

中等專業學校教學用書

冶金車間的電氣設備

Н. П. КУНИЦКИЙ 著
譚 慶 海 譯

高等教育出版社

古今圖書集成

卷一百一十五

中等專業學校教學用書



冶金車間的電氣設備

Н. И. 庫尼茨基 著
譚慶海 譯
饒克謹 校

高等教育出版社



本書係根據蘇聯國立黑色冶金及有色冶金科技書籍出版社 (Государственное научно—техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的庫尼茨基 (Н. П. Куницкий) 著“冶金車間的電氣設備” (Электрооборудование металлургических цехов) 1947 年版譯出。原書經蘇聯黑色冶金工業部教育司批准為冶金中等技術學校教科書。

本書敘述了各種電動機的機械特性、電動機容量的選擇、電動機的自動控制及各種控制器械、高爐車間及煉鋼車間的電氣設備、軋鋼機及其輔助機構的電力驅動、供電及保安技術等問題。

本書由東北工學院譚慶海翻譯，饒克謹校訂。

冶金車間的電氣設備

書號165(課159)

庫 尼 茨 基 著

譚 慶 海 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 琉 璃 廠 一 七 〇 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新 華 書 店 總 經 售

陞 記 印 刷 鑄 字 所 印 刷

上 海 新 開 路 福 康 路 五 六 支 弄 十 八 號

開本787×1092 1/25 印張12 2/12.5 字數 238,000

一九五四年十二月上海第一版 印數 1—3,500

一九五四年十二月上海第一次印刷 定價 羊 18,000

序

本書供黑色冶金工業部冶金中等技術學校“冶金車間的機械設備”專業作為教科書之用。

本書是按照黑色冶金工業部教育司為該專業所審定的“冶金車間的電氣設備”教學大綱而編寫的。本書也可以供冶金中等技術學校“壓延生產”專業學生在學習“壓延車間的電氣設備”時利用。

在現代的冶金生產中，電力驅動起很重要的作用，因而機械技術員必須很好地掌握有關冶金機器的電氣設備知識，特別是壓延機輔助機器、冶金車間的起重機、及高爐捲揚機的電氣設備知識。

本書中主要是論述蘇聯各工廠所製造的電氣設備。

KAC 38/05

目 錄

序

第一篇 電動機的機械特性

§ 1 冶金車間各種機械裝置的電力驅動.....	I
第一章 直流電動機.....	3
§ 2 分激電動機.....	3
§ 3 串激電動機.....	6
§ 4 串激與分激電動機的比較.....	8
§ 5 複激電動機.....	9
§ 6 直流電動機的瞬時過負載.....	10
§ 7 驅動冶金車間各種機器用的直流電動機.....	10
§ 8 用電樞電路中的變阻器來調整電動機的速度.....	11
§ 9 電動機的起動.....	13
§ 10 電動機的電氣制動.....	18
§ 11 水平移動的電氣制動.....	20
§ 12 李翁納法.....	26
第二章 交流電動機.....	31
§ 13 感應電動機的特性.....	31
§ 14 驅動冶金機械用的感應電動機.....	35
§ 15 同步電動機.....	37

第二篇 電動機容量的選擇

第三章 電力驅動力學.....	40
§ 16 旋轉運動及直線運動折合到電動機軸上的換算.....	40
§ 17 起動時間及制動時間.....	43
第四章 電動機容量的選擇.....	48
§ 18 選擇容量的原則與電動機的發熱.....	48

§ 19 電流、轉矩及功率的均方根值(等效值)法	52
§ 20 斷續運用	59
§ 21 按能量消耗曲線求壓延功率	63

第三篇

第五章 控制電器

§ 22 控制電動機用器具	67
§ 23 接觸器	69
§ 24 防止電動機過載的各種電器	71
§ 25 電動機起動及停止的按鈕控制	73
§ 26 制動電磁鐵	74
§ 27 行程開關	79
§ 28 電阻器	85
§ 29 鼓形控制器	86
§ 30 主控制器	94
§ 31 時間繼電器	96
§ 32 接觸器控制	99
§ 33 電子自動電器	106

第四篇 起重機及高爐和煉鋼車間的各 種機械的電氣設備

第六章 冶金車間起重機的電氣設備

§ 34 機械的效率	107
§ 35 垂直移動時起重機用電動機的工作情況	109
§ 36 下降荷載時串激電動機的並聯法	111
§ 37 輕荷載的低速提升法	116
§ 38 起重機用電動機的負載圖	116
§ 39 求起重機用電動機容量的西貝列爾法	118
§ 40 求起重機用電動機容量的計算係數法	123
§ 41 水平移動用直流 II 型接觸器控制	127
§ 42 直流保護電盤	129
§ 43 垂直移動用直流 IIC 型接觸器控制	131

§ 44 滑線及集電器·····	135
§ 45 起重機的整個系統·····	136
第七章 高爐車間各種機械的電氣設備·····	140
§ 46 高爐裝料系統各機械的運轉·····	140
§ 47 帶鎖鍵的接觸器·····	147
§ 48 裝料系統程序的控制線路圖·····	150
§ 49 主捲揚機的李翁納法控制線路圖·····	158
§ 50 自動裝載焦炭的線路圖·····	161
§ 51 高爐煤氣靜電除塵裝置·····	164
第八章 煉鋼車間各種機械的電氣設備·····	168
§ 52 平爐爐頂溫度及壓力的自動調節·····	170
§ 53 平爐閥門的自動控制·····	172
§ 54 混鐵爐的電力驅動·····	178
§ 55 轉爐的電力驅動·····	179
§ 56 電弧爐的電極調整·····	179
 第五篇 壓延機及其輔助機器的電力驅動	
第九章 帶有飛輪的電動機的運轉·····	183
§ 57 帶有飛輪的電動機的運轉方程式·····	183
§ 58 電動機容量及飛輪的飛輪慣量的求法·····	189
§ 59 驅動的主要參數對帶有飛輪的電動機的運轉的影響·····	196
§ 60 轉差率調整器·····	198
第十章 壓延機的電力驅動·····	202
§ 61 非逆式非調速式壓延機的驅動·····	202
§ 62 非逆式可調速式壓延機的驅動·····	202
§ 63 非逆式可調速壓延機的直流電動機驅動·····	203
§ 64 非逆式可調速壓延機的交流電動機驅動·····	208
§ 65 選擇非逆式可調速壓延機的驅動類型·····	212
§ 66 連軋機的驅動·····	213
§ 67 可逆式壓延機的驅動·····	216
§ 68 可逆式壓延機的控制線路·····	225

§ 69 冷軋機的電力驅動·····	229
第十一章 壓延機輔助機器的電力驅動·····	235
§ 70 壓延機輔助機器的驅動·····	235
§ 71 求輔助機器的工作時間及建立計算曲線·····	240
§ 72 按發熱計算電動機容量·····	247
§ 73 選擇斷續工作的機器的傳動比·····	248
§ 74 壓延機輔助機器用李翁納法·····	248
§ 75 壓下裝置的電力驅動·····	252
§ 76 推床及翻鋼機的電力驅動·····	259
§ 77 軋道的電力驅動·····	260
§ 78 壓延機器運轉的自動化·····	264
§ 79 剪斷機的電力驅動·····	266
§ 80 鋸斷機的電力驅動·····	273
§ 81 捲取機的電氣設備·····	274
§ 82 鋼板軋機軋軋的電氣加熱法·····	275

第六篇 電力供給及技術保安

第十二章 電力供給·····	277
§ 83 電力驅動用電流及電壓種類的選擇·····	277
§ 84 冶金車間的電力供給·····	278
§ 85 變壓器—換流機站·····	280
§ 86 高壓線路及低壓線路的地下敷設·····	284
第十三章 保安技術·····	286
§ 87 電擊·····	286
§ 88 設計及建立電氣裝置時關於保安技術的主要規定·····	288
參考書刊·····	290

冶金車間的電氣設備

第一篇 電動機的機械特性

§ 1. 冶金車間各種機械裝置的電力驅動

冶金車間中各種機器所用的動力的主要形式是電力。在這些機器的驅動上差不多不使用其他形式的動力。

電力驅動比其他形式的驅動具有許多優點。

在許多機器中，例如起重機，電力驅動是唯一可能被採用的驅動形式。許多機器只有在電力驅動的條件下才可能發展和改進。電力驅動的應用使電動機和機器間的互相適應性更進一步加強，結果現在有許多機器在機械和電的裝備方面已經緊密到這樣的程度，使機器本身（例如：起重機，高爐捲揚機，剪斷機）成為電氣機械的一個結合體。

對於冶金工廠的電力驅動來說，最主要的要求就是工作的可靠性和不間斷性。高爐和平爐車間的某些機器（例如，平爐和高爐的冷却水泵）那怕是很短時間的停歇，都可引起對人員生命的危險，並且可損壞爐子和設備。許多冶金用的機器（例如：移動盛着熔化金屬的罐的起重機，裝鐵水的混鐵爐，酸性轉爐等）只能允許極短時間的停歇。

冶金工廠中各機器上所用的電動機是處在特別不良的工作情況之下的。他們工作在有灰塵，煙，瓦斯和有時還在有潮濕的環境中。並且常常是在周圍高溫的情況下工作。電動機不僅時常遭受電的過負載，還時常遭受機械的撞擊。許多電動機每小時開動的次數很多。例如：抽錠機所用的電動機每小時需開動的次數可達到 350—380 次，初軋機的工作軋道所用的電動機每小時需開動的次數則達到 800—1000 次。

起動頻繁的機器，其生產力不僅和穩定的速度有關，並且和起動及

制動的快慢也有關。電動機常常是在全負載的情況下起動的。因此，欲縮短起動及制動所需的時間，電動機在起動及制動時，就要受到很大的過負載。高爐和平爐車間的機器，以及起動頻繁的壓延機輔助機器，多半採用特製的起重機型電動機。這種電動機較只供連續運轉的電動機，其機械構造方面必須做得更為堅固。有時電動機直接在露天的情況下工作，例如，在運搬礦石的起重機上，電機則受到潮氣和雨水的侵害。

電動機一般可製成開放型，防護型，封閉型。開放型電動機在其外殼上有數個大孔，以使空氣能自由地進入電動機的內部，因此，開放型電動機的冷卻很好。同時開放型電動機內部的各部份也很容易得到檢查。防護型電機在其外殼上有保護網，以防止外邊的東西落到電機裏。防護型電機在容量和價格方面與開放型沒有區別。有時為了繞組不受灰塵和潮濕的侵害，繞組的端接部份塗着特殊的漆料。封閉式電機的整個內部和外面的空氣是隔離的。這種電機由於各方面全都被封閉，所以可防止與灰塵，潮濕及侵蝕性瓦斯的接觸。因為冷卻面小以及散熱的不良，所以封閉型電動機的體積和重量都比開放型的大，並且價格也貴。如容量和每分鐘轉數相同，則封閉型電動機的重量大約為開放型電動機的 2—2.5 倍。但是封閉型電動機的高價和笨重可由於它在工作上的可靠性而得以補償。所以在高爐和平爐車間的機器上，在起重機的機構上以及在壓延機輔助機器上，多半採用封閉型電動機。

電動機可能迅速得到檢查和簡單的修理以及更換損壞部件，是有很大的意義的。為了達到這個目的，在封閉型電動機的機體上，在適當的地方設置有可以打開的蓋子。在外國，冶金工廠所用的電動機，其機體由兩半組成，是可以分開的。這對於大容量的電動機，意義特別重大，因為大電動機的重量很大，拆開時就必需浪費許多時間。

電動機的冷卻方式有自然通風，即當電動機運轉時其旋轉部份帶動冷空氣通過電動機而進行自己通風。這是利用安在轉子上的風扇而進行的。還有他冷方式，即冷卻空氣由另外一個單獨的通風機供給。

第一章 直流電動機

§ 2. 分激電動機

在冶金機器的驅動方面廣泛地應用着直流電動機。由電工學課程中可知,直流電動機可分為分激的,串激的和複激的。

在分激電動機中,電樞繞組和激磁繞組是互相並聯的(圖 1)。電動

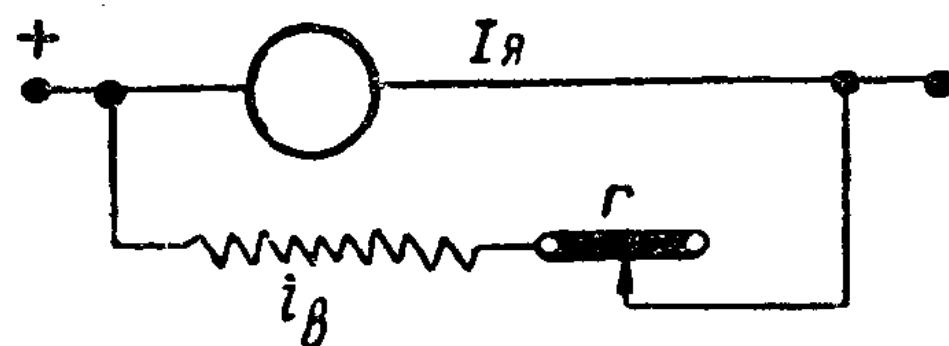


圖 1. 分激電動機。

機的激磁電流很小;約為電樞電流 I_a 的 2—5%。電動機的轉矩 M 可用下列公式表示:

$$M = k\Phi I_a, \quad (1)$$

式中 Φ —電動機的磁通量;

k —所給電動機的常數。

激磁電流為

$$i_f = \frac{U}{R_f},$$

式中 U —電動機端電壓或線路電壓;

R_f —激磁繞組的電阻。

激磁電流 i_f 與電動機的負載無關;所以當負載變動時,由電流 i_f 所產生的磁通 Φ 保持不變(這時電樞反應忽略不計)。因此,轉矩 M 與電流 I_a 成正比地增加。轉速也就是每分鐘的轉數可用下式表示:

$$n = \frac{U - I_a R_a}{c\Phi}, \quad (2)$$

式中 R_a —電樞電阻;

c —所給電動機的常數。

因為 R_a 很小, $I_a R_a$ 之值與 U 值相比也是很小的, 所以當負載(即 I_a 和 M) 增加時, 分激電動機的轉數並沒有很大的下降, 而且其轉數與電流 I_a 的關係呈現為直線關係。

由空載到滿載轉數的降低約為 1~5%, 而且電動機的容量愈小, 轉速降低愈大。

$I_a=0$ 時的電動機轉數 n_0 可由公式(2)決定:

$$n_0 = \frac{U}{c\Phi} \quad (3)$$

電動機的轉數與其轉矩的關係稱為電動機的機械特性。因為分激電動機的轉矩 M 與電流成正比, 所以特性曲線 $n=f(I_a)$ 用另一標尺表示時, 即為機械特性。 $M=0(I_a=0)$ 時的電動機轉速 n_0 稱為理想空載轉速。這個轉速就是假設電動機轉矩等於零時的轉速。實際上當空載時, 總是有一定的功率損失的, 而電動機將有一定大小的轉矩, 雖然其數值很小。

分激電動機應用來驅動可調速的壓延機及可調速的輔助機器, 特別是驅動它們的可調速機構、驅動高爐捲揚機、瓦斯燃燒器的吹風機等等。

分激電動機的速度可用改變激磁電流, 亦即改變磁通 Φ 的方法加以調整, 而激磁電流亦即 Φ 是利用連接在電動機激磁繞組中的變阻器 r 來改變的(圖 1)。變阻器用黑色粗線表示(見圖 1)。隨着電阻 r 的增加, 激磁電流和 Φ 則減少, 而轉速由公式(2)可知, 則增加。這時理想空載轉速 $n_0 = \frac{U}{c\Phi}$ 也增加了。這種調速差不多在可變電阻器裏沒有什麼損失; 因為通過變阻器的激磁電流並不大, 所以在那裏的 $i_a^2 r$ 損失也不大。當增加轉速時在激磁電路中的總損失 $i_a U$ 是減少了, 這是因為線路電壓 U 不變, 當增加 r 時電流 i_a 便隨之減少之故。

調速變阻器是很輕便而且價廉的; 同時可以很容易地抽出很多接

頭來，這樣便可以在所定速度範圍內得到極均勻的調速，也就是說由某一分段轉到鄰近的另一分段時所產生的速度變化是很小的。因此分激電動機，如上所述，在需調速的機械上廣泛地被採用着。

當切去電阻器 r 時，即有全磁通 Φ 時，可得最低轉數 $n_{\min}$ 。這時電動機以額定的或基本的轉數旋轉（當額定負載時），所以 $n_{\min} = n_n$ ，而且用增加變阻器電阻的方法只能使速度由額定速度向增高的方面調整。

電動機的容量可表示為：

$$P_n = CD^2l \cdot n_n,$$

式中 C —常數；

D 和 l 是電動機電樞的直徑和其有效長度。因此，隨着額定轉速 n_n 的減少，電動機的大小、重量和價格就要增多；由於這種關係，低速電動機的外廓尺寸總比高速的大。

電動機的最大轉數受下面各種因素的限制。由於速度的增高整流的條件變為不良，因而增加火花。此外隨着速度的增高，磁極所產生的磁通則減少，因此，電樞反應的影響則相對地增大。由於電樞反應的影響，尤其在重負載時，電動機開始不穩定運轉，發生擺動（速度的振動）；當負載的變動劇烈時，這種現象可達到嚴重的地步。為了避免這種現象，電動機常安裝有不大的複激繞組。

除此之外，增加速度就必須增加電機本身的以及傳動裝置的機械強度。所有這些都使電動機的價格增高。實際可以認為正常的調速範圍為 $\frac{n_{\max}}{n_n} = 3$ 。在特殊情況下 $\frac{n_{\max}}{n_n}$ 可以達到 4。

在機器的反抗轉矩 M_c 不變的情況下，以各種不同的穩定速度運動時，電樞電流則與轉速近似正比例地增加。實際上，在公式(2)中 $I_a R_a$ 值比 U 小許多，常可忽視不計，同時因端電壓 U 也不變，則得：

$$n = \frac{\text{const}}{\Phi}。$$

但

$$M_c = M = k\Phi I_a = \text{const},$$

所以 $I_a \propto n$ 。

電動機可以不致過熱地在各種不同速度下連續地保持同一電流而運轉；其中爲了簡單，散熱情況的改變，暫不考慮。這樣，於所有調速區間內的容許電流 $I_d = \text{const}$ 。因此電動機在各種轉數下所發生的容許轉矩 $M_d = K\Phi I_d$ 隨着 Φ 的減少或 n 的增加而降低，即

$$M_d = \frac{\text{const}}{n}。$$

電動機的容許功率用仟瓦表示時等於：

$$P_d = \frac{M_d n}{975} = \text{const},$$

其中變換係數 975 是因功率用仟瓦表示而得來的，因爲 1 仟瓦等於 1.36 馬力。

這樣，用激磁電流的調速是在恆定功率之下進行的。

§ 3. 串激電動機

在串激電動機中，電樞繞組和激磁繞組串聯。電樞繞組和激磁繞組內都通過同一電流 I 。串激電動機的轉動力矩可用下式表示，

$$M = k\Phi I。 \quad (4)$$

串激電動機的磁通 Φ 是由電動機電流所產生的，所以隨着負載的增加而增多。在未飽和的情況下，當負載不大時 $\Phi \propto I$ ，即 $M \propto I^2$ 。在飽和時，當電流 I 增加時，磁通 Φ 的增加則不顯著。因此轉矩比電流的增加稍快一些。

串激電動機的轉數可用下式表示：

$$n = \frac{U - I(R_a + R_s)}{c\Phi}, \quad (5)$$

式中 R_s —激磁繞組的電阻。

串激電動機的轉速隨着負載的增加而有很大的下降，而且最初當

負載不大時速度下降很快，然後隨着負載的增加由於飽和現象，磁通的增加不多，速度的降低開始越來越慢了。串激電動機不可空載運用；因為這時其速度將達到不能容許的高速。對於空載轉矩小的機器（例如：帶滾珠軸承的）由於超高速會發生危險，所以不能採用串激電動機。

圖 2 表示蘇聯以基洛夫（Киров）命名的吉那莫（Динамо）工廠製 KΠД 型串激電動機的基本特性曲線 $M = \psi(I)$ 及 $n = \psi_1(I)$ 。圖 2 上的所有數值皆以對額定值的百分比表示。圖 2 上面除特性曲線 $M = \psi(I)$ 及 $n = \psi_1(I)$ 外，還引出電動機的電流對效率以及對功率（軸上）的關係。

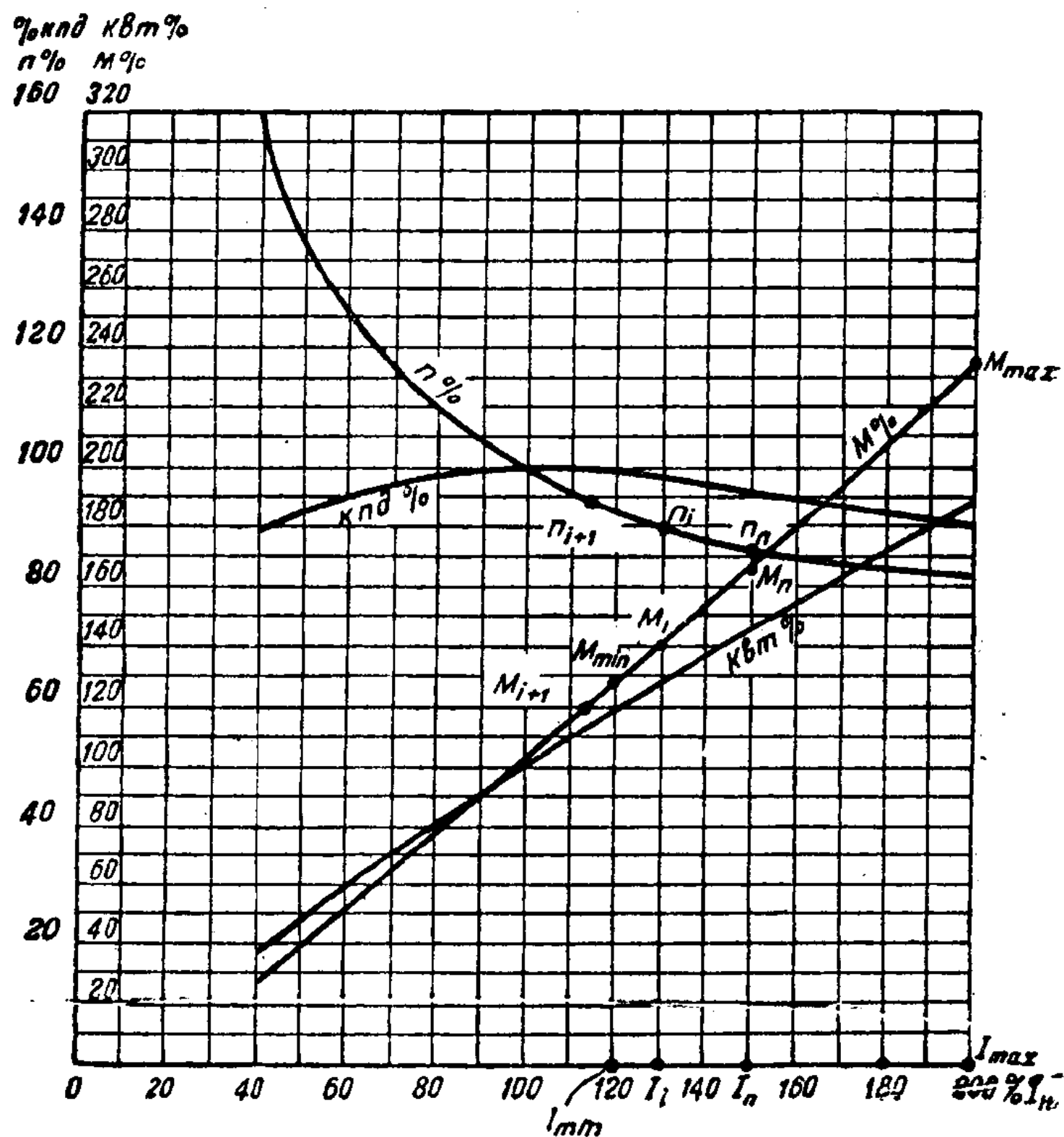


圖 2. KΠД 型串激電動機特性曲線。

由特性曲線 $M = \psi(I)$ 及 $n = \psi_1(I)$ 不難畫出電動機的機械特性曲線 $n = f(M)$ 。

為此，先找出一系列的電流值，例如 I_i (圖 2)，再找出與其相對應的轉矩值 M_i 及轉數值 n_i 。將轉矩 M_i 記在橫軸上，而將轉數 n_i 記在縱軸上(圖 4，上邊的曲線)，這樣即可畫出電動機的機械特性曲線。

§ 4. 串激與分激電動機的比較

我們比較一下串激及分激電動機的特性曲線，假設兩個電動機都有相同的額定轉矩 M_n ，每分鐘轉數 n_n ，功率 P_n ，以及電流 I_n 。

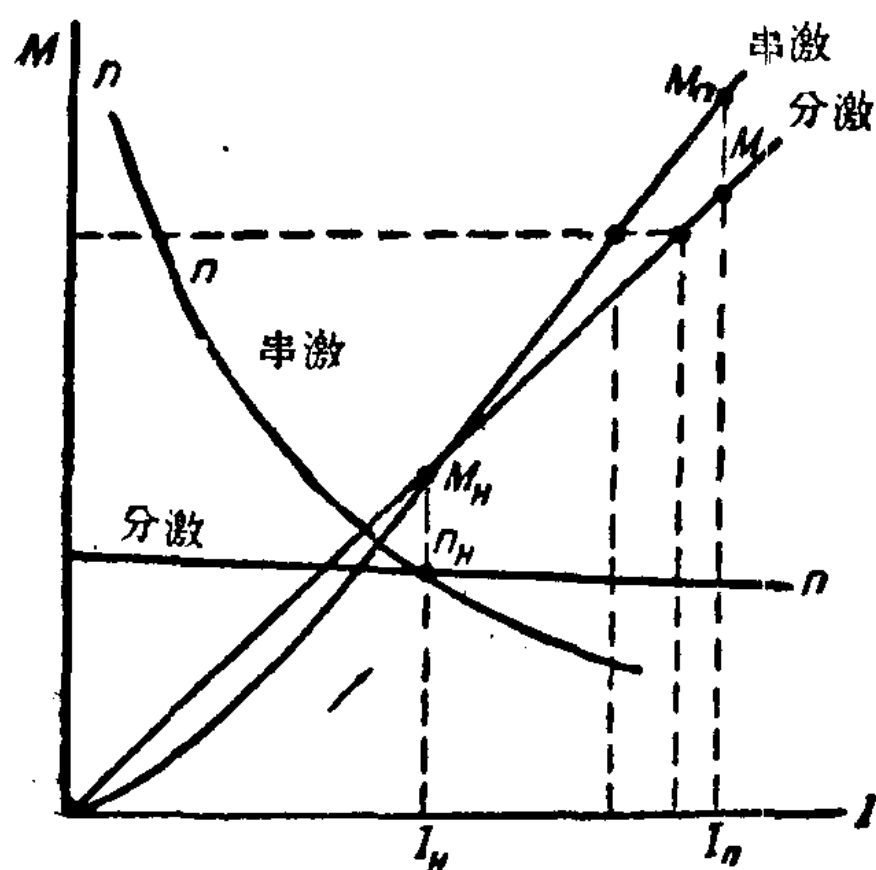


圖 3. 串激與分激特性的比較。

圖 3 即表示在這種情形下的兩個電動機的特性曲線 $M = \psi(I)$ 。這些特性曲線當然應該互相交叉於額定負載的一點上；這時兩個電動機的額定磁通量也是相等的。若把電流較額定值提高時，例如，當電流過載至 $I_n = 2I_n$ 時，分激電動機的磁通量差不多仍保持不變即等於額定值。

因此與電流 I_n 相對應之過載轉矩 M_n 將為：

$$M_n = 2M_n。$$

在串激電動機時，當電流 $I_n = 2I_n$ 時磁通量將比額定值增多，而 $M_n = 2.35M_n$ ，此值可由圖 2 找出。可見在同樣的過載電流下(額定值的 200%)，串激機的轉矩將比分激機大 $\frac{235-200}{200} \times 100\% = 17.5\%$ 。串激電動機的這種性質對於常常以滿負載起動的起重機及壓延機輔助機器來說是非常重要的。在這種情況下電動機必須產生很大的轉矩來克服很大的靜負載和使機器很快的開動起來。串激電動機可以取用較