U.D.C. 681.532.57'277.2:[621.316.71:621.876.114]

規格形エレベータの単一サイリスタ ユニットによる加減速制御

Development of Acceleration & Deceleration Control System for Elevator with one SCR-SR Bridge

三井宣夫* *Mitsui Nobuo*
大平 剛* *Ôhira Takeshi*
畠山敬信** *Hatakeyama Takanobu*

日立規格形エレベータ「ビルエース」は，サイリスタを用いた速度帰還制御方式「サイリストロニックDB制御」により安定した性能で好評を博してきた。今回，このサイリストロニックDB制御においてただ一対のサイリスタで加速と減速の両方をステップレスに制御できる「単一サイリスタ ユニット制御方式」を開発した。本方式により，ビルエース形エレベータの中速度機種は従来の加速制御機器を全廃し，部品点数の削減による信頼性・保全性の向上及び加速特性の安定化を図ることができ，更に実用性の高いエレベータとなった。

1 緒 言

市街地の再開発，ビルの高層化と軌を一にして，規格形エレベータは，ここ10年来，エレベータ技術の革新が需要の喚起にもつながり，著しい発展と普及を遂げてきた。昭和47年に日立製作所が発表した速度帰還形(サイリストロニックDB制御)交流エレベータ[1]は，着床直前の低速運転を全く必要としないため，在来形に比べて大幅に運転効率を向上した画期的なものであった。以来，実用形エレベータの主流がほとんど速度帰還制御方式になりつつあることは，この技術に対する世評が，いかに高かったかをよく示している。

今回，このサイリストロニックDB制御の技術を基に，一組みのサイリスタ ユニットを加速・減速両制御に共用した実用性の高い新制御方式を開発し，円滑かつ安定した速度特性を得ることができた。また，従来使用していた起動用主回路接触器と起動抵抗器を不要としたことにより，保全性，信頼性を向上するとともに，省資源，省エネルギーの観点からも優れた効果を挙げることができた。

本論文では，この単一サイリスタ ユニット制御方式の原理と動作について述べ，更に得られたエレベータ性能について報告する。

表1 「ビルエース」エレベータ シリーズ　制御方式を主体にして区分した規格形エレベータのシリーズを示す。

標準形式	容量		速度 (m/min)	電動機 (kW)	制御方式
	定員(人)	積載量(kg)			
P-6-CO45	6	450	45	3.7	単一サイリスタ ユニット制御方式
R-6-2S45					
P-6-CO60			60	5.5	
R-6-2S60					
P-9-CO45	9	600	45		
R-9-2S45					
P-9-CO60			60		
R-9-2S60					
P-11-CO45	11	750	45		
P-11-CO60			60	7.5	
R-6-2S90	6	450	90	7.5	速度帰還形DB制御方式
P-9-CO90	9	600		11	
R-9-2S90					
P-9-CO105			105		
P-11-CO90	11	750	90		
P-11-CO105			105	15	
P-13-CO90	13	900	90		
P-13-CO105			105		
P-15-CO90	15	1,000	90		
P-15-CO105			105	18.5	

注：P＝乗用，R＝住宅用

2 適用機種

規格形エレベータ「ビルエース」のシリーズは，**表1**に示すように定員6～15人，速度45～105m/minまでを標準化したものである。このシリーズは，主として速度制御上の理由から速度60m/min以下と90m/min以上の2機種に分けられる。これは，適正な乗心地を得るために加速度，及び減速度を0.5～1.0m/s²程度にしていることから，相隣る階床間の運転(1階床運転と呼ぶ)で，良好な加減速度特性を得ることのできる運転速度の限度が60～75m/minにあるからで，90m/min以上のエレベータでは，1階床運転と2階床以上の運転で運転速度を自動的に調整する制御機能を備えているのが普通である。本論文で報告する「単一サイリスタ ユニット制御方式」は，このうち速度60m/min以下の機種に適用するものである。

3 従来の制御方式

図1に従来の交流速度帰還形エレベータの主回路例として日立製作所のサイリストロニックDB制御について示す。
起動時は接触器S_1，S_3により三相交流電源が誘導電動機に印加される。ノッチ制御原理[2]により設定された起動抵抗器Rと加速接触器S_2(複数)の投入タイミングによりエレベータは定格速度まで円滑に加速され定速運転に入る。一定走行の後，

* 日立製作所水戸工場　** 日立製作所日立研究所

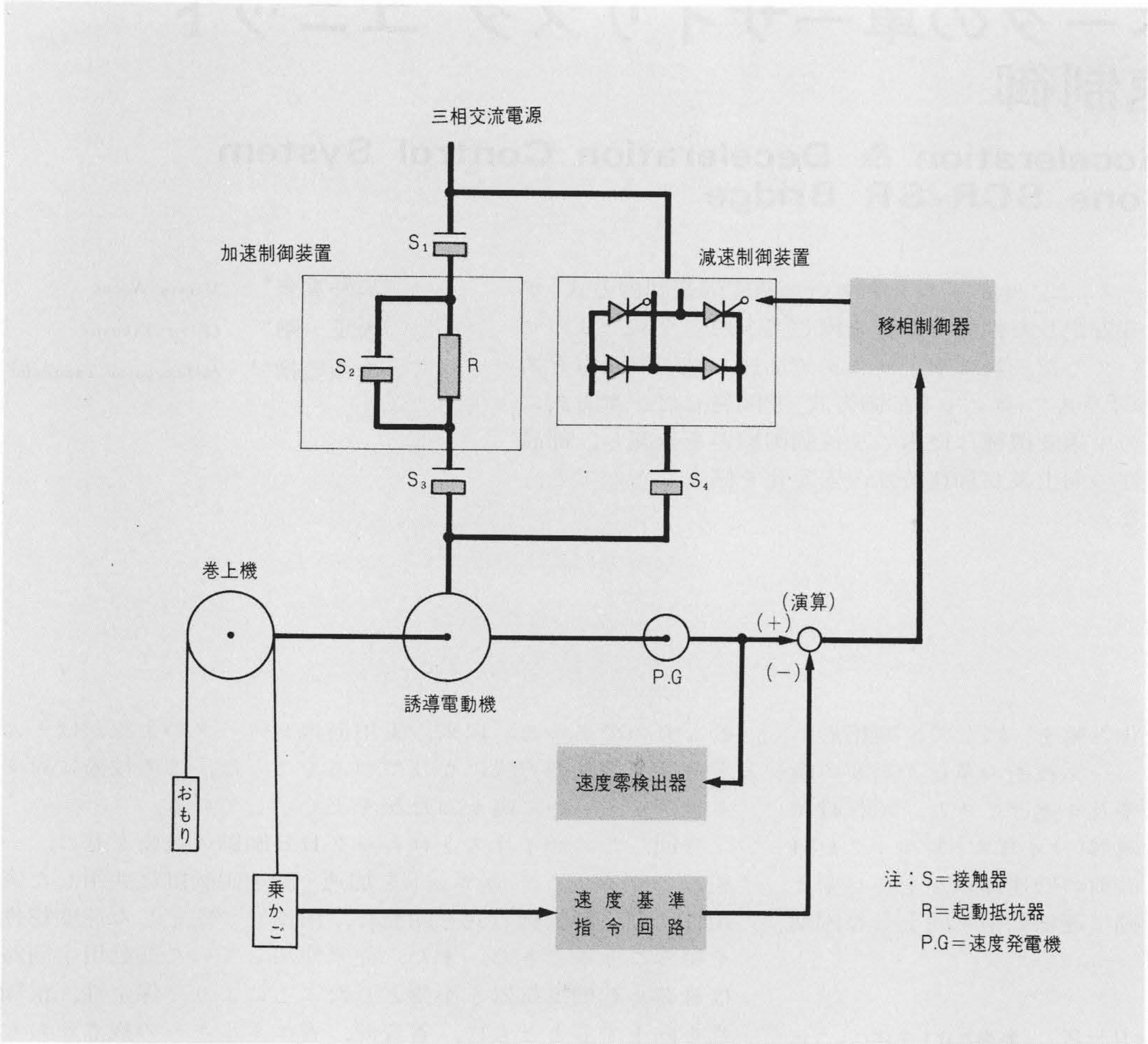


図1 従来のサイリストロニックDB制御主回路 従来方式は加速は抵抗起動制御，減速は速度帰還制御による直流制動方式である。

減速点に至ると高速側接触器S_3を釈放し，減速側接触器S_4に切り替え，サイリスタとダイオードから成る減速制御装置を介して，三相誘導電動機に直流電流を供給する。

減速過程は速度基準指令と速度発電機(P.G)による実速度が常に比較され，速度が指令より大きくなると直流制動電流を増大させるよう制御される。減速の全過程が帰還制御されるため，負荷変動，電源電圧変動に影響されなく，正確で安定性の高い着床特性が常に保証される。

この制御方式はエレベータ性能として十分な効果をもたらしたが，技術的観点からは必ずしも満足すべきものでない。すなわち，

(1) 加速制御が有接点方式のため定期的保守が必要。

(2) 制御性能が良く，高信頼性のサイリスタが減速期間だけしか利用されず利用率が低い。

(3) 起動入力の一部が抵抗器の発熱によりむだに消費される。

などについて，なお技術的改善の余地を残していた。

4 単一サイリスタ ユニットによる加減速制御

4.1 加速制御方式

エレベータの理想速度特性は，一般に台形波加減速度特性により得られるとされている。

この特性を誘導電動機の回転数(N)と出力トルク(T)の関係で示すと，加減速度の増減部分では$T \propto \sqrt{N}$の関係にあるため，理想モータ トルク特性[2]は**図2**の2点鎖線の特性で与えられる。同図の実線は誘導電動機の実際のトルク特性である。モータリング特性は，起動端を除けば電動機の特性を理想トルク特性にほとんど合致させることができることから，加速時は起動端部の制御をするだけでよいことを示唆している。一方，直流制動トルクは理想特性とかなり違った特性となっている。このため減速時にも理想台形波減速度特性を得るには，応答速度の速い帰還制御系を用い，望ましいトルク特性に制御する必要がある。以上のことから加速制御は，エレベータの起動端部だけをサイリスタで連続制御し，加速過程の後半でサイリスタのゲートを全開して，**図3**の2点鎖線のような特性を得る方式とした。

加速後半の特性はモータ特性そのものを用いることにより円滑な特性が得られると同時に，同期速度による安定した高速運転特性が保証される。このように加速制御の終局点が調整の巧拙によらず原理的な確かさで得られることは，この種の実用形エレベータで重要なことである。

制御方式は三相電圧制御，二相電圧制御，単相電圧制御の三つが考えられるが，制御機器点数が最少で保全性，信頼性に優れている単相電圧制御方式を採用した。また，単相電圧制御は，万一制御上のトラブルが発生しても**図3**に示すようにエレベータは単相トルク特性により安定運転が続けられるので定格速度を超えることはなく，安全である。

以上のような特長をもつ単相電圧制御は，45m/min，60m/minの中速度エレベータの加速制御方式として最も適切な方式といえる。

4.2 減速制御方式

減速制御は，**3.1**で述べたように制御トルク特性が非直線性であること，正確な着床特性が要求されることから，応答の速い速度帰還制御系を用いて，**図2**の理想特性に近づける必要がある。このため，減速制御方式は**3.**で述べた従来のサイ

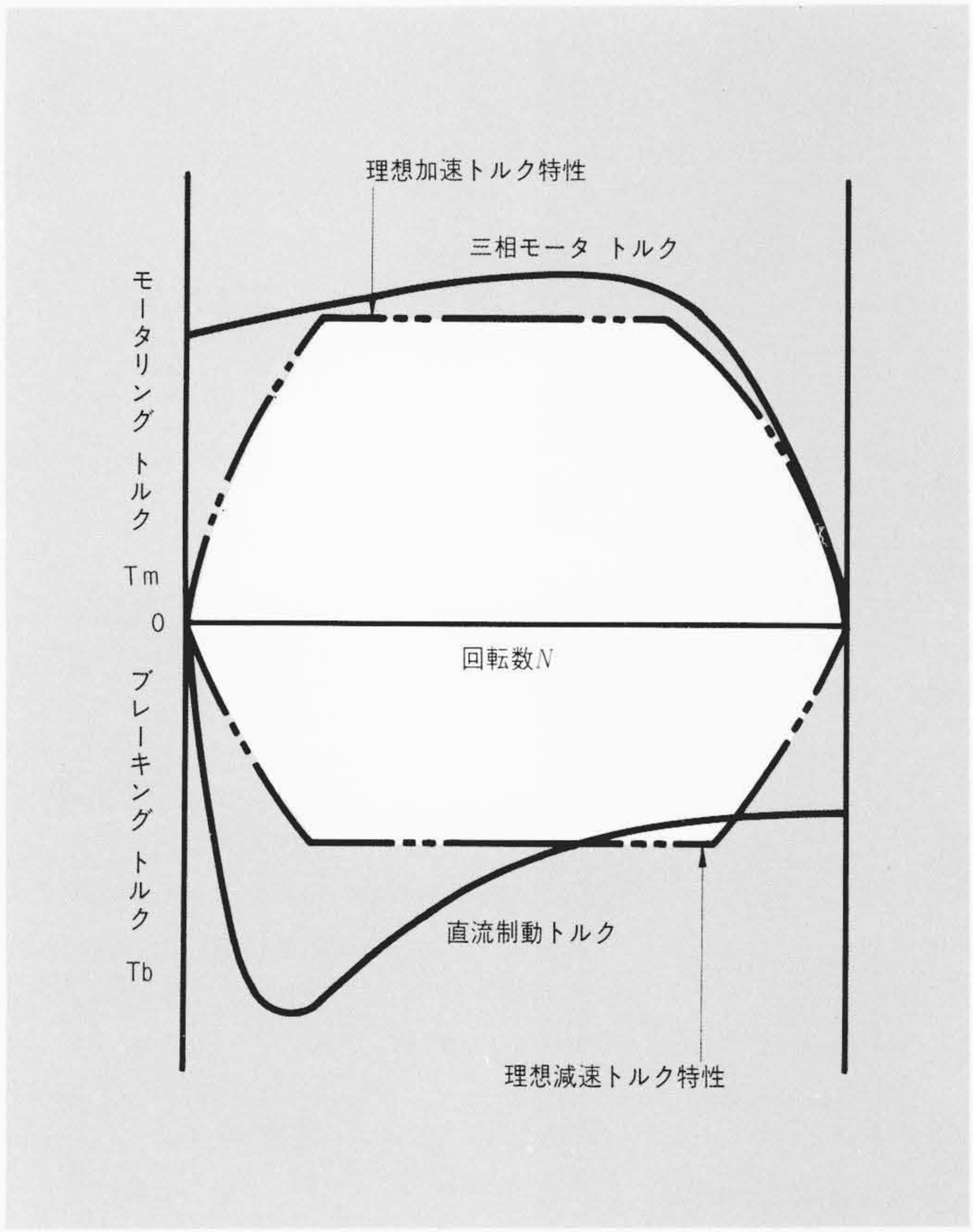


図２　理想トルク特性　　エレベータの理想加減速特性を得るためのトルク特性と電動機のトルク特性を示す。

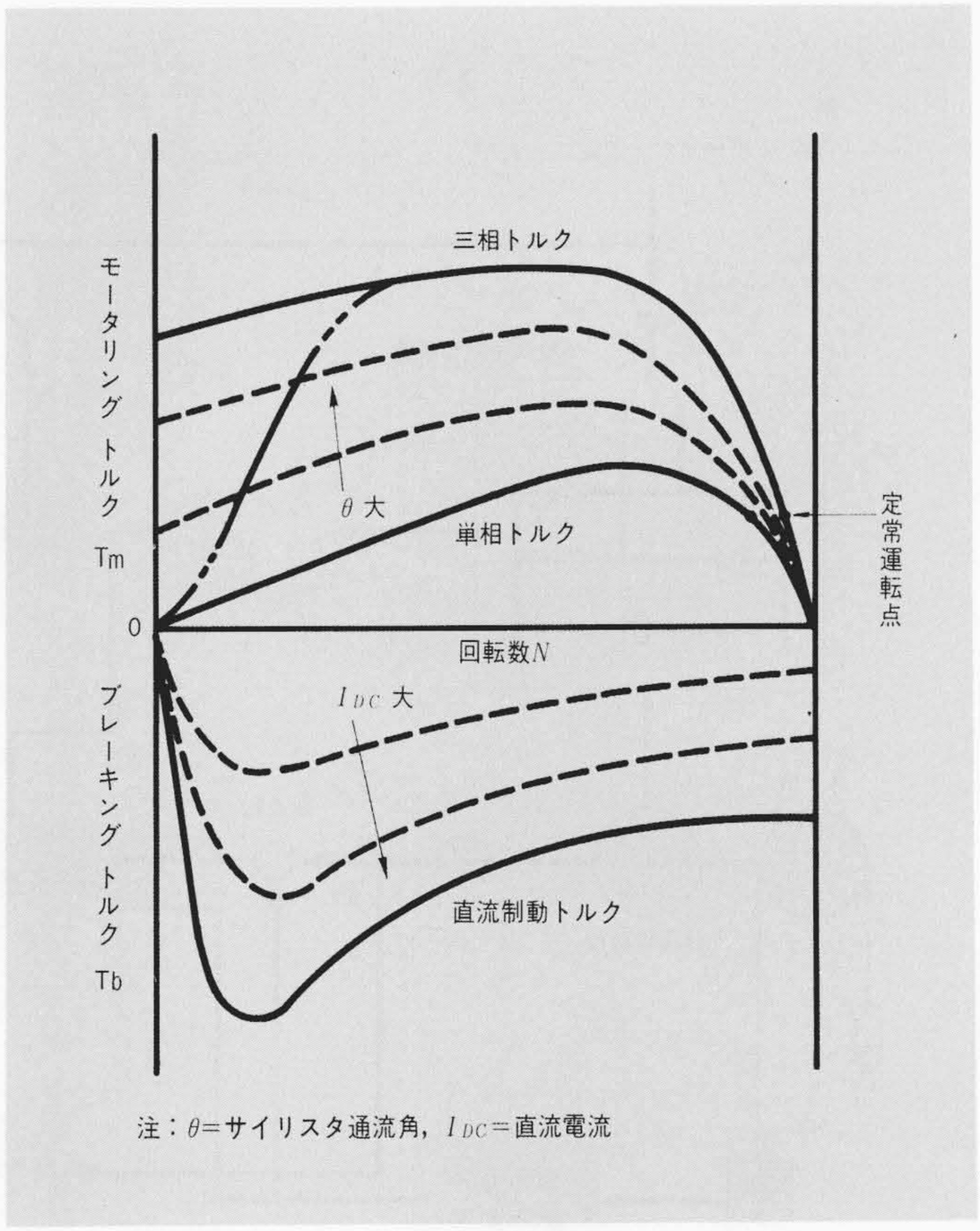


図３　単一サイリスタ ユニット制御により得られるトルク特性
サイリスタで一次単相制御を行なって，モータリング トルクを理想トルクに近づけることができる。ブレーキング トルクは直流電流を増減して制御できる。

リストロニックＤＢ制御方式と同一方式とした。

4.3　制御回路

単一サイリスタ ユニットによる加減速制御を行なうために従来の減速制御だけの制御回路に対して

(1)　円滑な加速特性を与えるために，一定のこう配で上昇する加速指令信号回路

(2)　逆並列接続したサイリスタを位相制御する相電圧基準の同期電源

(3)　力率低下の著しい同期速度以上の回転数状態でも確実に移相制御できる広幅パルス増幅回路

などの技術的に高度な検討が必要である。

制御装置の設計は，現在までに約5,000台の稼動実績のある従来装置を基本にして，加速，減速両制御に共用できること，既納品との部品共用ができることなど，保全性にも十分な考慮を払った。

4.4　主回路及びその動作

図4に以上の検討結果を基に開発した単一サイリスタ ユニットによる加減速制御主回路(特許申請中)を示す。

図5は接触器類の動作を示すタイム チャートである。これらの図に従い本方式の動作を説明する。

エレベータのホール呼び，又はかご呼びが登録されると，エレベータのドアが閉じたことをチェックした後，出発指令が発生される。出発指令により主回路接触器S_1，S_3が投入される。接触器S_3は，図示されない他の接点でモータの入力端子の二相を電源に接続すると同時に，サイリスタ ユニットのダイオード アーム側を短絡し，サイリスタ ユニット部を逆並列接続状態に構成する。この逆並列素子は，モータ入力の単相に接続され単相電圧制御による加速回路が構成される。

同時に接点Saが閉じて，同期電源が三相受電状態となり移相制御器にはサイリスタと同相の相電圧基準の電圧が与えられる。

移相制御器の入力接点Srが加速時は(1)側に接続され，速度基準指令回路に組み入れられた加速指令回路から直線的に増加する加速信号が移相制御に与えられる。

この結果，主回路のサイリスタは通流角零，すなわち起動トルク零の単相状態から，連続的にトルクを増加させ約0.5秒後にはサイリスタのゲートを全開し三相トルク状態となり，それ以後はモータそのもののトルク特性により加速され定常運転に至る。

このとき移相制御器の出力は，広幅パルス増幅器により十分な幅をもったパルスに変換されているため，単相，三相のいかんによらず，また全負荷下降時のような誘導電動機の超同期速度領域においても，正確に制御でき失弧することはない。

また加速時は加速指令の立上りの速さと，制御系の応答速度を適切に選ぶことにより，速度帰還回路なしで良好な加速特性を得ている。このことは回路を単純化するばかりでなく，調整作業を不要としているため保全性も高めることができる。

エレベータが減速開始点に達すると，乗かご上に設置された位置検出装置により減速指令が発生される。

減速指令により，主回路接触器S_3がしゃ断し，S_4が入る。この結果，単一サイリスタ ユニットは，全波整流回路となり，誘導電動機に直流電流を供給する。この時の同期電源は，全波整流回路の交流側電源に同期した電源とするため，リレーSaを釈放し，線間電圧を移相制御器の電源とする。同時にリ

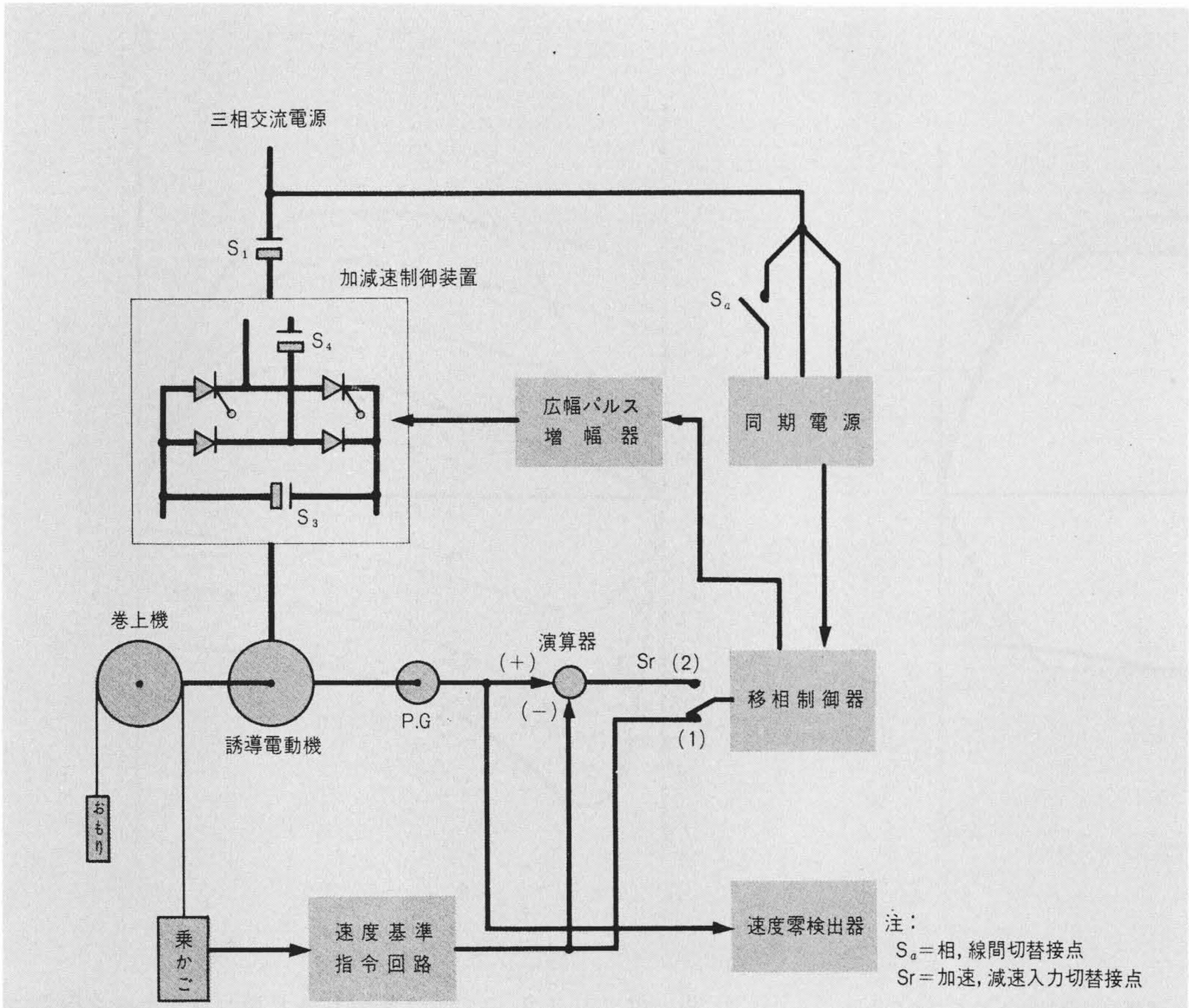


図4 単一サイリスタ ユニットによる加減速制御主回路 減速制御用サイリスタを接触器の切換えにより，加速制御と減速制御の両方に利用した。

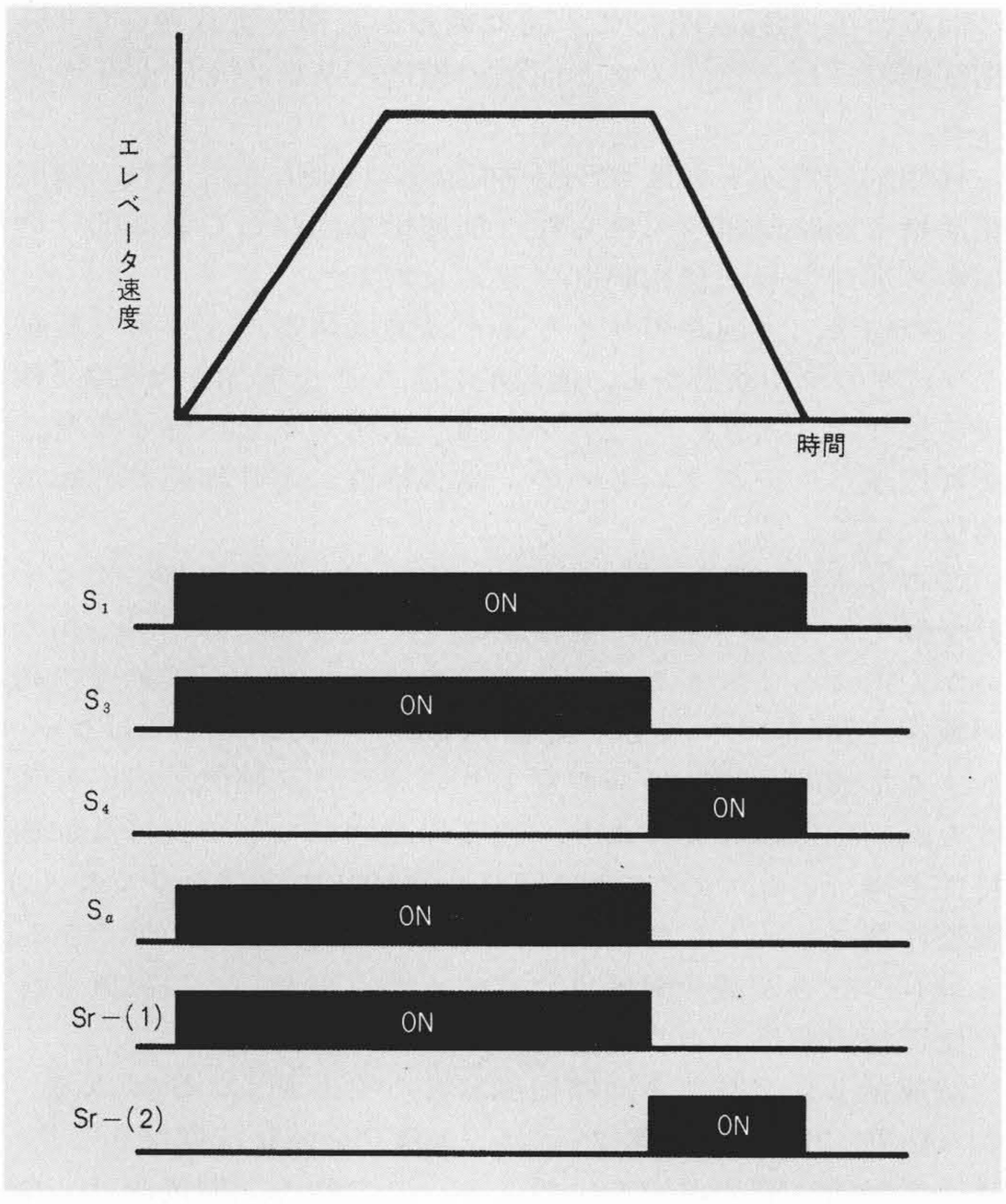


図5 単一サイリスタ ユニット制御方式のタイム チャート
図4の制御回路のタイム チャートを示す。

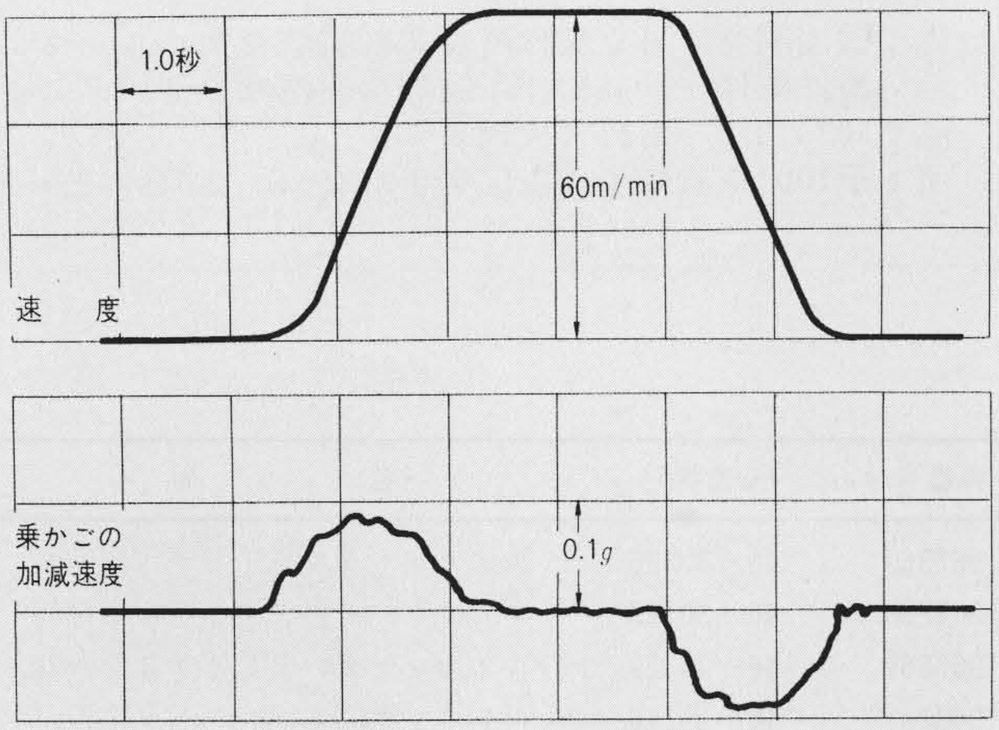
レーSrは接点(2)側に接続し，速度帰還制御系が作られエレベータは誘導電動機に発生する直流制動力により徐々に減速する。直流制動トルクの大きさは，乗かごの位置に対応して作られる速度基準指令電圧と，速度発電機出力電圧との演算結果に比例したゲート信号により，サイリスタ ユニットを介して制御される。減速制御時の速度基準指令電圧は，乗かごの実際の位置に対応して漸減し，目的階で零電圧となるから，エレベータはこの指令電圧に沿って減速し，目的階床で速度零となる。この時，速度零検出器が作動し，停止信号を出し，主回路接触器S_1をしゃ断し，マグネット ブレーキを作動させて，エレベータを確実に保持する。減速制御は，正確な速度基準指令をもつ安定した制御系であるので，着床直前の微速度運転を必要としない。それゆえ運転時間を可能なかぎり短縮した，理想的な「直接着床」特性が得られる。

5 工事，保全性

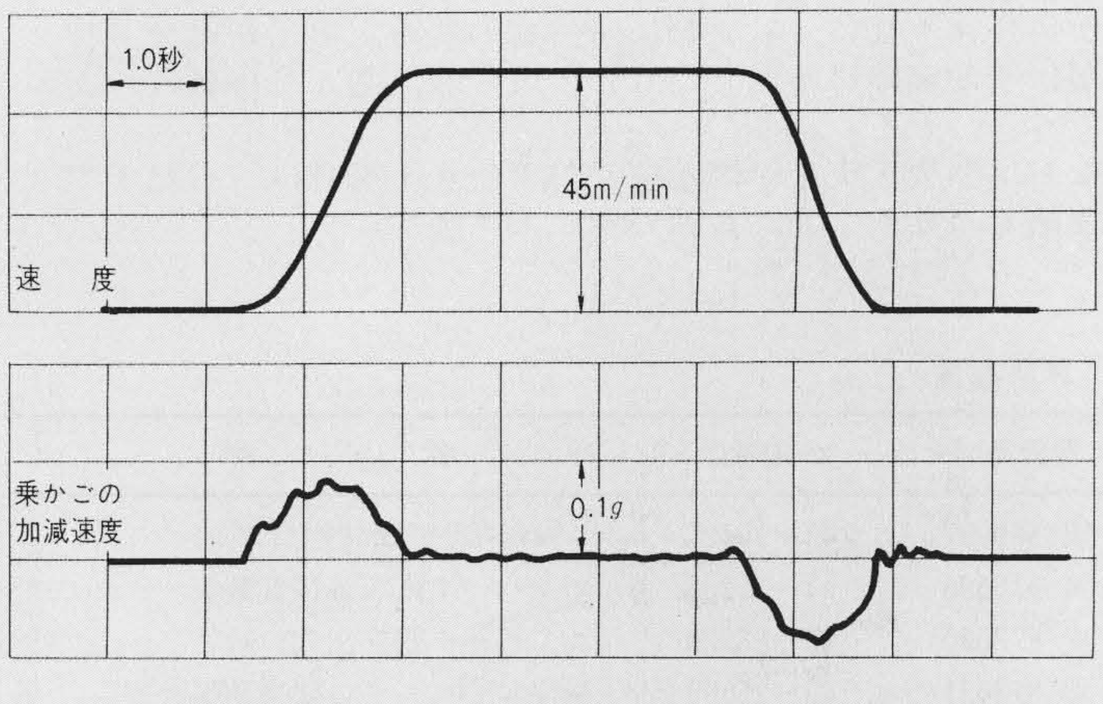
速度帰還制御方式を採用すれば誘導電動機は1速度電動機でよいが，日立製作所の場合は45m/minから105m/minまで，全機種共に保守運転用低速電動機を備えた2速度電動機を用いている。

工事，保守作業時の速度を30m/min以下にすることが安全性の面から必要であり，また仮設電源や制御系の未調整な工事段階では専用の低速電動機の同期速度を用いることが信頼性の面で優れているからである。

新制御方式では加速制御回路の主接触器(**図1**のS_2)を除去したので，消耗部品である接点チップの定期的交換作業を不



(a)平衡負荷上昇運転



(b) 平衡負荷上昇運転

図6 速度特性と着床特性 単一サイリスタ ユニット制御方式45m/min，60m/minエレベータの速度特性と着床特性を示す。

要とし，保守作業の軽減を図った。また実績のある回路を基本にして設計した制御回路は，保守パーツが完備しており保全性の向上も十分配慮している。

6 単一サイリスタ ユニット制御による性能とその特長

以上述べた制御方式によるエレベータ性能を**図6**に示す。加速特性は，連続制御により起動端の加速度変化率を小さくし，ソフトな乗心地とすることができた。更に加速終了端は，**図2**の理想特性に近いトルク特性を持ったモータを開発したことで，滑らかな特性を得ている。減速特性は安定した帰還制御系により直流制動トルクを適切に制御しており，**図2**の理想特性を実現している。着床特性は負荷及び電源電圧を変化させても，着床誤差は±10mm以内の良好な特性である。

本制御方式は，

(1) 主回路のサイリスタ数が少ないため，回路構成が単純となり信頼性が高い。

(2) 直流制動方式のため発熱が少なく，かつ電気的制動方式のため経年変化もなく性能が長期間安定している。

(3) 減速特性はむだ時間がない直接着床方式のため，運転時間が短く，乗心地が円滑でスピーディである。

(4) 起動抵抗をなくしたのでむだな発熱がない。

などの特長がある。

7 結 言

以上，今回開発した単一サイリスタ ユニットによる加減速制御方式の概要について述べた。本制御方式によって，この種制御では最小限と考えられる2個のサイリスタと2個のダイオードにより，エレベータの加減速を連続制御し，加減速度0.1 g 以下，着床誤差10mm以下の良好な性能を実現することができた。

抵抗器と主回路接触器とを含む加速制御器を全廃し，サイリスタ，ダイオードを最小限としたことは信頼性，保全性の向上ばかりでなく，省エネルギー，省資源の観点からも時勢に沿うものである。また，単相制御は誘導電動機のトルク特性と同期速度をそのまま生かすことができ，交流エレベータの長所である経済性，高信頼性にもつながっている。これらの特長をもつ新制御方式は，このクラスのエレベータによくマッチした方式であり，エレベータの普及，発展にいっそう大きく貢献できると確信している。

参考文献

1) 渡辺，大平ほか：「規格形エレベータの多様化」，日立評論，**54**，819（昭47-10）

2) 渡辺 三井ほか：「交流エレベータの速度制御と振動系の解析」，日立評論，**49**，914（昭42-9）