

# 薄鐵板壓延機自動テーブル装置に就いて\*

電士電機 製作部 太田勝治郎 田村勝平

## 内容梗概

昨年春、八幡製鐵所へ納入せる薄鐵板壓延用自働テーブル装置に使用せる電氣機械器具の説明をなし、將來此種装置を利用せんとする方々の参考注意事項を記述してゐる。

### 1. 緒言

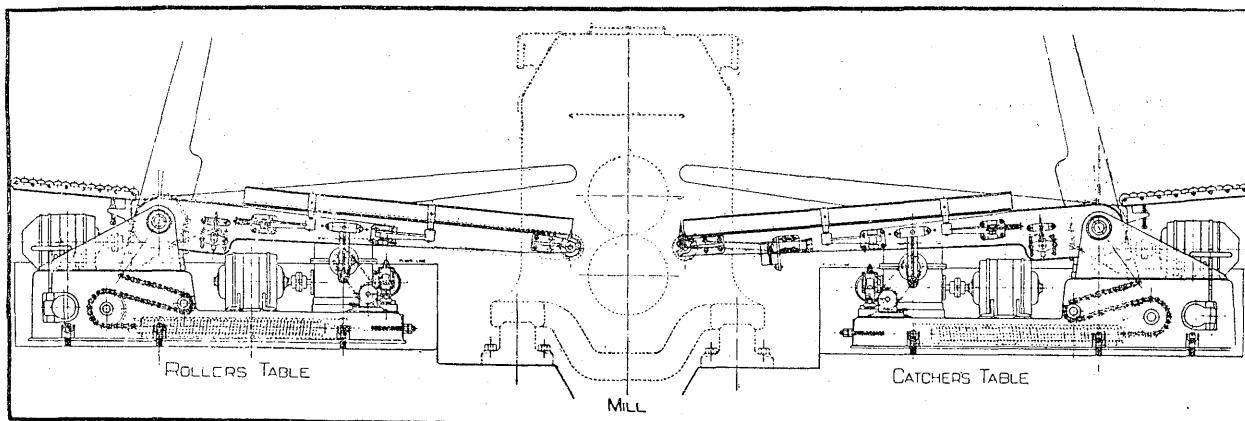
我國に於ける薄鐵板壓延製造行程中、仕上げ壓延には殆ど全て舊式なる人力を利用してゐるものであつて、即ち二重ロールの前面及後面に人が立ち、爐から出した灼熱の材料を挟みによつて壓延機に挿入すると、之れが壓延されて後面へ出る、すると後面のものは之れを取り、挟みにてロール上方より前面に送り返し、之れを繰り返し、繰り返して製造する事は既に御承知の通りであるが、其の操作の労力、熱損失は想像に餘りあるもので、壓延作業中最も労力を要するものとされてゐる、斯かる原始的方法が未だに方々に繼續されてゐる事は各種の事情あるとは言ひながら、實に意外の感を抱かざるを得ない、勿論之れが電氣的に全自働化する事は可成古くから行はれてゐるとの事であるが、我國に於ては甚だ少い様である、此の自動装置の操作は普通の用途とは大分異り非常に頻繁操作を必要とするものである、即ち材料が爐中にて壓延に適す

る溫度とされたものが完成品になる迄には相當の溫度降下は避け得ぬ事故、出来るだけ急速なる動作を必要とし且過誤による損失が非常に大である故之れに用ふる材料器具類は信頼度高く機構の簡単なるものを必要とするのである。

弊社に於ては昨年春、八幡製鐵所殿の御註文により交流による之れがテーブル自働装置を納入し、その運轉結果は好成績を納めたものであつて、其の自動装置に關する電氣部分並に運轉操作の概略の説明を此處に記載し、斯かる方面の自動化に對する注意事項の一つとしたいと思ふ。

### 2-1) 自動テーブル装置

自動テーブルの機構は大體第一圖に示す如きもので前面並に後面各テーブル (Roller Table, and Catcher Table) に各二臺の電動機を必要とし、内上下用電動機はテーブルの略中央にあるクランクをウォーム歯車を介して連結されてゐる、從つてテーブル上下に際し



第一圖 自動 テーブル 機構

\* On the Electrical Equipment for Automatic Table-control of Sheet-steel Mill

て電動機は常に同一方向に回轉しクランクを180度宛回轉せしめるのである、他の一臺は壓延材料をロールに送り込むとか或は運搬用のチェーン、コンベヤ運轉用であつて、テーブルを上下する回轉軸と同心に鎖齒車が取付けられ之れがウォーム歯車を介し電動機に連結されるものであつて、此の電動機は1分間40回と言ふ非常に頻繁な急速可逆運轉を必要とするものである。

壓延作業の順序に對する説明圖は第2圖の通りであつて、大體人力で行ふと同一で、人力が電動力に代つただけと見てよい、第2圖に就いて説明すると

a) 主幹制御器を自動側に投入して置くとチェーン用電動機は(1)の矢印方面に廻轉を續ける、此の場合爐より壓延すべき材料をプツシャー等によりローラー、テーブル(前面テーブル)上に落すとチェーンコ

ンペヤによつて、材料はロールに壓延される方向に運ばれる、始めフラツグ、スキツチ(I)を倒しロールにて壓延されてフラツグ、スキツチ(II)を倒し第2の状態となり續いて材料がキャツチャーテーブル(後面テーブル)上に乗りて第3の状態になり、フラツグ、スキツチ(I)(II)が共に元に戻るに及んでチェーン用電動機が停止し第一回の壓延を終る事となる。

b) チェーン用電動機が急停止すると、上下用電動機が回轉せしめられテーブルを上方に持ち上げる、而して第4の状態になると、クランクに直結された開閉器が動作して上下用電動機が停止し、之れと同時にチェーン用電動機が(a)とは反対に回轉し始める、而して材料は、フラツグ、スキツチⅡを倒しロール上部を超へ、フラツグ、スキツチIを倒して第5の状態となり引き続き第6の状態になつて、各フラツグ、スキツチが元に戻る。

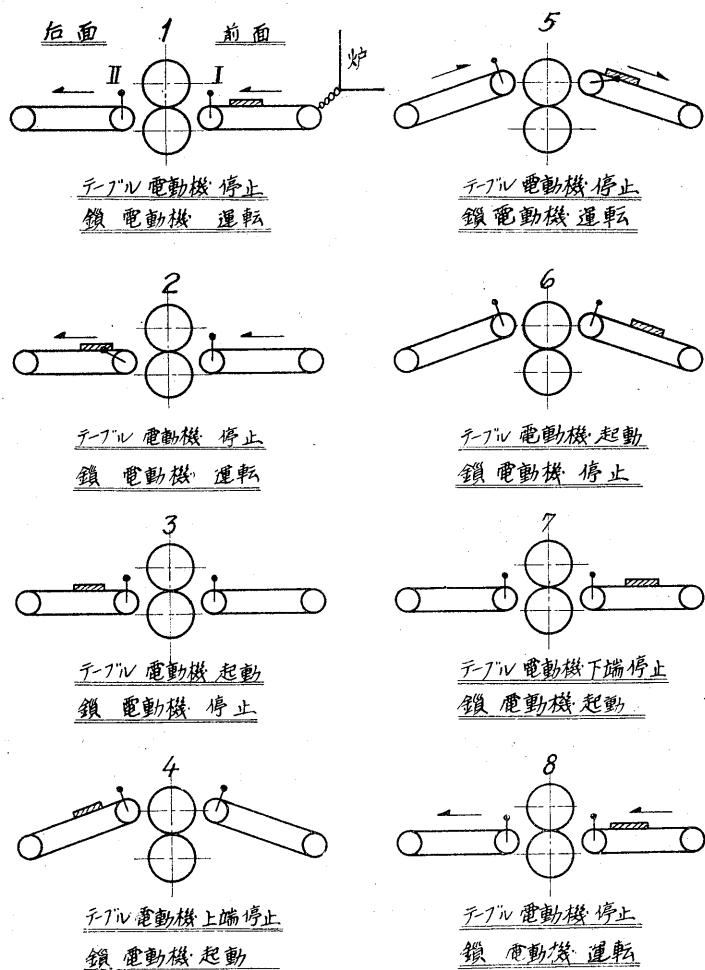
c) フラツグ、スキツチの元に戻る事によつて、チェーン用電動機が停止し、テーブル用電動機が回轉し降下せしめられ第7の状態になる。

d) 第7の状態になると上下用終端開閉器が動き、上下用電動機が停止すると同時に、チェーン用電動機が(b)とは反対方向即ちa)と同一方向に回轉し第二回目壓延になる即ち第8の状態である。

e) b, c, d の間に於てロールの壓延間隙を次回の壓延に適する様調整するもので、之れは手動にて調整する場合と、電動機を用ひ主幹制御器によつて調整を行ふものがある。

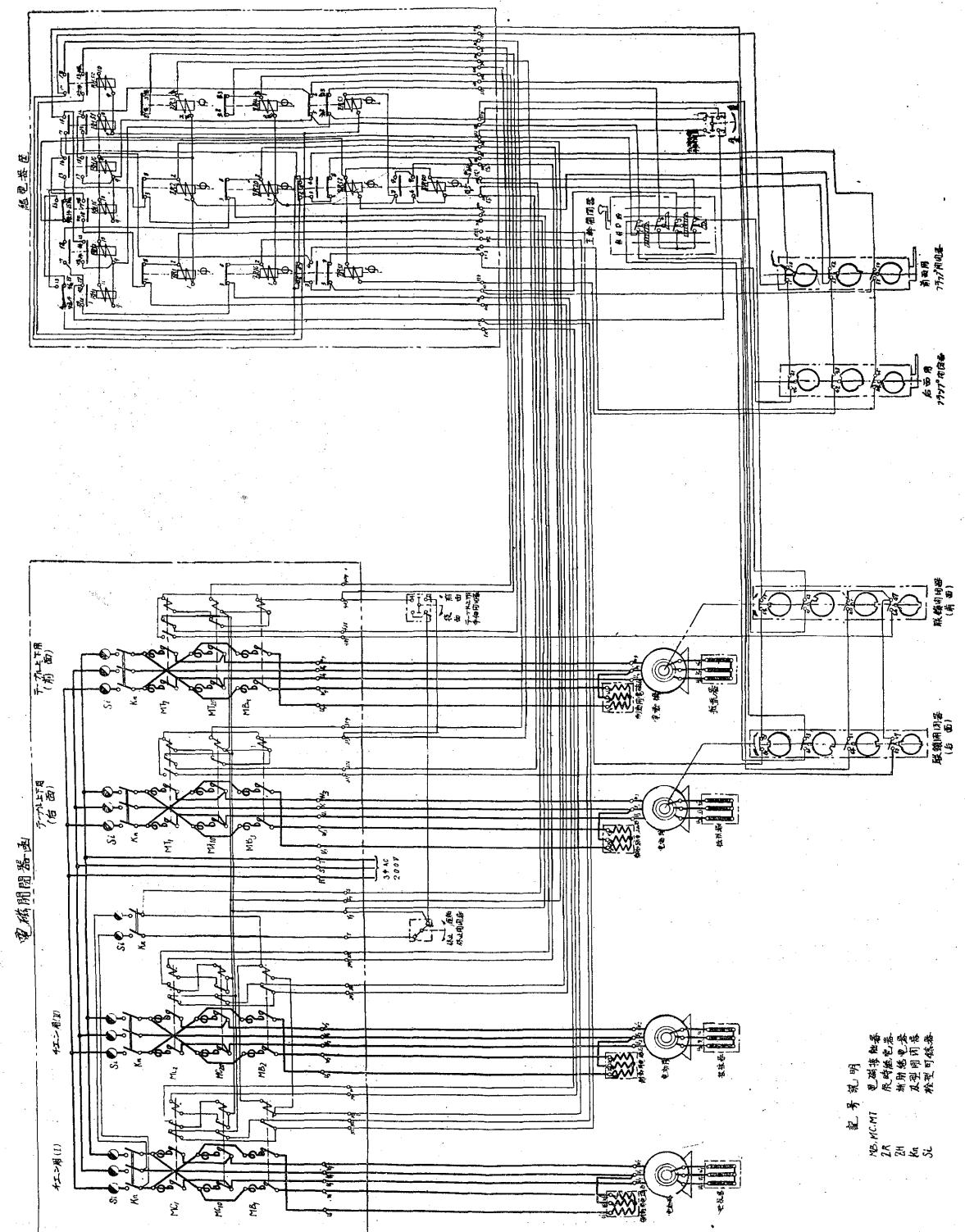
以上の操作を數回繰返し、所望の厚みとなり完全なる製品となるに及んで主幹制御器によつて自動運轉を停止し、製品を前進せじめて次の工程へ搬出するものである。

此の自動操作装置の電氣的制御結線圖は第三圖に示すものである、電動機の停止には、電磁制動機と特殊限時繼電器を應用せる逆相制動(ブレーキング)法を利用し、急速停止



第二圖 操作説明圖

薄鐵板壓延機自動テーブル装置に就いて



第三圖 自動テーブル装置用電線接続圖

を行はしめるもので、全負荷時に於て全速度より停止迄の制動時間は實際上に於て、約0.2秒に納める事が出来たのである。

此の自動テーブルの機構製作に當り注意すべき事は甚だ多いのであるが、特に自動操作の爲めに必要な事

項は、テーブルは其の上下回轉軸に對して可及的に平衡してゐる事、即ち平衡を保つ爲めに重錘を附するとか或は又發條装置を必要とするものである、勿論慣性を少くせねばならぬ事は急起動、急停止を要求する以上是非必要であるが故に、發條装置を利用し重錘の重

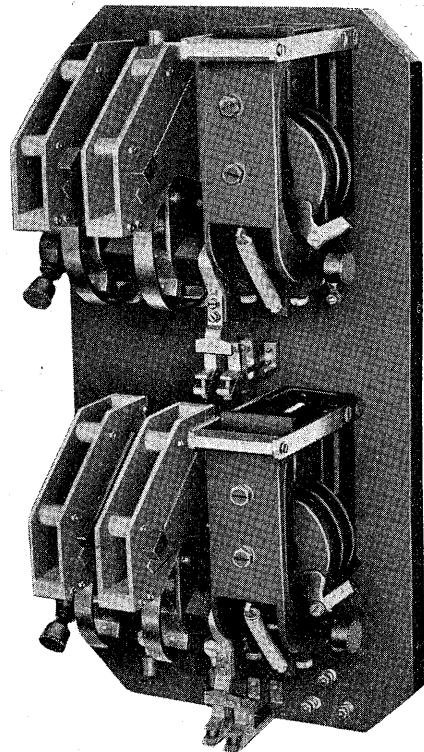
量を減小する方が望ましい、又操作が非常に頻繁であるが爲め之れによつて生ずる損耗、狂ひに對し充分なる考慮を必要とする事は申す迄もない。

## 2-2) 自動制御装置

之れ等の自動テーブル装置用電氣部分として交流を採用するか直流を採用するかと言ふ事に就いては、既に論ぜられた處であるが (Iron and Steel Engineer 1932等) 交流電動機は直流機に比して信頼度高き事、保守に便利な事、制御裝置が直流よりも比較的簡単であるのみならず、急速起動並に停止に際し問題となる電磁接觸器及繼電器類の Time lag が直流に比して非常に小さく、接觸部の損耗も比較的少くする事が可能である特長がある、唯缺點とする所は電磁接觸器、繼電器、電磁石等が成層鐵板を用ふる事で、之れが爲め操作頻繁なる用途には屢々故障の原因となるが故に、特殊なる考慮と構造を採用せぬと、思はぬ事故の原因となるものである、従つて充分に経験があり試験済みの器具類で無いと安心出来ぬものである、而して之れ等の損耗部分を絶無にする事は不可能であるとしても其の損耗部分の壽命は一般に數百萬回を要求するもので、一般市場にあるせいせい數萬回のものに比すると異状なる相違で如何に特殊の考慮が必要であるか想像に餘りある事と思ふ。又交流機として籠型電動機が最簡単の構造ではあるが後記の如き理由により、全ての點に於て特殊捲線型が此の用途に適はしいものである。

今回八幡製鐵所へ納入の本装置に用ひたる電磁接觸器は假想負荷による實驗結果によると、其の損耗部分たる接觸子の取替へを要するに至る迄の壽命は、電壓 220V 50Hz にて電動機定格の 2 倍の容量にて、1 時間 3,600 開閉 40% ED. にて約 300 萬回の使用に耐へ得るものであつた。之れが可動部分の壽命は注油並に手入れが緊要なのであつて、之れを怠ると、其の壽命は非常に小となるものであるから使用者として充分注意を要する事である。其の構造は第四圖の如きものである。

電磁制動機も普通のものでは電磁線輪の焼損を起したり、成層磁石が衝撃の爲め膨れ上つたりして故障の



第四圖 操作頻繁用電磁接觸器

原因となり或は制動用ライニングの損耗が早く壽命が短い等の問題が起るものであるから、充分研究されたものを採用する必要がある、勿論注油並に手入れに就いては何れの部分も必要な事である。

フラツグ、スキツチ並に終端開閉器は共に一種のカム型開閉器の組合せから成つてゐるもので、其のカムはベーカライトを特殊構造にして取付け動作位置の調整を容易に且壽命に就いて充分注意を拂つたものである而してフラツグ、スキツチはテーブル先端下面に取付け、最尖端の突起レバーとロッドにより連結し且つ此のレバーは重錘により常に垂直になる様な構造にしてて材料が此のレバー上を通る時のみ倒れて直ちに元に戻る様になつてゐる。

終端開閉器はテーブル上下用クランク軸の一端に連結し 180 度回轉毎に動作する開閉器を内蔵するもので、外觀並に内容共フラツグ、スキツチと同様である。

電磁接觸器或は補助繼電器等の制御器具中主回路用双型開閉器と電磁接觸器とを一つの防塵型の函に納め、他の器具類は別な防塵型函内に收容して動作の完

全と點検の容易なるを期してゐるものである。

之れ等の自動装置は又手動操作を容易に行ひ得る様  
機器の手動開閉器を備へ、自動に移る前の調子點検等  
に便してゐるものである。

### 3) 自動テーブル装置用電動機

前記の如く前面及び後面テーブルに各々テーブル電  
動機及び鎖電動機一組を必要とし、テーブル電動機は  
歯車及びクラシクを介してテーブル上下動に使用せら  
れ、鎖電動機は鋼板輸送鎖駆動に使用せられるもので  
ある。

テーブル電動機の運轉條件として與へられたのは、

1. 電動機を除く部分の  $GD^2 = 0.201 \text{ kg-m}^2$  (750 回  
毎分に換算して)
2. 摩擦回轉力  $= 1.15 \text{ kg-m}$  (電動機軸にて)
3. 起動加速時間  $= 0.8 \text{ 秒}$  (但し終期速度 525回毎分)
4. 制動時間  $= 0.2 \text{ 秒}$  (但し終期速度より停止迄)
5. 停止時間  $= 2.5 \text{ 秒}$
6. 使用時間  $=$  以上の反覆動作に於て連續使用

又鎖電動機の運轉條件として與へられたものは

1. 電動機を除く部分の  $GD^2 = 0.27 \text{ kg-m}^2$  (750 回  
毎分に換算して)
2. 摩擦回轉力  $= 0.36 \text{ kg-m}$
3. 起動加速時間  $= 0.8 \text{ 秒}$
4. 全速運轉時間  $= 1.5 \text{ 秒}$
5. 制動時間  $= 0.2 \text{ 秒}$
6. 停止時間  $= 1.0 \text{ 秒}$
7. 使用時間  $=$  以上反覆動作にて連續使用

であつて、各電動機の制動停止に對しては、電磁制動  
器に依る他に逆相制動法を併用する。而して、電動機  
及び制御装置は上記運轉條件よりも起動加速時間並び  
に停止時間を更に短縮して苛酷なる使用、即ち一時間  
2,400 回以上 3,000 回見當の起動停止を連續繰返すも之  
に耐える様、頑強なる事を要求せられた。

之に對し弊社は、八幡製鐵當事者と種々打合せの上、  
下記の如くテーブル電動機と鎖電動機に互換性を有せ  
しむるため同一定格のものとした。

電 源: 3 相 200V 50 サイクル

型 式: 全閉外被通風型、巻線型誘導電動機

出 力: 6 馬力

負荷電流: 21.5 アムペア

同期速度: 750 回轉毎分

二次電圧: 155V

既に本誌昭和十二年度八月號に、「誘導電動機の回轉  
子型撰定に對する一資料」にて述べたる如く、一般  
には籠形誘導電動機は構造が簡単であり、而も頑丈に  
出來ておるため其の利點を充分發揮出来るのである  
が、上記の如く一時間に 3,000 回も起動停止を行ふ頻  
繁操作のものにあつては、巻線型回轉子を有利とする  
に到る。即ち斯の如く回轉子自身の慣性モーメントが  
機械部分の慣性モーメントより大なる場合、頻繁に起  
動停止を行ふ時は、籠形では起動、制動損失が電動機  
枠内に留り、電動機溫度上昇を著るしくするため、型  
を増大して冷却面積を充分にする要あり、之が爲め總  
慣性モーメントは激増し、一定時間中に行ひ得る起動  
及び制動の回數は制限せられる事になる。

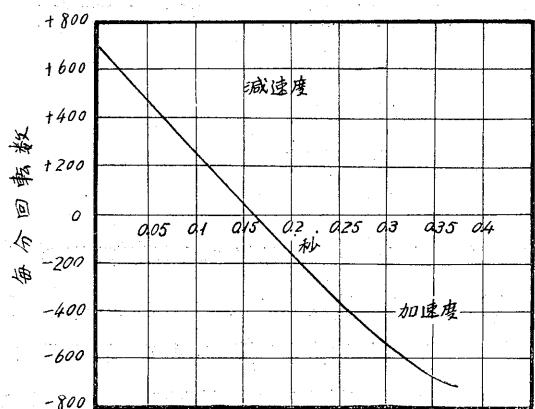
然し、自動テーブル装置用電動機に籠形回轉子を用  
ひた例は、Iron and Steel Engineering (May 1932)  
に記載せられてあるが、所要條件に對しては回轉子慣  
性モーメントを著減する必要ある爲、回轉子構造は甚  
だ特殊のものとなり、鐵心長は極端に長く、冷却扇等  
はキャスト、デュラルミンを使用し、尙相當の溫度上  
昇に耐えるため固定子巻線にはアスベストス線を使用  
しておる。

巻線型回轉子に對し、永久外部二次抵抗の値を大に  
した、所謂「滑り回轉子」を使用すれば、回轉子構造  
は標準型と特に大なる變更をする要なく、機械的に強  
度を充分ならしむればよいのである。

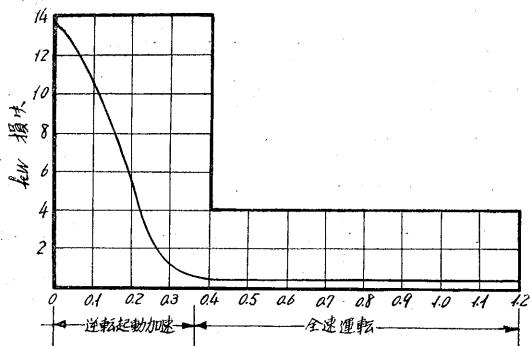
二次側の構造が籠形であつても巻線型であつても、  
二次側で熱となる起動時の全エネルギー  $E_{s2}$  は、回轉  
部分が運轉時の速度に於て有する運動のエネルギーに  
等しく

$$\frac{1}{2} I w_0^2$$

である。 $I$  は回轉部分の總慣性モーメント (kg.m.) で  
あり、 $w_0$  は電動機の同期角速度 (radian/sec) であつ



第五圖 鎮電動機の逆轉起動作用



第六圖 逆轉及全速運轉一サイクルに於ける損失

て、更に  $GD^2$  を回転部分の總フライホイール効果にて示せるものとし、 $n$  回転數毎分とする

$$\frac{1}{2} Iw_0^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{GD^2}{4} \cdot \frac{1}{9.8} \cdot \left( 2\pi \frac{n}{60} \right)^2 \\ = \frac{GD^2 n^2}{730,000} (\text{kW-sec}) \quad \dots \dots \dots (1)$$

となる。摩擦回転力が相當になる故、之に打勝つ勢力が起動時間中(1)式に加はる。何れにしても永久外部二次抵抗が、回転子巻線自身の抵抗に比して大なる「滑り回転子」の構造の巻線型では、大部分の損失は熱として電動機枠外に發散して了ふ。

次に固定子に於ける起動時損失  $E_{s1}$  は

$$E_{s1} = \frac{r_1}{r_2} E_{s2} (r_1 r_2 \text{ は夫々一次及び等價二次抵抗})$$

$$= \frac{r_1}{r_2} \frac{GD^2 n^2}{730,000} (\text{kW-sec}) \quad \dots \dots \dots (2)$$

となつて、「滑り回転子」の構造ならば、籠形にても巻線型にても充分其の損失は低く採る事が出来る。巻線型ではその外部二次抵抗を實際使用の所要回転力に調整し得る便宜がある。

二次電圧を普通の巻線型の場合より高く設計して、155V とし、従つて二次負荷電流の低下を計つて 18.7 Aとしたのは、制動に電磁制動器の他に逆相制動を用ひる爲、刷子及び二次回路制御器具の設計に便ならしめたのである。

逆相制動時の一次及び二次損失は、摩擦回転力を閑却すると起動時損失の三倍に計算すれば充分である。

第五圖は鎮電動機の逆轉起動するに要する時間を示せるもので、このうち減速度の時間即ち逆相制動によりて停止に到るまでの時間中には、電動機の固定子端子 2 本を入れ換へて逆回転磁界を發生せしむる切換スイッチの操作に要する時間も含まれておるものである

かくして計畫及び實地運轉に徴するに、與へられた前記制動時間 0.2 秒は充分に満足せるものである。更に此の停止状態を通り越して逆方向に起動加速するに要する時間は、與へられた 0.8 秒を短縮する事遙に大なるものがあり、斯くて第六圖に示せる如く逆轉起動、全速運轉を一サイクルとする反覆操作に要する時間は實に 1.2 秒にて充分であり、即ち一時間 3,000 回開閉操作に充分耐え得るものである。第六圖中には、逆轉起動に際しての kW 損失及び全速運轉時の損失を略示せるものである。

(終り)



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。