



日本冷凍空調学会賞 技術賞

空冷ヒートポンプ式モジュール型熱源機 「ユニバーサルスマートX (3シリーズ)」

Air Heat Source Module Type Heat Pump Unit [Universal Smart X 3-Series]

1. ま え が き

当社はこれまで、独自の“Xフレーム構造”および“モジュール in モジュール構造”を採用した空冷ヒートポンプ式モジュール型熱源機を開発してきた。今回、今後の市場動向や、環境性能向上の必要性、VOC (Voice of Customer) 対応などの観点から、次の点を重要開発項目として、モジュール型の空冷ヒートポンプ式熱源機“ユニバーサルスマートX 3シリーズ (USX3)”を新たに開発した。①更なる省エネ性の向上、②インバータから発生する高調波電流の抑制、③熱源機用電源設備容量の低減。本稿では、USX3の主な特徴と、それを実現した要素技術について述べる。

2. 主な仕様とラインナップ

30, 40 および 50 馬力の基本モジュールをラインナップし、冷却加熱兼用と冷却専用のモデルを用意するとともに、標準タイプと散水装置付きの高 COP (成績係数) タイプの 2 種類を取りそろえた。さらに、モジュールの組合せにより、設備容量に合わせた幅広い機種選定が可能で、85 kW から 19 200 kW まで対応できる (図 1)。

3. 業界最高の省エネ性実現のための要素技術

3.1 高効率ツインロータリコンプレッサ

2010 年の開発当時に 15 馬力の世界最大能力を発揮した R 410A インバータツインロータリコンプレッサの省エネ性をさらに向上させ、業界最高^(注1)の運転効率を誇る新しい R 410A ツインロータリコンプレッサを開発した。主な開発要素は次のとおりである。

(1) 大型のツインロータリコンプレッサ用に 6 極集中巻きモータを新規採用し、内製化した (図 2)。従来の 4 極分布巻き構造のモータに対し、コイルエンドを縮小し



図 1 製品外観

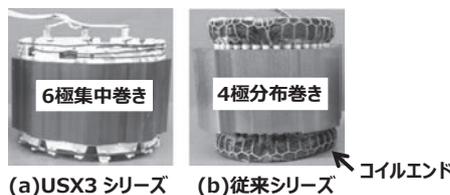


図 2 コンプレッサモータの最適化



立石章夫* 遠山新悟* 森田 健* 志田勝吾*
Akio TATEISHI Shingo TOOYAMA Takeru MORITA Shougo SHIDA

銅損を低減した。また、中間負荷領域での効率を最大限高めるために、インバータ制御に合わせてモータ巻線仕様を最適化した。これらにより、インバータを含むモータ総合効率は約 3% 向上^(注2)した。

(2) コンプレッサのクランクシャフト間の剛性を向上させ、クランク周りの撓動 (しゅうどう) 損失を低減した。これにより、機械効率が約 3% 改善^(注2)した。

(3) コンプレッサ内部の吐出ガス経路の最適化を図り、圧力損失を低減した。これにより、圧縮効率が約 1% 向上^(注2)した。

(注1) 2015 年 1 月現在、空冷ヒートポンプ式熱源機において、当社調べ。

(注2) 米国暖房冷凍空調学会が定めた環境条件で、回転数 30 s⁻¹ で運転した場合 (当社従来シリーズとの比較)

3.2 空調用 PWM コンバータ

一般的に、インバータ熱源機の電源高調波電流の抑制のためには別売機器による対策を行う場合が多く、当社もオプションとしてクリーンコンバータ^(注3)を提供している。USX3 では、電源高調波抑制性能をさらに向上させ、かつ、もっとも省エネ性が求められる軽負荷から中間負荷領域でのシステム効率を最大限に高めることに主眼を置き、空調用に最適化した PWM コンバータを開発し標準搭載した (図 3)。PWM コンバータは、半導体を用いた高速スイッチングにより、入力電流をほぼ正弦波にすることができるため、電源高調波の抑制と併せ、

電源力率も向上できる。また、コンプレッサの負荷および回転数に応じて、インバータ回路内の直流電圧を最適制御すること

* 東芝キャリア(株)
Toshiba Carrier Corporation
原稿受理 2016 年 3 月 8 日

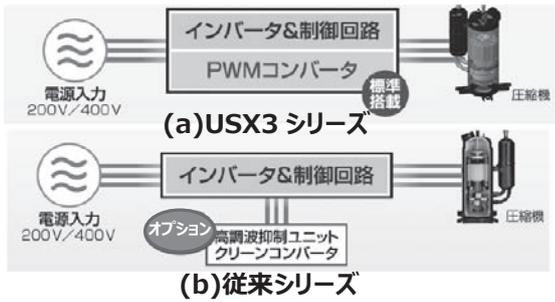


図3 高調波抑制機能

で、高巻き数（高誘起電圧）モータが適用でき、高速回転時は直流電圧をモータ誘起電圧より高く昇圧し、直流電圧昇圧が不要になる低回転時には高巻き数モータを生かしてモータ電流を低減することにより、大幅に効率の向上ができる。従来は熱源機の高調波抑制対策には、直流電圧の変更が困難なアクティブフィルタ方式^(注4)がオプションとして用いられていたが、USX3では高調波抑制機能の標準搭載と、コンプレッサモータ駆動用に最適化した高効率駆動制御が差異化ポイントになる。

(注3) 18パルストランスにより位相角をずらした電圧をつくり、三相電源の基本波を補完して高調波電流の流出を抑制するコンバータ。

(注4) 入力電流をセンシングし、高調波電流に対する逆位相電流を流して高調波電流の流出を抑制する機器。

4. 技術的特徴

USX3は、モジュール型ならではの従来シリーズのメリットを踏襲しつつ、いっそうの高性能化と新たな高機能化を実現した。

4.1 省エネ性の向上

USX3は、コンプレッサの運転効率が向上したことにより、COPは従来シリーズより1.4%向上し、6.4^(注5)となった。また、部分負荷を考慮した期間成績係数(IPLVc)では、従来シリーズよりも4.1%向上して7.0(30馬力、高COPタイプ)^(注5)を実現し、年間を通してさらに高効率運転が可能となった。

4.2 高調波抑制性能の向上

新開発した空調用PWMコンバータにより、電源高調波電流の発生率が第5次高調波を86%低減させ(図4)、高圧または特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドラインの電圧型PWM制御(回路区分「5」で6パルス換算係数「0」)に分類可能となり、以下のような付加価値が向上した。

①高調波電流がもたらす問題(漏電ブレーカの誤作動、リアクトルや進相コンデンサの焼損、テレビのちらつき、ラジオのノイズなど)の撲滅、②自家発電機の容量低減、③受電設備の容量低減、④熱源機器導入時に高調波計算が不要。

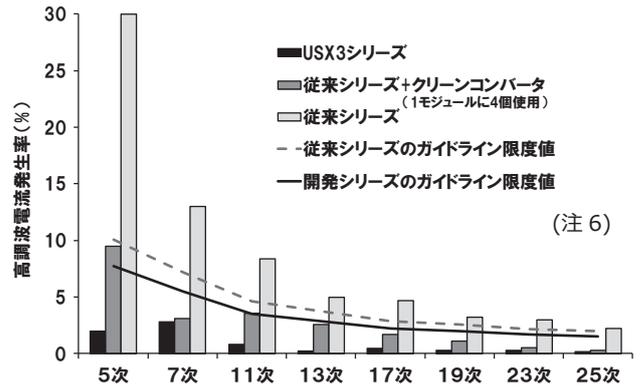


図4 高調波抑制性能の向上

4.3 定格時力率 99%を実現

PWMコンバータにより入力電流をほぼ正弦波にすることで電源力率を向上させ、定格時力率99%（従来シリーズより9ポイント向上）を実現して、以下のように付加価値を向上させた。①電力の使用効率向上による、省電源設計の実現（電源トランス、配線、スイッチ、ヒューズなどの小型化および小容量化）、②無効電力が減ることによる電力損失の低減、③力率85%以上による電力基本料金の割引メリット、④電流値の低減による電力設備の利用効率向上。

(注5) COPおよびIPLVcは、日本冷凍空調工業会規格(JRA4066:2014「ウォータチリングユニット」)に準拠。ただし、出入口温度差は7℃でインバータポンプ内蔵機の実運転制御に基づく値。

(注6) ガイドライン限度値は、当該シリーズの電源トランス容量を契約電力とし、稼働率を60%とした場合の値。

5. あとがき

USX3は、業界最高の高効率運転を達成するとともに、高調波抑制機能の強化、および99%の力率実現という業界初^(注7)の付加価値向上を実現した。これにより、新規設置の場合だけでなく、燃焼系熱源機からインバータ熱源機への移行に際しても、高調波抑制対策や電源設備の増強などを抑えることができ、様々な現場で、よりスムーズに熱源システムのインバータ化による省エネを推進できる。従来シリーズと比べて電源トランス容量を小さくすることもでき、配線やスイッチなど、製品本体以外の周辺設備工事のコストも抑えられる。

当社は、今後も更なる高効率化およびコンパクト化を目指したヒートポンプ機器の開発を推進して豊かな価値をもたらし、ヒートポンプソリューションカンパニーとして社会および地球環境に貢献していく。

(注7) 2015年1月現在、空冷ヒートポンプ式熱源機において、当社調べ。