

昇降機における最新のドライブ技術

Recent Motor Drive Technologies for Elevators

飯島 厚
IJIMA Atsushi

園田 道吉
SONODA Michiyoshi

嶋根 一夫
SHIMANE Kazuo

昇降路上部の機械室をなくしたマシンルームレスエレベーターの登場は、ビルの建築にとって大きなメリットがあるということで、市場に大きなインパクトを与えた。当社が国内で初めて商品化したマシンルームレスエレベーター SPACEL™は、永久磁石同期電動機の最新の制御技術を採用している。更に、当社では、超々高速・大容量エレベーター向けのドライブ技術も開発した。

The appearance of machine-roomless elevators, which eliminate the necessity to locate a machine room at the top of a hoistway, has brought great advantages to the field of building construction and had a major impact on the market.

This paper describes recent technologies for elevators, focusing on the control technology for permanent magnet synchronous motor (PMSM) adopted for the SPACEL™ machine-roomless elevator, and also on the motor drive technology for the “ ultra-high-speed and large-capacity elevator. ”

1 まえがき

1998年、エレベーター速度105 m/分以下の中低速領域に登場したマシンルームレスエレベーターは、画期的な製品として市場に受け入れられた。機械室を不要にするには、駆動装置の小型・軽量化、高効率化、また、制御装置の小型化、高機能化は重要な技術である。ここでは、これらの技術、更には速度600 m/分を超える領域の超々高速エレベーターや、積載2,000 kgを超える大容量エレベーターを可能にする昇降機におけるパワーエレクトロニクス技術について述べる。

2 マシンルームレスを可能にしたドライブ技術

2.1 マシンルームレスエレベーター SPACEL™

全体システム構成を図1に示す。SPACEL™は、マシンルームレスを達成するために、昇降路内上部に薄型永久磁石同期電動機(PMSM: Permanent Magnet Synchronous Motor)のギアレス巻上機を設置した。かごと、つりあい重りは、2:1ローピングのトラクション方式とした。エレベーターの運行、ドライブを行う制御装置は小型・薄型化を図り、最上階三方枠の戸袋部に組み込んだ。

2.2 PMSMの制御技術

現在、標準型エレベーターの巻上機には、誘導電動機と減速ギアを組み合わせた構成が一般的であるが、省エネルギー、省スペースを実現するためにPMSMを採用した。このエレベーターに採用したPMSMの制御ブロックを図2に示す。このPMSMは薄型構造のため、モータ軸に直結した位置・速度センサを取り付けることができない。

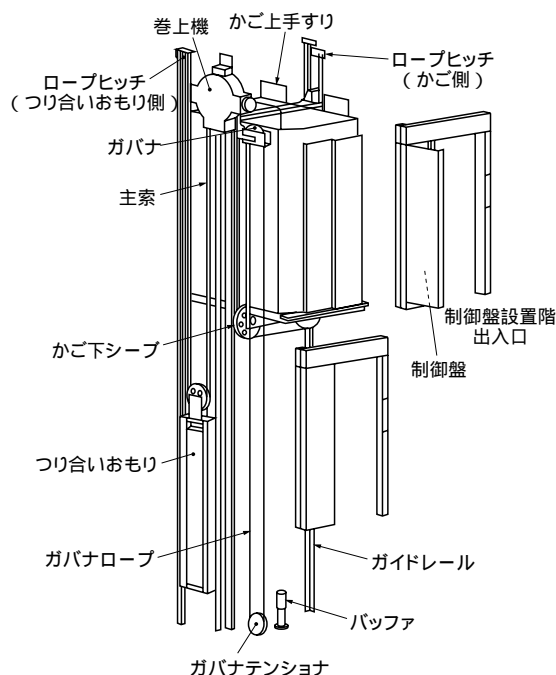


図1. SPACEL™の全体システム構成 巻上機を昇降路内上部に設置し、制御装置は小型・薄型化を図り、最上階三方枠の戸袋部に組み込んでいる。

Configuration of SPACEL™ machine-roomless elevator

このため、モータの速度や電流を制御する機能に磁極位置を推定演算する制御を追加した。

2.2.1 始動時磁極位置推定 電源投入時や停電時に自動着床装置などで起動する場合、コントローラはモータの正しい磁極位置を把握していない場合がある。このような状態においても、モータの脱調現象(同期外れ)を防止する

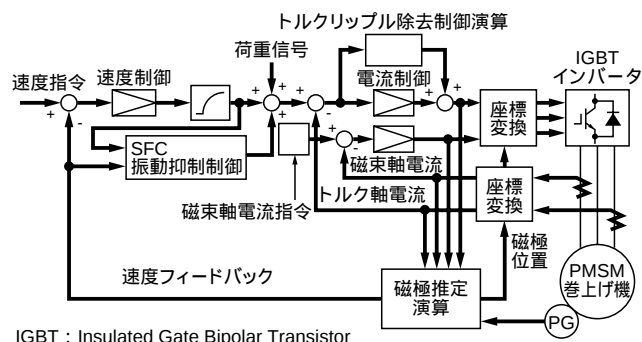


図2. SPACEL™のPMSM構成 高速、高性能マイコンにより高度な制御系を構築した。
Configuration of PMSM control

磁極推定制御を導入した。

ブレーキを閉じた状態で電流のステップ応答を行い、その応答時間により磁極位置を把握する。その後、判定した磁極位置に対して、ブレーキ開放状態でモータに定格以上の電流を直流で供給し、モータを磁極位置で拘束する。

2.2.2 運転時磁極位置推定 モータには速度センサとして、プリーで結合したパルスジェネレータ（PG）を装備している。一般的には、PGの出力パルスをカウントすることで、モータの磁極位置を求めることができる。しかし、プリー結合の場合では回転中のすべり、加工精度、径の経年変化などによりプリーの比率が設定値と異なる場合が生ずる。このため、PGのカウント値と磁極位置のずれが生じ、最終的には脱調する可能性がある。そこで、これを防止し最適な状態で制御するために、電動機に供給する電圧、電流、周波数、及びモータ定数から、モータ内部の状態をモータシミュレータにより推定する磁極位置推定方法を採用した。

2.2.3 振動抑制制御 エレベーターの機械系と制御系の共振により、乗りかご内に振動が発生し、乗りごちが悪化する場合がある。この振動を抑制し、乗りごちを改善する方式として2種類の制御を採用した。一つは、外乱抑制を目的としたSFC（Simulator Following Control）を採用した。もう一つは、モータや制御系自身が発生するトルクリップルと機械系との共振を抑制するため、モータ、制御系が発生するインバータ周波数の1倍、2倍、6倍の周波数のトルクリップルをキャンセルする制御を開発し適用した。これらの制御方式を採用したエレベーターの走行波形を図3に示す。

2.3 小型・薄型化を可能とした変換装置

制御装置の小型・薄型化を図るために、インバータ変換装置の薄型化と低騒音化を、以下の方法で実現した。

- (1) 放熱部に、薄いアルミニウム板をベースに取り付けたコルゲートヒートシンクを採用した。このため圧損が少なく、わずかの風量で十分な冷却効率を確保でき、高さを抑えることが可能となった。更に、ファンもヒートシンクへ流入する冷却風に対し平行に取り付け、冷却す

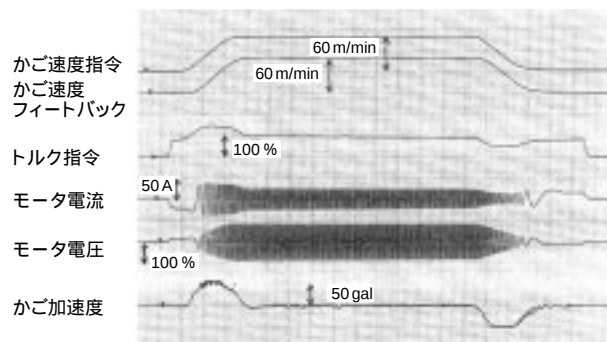


図3. 走行波形 全走行で優れた制御性能と走行特性を達成した。
Operating characteristics of SPACEL™

るようにしたため、変換装置全体の薄型化が実現した。

- (2) 低騒音タイプの冷却用ファンを採用し、更に、ファン取り付け部に防振ゴムを入れ、回転時のパネル振動による騒音に配慮した。また、風切り音対策として冷却用ダクトを密閉構成にし、かご、ホールに対する低騒音化を図った。薄型変換装置の外観を図4に示す。

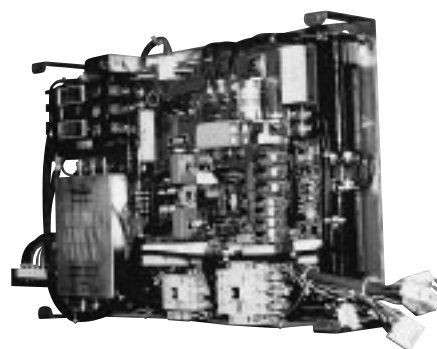


図4. 薄型変換装置 100 mm以内の高さで、最大320W損失の冷却を行う。
Thin type inverter

3 超々高速・大量輸送を可能としたドライブ技術

3.1 大容量化を実現した変換装置

大容量化の実現には、高耐圧、大電流変換素子を採用するとともに、それらの素子の並列接続による変換技術が不可欠である。また、変換素子から発生するインバータノイズについても対応が迫られる。これらの技術課題を考慮した変換装置を開発したので、以下にその特長について述べる。

- (1) NPT素子の採用（1,200 V・600 A） 当社が開発したNPT（Non Punch Through）素子を採用することにより、並列接続時に問題となる高温時の電流バランスの不均一を解消した。
- (2) 沸騰冷却フィンの採用 冷却媒体として、フィンの

内部に冷媒を封入した沸騰冷却フィンを採用した。更に、放熱用ラジエータ部を密閉ダクト構成にすることで、冷却器のコンパクト化と冷却効率の向上を実現した。

(3) 外部短絡保護回路の実現 高速・低ノイズの電流検出用ホールCT(Current Transformer)と高速コンパレータを用い、実際の短絡電流を検出することにより、いかなる短絡でもゲート絞リ、ゲート遮断が可能な安定した短絡保護を実現した。

(4) インバータノイズ対応 インバータノイズを考慮して、伝導ノイズ対策としてノイズフィルタ、主回路コアを装備し、更に、放射ノイズ対策として、盤本体とパネル間の同電位化を図るとともに、外部出力電線部にコアを挿入した。これにより、EMC(Electric Magnetic Compatibility)の基準への対応が可能となった。大容量インバータ盤の外観を図5に示す。



図5・大容量インバータ盤 EMC対策を盛り込んだコンバータ:3並列、インバータ:4並列構成の大容量変換装置を商品化した。
Large-capacity inverter panel

3.2 大容量PMSM制御技術

速度1,000 m/分級の超々高速エレベーターや、かごが2階建ての構造のダブルデッキエレベーターでは、モータ容量が100 kWを超える電動機を駆動する必要がある。エレベーター用の電動機は通常低速・高トルクモータのため大電流を供給する必要があるため、2巻線構造を採用した。2巻線の各々の電流は、独立したコンバータ・インバータから供給される。このツインインバータシステムの構成を図6に示す。

2巻線駆動では、独立した巻線に独立したインバータから電流が供給されるため、電動機内部の磁気的な相互干渉によりトルクリップルが発生する場合がある。このシステムでは、一つの高性能マイコン“PP7”により、同時に二つの電流を最適に制御し、トルクリップルを抑制した高速な電流制御を実

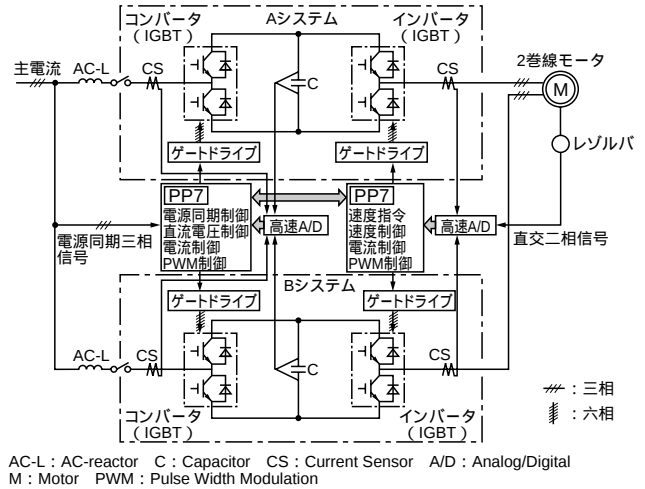


図6・大容量ドライブシステムの構成 ツインインバータシステムにより大容量化を実現した。
Configuration of large-capacity drive system

現した。また、PMSMにおいては、速度0では直流電流が流れる。しかし、インバータユニットに大電流の直流を長時間流すことは、冷却容量の関係から実現が難しい。このため、インバータの保護用に電流の流れをチェックし、異状な低周波電流を流さないような保護制御を追加している。

4 あとがき

当社が取り組んでいる、昇降機におけるパワーエレクトロニクス技術について述べた。これからも、社会ニーズにこたえられる商品開発に向け、努力し続けていく所存である。

文 献

- (1) 安田 邦夫,ほか. 中低層ビルを革新するマシンルームレスエレベーター. 東芝レビュー . 53, 9, 1998, p.5 - 8.
- (2) 飯島 厚,ほか. 超高速・大規模ビルディングを支えるエレベーター技術. 東芝レビュー . 53, 9, 1998, p.9 - 12.



飯島 厚 IIJIMA Atsushi

昇降機システム社 府中昇降機システム工場 昇降機開発設計部主査。エレベーター制御装置の開発に従事。電気学会会員。

Fuchu Operations - Elevator and Building Systems



園田 道吉 SONODA Michiyoshi

昇降機システム社 府中昇降機システム工場 昇降機開発設計部主務。エレベーター制御装置の開発に従事。

Fuchu Operations - Elevator and Building Systems



嶋根 一夫 SHIMANE Kazuo

昇降機システム社 府中昇降機システム工場 昇降機開発設計部主務。エレベーター制御装置の開発に従事。

Fuchu Operations - Elevator and Building Systems