (KVA)	變壓器數量 及 容 量 (KVA)
	有 效 (KW)	無 效 (KVAR)			
第一變電所					
鍛 工 車 間	144	120			
熱 處 理 車 間	899	638			
模 型 車 間	141	86			
合 計	1184	844			
變 壓 器 損 耗	36	187			(1×1000)+
高壓母線上的負荷	1220	1031	0.76	1600	(1×750)
第十二變電所					
鑄 鋼 車 間	630	560			
煤 氣 發 生 站	352	234			
合 計	982	794			
變 壓 器 損 耗	32	168			
高壓母線上的負荷	1014	962	0.72	1430	2×750

附註：1. 最後三欄 ($\cos\varphi$, 視在容量和變壓器數量及容量) 僅限於在高壓項內填寫。

2. 變壓器損耗採用第三表。

B 表 發電廠母線上負荷的確定 (6.3或10.5KV)

變電所及配電設備名稱	6.3或10.5KV母線上的負荷		cos φ
	有功(KW)	無功(KVAR)	
第一變電所*			
變壓器	1220	1031	0.76
鑄鋼車間變電所*			
變壓器	1014	960	0.72
電爐 JCH—1.5型	770	460	0.85
JCH—5型	1820	1100	0.85
變電所負荷合計	3604	2520	
空氣壓縮機室			
500KVA同期電動機	400	—300	0.8(超前)
250KVA非同期電動機	200	150	0.8
空氣壓縮機室負荷合計	600	—150	
第二變電所*			
變壓器	1053	923	0.73
水銀整流器	500	250	0.90
第二變電所負荷合計	1553	1173	
全廠總計	16970	13850	—
同上，並計入高壓饋電線的損耗	17470	14040	
工人村	600	480	
由供熱發電廠供電的其他企業	1200	1000	
供熱發電廠全部負荷	19270	15520	
同上，並計入最大參差係數			
$\beta = 0.85$	16400	14700	
$r = 0.95$			
供熱發電廠廠用電	1150	920	
供熱發電廠母線上的負荷	17550	15620	0.74
視在容量	23600KVA		
年發電量	8400000KWH		

*關於變電所的負荷資料取自 B 表。

第四節 工廠電力系統一次電壓的選擇

爲了節省銅，工廠電力系統應在技術上許可及經濟上合理的條件下，選擇最高的電壓。

實際上，所採用的一次電壓，有35、10.5及6.3KV三種。採用35KV電壓是否有利，需根據各種方案的技術經濟進行比較。在10.5KV及6.3KV兩種電壓中，在工廠沒有6.3KV的電氣設備（例如巨型電動機），或按裝10/6KV變壓器來供給6.3KV電壓的電氣設備不經濟，及在當地電力系統之變電所現有電壓或電廠發電機電壓許可的條件下，採用10.5KV電壓。容量在6MW或6MW以上的透平發電機，其工作電壓為6.3和10.5KV。採用6.3及10.5KV電壓時，每一方案應按投資、電力損耗及銅的需要量等來進行經濟比較。（第四表）

第四表 公稱電壓（根據OCT5155及OCT4760）

公稱工作電壓				公 稱 端 電 壓			
直流	三相交流 50週波		單相 交流 50週波	發 電 機		三相交流變壓器線電壓 50週波	
	線電壓	相電壓		直流	線電壓 三相交流 50週波	一次線捲	二次線捲
12	—	—	12	—	—	—	—
24	—	—	36	—	—	—	—
110	—	—	—	115	—	—	—
—	127	—	—	—	—	—	133
220	220	127	—	230	230	220	230
—	380	220	—	—	400	380	400
440	—	—	—	460	—	—	—
—	500	—	—	—	525	500	525
—	3000	—	—	—	3150	3000—3150	3150—3300
—	6000	—	—	—	6300	6000—6300	6300—6600
—	10000	—	—	—	10500	10000—10500	10500—11000

計算金屬的消耗量時，可採用下列等價量進行比較：1公斤鋁相當於0.2公斤銅，1公斤鉛（作電纜保護層用）相當於0.4公斤銅，1公斤變壓器的有效鐵心相當於0.286公斤銅，1公斤型鋼相當於0.1公斤銅。上述比較均以銅為基礎進行之。〔5〕

第五節 對外電力連絡線

工廠由電力系統供電時，可用35或110KV送電線或用電壓為6.3或10.5KV的發電機饋電線，作為對外電力連絡線。

當電壓為35及110KV時，須經變電所將電壓降為6.3或10.5KV，降壓變電所通常設於室外，而6.3KV（或10.5KV）之配電設備則設在室內。

第一、二、三、四圖為二回路終端連絡變電所接線圖，其圖例與 5—14圖採用的圖例相同，見下表：

	發 電 機
	變 壓 器
	電 抗 器
	油 斷 路 器
	隔 離 開 關
	自 動 空 氣 斷 路 器
	母 線
	電 纜 頭
	刀 形 開 關
	熔 斷 器
	接 地 線
	接 地

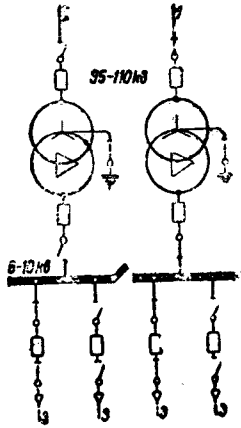
電力連絡線極短而變壓器和線路的保護裝置有可能設在供電變電所內時，可採用第一圖的接線圖。

如用快速差動或瓦斯保護裝置來保護變壓器時，可採用第二圖的接線圖。

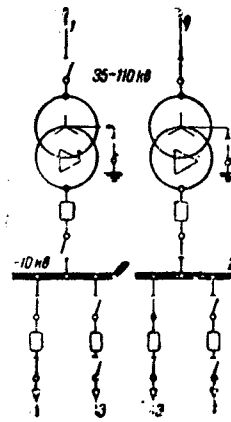
費用昂貴而複雜的第三、第四圖適用於長距離連絡線，此種接線方式在運轉中異常靈活並極方便。

工廠有自用發電廠時，與電力系統相聯接的連絡線在下列情況使用之：а) 檢修或大容量發電機因故障而停止供電，及發電廠間相互調節電力時使用之。其聯絡變電所及連絡線的容量，應能保證工廠用電（應考慮變壓器過負荷和限制不重要設備容量的可能性）。б) 由於工廠電力負荷之變動，及按熱力曲線運轉之供熱發電廠內之機組（特別是背壓式透平機）運轉情況變更時，可將工廠發電廠剩餘之電力輸送至電力系統。в) 電弧爐、壓延機等用的電動機處於尖頭負荷而其工廠發電廠的容量不足時，可由電力系統輸入電力。

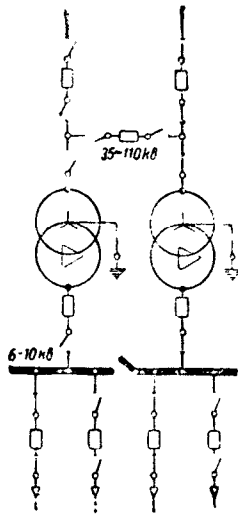
有二回路或三回路架空送電線（電壓為35KV）的中型（10—15MVA）露天



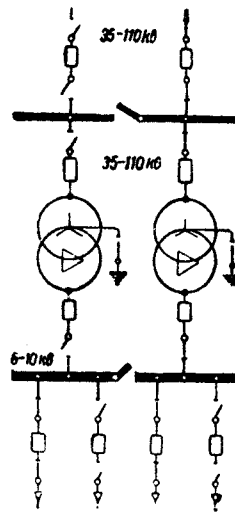
第一圖



第二圖



第三圖



第四圖

第一—四圖 二回路終端聯絡變電所接線圖

變電所所佔的面積為：露天部份約3000—4000M²；室內部份（6.3或10.5KV配電室）約500M²左右。如果工廠有自用中央發電廠或供熱發電廠時，應將降

壓變電所的 6.3 或 10.5KV 配電設備與工廠發電廠相聯接，始為合理。6.3 或 10.5KV 出線，大部份均採用電纜線。在變電所內必須築有通路、雨水排水溝及消火水道。如變壓器的容量為 5600KVA 或更大時，則需敷設鐵路。露天變電所並須設有避雷裝置。

如金屬材料不足時，35 和 110KV 架空送電線可架設於木桿上。為了減少 6.3KV 及 10.5KV 的線路，廠區進線最好採用高壓進線 (глубокий ввод) (詳細參閱 ПУЭ § 17—93) [12]。

第 五 表

根據送電容量確定之架空送電線的最大長度

(適用於鋼、鋁及銅線)

(當電壓損失 $\Delta u = 5\%$ 及 $\cos \varphi = 0.85$ 時)

導 線	架空送電線的最大長度 (KM)，當送電容量 (KVA) 為：						導 線	架空送電線的最大長度 (KM)，當送電容量 (KVA) 為：			
	200	600	1000	2000	3000	4000		3000	5000	10000	15000
	工作電壓 600V							工作電壓 35000V			
鋼線，其 截面為							鋼線，其 截面為				
50mm ²	3.0	0.8	0.5	—	—	—	35mm ²	3.7	2.3	—	—
95mm ²	5.5	1.7	1	—	—	—	50mm ²	5.2	3.1	—	—
鋼線直徑 為							95mm ²	11.5	6.6	—	—
5mm	0.6	—	—	—	—	—	鋼心鋁線，其 截面為 35mm ²	21	13	6.3	—
鋁線，其 截面為：							70mm ²	35	21	10.3	6.9
25mm ²	7	2.4	1.4	—	—	—	120mm ²	48	29	14	9.5
50mm ²	12	3.9	2.3	1.2	—	—	鋼線，其 截面為：				
120mm ²	28	8	4.5	2.3	1.5	—	25mm ²	24	14	7.1	—
銅線，其 截面為：							50mm ²	37	23	11.2	7.5
16mm ²	8	2.5	1.5	—	—	—	95mm ²	53	32	15.9	10.6
35mm ²	14	4.6	2.8	1.4	—	—					
50mm ²	18	7	3.6	1.8	1.2	—					
95mm ²	26	8.8	5.3	2.6	1.8	1.2					

如果直接用架空電線由發電機母線受電或向旋轉電機供電時，應預先考慮

保護架空電線及電機線搖不致受到雷擊電壓（參閱 $\pi\gamma\partial$ § 84, 132）[12]。

爲了初步計算便利計，於第五表中列出各種送電線的長度（係根據送電容量計算出的）。使用鋁線、銅線（但非鋼線）時，如電壓降落值 $\Delta u \approx 5\%$ ，亦可用第五表。在這種情況下送電線容量（KVA） $\times$ 長度（L）之積的變化，與電壓降落值 Δu 成正比。

第六節 工廠發電廠

1. 發電機組的數量及容量 發電廠發電機組的數量和容量係根據負荷曲線進行選擇，並應保證發電機組在最經濟條件下運轉：

$$N_{\partial} = \frac{N_H \cos \varphi}{\eta_n \eta_r} \text{ KW}$$

$$\text{或 } N_{\partial} = 1.36 \frac{N_H \cos \varphi}{\eta_n \eta_r} \text{ H.P.}$$

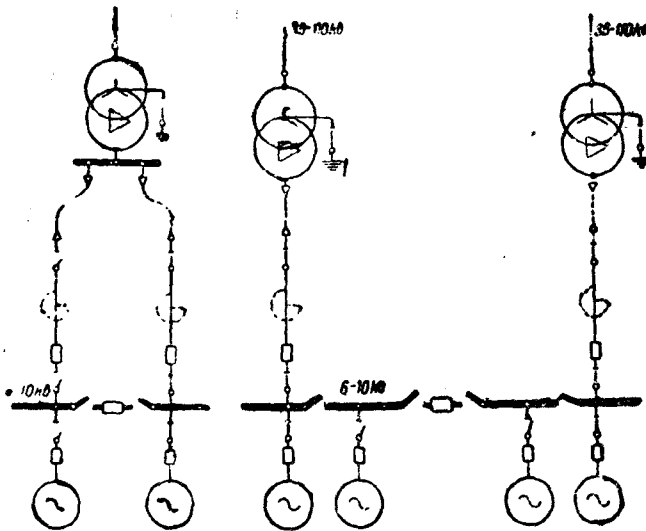
式中， N_{∂} —原動機的軸馬力。

N_H —發電機輸出的公稱容量，KVA。

$\cos \varphi$ —發電機的公稱功率因數。

η_n —機械轉動效率。

η_r —發電機效率（包括消耗於勵磁機的容量）。



第五一六圖 發電廠分段單母線接線圖