

工厂电气设备的 合理使用

巴 因 著



机械工业出版社

工厂电气设备的合理使用

巴 因 著

关 征 宏 译



机械工业出版社

1956

出版者的話

在節約電力的措施中，提高工業企業電氣設備的功率因數是一項積極而有效的辦法。我國的社會主義工業建設正在以飛躍的速度向前發展，將有很多巨大的新型工業企業很快建成，電力的需要量也將隨之而顯著增加。因此，節約電力，合理利用電氣設備，保證供給工業發展所需要的電力是每個電氣工作人員不可忽視的任務。

本書總結了蘇聯一個工廠在提高功率因數方面的經驗。書中詳細地論述了各車間電氣設備的特性及其對功率因數的影響。針對各車間的特點和電氣設備的性能提出了很多實用的方法。書內並舉了很多實例，指出了各種提高功率因數方法的優缺點，並分析了其經濟價值。此書文字簡短、明瞭，而內容又實用，可以說是一本較好的讀物，可供設計人員及一般工廠電氣設備安裝和維護人員參攷。

蘇聯 Б. С. Паин 著 'Рациональное использование электрического оборудования заводов' (Водтрансиздат 1954 年版)

*

*

*

NO. 1109

1956 年 8 月第一版 1956 年 8 月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字數 41 千字 印張 2 00,001—12,000 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 009 號 定價(10) 0.34 元

目 次

緒論.....	5
一 功率因数的概念.....	6
二 机械加工車間的功率因数.....	9
三 鍛工車間的功率因数.....	14
四 空气壓縮机站和其他車間的功率因数.....	17
五 鐸接車間的功率因数.....	19
六 变电所負荷值对功率因数的影响.....	29
七 用选择容量适当的电动机的方法提高电气設備 的功率因数.....	32
八 用降低負荷不足的感应电动机的回路电压方法 提高功率因数.....	36
九 用提高电气設備修理質量的方法提高功率因 数.....	41
十 功率因数的人工提高方法.....	43
十一 利名得工厂提高功率因数措施的实际效果.....	59

緒 論

苏联共产党第十九次代表大会在保證完成第五个五年計劃任务的重要措施中指出，在所有大的和小的經濟建設部門中必須不斷地執行節約制度，提高企業的利潤。苏联共产党第十九次代表大会關於1951~1955年苏联發展第五个五年計劃的指示給經濟工作人員提出了挖掘和利用生產潛力以及最大限度利用現有生產能力的任务。

減少電力損失和提高電氣設備的功率因數 ($\cos \varphi$) 是每個企業的內部潛力之一。

功率因數是企業內電氣設備使用狀況和利用程度的最有代表性的指標。因此，應當重視提高功率因數的問題。

在每個企業內都有提高電氣裝置功率因數的可能性。

形成交流磁場的非生產性電力損耗是電氣裝置中電力損失的一個根源。電力損失的大小是由電路中電感來確定。在照明裝置中沒有電感，其功率因數等於一。

由交流感應電動機，變壓器和鉗接設備等組成的電力裝置中的功率因數有時降到很小的數值 ($0.4 \sim 0.5$)。取掉變壓器和電動機的多余容量，使安裝容量利用到75%以上，正確地使用和及時地修理設備，都可以提高功率因數。功率因數提高以後，就可以接入新的設備而不增加電廠的安裝容量，有效地利用其容量，提高線路的載流能力，減少電力損

失，降低每千瓦/小時的燃料消耗量，減少單位產品的電力消耗。

在造船-修船廠內功率因數必須提高到 0.90~0.96。

海上運輸部和內河運輸部所屬企業的電氣工作人員必須創造新方法，繼續提高自然功率因數，僅在必要的情況下採用人功補償方法。

一 功率因數的概念

很多的用電設備都具有電感特性，這些設備所用電力的某些部分是消耗於建立交流磁場。這部分電力叫做無效電力。

有電感的用電設備除了需要有效電流外，還需要由線路供給無效電流。合成電流系由有效分量和無效分量的幾何和所組成。

形成磁場的電流無效分量 I_r 與電流的有效分量 I_a 之間的相移為 90° （圖 1）。

合成電流與使用電壓之間的相移為角 φ ，其餘弦就叫做功率因數

$$\cos \varphi = \frac{I_a}{I}。$$

電流的無效分量值 I_r 幾乎與用電設備的負荷無關。如 I_r 的值不變，減小 I_a 時，則角 φ 將增大，其角余弦將減小，相反，有效分量 I_a 增大時，將使角 φ 減小，也就是增大了功率因數。

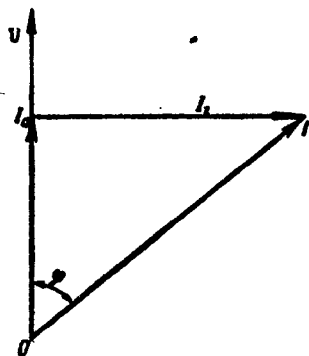


圖 1 電壓和電流的向量圖

一定的有效功率和無效功率有相应的有效电流和無效电流。机組所需的全部功率与合成电流相符合，此功率叫做視在功率 (P_K)。有效功率 (P_a) 用於做实际工作，而無效功率則消耗於电磁場的形成。

功率因数可根据下式确定

$$\cos \varphi = \frac{P_a}{P_K}。$$

由此可以看出，功率因数表示电气設備利用到何种程度。

設備的功率因数与个别机組的負荷有关。

例如，当感应电动机的負荷不小於額定容量的 75% 时，其功率因数的平均值可达 0.75 ~ 0.80。負荷不足或过負荷时都将降低感应电动机的功率因数 (圖 2)。

感应电动机空轉，同时电流的無效分量並不大量降低，这将使电动机的功率因数降低到 0.2~0.3。

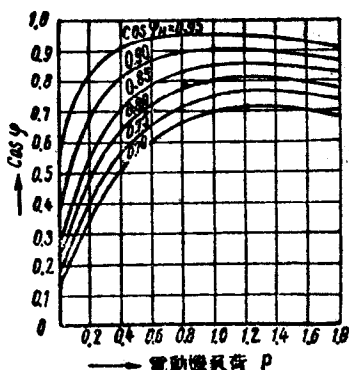


圖 2 不同負荷时感应电动机的功率因数

应当指出，低轉数感应电动机的額定功率因数比同容量高轉数电动机的額定功率因数較低 (見圖 2)。

鼠籠式电动机具有較高的功率因数。

在造船厂內，同时也進行工作量很大的各种机船的修理工作，不可能随时安排成批生產。因此設備的生產能力不能充分地利用。常常有这种情况，如机械加工車間机床所用电

動機的容量為 16 仟瓦，在零件加工過程中電動機的容量僅利用到 10~12%。此時，電動機的功率因數不超過 0.23。這個例子可以充分地說明正確地組織工藝過程具有多么重大的意義。

在每個企業中，所需功率的一定部分（無效功率）是消耗在非生產上。減少非生產所消耗的電力可以採取各種技術和組織措施來實現。

工業電氣設備所需的無效功率一般分配如下：感應電動機為 65~70%；電力變壓器為 20~25%；架空線為 10%。

在造船-修船廠內，由於銲接設備的數量很多，其容量有時達到總安裝容量的 50%，所以無效功率的分配情況也有些變化。例如，在利名得工廠（Лимендский завод）所需的無效功率分配如下：感應電動機為 40~50%，電銲變壓器為 20~25%，電力變壓器和線路為 15~25%。

功率因數分為兩種：自然加權平均功率因數和總加權平均功率因數。

自然功率因數即在沒有專用的人工補償裝置時所達到的功率因數。

在船舶製造企業中，即使充分利用改善電氣設備運轉指標的內在潛力，其自然功率因數平均亦不超過 0.7。

總功率因數是考慮到採用補償裝置而確定的平均功率因數。

下面我們來研究功率因數低的原因和根據利名得造船-修船廠的經驗提高功率因數的方法。

二 机械加工車間的功率因数

在造船—修船厂的机械加工車間內零件加工的工藝过程要根据修船工作的性質和范围而确定，因而也就使机床及其电动机具有不同負荷。

在進行修船工作时，不能經常保証在机床上成批加工同类零件。时常使机床的負荷很低或空轉時間很多。

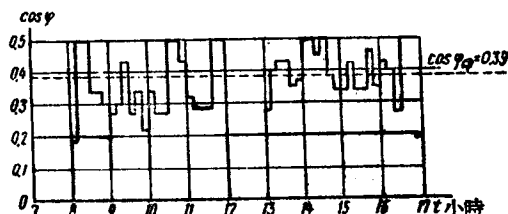


圖3 机械加工車間內机床电动机的功率因数变动圖表

利名得工厂机械加工車間內设备的电力驅動大多数为各式的感应电动机。在大多数情况下，这种鼠籠式感应电动机的轉数每分鐘不超过1500轉。國家內河运输設計院工作組在檢驗机械加工車的功率因数时曾确定其值在0.47~0.55的范围内变动(圖3)。由於功率因数这样低，曾進行研究机床电动机需要大量無效功率的原因(圖4)。試驗指出，机械加工車間的功率因数之所以这样低是因为感应电动机的負荷很低和空轉時間太多。車床、立式車床、鉋床和其他机床所用电动机的容量过大，与这些机床所負担的工藝操作不符。車間內很多电动机(75%)在工作时負荷只有40~35%，而大型机床的电动机，70%的工作時間的負荷只达其功率的30%。如車床电动机的容量为11千瓦，在加工曲軸时負荷到85~

92%，而在加工較小的零件時只負荷到30~25%。很明顯，這樣電動機的功率因數是不超過0.3的。

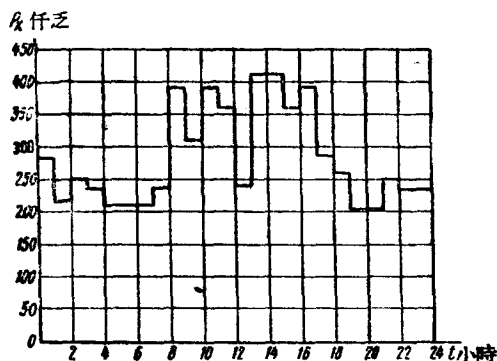


圖4 機械加工車間机床电动机所消耗無效功率的圖表

還有毫無根據地增加机床電動機的容量。如某車床電動機的容量為7仟瓦，却換用10仟瓦的電動機。換用的理由是因為假日以後電動機很難起動。經以後查明，起動困難是因為机床的變速箱內充滿了過黏的油，產生了很大的附加損失。把黏油換掉以後，7仟瓦的電動機足可完成机床所負的任何操作，同時有40%的工作時間電動機還要欠載15~20%。

正確的潤滑有很大的意義。可是實際上對机床潤滑的檢查是不按期的，對机床的各種軸承時常是採用一種潤滑（這樣是不正確的）。

概略的計算指出，僅用消除車床電動機欠載的方法就可將自然功率因數提高到0.75~0.78。

不是在任何情況下都可能用其他電動機來替換欠載的電動機（例如安裝在机床內的電動機，法蘭盤接合的電動機等）。在這種情況下必須降低電動機的工作電壓，可將功率

因数提高3%~5%。

消除机床的空轉對於提高机械加工車間电气设备的功率因数具有决定性的意义。

大多数机床的电气驅動系統都能直接使主軸停止轉动，而不停止电动机。在度量加工零件和重新裝卡加工零件时，都將使电动机陷於空轉。在工人到工具室換車刀时，曾發現电动机空轉达25分。

但是机床电动机的空轉不都是由於工人疏忽而造成。有时閘刀开关和組合开关安裝在距机床5~7公尺远的配電盤上。为了开啓和关闭开关工人要走到配電盤去，然后再回到机床，此时电动机就在空轉。把电动机电磁啓动器的按鈕直接裝在机床上可以消滅这种現象。在机床上还应当安裝專用的空轉限制器。这种限制器在任何的机械工場內都能制造。限制器的动作原理如下：机床电动机的电磁起动机与主軸操作手柄的动作相配合而接於線路，操作手柄可閉合起动机器的按鈕(圖5)。在机床的手柄上可以安裝一个双凸輪墊圈，在向上轉动时閉合常开按鈕「开」，在向下轉动时打开常閉按鈕「停」。

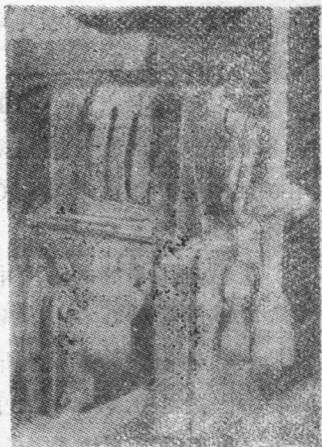


圖5 在主軸停止时关掉 ДМН-200型机床用电动机的接触裝置

空轉限制器有各种不同的構造。但無論其構造如何，安裝在机床上的按鈕必須接於操作回路，並僅能接通电磁起动机線卷的电源，电动机的工作电流通過操作按鈕是不允

許的。

这里介紹一种 ДИП-300 型車床电动机用的空轉限制器（圖 6），其結構为諾索夫（М.В.Носов）所設計，在造船厂內使用的效果很好。

任何生產过程的改变，頻繁更换机床上的加工零件等現象对金屬冷加工車間的功率因数影响很大。

在利名得工厂还保存有成組皮帶驅動系統。驅動皮帶軸的主电动机的負荷經常是不足的。在某皮帶驅動系統中有六台机床，用一台容量为 22 仟瓦的电动机驅動皮帶。实际証明，在 8 小时內（一班）每台机床平均停了半小时，其中还有一台空轉。因而使主电动机的負荷很低。

較小皮帶驅動系統电动机的負荷系数如下：平均为 0.26 ~ 0.4；最大为 0.5 ~ 0.9。

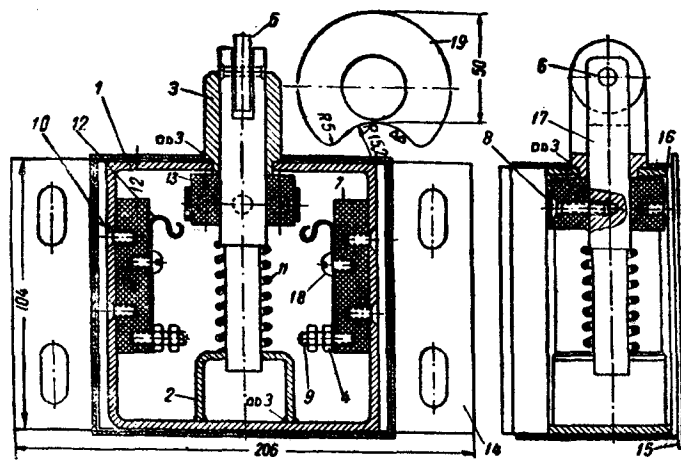
在功率因数等於 0.9 时，根据电气設備的安裝容量有一台 320 仟伏安的变压器已足够利名得工厂机械加工車間供电用，但由於功率因数低到 0.65，因此需要安裝一台 560 仟伏安的变压器。

机械加工車間的感应电动机需要很大的無效功率。

功率因数为 0.91 ~ 0.93 的电动机，在空轉时所需的無效功率約达 100% 負荷时所需全部無效功率的 60%。电动机的功率因数为 0.77 ~ 0.79 时，在空轉时所需的無效功率达 70%。反应在功率因数上如下：在电气設備的安裝容量相同时，如需要容量为 1320 仟瓦， $\cos \varphi = 0.86$ ；如需要容量为 932 仟瓦， $\cos \varphi = 0.62$ 。

机械加工車間的电动机需要大量的無效功率，这將使供电綫的电力損失增大，必須加大电綫和电纜的截面。因为工厂

所需的全部無效功率中有40~45%用於機械加工車間的感應電動機，提高機械加工車間的功率因數是有特殊意義的。



零件号	零件名称	材料	型钢, 标准件, 全苏标准 (OCT)	尺寸	零件数量
1	外 般	3 号 鋼	$\delta = 3$	106×106×3	1
2	導 架	4 号 鋼	$\delta = 3$	38×27×40	1
3	導 套	4 号 鋼		$\phi 40 \times 30$	1
4	螺 母	青 銅	ГОСТ B2526-41	M6	4
5	軸 滾	6 号 鋼		$\phi 30 \times 6$	1
6	滾 軸	5 号 鋼		$\phi 8 \times 22$	1
7	外 般 的 絕 緣 墊	膠 木		60×40×15	2
8	緊 固 螺 釘	3 号 鋼	B 1473-42	M5-22	1
9	銷 子	青 銅	OCT 20001-38	M6-22	2
10	緊 固 螺 釘	6 号 鋼	ГОСТ B1473-42	M5-10	7
11	螺 旋 彈 簧	6 号 鋼		13×18×1	1
12	端 子	青 銅	$\delta = 1.0$	15×70×1	2
13	絕 緣 環	膠 木		38×38×20	1
14	座 罩	3 号 鋼	$\delta = 5$		2
15	壓 板	屋 面 鐵 皮			1
16	托 滾 板	青 銅	$\delta = 1.5$		1
17	螺 釘	4 号 鋼		M6-10	1
18	螺 釘	3 号 鋼	ГОСТ B1472-42		2
19	將 限 制 器 接 到 垂 直 軸 的 凸 輪	6 号 鋼			1

圖 6 ДИП-300 型机床电动机用的空轉限制器

在國內廣泛開展着斯大哈諾夫式高速切削革新者運動，促使機械的負荷提高了，同時也提高了功率因數和設備的利用程度以及電力變壓器的負荷。在造船—修船廠的機械加工車間內採用機床電動機的自動控制方法和零件加工流水作業法，這樣就提高了車間的需用系數以及電氣設備的功率因數。

三 鍛工車間的功率因數

鍛工車間的單獨電力驅動裝置有很多的特點。

在鍛壓機起動和加速過程中，起動電流可達到6~10倍，這將使供電線路的電壓由380伏降到260伏，同時功率因數亦將降低。在空轉時，電力的需用量很小，功率因數也很低。

當鍛壓機進行有效工作時，線路

中的電流量很大，電力消耗量也很大

（圖7）。功率因數也就因之而提高。但是，在大部分的時間內，鍛壓機都是在空轉，功率因數很低，約為0.2~0.4。

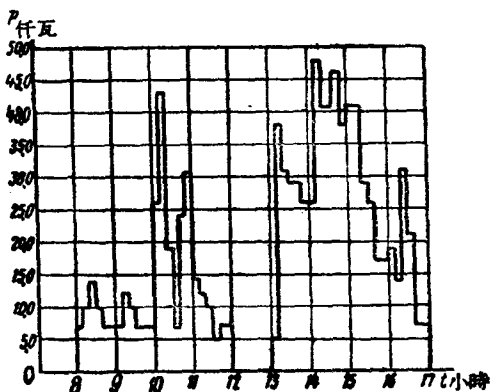


圖7 鍛工車間電動機所需容量的圖表

在這種情況下，主要是依靠調整工藝過程，使空轉延續時間減少，以提高功率因數，在鍛工車間內，還可以用合併

工序，加快毛坯向鍛压机运送速度等方法來提高功率因数。

在利名得工厂的鍛工車間內，鍛件、毛坯和制件主要是用手送到鍛压机处，因此鍛錘的电动机时常空轉。甚至有时电动机的容量选得也不对。在利名得工厂的鍛工車間內曾安裝比需要容量大50%的电动机。造成这种現象的原因是因为电动机的容量是根据鍛压最大零件工作过程中鍛压机所需的容量而选择的。因此，当鍛压机空轉时，其电动机的負荷很小，使每馬力功所消耗的电力增加，並顯著降低功率因数。应根据上述最大容量的半数來选择电动机。大多数的电动机都能短时提高旋轉力矩，對於異步电动机來講，为額定旋轉力矩的2~2.2倍。

表1中列出兩台鍛压机用电动机的工作特点。

表 1

鍛 压 机 型 号	安裝电动机的容量 (仟瓦)	根据工作条件电动机 所需的容量(仟瓦)	高出的容量(%)	容量过高的电动机		容量恰当(符合需要容量)的电动机	
				空轉时所消耗的电力(仟瓦)	空轉时的功率因数	空轉时所消耗的电力(仟瓦)	空轉时的功率因数
鍛造直径为75公厘棒料用的平鍛机	29.4	16.8	43	4.2	0.3	3.8	0.5
鍛造直径为50公厘棒料用的平鍛机	14.7	8.8	39	1.61	0.25	—	—

不推荐用鼠籠式感应电动机驅動鍛压机，因为这种电动机的始动旋轉力矩很小，而起动电流又很大。

在降低負荷时，不能用將定子繞組由三角接線切换到星

形接線的方法來提高電動機的功率因數和效率，因為鍛壓機的工作特點是空轉和工作時常交替，負荷的變化亦很大：空轉時為 5.8 仟瓦，工作時為 16.8 仟瓦。

可以採用下列措施，來提高鍛工車間所用電動機的功率因數。

1. 對於工作時負荷不變的機組，可安裝同步電動機，鍛工車間的送風機和抽風機都屬於此類機組。其餘的機組應採用滑環式感應電動機；上述電動機的容量應根據鍛壓機工作時的最大旋轉力矩而選定，也就是要考慮停轉力矩（опрокидывающий момент），電動機可以稍微過負荷。

2. 盡量縮短由於運送毛坯和收拾鍛成零件等而促成的鍛工車間機械的空轉延續時間。初步資料證明，採取此種措施後，可將鍛工車間電氣設備的自然功率因數提高到 0.69～0.72。

3. 採用有分段繞組的電動機來驅動鍛壓機。

圖 8 示出壓剪床所用帶有分段繞組電動機的工作制度。

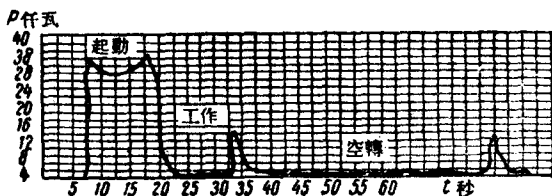


圖 8 壓剪床用電動機的工作制度

由圖表可以看出，在壓剪床起動過程中驅動電動機所需的功率達 30 仟瓦，在工作過程中為 12 仟瓦。一般安裝於這樣機組的電動機容量為其起動和空轉之間的平均值。在壓剪