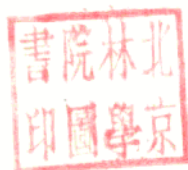


路線電氣問車



重工業出版社

原出版者的話

本書所討論的為設計及敷設車間電氣線路的最新趨勢。在本書中所着重研討的為計算負荷的確定、無效負荷的補償及電流的經濟密度等問題。書中所蒐集的材料，其目的在於向讀者介紹已付諸實現的技術成就及在車間供電進一步合理化方面所正在進行的研究方向。

本書可供從事工業企業供電系統設計及維護工作的工程師和技術員參考。

目 次

原作者的話	(1)
第 一 章 電力負荷	(2)
第 二 章 車間線路的電壓	(19)
第 三 章 車間變電所	(24)
第 四 章 車間電力線路系統	(36)
第 五 章 照明負荷之供電	(48)
第 六 章 變壓器的併列運轉	(54)
第 七 章 無效負荷的謹慎	(61)
第 八 章 電流的經濟密度	(73)
第 九 章 劃一線路	(80)
第 十 章 多級截面的線路	(88)
第十一章 車間線路安裝工程的工業化	(96)
第十二章 車間線路的結構	(99)
參 考 書 籍	(110)

原作者的話

最近數年來，設計車間電氣線路的方法和敷設車間線路的技術有了很大的改變。在這方面，工程技術工作的研究方向是尋找能最大限度地滿足對現代車間線路所提出的要求的最新方案，這些要求為可靠性、靈活性、經濟性及採用工業化方法敷線的可能性。因此，與此同時提出並需解決的問題便是供電電源的電壓及容量的選擇，確定負荷的方法、樹幹式系統的採用及母線的應用等。

所有這些問題，都是目前需要繼續研討的迫切問題。如果說某些建議的方案，在一定程度上，已取得了一致的公認；但是，另外一些方案，則恰好相反，尚有展開討論的必要。例如，根據電流的經濟密度選擇截面還是採用 L 劃一的線路等問題，是尚待研究的。

本書作者——在合理設計車間線路方面所進行的工程研討工作的目賭者以及一部分工作的直接參加者——認為：將研討的主要途徑和研究的結果介紹給廣大的電氣工作者是有幫助的。但是，在這方面，作者並不想在方法上將車間線路作一結論性的指導，而是討論一些個別的，但由於其對象和目的的統一性上而彼此密切連在一起的一些問題。

對於某些爭論着的問題，作者同時也提出了個人的意見，並且每次作出了適當的結論。但是，對於另外一些問題，雖極為重要，然已在其他技術書籍中討論過的，則作者並未涉及。例如，車間線路的計算問題，在本書中即未加以討論。

在編寫本書時，作者參考了 Г. М. 卡雅洛夫，С. М. 利夫什茨，Д. С. 利夫什茨，В. А. 巴梁科夫，М. С. 梁博夫，Н. А. 洛夫茨基等人的著作。

在討論劃一線路、多級截面的線路及照明負荷的供電線路時，曾有 О. Б. 季姆霍夫斯卡雅參加。

作 者

81572/61

第一章 電力負荷

在現代工業企業中，有着各種不同形式及不同工作制的電氣設備，因此，其線路上每一環節的電力負荷，都是按不同規律而變化的大量或少量可變負荷的總和。在大多數情況下，可變負荷彼此均不相同。只有在特殊情況下，才知道單獨用電設備的負荷特性曲線及其單位電能消耗量。在這種條件下，確定總負荷的任務，只是應用或然率的理論及數學上的統計方法來概略地進行計算。

通常均不採用這種計算電力負荷的方法，而代之以下述方法，即分析長期觀測線路上每一環節的負荷曲線和利用經驗公式以確定類似情況下的負荷。此時不僅僅產生了確定計算負荷大小的問題，而且也需瞭解「計算負荷」一詞的意義。

實際上，首先我們應當確定線路中的最大電壓降（在任何條件下，線路中的電壓降不應超過最大電壓降）；然後求出負荷值 and 電能消耗量（乘以車間或工段的工作小時數）；其次計算線路中的年電能損耗量；最後，即最常遇到的情況，為選擇導線截面，使其不超過允許的過熱程度。由於供電電源的選擇、線路的敷設方式及導線和電纜的截面均隨負荷大小而變化，因此確定計算負荷有着極其重大的意義。如果計算負荷估計過低，將造成電氣設備的各個元件過早損壞，達到危險程度的過熱和電能的大量損失；反之，如果計算負荷估計過高，將不可避免地造成國民經濟的浪費。

在下面我們簡單地討論確定負荷的最新方法，並指出適宜於根據溫昇條件計算車間線路的導線及電纜的輸電能力和計算線路中的電能損失的各種可能方法。

應該指出，要想得到一個確定負荷的共同方法，我們必須考慮各種生產的特點。例如，造紙工業和紡織工業，其各種機械的負荷曲線是相當穩定和均勻的。此外，這些工業部門還有着單位電能消耗定額。因此，確定其負荷是極為簡單的。

但是，金屬加工車間及與之相類似的車間，其負荷之確定是極為複雜的。第一，這種車間內有着各種不同特性的用電設備，例如，電阻爐及通風機等為連續工作制；吊車用電動機及弧焊設備為反復短時工作制；金屬切削機床的單獨傳動裝置有着極為多種多樣的負荷曲線以及其他用電設備等。第二，每一單獨的機床（標準型的機床亦是如此）很難有一定的負荷曲線或單位電能消耗量，因為其負荷不僅僅隨機床的型式，而且也隨生產獨具的特點（其生產是經常改變的）而變化。

關於確定工業企業負荷的問題，早已引起蘇聯學者和工程師們的注意，而且

對這一問題在各個權威的定期刊物上亦展開了廣泛的、多次的討論*。

要確定金屬加工車間及與之相類似的車間的負荷是極為複雜的，而且，此種車間，在工業企業中佔着極大的比重。因此，大部分工作均花費在金屬加工車間的計算上。

近年來，對負荷計算的研究工作獲得了進一步的發展和深入，而且也分析了各種工業企業的負荷，其目的在於求出實際的負荷值。

根據輸電能力來實際計算車間線路的導線及電纜的計算負荷，提出了數個方法，其中大多數是根據用電設備的設備容量及其對應的需要係數值，即：

$$k_0 = \frac{P_p}{P_n} \dots\dots\dots (1)$$

式中， P_p —計算的最大負荷，瓩；

P_n —用電設備的設備容量（額定容量），瓩。

在確定計算負荷的方法中，最為普遍應用的便是二項式的經驗公式。此一公式早在 1937 年即為 A. C. 利夫什茨所提出，當時用以計算金屬切削機床的電動機，後來普遍用以計算其他的成組用電設備（例如吊車用電動機、水泵及通風機用電動機等）。

此一確定計算負荷的方法 [1] 註 主要是根據下述公式：

$$P_p = aP_n + bP_n - n_x,$$

$$\text{或 } P_p = cP_n + bP_n \dots\dots\dots (2)$$

式中， a 、 b 及 c —係數，同一工作制的用電設備組的常數；

P_n —該組用電設備中 n_x 台容量最大的用電設備總設備容量；

P_n —該組所有用電設備的總設備容量。

利夫什茨的經驗公式不能用分析的方法得出結論，而且其中的各個係數均有一定的物理意義。

從公式 (2) 中可以得出 n 台同一容量的用電設備組的需要係數 k_0 的計算公式：

$$k_0 = b + \frac{n_x c}{n} \dots\dots\dots (3)$$

如果為 n 台不同容量的用電設備組時，則

$$k_0 = b + \frac{n_x c}{n_0} \dots\dots\dots (4)$$

* 應該指出，國外的技術書籍對這一問題是根本沒有談到的。

註：(1) 中的數字係指書後參考書籍的編號。

式中， n_0 —該組用電設備的有效數量（換算成最大用電設備平均容量的有效數量），約等於 $\frac{P_n n_x}{P_{n_x}}$ 。

公式(3)及(4)為等邊雙曲線的恒等式，根據該雙曲線，當 $n \rightarrow \infty$ 時，需要係數接近於係數 b 值。因此，係數 b 值可以視為需要係數而與該工作制的最大數量的用電設備相對應，並且就其數值而論，接近於設備容量的利用係數值：

$$k_u = \frac{P_{cp}}{P_n} \dots\dots\dots (5)$$

式中， P_{cp} —負荷最大的一班中的平均負荷。

這就是係數 b 的物理意義。

n_x 台用電設備組的數量愈大，則 k_u 的曲線愈彎陡。

二項式中的係數 a 、 b 及 c 值需根據同一工作制用電設備組的觀測資料確定，以使根據連續允許負荷（等於計算負荷）所選擇的導體在負荷時不致超過允許的溫度，但短時間的過負荷所引起的少許過熱情形例外。

確定最大計算負荷的任務即在於求出最大的計算「溫昇」。

為此，「電氣安裝總局」所屬機構對工業企業的負荷進行了許多研究工作，獲得了很多的觀測資料，其研究的步驟如下：

根據有效電能計算表的指示值（每十分鐘的指示值），繪製同一工作制的用電設備組在負荷最大的一班中每十分鐘的平均有效負荷曲線，根據此一曲線再繪製導體的溫昇曲線。在繪製溫昇曲線時，同時也利用觀測所得的總平均功率因數 $\cos \varphi_{cp}$ 、 α_{30} 及預先選擇好的導線截面、敷線方式及與之相適應的溫昇時間常數。圖1 所示者即按上述方法繪製的工具車間三相線路的負荷曲線，該線路係對機床傳動裝置的電動機組供電，整個車間的總平均功率因數 $\cos \varphi$ 為 0.56，線路的電壓為 380 伏，所採用的導線為絕緣銅線，其截面為 50 平方公厘，導線裝在瓦斯管中（溫昇的時間常數 $T = 23.5$ 分鐘）。導體的溫昇曲線係按下述公式繪製：

$$\tau = \tau_s \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}},$$

式中， $e = 2.718$ （自然對數的底）；

τ_0 —最初的過熱值；

τ_s —該負荷規定的過熱值。

任一負荷 P 的規定過熱值 τ_s 可按下述公式計算：

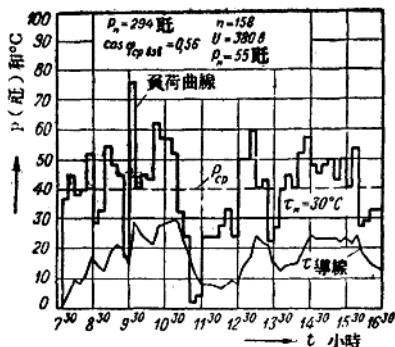


圖 1 機床用電動機組的負荷曲線。

準，該導線截面的連續允許負荷為 $P_n = 55$ 瓩，這與最大的「溫昇」或最大的計算負荷相適應。

如果所繪製的溫昇曲線與允許的過熱值有顯著的差異，則必須選擇另一截面的導線，並為其重新繪製溫昇曲線。

根據上述求最大計算負荷的方法所得出的該用電設備組的負荷曲線與該用電設備組的設備容量即可求出需要係數。需要係數值是根據同一工作制及不同工作制的各組用電設備的觀測資料確定的，需要係數的各種數值主要是根據用電設備的有效數量用點表示於總圖上。根據圖上的各點再繪出需要係數的曲線。最後根據曲線選擇係數 α 、 b 及 c 值以及 n_x 值。

根據此種「加工的」觀測資料所得出的二項式，用以確定計算負荷（瓩），特別是用以確定小批及單獨生產的機床用電動機組的計算負荷，其公式如下：

$$P_p = 0.4P_5 + 0.14P_n,$$

式中， P_5 —該用電設備組中五台最大容量的電動機的設備容量，瓩。

在此種情況下，功率因數的計算值採用 0.5。

當計算不同工作制的用電設備組的二項式很多時，則不同工作制的用電設備之供電線路，其各個組成部分的總計算負荷，可按下述方法求得：即將自該線路的組成部分獲得供電的所有用電設備組的 bP_n 值相加，再加上所有用電設備組中最大一組的 cP_{n_x} 值，即：

$$P_n = (cP_{n_x})_{\max} + \sum bP_n, \dots\dots\dots (6)$$

$$\tau_s = \tau_n \frac{P_s}{P_n^2},$$

式中， τ_n —在該功率因數值及連續允許負荷 P_n 時導體的規定過熱值（當周圍空氣的溫度為 25 °C 時， τ_n 約等於 30 °C）。

從所求得的溫昇曲線上可以清楚地看出，導體的過熱溫度未超過且接近於所允許的標準過熱溫度。因此，所採用的導線截面與該負荷曲線相適應，即根據標準，該導線截面的連續允許負荷為 $P_n = 55$ 瓩，這與最大的「溫昇」或最大的計算負荷相適應。

上述確定計算負荷的方法，雖然獲得了極為普遍的應用，但是不能承認在理論上有充分的根據，而且在計算線路時也不能滿足實際的要求。

首先，根據二項式所求得的計算負荷，只是假定的數值，僅能用以根據溫昇選擇線路的各個組成部分，而不能用以根據該計算負荷求出線路中的電壓損失、電能損失及電能消耗量。

同樣二項式所確定的計算負荷，也不能作為按電流的經濟密度（計入電能的損失）來選擇導體截面的依據。此外，根據觀測資料來確定該公式中的計算係數也是極不準確的。因為用電設備組單獨的 k_0 值與全組的需要係數的曲線繪於共同的圖表上，雖然其工作制相同，但是利用係數 k_M 值則相差懸殊。

當用電設備的工作條件與觀測的條件相同時，利用曲線，在一定程度上能保證負荷不超過計算值，但是並不能認為負荷即等於計算值。由此可知，就該方法的根據而論，其結果總是得出較高的負荷。

此外，計算公式(3)及(4)，對於確定最大「溫昇」的 k_0 來說，只表示了其與 n_2 及 n_3 台用電設備間的函數關係，而未考慮到導體溫昇時間常數的變化。溫昇的時間常數值通常隨許多因素變化，即隨導體材料種類、截面大小、敷線方式和敷線條件及絕緣材料等條件而變化。

上述計算公式同樣也未考慮到以下情況，即當線路的電壓不同但負荷相同時，其計算電流（即導體截面與溫昇的時間常數）將不相同。

除上述利用二項式確定負荷的方法外，還有 B. A. 羅捷尼貝路格(розенберг)的方法亦獲得了普遍的應用，該方法係以用電設備組的需要係數 k_0 為根據，即：

$$k_0 = k_M k_M = k_M \frac{k_0 k_2}{\eta_{cp}} \dots\dots\dots (7)$$

式中， k_M —最大係數，等於 $\frac{P_p}{P_{cp}}$ ；

k_M —設備容量的利用係數；

k_0 —用電設備的平均接用係數；

k_2 —用電設備的平均負荷係數；

η_{cp} —用電設備的平均有效係數（效率）。

根據或然率的理論，為最大係數 k_M 繪出了一條函數關係曲線，該曲線係為不同數值的利用係數 k_M 與不同數值的最大計算負荷（十分鐘的、三十分鐘的及一小時的最大負荷）與 n_3 台有效數量之用電設備的函數曲線。

當利用係數值等於二項式中的係數 b 值及用電設備為數甚多時，羅捷尼貝路格的方法所得出的結果，實際上與二項式所求得的計算負荷值相同。但是，利

用羅捷尼貝路格的方法來確定不同容量及不同工作制的大量用電設備的總計算負荷，較之利用二項式的方法要花費更多的時間，因此在實際確定工業企業電氣線路的計算負荷時，此一方法未獲得進一步的發展和普遍的採用。

利用二項式以及其他截至目前仍採用的方法來確定計算負荷的缺點，自然促使必須尋找新的捷徑來分析和計算工業企業電氣線路的理論根據。

近年來對這一問題曾進行了許多研究工作〔2〕，其目的在於研究出計算線路時所需的各種物理參數和在現有工業企業中進行實際的校驗。在下面我們對確定工業企業電氣線路的負荷進行分析和尋找理論根據所應用的新捷徑作一簡單的討論。

為了以後便於敘述起見，我們必須首先說明根據研究各種工業企業的負荷而得出的負荷曲線的特性，此種負荷曲線均為重工業企業營造部（МСПТИ）所屬「電氣安裝總局」各機構從實際研究中得出的。首先這些數據表明：三相交流用電設備組的總負荷曲線與負荷的變化程度無關，而具有極為穩定的功率因數值，因此在實際計算時，功率因數完全可以採用不隨負荷而變化的常數。因此，有效負荷與無效負荷（有效電力及無效電力）曲線以及電流負荷曲線彼此相似。為了分析曲線，特別是確定負荷的有效電流（均方根值）和繪出導體的溫昇曲線，僅根據有效負荷曲線即已足夠。

圖2所示者為機床製造工廠機械車間的有效負荷典型曲線，機床用電動機組

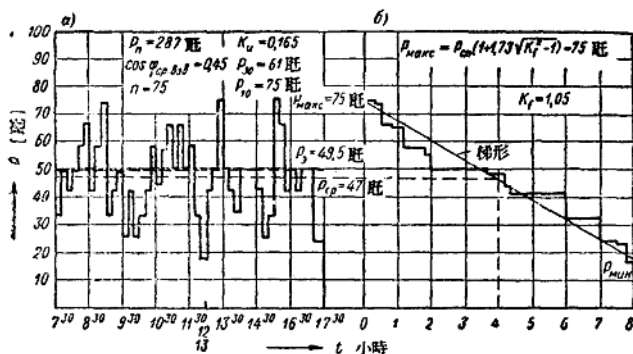


圖2 機械車間的機床用電動機組的負荷曲線

a—日班負荷曲線；b—持續負荷曲線

的總設備容量為 287 瓩，其總數量為 75 台。 $n_3=45$ 。在此種情況下，僅僅根據有效電能計算表十分鐘的指示值繪出日班工作小時的（不計入午間休息時間）負荷曲線。

除十分鐘最大負荷的平均值 P_{10} 外，在圖上還標出了三十分鐘最大負荷的平均值 P_{30} 。

根據每班小時數繪出負荷曲線的同時，還根據一班的持續時間繪出了與之相對應的十分鐘的平均負荷曲線，亦即負荷沿橫座標下降的調整曲線。

顯而易見，根據持續時間所繪製的分段（級）負荷曲線，如果以光滑的曲線來表示時，幾乎接近於直線而變成梯形。此一直線的恆等式如下：

$$P = P_{\max} - \frac{(P_{\max} - P_{\min})}{T_c} \cdot t \dots\dots\dots (8)$$

式中， T_c —每班的持續時間（週期），在我們所研究的例題中為 8 小時。

$$\text{由於 } P_{cp} = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2}$$

故恆等式(8)又可化為：

$$P = P_{\max} - \frac{2(P_{cp} - P_{\min})}{T_c} \cdot t \dots\dots\dots (9)$$

分析許多負荷曲線的結果證明：根據持續時間所繪製的此種曲線形式，可以作為不同工作制用電設備所有的總負荷曲線。這就表示：甚至連小量用電設備的總負荷曲線通常亦無間斷，從 $P_{\min}$ 至 $P_{\max}$ 各值間的負荷都是均勻的。此點圖 3 可資證明，該圖的曲線為小型電氣吊車組（車間一個跨度內四個吊車）的總負荷曲線。

根據持續時間所繪製的負荷直線，其傾斜度按形狀係數值確定，當功率因數恆不變時，形狀係數為：

$$K_f = \frac{P_{\theta}}{P_{cp}} = \frac{I_{\theta}}{I_{cp}} (\geq 1) \dots\dots\dots (10)$$

式中， P_{θ} —有效負荷的均方根值；

P_{cp} —有效負荷的平均值；

I_{θ} —負荷電流的有效值（均方根值）；

I_{cp} —負荷電流的平均值。

對於梯形的負荷曲線來說〔2〕， K_f 值可能從 1（此時負荷曲線為直線，平行於橫座標）變化至 $K_f = 1.16$ （此時梯形的負荷曲線變成三角形，其間有中斷，這是單獨用電設備獨具的負荷曲線）。

知道了負荷曲線的形狀係數 K_f 及 P_{cp} 值後即甚易確定 $P_{\max}$ 及 $P_{\min}$ 值。

對於梯形負荷曲線($K_f \leq 1.16$)來說, 這些數值等於:

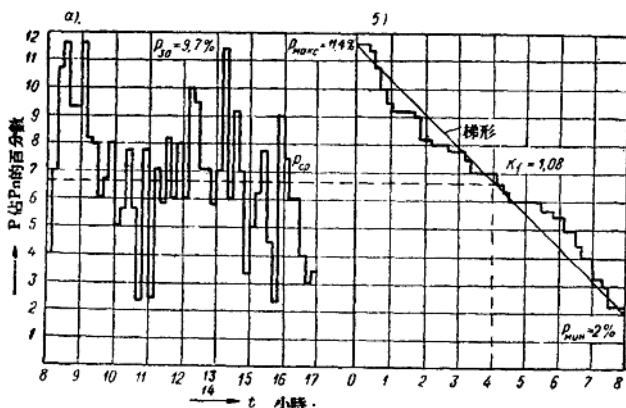


圖 3 吊車用電動機組的負荷曲線
a—日班負荷曲線; б—持續負荷曲線。

$$P_{\max} = P_{cp} \left(1 + 1.73 \sqrt{K_f^2 - 1} \right) \dots\dots\dots (11)$$

$$P_{\min} = P_{cp} \left(1 - 1.73 \sqrt{K_f^2 - 1} \right) \dots\dots\dots (12)$$

在大多數情況下, 各個用電設備的負荷曲線均有中斷情形, 因此, 對於某些用電設備來說, 根據持續時間所繪製的曲線為矩形或三角形。圖 4 可作為此種負荷曲線的實例, 該圖為電弧煉鋼爐的負荷曲線, 其形狀為三角形, 形狀係數 $K_f = 1.5$ 。

對於此種負荷曲線來說, 其形狀係數 $K_f \geq 1.16$, 與公式(11)相類似。

$$P_{\max} = \frac{3}{2} K_f^2 P_{cp} \quad t = \frac{4}{3 K_f^2} \cdot \theta \dots\dots\dots (13)$$

式中, θ ——工作班的工作時間;

θ ——持續時間(一工作班的)。

上述根據持續時間所繪製的工業負荷的特性曲線, 為 Г. М. 卡雅洛夫第一次提出, 他同時也指出了各個數值間的關係。如果知道設備容量的利用係數, 則公

式(11)及(12)中的 P_{cp} 值即可根據公式(5)求出。

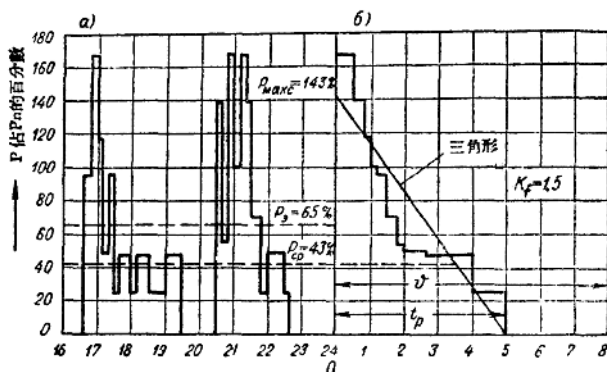


圖 4 電弧煉鋼爐的負荷曲線。

首先，用電設備組的總負荷曲線的形狀係數，應用或然率的理論，可以用單獨用電設備在一個工作班中的負荷曲線之形狀係數表示，即：

$$k_f = \frac{i_g}{i_{cp}},$$

式中， i_g —用電設備在一個工作班中的負荷電流之有效值；

i_{cp} —用電設備在一個工作班中的負荷電流之平均值。

對於利用係數 k_u 及負荷曲線的形狀係數 k_f 相同的用電設備組來說，其總負荷曲線的有效負荷電流可以用簡單的等式表示如下：

$$I_g = \sqrt{\left(\sum_k i_{cpk}\right)^2 + \sum_k (i_{gk}^2 - i_{cpk}^2)},$$

或

$$I_g = k_u I_n \sqrt{1 + \frac{k_f^2 - 1}{n_g}} = I_{cp} \sqrt{1 + \frac{k_f^2 - 1}{n_g}}, \dots\dots\dots(14)$$

式中， $I_n = \sum_k i_{nk}$ —該組所有用電設備的額定電流總和；

$$n_g = \frac{\left(\sum_k i n_k\right)^2}{\sum_k i^2 n_k} \text{— 用電設備的有效數量 (考慮到有不同容量的用電設備)。$$

此時，用電設備組的總負荷曲線形狀係數^{*}：

$$K_f = \frac{P_g}{P_{cp}} = \frac{I_g}{I_{cp}} = \sqrt{1 + \frac{k_f^2 - 1}{n_g}} \dots\dots\dots (15)$$

現在我們舉一計算的實例加以說明。假定用電設備組由十台同容量的機床用電動機組成，共 $k_f = 1.4$ ，則用電設備組的負荷曲線形狀係數為：

$$K_f = \sqrt{1 + \frac{1.4^2 - 1}{10}} = 1.05.$$

顯而易見，當單獨用電設備的形狀係數值甚大時，其總負荷曲線的形狀係數值，即使在用電設備為數甚少時亦將顯著降低。

關於這一點，從現有工業企業中觀測所得的總負荷曲線亦可證明，其形狀係數大大地超過1.05。

當單獨用電設備在一個工作班中負荷曲線為矩形時，其負荷曲線的形狀係數 k_f 可用相對的接用持續時間表示，或者用接用係數 k_g 表示，此係數為一個工作班的工作時間 t_p 與一個工作班的持續時間 φ [3] 之比，即：

$$k_f = \frac{1}{\sqrt{k_g}}.$$

此時公式(15)變為：

$$K_f = \sqrt{1 + \frac{1 - k_g}{k_g n_g}}, \dots\dots\dots (16)$$

即與 H. B. 考貝多夫 (Копытов) 早在三十年代所提出的吊車負荷曲線形狀係數相類似。

當 $n_g > 3-5$ 時，公式(16)可以簡化為下式，而且在實際計算中能達到極大的準確度：

$$K_f = 1 + 0.5 \frac{(1 - k_g)}{k_g n_g} \dots\dots\dots (17)$$

將公式(15)及(16)中的 k_f 值代入公式(11)中後， P_{max} 可以下式表示：

* 計算總負荷曲線的公式(14)亦適用於下述情況，即總負荷曲線一個工作班的持續時間大大地超過單獨用電設備負荷曲線一個工作班的持續時間。

$$P_{\text{макс}} = P_{\text{ср}} \left(1 + 1.73 \sqrt{\frac{k_f^2 - 1}{n_p}} \right) = P_{\text{ср}} \left(1 + 1.73 \sqrt{\frac{1 - k_g}{k_g n_p}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{或者 } P_{\text{макс}} &= \left(1 + 1.73 \sqrt{\frac{k_f^2 - 1}{n_p}} \right) k_u P_n = \\ &= \left(1 + 1.73 \sqrt{\frac{1 - k_g}{k_g n_p}} \right) k_u P_n. \dots\dots\dots (18) \end{aligned}$$

如果用電設備的利用係數及負荷曲線的形狀係數或其接用係數（當各個單獨用電設備的負荷曲線為矩形時）已知，公式(18)能計算出總設備容量為 P_n 的同工作制的用電設備組的 $P_{\text{макс}}$ 。

應該指出，公式(18)是我們根據對總負荷曲線（此一曲線係根據有效電能計算表十分鐘的指示值繪製）進行分析的結果而得出的，故此處對 $P_{\text{макс}}$ 應理解為十分鐘的平均最大負荷。

知道了 $P_{\text{макс}}$ 及 K_f 值後，我們即可計算 $P_{\text{мин}}$ ，並可根據持續時間（既可根據下降負荷，亦可根據上升負荷）寫出負荷曲線的恆等式，該恆等式與公式(8)相類似，即：

$$P = P_{\text{макс}} + (P_{\text{макс}} - P_{\text{мин}}) \frac{t}{T_G} \dots\dots\dots (19)$$

此一等式正如 Г. М. 考雅洛夫所證明，在根據最大的過熱溫度選擇導體截面時，無過多的餘裕，因為絕緣線及電纜的溫昇時間常數遠小於一個週期（一個工作班）的時間。因此為了溫度能達到接近最大溫度，我們可以充分地假定，十分鐘的平均最大負荷中，其某些時間的增加值是極小的。

導體過熱所達到的最大溫度（首先是在可變負荷時），必須根據兩個獨立的條件確定，即導體的溫度即使在短時間內亦不超過危及絕緣的最大允許範圍 $\theta_{\text{макс}}$ ；及導體絕緣的年折舊率不超過按標準所規定的連續負荷時的正常值。

為了選擇導體截面，在圖5上繪出了1千伏以下紙絕緣三心電纜的曲線（電纜為架空敷設），該曲線係 Г. М. 考雅洛夫根據公式(19)的曲線恆等式及 $\theta_{\text{макс}} = 110^\circ\text{C}$ 時而繪出的。

利用該曲線，電纜的截面可以根據平均負荷（在曲線上為 $I_{\text{ср}}$ ）及負荷曲線的形狀係數 K_f 確定。顯而易見，當 $K_f \leq 1.02$ 時，圖上的曲線成直線。此時，絕緣因熱而受到的損傷成為決定性的因素。而當 $K_f > 1.02$ 時，則導體溫昇的

最大溫度 $\vartheta_{\max}$ 應等於 110°C 。

由於在大多數情況下，總負荷曲線的 $K_f > 1.02$ ，故在計算線路時，按導體的構造及其敷設條件正確規定 $\vartheta_{\max}$ 值具有決定性的意義。

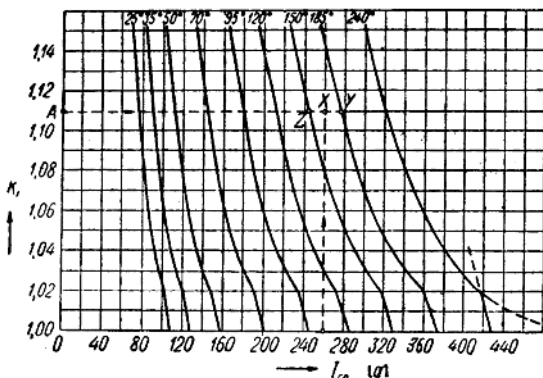


圖 5 選擇 1 千伏以下紙絕緣三心電纜（架空敷設）的截面用曲線。

本例中所採用的數據如下：當 $I_{cp} = 360$ 安培及 $K_f = 1.11$ 時，必需的

的截面為 $q = 3 \times 185$ 平方公厘，而 $\vartheta_{\max}$ 為 $35 + 85 \left(\frac{AX}{AY} \right)^2 =$

103°C （當 $q = 3 \times 150$ 平方公厘時， $\vartheta_{\max} = 35 + 85 \left(\frac{AX}{AZ} \right)^2 =$

$117 > 110^{\circ}\text{C}$ ）。

從曲線上可以找出任一截面電纜的下述關係，即從 K_f 值由 1.0 變化至 1.16 時可求出計算的最大係數 k_u （等於該截面電纜的連續允許負荷與平均負荷之比）。

對於所有各種截面的電纜來說，計算的最大係數變化的範圍從 1.0 至 1.53。

從曲線上同時也可以清楚地看出，不同截面電纜的曲線極接近於直線，因此，在實際計算中，可以以直線來代替該曲線，此時該曲線便不必要。而最大的計算負荷 P_p ，以及根據此最大計算負荷而確定的電纜截面，可以按下述簡單的等式計算：

$$P_p = k_u P_{cp} = \left[1 + \frac{0.53}{0.16} (K_f - 1) \right] P_{cp} = (3.3 K_f - 2.3) k_u P_n \dots (20)$$

或者

$$I_p = (3.3 K_f - 2.3) k_u \frac{P_n}{\sqrt{3} U \cos \varphi} \dots (21)$$

將公式(15)中的 K_f 值代入公式(20)中得:

$$P_p = \left(3.3 \sqrt{1 + \frac{k_f^2 - 1}{n_g}} - 2.3 \right) k_u P_n \dots\dots\dots (22)$$

對於具有矩形負荷曲線的用電設備組，亦可按公式(17)計算:

$$P_p = \left[1 + 1.65 \frac{(1 - k_g)}{k_g n_g} \right] k_u P_n \dots\dots\dots (23)$$

由於大量用電設備的總負荷曲線之形狀係數 K_f 值極小，而且在最大負荷的一班內亦很少超過1.05(不計入午間休息時間)，故確定對大量用電設備 ($n_g > 50$) 供電的電纜之計算負荷時，在實際運算中可以利用下述簡單的公式:

$$P_p = 1.15 \sum_k k_{uk} P_{nk} \dots\dots\dots (24)$$

從公式(22)–(24)可以清楚地看出，當用電設備為數甚多時，正確地採用設備容量的利用係數對確定 P_p 值具有決定性的意義。

公式(22)及公式(23)的主要優點，在於應用時僅需知道利用係數，形狀係數或用電設備的接用係數值，而此類數值利用有效和無效電能計算表及安培平方小時表在每班開始及終了時的指示值研究工業企業的負荷極易求出。

公式(22)及公式(23)同樣也具有應用的普遍性，當利用每一生產工序的單位電能消耗定額來作為計算的原始數據時，這些公式亦可採用。

公式(22)及公式(23)能求出計算的最大有效負荷，因此用來確定三相交流線路中的視在負荷時，除形狀係數 K_f 及利用係數 k_u 值外，還必須規定出功率因數值。

如前述觀測資料所證明，甚至在負荷曲線變化極大時，功率因數的變化極小，因此功率因數值與負荷大小無關，對於同一工作制的任一用電設備組來說，可以採用該組的總平均功率因數值。

上述根據係數 k_u 確定負荷的方法，還具有另一優點，即與確定最大計算負荷的同時，還能計算出平均負荷和電能消耗量。

為了更進一步說明上述公式的用途，我們在下面舉出計算線路電力負荷的實例。在計算時既根據輸電能力(應用二項式的方法)，又根據上述新的即所謂負荷調整曲線的方法。

今有一三相交流電動機組，帶動同一工作制的機床傳動裝置，試確定其負荷並選擇以380伏電壓供電的電纜截面。

該電動機組中，額定容量為20瓩者六台，額定容量為8瓩者八台，故電動