

# 最近の電弧炉自動調整装置

Modern Automatic Regulators for Electric Arc Furnaces

岩城秀夫\*  
Hideo Iwaki

大浜輝彦\*  
Teruhiko Ohama

八田俊一\*\*  
Toshiichi Hatta

## 内容梗概

鉄鋼業の発展に伴い、電弧炉の新設が急増している。電弧炉の使命は、銑鉄、くず鉄などを迅速に溶解し良質の鋼を製造するもので、消費電力量の低減および安定した操業が望まれる。本論は、これらの条件を満足するよう設計製作されている電弧炉用自動電極昇降装置の日立方式を中心にその納入運転状況について述べ、需要者の参考に供するものである。

## 1. 緒言

電弧炉は、アークエネルギーを利用し、銑鉄、くず鉄などを溶解、精練し、鋼を製造するものであるが、アーク自身多くの不安定要素を含み、溶解材料の種類、およびそ入の状態、溶解中の動揺、そのほかアーク周辺のガスの状況など炉内の変化によって、アーク電流は激しく変動を生ずる。

電弧炉の自動電極昇降装置は、この激しいアーク電流およびアーク電圧を捕え、時間遅れなく常にアーク電流による炉内のインピーダンスを一定に保つように、電極を昇降させなければならない。

このインピーダンス一定制御により

- (1) 電弧炉に加わる平均使用電力が高くなり、溶解時間の短縮が行なわれ経済的稼働が行なわれる。
- (2) 製品化される鋼の品質を均一にする。
- (3) この安定した操業は、電力系統へのサージンを軽減し、最近特に問題化されてきている電圧フリッカも減少できる。

などの多くの利点を有している。

最近、鉄鋼業の著しい発展に伴い、電弧炉の需要も急増し、特に大形炉の新設が目だっているため、必然的に上記の利点をさらに向上することが要求されてきている。

日立製作所では、すでに各分野において実績をあげている各種自動制御の経験を生かし、高性能かつ高精度の磁気増幅器、および回転増幅機 HTD を使用した高性能自動電極昇降装置を多数製作納入し、好成績を収めている。以下その概要、およびその納入運転状況につき述べることにする。第1図に電弧炉本体の外観を示す。

## 2. 設備の概要

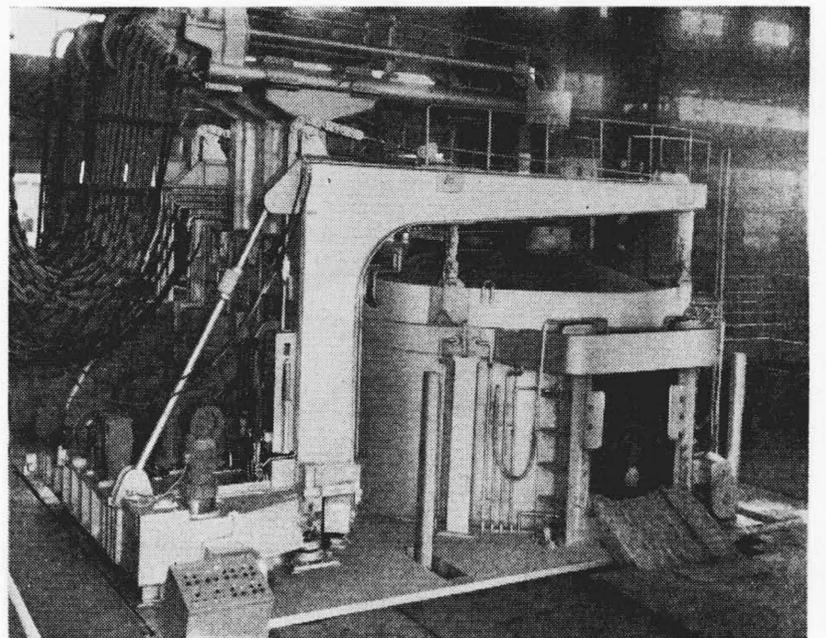
### 2.1 構成

電弧炉用電気設備の構成は、次の各部よりなる。

- (1) 一次開閉装置——一次断路器、一次遮断器、一次計器用変成器、一次計器用変流器など
- (2) 炉用変圧器——限流リアクトル内蔵、電圧およびリアクトルタップ切換装置付き
- (3) 電極昇降装置——昇降用直流電動機、回転増幅機、励磁機、誘導電動機
- (4) 制御盤——検出器、増幅回路、負帰還(乱調防止)回路、手動操作回路、電動発電機操作回路、界磁抵抗器など
- (5) 補機用電動機——油ポンプ用、炉体傾動用、扉開閉用など  
ここでは各装置の詳述は避け、主要機器の日立標準を中心にその概要を説明する。

\* 日立製作所日立工場

\*\* 日立エンジニアリング株式会社



第1図 電弧炉本体外観

### 2.2 主要機器の概要と標準仕様

#### 2.2.1 一次遮断器

従来、電弧炉用開閉器としては、油入遮断器が用いられてきたが、一般電力用遮断器に比べ、過電流かつ開閉ひん度がきわめて多く、接点の消耗、油の劣化が著しく、保守点検が容易でなかった。このため種々検討の結果、次の特長を有する空気遮断器を開発し実用に供している。

- (1) 油の交換、ろ過に要する費用、手数が不要である。
- (2) 接点の寿命がきわめて長く、手入れの費用、手数が少ない。
- (3) 機構そのものが堅ろうにできており、ガタが生じない。

また、特に 6 kV 級以下の電弧炉用開閉器としては、一般電力用と同じ構造の磁気遮断器が推奨されている。

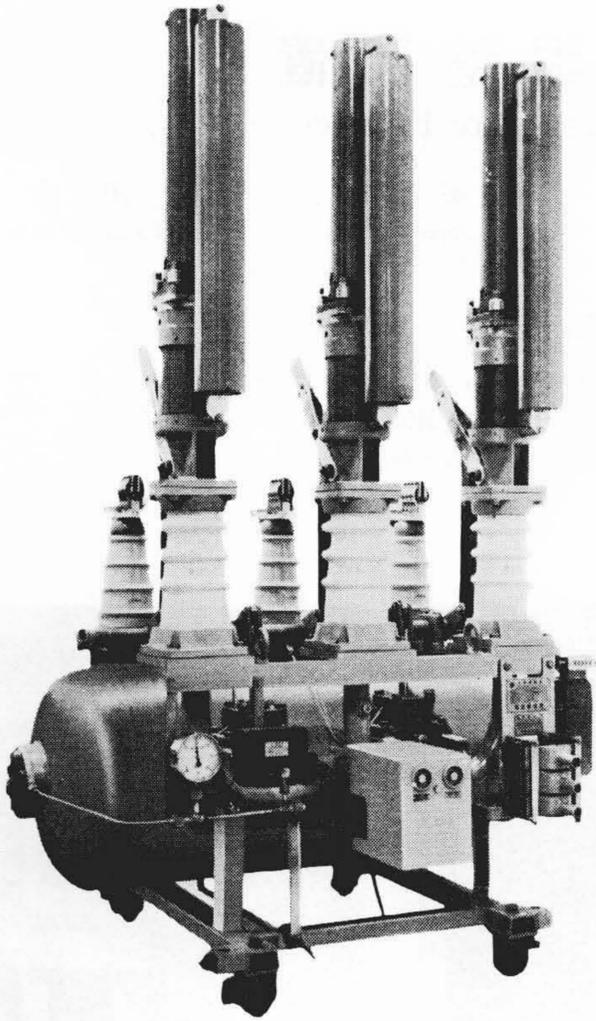
一例として、第2図に空気遮断器を示す。

#### 2.2.2 炉用変圧器

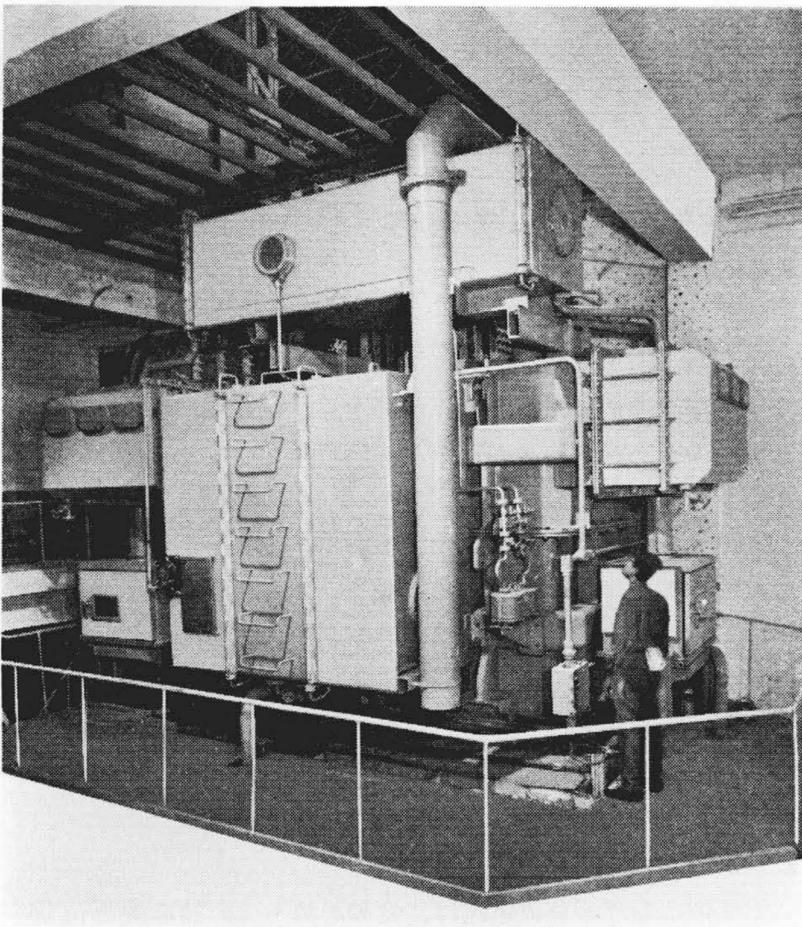
電弧炉における負荷電流は、変動が激しく、特に溶解初期における変動ははなはだしく、短絡、無負荷の状態をくり返す。したがって、炉用変圧器は、電氣的にも、機械的にも十分この短絡、および電流変動に耐えうる構造でなければならない。

炉用変圧器が一般電力用変圧器と異なり、要求される技術的事項は

- (1) 二次側が低圧、大電流で広い電圧調整範囲を必要とし、かつ電力損失を少なく有効に外部へ導きだすこと。
- (2) 負荷変動が激しく、高ひん度の電流サージにさらされるので、コイルの過熱、変形がなく、絶縁破壊されないこと。
- (3) 炉に隣接した屋内に設置しなければならない(距離を大とすると、線路インピーダンス降下が大となる)設置場所の制限



第2図 空気遮断器外観図



第3図 18,000 kVA 炉用変圧器外観

第1表 炉用変圧器とその形式および一次電圧

変圧器 (kVA)	炉容量 (T)	送油水(風)冷 油入水冷		タップ切替 無電圧 負荷時	一次電圧 (kV)						
		送油自冷 油入自冷			3	6	10	20	30	60・70	
5,000	1										
	3										
	5										
	8										
	10										
10,000	15										
	20										
	30										
	40										
15,000	50										
	75										
20,000	100										
	150										
25,000	200										
	300										
30,000	400										
	500										

第2表 電極昇降用直流電動機標準仕様

容量 (kW)	電圧 (V)	回転数 (rpm)	形	定格	最大回転力 (%)	備考
0.55	220	1,150	閉鎖通風形	1時間	250	
0.75	220	1,150	閉鎖通風形	1時間	250	
1.1	220	1,150	閉鎖通風形	1時間	250	
2.2	220	1,150	閉鎖通風形	1時間	250	
2.2	220	1,150	立形全閉形	1時間	300	電磁制動機取り付け
3.7	220	1,025	立形全閉形	1時間	300	電磁制動機取り付け
5.5	220/440	900/1,800	立形全閉形	1時間	300	電磁制動機取り付け
7.5	220/440	800/1,600	立形全閉形	1時間	300	電磁制動機取り付け
11	220/440	725/1,450	立形全閉形	1時間	300	電磁制動機取り付け

第1表のようになる。

2.2.3 電極昇降用直流電動機

電極昇降用直流電動機は、電弧炉を安定に制御するうえにおいて非常に重要な構成要素であり、アーク電流の激しい変動に対して増幅発電機と組み合わさって高感度の応答が要求される。以下電動機に対する要求とその解決策などにつき述べる。

(1) 加速性能

アーク電流のわずかな変動に対しても高い速度での制御が要求される自動電極昇降装置としては、小慣性、高回転力の電動機が要求される。この種電弧炉の機械側の電動機軸換算のGD<sup>2</sup>は、電動機自体のGD<sup>2</sup>に比較して非常に小さいものであるため、加速性能を良好にするには、電動機のGD<sup>2</sup>を極力小さくするとともに、回転力の大きい比較的低速の電動機とする必要がある。回転力を大きくすることは必然的に外形寸法、価格が大となるという不利な面もあるが、炉体側から要求される寸法制限も考慮して、日立標準電動機では第2表に示すように、JEM 600 番形直流電動機の回転数に準じて回転数を選定し、最大回転力も大としてある。

(2) 過負荷耐量

電弧炉のアーク特性上、電動機は高ひん度の可逆転、過負荷を受けるものであるが、このような過酷な使用条件下においても、整流、温度上昇、および機械的強度にも十分余裕のある設計となっており、電弧炉の安定な操業が可能である。電動機の絶縁には耐熱性が良好で、信頼度の高いマイカおよびガラスを主体とするB種またはF種絶縁を採用している。

を受ける。

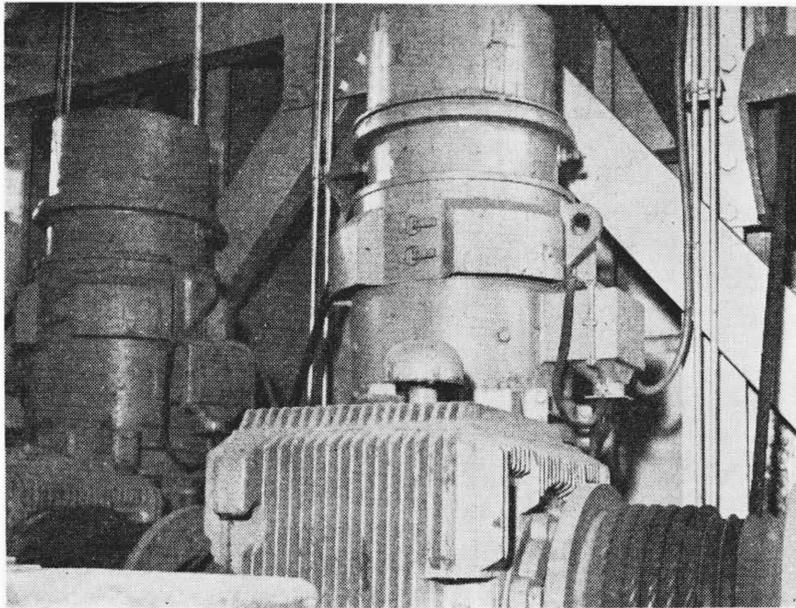
(4) ほこりの多い環境に耐えること。

などがあげられる。

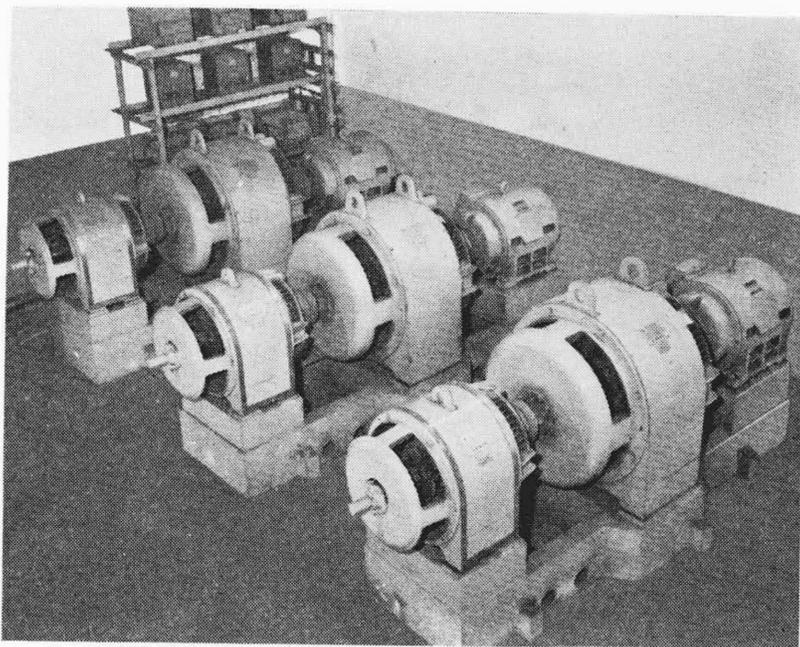
以上の諸点は、変圧器容量が大きくなるほど、また、一次電圧が高いほど困難さを増すものであり、種々改良進歩がなされている。そのほか、現在、炉容量の増大よりみて、60~70 kV よりのじか落とし炉用変圧器が開発されつつある。

一例として、第3図に炉用変圧器の外観を示す。

また、炉用変圧器とその形式、および一次電圧の関係は、ほぼ



第4図 電極昇降用直流電動機



第5図 電極昇降用 HTD セット

(3) 構造

標準電動機では、横軸閉鎖自己通風形の電動機と立形全閉形の電動機の二種を設けてある。

前者は小形電弧炉用に使用されるもので、電極停止時には電極の自重による降下を防ぐためカウンタ・ウェイトを用い、炉体とは別設置されるのが普通である。したがってこの種電動機には電磁制動機は使用されない。後者の全閉形電動機は、比較的大形なのでカウンタ・ウェイトを用いず、電動機上部に取り付けられた電磁制動機が使用される。また炉体の近傍に設置されるため電動機の外形寸法は非常にコンパクトなものが要求される。設置場所がダストの多い所であり、炉体からの熱を直接受けるという悪条件を考慮して立形全閉構造としてある。

(4) 昇降速度と電動機回転数

大形電弧炉では近年、昇降性能を向上させるため、5~10 m/min の高速の昇降速度を選定することがあるが、この種用途として第2表の標準仕様中にも示すとおり、電動機は同一寸法にて倍電圧、倍速度の電動機としてもそのまま使用できるよう十分考慮されている。

第4図は 11 kW 立形全閉形直流電動機の外観である。

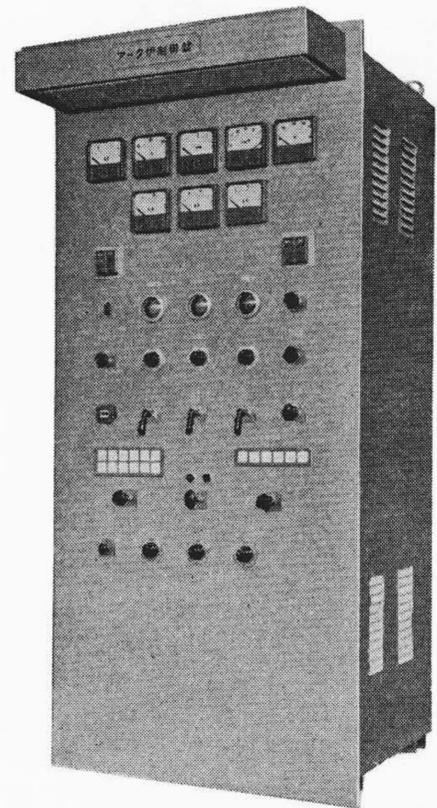
2.2.4 電極昇降用電動直流発電機

電極昇降用電動機の高感度の制御には、正帰還形の増幅発電機 HTD が使用される。

HTD は他励磁巻線と自励分巻巻線とを有し、磁氣的に互いに分離された他励極と自励極に別々に巻かれており、他励磁巻線と

第3表 電極昇降用電動直流発電機標準仕様

直流発電機			HTD			駆動用 3φIM		
容量 (kW)	電圧 (V)	回転数 (rpm)	容量 (kW)	電圧 (V)	回転数 (rpm)	容量 (kW)	電圧 (V)	周波数 (Hz)
—	—	—	0.75	220	1,500/1,800	1.5	200/220	50/60
—	—	—	1	220	1,500/1,800	1.5	200/220	50/60
—	—	—	1.5	220	1,500/1,800	2.2	200/220	50/60
—	—	—	3	220	1,500/1,800	5.5	200/220	50/60
—	—	—	5	220	1,500/1,800	7.5	200/220	50/60
—	—	—	7.5	220	1,500/1,800	11	200/220	50/60
7.5	220/440	1,500/1,800	—	—	—	19	200/220	50/60
10	220/440	1,500/1,800	1	110	1,500/1,800	30	200/220	50/60
15	220/440	1,500/1,800	1	110	1,500/1,800	37	200/220	50/60



第6図 アーク炉制御盤正面

自励分巻巻線との磁氣的結合をなくして相互誘導による時定数の増大を避け、速応性を高くし、自励分巻による同調作用を利用して二段増幅を行なわせることにより、増幅率、速応性ともによぐれた特性をもっており、自動制御の各種分野で広く利用され、優秀な実績を有している。構造は直流機とほとんど同一であり、電弧炉制御の過酷なピーク負荷の使用条件下で運転されても安定した機能を発揮できる。

電弧炉用小形電動機では、HTD により直接レオナード制御される。大形電動機の倍電圧、倍速度の制御用には HTD と同様特殊設計により、速応性の高い発電機と組み合わせ使用する。

第5図は HTD セットの外観であり、第3表に電動発電機の標準仕様を示す。

2.2.5 制御盤

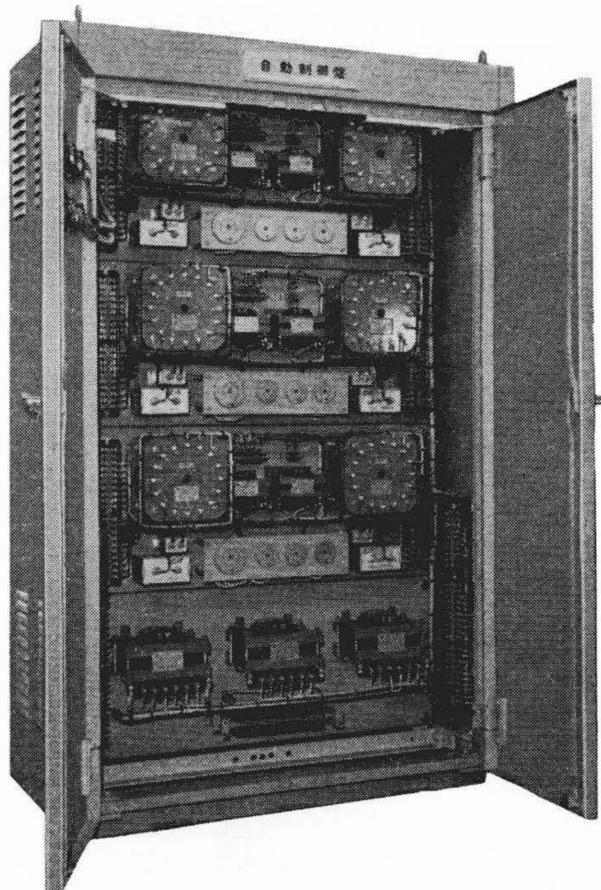
制御方式およびその動作原理については、次章にゆずり、本項では制御盤の構成および機能について述べる。

(1) アーク炉制御盤

これは、炉前操作盤であり、炉の運転に必要なすべての計器類、および操作器具を具備している。一例として、第6図にアーク炉制御盤の正面観を示す。操作器具の電流設定は、定格電流の 120~25% まで、感度調整は 100~10% まで、それぞれ任意設定可能である。盤裏面には、記録電力計を有し、炉の使用電力および変動状態が連続的に記録される。

(2) 磁気増幅器盤

磁気増幅器盤は、電極自動昇降に要する電圧、電流の検出回路から、磁気増幅器回路一式 3 極分を含み、自動制御の心臓部



第7図 磁気増幅器盤正面（ドア開）

となっている。盤表面には、各極の昇降用直流電動機の電圧計、および電流計を有し、操作中の電極の動きが、見知できるように考慮されている。第7図に、磁気増幅器盤正面（ドア開）の写真を示す。

### (3) 電磁接触器盤

電磁接触器盤は、電動発電機4セット（HTD用×3、励磁機用×1）の起動停止用電磁接触器、および手動電極昇降に必要な補助電磁接触器を収納している。

## 3. 自動電極昇降装置

従来の電弧炉電極昇降装置には、電圧および電流コイルを有する平衡継電器を使用し、炉の電圧および電流をこのコイルに加え、電極昇降用接触器を介し、昇降用電動機を回転させ調整を行っていたが、接触器および継電器の接点の摩耗が激しく、動作時間遅れが大で、要求される高性能の迅速溶解が得られないため、最近、高性能の磁気増幅器およびHTDを応用した無接点方式自動電極昇降装置が使用されている。ここで、日立製作所にて確立した日立式自動電極昇降装置につきその内容を記す。

### 3.1 特長

#### (1) 速応性にすぐれた連続制御を行なう。

低慣性、高回転力を有する電極昇降用電動機を、応答度のきわめて良い高性能磁気増幅器、およびHTDにより制御し、わずかなアーク電流の変化に対しても時間遅れなく応動し、高精度の自動調整が間断なく行なわれる。

#### (2) 無接点制御なるため、動作が確実、保守が容易である。

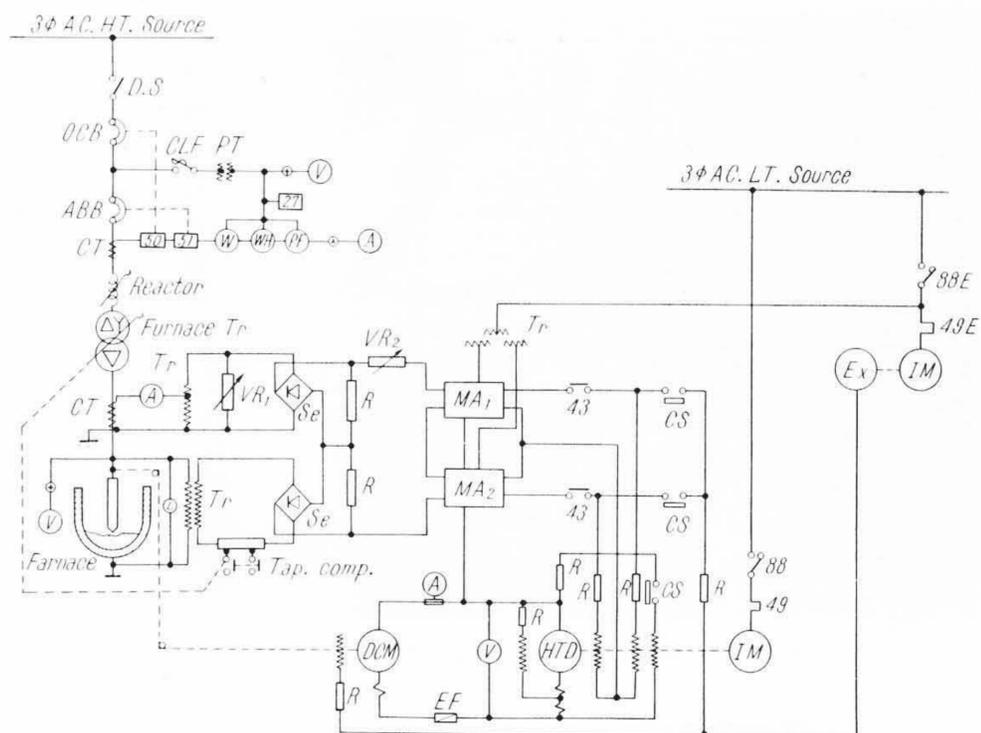
自動制御回路には、電磁接触器および継電器を使用していないため、動作遅れがなく、確実に故障摩耗などの懸念がなく寿命が半永久的である。

#### (3) 操業中、任意にアーク電流および制御回路の感度の設定を広い範囲に行なうことができる。

#### (4) 炉に加わる平均電力が高い。

速応性の良い安定した自動調整が行なわれるため、炉に加わる平均使用電力が高く、経済的な操業が行なわれる。

#### (5) 乱調防止の強調。



第8図 自動電極昇降装置概略図（1極分）

制御系に負帰還回路を設け、電極のゆき過ぎおよびハンチング現象を完全に防止してあり、安定な自動調整が行なわれる。

#### (6) 電力系統へのサージを軽減する。

以上のとおり高精度、速応性にすぐれた自動調整により、電力配電系統へのサージは軽減され、遮断器の動作を最小限に食い止めることができる。

### 3.2 動作原理

HTDは、特殊構造の増幅用直流発電機であり、わずかの入力信号を小さい時定数、大きな増幅度で大出力を発生することができ、自動制御のきわめて広範な分野に利用されている。また、磁気増幅器も自己帰還形の特長により、高精度、高増幅度の特長を十分に生かし、HTDと組み合わせ完全な自動調整装置を体形づけている。

第8図は、自動電極昇降装置の1極分の概略図を示したものであり、これに基づき以下動作原理を説明する。

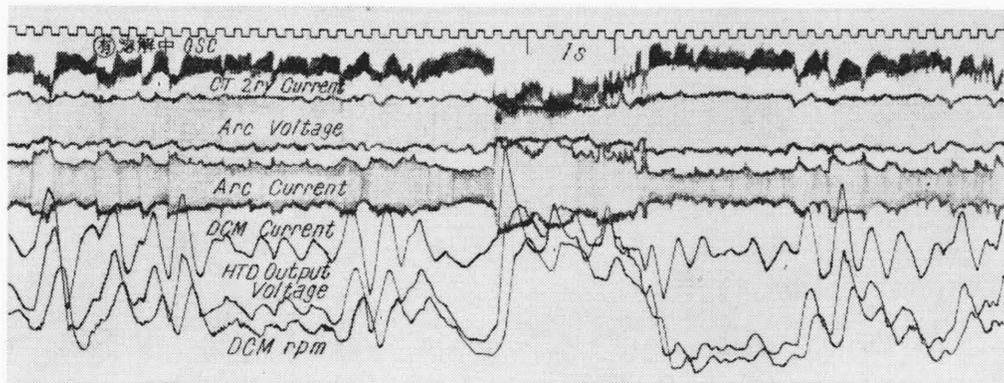
いま、アーク電流を $I$ 、アーク電圧を $V$ 、アークのインピーダンスを $K$ とすると $K=V/I$ の関係がなりたち、制御方式もこのアークのインピーダンスを一定に保ち、その目的を達成しようとするものである。

アーク電流は、炉用変圧器二次の変流器から、アーク電圧は、電極とアース間をおのおの同時に連続的に検出し、おのおの単巻変圧器、および絶縁変圧器を介し、金属整流器により整流し、アーク電流およびアーク電圧に比例した直流電圧をうる。これを差動的に突き合わせ、プッシュプル接続した磁気増幅器 $MA_1$ 、 $MA_2$ の入力端子に加える。磁気増幅器では、差の信号分が増幅され、HTDの制御界磁巻線を励磁し、HTDにて増幅発生された電圧によって、昇降用電動機を駆動し、電極を連続自動的に昇降するものである。

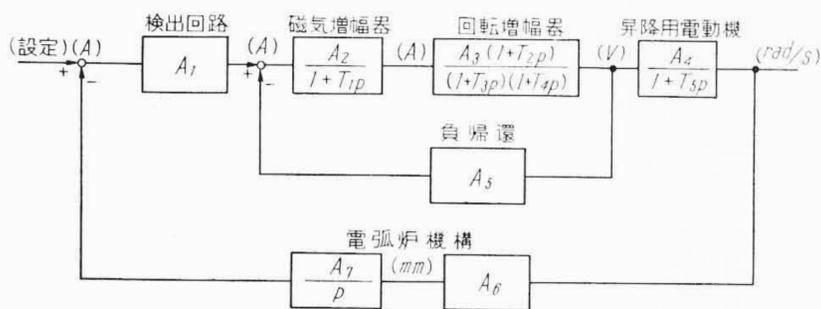
たとえば、上記 $MA_1$ 、 $MA_2$ に加わる差の信号分が零の場合には、 $MA_1$ 、 $MA_2$ のおのおの出力電流はちょうど突き合った状態にあり、HTDの制御界磁巻線のアンペアターンも平衡し、電圧は発生せず、電極は静止している。

もし、アーク電流が設定値よりわずかでもずれ増加した場合には $MA_1$ 、 $MA_2$ には、差の信号が加わり、HTDの正側の制御界磁巻線を励磁する。この場合、HTDには正の電圧が発生し、昇降用電動機は正転し、電極は上昇し、 $MA_1$ 、 $MA_2$ 間の差の信号入力分がなくなるまでこの動作は自動的に継続される。

また、反対に、アーク電流が減少した場合には、上記とは逆に電



第9図 実操業中のアーク変動に対する各要素の応動状態



第10図 制御系ブロック線図

極を下降させ常に安定したアーク電流にするよう制御される。

### 3.3 制御系の検討

電弧炉の自動電極昇降装置としての最大の課題は、急激大幅に、かつひん繁に変動するアークを対象とし、いかに安定した制御を行ない、いかにその変動に速応せしめるかということである。

実際、操業中のアークは、第9図に示すように実操業中のオシロでもわかるとおり、溶解湯面の動揺とか、電極周辺の熱の蓄積状態、そのほかガスのイオン化など複雑な影響を受ける。このように、変動するアークの電流、電圧を制御する装置は、きわめて速応性の良い、かつ高ひん度に十分耐えるものでなければならない。

第10図に制御系ブロック線図を示す。

この制御系は、単に定電圧制御のように、発電機界磁回路の一次遅れという簡単なものとは異なり、電極、減速装置、昇降用電動機の慣性モーメントおよび摩擦トルクに起因する加速遅れ、電極間隔を設定する速度積算遅れ、電極間隔とアーク電流との非直線性の問題、そのほか各制御器の時間遅れなど非常に複雑なものとなっている。このうち特に電極昇降の速応性を左右するおもな項目は、昇降用電動機の選定と減速比の決定であり、装置全体の性能を左右する要素であると考えられる。

昇降電動機のインディシアル応答よりみると、その加速時間は、電極および昇降機構を含めた電動機の軸換算慣性モーメントと電動機の回転数に比例し、電動機の有効加速トルクに反比例する関係にある。したがって、この加速時間を極力小さくし、その速応性を増すためには、低慣性の電動機を使用し、加速有効トルクを大としなければならぬ。一方、電動機の形状が制限されて与えられた場合には、電動機の回転数、および電極機構部分への減速比など総合的に検討し、加速時間を小ならしめる必要がある。そのほか、一次遅れ要素を含む磁気増幅器、二次遅れ要素を含むHTDにおいても、その応答度を極力小ならしめるよう回路上特に考慮されている。

## 4. 納入実績と運転状況

### 4.1 納入実績

上述のように、各種自動制御方式の経験をもとにして設計された日立式自動電極昇降装置はすでに多数納入され、多くの実績を得ている。

第4表は、昭和35年以降分の納入実績一覧である。

### 4.2 運転状況

日立式自動電極昇降装置は納入後、好調な運転を続け実績をあげている。ここで、このうち日立製作所勝田工場納50トン炉、および同亀有工場納8トン炉の特性試験を行なったので、その結果の概要を記す。

測定のための目的は、要求される速応性の問題に重点をおき、その制御系のインディシアル応答を測定した。測定には、電磁オシログラフを用い、電極の上昇、下降の両方向につき各機器の時定数およびその応答度を測定した。

この測定結果を、機器定格とともに第5表に示す。

これらの測定結果を見ると、設計で予定された数値に近い結果が得られている。特に、速応性の問題に直接関係する昇降用電動機の応答度は、非常に速く、このため、急激ひん繁なアーク変動にも十分追従できる状態にある。

なお、測定した電磁オシログラムの結果のうち一例として、勝田工場納50トン炉のインディシアル応答の様子を第11図に示す。

また、オシロ上よりわかるように、昇降電動機には、わずかながらデッドタイムが見られるが、これは、固有の機械的摩擦損失による時間遅れと考えられ、機構部の摩擦を少なくすればもっと短くすることが可能と思われる。

さらに、調整時においては、第10図に示したブロック線図でも明らかのように、HTDから電圧負帰還がかけてあり、ハンチングを起こさず、制御系の安定領域にて速応性を増し、昇降電動機の最大回転力をうるよう調整されている。

次に、アーク電流変化に対する昇降用電動機の上昇率、すなわち回路増幅率は、測定結果より、アーク電流50%変化に対し電動機は定格速度に達しており、制御回路が、高利得であることを示している。

また、実操業中のアーク電流、電圧、HTD出力電圧、昇降電動機電流、および回転数の関係を連続オシロ中から一部分をさきの第9図に示す。これからも、アークの急激な変動に対し、各制御要素が遅れなく追従していることがわかる。

一般に、第6図に示した炉前操作盤の裏面に、使用電力記録計が設けてあり、実際の使用電力と変動状態が記録される。第12図に一例として、電力チャートを示す。

このチャートにより、電力配電系統へのサージの原因となる電力変動幅がどのくらいあるか、遮断器の開閉ひん度がどのくらいかなど、その操業状態が大約わかるようになっている。

そのほか、操業の経済面からみれば、速応性の良い安定した制御が行なわれているため、平均電力が高まり、その溶解トン当たりの

第4表 納入実績一覧表

(S. 35以降分)

納入先	炉容量 (T)	炉用変圧器 (kVA)	昇降用電動機 (kW)	納入年月
日立金属工業株式会社 (安来)	8	3,000	2.2	S 35. 3
日立金属工業株式会社 (安来)	6	2,400	2.2	S 35. 5
株式会社小松製作所 (小松)	9	4,500	3.7	S 35.10
株式会社日立製作所 (日立)	5	4,000	2.2	S 35.10
株式会社日立製作所 (笠戸)	8	4,500	3.7	S 35.12
東北特殊鋼株式会社	5	2,000	2.2	S 36. 1
株式会社日立製作所 (勝田)	50	18,000	11	S 36. 8
日立造船株式会社 (築港)	10	4,000	3.7	S 36. 9
株式会社日立製作所 (亀有)	8	4,370	1.1	S 37. 1
株式会社日立製作所 (笠戸)	5	3,125	0.75	S 37. 3
新東工業株式会社 (豊川)	2	1,500	0.55	S 37. 6
株式会社日立製作所 (勝田)	10	4,500	3.7	S 37. 7
日立金属工業株式会社 (戸畑)	5	3,250	2.2	S 37. 9
株式会社栗本鉄工所 (加賀屋)	5	3,250	3.7	S 37.10

第 5 表 機器定格とインディシアル応答測定結果

測 定 電 気 炉	勝 田 工 場			亀 有 工 場		
[機 器 定 格]	日 精 50T			大同レクトロメルト 8T		
炉 体 お よ び 容 量	18,000kVA	電動負荷時二次 17 タップ		4,370kVA	電動無電圧時二次 12 タップ	
炉 用 変 圧 器	1,800kVA	電動負荷時 3 タップ		875kVA	電動無電圧時 5 タップ	
昇 降 用 電 動 機	11kW	220/440V 725/1,450 rpm		1.1kW	220V 1,725 rpm	
同 上 用 発 電 機	15kW	220/440V 1,500 rpm		—	—	
回 転 増 幅 機	1kW	110V 1,500 rpm		2kW	220V 1,500 rpm	
同 上 用 駆 動 用 電 動 機	37kW	3φ IM 200V 4P 50~		3.7kW	3φ IM 200V 4P 50~	
励 磁 機 駆 動 用 電 動 機	5kW	110V 1,500 rpm		2kW	110V 1,500 rpm	
励 磁 増 幅 器	7.5kW	3φ IM 200V 4P 50~		3.7kW	3φ IM 200V 4P 50~	
磁 気 増 幅 器	500W	自己帰還形		300W	自己帰還形	
電 極 方 向	電 極 上 昇	電 極 下 降		電 極 上 昇	電 極 下 降	
実 測 デ ー タ						
磁 気 増 幅 入 力 電 流 (mA)	66	59		30	43	
磁 気 増 幅 出 力 電 流 (A)	1.4	1.7		2.4	2.5	
回 転 増 幅 機 出 力 電 圧 (V)	114	108		225	225	
発 電 機 出 力 電 圧 (V)	453	445		—	—	
昇 降 用 電 動 機 加 速 最 大 電 流 (%)	278	234		230	230	
昇 降 用 電 動 機 回 転 数 (rpm)	1,430	1,460		1,730	1,730	
磁 気 増 幅 器 デ ッ ド タ イ ム (s)	0	0		0	0.01	
回 転 増 幅 器 デ ッ ド タ イ ム (s)	0	0		0.025	0.03	
回 転 増 幅 器 レ ス ポ ン ス (s)	0.015	0.015		0.085	0.11	
発 電 機 デ ッ ド タ イ ム (s)	0	0		—	—	
発 電 機 レ ス ポ ン ス (s)	0.1	0.11		—	—	
昇 降 用 電 動 機 デ ッ ド タ イ ム (s)	0.025	0.025		0.1	0.1	
昇 降 用 電 動 機 レ ス ポ ン ス (s)	0.2	0.2		0.2	0.22	

(注) 1. 各機器レスポンスには、各機器のデッドタイムを含む。  
2. レスポンスは、各機器定格の 63.2% 値を表わす。

使用電力量も、溶解期中で約 450 kWh 程度の数値を得ている。また電極の消耗、折損も少ないことが実証されている。

### 5. 結 言

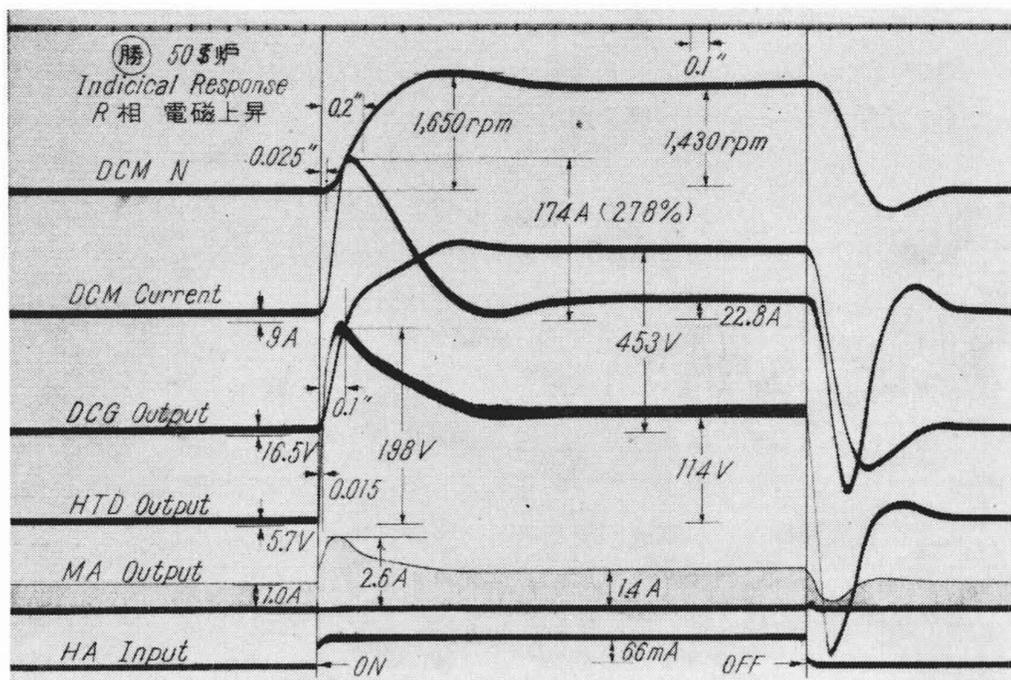
日立式高性能自動電極昇降装置の特長、性能について記述してきたが、特に、昇降用電動機のインディシアル応答が 0.2 と秒という好成績を得たこと、使用電力量が、溶解期で 450 kWh/t という好結果を得たことは、日立製作所の製品が絶えず向上進歩していることを示すものである。

今後、電弧炉需要の急増と大形化の観点よりみて、電圧フリッカの問題、アーク電流最適制御の確立などが問題化されてきており、今後さらに検討を加えなければならない。

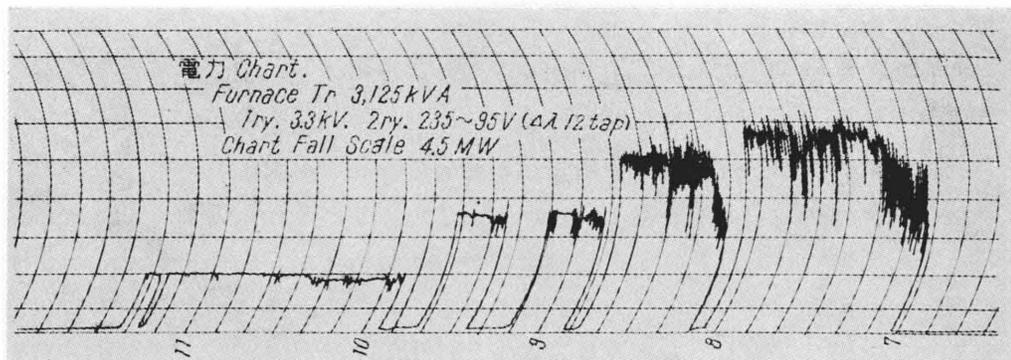
最後に、試験にご協力いただいた日立製作所勝田工場竹入部長、亀有工場守永部長に深く感謝し、終始、技術のご指導をいただいた日立工場平川部長、本社電機事業部井上部長に感謝するものである。

### 参 考 文 献

- (1) 製鉄工業専門委員会：「製鋼用アーク炉に関する電氣的諸問題」, 電気学会技術報告, s. 36. 2, 第 44 号, p. 21~26
- (2) 吉岡, 木暮：「電弧炉の自動制御」, 日立評論, 41, 903 (昭 34-7)



第 11 図 インディシアル応答オシログラム



第 12 図 自動運転中の電力チャート