

高速エレベータ用巻上機とインバータ

🔊 巻上機, インバータ, エレベータ, 安全性, 省エネルギー

* 東 義高 Yoshitaka Higashi

* 小笠原仁 Hitoshi Ogasawara

** 迫 博己 Hiromi Sako

*** 井上重夫 Shigeo Inoue

概要

高速エレベータ用巻上機 (PM6T・PM13T) 及びインバータ (THYFREC VT850H) を開発・製品化した。巻上機はシーブ片持ち構造・低トルクリプルが特長である。また、日本の国交省新安全基準及び中華人民共和国国家標準 (GB/T24478-2009) に適合し、巻上機としてGB型式試験認定中国国家標準を取得している。インバータはPWM制御方式の電源回生コンバータを標準装備し、省エネ・電源高調波抑制・高力率を実現している。また、保護機能やトレースバック機能・エレベータ位置制御機能など充実させ、安全性や利便性を追及した。

昇降速度 (m/s)	4.0												
	3.5						13T		15T				
	3.0												
	2.5						6T						
	2.0												
	1.75												
	1.5												
	1.0						3T			5T			
0.75													
		450	600	750	1000	1350	1600	1800	2000				
		積載荷重 (kg)											

エレベータのDUTYテーブル

1. ま え が き

近年、中国の経済成長に見られるように、ビルやマンションの高層化が進み、高速エレベータの要求も高くなっている。この要求に応え、2011年に積載荷重2000kg - 昇降速度4.0m/s用の巻上機PM15Tを開発・製品化した。

今回、積載荷重1600kg - 昇降速度4.0m/sに対応したPM13T, 昇降速度2.5m/sに対応したPM6T, 及び高速エレベータ用巻上機を駆動するインバータTHYFREC VT850H (以下, VT850H) を開発した。本稿では、これらPM6T・PM13T, VT850Hの仕様や特長を紹介する。



第1図 PM13T巻上機
PM15Tと同様にシーブ片持ち構造とした。

2. PM6T, PM13Tの製品概要

2.1 製品仕様

第1図にPM13Tの外観, 第1表にPM6T・

PM13Tの主な仕様を示す。これらの巻上機はPM15Tと同様にメンテナンス性を重視したシーブ片持ち構造を採用している。

*回転機技術部 **電動力応用事業開発部 ***MEIDEN SHANGHAI CO., LTD (MTS)

第1表 PM6T・PM13Tの主な仕様

高速エレベータ用巻上機の主な仕様を示す。

項目	PM6T	PM13T
積載荷重 (kg)	1600	1600
昇降速度 (m/s)	2.5	4.0
定格出力 (kW)	25	40
極数 (極)	20	20
定格回転数 (min ⁻¹)	119	319
軸荷重 (N)	58,800	127,400
シーブ径 (mm)	480	480
ブレーキトルク (N・m)	3000	3000
保護構造	IP41	IP41
寸法 (mm)	W880×H882×D787	W880×H882×D904
質量 (kg)	約1050	約1180

2.2 特長

本巻上機は、より快適な乗り心地やメンテナンスの容易性、信頼性や安全性を重視した設計となっている。主な特長は以下の通りである。

2.2.1 シーブ片持ち構造

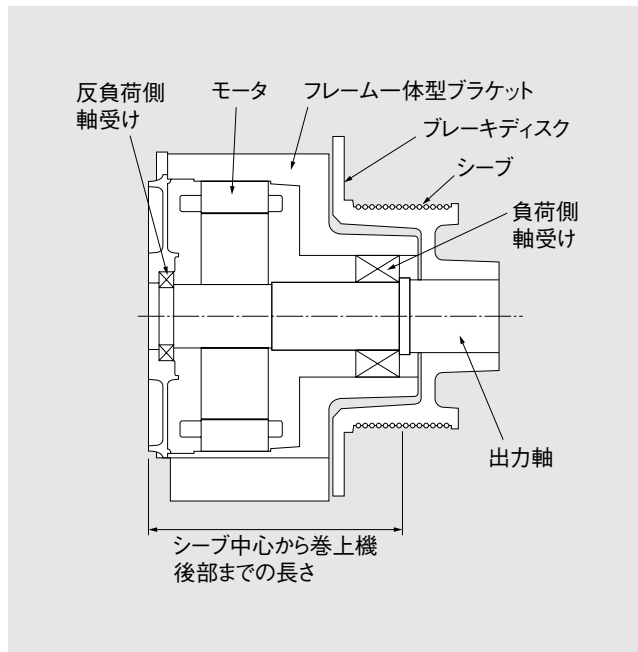
本巻上機では、高速エレベータで要求される大きな軸荷重に耐えるため、シーブの内径側に負荷側の軸受けをもぐりこませる構造を採用している。また、フレームと負荷側ブラケットの一体化及びシーブとブレーキディスクの一体化を行うことで、シーブの傾きやシャフトのたわみを低減している。一般的なシーブ両持ち構造と比較し、容易にシーブの交換が可能となる。**第2図**に構造図を示す。

2.2.2 低トルクリプル

エレベータ用モータのトルクリプルは乗り心地に悪影響を及ぼすため、可能な限り低減することが必要である。本巻上機では、電磁界解析を用いてモータ形状の最適化を行うことで、定格負荷に対するトルクリプルの割合を従来機の約1/2以下に低減することができた。

2.2.3 小形化・省設置スペース化

エレベータでは、そのレイアウト上、昇降路スペースの中心にシーブを配置するため、**第2図**に示すシーブ中心から巻上機後部までの長さが短い方が良い。本巻上機では集中巻の採用によりモータの全長を、フレームと軸受け構造のCAE解析により軸受け間距離をそれぞれ短くすることで、シーブ中心から巻上機後部までの長さを従来設計の20%短縮することができた。



第2図 シーブ片持ち構造図

PM13Tの構造図を示す。シーブとブレーキディスクが一体構造となっている。

2.2.4 全閉形構造

ビルの建設時、資材運搬のためにエレベータを運転する場合があります。建設中に発生する粉じんに耐える構造の要望がある。

従来、機械室に設置される高速エレベータ用巻上機は開放形が一般的であったが、本巻上機では、モータの高効率化を図るとともに、巻上機表面のフィン形状を最適化し、モータの温度上昇を抑えて粉じんに対して保護能力が高い全閉形構造を実現した。

2.2.5 規格対応

本巻上機は、中華人民共和国国家標準 (GB/T24478-2009) に適合し、巻上機単体でGB型式試験認定を取得している。また、以下の構造とすることにより、日本で2009年9月30日に施行された建築基準法改正による国交省新安全基準にも適合している。

(1) ブレーキの二重化 新安全基準では以下の2点を求めている。

- (a) ブレーキ装置を2個設けること
- (b) 1個のブレーキで定格積載時の100%荷重制止保持及び制動能力があること

本巻上機は、2個の電磁クランプと大径ブレーキディスクを配置することで基準を満たしている。さらにシーブとブレーキディスクを一体化するこ



第3図 手動緊急操作装置

ブレーキをレバーにより手動開放し、手回しハンドルを回すことで救出操作を行う。

とによって、ディスクの円環強度を増し、ブレーキディスク面の変位量を低減している。

(2) 軸受けの油漏れ対策の二重化 新安全基準では、制動力に影響を与える場所に油が付着することを防止し、保守点検時に外部から油漏れを確認できる構造が求められている。本巻上機の油漏れ対策はオイルシールとラビリンス構造を採用し、二重化を図っている。また、オイルシールの劣化で油漏れが生じた場合でも、ブレーキ制動面まで到達せず、モータ下部に配置されているドレン（油抜き穴）から排出される構造となっている。

2.2.6 手動緊急操作装置

停電又はトラブルによりエレベータかご内で閉じ込めが起きた場合、迅速にかごを最寄り階に移動させる必要がある。本巻上機では、第3図に示すように、ブレーキをレバーにより手動解放し、巻上機後部に手回しハンドルを取り付けて操作することにより、定格積載のかごを手動で移動させることができる。

2.2.7 正弦波出力エンコーダ

昨今のエレベータでは、荷重センサの代わりにアナログエンコーダの出力信号（正弦波）を使用し、ブレーキ開放時に発生するショック（ロールバック）を抑制している。本巻上機では、この制御に対応するため、1Vp-pの正弦波差動出力のエンコーダを標準搭載している。



第4図 VT850H

VT850Hは電源回生コンバータ機能を標準装備し、省エネに貢献する。

3. VT850Hの製品概要

3.1 製品仕様

積載荷重1350～2000kg、昇降速度2.0～4.0m/sに適用する高速エレベータ駆動用インバータ THYFREC VT850Hをシリーズ化した。第4図に外観を示す。

VT850Hシリーズは電源回生機能を標準装備し、エレベータのエネルギー消費の低減に大きく貢献する製品である。また、PWM制御を採用し電源高調波の抑制を行っている。第2表にVT850Hの仕様を示す。

出力電圧を513Vに昇圧することで、インバータ部の小形化を図るとともに出力電流を抑え、出力側開閉器・配線などの定格を低減できる設計とした。また、高層ビル・病院での適用を想定し、負荷時間率60%ED、1日の稼働時間12時間、1時間当たりの起動回数240回、年間平均運転回数で最大100万回運転が可能な設計とした。

3.2 特長

3.2.1 安全性と信頼性

エレベータの運行をより安全に行うために、VT850Hではエレベータの運行に関与する制御や保護機能を備えている。VT850Hの代表的な制御及び保護機能は、以下の通りである。

(1) ブレーキ制御及び動作監視機能 インバータのトルク制御と連動したブレーキの開閉を行うとともに、ブレーキ動作の監視・速度指令やフィードバックと連携したブレーキ開閉状態の監



第2表 VT850Hの主な仕様

VT850Hの特長はPWMコンバータを標準装備、出力電圧513Vを標準としていることである。

形式	VT850H-□□□□		5100	5130	5160	
巻上機	最大適用電動機(kW)		30	40	49	
	定格トルク(%)		100	100	100	
	加速時トルク(%)		220	220	220	
機器定格	最大連続定格電流(A)		100	130	160	
	最大加速電流(A)		37	62	75	
	キャリア周波数		8kHz基準(2~10kHz可変)			
	負荷時間率		60%ED			
	起動回数		240回/時間			
	稼働時間		12時間/日 365日/年			
電源	定格入力電圧		380~440V±10%			
	定格入力周波数		50, 60Hz±5%			
出力	定格出力電圧		513V			
	制御方式	入力制御方式	正弦波近似PWM制御			
構造		出力制御方式	正弦波近似PWM制御			
	設置方式		壁掛形			
	冷却方式		強制風冷			
	保護構造		IP20			
	寸法(mm) W×H×D	コンバータ	W650×H600×D250	W380×H590×D260		
		インバータ		W380×H590×D260		
	概略質量(kg)	コンバータ	45	27		
インバータ			27			

視を行う。

(2) アンチロールバック機能 荷重センサがないもしくは調整がされていない場合でも、かごのロールバックを抑制する機能である。本機能により、据え付け時の安全性の向上や、荷重センサの調整の簡略化が図れる。

(3) 過積載検出機能 エレベータには過積載を検出する機能が付いているが、機器の故障や断線などの問題が発生した場合のバックアップがない。そこでVT850Hでは、アンチロールバック機能が動作した際の電流値から過積載を判断し、エレベータの運転を止める保護機能を搭載した。

(4) STO (Safe Torque Off) 機能 外部回路からの指令でインバータのスイッチング回路の電源を切る機能である。このSTO機能によって外部故障などが発生した場合、インバータの出力を確実に遮断することができる。

(5) 救出運転 停電時、UPS (Uninterruptible Power System) やバッテリーなどの非常用電源による救出運転が必要となるが、非常用電源を使用する場合、電源回生はできない。VT850Hでは救

出運転時の直流過電圧を防止するため、放電抵抗回路を構成するトランジスタを標準装備した。また、アンチロールバック機能が動作した際の電流値から軽負荷方向を自動判別できる。この判別結果から救出運転方向を決めることで、非常用電源の消費電力低減が可能になる。

3.2.2 省エネ

VT850Hは正弦波近似PWM電流制御を行う電源回生コンバータを標準装備している。これにより、従来抵抗器の発熱として無駄に捨てていた回生電力の有効利用が可能になる。さらにPWM制御方式を採用しているため、高調波電流の抑制と高力率による電源設備容量の低減ができる。

また待機電力を低減するため、待機中のコンバータ運転停止機能や冷却ファンの停止機能を備えている。

3.2.3 故障診断支援

エレベータの運行中に問題が発生した場合、要因を早期に特定するためには様々な情報が必要となる。VT850Hでは、従来の故障履歴の記録のほかにトレースバック機能を用意した。トレースバック機能は、故障発生時前後の出力電圧・出力電流・出力周波数・速度指令・速度フィードバックなどのデータを自動的に保存しておく機能である。これらの情報をパソコンの専用ツールで読み込み、波形表示機能などを使い、故障発生時の状況解析を行うことができる。

3.2.4 保守性の向上

エレベータでは、制御装置の故障による停止は重大な問題となるため、劣化による故障が発生しないよう製品の点検・保守が必要不可欠である。VT850Hでは、寿命部品(主回路IGBT, 交流ヒューズ, 冷却ファンなど)の交換時期の目安を知らせる寿命診断機能を備えた。

3.2.5 利便性

(1) オペレーションパネル オペレーションパネルは5行表示できる大画面と、テンキーによるパラメータ設定方式を採用し、操作性を向上させている。第5図に外観を示す。



第5図 オペレーションパネル
大形ディスプレイ（5行表示）とテンキーを備え操作性を向上している。

(2) 特殊電源電圧時の運転モード ビル建設時、資材運搬などでエレベータを使うことがあるが、供給される電源が仮設電源である場合が多い。VT850Hでは、3相380V-30%まで、あるいは単相220Vでも運転可能なモードを備え、ビル建設時の仮設電源にも対応可能である。

3.2.6 位置制御機能

当社エレベータ用薄形インバータ（THYFREC VT800）に搭載している位置制御機能を高速エレベータ用に拡張して搭載した。位置制御機能はインバータがエレベータの階床位置や安全リミットスイッチの位置などを学習し、エレベータの走行管理をする機能である。上位コントローラからはシリアル通信により運転モード（通常運転・点検運転・救出運転など）を選択するだけで、運転モードによる走行速度の管理・クリープレスの着床制御ができる。この機能により、従来上位コントローラが担っていた速度パターンの作成など複雑なプログラムが不要になる。

4. む す び

高速エレベータ用巻上機PM6T・PM13T及びインバータVT850Hを紹介した。高い品質や安全性を備えている製品であり、需要が拡大する高速エレベータ向け製品の主役となることを期待している。今後も品質や安全性を追求し、お客様に満足していただける製品の開発に取り組んでいく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



東 義高 Yoshitaka Higashi
電動機の開発業務に従事



小笠原仁 Hitoshi Ogasawara
電動機の開発業務に従事



迫 博己 Hiromi Sako
インバータの開発業務に従事



井上重夫 Shigeo Inoue
電動力応用製品のエンジニアリング業務に従事