

# 汎用インバータシリーズの拡充

## Enhancement of General Purpose Inverter Series

日立汎用インバータは、一般産業用各機器の駆動用として広く省エネルギー、省力、省メンテナンスの要求にこたえるもので、その用途はますます拡大している。

今回、従来から製作していた汎用インバータ「HFC-VWSシリーズ」に加えて、新たに機能、性能を向上した汎用インバータ「HFC-VWGシリーズ」を製品化し機種拡大を図った。また、高速加工機、遠心機など近年需要の増えている高周波電動機の運転に適した高周波インバータ「HFC-VAH」のシリーズ化も行なったので併せて紹介する。これらはいずれもインバータとしての基本性能が優れているだけでなく、運転・保護機能が充実しており、今後の幅広い需要にこたえられるものである。

南藤謙二\* Kenji Nandō  
服部元信\* Motonobu Hattori  
下津忠夫\* Tadao Shimotsu  
神原考次\* Takatsugu Kambara  
武藤信義\*\* Nobuyoshi Mutō

### 1 緒言

日立製作所では、汎用電動機駆動用のインバータを汎用電気品として位置づけて、製品化してきた。このインバータによる汎用電動機駆動は、従来からある機械式変速機、電磁継手式電動機、更には直流電動機などの可変速駆動方式に対して置き換えられるもので、産業界各分野にその用途を拡大している。特に最近では、パワー及びインテリジェントエレクトロニクス技術、電動機制御技術、生産技術などの進歩によって、機能、性能、使いやすさ及びコストの面で市場要求に十分対応できるようになり、名実ともに汎用電気品としての地位を確保するに至っている。

高速電動機駆動専用の高周波インバータについては、最近の高速加工機、遠心機などの需要の増加とともにその標準化が進み、汎用インバータシリーズの一環として扱われるよう

になってきている。

また、ベクトル制御インバータに代表される高性能形インバータやサーボモータシステム(本誌別論文に示す。)も実用化されている一方、用途を限定し経済性を重視した機器組込用インバータなどもインバータシリーズの大きな部分となりつつある。本稿では、新たに製品系列に加わった汎用インバータ及び高周波インバータの特徴と機能について述べる。

### 2 標準インバータの概要

インバータは、機能・性能、制御方式、適用電動機などの違いによって各種シリーズに区分され、用途により最適なものが選定される。表1に日立標準インバータシリーズを示す。網かけ部は汎用インバータ及び高周波インバータであり、次

表1 日立標準インバータシリーズ 日立インバータシリーズの中の汎用インバータの位置づけを示す。

制御方式		インバータ区分	シリーズ名	受電電圧範囲	容量範囲	周波数範囲	主な用途	
電圧形	PWM	汎用標準形	HFC-VWS(L)	200~230V	1.5~70 kVA	5~100Hz 6~120Hz	ファン、ポンプ 搬送機械 一般機械	
			HFC-VWS(H)	380~440V	5.5~180kVA			
		汎用高級形	HFC-VWG(L)	200~230V	1.5~15 kVA	2.5~200Hz 3~240Hz		一般機械 各種加工機械
			HFC-VWG(H)	380~440V	5.5~22 kVA			
	V/F制御	汎用機器組込形	HFC-VWB	200~240V (直流270~330V可)	1.5kVA	5~100Hz 6~120Hz	一般小形変速機	
		汎用標準形	HFC-VA	200~220V	2.5~11 kVA	6~60 Hz 12~120Hz 24~240Hz	ファン、ポンプ 一般機械	
電流形	PAM	高周波出力形	HFC-VAH	200~230V	2.5~11 kVA	50~3,333Hz (2.5kVAは5,000Hz可)	高速加工機械	
		特殊高性能形	HFC-CA(L)	200~220V	50~110kVA	10~60 Hz	重工業向け	
HFC-CA(H)	400~440V		50~180kVA					
PWM	HFC-VWV(L)		200~220V	5.5~22 kW	0.5~50 Hz	重工業向け 高速応答加工機械		
	HFC-VWV(H)		400~440V					
電流形	ベクトル制御	HFC-CAV(L)	200~220V	50~110kVA	0.5~50 Hz			
		HFC-CAV(H)	400~440V	50~180kVA				

注：略語説明 PWM(パルス幅変調), PAM(振幅変調), V/F(電圧・周波数)

\* 日立製作所習志野工場 \*\* 日立製作所日立研究所

に述べるような特長をもっている。

(1) 電圧形インバータであり、出力インピーダンスが低いので特別なフィードバックループがなくても、電動機運転特性は安定である。

(2) インバータと電動機の組合せ上の制約が少なく、一般的には容量検討だけで十分である。

これは、インバータが汎用品として扱われるための基本的条件でもある。

汎用インバータ“HFC-VWS”, “HFC-VWG”はPWM(パルス幅変調)制御方式により、高調波の少ない正弦波近似波形を出力する。回路はデジタル化されているため、複雑な制御にもかかわらず少ない部品点数で構成されている。容量範囲、周波数範囲ともに広く、省エネルギー用から一般産業機械用として広い用途に対応できる。

高周波インバータ“HFC-VAH”は、いわゆる6ステップの三相出力を得るPAM(振幅変調)制御方式で、PWM制御方式では対応できない高周波駆動用である。高速機械に要求される各種トルク特性、周波数範囲に容易に対応できるようになっている。また、応答性の良いAVR(自動電圧制御)ループをもっており、優れた運転特性を示す。その他、単純可変速用としてワンボードインバータ「HFC-VWBシリーズ」、低騒音用や特殊用途向けとして「HFC-VAシリーズ」をそろえている。

電流形インバータ「HFC-CAシリーズ」は、速応性と基本構成のままに負荷からの帰還エネルギーを電源へ回生できることが特徴である。ベクトル制御インバータ「HFC-VWVシリーズ」及び「HFC-CAVシリーズ」は、電圧形インバータ、電流形インバータにベクトル制御を適用したもので、速応性が良く、トルク制御が可能で直流機をしのぐ制御特性を示すものである。

### 3 新シリーズ日立汎用インバータ“HFC-VWG”

汎用インバータに対する多機能化・高性能化の要求に対応して、日立製作所では一般産業用・省エネルギー用として標

準的な特性をもつこれまでの「HFC-VWSシリーズ」に高級機能機種インバータ「HFC-VWGシリーズ」を加えた。

#### 3.1 仕様

図1にその外観を、表2に仕様を示す。200V(200~230V)級、400V(380~440V)級があり、広範囲の電源対応ができる。容量は最大22kVAである。最高周波数は240Hzであり、工作機主軸電動機などの高速電動機の駆動も可能である。また、始動トルク100%以上、制動トルク70%以上をもち、高頻度運転、急加減速運転に十分対応できるように計画されている。更に、各種の操作警報、信号、オプション機能を拡充して使い勝手を向上させた。その他、負荷の短絡、地絡などの外部事故に対しても十分な保護機能をもち、信頼性の要求される各種用途に適応できるインバータである。

#### 3.2 構成と動作、運転特性

##### 3.2.1 回路構成

図2に回路構成ブロック図を示す。主回路はPWMスイッチング動作するトランジスタブリッジで構成されている。本インバータは回生制動エネルギーを処理するための回路をもち、また、外部地絡事故から素子を保護する地絡検出器を備えている。

制御回路は、インバータ出力を決めるPWM波形制御回路、保護回路、表示回路、入出力インタフェース回路、トルクブースト、ストール防止などの回路から成る。制御はデュアル構成によるマイクロコンピュータが中心になっている。マイクロコンピュータを利用したインバータ制御技術の開発によって、滑らかな加減速、広い変速範囲などインバータの基本特性とともに豊富な表示、警報、各種インタフェース機能が実現された。

表2 HFC-VWGシリーズの標準仕様 HFC-VWGシリーズの主な標準仕様を示す。広い周波数範囲、大きなトルク、豊富なインタフェース、充実した保護機能など多くの特長をもっている。

シリーズ名		HFC-VWG
容量	200V級	1.5~15kVA
	400V級	5.5~22kVA
電源	200V級	三相200~220V・200~230V±10%, 50・60Hz±5%
	400V級	三相380~415V・400~440V±10%, 50・60Hz±5%
制御方式	電圧形正弦波PWM制御方式	
出力周波数範囲	2.5~50Hz 2.5~50-100Hz 2.5~50-200Hz 3~60Hz 3~60-120Hz 3~60-240Hz	
周波数精度	最高周波数の±0.5%(25℃±10℃)	
出力電圧・出力周波数	50, 60HzまでV/F(電圧・周波数)一定, 50, 60Hz以上はV(電圧)一定	
トルク	始動トルク100%以上	
	制動トルク70%(直流制動あり)	
過負荷耐量	150% 60秒	
ソフトスタート・ソフトストップ	0.2~120秒(デジタル設定) 24段階	
入力信号	正転, 逆転, 運転, 停止, ジョギング運転	
出力信号	異常, 準備完了, 速度到達, 停止, 周波数モニタ	
保護機能	過電流, 過電圧, 不足電圧(瞬停), 過熱, CPU(中央処理装置)エラー, 地絡 など。	
	ストール防止	
	リトライ機能, 予告警報	

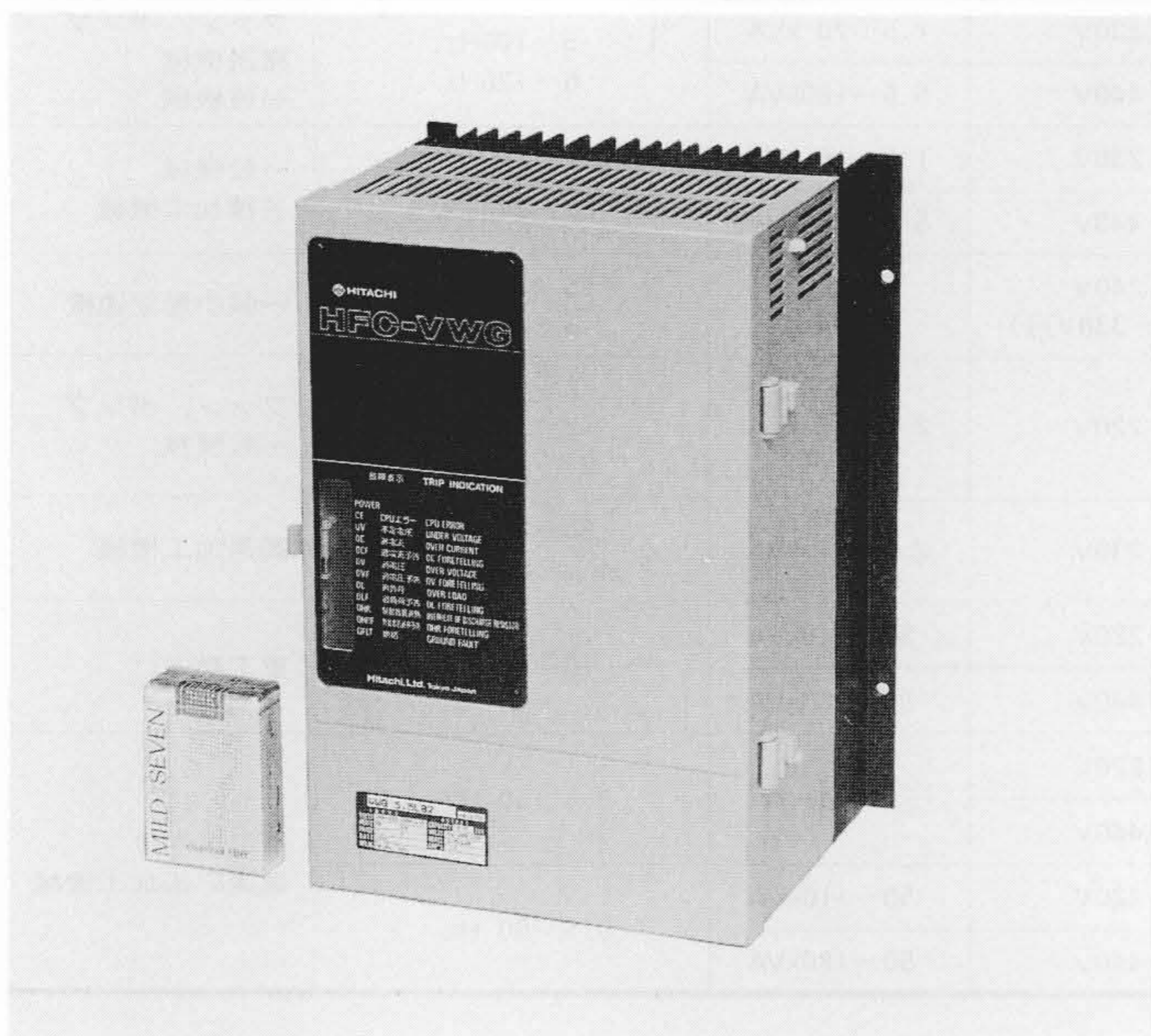


図1 HFC-VWGインバータの外観 形式はHFC-VWG5.5LB2である。寸法は幅220×奥行175×高さ300(mm)で、容積は従来比約55%と小形になっている。

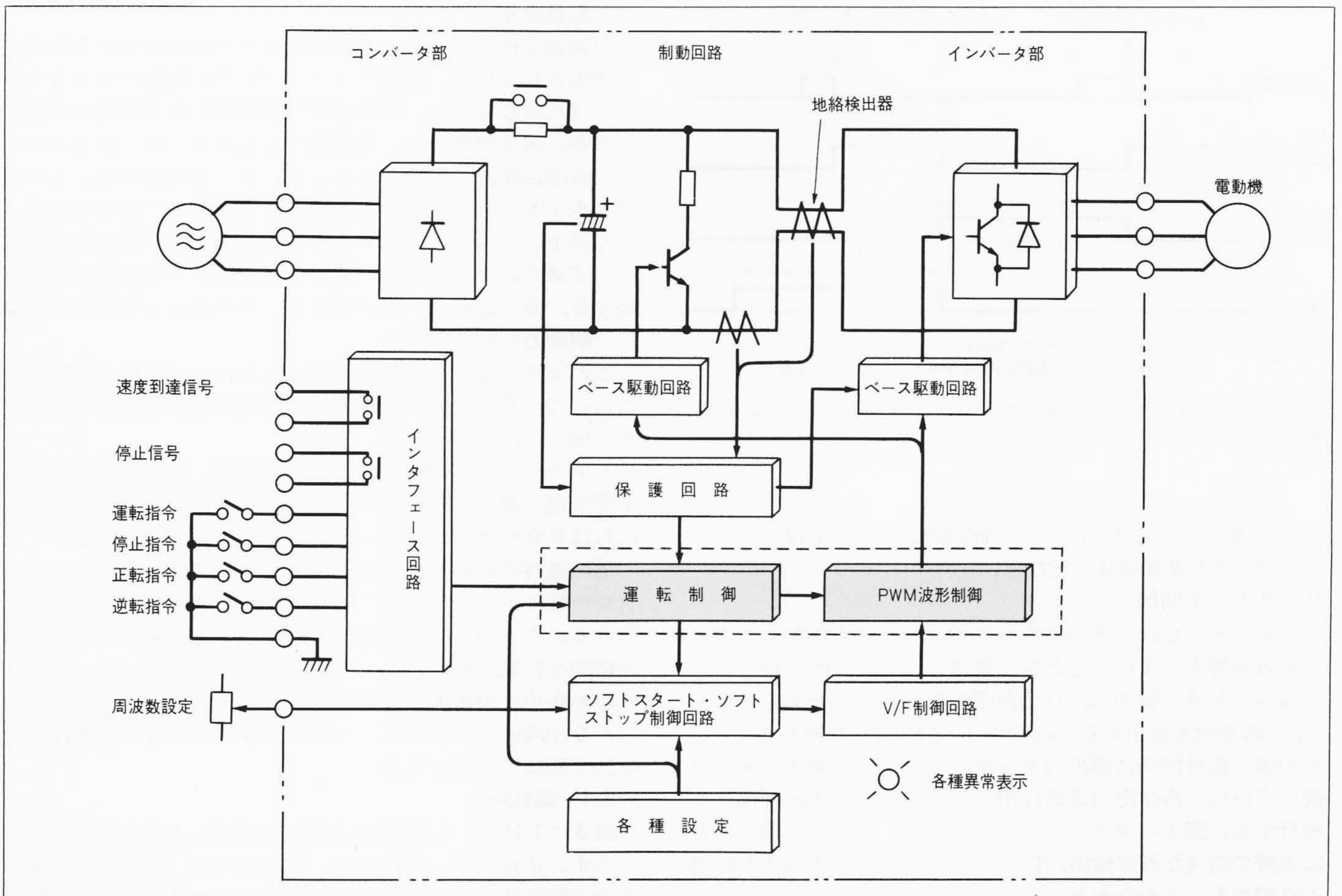


図2 HFC-VWGインバータの回路構成 日立汎用インバータの基本回路構成を示す。運転制御とPWM波形制御は、デュアル構成のマイクロコンピュータが各々分担している。

### 3.2.2 ソフトウェアの構成

ソフトウェアの処理内容は多岐にわたっている。基本的には速応性が要求される保護処理、波形制御処理のうち、保護処理はハードウェアが行ない、波形制御処理はハードウェアとソフトウェアがタイミングを取り合っている。運転制御処理全般はソフトウェアが行なっている。

図3にソフトウェアの構成を示す。PWM波形制御処理は、電源異常割込の次に高い優先順位に位置しており、その処理終了後から次の割込までの空き時間で運転制御処理が行なわれる。運転制御処理には、正逆転処理、回生制動、直流制動処理、電子サーマル処理、インタフェース信号処理などがあり、その他瞬停再始動処理、異常時の後処理(表示処理)などがある。

### 3.2.3 動作

以下、このインバータで特長のある幾つかの動作について説明する。

#### (1) 波形制御

波形制御は第五次、第七次、第十一次などの高調波を抑制した正弦波変調PWM方式を基本とし、また一般に同期方式と呼ばれるもので、パルス数を出力周波数帯域ごとに切り換えている。パルス数、変調波形などは、電動機の騒音、振動、トルク、安定性などの諸特性を総合的に評価して決定しており、広い安定運転範囲と優れた応答性が得られている。

波形制御回路には、周波数設定値がソフトスタート・ソフトストップ制御回路(ランプ信号発生回路)を経て電圧、周波

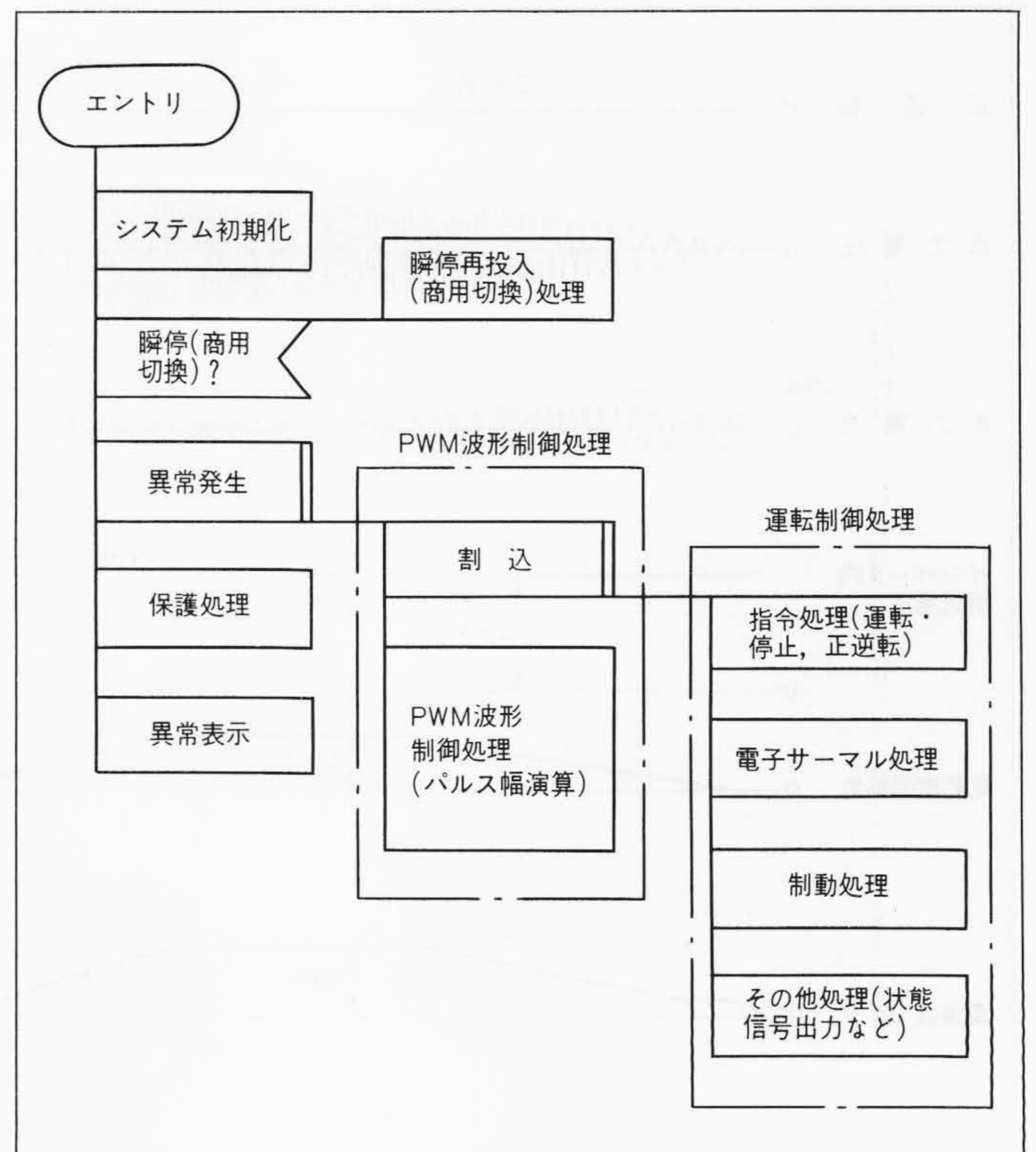
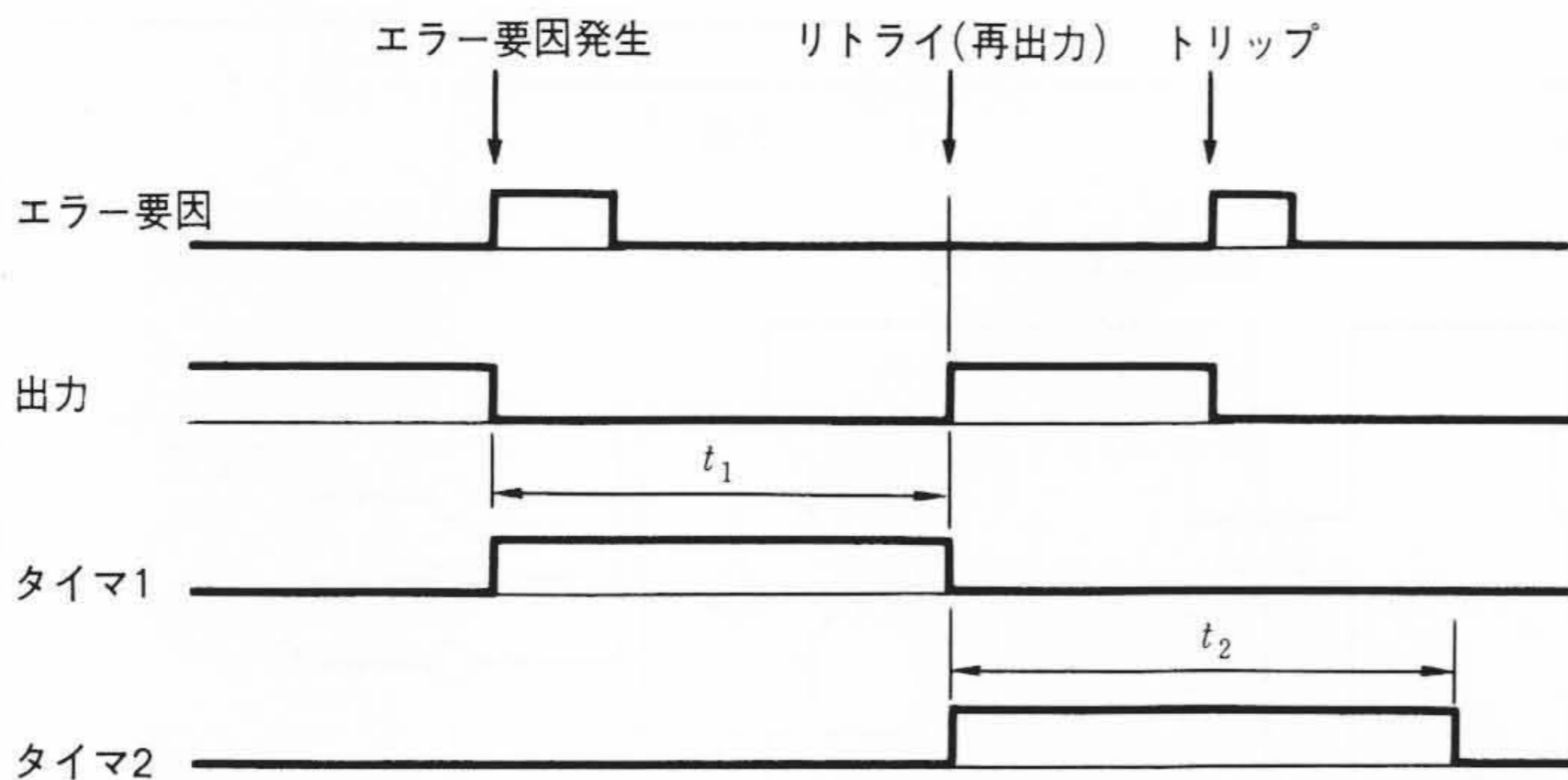


図3 ソフトウェア 日立汎用インバータのソフトウェアの基本構成を示す。



注：略語説明  $t_1$ (リトライまでの一時遮断期間)  
 $t_2$ (この期間に再び故障要因が発生すると、トリップとなる。)

図4 リトライ機能の動作タイムチャート 再出力後、 $t_2$ 内にエラー要因が発生すればトリップに至る。

数指令値として入力される。波形制御処理ソフトはこの指令値に従ってPWM演算を行なう。

(2) リトライ制御

生産ラインでは、そのダウンタイムをなくすこと、すなわち装置が停止しないことが強く要求される。この目的のためにあるリトライ制御は、自己復帰動作を行なわせるものであり、異常発生を検出すると同時に一時的な出力遮断を行なう。その後一定時間後に再出力するが、このとき、異常状態が継続していれば再び出力遮断に至り、正常状態であれば運転を続行する。図4にタイムチャートを示す。これら一連の動作は正確で高速な異常検出、素子の短時間耐量、PWM波形制御の協調のもとに行なわれる。

以上のように、リトライ制御は異常発生時に効果的に動作し、信頼性を一段と向上させている。

(3) 制動動作

金属加工機などでは、生産性向上のため高頻度の急加減速が要求されるため、始動トルクはもちろん制動トルクも大きくなければならない。制動には回生制動と直流制動の両機能がある。回生制動力は、電動機の回転エネルギーがインバータの直流回路部に帰還されることによって発生する。この帰還エネルギーを消費させる抵抗とスイッチング素子を設け、70%以上の回生制動力をもっている。停止時の最低周波数以下の領域で、フリーラン状態にならないように直流制動が作動する。直流制動は一定時間とし、その直流印加電圧を可変して制動力を制御できる。

このように電動機回転の全領域にわたって発生する制動力によって、負荷の急減速と停止精度の向上が可能になった。

(4) 保護

インバータの保護機能には、回生過電圧、過電流、過負荷、不足受電、瞬時停電、過熱及び地絡に対する保護がある。これらは異常検出時インバータを停止させるものである。

加減速時の過電流、回生過電圧トリップは、負荷トルクや負荷慣性の大きさに対して加減速設定時間が短すぎるために起こる。ストール防止機能は、運転状態を制御しながら加減速時間を自動調整し、トリップを事前に回避するものである。この動作中に過電流、過電圧予告警報が出力される。より滑らかな加減速のためには、この警報が出力しない程度に設定時間を延ばす必要がある。

3.2.4 運転特性

図5に3.7kW、4P汎用電動機を加減速したときの運転特性を示す。正転加速、正転減速、正逆転切換、逆転加速、逆転減速を短時間で実施した例である。加減速時にストール防止回路が動作して電圧、電流が抑制されており、短時間で加減速しているのが分かる。

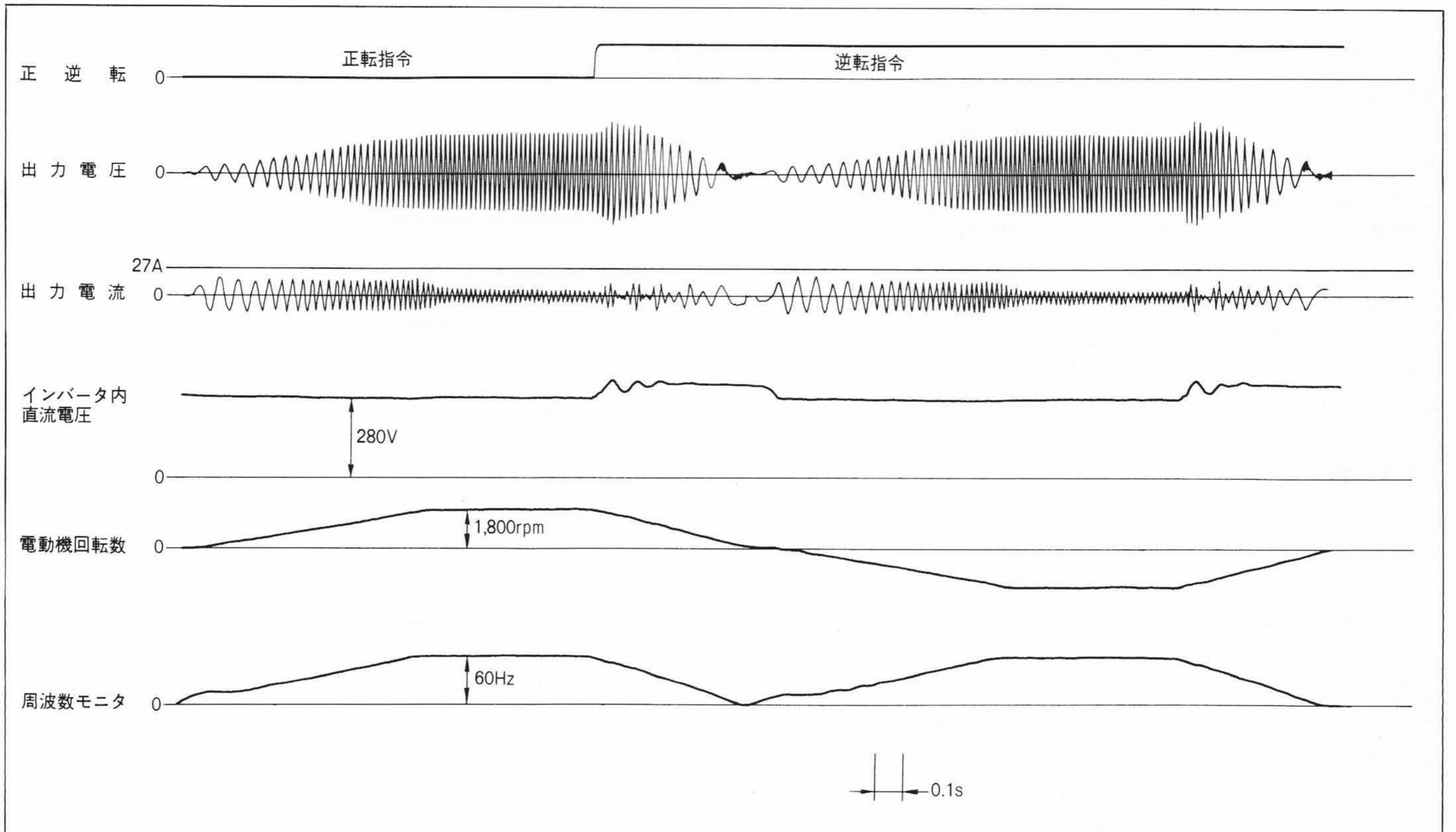


図5 インバータ駆動時の電動機運転特性 インバータ(HFC-VWG5-5LB2)駆動時の汎用電動機3.7kW、4Pの運転特性を示す。

#### 4 日立高周波インバータ “HFC-VAH”

軸受の研削や小径穴加工などに代表される高速加工機械は、対象物や加工条件などから種類が多く、高速電動機に対するトルク、運転範囲もさまざまである。インバータとしては単に加工性能の向上だけでなく、使いやすさ、省電力、メンテナンスの容易さなども重要である。“HFC-VAH”は、これらに加えて使用環境への配慮から全閉化が容易な冷却フィン構造になっている。

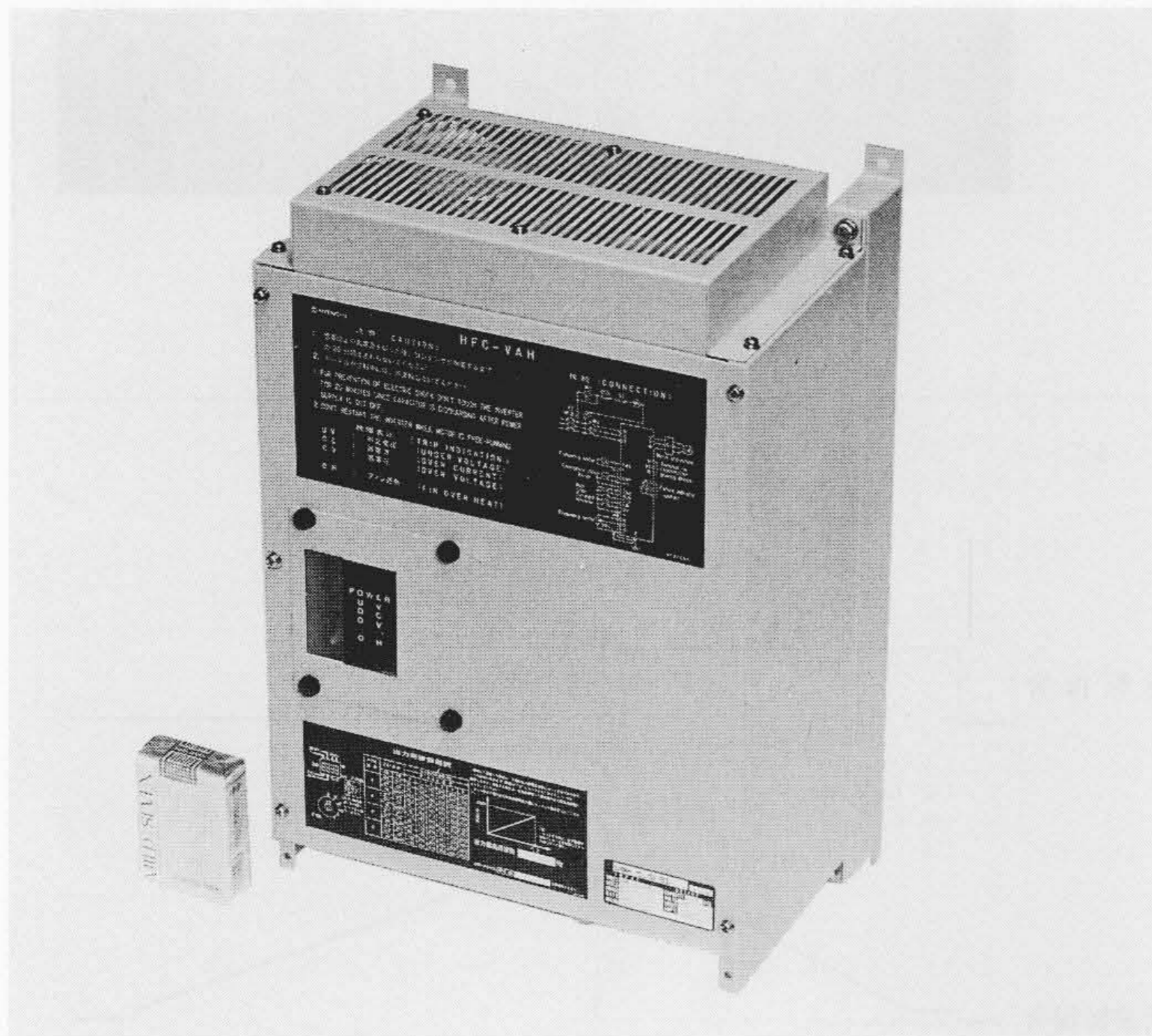


図6 HFC-VAHインバータの外観 HFC-VAHの一例を示す。全閉化が容易な冷却構造となっているなど、使い勝手、環境対応性に優れている。

表3 HFC-VAHシリーズの標準仕様 HFC-VAHシリーズの主な標準仕様を示す。60種類の定格出力周波数が得られ、あらゆる高速電動機に対応可能である。

項目	シリーズ名		
	200V級 HFC-VAHシリーズ		
出力容量 (kVA)	2.5	5.5	1.1
定格出力電流 (A)	7.5	16	32
入力電源	三相200~220V, 50Hz 200~230V, 60Hz		
定格出力電圧 (V)	200		
定格出力周波数 (Hz)	50~3,333Hzまで60種切替可 (2.5kVAは5,000Hz可能)		
制御方式	電圧フィードバック回路チョップ制御PAM方式		
周波数制御範囲	1:10		
周波数精度	±0.5%(25℃±10℃ at max.Hz)		
過負荷耐量	150% 60秒		
ソフトスタート・ソフトストップ	3~150秒 個別設定可能		
制動方式	回生制動と直流制動併用		
入力信号	入力許可, 運転, 停止, 逆転, リセット, 緊急遮断, 周波数設定		
出力信号	保護回路動作信号(無電圧C接点) 周波数モニタ信号(直流電圧, パルス信号)		
保護回路	過電流, 過電圧, 電源電圧低下, フィン過熱		
オプション	特殊V/F指令, 速度到達信号, 周波数デジタル表示, 地絡保護		

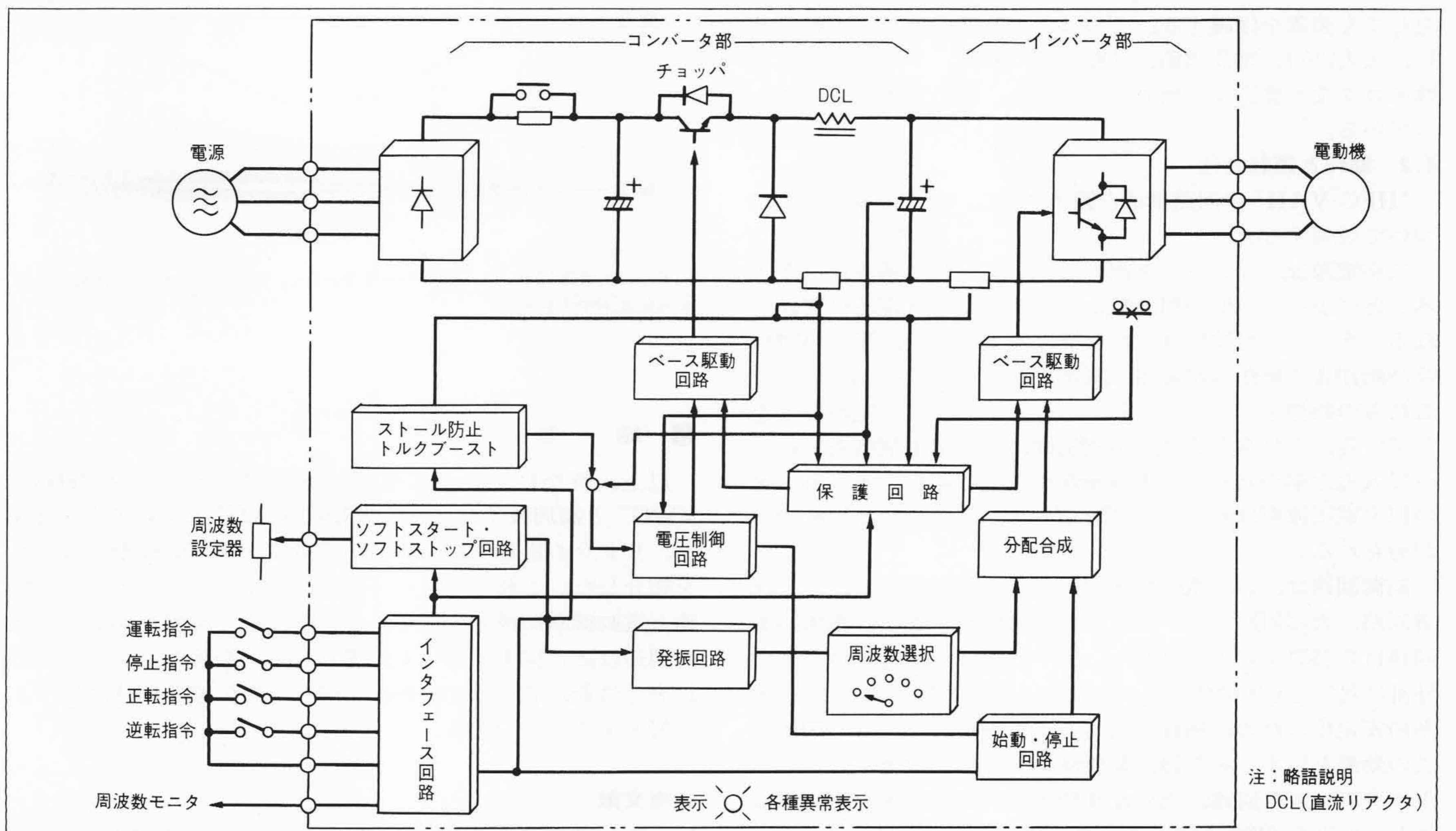
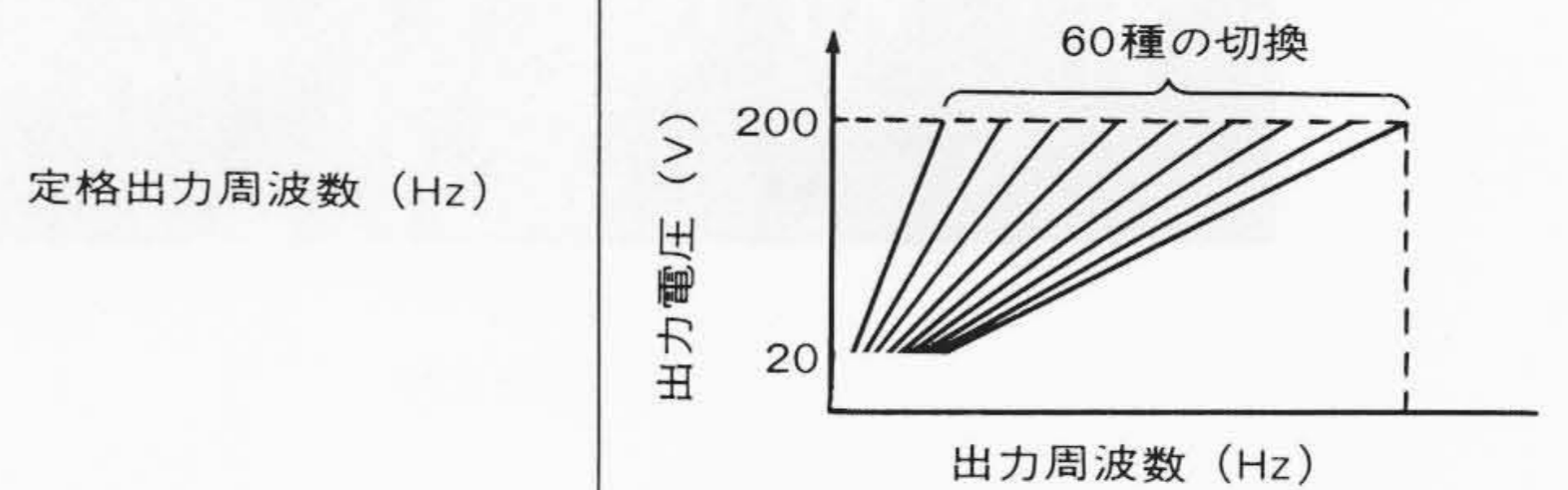


図7 HFC-VAHインバータの回路構成 日立高周波インバータの基本回路構成を示す。独自の電圧制御回路により、安定な電動機運転特性が得られた。

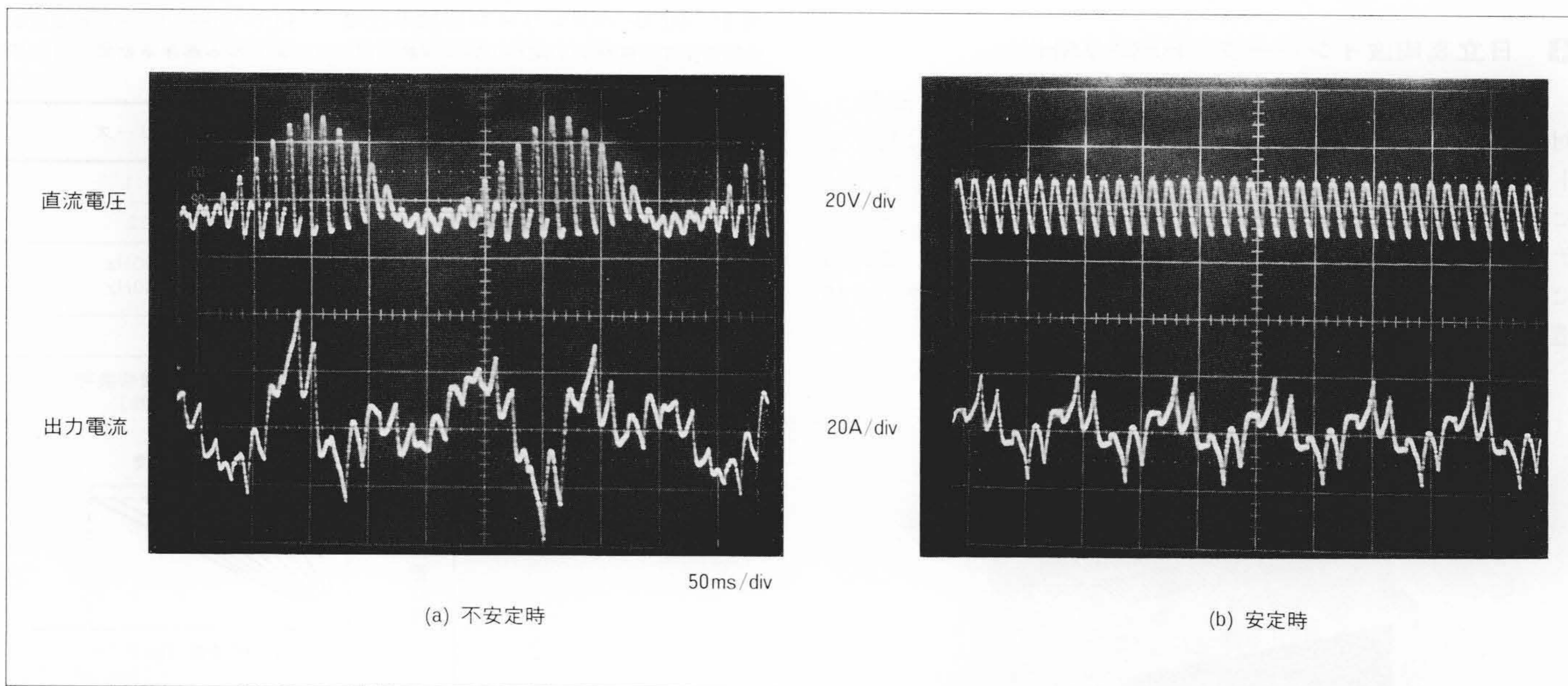


図8 安定化回路の効果 独自の回路方式により、AVR系の安定化を実現している。

#### 4.1 仕様

図6に「HFC-VAHシリーズ」の外観を、また仕様を表3に示す。容量範囲は2.5～11kVA、出力周波数は最高5kHz(二極電動機の場合、30万rpm)までと広く各種高速電動機に適用できる。最高周波数は60パターンまでデジタルで容易に選定でき、また定出力、低減出力特性などへの対応も可能である。ソフトスタート・ストップ時間は150秒まで設定可能で、インバータ動作停止から電動機停止までのフリーラン運転時間を短縮するための直流制動も標準装備され、その制動力は調整可能である。インバータに対しての過電流、過電圧、冷却フィン過熱など、また負荷短絡、地絡や電源電圧の異常に対しても装置を保護する。このほか、運転、停止、正転、逆転、入力許可、緊急遮断、速度到達、故障、デジタル周波数モニタなど豊富な入出力信号を備え、使いやすいようになっている。

#### 4.2 動作と運転特性

“HFC-VAH”の回路構成を図7に示し、動作と運転特性について説明する。

三相電源は、コンバータ部のチョップ回路で通流比を変えることによって、出力周波数にリンクした直流電圧に変換される。チョップ周波数はこれら構成要素の容量、損失(発熱)及び動作音や動作の安定性に関連する。“HFC-VAH”では、これらの動作をシミュレート、総合評価し、回路定数を選定している。なお本方式は、位相制御による電圧制御方式に比べて入力力率が高く、受電容量が小さくて済む。インバータの出力電圧波形は6ステップ形であり、安定した高周波出力が得られる。

制御回路は、直流電圧制御回路、周波数制御回路、更に保護回路、表示回路、インタフェース回路から成る。電圧制御回路は応答性の優れたAVRループをもち、負荷変動などの外乱に対しても電動機のトルク特性は低下しない。また、AVR系の安定化のために独自の回路方式を採用している。図8にこの効果を示す。その他、始動時のトルクを改善するためのトルクブースト回路、過大な負荷トルク時に失速を防止するストール防止回路などをもち、運転特性の向上を図っている。図9に、加速特性、減速特性の一例を示す。

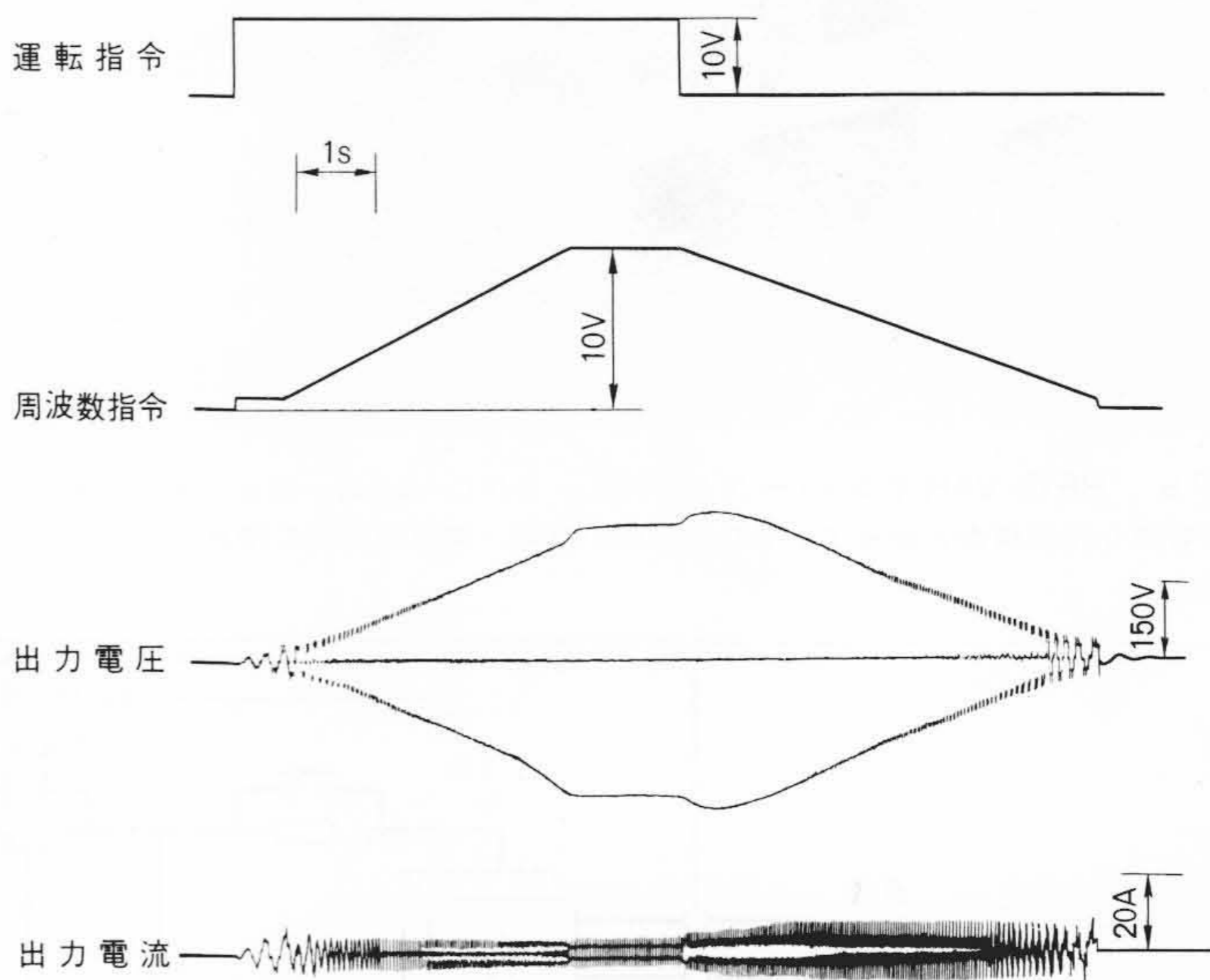


図9 加減速特性 HFC-VAH 5.5kVAで、電動機(3.7kW)を運転したときの加減速特性を示す。

### 5 結 言

以上、新たにシリーズ化された汎用インバータ“HFC-VWG”と高周波インバータ“HFC-VAH”についてその内容と、リトライ制御やAVR系の安定化など新しい技術の幾つかを紹介した。これらインバータは、マイクロコンピュータ技術と電動機制御技術の進歩によって性能、機能が向上し、その用途は更に拡大していくと思われる。今後ともシリーズの拡充と性能、品質などの向上を図り、需要家の期待に沿うよう努力する考えである。

#### 参考文献

- 1) 清水, 外: 高性能交流可変速制御システム, 日立評論, 65, 4, 251～256(昭58-4)