UDC 621.314.5

トランジスタインバータ適用例

大容量トランジスタインバータの適用

1 まえがき

トランジスタインバータの大容量化は，種々の分野への適用を拡大させた。すなわち，従来のサイリスタインバータで技術的には十分実施可能であっても，外形，重量の制約で実施できない設備があった。

富士電機では大容量パワートランジスタの開発，モジュール化の適用を中心にして，100～400kVA 以上のインバータをシリーズ化（15系列）し，既に各所で運転，実績を上げている。

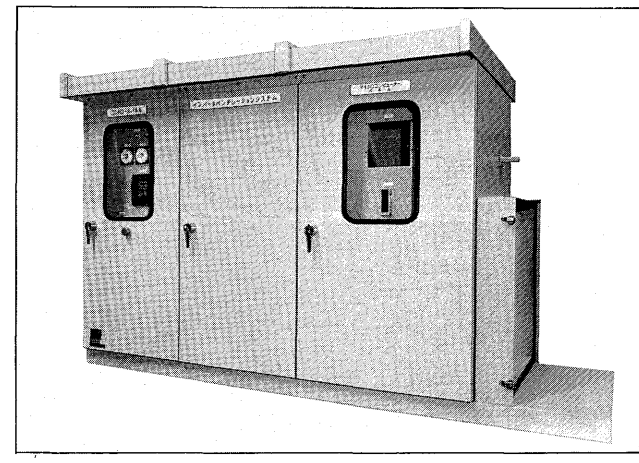
ここではその代表的な適用として，トンネル工事用に使用された排気ブロワへの大容量トランジスタインバータの実施例を示す。

2 設備概要

この装置はトンネル坑内の粉じん濃度を許容値以内に抑えるように，作業工程に応じて坑内の通風量を制御する装置である。すなわち，粉じん濃度を検出し，ブロワの回転速度を制御する。この設備では省エネルギーの大きな効果も得ている。

主回路の構成を図1に，盤の外形を図2に示す。トランジスタインバータは，335kVA の大容量機を採用している。構造としては，屋外仕様とし，坑内の悪環境に対応している。高圧機器，インバータを一体化し，据付面積が小さく，取扱いも容易となっている。更に計装システムも同一盤に組み込み，信頼性の高いインバータシステムとしている。

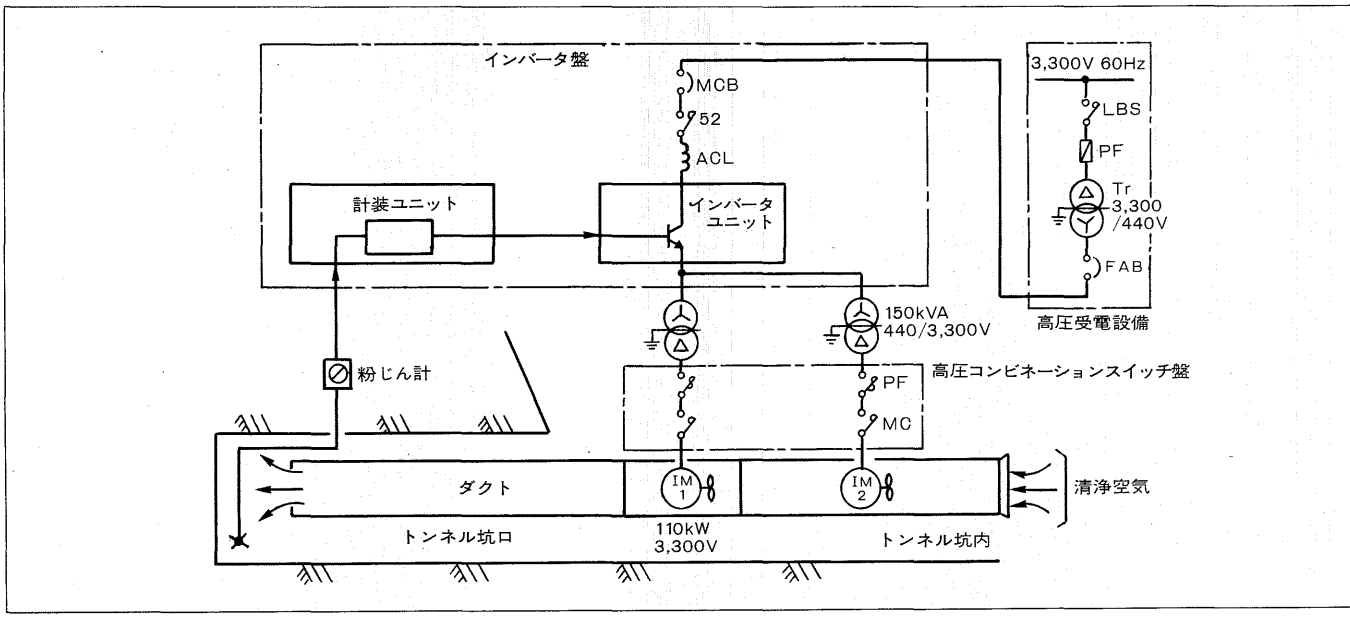
図2 インバータ制御盤



3 あとがき

大容量インバータの適用は，今後増加の一途をたどると思われる。上述したように，悪環境での適用，あるいは関連機器を一体化することによる信頼性の向上，現地設置の簡易化等々の有利な点が重視される。今後は更に大容量化，計装を含んだシステム化が進み，適用分野が飛躍的に拡大するものと考えられる。

図1 主回路構成



執筆部署：神戸工場 設計部

UDC 621.314.5:621.313.333

トランジスタインバータ適用例

トランジスタインバータによる高圧電動機駆動システム

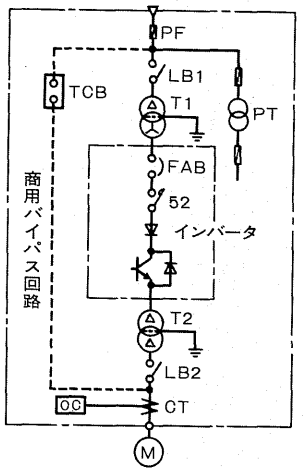
1 まえがき

送風機，ポンプなどを駆動する誘導電動機をトランジスタインバータで変速し，風量や流量を調整するシステムは低圧電動機に広く用いられている。しかし，大容量機は高圧電動機の設置がほとんどであり，従来この場合はトランジスタインバータの適用は不可能であった。この度，高圧電動機をトランジスタインバータと変圧器を組み合わせ，可変速駆動するシステムを標準化したので以下に述べる。

2 システム・構成

本システムは，100kVA 以上の大容量トランジスタインバータを標準化したもので，インバータの入出力に変圧器を設けて高圧電動機を可変速駆動する方式である。図1は，

図1 高圧電動機駆動標準主回路構成



〈注〉商用バイパス無しの場合TCB，LB2を削除，LBは電動操作

表1 システム盤外形寸法（商用バイパス付）

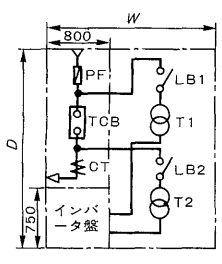
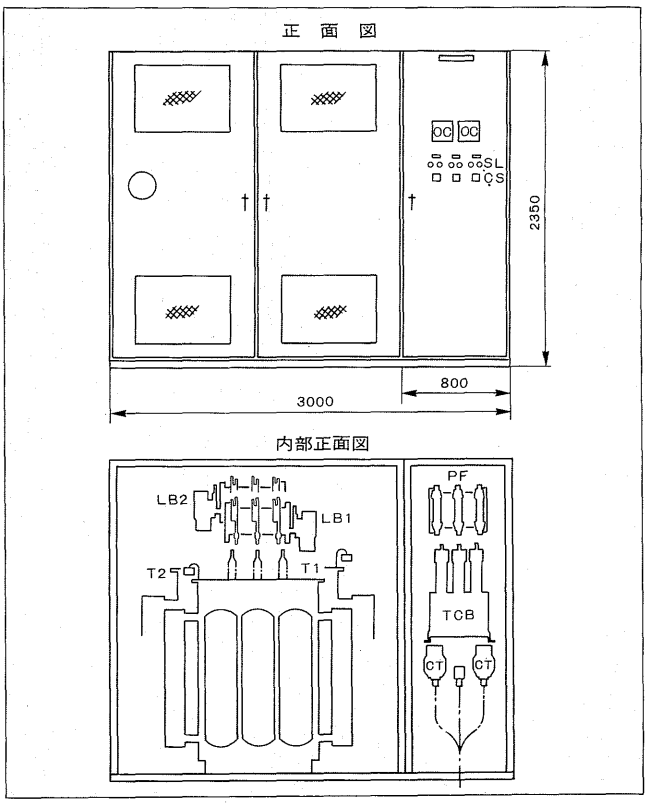
容量 (kVA)	盤 配 置（平面）	盤 寸 法（mm）		
		高（W）	奥行（D）	高さ（H）
104		2,400	2,200	2,350
132				
153				
175				
221		2,600	2,600	
382		2,800		
335		3,000	3,000	
400				

図2 システム盤構成の例



このシステムの標準主回路構成である。商用バイパス回路などを付加することにより，種々のバリエーションに対応できるようにしている。

盤の構成は表1に示す配置にしてあり，インバータの入出力及び商用バイパス回路用高圧開閉器，入出力変圧器を有機的に組み合わせている。インバータ盤にはインバータ本体の開閉器類が収納され，単独盤としての設置も可能にしている。なお，リアクトル始動など，特殊始動を行う場合や二次側に GPT を設ける場合には，始動盤や GPT 盤を用意する必要がある。表1には本システムの盤寸法を，図2には盤構成の一例を示す。

3 あとがき

以上，高圧入力・高圧出力のシステムについて述べたが，高圧電源と低圧電動機，低圧電源と高圧電動機システムも標準化している。なお，トランジスタインバータの需要は更に大容量の方向に拡大しており，これに対応し本体の大容量化とともに，インバータの並列運転による大容量化，また一体化による信頼性の向上も実現する方向である。

執筆部署：神戸工場 設計部

UDC 621.314.5:621.313.333

トランジスタインバータ適用例

ボイラ補機適用インバータ

1 まえがき

生産工場設備の省エネルギー施策の一環として，回転速度制御装置（インバータ）の適用が普及している。生産設備の重要な動力源であるパッケージ形ボイラ用押込送風機（FDF）への適用も多数見られるようになった。ここではその代表例を紹介する。

2 システム構成

図1にシステムの概要を示す。従来のシステムでは，FDFは商用周波数で運転し，ダンパにより風量の制御を行っていた。回転速度制御システムでは，駆動機の回転速度を制御し，風量を制御する。ボイラ負荷を検出し，負荷に対する回転速度を制御し，更に排ガス中のO_2濃度を制御している。このような制御システムでは，次のような点が重要である。

図1 パッケージ形ボイラ制御システム図

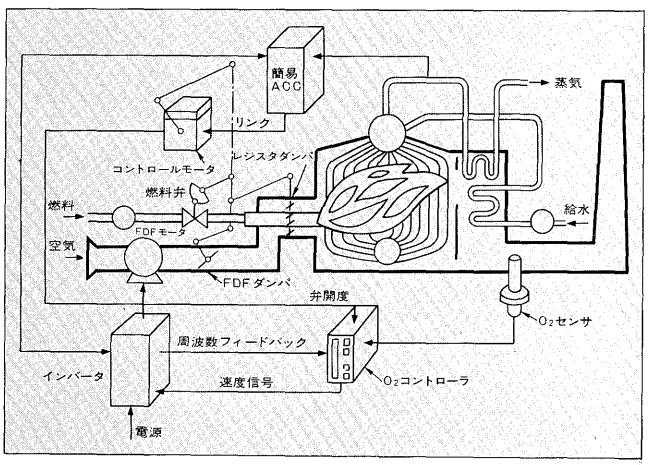
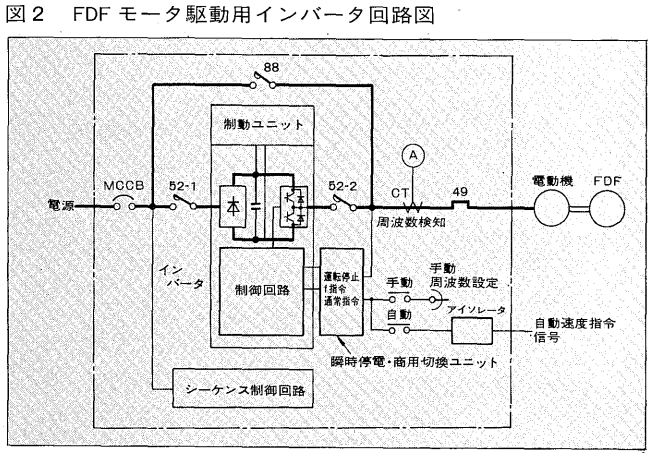


図2 FDFモータ駆動用インバータ回路図



(1) 燃料弁の動きに十分追従できる応答性が必要である。

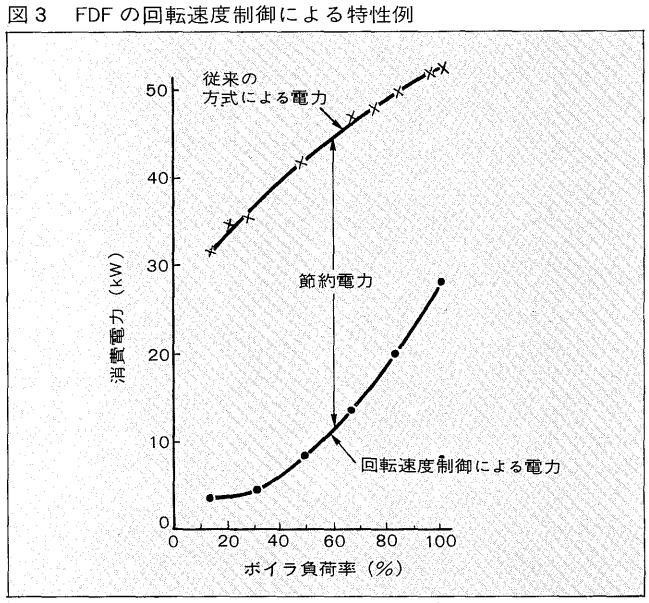
(2) 運転中に瞬時停電でFDFが停止することは，設備の運営，ボイラの安全運転上大きな問題になる。これに対し，瞬時停電時，商用電源へ切り換えて運転を継続し，再度インバータに復帰する運転方式を標準化している。

(3) 万一インバータに異常が発生したときは，駆動電動機を商用電源へ自動的に切り換える。なお，切換時燃焼空気量の変化でバーナーが失火しないよう，風量変化を適正な範囲内に抑えるための制御が必要である。

図2に瞬時停電復電時自動再始動，インバータ異常時商用電源バックアップ回路付の回路図を示す。

図3は，20t/hボイラへの適用時の運転特性である。駆動電動機は45kWである。全負荷域にわたって，大きな省エネルギー効果が得られている。

図3 FDFの回転速度制御による特性例



3 あとがき

以上，パッケージ形ボイラ補機への適用例の概要について述べた。回転制御運転をした場合の省エネルギー効果はもちろんであるが，夜間軽負荷運転時の低騒音化など副次的な効果もあり，適用範囲はますます広まっている。更に瞬時停電などの外乱に対して，より安定した運転システム，高調波障害対策，運転制御方式の簡易化などの要求が強まっており，これに適合するインバータシステムの確立を目指している。

執筆部署：神戸工場 設計部

UDC 621.314.5:621.314.21

トランジスタインバータ適用例

電力用変圧器省エネルギー運転適用インバータ

1 まえがき

電力用大容量変圧器の冷却には送油風冷方式が多く採用されているが，この冷却器の制御にインバータを使って変圧器の省エネルギー運転を行うシステムが開発されている。すなわち，変圧器の負荷損，無負荷損及び補機損を合わせた総合損失が最少となるように補機の回転速度を変圧器の負荷や油温に応じて，一括して制御するものである。

2 仕 様

本システムの構成を図1に示す。変圧器の運転状態のデータとして，CT二次電流（負荷率）や測温抵抗体からの油温を取り込み，インバータ制御装置の演算部で変圧器の総合損失を最少とする補機の運転周波数を算出する。算出された運転周波数をインバータに入力し，速度制御を行う。

図1 変圧器用冷却器可変速制御基本システム構成

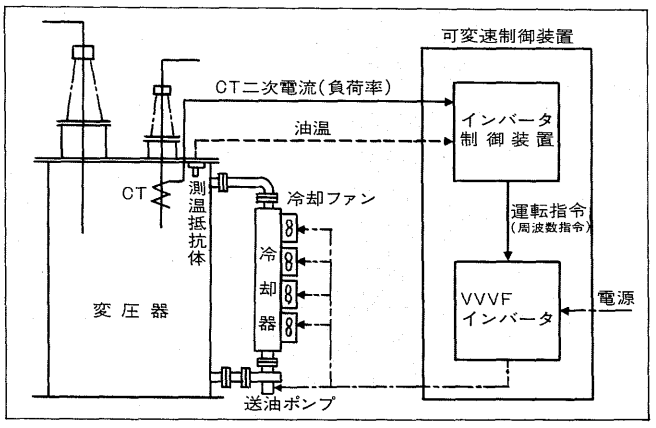


図2 変圧器の負荷率と補機損の関係

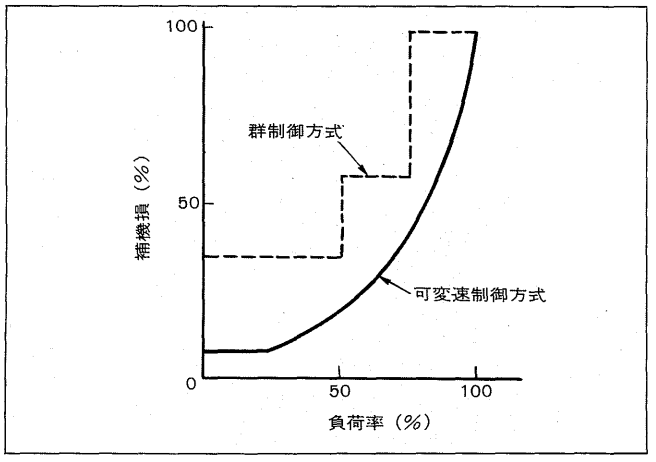
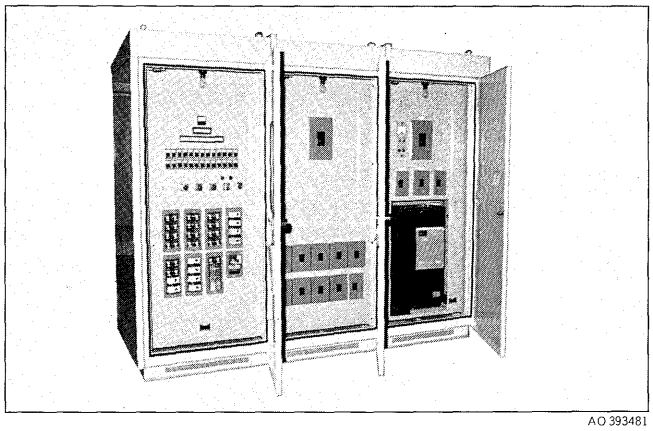


図3 可変速制御装置収納の変圧器冷却器制御盤



AO 393481

表1 インバータ基本仕様

形　　式	RKNNP 570-22
容　　量	57 kVA
定格電流	164 A
電　　源	三相　200 V　50 Hz
運転範囲	20 ～ 47 Hz（変圧器負荷率 80 %以下にて）
制御方式	正弦波 PWM 方式 *V/f* 弱め制御 多数台電動機全数一括制御 ソフトスタート/ソフトストップ方式

図2に，変圧器の負荷率と補機損との関係を示す。送油風冷式変圧器用冷却器の運転制御方式としては，従来から群制御方式が採用されており，補機損は負荷率に対し階段状に変化するが，インバータによる可変速制御方式の場合は，補機損が連続的に変化するため，一層の省エネルギー効果が発揮される。図3及び表1は，富士電機が東京電力(株)に納入した可変速制御装置収納の変圧器冷却器制御盤の外観と，同盤に収納したインバータの基本仕様である。

3 あとがき

このようなシステムは電力用変圧器ばかりでなく，電力用以外の大容量変圧器，例えば製鉄所の主変圧器でも既に多くの実績を有しており，今後は中容量の範囲まで拡大していくことが予想される。このシステムを構成する上で最も注意すべき点は，省エネルギーを追求するばかりではなく，電力供給の信頼性を絶対に損なわないようにすることである。今後もますます信頼性の高いシステムを完成させる所存である。

執筆部署：電機事業本部 変電制御技術部

UDC 621.314.5:621.313.333

トランジスタインバータ適用例

上下水道適用インバータ

1 まえがき

上下水道分野では，ポンプ設備の圧力又は流量を制御する目的で可変速電動機が使用され，制御の質を向上させるとともに，省エネルギーの効果をあげている。また浄水場の薬品注入設備や下水処理場の返送汚泥ポンプ用などの設備に最適運用の目的で，可変速電動機が使用されている。従来，可変速運転に各種方式があったが，小容量の分野では運転に必要な機能，複数台の電動機の同期運転などにトランジスタインバータが適合しており，採用が増えている。以下，このシステムを紹介する。

2 システムの構成

図1のフローシートは代表的な実施例である。市水給水圧力を適切化するために，加圧ポンプを速度制御している。本方式は下記の特長をもち，理想的な設備を実現している。

(1) 高調波の低減

他設備，特に電力会社配電系統への外乱を抑制するために多相方式を採用している。

(2) 高力率

平滑用リアクトルの最適設計により，力率を改善し，改善用コンデンサを省略している。

(3) 瞬時停電対策

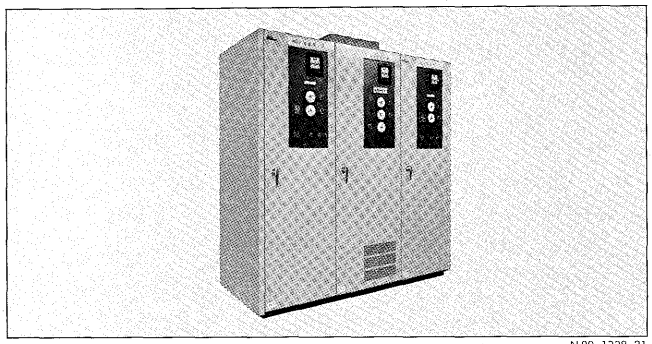
電源のじょう乱や電源切換時の瞬時停電に対して，ポンプが継続運転できるよう対策している。

(4) 経済性

装置は従来の他の可変速方式に比べ，小形，軽量にまとめ得るので，設備として経済設計が可能である。

制御盤の構造外観は，標準盤以外に他の配電盤と統一した仕様のものも製作されている。上下水道向けの意匠盤の例を図2に示す。

図2 FRENIC-5000G意匠盤（下水汚水ポンプ用 37 kW）

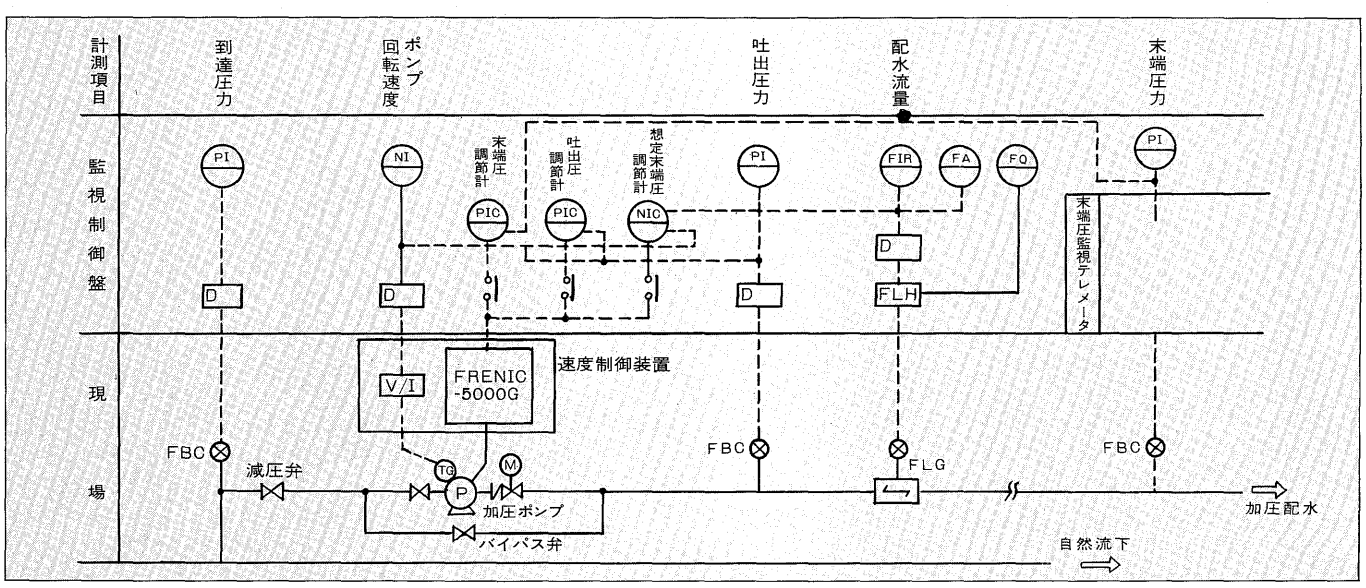


N 99-1338-21

3 あとがき

上下水道は，圧力，流量などの制御システムが必要で，従来から可変速駆動方式が採用されていた。トランジスタインバータの大容量化に伴い，高度な制御システムへの適用が広がっている。今後は信頼性を高くし，プラントに容易に追加・削除できるシステムへ展開すると考えられる。

図1 上水加圧ポンプ設備フローシート



執筆部署：電機事業本部 水処理技術部

UDC 621.314.5:621.313.333

トランジスタインバータ適用例

車両用補助電源装置

1 まえがき

車両用補助電源装置としては次の機能が要求される。

(1) 広範囲に変動する電源から安定な電力が得られること。

(2) 小形・軽量であること。

(3) 信号系に与える雑音が少なく，低騒音，高耐振性で保守点検が容易であり，信頼性も高いこと。

これらの種々の条件を満たし，かつコスト的に有利な補助電源装置として，トランジスタインバータが適している。以下，この方式について述べる。

2 仕 様

主回路構成の例を図1に，その外観を図2に示す。この方式の特徴を以下に記す。

(1) トランジスタの採用で，主回路構成の簡素化，信頼性の向上，小形・軽量化を図っている。

(2) 入力電圧変動に対する定電圧化と，入力側と出力側を絶縁するために高周波絶縁形の DC－DC コンバータを採用している。

(3) トランジスタ DC－DC コンバータユニットをカスケード接続することにより，離線雷などのサージに対し，十分な耐圧を持たせ，出力側は並列接続することにより，負荷バランスのとれた安定度の高い回路構成にしている。

(4) 離線，セクションの通過などによる電源の瞬時停電に対しては，バッテリーによるバックアップ方式を採用している。

(5) クーラ，エアコンプレッサなどに，VVVF によるソフトスタートを採用し，過大な電流を流すことなく，大きな負荷をスムーズに起動させる。

(6) インバータ回路は入力電圧が定圧化されているので，出力として最適のパルス幅制御が行え，出力ひずみを最小にし，高効率化を図っている。

(7) マルチ出力の要求には母線に各用途に合ったインバータを接続し，集中配置，分散配置のいずれでも可能である。

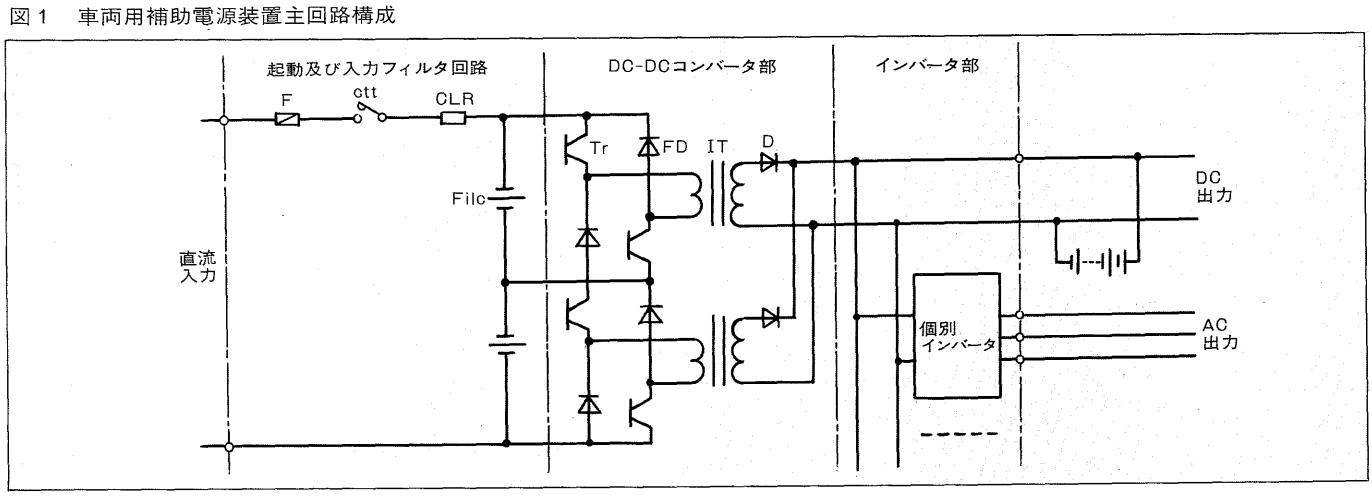
(8) 冷却ファンを無くし，装置の低騒音化だけでなく信頼性の向上，省メンテナンス化を図っている。

図2 2 kVA 車両用補助電源装置

3 あとがき

本方式は主に架線電圧が直流 600～750 V の中小容量（50 kVA 以下）の補助電源装置に，また 1,500 V 系の場合で，特に低騒音化の要求の強い場合に適用している。このインバータは，鉄道車両用としてトランジスタの特長を生かして設計，製作されているが，今後この技術は，同様の用途に広く用いることになると期待される。

図1 車両用補助電源装置主回路構成



執筆部署：電機事業本部 輸送特機技術部

UDC 621.314.5:621.313.333

トランジスタインバータ適用例

船舶適用インバータ

1 まえがき

最近，トランジスタインバータは船用機器への採用が試みられつつある。船舶への適用としては，冷却海水ポンプ駆動機，冷却艙用通風機，漁船用冷凍機及び軸発電装置が考えられ，一部実用化されている。

2 特 徴

船舶に適用する場合の留意点を以下に記す。

(1) トランジスタインバータのようにパワーエレクトロニクス機器が使われるため，周囲温度，湿度，振動に注意する。

(2) 電源容量が相対的に小さいため，電圧及び周波数の変動に注意する。

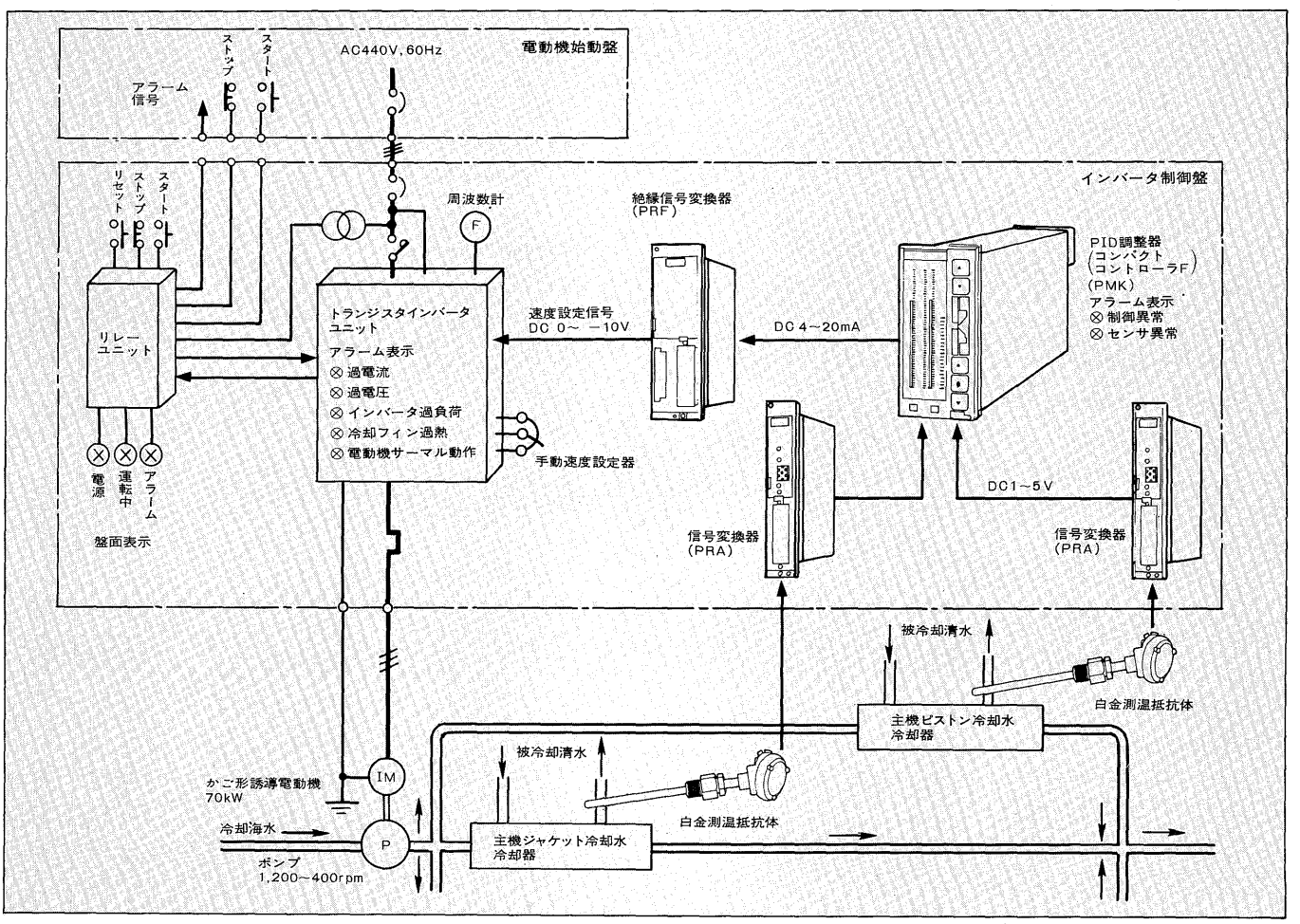
(3) 交流－直流変換動作に伴う電源電圧波形のひずみは船内無線機器へノイズ障害を与える危険性を含んでいるため注意する。

主冷却海水ポンプ(70kW)にトランジスタインバータを採用した制御装置の構成を図1に示す。この装置の主目的は主機出力減少時，及び海水温度低下により必要冷却海水量低減をポンプ回転速度制御にて達成し，省エネルギー効果を発揮することである。1年間の運転実績からその効果は確認されている。

3 あとがき

船舶へのトランジスタインバータの適用は緒についたばかりであるが，船内補機の省エネルギー化，省力化のための幅広い適用が見込まれる。船舶用としての技術的問題もあるが，逐次解決され，更に一層の展開が期待される。

図1 冷却海水ポンプ用制御装置の構成



執筆部署：電機事業本部 輸送特機技術部

UDC 621.314.5:621.313.333

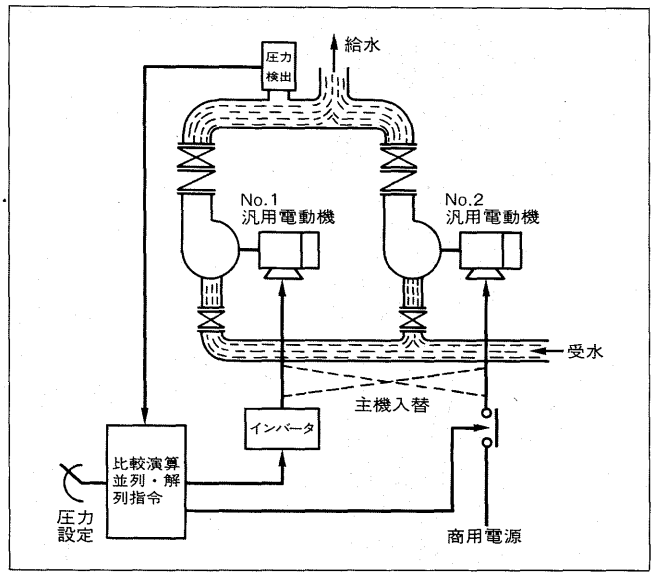
トランジスタインバータ適用例

給水ポンプ適用インバータ

1 まえがき

近年，ビル，マンションの給水システムとして，速度制御方式による直送給水（タンクレス方式）が増加しつつある。従来の高架槽や圧力タンク方式に比べ，①設置スペース，②建物強度に及ぼす影響度，③日照権，④水質汚染，⑤保守管理，などの面でメリットが大きく，今後とも，タンクレス方式が増え続けるものと思われる。富士電機はポンプ専用PSモートル（一次電圧制御による可変速システム）を発売し，多くの納入実績がある。しかし，省エネルギー効果の一段と高いインバータの採用が強く望まれていた。専用インバータと同時に，制御方式も大幅に改良した給水ポンプシステムを完成したので紹介する。図1にインバータ方式の概要を示す。

図1 給水ポンプシステム図



2 特 長

給水ポンプシステム全体構成を図2に示す。

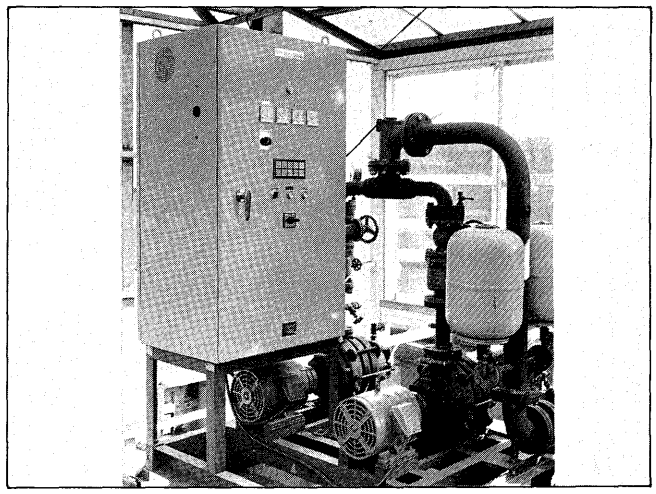
インバータユニットの特長としては，

(1) PAM方式のため，運転音が静かである。

(2) チョッパ方式による電圧制御のため，小形，高応答で力率が良い。

(3) 電流制限による自動加速機能を持っている。

図2 給水ポンプシステム全体構成



10111

(4) 凍結，異物などによるロック状態の検出ができる。

(5) 保護機能として，①基本的保護機能以外に，地絡，短絡，入出力欠相保護機能を持つ。②30msの瞬時停電でも運転継続する。③10秒以下であればいかなる過負荷でもインバータは停止しない。

など，各種の条件を満足している。

また運転特性としては，

(1) 流量，圧力変動時の応答性

(2) ポンプ2台の運転が並列，解列されるときの急加減速特性

(3) 静かな運転音

(4) 多少の異常ではインバータは停止せず，万一トリップ停止してもシーケンス回路による商用運転へのスムーズな切り替わりによる断水防止

などの面で極めて良好な結果が得られている。

3 あとがき

この分野へのインバータ適用は既に多く，居住環境や設置場所の関係で，騒音が問題になる場合にはPAMインバータを，汎用性，経済性を要する場合にはPWMインバータを，それぞれ使い分けている。また，インバータとシーケンス回路や各種センサ，制御装置を含めた給水システムとしてまとめている。

今後は，インバータと給水システム制御部の共通化による装置の小形化，高品質化が図られていくものと思われる。

執筆部署：鈴鹿工場 電子装置部

UDC 621.314.5:621.313.333

トランジスタインバータ適用例

コンプレッサ適用インバータ

1 まえがき

ガス体を移送又は圧縮する設備として，ファン，ブロワ及びコンプレッサがある。

定速運転でダンパ制御されているファンやブロワは，インバータによる回転速度制御が取り入れられ，大きな省エネルギー効果の実績を残してきた。

一方，コンプレッサ（吐出圧：1 kg/cm^2 以上の風力機械の総称）は，簡易な容量制御機構による省エネルギー対策が主流となっていた。

今回，スクリューコンプレッサにトランジスタインバータを適用し，大きな効果を得たので紹介する。

2 設備概要

適用コンプレッサは45～700 kW の広範囲をシリーズ化したオイルフリー式で，エレクトロニクスやバイオテクノロジーなどの先端産業の高品質圧縮空気源として，また一般産業の動力用・計装用空気源として実績の多い機種である。

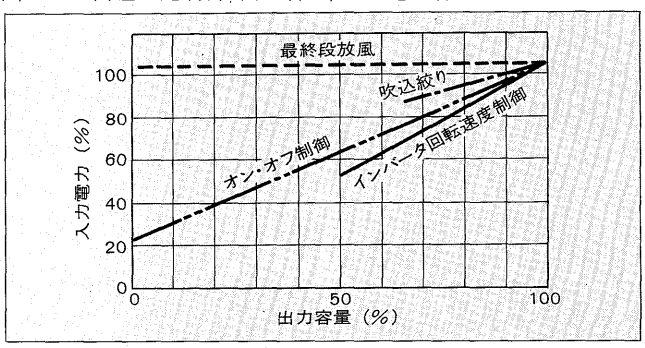
インバータ適用のコンプレッサの系統を図1に示す。

従来の容積式コンプレッサでは，オン・オフロード制御が標準的な容量制御方式として適用されている。この方式では吐出圧力に変動があり，吐出側にレシーバタンクを必要とするが，インバータによる回転速度制御では，一定吐出圧力が得られるので，レシーバタンクは不要となる。

スクリューコンプレッサは容積形特性を有し，出力容量と入力電力はほぼ回転速度に比例する。

従来のオン・オフ制御と，今回のインバータによる回転速度制御の省エネルギー効果を図2に示す。

図2 吐出圧一定制御 出力容量/入力電力特性



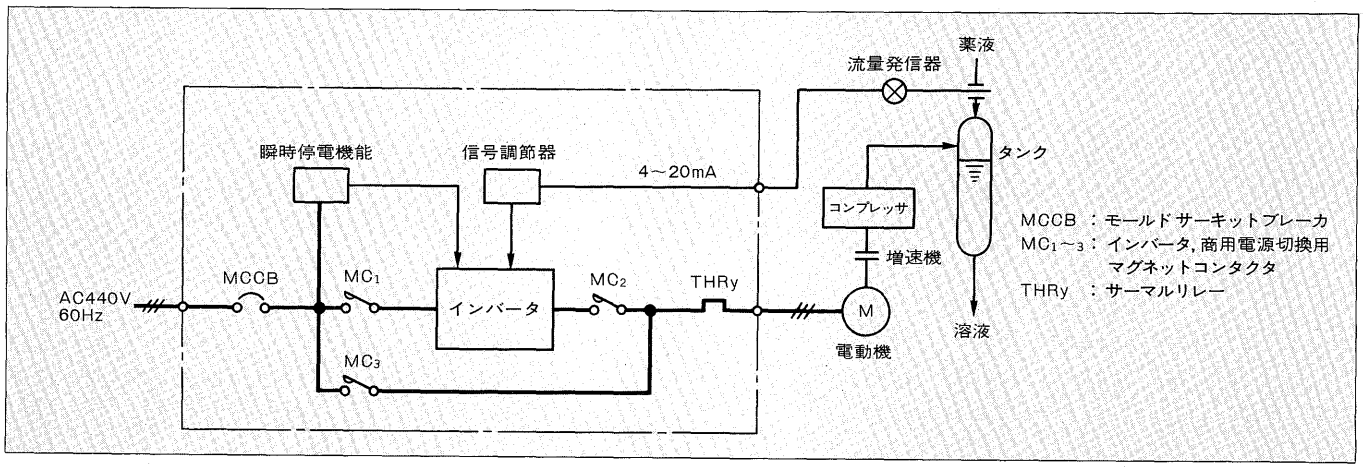
70%の負荷率ならば，2～3年で投資回収が可能であることが実証されている。

3 あとがき

今後は，工場設備の自動化と省エネルギー化はますます強まり，コンプレッサも高品質の空気源を供給する必要が高く，回転速度制御が前提になる。インバータを搭載したコンプレッサが多用化されるためには，更に専用機としての機能を付加し，設備費の低廉化が必要条件である。

今後はパッケージ形の一体化構造にするために，インバータ本体の縮小化と冷却方法の改良に努力し，広範な用途のコンプレッサに適用できる製品を提供する所存である。

図1 コンプレッサ回転速度制御



執筆部署：神戸工場 設計部

UDC 621.314.5

トランジスタインバータ適用例

全閉形構造のインバータ

1 まえがき

トランジスタインバータの適用が拡大し，悪環境への設置が必要になるに従い，全閉形の要求が高まってきた。

繊維産業，特に精紡機の駆動機にこの全閉形の要求が強く，富士電機では既に多数の実績を国内外に持っている。

ここでは全閉形のインバータの要求が特に強い精紡機の駆動用と糸切れ時の吸込空気ブロワの適用を中心に，全閉形インバータを紹介する。

2 仕 様

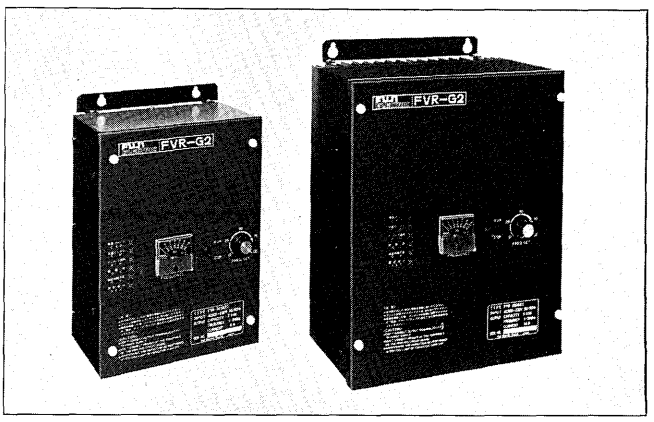
精紡機の駆動用電動機は，従来直入れ，あるいはリアクタ始動が採用されていた。しかし，始動時の糸への急激な張力変化で糸が切れることが多かった。これに対し，トランジスタインバータで，ソフトスタートを行い，糸切れを減らすことができるようになった。

また吸込ブロワは糸切れ時に，他の糸へ巻きつかないように処理する吸引エアを作る装置であり，最も太く，重い糸を吸引できる設計となっており，通常運転時は過剰なエアを引いていることになる。これに対し，製品の材質に合わせるように，吸込ブロワを変速することで，大きな省エネルギー効果が得られるのである。

全閉形インバータの仕様を表1に，外観を図1に示す。

このシリーズの特長は，

図1 外観（左：2kVA，右：6kVA）



(1) 冷却扇を使用していないので，完全保守不要である。

(2) 全閉形で環境の影響を受け難いので，インバータを直接機械に取付可能である。それにより，制御盤の小形化，配線の簡易化ができる。

等々の利点が挙げられる。

3 あとがき

全閉形インバータは悪環境への対応，保守不要の特長で，まずじんあいの多い精紡機設備への適用が多いが，その特長を生かし，織物機，編機，更には一般工作機械へ発展するものと期待される。

表1 全閉形ケース付ユニットの仕様

〈注〉 ※：開発中

適用電動機出力 (kW)		0.75	1.5 / 2.2	3.7	※ 5.5	※ 7.5
インバータ形式		FVR-015 (G2C, G2CS)	FVR-030 (G2C, G2CS)	FVR-050 (G2C, G2CS)	FVR-075 (G2C, G2CS)	FVR-100 (G2C, G2CS)
インバータ容量 (kVA)		2	4	6	9	13
定格出力電流 (A)		5	10	16	24	33
入力	電圧・周波数	三相三線式 200～230V, 50/60Hz				
	許容変動	電圧 180～253V 周波数±5%				
出力	電圧	三相三線式 200V, 220V, 230V（入力電圧比例対応）				
	周波数(Hz)	50, 60, 100, 120, 150, 180, 200, 240				
制御方式		正弦波 PWM制御				
周波数制御範囲		1～240Hz 制御範囲 1：50～1：240				
周波数精度		最高周波数の±0.5%（25±10℃において）〈付属機能使用時±0%〉				
構造	操作パネル付	FVR-015G2C	FVR-030G2C	FVR-050G2C	FVR-075G2C	FVR-100G2C
	操作パネル無	FVR-015G2CS	FVR-030G2CS	FVR-050G2CS	FVR-075G2CS	FVR-100G2CS
概略重量(kg)		5	8	11.5	(22)	(26)

執筆部署：鈴鹿工場 電子装置部

UDC 621.314.5:621.313.333

トランジスタインバータ適用例

昇降機適用インバータ

1 まえがき

昇降機駆動用インバータとしては，下降時回生負荷となることや，加減速時のショック，位置決め精度などの問題がある。従来これらの設備，例えばエレベータなどには，高級なベクトル制御付インバータが採用されていた。しかし，汎用インバータの性能が向上し，価格の条件と相まって昇降機への適用が始まった。大形リフタ駆動用に汎用インバータを使用し，好結果を得たので紹介する。

2 特 長

表1に富士電機製の汎用インバータが昇降機駆動用として，十分満足できる特性を持っていることを示す。

実機運転で確認された運転特性は，

(1) 低い周波数で起動するので，スムーズな上昇始動が可能である。

(2) 高速下降時などに，回生電力が連続する場合，放電制動抵抗の選定は重要である。ギヤードモートルの場合は，機械損失が大きいので比較的小さい制動抵抗で対応可能である。

(3) 減速を制御しながら行うので，停止距離が安定している。

図1に昇降機の概要を，図2に運転特性を示す。

昇降機にインバータを適用する場合に留意すべき事項を次に記す。

(1) 電源電圧変動が大きいものとして，機種選定を行う。

(2) 加減速運転時，ストール防止領域に至らないよう，加減速時間やインバータ容量に余裕を持たす。

(3) 低速運転はトルクリプルで昇降機が影響を受けない範囲とする。

表1 インバータによる昇降機運転の要求性能

昇降機としての要求性能	汎用インバータの特性
◦高い起動トルク	◦トルクブースト調整により150％以上の起動トルク可能
◦大きい制動トルク，回生エネルギーの吸収	◦必要に応じた外部制動抵抗接続可能（制動トルク＜100％）
◦円滑な加減速によるショックレス	◦高分解能きざみ周波数制御によるなめらかな加減速
◦高い位置決め精度	◦指令に対する早い応答性 ◦低速時のトルクリプル小
◦非常停止	◦インバータ異常時，接点信号出力（a接点及びb接点）
◦高信頼性	◦CPUを使用したシンプルな構成，高度な制御 ◦保護機能の充実

図1 昇降機の概要

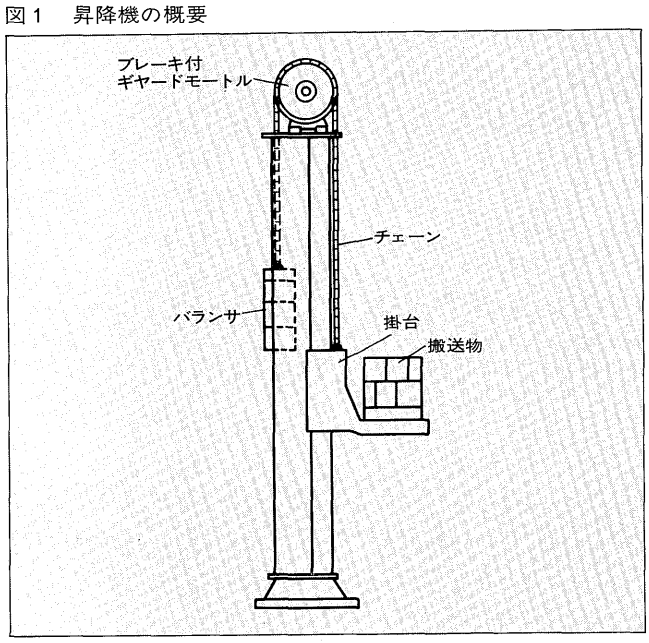
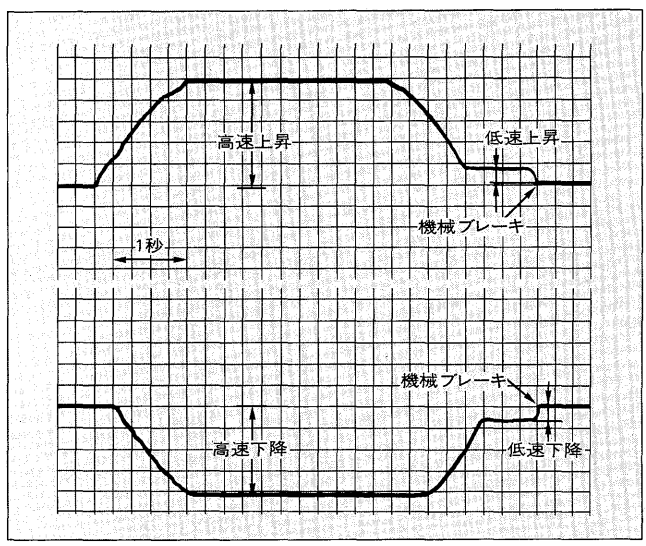


図2 運転特性



(4) インバータ異常時に機械ブレーキで確実に停止させる。

3 あとがき

従来，インバータ運転では不適当とされていた昇降機にも，インバータの利点，特に小形・軽量が評価され，適用が増大してきた。今後は更に回生制御の効率化，安全性，信頼性の増大が進められ，同様設備への急速な拡大が期待される。

執筆部署：鈴鹿工場 電子装置部

＊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。