

これからのビル昇降機設備

New Type of Elevator for Buildings

大坪 亮 田中 和宏 尾崎 圭史

■OHTSUBO Ryo

■TANAKA Kazuhiro

■OZAKI Keiji

東芝エレベータ(株)は中低速エレベーター領域において、業界に先駆けてマシンルームレスエレベーター SPACEL™を開発・商品化して以来、絶えず、建物に最適な構造、乗る人に最適な利便性及び快適性を提供するエレベーターを目指して開発を進めている。

このほど、省スペース、省エネルギーを実現した省スペース機械室エレベーター New ELBRIGHT™を開発・商品化した。New ELBRIGHT™は、巻上機の小型化、制御盤の薄型化と片面点検方式の採用により、機械室スペースを38%削減し、高速エレベーター領域での新たな可能性を開いた。

Toshiba Elevator and Building Systems Corp. has continued to develop new types of elevators since developing and commercializing the SPACEL™ machine-roomless elevator for medium- and low-speed applications, which was the first such product in the industry. Our aim is to increase comfort and convenience for the users while requiring the least possible space in the building.

We have now developed and commercialized another type of small-machine-room elevator, the New ELBRIGHT™, for high-speed applications. Savings in both energy and space have been realized by making the traction machine smaller and the control panel thinner and by adopting a one-side inspection structure for the control panel. As a result, the space required for the machine room is reduced by 38%. The New ELBRIGHT™ represents a major step forward in the field of high-speed elevators.

1 まえがき

東芝エレベータ(株)は、今や日本市場において標準型エレベーターのデファクトスタンダードとなった、マシンルームレスエレベーター SPACEL™を日本で初めて開発・商品化した。これに引き続いて、今回“PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor) ギヤレス巻上機を使用した、省エネルギー・省スペース機械室システム”をコンセプトとした新型省スペース機械室エレベーター New ELBRIGHT™を開発した。ここでは、New ELBRIGHT™について以下に述べる。

2 省スペース機械室エレベーター New ELBRIGHT™

2.1 システム構成

New ELBRIGHT™の全体システム構成を図1に、基本仕様を表1に示す。

巻上機にIPM (Interior Permanent Magnet) モータを用いることにより、従来のSPM (Surface Permanent Magnet) モータを用いた巻上機に比べ、設置面積を38%削減した。制御盤は点検スペースを含む必要面積を64%削減した(図2)。

2.2 開発のポイント

- (1) 新開発の薄型PMSM (IPM モータ) 巻上機による新駆

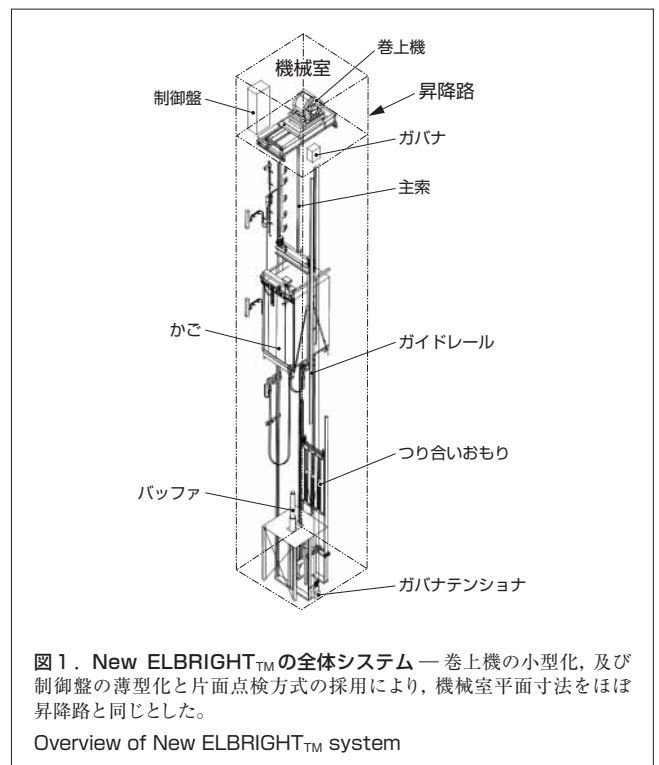


図1. New ELBRIGHT™の全体システム — 巻上機の小型化、及び制御盤の薄型化と片面点検方式の採用により、機械室平面寸法をほぼ昇降路と同じとした。

Overview of New ELBRIGHT™ system

動システム採用により、防振装置を含めた設置スペースを大幅に小型化した。

表1. New ELBRIGHT™の基本仕様

Specifications of New ELBRIGHT™

項目	仕様
用途	乗用・人荷用
定員 (積載荷重)	乗用・人荷用 : 9~27名 (600 kg~1,800 kg) 非常用 : 17~27名 (1,150 kg~1,800 kg)
速度	120~240 m/min
駆動方式	トラクション式(ギヤレス方式)
制御方式	インバータ制御方式(電源回生付き)

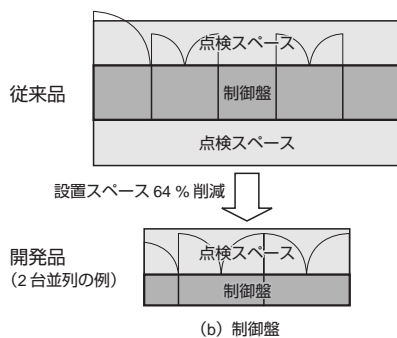
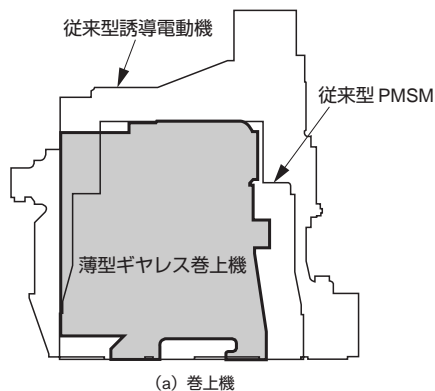


図2. 巻上機(a)と制御盤(b)の従来品との寸法比較—従来と比較して、巻上機及び制御盤の外形寸法と設置スペースが大幅に削減されている。

Thin type gearless traction machine and control panel

(2) 制御盤の薄型化, 片面点検方式の採用, 機器類の小型化と最適配置などにより, 機械室寸法の最小化を実現した。

2.3 開発項目

New ELBRIGHT™の主な開発項目を図3に示す。

3 巻上機

3.1 外観

New ELBRIGHT™に採用した巻上機はIPMモータとし, シープ, ブレーキをコンパクト化し, 薄型ギヤレス巻上機とした(図4)。

3.2 定格

巻上機の主な定格を表2に示す。

3.3 小型化技術

従来のSPMモータからIPMモータに変更することで, 後述するd-q軸制御を適用することを前提に, 使用する磁石を削減することが可能となった。これによって, 巻上機の小型化が実現した。

3.4 モータ巻線比の変更

従来, 幅広い仕様範囲を1種類の巻上機でカバーしていたが, モータの巻線比を変更したラインアップをそろえること

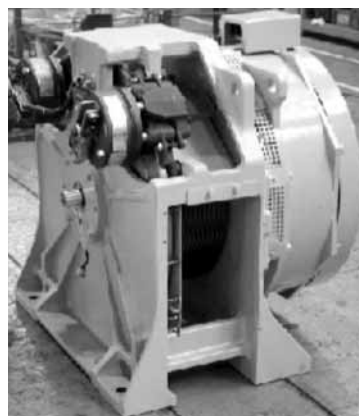


図4. 薄型ギヤレス巻上機—向かって右側がモータ部, 左側がメインシープ部とブレーキである。

Thin type gearless traction machine

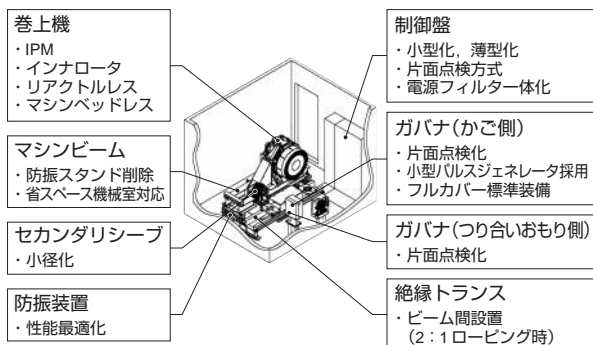


図3. New ELBRIGHT™の開発項目—巻上機, 制御盤, ガバナ, 防振装置の主な開発項目と施策内容を示す。

Development items of New ELBRIGHT™ system

表2. 巻上機の主要定格

Specifications of traction machine

項目		IPMモータ	SPMモータ
定格出力	(kW)	45	45
定格速度	(m/min)	240	240
定格トルク	(N・m)	1,692	1,833
定格電流	(Arms)	72	82

で、エレベーター速度に合わせた巻上機の仕様となり、電流-トルク比を改善することが可能となった。このため、インバータ容量を下げることができ、小型化が可能となった。

4 制御盤

4.1 概要

制御盤の設置面積縮小のため、点検箇所を正面側に集中させることで裏面点検をなくしたので、点検スペースが縮小され、奥行き寸法の短縮化が実現した。

機器の最適設計や薄型インバータの開発により、小型・薄型化を図っている。当社従来品に対し、体積比で約23%の削減を実現した(図5)。

また、裏面点検なしの片面点検方式により、機械室の壁際に据え付けることを可能にしている。

New ELBRIGHT™を小型化するための技術を中心とした開発内容は以下のとおりである。

- (1) 制御盤を正面側からすべて点検可能とすることで、機械室の壁際の設置を可能とし、点検スペースを含む設置面積の削減を行った。
- (2) インバータの変調方式を従来の三相PWM(パルス幅変調)方式から二相PWM方式に変更することにより、主回路素子の損失熱量を抑え、インバータの出力を従来品と比較し30%増加させ、省スペースを実現した。
- (3) IPMモータの制御にリラクタンストルクを利用するd-q軸制御を採用することにより、巻上機の小型化及びインバータの小型化を実現した。
- (4) インバータ制御におけるデッドタイムの補償制御を改



図5. 薄型制御盤 — 機器の最適設計や薄型インバータ開発により小型・薄型化を実現した。

Thin type control panel

善することによって、振動低減と高調波の低減を図り、電源フィルタの小型化を実現した。

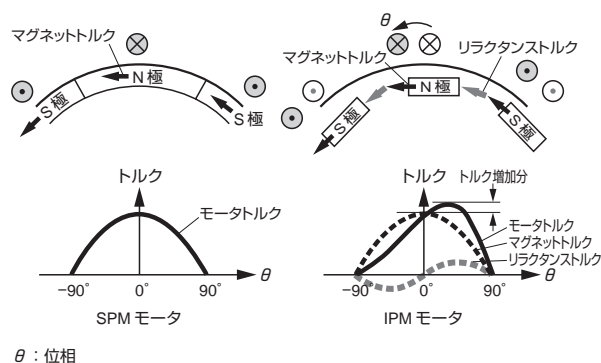
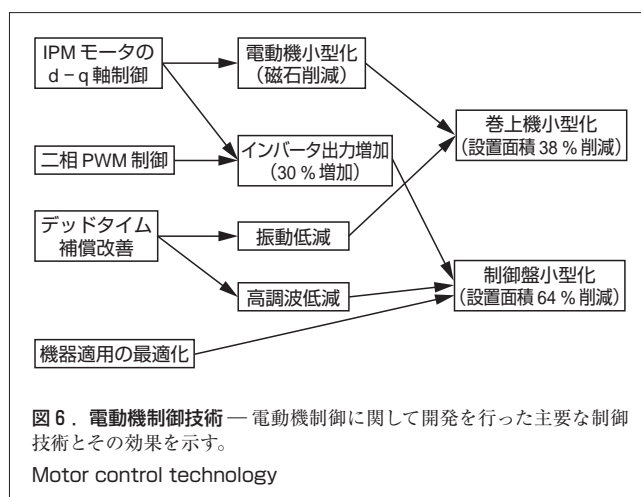
- (5) モータの巻線の耐電圧を上げモータリアクトルレス化することで、設置面積の削減を実現した。
- (6) 制御機器の一部をマシンビームのすき間に設置し、省スペース化を実現した。
- (7) 小型ガバナに取り付けるパルスジェネレータを新規開発し、ガバナ設置スペースに自由度を持たせた。

これらの施策により、従来機種との機械室面積に対して38%減少することができた。

4.2 制御装置

制御盤の小型化を可能とした制御技術は、IPMモータのd-q軸制御、二相PWM制御、デッドタイム補償改善、機器の最適化の4点である。制御装置の小型化技術の内容を以下に示す(図6)。

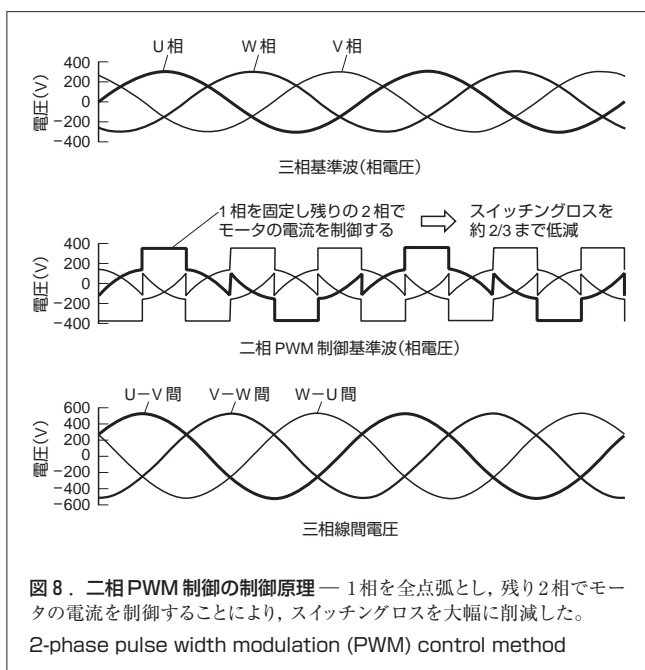
4.2.1 d-q軸制御 リラクタンストルクを利用するd-q軸制御の原理を図7に示す。



IPMモータ制御は、磁石によるマグネットトルクと、突極性によるリラクタンストルクで制御している。リラクタンストルクは、マグネットトルクとリラクタンストルクとの和が最大となるように位相をずらし、制御を行う。d-q軸制御は、発生トルク向上に効果があるが、誘起電圧も低下するので、高速化対応にも有効である。

4.2.2 二相PWM制御 二相PWM制御の特長として、以下の点が挙げられる(図8)。

- (1) インバータ出力電圧の利用率の拡大 インバータ出力電圧が不足した場合、不足している相を最大値(連続ON状態)とし、他の2相にて線間電圧の不足分を補うことにより正弦波を保った状態で線間電圧を増加させる。
- (2) 主回路素子のスイッチング損失 主回路素子のいずれかが、スイッチングを停止する(連続ON状態)ため、スイッチングによる損失が2/3に抑えられる。
- (3) ハードウェア構成の変更なしで適用可能である。



従来の制御方式では、二相PWM制御はインバータの出力電圧が不足した場合のみに動作し、通常の適用の場合は動作することなく、異常時対応という位置づけであった。

新制御装置では、ほぼ全速度領域にわたり二相PWM制御を適用可能とし、主回路素子のスイッチング損失の大幅な低減を実現した。インバータの出力電圧が小さい場合には、電流リップルやデッドタイムなどの影響が顕著となり、図8のような理想的な二相PWM波形にならない。このため、デッドタイム補償を改善し、より理想的なON素子切換えを実現した。

この結果、インバータの出力を従来比30%増加させることを可能とした。

4.2.3 デッドタイム補償の改善 今回採用したデッドタイム補償は素子の通電条件や電圧条件を考慮し、素子に流れる電流が“ゼロ”になり、端子電圧がフローティングになる状態を極力短時間にする事で、電流リップルを大幅に改善している。この改善により、二相PWMの制御領域を極低速領域まで拡大できるとともに、巻上機の発生振動を抑制し、エレベーターの乗りごちの改善を実施した。また、防振構造の簡素化など巻上機の小型化や、コンバータ側の高調波フィルタ回路の小型化に貢献した。

4.2.4 機器の最適化 インバータの主回路素子を従来のIPM (Intelligent Power Module) 素子からIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)に変更し、IGBT素子の短絡時保護機能を外部に付加することで、小型化と低ノイズ化を実現した。また、インバータの回路を構成する銅バーを平板密着構造にすることで、スナバ回路を簡略化でき、部品点数の減少が可能となった。

また、制御方式の改善に伴い、主回路用品を再選定し、小型化とスタック構造の簡素化を実現した。

5 あとがき

エレベーターに対する顧客の要望はこれからも変化していく。当社は今後、中低速から高速に至るまで、多様化、高度化する市場ニーズに対応し、環境に配慮した優れた商品を生み出していく。

文献

- (1) 石井隆史,ほか.革新を続けるエレベーター.東芝レビュー.58,12,2003,p.28-31.



大坪 亮 OHTSUBO Ryo
東芝エレベータ(株)研究開発センター 電気開発担当主任。
エレベーターのパワーエレクトロニクス機器開発設計業務に従事。電気学会会員。
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



田中 和宏 TANAKA Kazuhiro
東芝エレベータ(株)研究開発センター システム開発担当。
エレベーターの開発設計業務に従事。
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



尾崎 圭史 OZAKI Keiji
電力・社会システム社 府中電力・社会システム工場 交通システム部主務。エレベータ用巻上機の開発設計業務に従事。
Fuchu Operations - Industrial and Power Systems & Services