

第二十一章 軋鋼機械的電力驅動

按照能耗曲線確定軋製的功

在軋鋼機上軋製各種外形尺寸時，必需確定為軋製該種外形尺寸所必需的電動機的最大功率。在確定軋製所作的功時，可以利用能耗的經驗曲線或利用分析的關係式。利用經驗曲線是更為可靠的方法。

經驗曲線應取自具有適當直徑的軋輥和適當種類的軸承的適當型式軋鋼機與適當外形尺寸的軋件，曲線代表能耗率與鋼材因伸延而變形的功和與因軋製而引起附加的摩擦之關係(圖1)。這個損耗是為一噸鋼材和被軋製的鋼錠有一定的最初及最終尺寸所用去。空載運轉的功不包括在此損耗內。

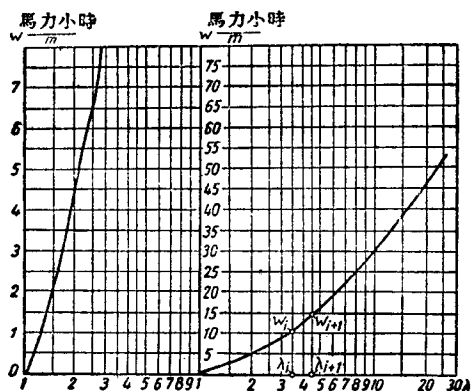


圖1 能耗率與伸延的關係曲線。

在350公厘軋鋼機上用重123.4公斤 $102 \times 102 \times 1054$ 的鋼坯九道軋製 $76 \times 76 \times 3.2$ 的角鋼。

按照曲線(圖1)求得了在全部 i 個前行的機架中，總伸延 λ_i 的能耗率 W_i (以馬力小時/噸計)和在 $i+1$ 機架中伸延 λ_{i+1} 的能耗率 W_{i+1} 後，便可得到在該機架中鋼錠重量為 G 噸時純軋製工作的功率

$$P = \frac{3600(W_{i+1} - W_i)G}{t_1},$$

式中 P ——以馬力計； t_1 ——在所研究的機架中鋼錠軋製的時間(秒)。

鋼的軋製力矩為

$$M = 1050 F D (W_{i+1} - W_i)$$

式中 M ——以噸公尺計； F ——在通過孔型後鋼錠

的截面(公尺²)； D ——軋輥工作直徑(公尺)。

不可逆式軋鋼機的電力驅動

不可逆式不調速軋鋼機的驅動

對於不可逆不調速軋鋼機的驅動，可以採用感應和同步電動機。感應電動機可用在有尖銳高峯負載的軋鋼機的驅動方面；在此情況下，電動機要帶有飛輪而工作，飛輪是為降低電動機和網路的高峯負荷值之用。

在沒有飛輪也可的情況下，也就是在負載週期有相當大的延續時間下，可以採用同步電動機。

有飛輪的軋鋼機的驅動

對於有尖銳的和短時的高峯負荷(初軋機，板材軋鋼機及其他)的軋鋼機，應當採用飛輪。如果沒有飛輪，就必需選擇很大容量的電動機；此外，按過負載選定的電動機，在發熱的關係上是不能被充分利用的。如果高峯負荷延長時間超過3~5秒，且最大負載與軋鋼機均方根曲線之比不超過1.5~2時，應用飛輪是不利的。只有在軋鋼機的最大高峯負載力矩 M_{max} 超過電動機的停轉力矩，和考慮到它因電壓降落而降低時所需的儲備量的情況下，即

$$\frac{M_{max}}{M_N} \geq 1.6 \sim 1.75,$$

時，飛輪裝置才是必需的。上式中 M_N ——電動機的額定轉矩。各道次之間有短時間的停歇，是不宜於應用飛輪的。

在利用飛輪時，如負載有200%，則電動機的最大轉差率 σ_m 可選擇為12~17%，這可以在轉子內接入變阻器而達到此目的。

應用飛輪會使生產力降低，電能消耗量增加和產品質量略為次劣。

電動機的容量和飛輪的

飛輪力矩之確定

第一法 計算可根據第一章「機器的電力驅動裝置」內所列舉的公式而進行。今以有如圖2所示負載圖的軋鋼機為計算實例。軋鋼機由轉數 $n_N = 735$ 轉/分的感應電動機所驅動。

求電動機的預想額定轉矩 $M_N = 1.25 M_{mm} = 1.25 \times 281 = 352$ 公斤·公尺

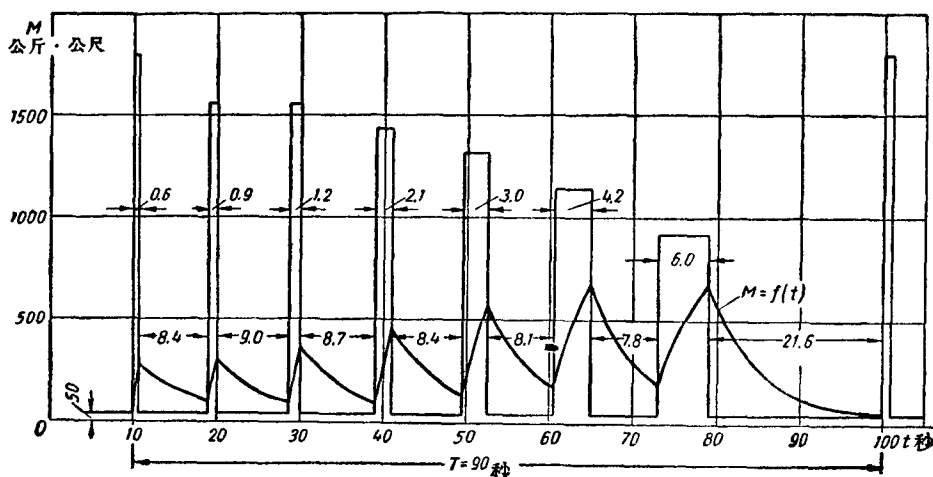


圖2 軋鋼機的電動機在帶有飛輪工作時的負載曲線圖。

$$M_{mm} = \frac{\sum_{i=1}^m M_{mki} t_i}{t_z} = 281 \text{ 公斤公尺} \quad \text{— 軋鋼機曲線圖的}$$

平均靜力矩，式中 \$t_z\$—軋製一塊鋼錠的循環時間；\$M_{mki}\$—在第 \$i\$ 道次內軋鋼機的負載力矩。

相當於電動機的最大停轉力矩的最大轉差率 \$\sigma_m\$ 可取為 12%。

$$\text{此時} \quad M_{\max} = \lambda'_m M_N$$

式中 \$\lambda'_m=1.8\$，儲備量也計在內。因此

$$\sigma_N = \frac{\sigma_m}{\lambda'_m} = 0.0667,$$

式中 \$\lambda'_m\$—過載係數；\$\sigma_N\$—在額定轉矩下，電動機的轉差率。

假定在各道次初期電動機的轉矩大約等於空載轉矩 \$M_0\$，

決定了每一道次之值，則求得

$$\frac{t_k}{\ln \frac{M_{mk\max} - M_0}{M_{mk\max} - M_N \lambda'_m}},$$

式中 \$t_k\$—有阻力矩 \$M_{mk\max}\$ 的沉重道次的時間。該道次將最為沉重，阻力矩值對於它將是最大的。在這種情況下，這將是第六道次。根據機器的電力驅動裝置一章內所舉的公式 (98)⑤，這一重道次的概略值為

$$G/2 = \frac{4.2 \times 352 \times 375}{750 \times 0.0667} \cdot \frac{1}{\ln \frac{1150 - 50}{1150 - 1.8 \times 352}} = 14637 \text{ 公斤公尺}^2,$$

式中 \$n_0=750\$ 轉/分—電動機每分鐘的同步轉數。

也可以用同步速度下的飛輪內所儲備的動能 \$A\$ 來確定 \$G/2\$。大概對於型材軋鋼機 \$A=(10+15)P_N\$；對於板材軋鋼機 \$A=20P_N\$；對於厚板材軋鋼機 \$A=15P_N\$，其中 \$P_N\$—電動機的功率(馬力)。

機組的電氣機械常數

$$B = \frac{GD^2 \times n_0 \times \sigma_N}{375 M_N} = \frac{14637 \times 750 \times 0.0667}{375 \times 352} = 5.55 \text{ 秒}$$

以符號 \$t\$ 表示經過的時間，則藉助於由等式

$$M = M_{m\max} \left(1 - e^{-\frac{t}{B}} \right) = 1800 \left(1 - e^{-t/5.55} \right)$$

所築成的模板，可描繪電動機的負載曲線 \$M=f(t)\$ (圖2) 和求得 \$M_N = M_0 = 324.2\$ 公斤·公尺。

第六道次的最大力矩 \$M_{\max}=660\$ 公斤·公尺。因此由於過載而

$$M_N = \frac{M_{\max}}{\lambda'_m} = \frac{660}{1.8} = 366 \text{ 公斤·公尺。}$$

電動機的額定功率

$$P_N = \frac{M_N n_N}{975} = 276 \text{ 仟瓦}$$

而

$$GD^2 = \frac{375 M_N B}{\sigma_N n_0} = \frac{375 \times 366 \times 5.55}{0.0667 \times 750} = 15250 \text{ 公斤公尺}^2.$$

第二法〔由格列爾 (Л. Б. Гейлер) 所提出〕 第一法未考慮到在接近停轉力矩的範圍內感應電動機機械特性的曲線性質，這樣會引起電動機功率和飛輪尺寸的增加。另外，此法在計算上需要化費相當多的時間。

考慮到曲線性質的電力驅動裝置的過載計算，就是所選擇的電動機和飛輪，無論在任一道次內，電動機的轉矩不得超過最大過載力矩 \$M_{\max}\$。計算是在電動機

的各種相對起始力矩 \$\mu_0 = \frac{M_0}{M_{\max}}\$ 時，按照相對臨界時間 \$\tau_k = \frac{t_{kp}}{B_m}\$ 對軋鋼機的相對高峯負載力矩 \$\mu_m = \frac{M_{mk}}{M_{\max}}\$ 的關係曲線 (圖3) 進行。

⑤ 應為公式(98)，原書有誤。——校者

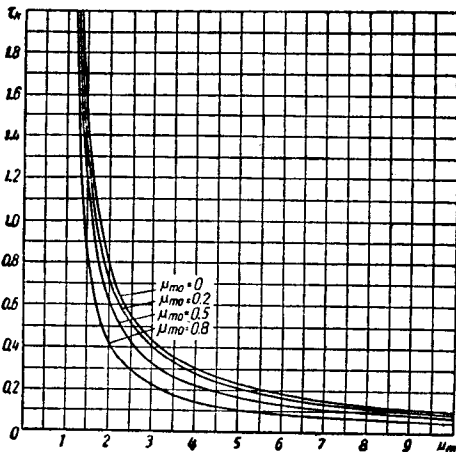


圖3 相對臨界時間 τ_k 與相對高峯負荷力矩 μ_m 的關係曲線: $\tau_k = f(\mu_m)$ 。

在這些關係式中: τ_k ——臨界時間, 在此期間內電動機在突然被加上有恆定負荷的高峯值 M_{mk} 的作用下, 把自己的轉矩增到最大轉矩 M_{max} ; B_m ——從屬於最大停轉力矩 M_{max} 和停轉轉差率 σ_m 的電氣機械常數(秒); M_{mk} ——在該道次工序內軋鋼機的負載力矩; M_{m0} ——長的一道次工序的電動機起始力矩。

電氣機械常數為:

$$B_m = \frac{GD^2 \times n_0 \times \sigma_m}{375 M_{max}}$$

由圖3可見, 當實際值 $\mu_{m0} < 0.2$ 時, μ_{m0} 對 τ_k 的影響是極微的, 因此用近似值 μ_{m0} 即可滿足。

當 $\lambda'_N = 1.8$ 時,

$$M_{max} = 1.8 M_N = 1.8 \times 352 = 635 \text{ 公斤} \cdot \text{公尺},$$

為每一道次求出 $\mu_{mi} = \frac{M_{mki}}{M_{max}}$ (對於第二道次 $M_{mi} =$

$$\frac{1560}{635} = 2.5) \text{ 和 } \mu_{m0i} = \frac{M_{m0i}}{M_{max}}.$$

對於第一道次

$$\mu_{m0i} = \frac{M_0}{M_{max}} = \frac{50}{635} = 0.079,$$

對於其餘道次應概約地定出力矩 μ_{m0i} , 令

$$\mu_{m0i+1} > \mu_{m0i} > \mu_{m01}$$

此時於計算結果所得的誤差, 實際上是不明顯的。按圖3找出每一道次的 τ_{ki} 。知道了各道次的延續時間 t_i , 可為每一道次找出所需的常數 $B_{mi} = \frac{t_i}{\tau_{ki}}$ (表1)。第六道次有最大的常數 $B_m = 5.4$ 秒。常數 $B = \frac{GD^2 \cdot n_0 \cdot \sigma_N}{375 M_N}$ 將為 $B = (0.55 \sim 0.6)$ $B_m \approx 3$ 秒。

$$c = \frac{1}{2t_z} \cdot \frac{\sum_{i=1}^m (M_{mki} - M_0)^2}{M_{g2}(M_{g2} - M_{mm})} = \frac{(1800-50)^2 + (1560-50)^2 + (1560-50)^2 + (1420-50)^2 + (1310-50)^2 + (1150-50)^2 - (930-50)^2}{2 \times 90 \times 551(551 - 281)} = 0.488.$$

表 1

道次 號碼	負載力矩 M_{mki} (公斤 公尺)	每段 時間 t_i	每段 負載力矩 相對的 $\mu_{mi} = \frac{M_{mki}}{M_{max}}$	相對的起始力矩 $\mu_{m0i} = \frac{M_{m0i}}{M_{max}}$	相對的 臨界時間 τ_{ki}	時間 常數 B_{mi}
1	1800	0.6	2.38	0.079	0.46	1.3
2	50	8.4				
3	1560	0.9	2.5	~0.1	0.54	1.67
4	50	9.0				
5	1560	1.2	2.5	~0.1	0.54	2.22
6	50	8.7				
7	1420	2.1	2.27	~0.2	0.59	3.56
8	50	8.4				
9	1310	3.0	2.1	~0.2	0.66	4.55
10	50	8.1				
11	1150	4.2	1.84	~0.3	0.78	5.4
12	50	7.8				
13	930	6.0	1.49	~0.3	1.3	4.61
14	50	21.6 90				

發熱的計算可按電動機的均方根力矩 M_g 與由等式 $M_g = M_{mm} + (M_{g2} - M_{mm}) e^{-cB}$ 所點繪的該軋鋼機曲線圖的 B (圖4) 之關係曲線而進行, 上式中

$$c = \frac{1}{2t_z} \cdot \frac{\sum_{i=1}^m (M_{mki} - M_0)^2}{M_{g2}(M_{g2} - M_{mm})}$$

在這些等式中, M_{g2} ——軋鋼機負載曲線的均方根(等效)力矩, 等於

$$M_{g2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{M_{mki}^2 t_i}{t_z}},$$

式中 m ——道次數; t_i ——曲線圖中直角段的延續時間; M_{mki} ——在第 i 道次中軋鋼機的負載力矩。

在 $M_{g2} = 551$ 公斤·公尺的所研究情況下

$$M_g = M_{mm} + (M_{g2} - M_{mm}) e^{-cB} = 281 + (551 - 281) e^{-0.488B},$$

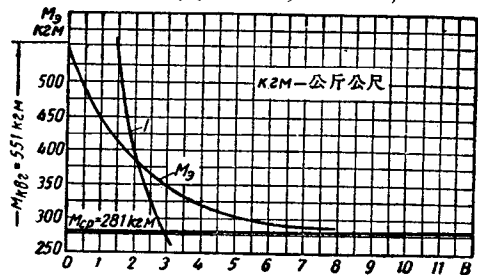


圖4 電動機的均方根力矩 M_g 與 B 的關係曲線。

式中

如 $B = 3$ 秒, 則電動機的均方根力矩 $M_g = 342$ 公斤·公尺。如電動機在發熱條件上可完全加以利用時, 則 $M_N = M_g = 342$ 公斤·公尺。找 GD^2 的方法仍與前同。

由曲線 $M_g = f(B)$ 便很容易來計算有飛輪的電力驅動裝置的參數, 這些參數是足以保證能完全利用電動機的發熱條件的。

例 如果 $M_N = 350$ 公斤·公尺; $n_0 = 750$ 轉/分; $\sigma_N = 6.7\%$, 試求 GD^2 。因 $M_N = M_g = 350$ 公斤·公尺, 可求出 $B = 2.75$ 秒, 所以

$$GD^2 = \frac{375B \cdot M_N}{n_0 \cdot \sigma_N} = \frac{375 \times 2.75 \times 350}{750 \times 0.067} = 7179 \text{ 公斤公尺}^2。$$

例 如果 $GD^2 = 10000$ 公斤公尺² 和 $\sigma_N = 4\%$, 試求 M_N 。按公式

$$M_N B = \frac{n_0 \cdot \sigma_N \cdot GD^2}{375} = 800$$

繪製曲線 1 (圖 4)。由曲線 1 和 $M_g = f(B)$ 的交點求出 $M_N = 375$ 公斤·公尺。

轉差調整器

當運飛輪而運轉的感應電動機過載時, 使電動機的速度降低, 並由飛輪輸出能量, 這就是轉差調整器的功用。轉差調整器有接觸器式和液體式之分。

接觸器式轉差調整器 在有接觸器式轉差調整器時, 電動機在每道次的初期於轉子內接有不大的電阻而工作, 此時額定(當負載力矩為額定值時)轉差率 $\sigma_{N1} = 5 \sim 7\%$ 。同時電動機的轉矩和轉差率按曲線 1 和 2 (圖 6), 以及按相當於轉差 σ_{N1} 的特性線 1 (圖 5) 而增長; 電動機的速度改變是微小的。

當電動機到達一定的過負載 $\lambda'_m M_N$ 時(通常 $\lambda'_m = 1.5$), 相當於額定轉差率 $\sigma_{N2} = 10 \sim 14\%$ 的附加電阻就自動被接入轉子內。在接有此電阻時, 電動機的轉矩就立即降到 $\frac{\lambda'_m M_N}{2}$ 之值(圖 5 和圖 6), 其後, 電動機的速度按特性線 II 和曲線 4 而行迅速降低, 於是, 由飛輪大力地輸出能量。電動機的轉矩按曲線 3 而增長。

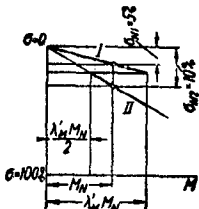


圖 5 在有接觸器式轉差調整器時電動機的特性。

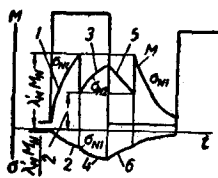


圖 6 在有接觸器式轉差調整器時的曲線 $M=f(t)$ 和 $\sigma=f_1(t)$ 。

在停歇的初期, 轉矩按特性線 II 和曲線 5 (圖 5 和圖 6) 而降低, 但電動機的速度則急劇的升高 (圖 6

曲線 6), 結果飛輪迅速地受負載。當轉矩減小到 $\frac{\lambda'_m M_N}{2}$

時, 附加電阻被自動從轉子回路內切斷, 結果轉矩重新立即增長到 $\lambda'_m M_{N1}$, 而電動機繼續按相應於額定轉差率 σ_{N1} 的曲線 $M=f(t)$ 和 $\sigma=f_1(t)$ 而工作。

在有了接觸器式轉差調整器時, 電動機的負載顯值降低, 這時軋製的平均速度要較大, 但變阻器內的損失要比在經常地接入相當於 $\sigma_{N2} = 10\%$ 的電阻時為小。

液體式轉差調整器 液體式轉差調整器是由充滿

着蘇打溶液且裝有電極的箱子 E (圖 7) 所組成。上面的活動電極 Θ_1 掛在一吊於滑輪 B_1 和 B_2 上的橫件 T 之下。滑輪則是裝在電動機 M 的軸上的。平衡荷重 P 也是掛在滑輪上的。下面的固定電極 Θ_2 被接到電動機的滑環上。每一相的電極用絕緣的瓷瓶 A 使互相隔開。橫件 T 就是中性點。接入轉子內的電阻由電極之間的距離所決定。電動機 M 被接在電流互感器 T_p 的二次線捲上。電動機的轉矩 M 趨向電極升起的一面。

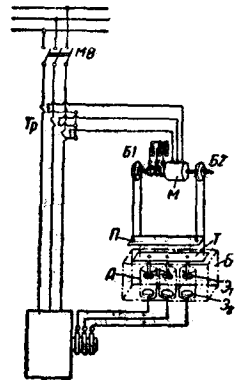


圖 7 液體式轉差調整器。

當電動機的轉矩小於 $\lambda'_m M_N$ 時, 電極 Θ_1 是處於自己的最低位置上; 電動機的轉矩可按曲線 1 (圖 8) 計算。當轉矩超過 $\lambda'_m M_N = 1.5 M_N$ 之值時, 電極在曲線 1 的 a 點開始衝動地上升, 且在轉子的回路內漸漸地引進電阻。此時, 電動機的轉矩在通過

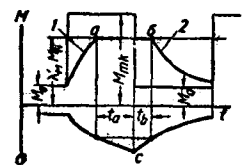


圖 8 在有液體式轉差調整器時的曲線 $M=f(t)$ 和 $\sigma=f_1(t)$ 。

此道次的全部時間內均保持恆定。在停歇時, 電極慢慢的下降, 且由於電阻的逐漸引出, 故電動機的轉矩在電極還沒有到達自己的最低位置 b 點前, 一直保持恆定。以後電動機的轉矩開始按曲線 2 而下降。在時間 t_b 期內, 電動機的轉矩因停歇而保持恆定(圖 8), 此時間將為

$$t_b = t_a \frac{M_{mk} - \lambda'_m M_N}{\lambda'_m M_N - M_0}$$

式中 M_{mk} 和 M_0 ——各為軋鋼機的軋製力矩和空載

運轉力矩； t_a ——當電動機的轉矩保持恆定且等於 $\lambda'_m \cdot M_N$ 時，該道次的部分時間。時間 t_a 可按圖直接求得。

液體式轉差調整器同時又可作起動變阻器之用。調整器的靈敏度，也就是足以使調整器動作的最低負荷變化是等於 $\pm(2.5\sim 5\%)$ （為調定調整器時所依據負荷的百分數），液體式調整器能很好地切斷高峯負荷，但它動作起來要比接觸器式調整器更為緩慢。這是由於調整器巨大的運動質量的慣性，以及水的阻力所引起的。因此在有迅速變化的負荷時，應採用接觸器式調整器，它的動作幾乎是瞬時的。如果高峯負荷延時不多於0.4秒，那麼液體式調整器是不被採用的。接觸器式調整器要比液體式更為靈敏些。液體式調整器需要相當多的養護。

在連飛輪而工作時電動機

均方根力矩之確定

要求電動機的均方根力矩 M_g ，可用先繪製曲線 M

$$M_g = \sqrt{M_{g0}^2 - \frac{B_1}{t_z} \sum_{i=1}^m (M_{mki} - M_0) \left[\frac{t_{ai}}{B_1} (M_{mki} - \lambda'_m M_N) + (\lambda'_m M_N - M_{moi}) \right]} \quad (2)$$

不可逆而可調速的軋鋼機的驅動

對於不可逆而可調速的軋鋼機的驅動可採用：以改變激磁電流來調節速度的直流電動機；按克列密爾（Кремль）和歇爾比烏斯（Шербиус）制工作的感應電動機。應用直流電動機需要將交流電變換為直流電。如果速度的調節範圍超過1:1.5~1:1.8，就祇可應用以改變激磁電流來調節速度的直流電動機。如果調節的範圍是在小於1:1.5~1:1.8的情況下，那麼當軋鋼機的可調速電動機數在2~3台以上時，在費用上也以採用直流電動機最為有利，因為每一個驅動裝置所需換流設備的費用，隨着可調速驅動裝置數目的增加而降低。

當必需配備一台或兩台可調速驅動裝置的時候，則以感應電動機和克列密爾或歇爾比烏斯機組顯得最為有利。後兩者的選擇是隨調節的範圍而定。在克列密爾機組中，調節可達同步速度以下的30~40%，在歇爾比烏斯機組中，調節的範圍則在同步速度以上和以下 $\pm 30\%$ 。克列密爾制要比歇爾比烏斯制應用得更多。克列密爾制更宜於在有恆定功率時調節，而歇爾比烏斯制則更宜於在有恆定力矩時調節。

不可逆而可調速的軋鋼機所採用的直流電動機，通常多是按列奧拿德（Леонард）方式來起動的。

圖9所示為型材軋鋼機用直流電動機的控制線路

$= f(t)$ 而其次求出 M_g 的方法，或可按下列公式直接求得之：

對於有接觸器式轉差調整器的電動機的工作

$$M_g = \sqrt{M_{g0}^2 - \frac{B_1}{t_z} \sum_{i=1}^m (M_{mki} - M_0) (\beta M_{amki} - M_{moi})} \quad (1)$$

式中 M_{g0} ——軋製曲線圖的等效或均方根力矩（在

沒有飛輪質量時，電動機的等效力矩）； $B_1 = \frac{G D^2 n_0 \sigma_{N1}}{375 M_N}$

——電氣機械常數； $\beta = 2$ （當電動機不用轉差調整器而工作時 $\beta = 1$ ）； σ_{N1} ——在依電動機的初始特性而工作時的額定轉差率（在每道次的初期到轉差調整器動作止）； M_{moi} 和 M_{amki} ——每道次的初期和末期的力矩，保按第一章內所舉公式(76I)和(76II)所求出者；

當有液體式轉差調整器而工作時，

圖。同步電動機C及驅使兩直流發電機Г1和Г2運轉，由這兩發電機把電能送給主母線。軋鋼電動機自主母線被饋以電流。全部電機，連軋鋼電動機也在其內，均安裝於電機室。軋鋼電動機的控制，是由運行人員在軋鋼車間從控制台上進行操作。由於軋鋼電動機的容量相當大，故饋電給它們的發電機通常為600伏的電壓。電機的激磁線捲則受220伏的電壓。在機組的軸上連着直流的激磁機B，由它把電能供於激磁母線上，而發電機，同步電動機和軋鋼電動機的激磁線捲均由其饋電。

發電機和電動機的過載保護，是由自動開關AB來担任，當過載電流為額定值的200~250%時，開關就把發電機和電動機自主母線上切斷。

全部軋鋼電動機，是用電位差計式變阻器ПП同時逐漸提高各發電機的電壓來使之起動的。這變阻器是由串接在激磁母線上的電阻 R_1 和 R_2 所組成的。電阻被分為許多段，它們的末端接在觸點C和D上。

互相串接着的各發電機的激磁線捲，被接在兩個接觸條E和G上。輔助電動機(M1)經過蝸輪傳動而使一螺桿旋轉，此螺桿又使有兩個滑動觸點 K_1 和 K_2 的橫件T移動。當橫件在最右的位置時，發電機的電壓等於零。當橫件向左移動時，發電機的電壓上增，故軋鋼電動機加速起來。調節電動機的速度是用兩個分流變

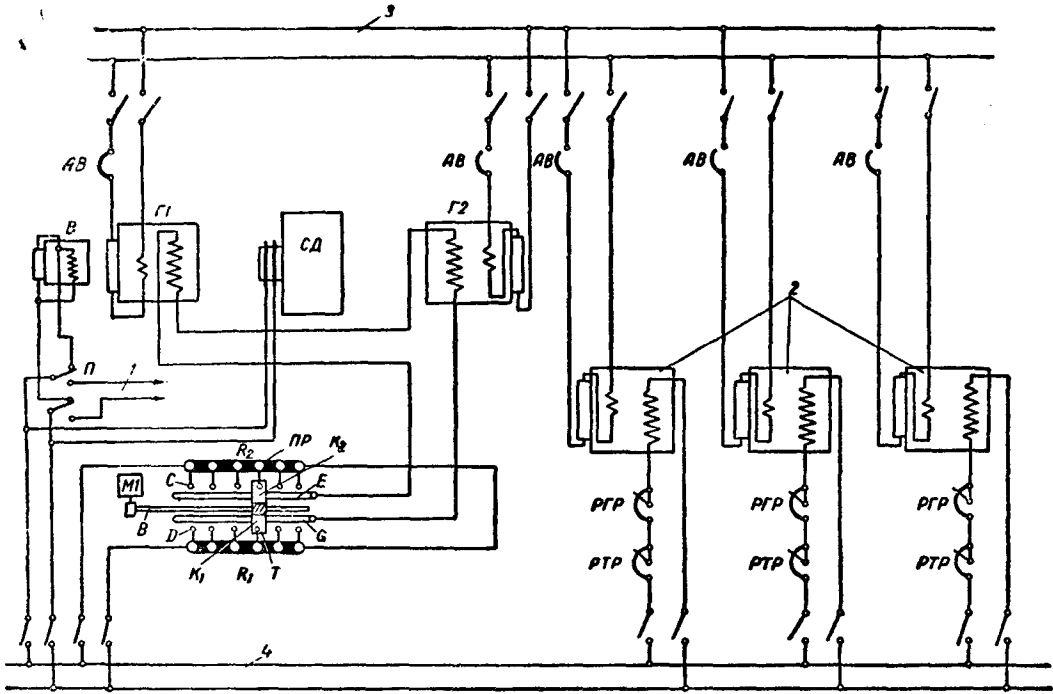


圖9 型材軋鋼機用直流電動機的控制線路圖:

1—工廠的220伏直流線路; 2—軋鋼機用電動機; 3—600伏的主母線; 4—220伏的激磁母線。

阻器: 粗調節用激磁線捲回路內的 P_{TP} 和細調節用同回路內的 PTP 。第一變阻器供從額定速度改變到最高速度之用, 第二變阻器可改變的速度為變阻器所規定粗調節值的 $\pm(7.5 \sim 10)\%$ 。

對於連續式可調速軋鋼機 可採用配備直流電動機的單獨驅動裝置。對於某些連續式軋鋼機, 其負載下速度的改變可能有必要保持在不超過 $0.2 \sim 0.5\%$ 的範圍內。在這些情況下, 有時就要採用調整器, 來自動的使速度保持於恆定。

對於某些構造的軋管機, 要採用有最軟特性和在負載下速度降低以後再慢慢加速的直流電動機, 如電動機具有一不大的特殊串激線捲就能達到這些要求。

對於可調速的軋管機, 要採用直流電動機。

可逆式軋鋼機的電力驅動

可逆式軋鋼電動機容量的計算和

鋼材軋製時間的確定

圖10為可逆式軋鋼電動機速度 n 和轉矩 M 的圖解。電動機從空載下加速到速度 n_a , 在此速度時進行咬緊鋼錠。通常取 $n_a = 10 \sim 30$ 轉/分。

軋鋼機帶着鋼錠加速到最大的穩定速度 n_m , 在此

速度下有一段時間為軋製過程。軋製結束以前, 速度降低到 n_b , 在此速度下, 鋼錠被拋出。通常取 $n_b = 10 \sim 30$ 轉/分。然後軋鋼機從空載下變慢。

在計算時, 可取電動機的加速度 $a = 30 \sim 50 \frac{\text{轉/分}}{\text{秒}}$,

減速度 $b = 40 \sim 60 \frac{\text{轉/分}}{\text{秒}}$ 。最高速度 n_m 需根據鋼錠之

長度 L 加以選擇[10, 11]。

例 試求功率為6000馬力, 額定轉數為50轉/分和飛輪力矩 $GD^2 = 385$ 噸平方公尺的1000公厘初軋機所用電動機的轉矩和軋製時間。齒輪機架和軋軋的飛輪力矩 $GD_c^2 = 50$ 噸平方公尺, 鋼錠之重 $G' = 5$ 噸。驅動裝置和軋鋼機的空載運轉力矩 $M_0 = 5$ 噸公尺。第13道次的 $n_m = 85$ 轉/分, 咬緊時的轉數 $n_a = 25$ 轉/分; 拋出時的轉數 $n_b = 25$ 轉/分; $L = 11.2$ 公尺。軋製力矩 $M_{np} = 74$ 噸公尺。

令: $a = 40 \frac{\text{轉/分}}{\text{秒}}$; $b = 50 \frac{\text{轉/分}}{\text{秒}}$ 。

軋鋼機在空載下的加速時間 $t_1 = \frac{n_a}{a} = 0.63$ 秒。

此時電動機的轉矩 $M_1 = M_0 + M_{a1} = 51.4$ 噸公尺, 其中從空載下加速時的動力矩

$$M_{a1} = \frac{GD^2 + GD_c^2}{375} a = 46.4 \text{ 噸公尺。}$$

帶鋼錠時的加速時間

$$t_2 = \frac{n_m - n_a}{a} = 1.5 \text{ 秒。}$$

此時電動機的轉矩

$$M_2 = M_0 + M_{a2} + M_{np} = 125.9 \text{ 噸公尺,}$$

其中帶有鋼錠的軋鋼機在加速時的動力矩

$$M_{a2} = \frac{GD^2 + GD_c^2 + G'D_s^2}{375} a = 46.9 \text{ 噸公尺。}$$

軋鋼機減速的時間

$$t_4 = \frac{n_m - n_b}{b} = 1.2 \text{ 秒;}$$

此時電動機的轉矩

$$M_4 = M_{np} + M_0 - M_{b2} = 20.3 \text{ 噸公尺,}$$

其中帶有鋼錠的軋鋼機在減速時的動力矩

$$M_{b2} = \frac{(GD^2 + GD_c^2 + G'D_s^2)}{375} b = 58.7 \text{ 噸公尺。}$$

軋鋼機在空載下減速的時間

$$t_5 = \frac{n_b}{b} = 0.50 \text{ 秒。}$$

電動機的制動力矩

$$M_5 = M_{b1} - M_0 = 53.0 \text{ 噸公尺。}$$

式中

$$M_{b1} = \frac{GD^2 + GD_c^2}{375} b = 58.0 \text{ 噸公尺,}$$

以恆定速度軋製的時間

$$t_3 = \frac{60L}{\pi D_s} - \left(\frac{n_m + n_a}{2} t_2 + \frac{n_m + n_b}{2} t_4 \right) = 0.7 \text{ 秒,}$$

式中 D_s 軋輥的工作直徑; 在以恆速軋製時的電動機轉矩為

$$M_3 = M_0 + M_{np} = 79 \text{ 噸公尺,}$$

電動機以速度 n_a 旋轉的時間

$$t_6 = t_n - t_5 - t_1,$$

式中 t_n 在該一道次與前一道次之間停歇的時間; t_5 在前一道次內軋鋼機空載下的減速時間。不用修整時的停歇時間可取為 2 秒, 需要修整時的停歇時間可取為 4.5 秒。

對於可逆式軋鋼機, 可採用列奧拿德方式。在求 $n_m > n_N$ 各道次的等效(均方根)力矩時, 必需為曲線 $M = f(n)$ 中 $n > n_N$ 的各段在轉矩縱坐標上增加 $\frac{n}{n_N}$ 之比; 例如, 在周期 t_2 之末期, 應當取轉矩為 $M_2 \frac{n_m}{n_N}$, 在周期 t_3 時——應取轉矩為 $M_3 \frac{n_m}{n_N}$, 在周期 t_4 之初期應取 $M_4 \frac{n_m}{n_N}$ 。

圖 10 內以有點的虛線表示對轉矩的適當修正, 要計算到它, 就應當求出等效轉矩 M_s 。對於初軋機, 通常係選擇 $n_N = 40 \sim 60$ 轉/分, 對於鋼軌鋼機軋製機, 則選擇 $n_N = 60 \sim 75$ 轉/分。

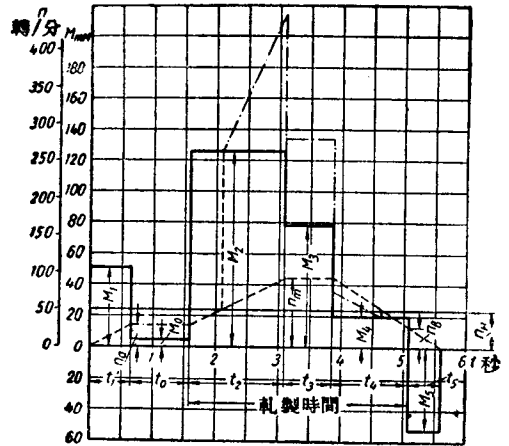
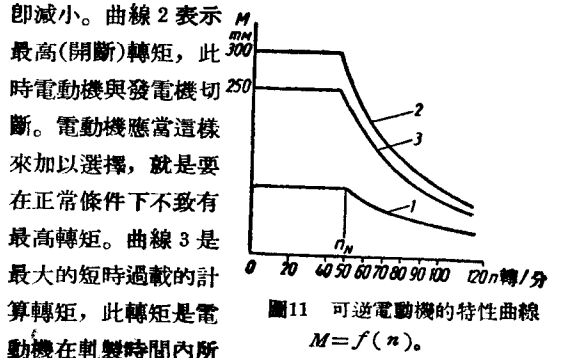


圖10 可逆式軋鋼機用電動機的工作圖。

圖 11 所示為可決定電動機發熱和其容許過載條件的可逆電動機的典型特性曲線。曲線 1 表示在速度 n 增長時連續轉矩的改變情況。當 $n > n_N$ 時, 轉矩 M 即減小。曲線 2 表示

圖11 可逆電動機的特性曲線 $M = f(n)$ 。

最高(開斷)轉矩, 此時電動機與發電機切斷。電動機應當這樣來加以選擇, 就是要在正常條件下不致有最高轉矩。曲線 3 是最大的短時過載的計算轉矩, 此轉矩是電動機在軋製時間內所能不斷發揮而對本身是無害的。通常計算轉矩在速度 n_N 時要比開斷轉矩低 25~30%, 而在速度最大時要比開斷轉矩低 15~20%。必需在任一道次中, 轉矩在所給速度下均不超過計算的短時值。

最巨型的可逆式軋鋼機的驅動, 其軋輥往往改用雙台電動機驅動, 就是每一軋輥各用各的電動機以行驅動。

控制線路圖

接觸器的控制 1150 公厘可逆式初軋機 (圖 12) 的驅動, 係由自兩台發電機 $\Gamma 1$ 和 $\Gamma 2$ (各為 3000 仟瓦, 375 轉/分, 750 伏) 所饋電的電動機 A (7000 馬力, 50~120 轉/分) 來担任。兩發電機的電樞並聯而接。發電機則由連飛輪 M 和液體轉差調整器 PC 的感應 (有時也用同步的) 電動機 $A \Gamma$ (5000 馬力, 6000 伏) 來驅動。串聯着的發電機激磁線捲, 係從激磁機 $B \Gamma$ 饋電。電動機的激磁線捲 $OB \Gamma$ 則自激磁機 $B \Gamma$ 饋電。軋鋼

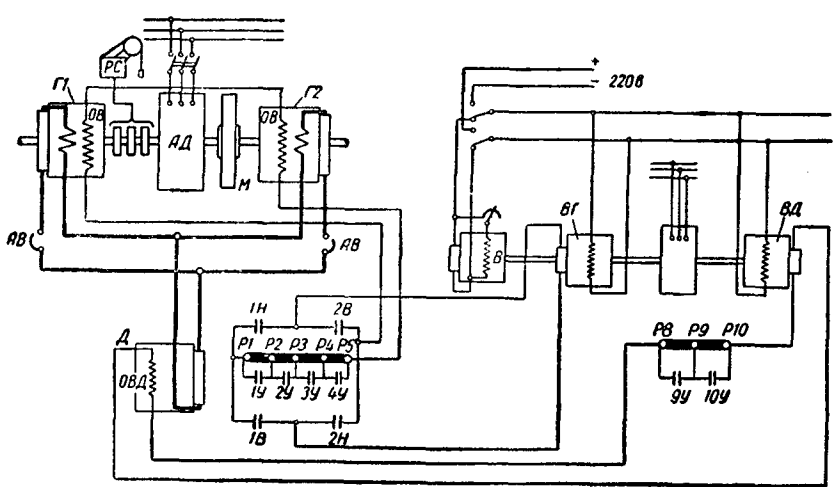


圖12 可逆式軋鋼機的接觸器控制線路圖。

電動機由接觸器 1B, 2B 和 1H, 2H 改變發電機激磁電流的方向來取得逆轉。在達到基本(額定)速度範圍內的調節是由發電機激磁回路內的接觸器 1V, 2V 和 3V 來担任, 超過基本速度時的調節, 則靠電動機激磁回路內的接觸器 9V 和 10V。

軋鋼機的控制, 是藉助於在控制台上設有脚踏傳動的指揮控制器。表 2 中指出在控制器的不同位置上, 電動機的電壓 u 和速度 n 。

表 2		
控制器的位置	u	n
1	216	12.5
2	394	25.0
3	572	37.5
4	750	50.0
5	750	85.0
6	750	120.0

爲了加強激磁作用, 可將增高的電壓施加與發電機的激磁線捲, 這在加速時接通接觸器 4V 就可以做到。當電動機的速度到達相當於控制器該位置的數值時, 就停止加強激磁, 這時將接觸器 4V 開斷。

如果在大於基本速度下運轉時, 電動機將要過載, 吸取着大的電流, 則在過載時電動機的磁通因有功功率調整器而自動增加, 於是速度降低。這樣的來提高電動機的轉矩到軋鋼機所需要的值, 電流也限制有一定的最大限度。

當過載達 270% 時, 電動機因自動開關 AB 的跳開而與發電機切斷。

電力擴大機的控制 對於可逆軋鋼機, 也可以採用電力擴大機的控制。電力擴大機的控制比接觸器的控制所具有的優點是: 因使軋鋼機的加速和減速保持最高度的恆定而使生產率得以提高; 大約減省了 50% 數量的電氣設備, 可用小巧的繼電器代替巨大的接觸

器; 簡化電路和提高運用的可靠性。電機擴大機被用來作為電機; 它饋電給發電機和電動機用激磁機的激磁線捲。發電機的電力擴大機 A (圖 13) 靠兩個控制線捲相互來作用, 一個爲接於網路內的他激線捲 HO, 另一爲接於發電機 Γ 電壓下的調節線捲 PO; 於是在電動機起動之初, 此時發電機的電壓尙小而與規定之值相差很遠, 電力擴大機的安培匝和電動勢一時變爲極大, 大大超過自身正常的整定值。加

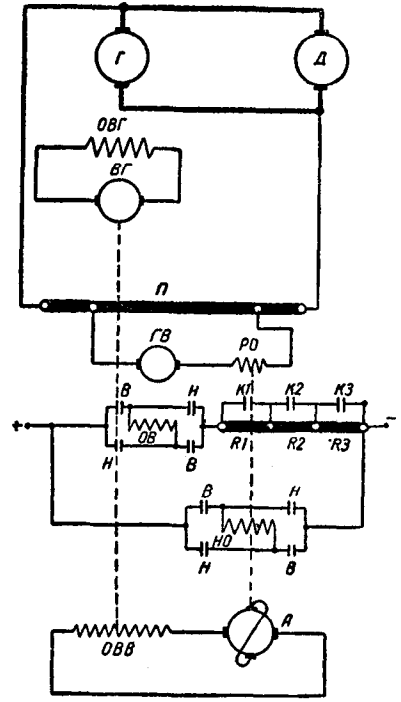


圖13 可逆式軋鋼機的電力擴大機控制線路圖。

在激磁機 $B\Gamma$ 的激磁線捲 OBB 上的電壓也大大的超過了額定值。這就使得激磁機 $B\Gamma$ 的電動勢迅速增長, 暫時地也成爲大於本身的整定值。此時加到發電機 Γ 的激磁線捲 OBB 上的電壓, 要超過整定值的好幾倍。發電機的磁通和電壓猛烈地增長着。隨發電機電壓上升和軋鋼電動機速度增加的程度之不同, 所加於發電機激磁線捲上的電壓則減少, 也就是加強激磁的程度

降低了。在該道次中，軋鋼機到達一速度就開始加速的這個速度，是由一台不大的輔助發電機 $ГВ$ 的電動勢所建立起來的。若改變發電機 $ГВ$ 的激磁線路 OB 回路內的電阻 R_1 、 R_2 和 R_3 便可改變此速度。

軋鋼機用輔助機械的電力驅動

軋鋼機用輔助機械的電力驅動的类型

對於有反覆短時工作制和每小時接用次數多的軋鋼機的輔助機械，可採用電壓為 220 伏的直流串激或複激電動機 (КПД 型)，這樣的電動機具有大的起動轉矩和大的過載力矩，且能保證在輕載時 (空載) 提高機械的速度；也常有採用感應電動機的。

蘇聯在近年來，對於每小時接用次數多和需要調節速度的輔助機械，例如下壓螺桿，初軋機的工作軋道和初軋機的移鋼機[●]，以及巨型剪割機等，已開始採用列奧拿德方式，且多數是發電機有電力擴大機的激磁機的。

對於長期工作而不需要調速的輔助機械，則大部分是採用電壓為 380 伏的鼠籠式感應電動機，如也有必要調速時，則採用直流分激電動機。輔助機械用的電動機，要選擇封閉型的。輔助機械用的直流電動機，係自電動發電機或自汞整流器獲取直流電。

對於軋道，可採用單台電動機和多台電動機的驅動裝置。在運送截面大的短鋼錠的軋道所採用的是單台電動機的驅動裝置時，應配備複激的 (有滾柱或滾珠軸承) 或串激的 (有滑動軸承) 直流電動機。近年來對於初軋機的工作軋道多採用列奧拿德方式。對於運送軋道，以及升降台上的軋道，則多採用多台電動機的驅動裝置。

多台電動機的驅動裝置，就是每一軋子由單獨的電動機來驅動，所採用的是容量為 0.3~1 仟瓦的鼠籠式感應電動機 (АЗР 型)，有時候也採用按照列奧拿德方式所控制的直流電動機。

單獨驅動的優點是：運轉中的可靠性大；構造和安裝簡單；有迅速更換已損壞的軋子的可能性。軋道所用鼠籠式電動機的速度，可由改變加於電動機的電流頻率來調節。為此，電動機自速度可變的分激電動機所驅動的同步發電機饋以電流。

對於可逆式軋鋼機下壓裝置的驅動，可採用複激或串激的直流電動機。複激電動機能保證停止的精確度很大。下壓裝置的指揮控制器有相當於 25、65 和 100% 速度的三個位置。當要軋軋大大移動時，可將控制器安放在第三位置上，當軋軋靠近停止地點時，即將

表 3 初軋機和鋼坯機

輔助機械	電動機		工作制： 接用的相對持續時間 (%)	有無 反向	每小時的 接用次數
	數量	功率 馬力			
均熱爐蓋的推開裝置	1	15	15	有	20
初軋機的軋軋下壓裝置	2	50	40	有	1000
引入軋道	1	30	40	有	90
工作軋道	4	100	40	有	800
移鋼尺	4	85	40	有	500
翻鋼機設備	2	30	40	有	300
剪割機旁的軋道	2	30	40	有	300
三個剪割機 1、2 和 3 的擋板	6	10	40	有	120
軋道的移動裝置	3	20	25	有	75
稱量機	1	10	25	有	不定
剪割機 2 和 3 之間的軋道	3	30	40	有	60
剪割機 1 和 $\alpha=600$ 公厘的軋鋼機之間的軋道					
$\alpha=600$ 公厘和 $\alpha=400$ 公厘的軋鋼機之間軋道					
600 和 400 公厘的軋鋼機之前與後的移送機	3	30	25	有	60
拖出裝有軋鋼屑小車的絞盤	1	10	15	有	不定
更換軋軋的小車	1	40	15	有	不定
斜軋道	2	50	40	有	40
末端軋道	4	15	25	有	30
冷床的傳送機	4	50	25	有	40
均熱爐的鼓風機	4	50	100	無	每班一次
切割 400×400 公厘的初軋鋼坯的剪割機 2	1	200	100	無	每班一次
切割 200×200 公厘的初軋鋼坯的剪割機 1	1	70	100	無	每班一次
切割 200×200 公厘的初軋鋼坯的剪割機 3	1	70	100	無	每班一次
切頭的搬運器	2	75	100	無	每班一次
出料的搬運器	2	12	100	無	不定
依里格森耳 (Ильг-нер) 冷卻設備的鼓風機	2	60	100	無	每班一次

控制器移轉到第一位置，於是電動機的速度降到 25%，這樣來使軋軋達到精確的停止。如要軋軋稍許移動，可將控制器安放在第一位置上。近年來已開始採用當初軋機的下壓螺桿在通過指示表板上所早已計劃的行程以後的自動停止方法。

在初軋機的下壓裝置方面，開始採用列奧拿德方

式,對於初軋機的移鋼機和運料車的驅動,是採用串激電動機或列奧拿德方式。

表3列出初軋機和鋼坯機的輔助機械的驅動裝置之概要數據。

滑鋸鋸盤的驅動,可用帶飛輪而運轉的感應電動機(10~250馬力)來担任。對其推進裝置的驅動,則可採用以改變激磁電流來調速的或按列奧拿德方式所控制的分激電動機。

電動機容量和機械運轉時間的計算

對於長期工作制的機械,其電動機的容量可取等於淨功率之值。

對於反覆短時工作制的機械,則必需選擇有這樣功率的電動機,就是它要能滿足以下的條件:承受機械在工作時所需要的瞬時的最大過載;能够十分迅速地使機械加速和制動,這樣來保證機械的運行有規定的時間;在最為繁重的任務下,不會發熱到容許極限之上。

必需根據現有的類似設備,預先估計電動機的功率,功率的實際計算就是做驗算之用。

計算的方法對於任何輔助機械都是相同的。今作900公厘初軋機下壓裝置的計算為例。在提升軋軋時的靜力矩 $M_{cm}=1710$ 公斤公尺;跨距 $h=100$ 公厘;電動機與機械間的變速比 $i=27$;作用於電動機軸上的機械的飛輪力矩 $GD_m^2=65$ 公斤公尺²。

我們預先選擇兩台КПД 400/516型60仟瓦的串激電動機; $I_N=300$ 安;650轉/分; $GD^2=18.5$ 公斤公尺²; $M_N=90$ 公斤公尺。

相應於一台電動機的阻力矩

$$M_m = \frac{M_{cm}}{2 i \eta_m} = 48.8 \text{ 公斤公尺}$$

式中 $\eta_m=0.65$ ——傳動裝置的效率。

設電動機的起動電流 $I_d=1.5I_N$ 。按第一章圖10所示電動機的特性曲線 $M=f(1)$,可求出電流 $I_d=1.5I_N$ 時的起動轉矩

$$M_d = \alpha M_N = 1.66 M_N。$$

因此

$$M_d = 1.66 M_N = 1.66 \cdot 90 = 149.4 \text{ 公斤公尺。}$$

按特性曲線 $n=f_1(1)$ 求出 $I_d=1.5I_N$ 的相應於在變阻器接用時的轉矩 M_d 的每分鐘轉數 $n_p=0.86 n_N=559$ 。

有恒定起動轉矩 αM_N 的加速時間求得為

$$t_p = \frac{GD^2 n_p}{375 (\alpha M_N - M_m)} = 0.9 \text{ 秒。}$$

軋軋在時間 t_p 內所經過的行程將為

$$l_p = \frac{v_p}{2} t_p = 13.06 \text{ 公厘。}$$

其中軋軋移動的速度

$$v_p = \frac{h n_p}{60 i} = 34.6 \text{ 公厘。}$$

串激或複激電動機按自然特性從速度 n_p 到整定速度 n_c 的加速,可用第一章內所述的圖解分析法進行計算([驅動裝置運動方程式積分的圖解法和圖解分析法])。有了曲線 $M_d=f(n)$ 和 $M_m=f_1(n)$,便可從圖解上由另一曲線計算出此一曲線,並求出動力矩 $M_j=\varphi(n)$ 。假定電動機每分鐘轉數的逐次增量為 $\Delta n_1, \Delta n_2, \dots, \Delta n_n$,並求出各段的動力矩平均值為 $M_{j1}, M_{j2}, \dots, M_{jn}$ 。最後一段的最終轉數 n_n ,必須令之等於相當(第一章圖10)轉矩 $M_m=0.543 M_N$ 的整定轉數 $n_c=1.2 n_N=780$ 轉/分。由此求出 Δn_n 。

表4內列出計算的數據。令制動力矩 $M_t=M_d=149.4$ 公斤公尺,可求出制動的時間

$$t_t = \frac{GD^2 n_c}{375 (M_t + M_m)} = 0.53 \text{ 秒。}$$

在制動時所經過的行程

$$l_t = \frac{v_c t_t}{2} = 12.9 \text{ 公厘。}$$

表 4

階 段		每分鐘轉數 n		電動機的轉矩 (公斤公尺)		電 流 (安)		時 間 (秒)		周 期 末 了 螺 桿 的 速 度 (公尺/秒)	行 程 (公尺)	
		最小的	最大的	最大的	最小的	最大的	最小的	所研究的 周期	從加速開 始的全部 時間 Σ		所研究周 期的 l	從加速開 始的全部 行程 Σl
提 升	以恒定起動轉矩加速的周期	0	559	149.4	149.4	450	450	0.755	0.755	34.6	13.06	13.06
	第一 段	559	600	149.4	111.6	450	350	0.068	0.823	37.0	2.43	15.49
	第二 段	600	650	111.6	90	350	290	0.130	0.953	40.2	5.02	20.51
	第三 段	650	700	90	67.5	290	240	0.226	1.179	43.2	9.42	29.93
	第四 段	700	780	67.5	49	240	195	1.158	2.337	48.2	52.92	82.85

按照表 4 的數據，繪製圖 14。坐標軸右邊的是加速到達恒定速度 n_c 時的曲線 $I=f(t)$, $n=f_1(t)$, 和 $l=f_2(t)$, 左邊的則是在制動時的一些曲線。圖 14 的虛線表示在軋輥降下時的曲線。當機械到達整定速度時，要求出其工作的全部時間是不困難的。如果機械所通過的行程少得在此時機械不能順利地達到整定的速度，那麼就會有這種情況：在加速中和在制動時所通

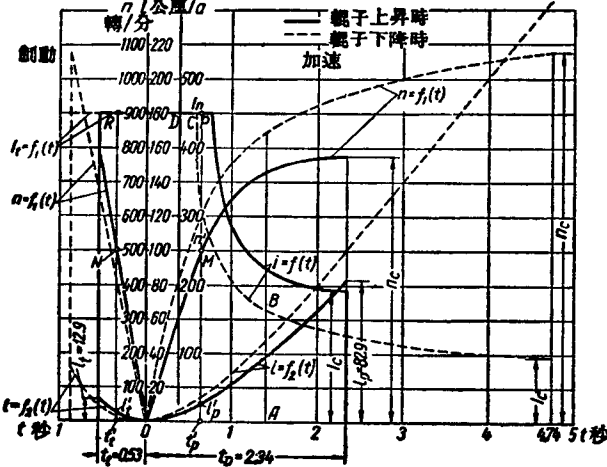


圖 14 在加速和制動時電動機的計算曲線。

過的行程 l'_p 和 l'_t ，將比行程 l_p 和 l_t 為少。欲求此情況下機械的全部工作時間 t ，可假定一些轉數 n' 之值，並在圖 14 上將這些值的水平線上的等高線引到與曲線 $n=f_1(t)$ 相交，加速時交於 M 點，制動時交於 N 點。由所得之點 M 和 N 引下垂直線到橫坐標軸上，便求出相當於加速到所假定的速度 n' 的最後加速時間 t'_p 和制動時間 t'_t 。同時，找出在加速和制動時這些垂直線與曲線 $l=f_2(t)$ 相交之點，即可求得在加速時的行程 l'_p 和在制動時的行程 l'_t 。然後求出全部行程 $l = l'_p + l'_t$ 和全部時間 $t = t'_p + t'_t$ ，並繪製曲線 (圖 15) $t = \psi(l)$ 和 $n' = \psi_1(l)$ 。

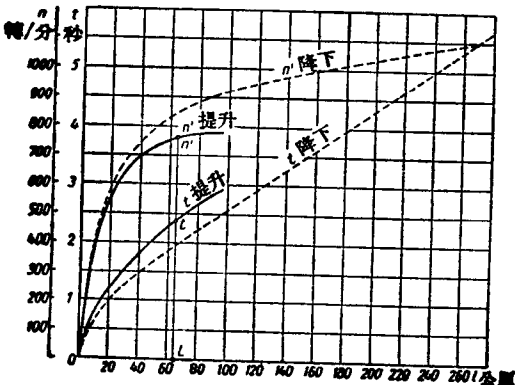


圖 15 曲線 $t = \psi(l)$ 和 $n' = \psi_1(l)$ 。

知道了機械所通過的行程 l ，即可按曲線 $t = \psi(l)$ 求出其全部時間 t 。

同時按曲線 $n' = \psi_1(l)$ 求出該行程 l 下電動機加速達到的轉數 n' 。將此轉數 n' 繪在圖 14 上，並在其水平面上引出水平直線，直到與加速和制動的曲線 $n=f_1(t)$ 在 M 和 N 點相交。然後由所得之點引下垂直線，延續到在 P 和 R 點與曲線 $I=f(t)$ 相交，這樣來求出在加速時 (從 $t=0$ 到 $t=t'_p$) 和在制動時 (從 $t=0$ 到 $t=t'_t$) 相應於行程 l 的曲線 $I=f(t)$ 的各段。在總圖上 (圖 16) 總合所求得的曲線 $I=f(t)$ 各段，便取得機械移動某行程 l 的電流的未知圖。用類似的方法，可為機械的每一行程求出加速和制動的曲線 $I=f(t)$ 的相應各段，

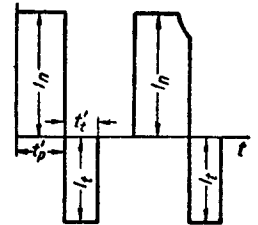


圖 16 軋鋼機械用電動機的 $I=f(t)$ 曲線。

並取得機械所用電動機的電流全圖 (圖 16)，按它可求出等效電流 (見第一章內 [等效電流法])

$$I_s = \sqrt{\frac{\sum (I^2 \Delta t)}{\sum t}}$$

式中 $\sum t$ ——機械經一次軋製循環的工作總時間；
 $\sum I^2 \Delta t$ —— I^2 和一次移動所相應的時間 Δt 的乘積數；
 $\sum (\sum I^2 \Delta t)$ ——一次軋製循環內機械全部移動的上述乘積之總和。

知道了工作週期的實際的相對持續時間 $PP = \epsilon$ 後，就可求得目錄書上的 $PP = \epsilon_K$ 值近似於 ϵ 時所需的電流 I_K 。在此情況下，

$$I_K = I_s \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_K}}$$

當 $I_K \leq I_{NK}$ 時，式中 I_{NK} ——在 ϵ_K 時的額定電流，電動機按發熱條件選擇較宜。按過載的計算可閱第一章 ([等效電流法])。

軋鋼機輔助機械用減速器 變速比的選擇

對於每小時起動次數多且為反覆短時工作制的輔助機械，其電動機與機械間的減速器的變速比會嚴格的影響到規定行程下機械的運行時間。必須以取得機械有最少的運轉時間為條件來選擇變速比。

● 按照鄒林柯夫 (А.И.Целиков) 和庫尼茨基 (Н.П.Куницкий) 的方法進行。

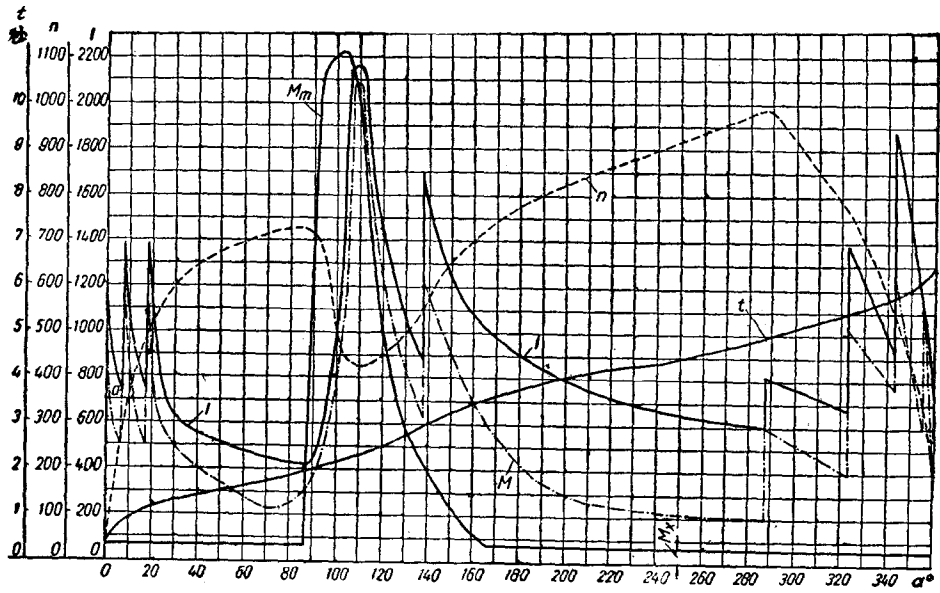


圖20 剪割機在切割200×200公厘鋼錠時的工作圖：

α —曲柄迴轉角度。

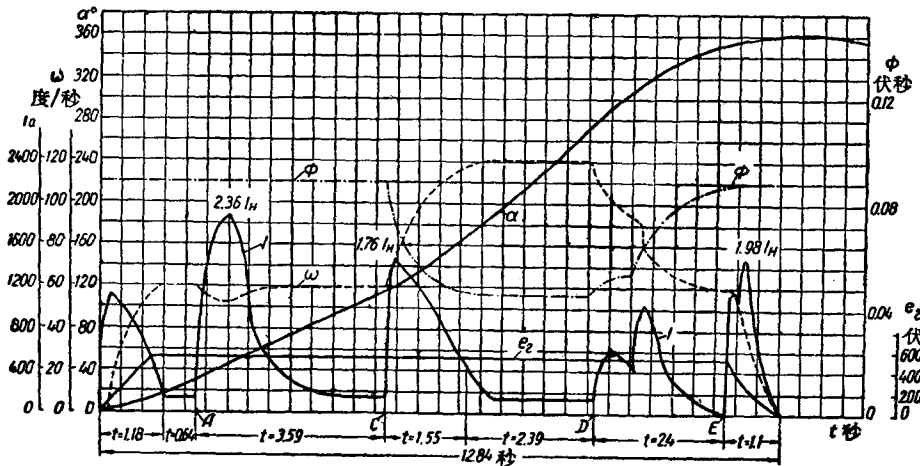


圖21 剪割機具有列奧拿德方式的驅動裝置的工作圖：

$t = 1.18$ 秒—按列奧拿德方式加速； $t = 3.59$ 秒—切割； $t = 1.55$ 秒—電動機的磁場減弱；
 $t = 2.39$ 秒—穩定運動； $t = 2.4$ 秒—電動機的磁場增強； $t = 1.1$ 秒—減磁和自減磁。

當曲柄迴轉 85° 角時便開始切割。靜力矩 M_m 和電動機的轉矩 M 上增，而電動機的速度 n 則下降。然後 M_m 漸漸降到空載力矩。爲了增加空載的速度以提高特性曲線2V上 b 點的能力(圖19和20)，用接通接觸器3V的方法加電阻使電動機的激磁線捲分路。

可變靜力矩的計算，可以分段進行，用階級式折斷點代替靜力矩曲線，或可按公式(104)進行(第一章)，假定爲 $GD^2 = \text{常數}$ 。電動機的速度上增到額定值的220~230%，然後因剪割機行程開關觸頭的動作，在 z 點上，電動機的電樞由於接觸器1V的開斷和1V的閉合而改接爲能耗制動。但激磁線捲由於接觸器 k 的閉合仍經過電阻PK-P3連接於網路(圖18)。

適應於制動開始的角度應當這樣來加以選擇，使得剪割機能在起始的位置上停止住。當接觸器2V接通後，曲柄繼續的迴轉，然後3V接通，於是制動力矩上增。在接近起始位置時，速度就降落到不大的值，發生着機械的制動。對於制動的時期，其計算要依據第一章內[電力驅動裝置的起動時間和制動時間，以及工作機器的組成部分在此時間內所通行的路程]一節進行。200×200公厘鋼錠剪割循環的全部時間爲6.42秒。有了曲線 $I=f_3(t)$ (圖20)，便可按發熱情況校對電動機的容量。

近來，對於巨型剪割機的驅動已採用列奧拿德方式。圖21所示爲用四台КП4-4型(180仟瓦，550/1140轉/分，220伏)分激電動機驅動的板坯剪割機的工作圖，這四台電動機是自一台發電機所饋電的。此圖顯示電樞電流 I ，電動機的旋轉角速度 ω ，它們的磁通 ϕ ，發電機的電動勢 E_2 和曲柄的迴轉角 α 等隨時間 t 的關係。在循環的初期，用加強激磁的方法提高發電機的電壓來使電動機加速到基本速度。當曲柄迴轉 72° 時，在 A 點開始切割，故電流迅速的增長到額定值的236%，速度則略爲降低。在 C 點，爲了減省空載的時間，故 ϕ 減少，且速度增長到1140轉/分。在 D 點開始制動。起初是把 ϕ 加強到額定值來進行制動，然後在 E 點用減小發電機電動勢的方法來進行制動[31]。

飛剪機的電力驅動

把扁鋼切成塊又同時軌製它們的飛剪機的驅動，是由在激磁線捲回路內可調速達1:3~1:4的直流分激電動機担任。如有更寬大調速範圍的必要時，則採用列奧拿德方式。要保持刀具的速度能適應於機架內扁鋼的速度，可以採用調速器以改變剪割機的速度，使適應於鋼材的速度；從軋鋼機經過機械的連結來驅動剪割機；由軋鋼機機架用電動機帶動旋轉的發電機所饋

電的電動機驅動剪割機(發電機和電動機無論選用直流的或同步的均可)；使剪割機和軋鋼機機架的速度同步。動作遲緩是調速器的缺點。剪割機和扁鋼之間同步速度的失調，會引起被切鋼塊長度的改變。

圖22所示爲剪割機有適應於鋼材速度的同步線路圖。測速發電機T1(Тахогенератор)與軋鋼機最

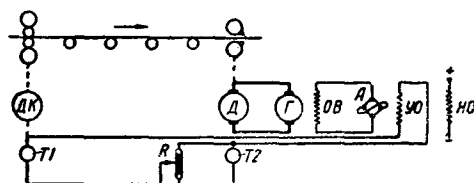


圖22 飛剪機的同步線路。

後一機架的電動機ДK相連結，而測速發電機T2則與剪割機的電動機相連結。二個測速發電機是這樣接線的，就是它們的電動勢互相抵消。變阻器 R 可供調整被切鋼塊的長度之用。測速發電機T1的電動勢和變阻器上電壓(與測速發電機T2的電動勢成比例)之差，加在電力擴大機A的控制線捲Y0上，由電力擴大機A來饋電給發電機Г的激磁線捲。發電機Г則饋電給剪割機的電動機Д。電力擴大機A的激控制線捲HO所產生的安培匝 AW_H ，與控制線捲的安培匝 AW_Y 相反，而其方向是電力擴大機電動勢增長的方向。

當剪割機的速度減小時，測速發電機T2的電動勢即減小，而電力擴大機的安培匝 AW_Y 也減小，但它的總安培匝與電動勢則增大。發電機的電壓既增，故剪割機的電動機速度也隨之增加。

切割扁鋼的前端時，飛剪機要在扁鋼通過以前即行開動，並在切割以後準確地在起始的位置停止。剪割機從起始位置 a (圖23)起加速，走過約 270° ，便到達全

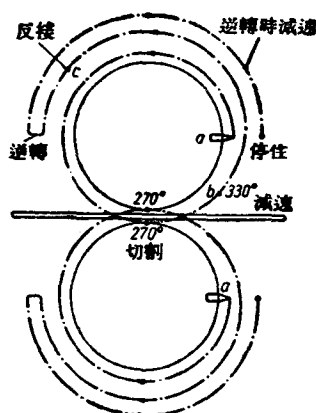


圖23 切割扁鋼端頭時飛剪機的工作過程。

速度，在此時，進行了切割；其後剪割機變慢（在 b 點），並在減速的情形下走過 270° ，便用反接法制動（在 c 點）而且逆轉。然後往反方向走過約 180° 的路程，剪割機便準確地停住在起始的位置上。由上述剪切路程的工作方式，顯見剪割機達到全速度的加速度，大約等於鋼材的速度，而對於制動也同。

冷軋機的電力驅動

冷軋機的驅動，可採用直流電動機和感應電動機。對於被軋鋼塊品種狹窄且鋼塊拉力不需要精確調整的小生產率的冷軋機，可以採用感應電動機。對於生產率大的冷軋機則應採用直流分激電動機，它的優點是：可以軋製寬闊的品種；用電的方法可以保持扁鋼有一定的拉力；可以在修整時得到不大的扁鋼速度等等。以改變激磁電流的方法來調整速度的分激電動機適宜於冷軋機的工作條件，因冷軋機軋製的是很狹窄的扁鋼，祇需要不大的轉矩，通常以高速度進行軋製。

連續式冷軋機的電力驅動

在連續式冷軋機中，每一機架，以及每一盤捲機，是用單獨的電動機驅使運轉的。

機架的電動機 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 和 $\Delta 3$ ，及盤捲機的電動機 ΔM ，是自一台或兩台列奧拿德發電機 $\Gamma 1$ 和 $\Gamma 2$ 饋電（圖24）。

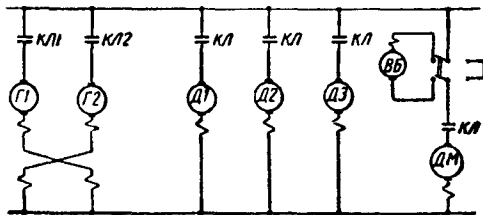


圖24 連續式冷軋機的電氣線路圖。

全部機架和盤捲機的電動機是用逐漸提高發電機電壓的方法同時進行起動。電壓用電壓調整器以保持恆定。機架的速度可以按列奧拿德方式，也可以改變電動機的磁通來進行調整。後一法要用粗調整和細調整的分路變阻器。

在起動帶有扁鋼材的冷軋機之前，通常已將電動機的分路變阻器調節到規定的轉數，也就是在電動機的磁通微弱時將發電機的電壓提高來進行起動。因而電動機立刻加速到達根據機架間拉力正確分配的條件所選定的工作速度。盤捲機在起動時，可以比機架遲些開始加速。為了減少拉力的變動和避免盤捲機較機架在加速上的落後，可以在盤捲機的電動機電樞回路內

接入一輔助發電機 BF ——電樞昇壓機。

萬一機架之間形成環路時，則預先裝好的按鈕控制可以使次一機架的電動機加速旋轉。

為了整個冷軋機或其個別機架有可能迴轉一不大的轉數，將按鈕壓住即能以不大的速度開動一短時間（[衝擊]）。

冷軋機機架之間的拉力，藉助於拉力調整器（軋鋼電動機的電流調整器），或更好的藉助於拉力計以保持恆定。

圖25表示應用拉力計調整拉力的線路圖。扁鋼的壓力施與位於機架之間的軋子 P 上。軋子的軸承是安裝在撐架上有彈性的金屬板 Π 之上。在扁鋼的拉力作用之下，軋子往上偏移，而金屬板使變壓器 T 的銜鐵 γ 偏移。一次線圈 $K1$ 是接於網路的；兩個同樣的二次線

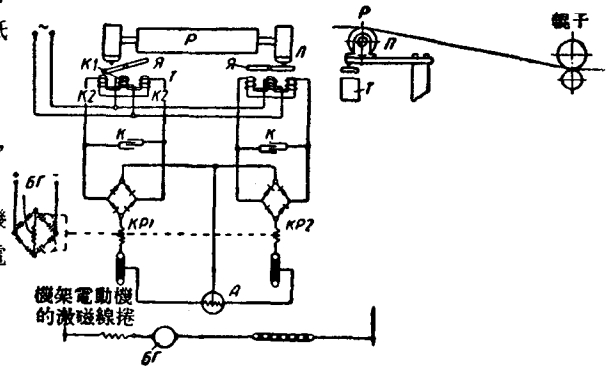


圖25 藉助拉力計調整拉力的線路圖。

圈 $K2$ 是這樣連接的，就是它們的電動勢互相起反作用。當有未拉緊的扁鋼時，銜鐵處於水平的位置；在兩個二次線圈內的電動勢相等而在電橋的對角線上沒有任何電位差。

當銜鐵受扁鋼拉力的作用而偏移時，電動勢就變得不一樣，並在電橋對角線的端子上出現了電位差。整流的電流通過磁調整器的線圈 $KP1$ 和 $KP2$ 。調整器使小發電機 BF 的激磁電流改變，此小發電機的電樞是接在傳送扁鋼材的機架電動機的激磁線圈回路內的。當扁鋼材的拉力過度時，發電機使這台電動機的激磁電流減小，它的速度則略為增加，故扁鋼材的拉力減小。扁鋼材的拉力就這樣地來自動保持恆定。

可逆式冷軋機的電力驅動

在現在的可逆式冷軋機中，其機架和盤捲機是應用自一台（大多數如此）或分別的發電機所饋電的單獨直流電動機來驅動。圖26所示為可逆式冷軋機的電力驅動裝置的線路圖。機架的電動機 K 和左右兩盤捲機

的電動機 MJ 及 $M\Pi$ 係自發電機 Γ 所饋電，並按列奧拿德方式加以控制。捲取機的電動機以電動機的方式而

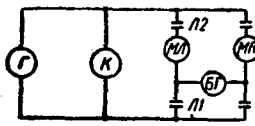


圖26 可逆式冷軋機的電路圖。

運轉時，產生轉矩，使盤捲機旋轉；開捲機的電動機以發電機的方式運轉時，則產生為拉張扁鋼所必需的制動力矩。開捲機用電動機的電動勢與其旋轉速度成比例，而比捲取機用電動機的電動勢以及發電機的電壓要小得多，因為開捲機的轉速比捲取機為小，以致能引起壓緊作用。為了可以將開捲機用電動機連接於發電機，可與發電機串聯一用以升高其電壓的附加昇壓發電機 $B\Gamma$ 。因為盤捲機輪流地作為捲取機和開捲機而運轉，故昇壓發電機應當輪流地連接這一台或另一台電動機。

當從左往右軋製時，可接通接觸器 $J2, \Pi2$ 和 $\Pi1$ ，捲取機的電動機 $M\Pi$ 就直接接到發電機 Γ 之上，而電動機 MJ 則與昇壓發電機串接。當從右往左軋製時，可接通接觸器 $J2, J1$ 和 $\Pi2$ ，則昇壓發電機與電動機 $M\Pi$ 串接起來。為了在軋軋內和在盤捲機內修整鋼帶，以及調整在起動前之拉力，可將軋鋼機用電動機和盤捲機用電動機分別的用衝擊法接通。

在捲取和開捲時，為保持機架和捲盤機之間鋼材拉力之恆定，需用電流調整器，由它來保持與拉力成正比例的盤捲機用電動機的電流在恆定的水平上。調整器能對盤捲機用電動機的激磁發生影響。根據鋼條捲取的程度，捲取機用電動機的磁通增加，但盤捲機的速度下降。開捲機的調整器依鋼條放鬆的程度使開捲機用電動機的磁通減小，這樣地來增加盤捲機的速度。電流調整器可以採用碳式的，也可採用電力擴大機式的。

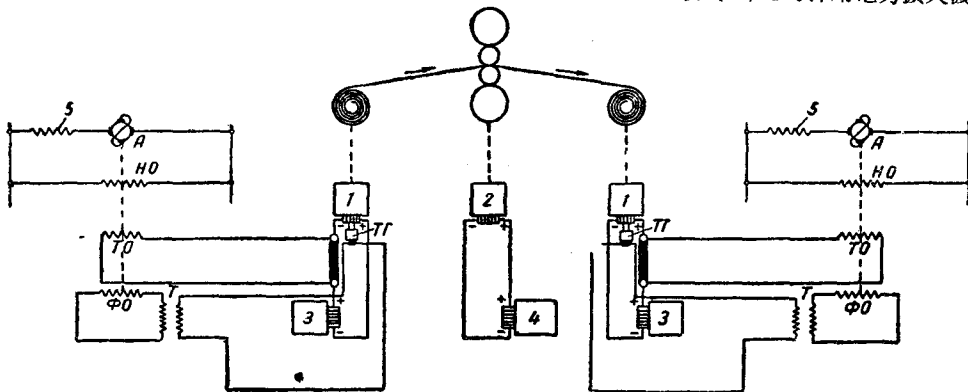


圖27 在可逆式冷軋機中調節鋼材拉力的電力擴大機式調整器：

- 1—盤捲機的電動機；2—冷軋機的電動機；3—盤捲機的發電機；4—冷軋機的發電機；5—盤捲機用電動機的激磁線捲。

電力擴大機式調整器可用來調節盤捲機和機架之間鋼材的拉力，也可以調整連續式冷軋機機架間鋼材的拉力。圖27所示為可逆式冷軋機中用電力擴大機調節鋼材拉力的線路圖。電力擴大機 A 有三個線捲：他激線捲 HO ，連接於電動機電樞回路電阻上的電流線捲 TO 和加強線捲 ΦO 。電力擴大機的安培匝 $AW_a = AW_u - AW_m$ ，且 $AW_u > AW_m$ ，其中 AW_u ——他激線捲的安培匝，而 AW_m ——電流線捲的安培匝。對於捲取機來說，電力擴大機的電動勢與加於電動機激磁線捲上的網路電壓作用相反。

當捲軋上捲的直徑增大時，在捲取機上鋼材的拉力也增大，而盤捲機用電動機的電流和安培匝 AW_m 也隨之增大，但安培匝 AW_a 和電力擴大機的電動勢則降低。因此捲取機的電動機的磁通增長，而它的速度減小。此時拉力差不多減小到先前之值。對於開捲機來

說，它的電力擴大機的電動勢與加於電動機激磁線捲上的網路電壓作用一致。當捲軋上捲的直徑減小時，在開捲機上的鋼條拉力和此盤捲機用電動機的電流都增大，而安培匝 AW_m 也隨之增大。電力擴大機的電動勢減小，結果開捲機用電動機的磁通減小，而其速度上增。拉力因此減小到先前之值。

鋼條的拉力祇有在捲盤機用電動機穩定旋轉之下才與其電流成比例。當加速和減速時，電動機的電流由兩種成分組成：與拉力成比例的靜電流成分，消耗於盤捲用驅動裝置速度改變的動電流成分。為了使電流在加速和減速時能與拉力成比例，動的電流成分應當加以補償。這就需要電力擴大機的強化線捲 ΦO ，自變壓器 T 饋以電流，變壓器的一次線捲是連接在測速發電機 $T\Gamma$ 上的，後者由盤捲機帶動旋轉。炭精式調整器也以類似的情形而運用。