

# 産業用サイリスタモータ

## Thyristor Motors for Industrial Use

Introduced in this article are new thyristor motors of both synchro and asynchro types, specifically developed for industrial use. Their features, operational principle, performance and points of selection of the two types of motors are discussed.

小西 務\* Tsutomu Konishi  
梓沢 昇\*\* Noboru Azusawa  
市川博昭\*\* Hiroaki Ichikawa  
藪 博昭\*\* Hiroaki Yabu  
宮田俊夫\*\*\* Toshio Miyata  
森野信幸\*\*\* Nobuyuki Morino  
奥山俊昭\*\*\*\* Toshiaki Okuyama

### 1 緒 言

従来、一般の産業機械駆動用として、定速度の場合は主として交流電動機が、また可変速度の場合は直流電動機が用いられている。ところが、最近生産性の向上と保守軽減の目的からブラシレスが可能な交流電動機の数速度制御が注目されつつある。

一方、サイリスタ素子の開発とその高電圧、大電流および高速化に加えて、制御素子の半導体化、特に集積回路(以下、ICと略す)化により、可変電圧、可変周波数電源の製作が容易になり、最近交流電動機の数速度制御が実用化されつつある<sup>(1)~(5)</sup>。

日立製作所はこれに対処すべく、産業用サイリスタモータとして、アシンクロナス形およびシンクロナス形サイリスタモータを開発し、すでに納入実績をもっている<sup>(6)</sup>。

ここでは、初めに可変速電動機の全体を把(は)握し、特にブラシレスモータを取り上げ、アシンクロ形およびシンクロ形サイリスタモータについて、それぞれその動作原理、機能、特徴などについて明らかにする。また、アシンクロ形およびシンクロ形の選定法について述べ、実用例を紹介する。

### 2 最近の電動機駆動方式の動向

#### 2.1 最近の傾向

一般の産業機械の可変速駆動源には、主として交流電動機が用いられるものと、直流電動機が用いられるものとがある。

交流電動機の応用分野としては、ポンプ、ブロウ、コンプレッサ、攪拌(かくはん)機、セメント・プラントのキルンなどがあげられる。一方、直流電動機の応用分野では工作機械、圧延設備、クレーン、抄紙機などがある。

ところが、最近、交流電動機の応用分野においては品質向上、生産効率向上および保守の観点からブラシレスの要求が生じてきている。また、直流電動機の応用分野に対しては、特に保守の観点からコミュテータレスの要求が生じてきている。

以上を要約すると、性能向上および保守の容易さから、電動機のコミュテータレスおよびブラシレス化が注目されてきている。これには、交流電動機の可変周波数電源による駆動が必要となる。

#### 2.2 交流電動機駆動に対する技術的背景

最近、サイリスタ、トランジスタ、ICの利用技術の発達 は著しい。

すなわち、サイリスタ利用技術の向上はサイリスタ変換器の大容量化、高速化を可能とし、最大 10,000 kW 程度の可変電圧電源(サイリスタ・レオナード)や、商用周波数以上数

百キロヘルツ程度の可変周波数電源が製作可能となってきた。

また、制御回路の IC 化により高利得、高速応性の制御が実現容易となってきた。

以上から、可変電圧、可変周波数電源が容易に製作されるようになり、交流電動機の可変速制御が実現されつつある。これにより、ブラシレス化による保守の軽減、無接点化<sup>(5)</sup>による信頼性の向上、IC 化による高性能化が実現できる。

#### 2.3 可変速電動機の種類と速度制御方式

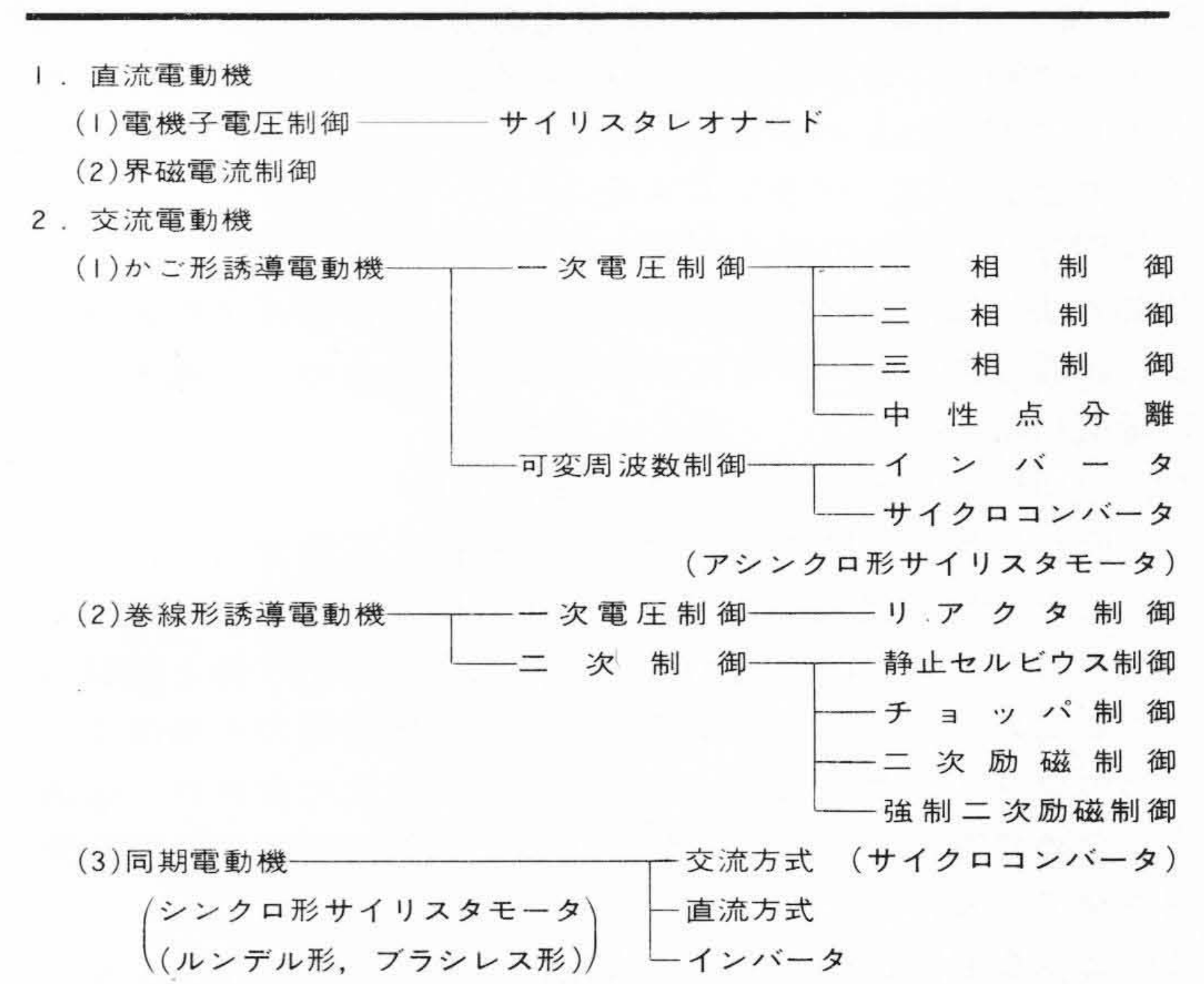
表 1 は可変速電動機の種類を示すものである。圧延機駆動を対象とする場合、従来から直流電動機が用いられているが、最近保守性の観点からブラシレスの可能な交流電動機の数速度制御が実用段階に入りつつある。交流電動機には誘導機と同期機がある。前者は比較的性能のあまり要求されない対象、たとえばポンプ、ブロウに、また後者は制御性能が問題となるような対象、たとえば圧延機駆動用などに適する。

#### 2.4 ブラシレス・モータの種類

ブラシレス・モータは表 2 に示すように交流電動機により実現できる。日立製作所では、このうち誘導電動機を用いるものをアシンクロ形サイリスタモータ、同期電動機を用いるものをシンクロ形サイリスタモータと称している。アシンク

表 1 可変速電動機の種類 電動機の種類により分類したものである。

Table. 1 Classification of Variable Speed Motors



\*日立製作所大みか工場 工学博士 \*\*日立製作所大みか工場 \*\*\*日立製作所日立工場 \*\*\*\*日立製作所日立研究所



表2 ブラシレスモータの種類 実用化されているブラシ、スリップリングのない電動機の制御方式を分類したのである。

Table 2 Classes of Brushless Motors

1. 誘導電動機

- (1) 一次電圧制御方式……………一次制御
- (2) サイクロコンバータ方式……………一次可変周波数制御  
(アシンクロ形サイリスタモータ)
- (3) インバータ方式……………(                      ”                      )
- (4) カスケード，セルビウス方式……………二次制御

2. ルンデル形，ブラシレス形同期電動機

- (1) 交流方式(サイクロコンバータ方式)
- (2) 直流方式(コンバータ+インバータ方式)

} シンクロ形サイリスタモータ

ロ形として160kW 3セット、80kW 3セット、55kW 2セット  
600kW 1セットおよびシンクロ形として170kW 2セット、600  
kW 1セットの実績がある。

### 3 アシンクロ形サイリスタモータ

アシンクロ形サイリスタモータのサイクロコンバータ制御方式としては、各相のゲートに独立した位相角信号を与え、負荷のいかんにかかわらず出力電圧波形を正弦波になるよう制御する電圧制御方式と、電源側インピーダンスを大きくし定電流源とし、各相のゲートに同一位相角信号を与え、電流波形を長方形波に制御する電流制御方式がある。ここでは電流制御方式について説明する。

### 3.1 構成および動作

電流方式の大きな特徴は図 1 に示すように、各相電流の通電期間を 120 度とする長方形波電流で制御することにある。通常の三相交流電源で駆動される場合、回転磁界が一樣な速度で変化するのに対し、電流制御方式においては図 2 に示すように、階段状に変化する。電流制御方式の主回路および制御装置の構成は図 3 に示すとおりであり、速度指令である自動パルス移相器の出力と電圧 - 周波数変換器の出力との論理積がサイクロコンバータ部のサイリスタ素子のゲート信号となり、

商用交流電源を可変周波数，可変電圧の交流に変換している。

サイリスタの転流は電源電圧によって行なう、いわゆる電源転流によるもので、出力周波数は電源周波数の約 $\frac{1}{2}$ 以下となる。**図4**は一例として電源周波数50Hz、電源側点弧制御角60度、電動機周波数23.8Hz、電動機側点弧制御角30度の場合についてゲート入力信号ならびに点弧するサイリスタの関係を示すものである。電源側分配信号(b)とモータ側分配信号(d)との論理積(e)がゲート回路出力信号となる。電源側はその信号に従って次々と電源転流していくが、モータ側は分配信号で転流すべき点、たとえば電動機電圧(c)に示す①の点で、逆電圧がないため、負荷転流ができず、電源側が転流する点②まで伸びて電源側と同時に転流する。他の区間においても同様の転流を行なうことになる。したがって、通電期間は正確に120度とならない場合がある。これらの関係は(g)、(h)に示してある。**図5**は30kW機の各部波形のオシログラフを示すものである。

### 3.2 制御装置

制御装置は図 3 に示すように、サイクロコンバータ部、ゲート回路部、演算回路部、検出部、保護回路部より構成され

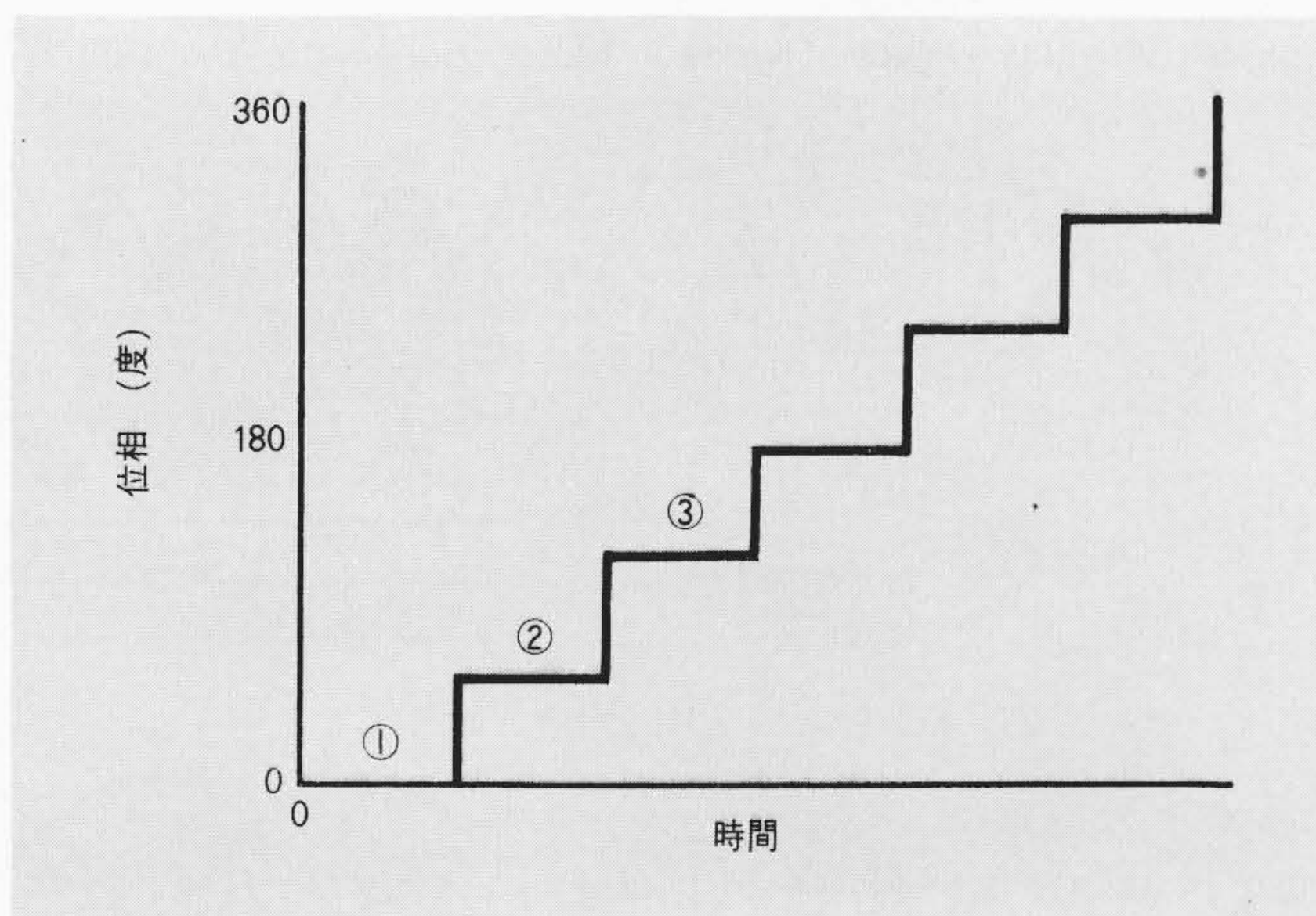


図 2 アシンクロ形サイリスタモータの起磁力 - 位相特性 120  
度通流の場合の起磁力と位相の変化を示したものである。

Fig. 2 Magnetic Motive Force-Phase Characteristic of Asynchro Type Thyristor Motor

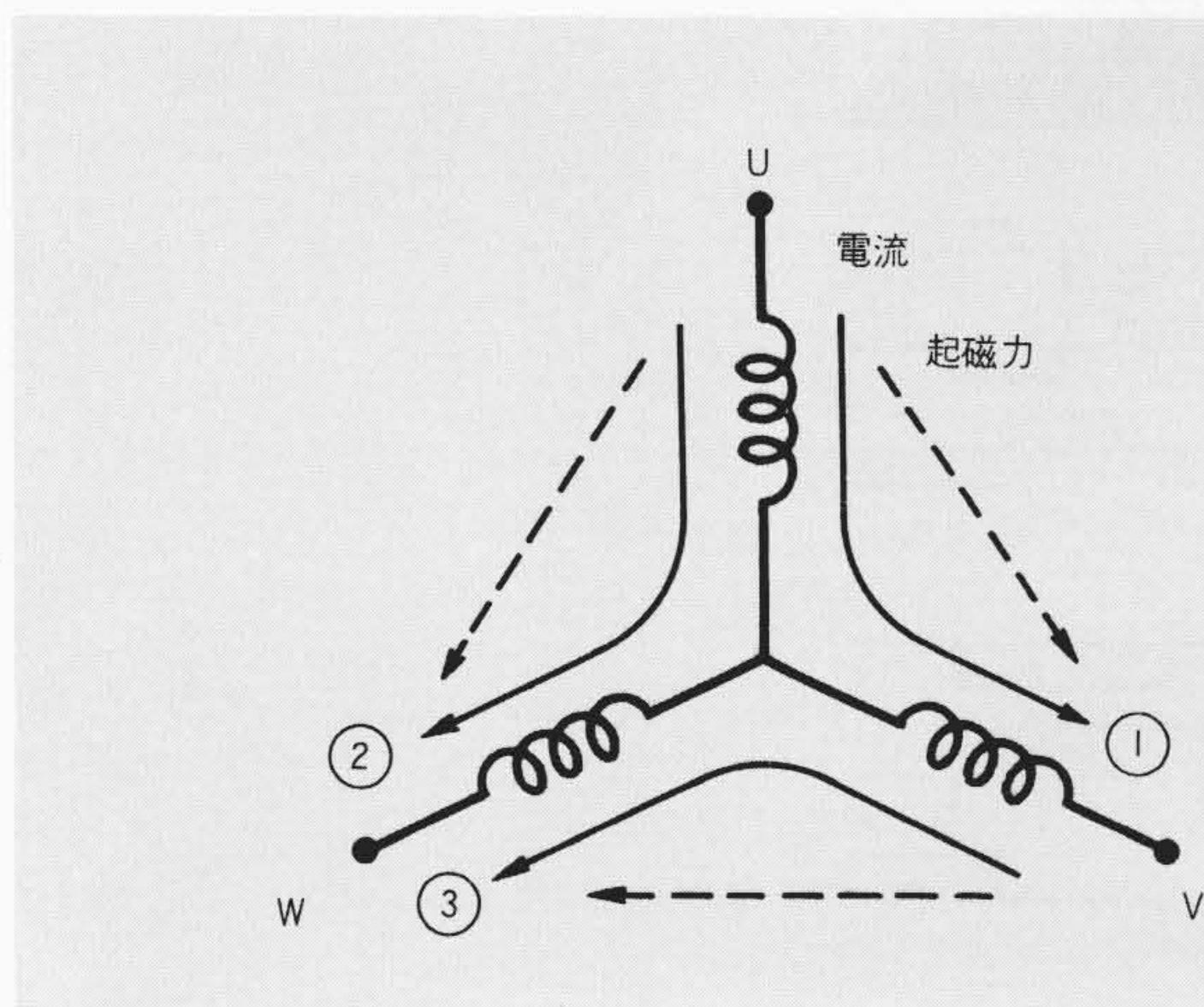
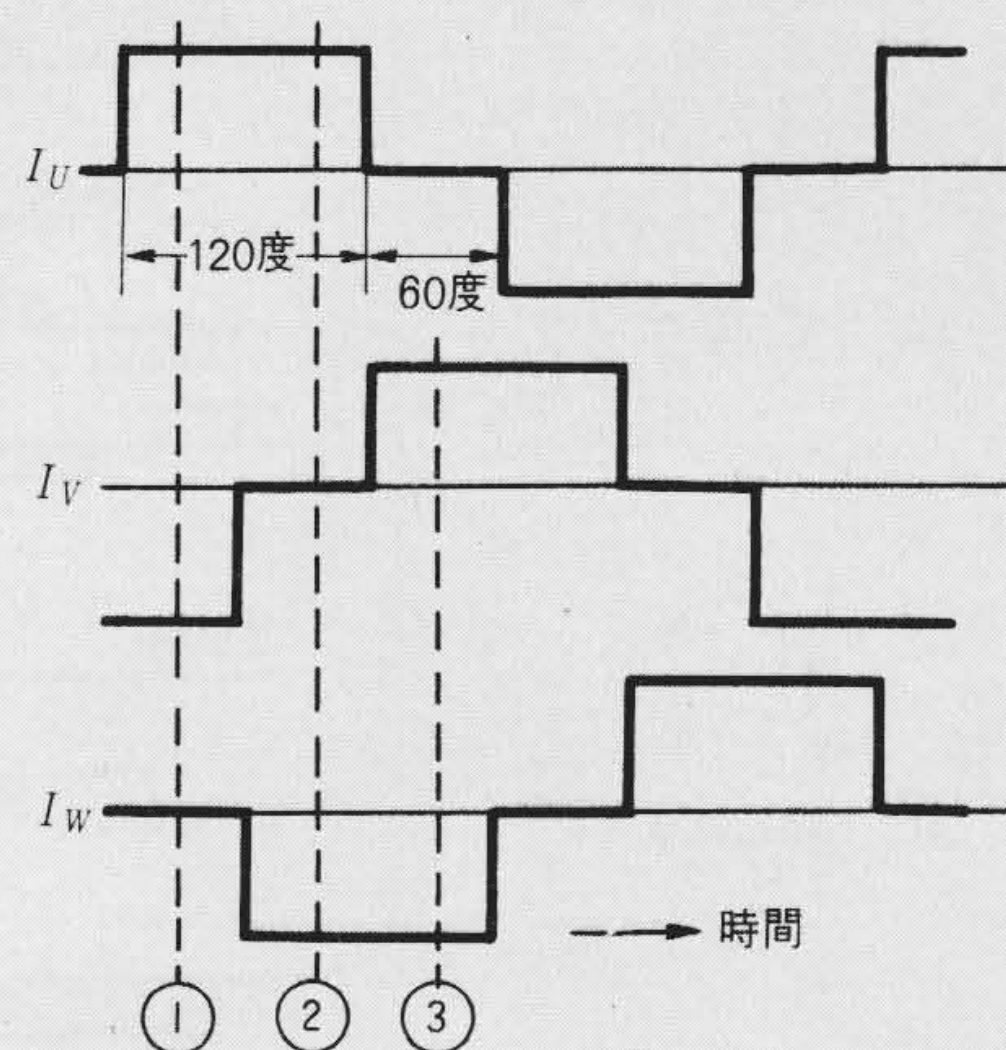


図1 アシンクロ形サイリスタモータの電動機通電方式 電流の流れ方と起磁力を示したものである。

Fig. 1 Operation Modes of Asynchro Type Thyristor Motor





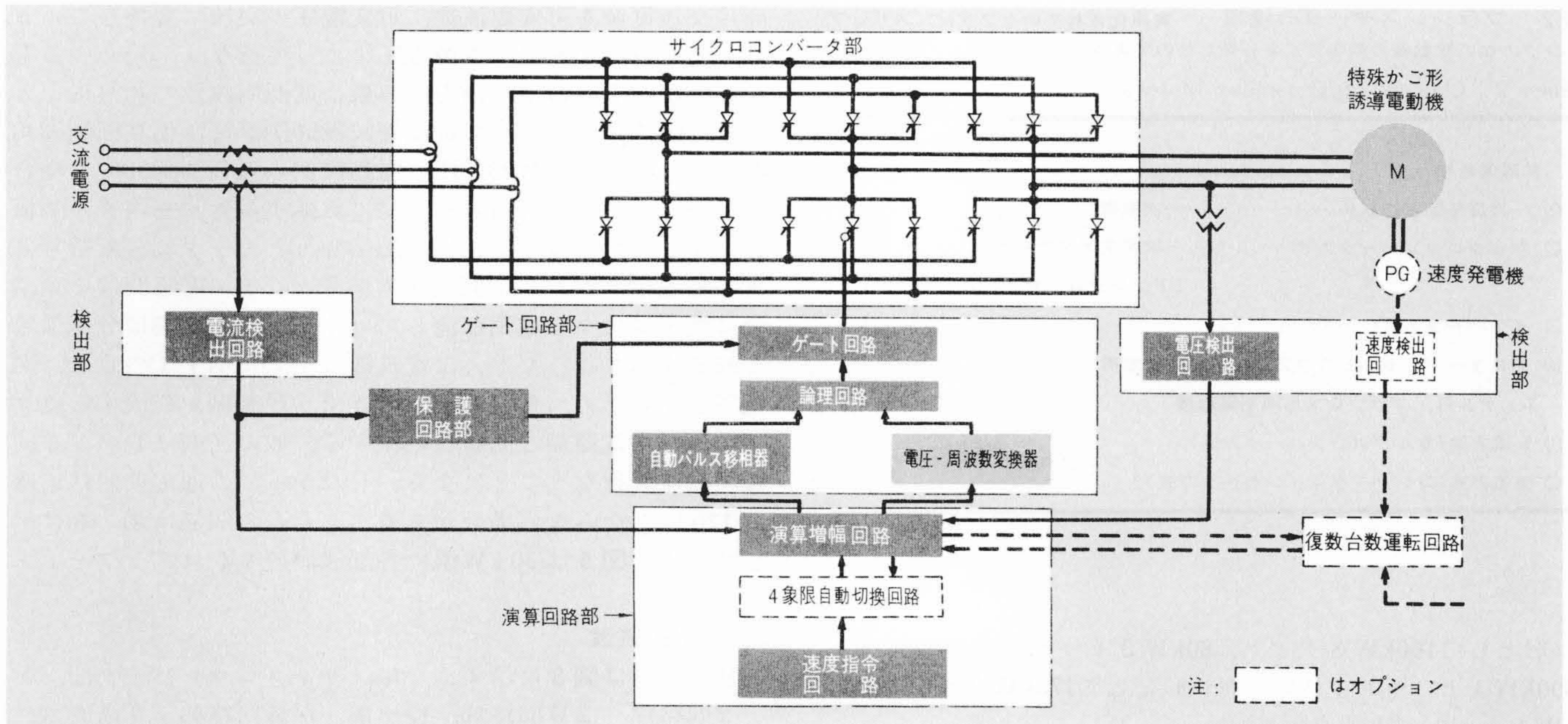


図3 アシンクロ形サイリスタモータの構成 部分がシンクロ形サイリスタモータ(AC方式)と異なる基本構成である。

Fig. 3 Asynchro Type Thyristor Motor Schematic Diagram

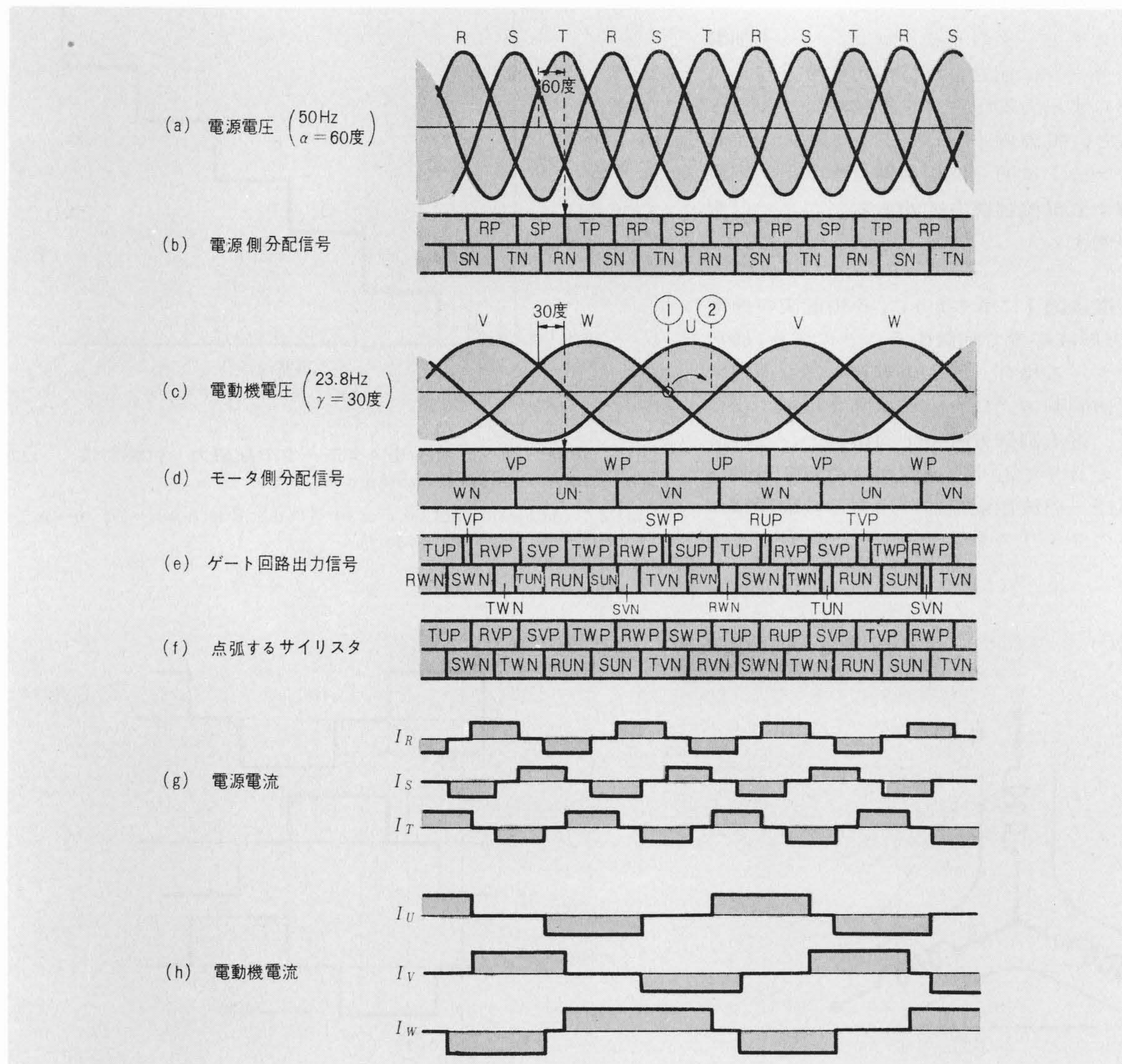


図4 アシンクロ形サイリスタモータのゲート信号と電動機電流の関係 電動機周波数23.8Hzの電動機電流の作図波形を示す。

Fig. 4 Motor Current and Gate Signal Waveforms of Asynchro Type Thyristor Motor



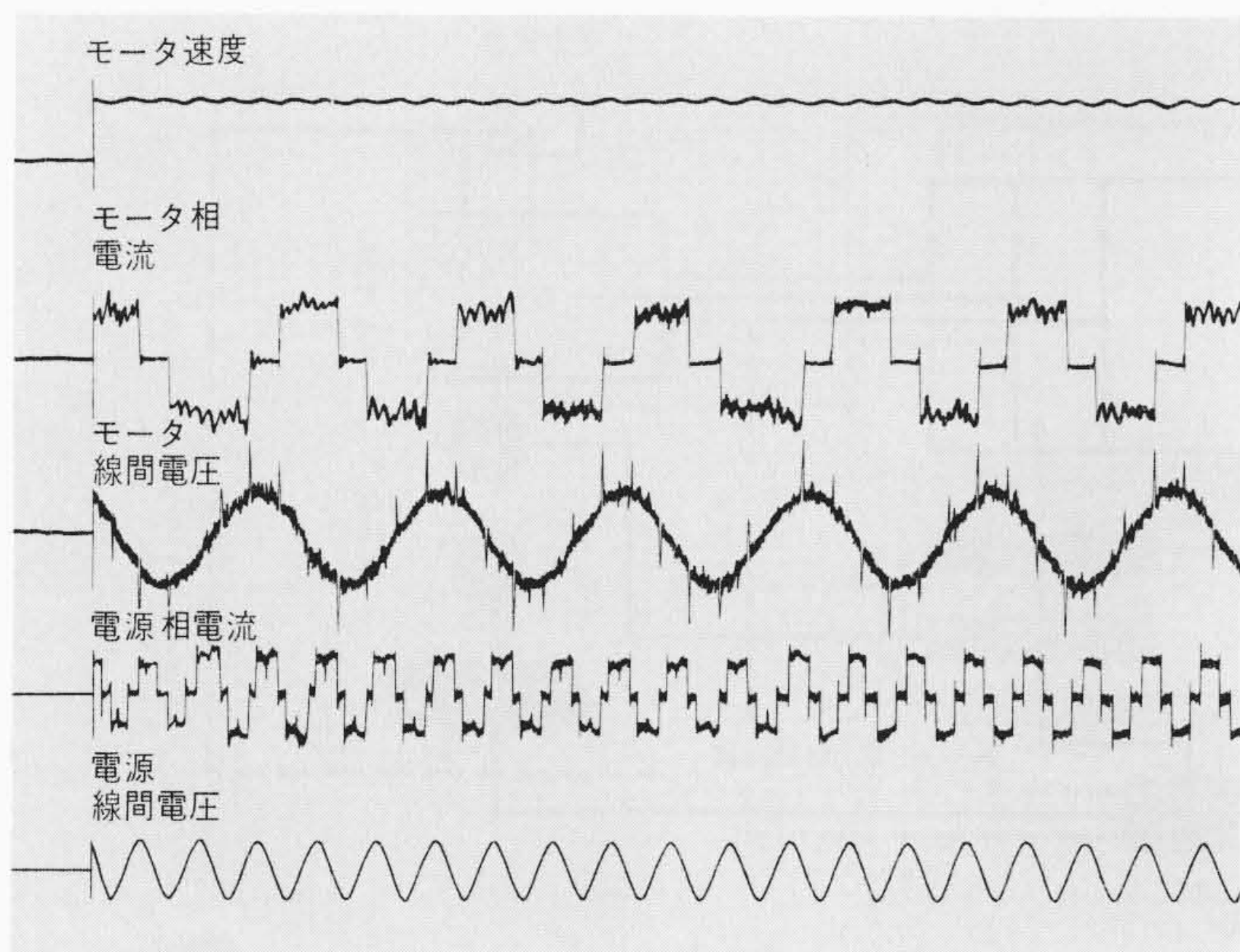


図5 アシクロ形サイリスタモータの各部波形オシログラフ 30kW  
機の16.1Hz, 482rpm運転時の各部波形を示す。

Fig. 5 Oscillogram of Asynchro Type Thyristor Motor

ている。サイクロコンバータ部は18アームのサイリスタから成り、電機子巻線の通電相の選択、電源の通電相の選択および電機子巻線間に加わる電圧の調整の働きを行ない、商用周波数の交流を直接可変周波数、可変電圧の交流に変換する。ゲート回路部は演算回路部の信号に従い、サイクロコンバータ部が上述の働きをするようなサイリスタのゲート信号を発生する。演算回路部はソフトスタート、過電流防止などを行なう電流制御、電動機に供給する電圧と周波数の比を調整する電圧／周波数制御、設定速度に電動機速度を調整する速度制御などの演算を行なう。

さらにオプションとして、可逆運転、回生制動運転を行なうための4象限自動切換回路、1台の制御装置で複数台の電動機を制御する複数台運転回路などがある。装置は、IC化、無接点化されて、信頼性の高い構成となっている。

### 3.3 電動機

電動機の構造は一般のかご形誘導電動機と同一であるため、ブラシレス構造となっており、一般のかご形誘導電動機と異なる点は、定格速度における周波数が商用周波数の $\frac{1}{2}$ 以下であることより、 $\frac{1}{2}$ 以下の定格周波数のところで定格出力を発生するように電機子巻線が施してある点である。また、高精度の速度制御を必要とする場合には電動機軸に交流速度発電機が接続される。

### 3.4 特徴および応用

アシクロ形サイリスタモータの一般的な特徴は次のとおりである。

- (1) 電動機は特殊かご形誘導電動機を基調としているのでブラシレスで保守点検を要せず堅ろうである。
- (2) サイクロコンバータ方式を採用しているので、サイリスタ回路は安定しており信頼度が高い。
- (3) 瞬時停電後の復電時にも、転流失敗に気を使わず、自動復帰ができる。
- (4) 電動機電圧の周波数は、普通電源周波数の $\frac{1}{2}$ 以下である。ただし比較的小容量機で電流ビート、力率、効率などの条件が許容される場合には $\frac{1}{2}$ 未満まで大きくできる。
- (5) 制御上の故障が発生した場合およびバックアップ運転が要求される場合には、別制御系に切り換え運転できる方式に

することが可能である。

- (6) 電動機軸に回転角検出器や速度発電機（高精度の速度制御が要求されない場合）が接続されないので電動機まわりが簡単である。

これらの特徴を利用した応用分野として種々の機種があるが、以下に代表例を紹介する。

- (1) 上水道における送水用、配水用ポンプ、下水道における返送汚泥（でい）、余剰汚泥処理用ポンプの駆動用として広く用いられている。静止セルビウス制御は、速度変化範囲が広いとすべりが大となり、電動機二次回路の機器の容量が比例的に増加するが、サイリスタモータ制御は、電動機の一次回路を制御するためあまり変わらない。

ポンプを複数台駆動するとき、サイクロコンバータ部分を共通とし、周波数と電圧を制御することにより、各電動機をほぼ同じ速度で運転することができ、台数制御を必要とするときは、追起動や切り離しが可能な方式にすることができる。

- (2) トンネルファンの駆動方式として、従来は誘導電動機の極数変換によっていたが、段階的に速度（風量）を切り換えるためにあらい制御となり、消費電力において経済的でなく運転費が高いが、本方式は、COガス、SO<sub>2</sub>ガス濃度など交通管制のための計測値に応じた速度とし、無段階に密な制御ができるので任意に風量コントロールができ好適である。また、電動機へのケーブルは3本のみで、極数変換付電動機に比べて据付面積は少なくてよい。さらに、トンネル内での火災など非常の場合には、逆転や急停止をすることもできる。

- (3) 製鉄用テーブルローラや一般のコンベヤのように、起動、停止、速度調整を要し、多少あらい制御でよい場合には、各電動機の電圧と周波数を1台の制御装置で制御する共通サイクロコンバータ方式が経済的である。

- (4) クレーンなど荷役運搬用駆動装置においては、可逆運転、回生制動、巻下げ時の負トルク制御などの特殊な制御を必要とするが、新たにサイリスタを追加することなく、サイクロコンバータ装置に自動切換ロジックを設けることにより対処できる。また、従来の誘導電動機のリアクトル制御、一次サイリスタ制御や静止レオナード制御と同程度の性能が得られる。

## 4 シンクロ形サイリスタモータ

### 4.1 構成および動作

シンクロ形サイリスタモータの特徴は電動機として同期電動機を用い、電動機軸に接続された回転子位置を検出する分配器と、サイリスタとにより直流電動機のブラシと整流子の働きを行ない、直流電動機と同等の特性を持っていることである。制御方式には、直流電動機のブラシと整流子の働きをするサイリスタで構成されたインバータと、交流電源を可変電圧の直流に変換するコンバータより構成されるDC方式(図6参照)と、上記インバータとコンバータの働きをするサイクロコンバータで構成されたAC方式(図7参照)とがある。

DC方式における転流は、電動機相電圧および電動機電流を示した図8において、①のようにU相からV相(U<sub>P</sub>→V<sub>P</sub>)へ転流する場合、(e<sub>u</sub>-e<sub>v</sub>)の逆電圧が加わり、転流（負荷転流）が行なわれる<sup>(2)</sup>。

AC方式では、前述したアシクロ形サイリスタモータと同じ転流、すなわち電源転流により起動時および低速時は運転され、中・高速時は主として上記の負荷転流により運転される<sup>(2)</sup>。図9は170kW機の各部波形を示すものである。



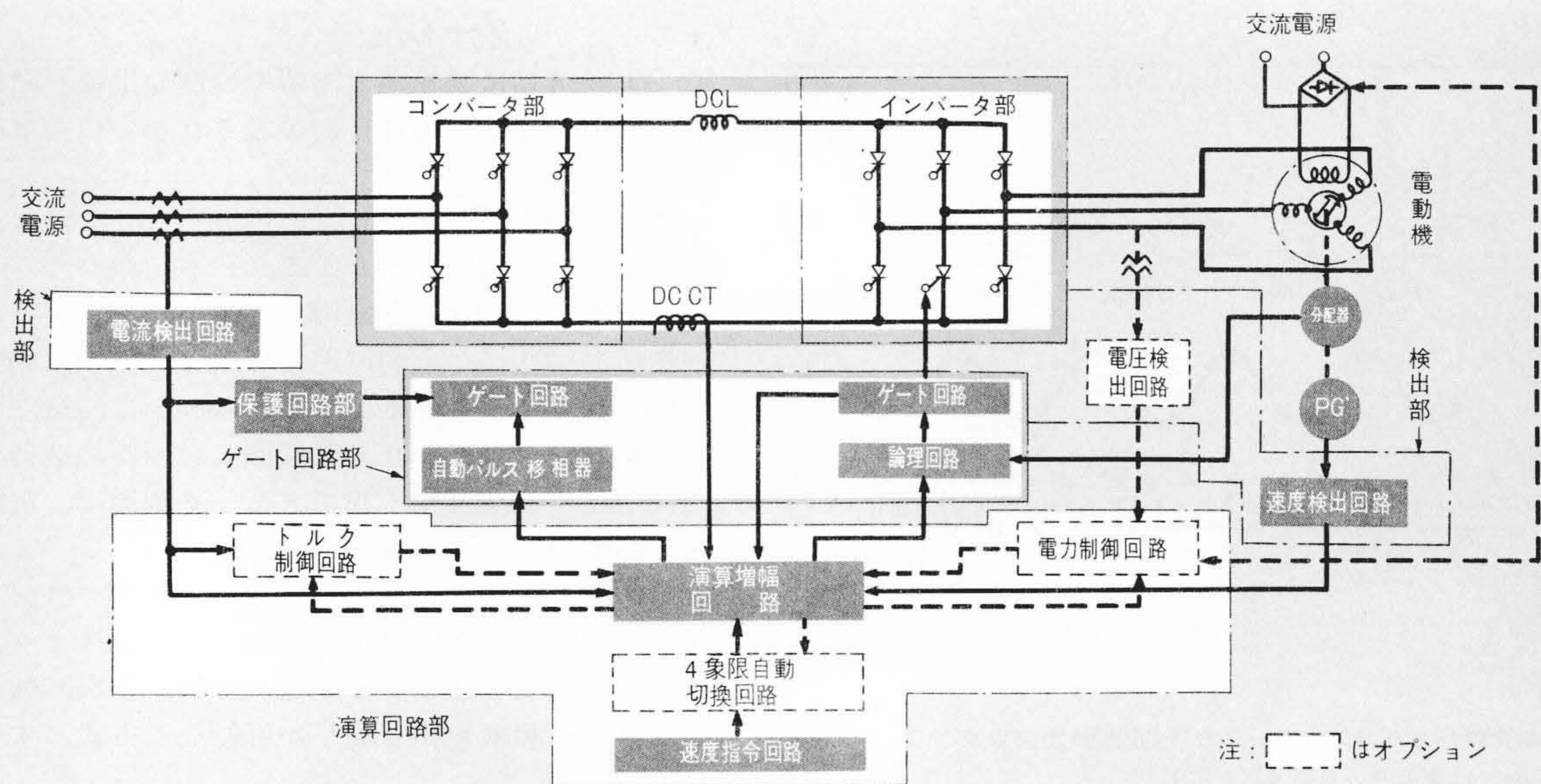


図6 シンクロ形サイリスタモータ(DC方式)の構成 〔 〕部分がAC方式と異なる構成である。

Fig. 6 Synchro Type Thyristor Motor (DC Type) Schematic Diagram

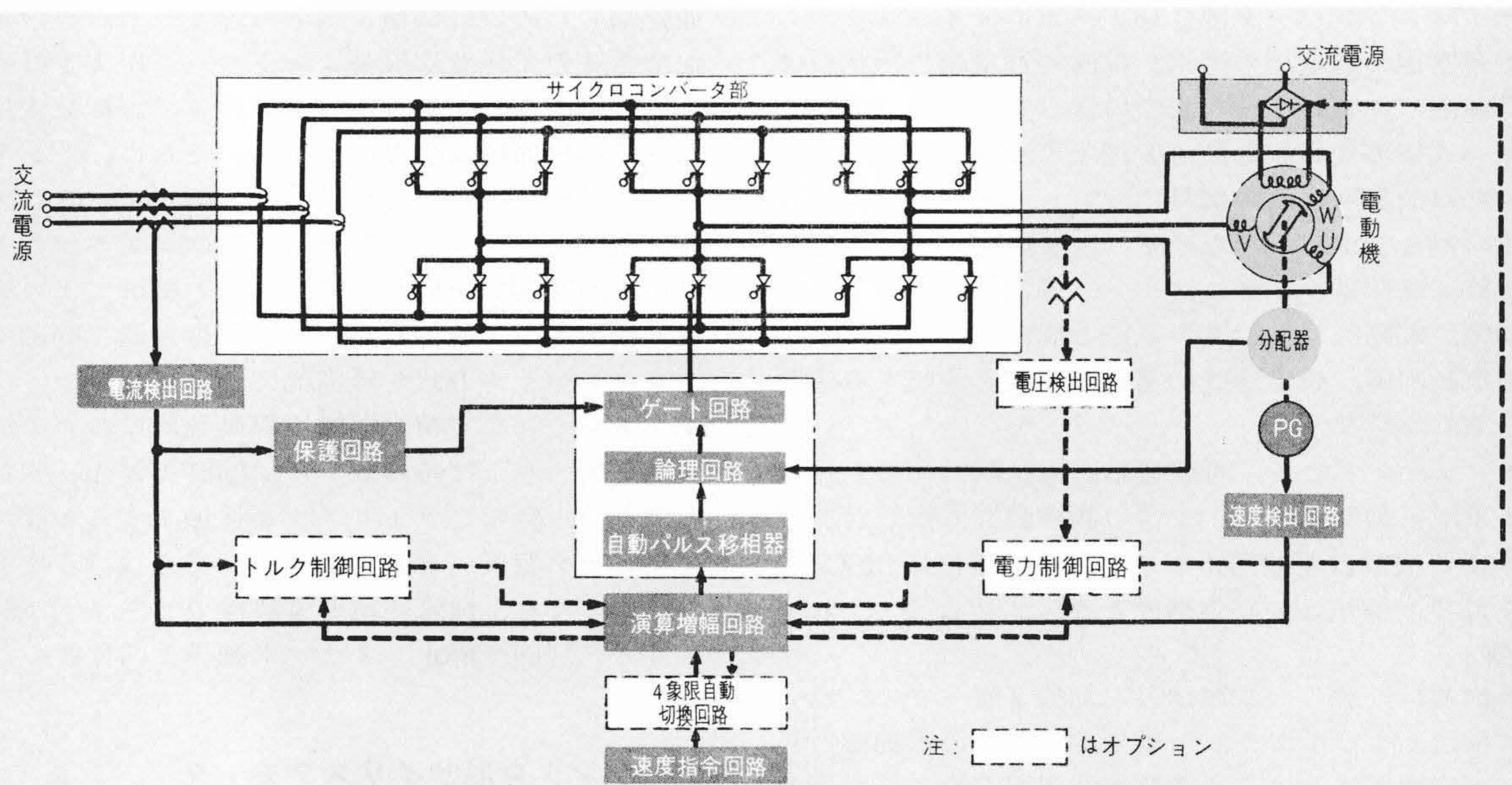


図7 シンクロ形サイリスタモータ(AC方式)の構成 ●部分がアシンクロ形サイリスタモータと異なる基本構成である。

Fig. 7 Synchro Type Thyristor Motor (AC Type) Schematic Diagram

## 4.2 制御装置

等価サイリスタレオナードによる直流電圧制御により行なわれるシンクロ形サイリスタモータの速度制御は、直流機と同様に精度が高い。また電力制御、トルク制御などの特殊制御も容易にできる。一方、逆転運転、回生制動運転は電子回路の論理切換えにより無接点で行なえる。

### 4.2.1 DC方式

制御装置は大別して、図6に示すようにコンバータ部、インバータ部、ゲート回路部、演算回路部、検出部および保護回路部より構成される。コンバータ部は電機子巻線間に加わる電圧を調整する働きをする。インバータ部は上記のように直流機のブラシと整流子の働きをする。ゲート回路部では、コンバータ部、インバータ部のサイリスタが上記の働きをするようなゲート信号を発生する。演算回路部では、電流制御、

速度制御などの演算を行なう。また、使用に応じトルク制御回路、電力制御回路および逆転運転回生制動運転を行なう自動4象限運転回路などがある。

### 4.2.2 AC方式

制御装置は図7に示すようにアシンクロ形サイリスタモータとほぼ同様な構成であり、DC方式同様、使用に応じトルク制御回路、電力制御回路、自動4象限運転回路などがある。

## 4.3 電動機

シンクロ形サイリスタモータに使用する電動機は、同期電動機の一つであるが、サイリスタ変換器と組み合わせて使用することにより、直流電動機と類似の特性を持っている。この場合、定常特性および瞬時特性は比較的精度よく計算できる。

また、電動機は比較的小容量の場合ルンデル形磁極を持つ特種構造のものが使用され、比較的大容量の場合従来の同期



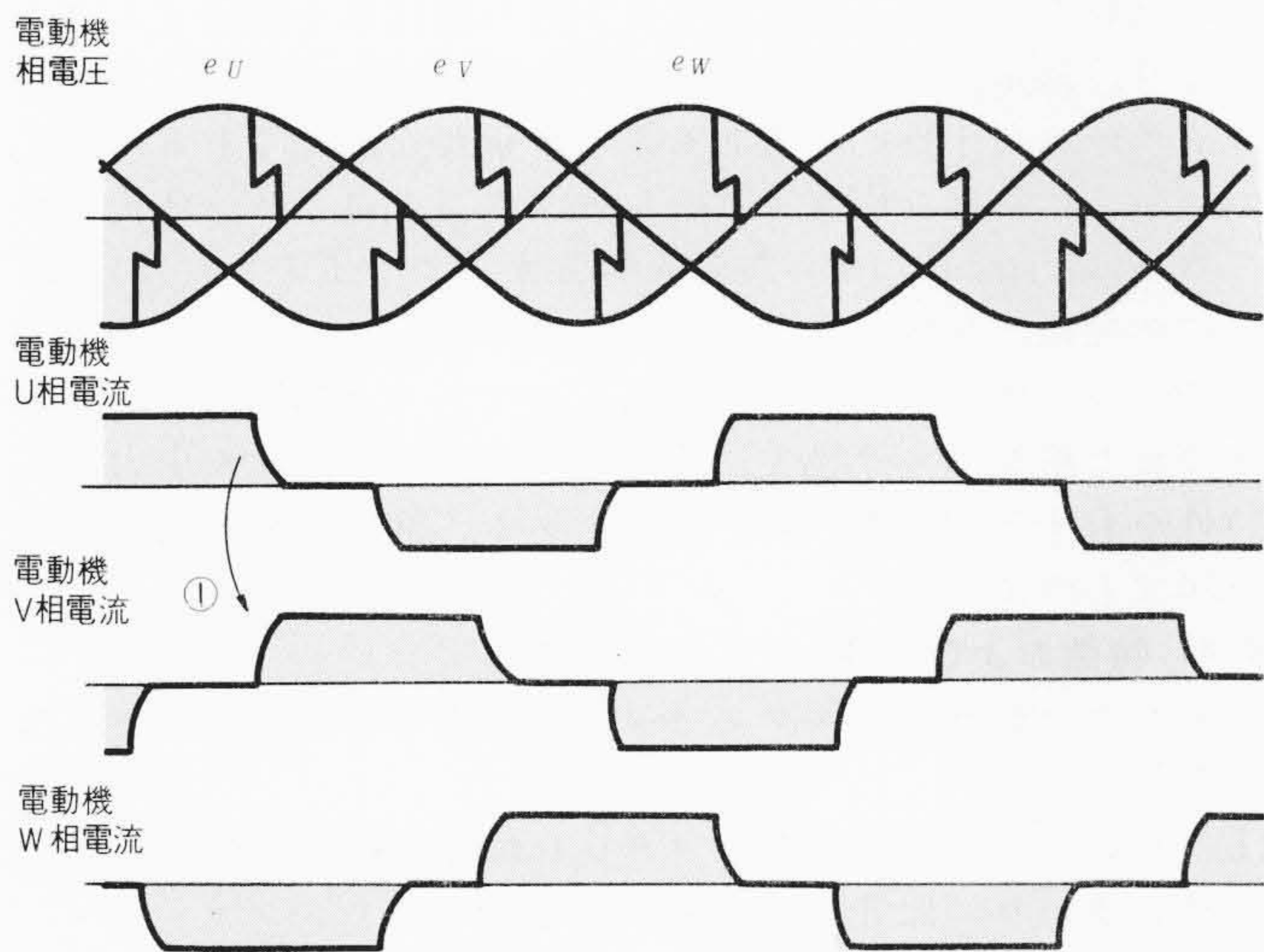


図8 DC方式の電流波形 負荷転流(電動機逆起電圧を利用した転流)で運転される電動機相電圧と相電流を作図したものである。

Fig. 8 Output Voltage and Current Waveforms of Synchro Type Thyristor Motor (DC Type)

電動機と同じ構造のものが使用される。なお回転子軸に分配器が直結される。

以下、電動機に関し特性解析、構造および分配器について述べる。

#### 4.3.1 特性解析

シンクロ形サイリスタモータの定常特性に関してはすでに多くの文献に発表されているが、<sup>(2)</sup> 転流現象やトルク脈動を詳細に検討するには、瞬時動作を解析する必要がある。

サイリスタモータの動作をミクロに見ると、二相通流、線間短路を含む過渡現象の連続と考えることができる。したがって電機子回路の磁束、電圧、電流を $\alpha$ - $\beta$ 座標軸で表現すれば、基礎方程式が単純な形で表現することができて便利である。

いま図10に示すような $\alpha$ - $\beta$ 座標軸を設けると、一般に次のような関係式が成立する。

$$f(\alpha) = -[f(\beta) + f(c)] \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$f(\beta) = \frac{1}{\sqrt{3}}[f(b) - f(c)] \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 $f(X)$ は $X$ 軸成分の物理量を表わすものとする。 $(X = \alpha, \beta, a, b, c)$  また、界磁量は $d$ - $q$ 座標軸で表現

する。これより、磁束、電圧、電流に関する基本式ならびに運動方程式をたて、転流現象を考慮した初期条件のもとに、電子計算機により、各瞬時の相電流、界磁電流、トルク制動巻線電流などを計算することができる。

#### 4.3.2 構造

##### (1) ルンデル形磁極付サイリスタモータ

比較的小容量のサイリスタモータには、ルンデル形磁極またはクローポールを有する回転子が用いられる。これは、つめ形磁極を非磁性シャフトに左右から対称かつ互いにずらせて焼きばめしたものであり、シンプルな鍛造構造であるためすぐれた機械的特性と高い信頼性を有する。ブラシレス構造とするため、界磁巻線は通常の同期電動機の場合のように回転子側にはなく、固定子の両側エンドブラケット部に円筒状に巻かれている。したがって、遠心力による界磁巻線の機械強度上の制約はなくなり、高い信頼性を有することになる。

図11はルンデル形磁極付サイリスタモータで自冷却タイプの構造断面の一例を示すものである。界磁巻線で発生した磁束は、本図に点線で示すように、主ギャップおよび補助ギャップをそれぞれ2回ずつ通り固定子、回転子を一巡する。運転回転数の範囲が比較的広い場合には強制冷却タイプとし、ユニットクールファンを取り付ける構造とする。

固定子巻線は通常の同期電動機と同一の構造で、F種絶縁を標準として軽量化を図っている。

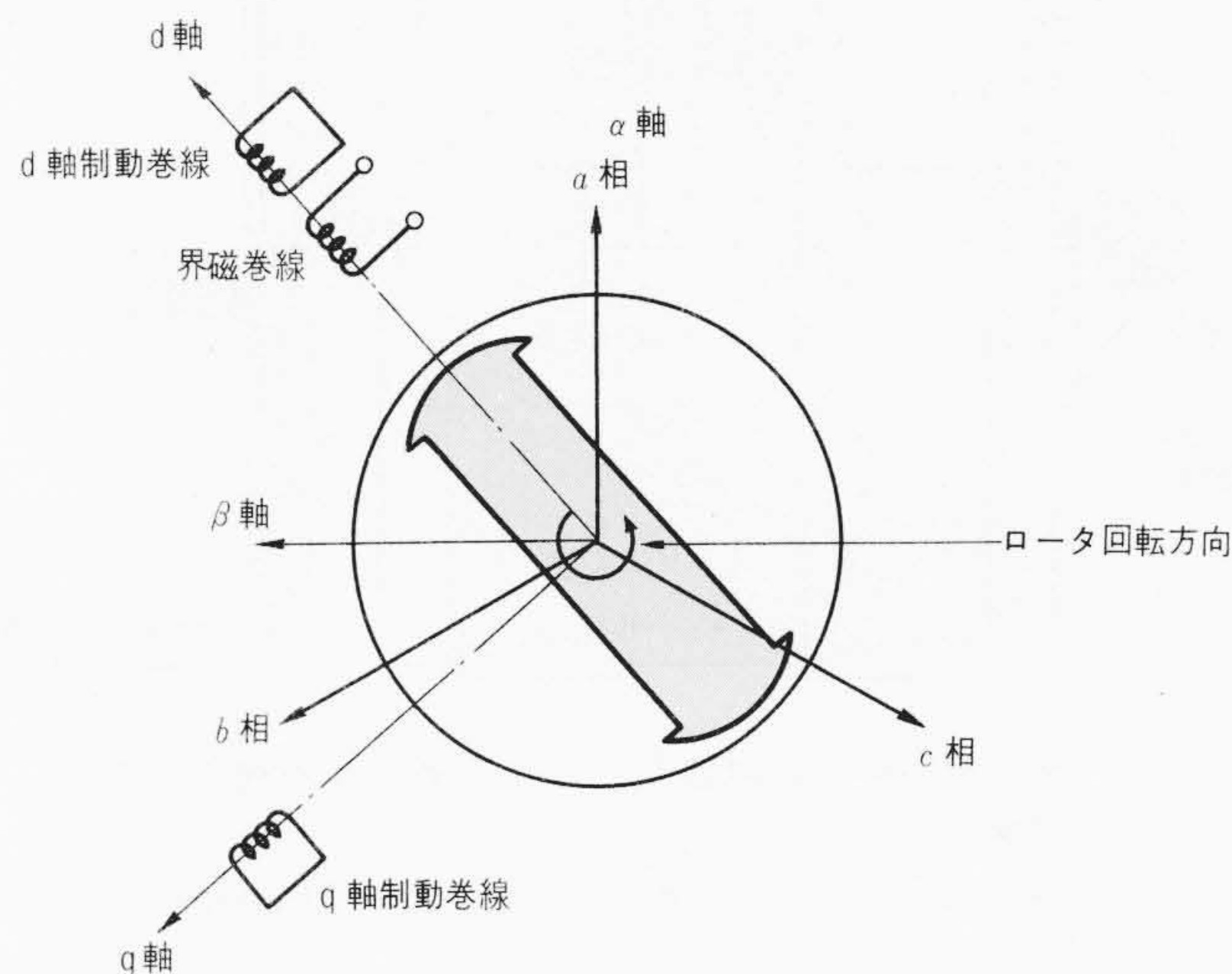


図10  $\alpha$ - $\beta$ 座標軸と $d$ - $q$ 座標軸 電機子回路には $\alpha$ - $\beta$ 座標を、界磁回路には $d$ - $q$ 座標を適応する。

Fig. 10  $\alpha$ - $\beta$  Coordinate and  $d$ - $q$  Coordinate

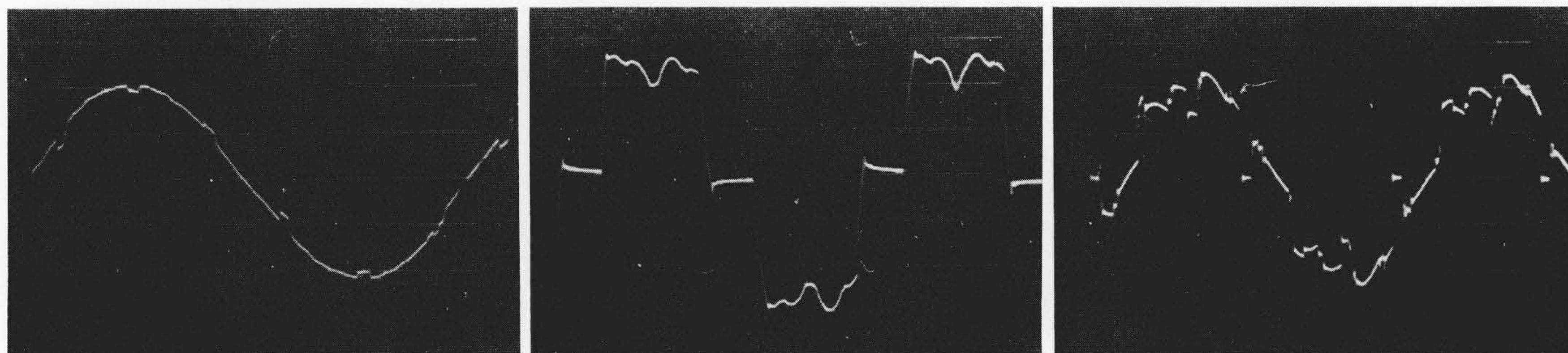


図9 シンクロ形サイリスタモータの各部波形 600rpm, 100%負荷運転時の波形の写真であり、電源側はサイリスタレオナードと同様である。

Fig. 9 Input Voltage, Output Current and Voltage Waveforms of Synchro Type Thyristor Motor



反負荷側軸端部には、回転子の位置を検出するための分配器および速度検出用パイロット発電機が取り付けられる。

図12は、ルンデル形磁極付回転子の一例を示すものである。

#### (2) 突極回転子付サイリスタモータ

比較的大容量のサイリスタモータには、通常同期電動機がそのままサイリスタモータとして使用される。特にブラシレス化の必要がない場合には、スリップリング付とするが、ブラシレス化とする場合には、回転形励磁装置を付加する必要がある。

#### 4.3.3 分配器

電機子巻線のどの相に電流を流すかをサイリスタに選択させるためには、電機子巻線と界磁磁極の相対位置を検出することが必要である。このために、電動機軸端部に、固定子側には3組の分配器（発振式無接触形）が、また回転子側には切欠きのある回転円板が取り付けられる。分配器は、一対の受発信コイルと、高周波受発信回路を形成するICユニットとから成る。一方、極対数に関係した切欠きを持つ金属性円板を、対向した受発信コイル間を通過するように回転子と

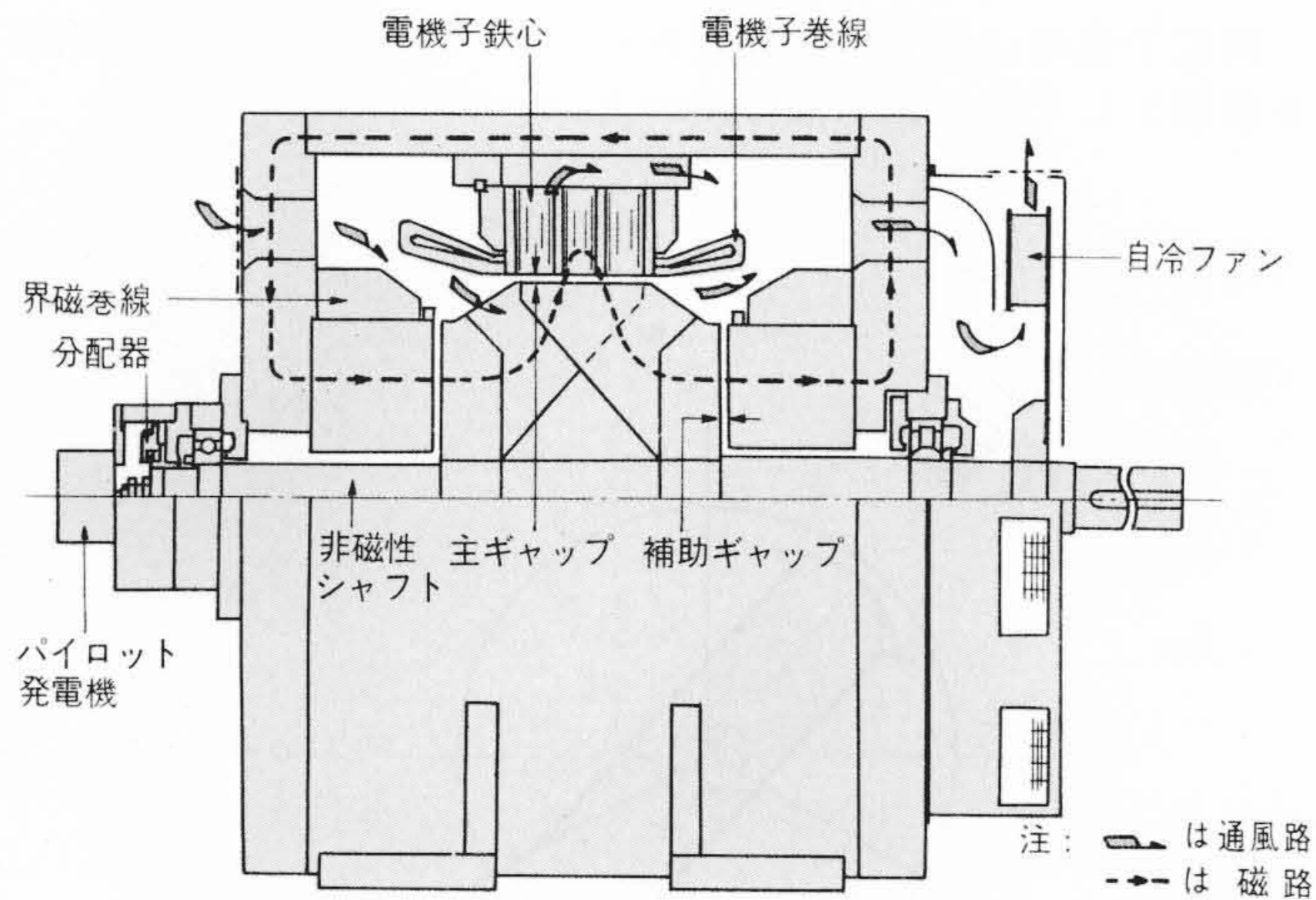


図11 ルンデル形磁極付自冷式サイリスタモータの構造断面の一例 つめ形磁極が非磁性シャフトに焼ばめされる。

Fig. 11 Cross Section of Lundell Rotor Type Thyristor Motor

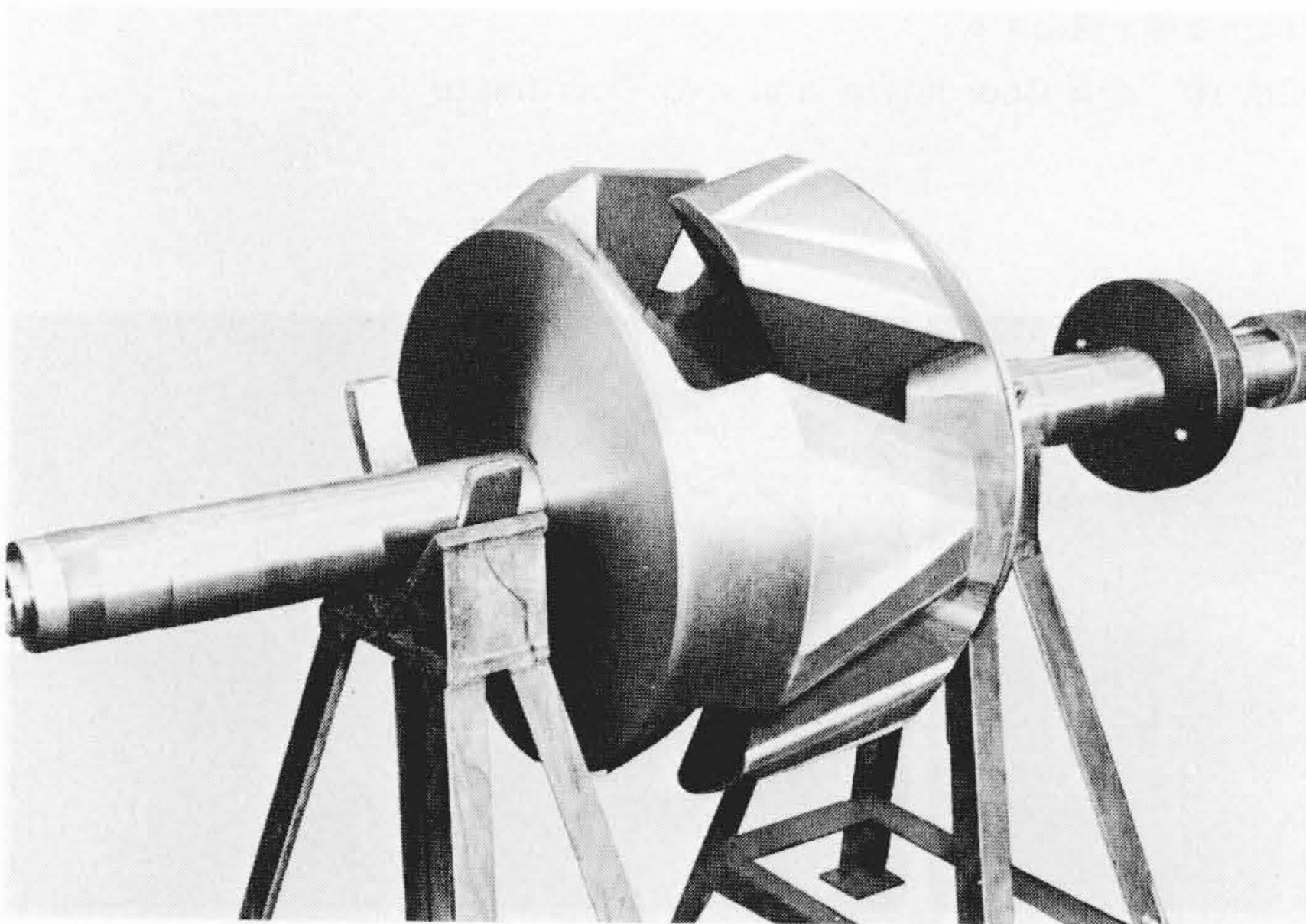


図12 ルンデル形回転子 ルンデル形磁極付横形サイリスタモータの一例である。ユニットクーラファンによる他冷却タイプとすることもできる。

Fig. 12 Lundell Type Rotor

もに回転させ、相互インダクタンスの変化量を検出することにより、通電すべき電機子コイルを決定するもので、サイリスタモータの中核的な機能を果たす重要な部品である。ICユニットは特殊な樹脂でモールドすることにより一体化されており、電子部品のぜい弱性を排除するよう工夫されている。

この発振式無接触形分配器は、サイリスタモータ以外にもすでに多くの実績を有しているものであり、10Gにも耐えるすぐれた耐ショック性と、広い温度範囲で安定した出力電圧特性を有する信頼性の高いものである。図13は分配器の外観を示すものである。

#### 4.4 特徴および応用

シンクロ形サイリスタモータの一般的な特徴は次のとおりである。

- (1) ルンデル形磁極またはブラシレス励磁装置の使用により、ブラシまわりの保守から開放される。
- (2) 分配器の使用により脱調はなく安定で、定速度制御により高精度の運転ができる。
- (3) 広範囲の速度制御ができる。界磁制御の併用によりさらに制御範囲は広がる。
- (4) 電動機の最大速度は電源電圧に関係なく高速(15,000rpm程度)にできる。
- (5) 瞬時停電時、復電とともにすみやかに元の運転状態に復帰できる。
- (6) 可逆運転、回生制動が容易にできる。

これらの特徴を利用した応用分野中、代表的な機種につき紹介する。

(1) 圧延機駆動用として、ひんばんな可逆運転、加減速運転には、正逆切換ロジック、マイナ定電流制御、回生制動などにより応答よく運転でき、定常速度におけるオフセット・エラー、かみ込み時のインパクト・ドロップも支障なく、静止レオナード制御と同じように、精密な制御ができる。またホットストリップミルなどのテーブルローラは高ひん度の可逆運転、精密なる停止位置制御を必要とするうえに、電動機は使用台数が多く、周囲からの熱の影響を避けるためにビット内に据え付けられるのでメンテナンスフリーが強く望まれ、本サイリスタモータの適用にマッチしている。リール関係においては、界磁制御を併用することにより定出力特性が得られる。

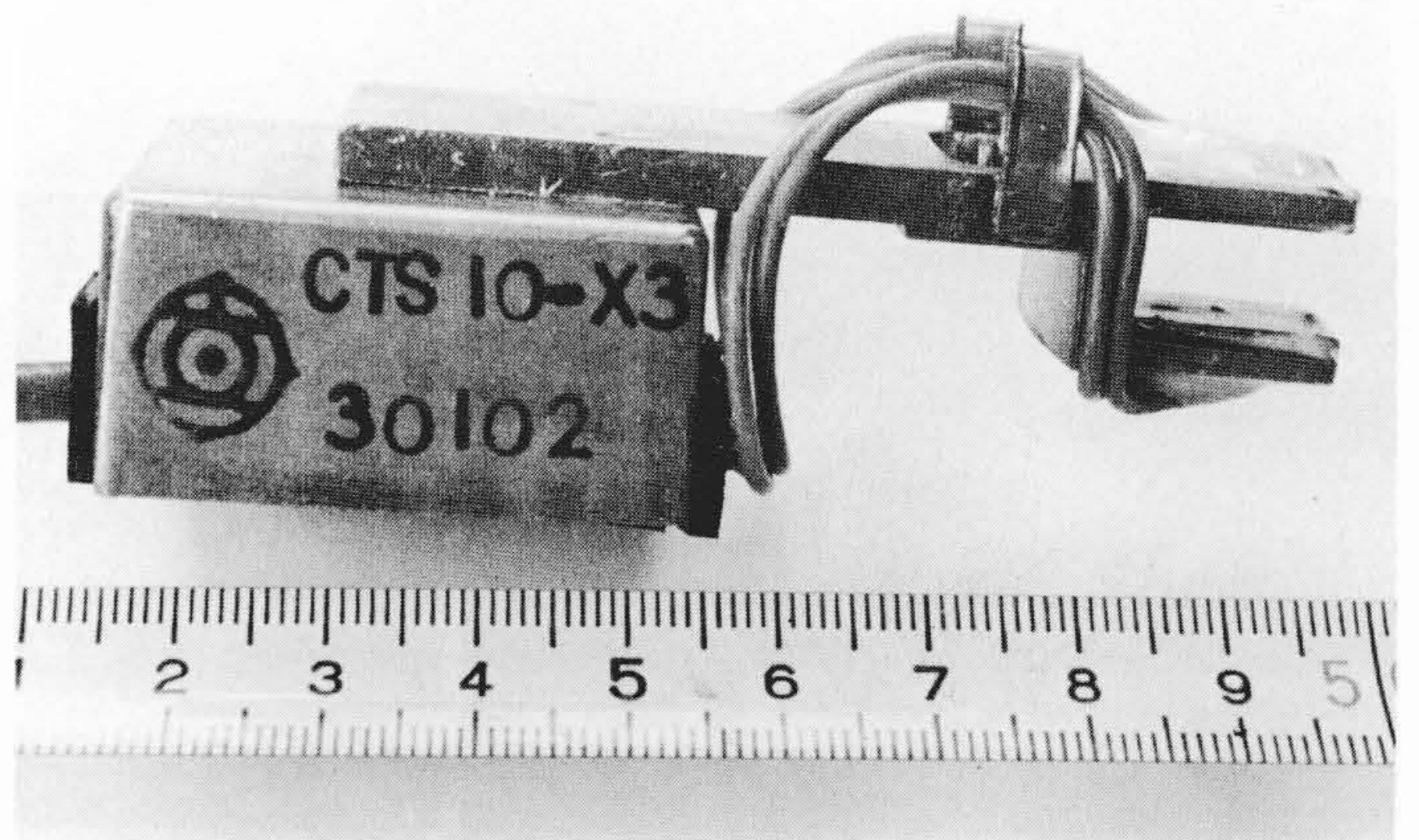


図13 分配器 ICユニットは特殊な樹脂でモールドすることにより一体化し、電子部品のぜい弱性は排除した。

Fig. 13 Distributor



- (2) 上, 下水道用ポンプ, トンネルファン駆動用として応用できる。
- (3) クレーンにおいては, アシンクロ形サイリスタモータは定トルク特性のみであるが, 軽負荷高速度を要するコンテナクレーン, ケーブルクレーンなどには定出力特性が要求されるので, 本サイリスタモータが用いられる。
- (4) 押出し機や一般抄紙機など従来の直流電動機を用いていた機種に応用できる。特に化学用押出し機は, 大容量で, 周囲条件が非常に悪く, 連続であるから, ブラシレスの本モータは最適である。
- (5) その他, ライン物抄紙機のように精密な速度制御を必要とするもの, リール, ワインダなど定出力特性の必要なものには一般に採用されるものと思われる。

5 アシンクロ形, シンクロ形の選定法

アシンクロ形の大きな特徴は誘導電動機の特性を持っていることである。すなわち, 電源周波数と極数によって回転数の最大値が決まることと, 瞬時停電の場合, 電源復帰時, なんら障害なく元の運転に容易に戻ることである。一方, シンクロ形の大きな特徴は, 直流電動機の特性と同期電動機の特性を合わせ持っていることである。すなわち, 回転数は電源周波数, 極数に関係なく高速領域まで調整ができるし, 直流界磁を制御することにより速度を変化させたり, 電動機トルクを制御することが可能である。また, サイリスタの点弧位相  $\gamma$  を調整することにより, 多少力率が改善できることは同期機と類似性があり興味深いところである。

これらの特色を生かして負荷に対する選定を考えるとおよそ次のようになる。

5.1 アシンクロ形の選定

電動機の回転数  $N(r/m)$  は,

$$N < \frac{120f}{P} \times \frac{1}{2} (1 - S) \dots\dots\dots (3)$$

$f$  : 電源周波数  
 $P$  : 電動機の極数  
 $S$  : すべり

である。(3)式から明らかなように, 50Hz電源では二極機でも 1,500 r/m に達することはできない。電動機の経済性も考慮に入れば, 700r/m (50Hz) ~ 850r/m (60Hz) 以下の回転数でよいような駆動源として採用することになる。

次に述べるシンクロ形と違って電動機のロータ位置に合わせてサイリスタを点弧する必要がないから, 電動機の据付環境の悪いとき, 電源装置から遠く離れるような場合に, 電動機からの分配器信号がなくてよいので取扱いが容易である。

また, 誘導機の特徴として, 電源系統の瞬時停電が起こって, 電源回復後の回転数が多少降下していても, すみやかに元の状態に戻ることができる。したがって瞬時停電が多く起こりそうな場所への適用はメリットがある。

5.2 シンクロ形の選定

この電動機の回転数は, 電動機の極数で決まるものではなく, 直流電動機の場合と同様に供給電圧と, 界磁電流によって決まる。したがって高速回転を必要とする負荷に対しては, この方法を採用することになる。

直流機的な特性を持ち界磁制御によって「出力一定制御」を行なうことができるから駆動用電動機に高度の制御をかけなくてはならない事情のあるときは, この方法を用いることになる。

回転子端末に分配器がありこの信号によってサイリスタを

表3 選定表 アシンクロ形およびシンクロ形のおもな特徴を示したものである。

Table 3 Selection Table

| 項 目      | アシンクロ形                                                         | シンクロ形                          |
|----------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 特 性      | 誘導電動機                                                          | 直流機および同期機                      |
| 回 転 数    | $N < \frac{120f}{P} \times \frac{1}{2} (1 - S)$<br>したがって, 低速範囲 | 電氣的な制限なし。<br>高速範囲も使用できる。       |
| 力 率      | シンクロ形より小さい。                                                    | アシンクロ形より大きい。                   |
| 電動機軸の付属品 | 速度発電機付の場合がある。                                                  | 分配器が付く。<br>速度発電機なしの場合がある。      |
| 瞬 停      | 影響なし。                                                          | 影響なし。                          |
| 適 用      | 低速ポンプ, ファン                                                     | 中速ポンプ, プロワ, 高速機械, 攪拌機, 圧延機械など。 |

点弧させることになっており, 電動機と制御装置部分の間に信号線が張られることになる。

同期機としての性格も持っており, アシンクロ形に比べて力率が良いから, 力率が設備全体に影響が及ぶような場合にスタティック, コンデンサを持ったアシンクロ形と, どちらが良いかということをして, それぞれの設備について比較検討する必要がある。

以上の事がらを要点的に整理し, 選定の目安とすると, およそ表3に示すようになる。

6 結 言

最近の産業用電動機は速度制御においては, 可変電圧, 可変周波数電源による交流電動機制御が着目され, 実用化されつつあることを述べた。これに対して, 日立製作所で実用化したブラシレス, 速度調整範囲大など幾多の特長を持つアシンクロ形およびシンクロ形サイリスタモータについてサイリスタ変換器主回路, 制御装置および電動機について, 構成, 動作および特性を明らかにし, またその特徴をあげた。最後に, アシンクロ形およびシンクロ形の選定法について述べ, これらの適用の基準を与えることができた。

現在, ポンプ, プロワをはじめミル用などから実用化されつつあるが, 今後その特長を生かして, 広く一般産業の分野に, 適用されるものと思われる。

参考文献

(1) 広, 岩城, 平輪: 誘導電動機の二次励磁制御, 日立評論 47, 1841 (昭40-11)  
(2) 梓沢ほか3名: サイクロコンバータ方式サイリスタモータ, 日立評論 53, 752 (昭46-8)  
(3) 川上ほか4名: 交流電動機のサイリスタ制御, 日立評論 52, 263 (昭45-3)  
(4) 神津ほか4名: 上下水道ポンプと速度制御システム, 日立評論 54, 930 (昭47-10)  
(5) 岩田, 堀: 電動機制御分野での無接点化の方向, OHM 59, 102 (昭47-6)  
(6) 昭和47年度における日立技術の成果, 日立評論 55, 55 (昭48-1)