

大容量インバータ除湿機 “MJ-EV200FH”

伊東大輔*
 山川 崇**
 中村博史***

High Capacity Dehumidifier Equipped with Inverter Compressor "MJ-EV200FH"

Daisuke Ito, Takashi Yamakawa, Hiroshi Nakamura

要 旨

年間平均相対湿度が70%である高温多湿の香港と台湾では、近年、住宅事情の変化によって20L/日以上の大容量の除湿機の需要が高くなってきている。また、省エネルギー性についても意識が高く、省エネルギー性が、EF値(1kWh当たりの除湿量)によって、5段階の等級(最高が1級)で評価されるようになってきた。今回、インバータ圧縮機を搭載した大容量インバータ除湿機“MJ-EV200FH”を開発し、次に挙げる3つの技術によってコンパクト化と省エネルギー性を実現した。

(1) 除湿量大容量化

インバータ化によって圧縮機回転数を増速し、15L/日から20L/日へ大容量化を実現した。冷媒流量増加時の冷媒分配性能を安定化させて20L機種在省エネルギー1級の基準であるEF値2.1L/kWhをクリアした。また15L機と同等の筐体(きょうたい)サイズのため、他社品(21L/日、省

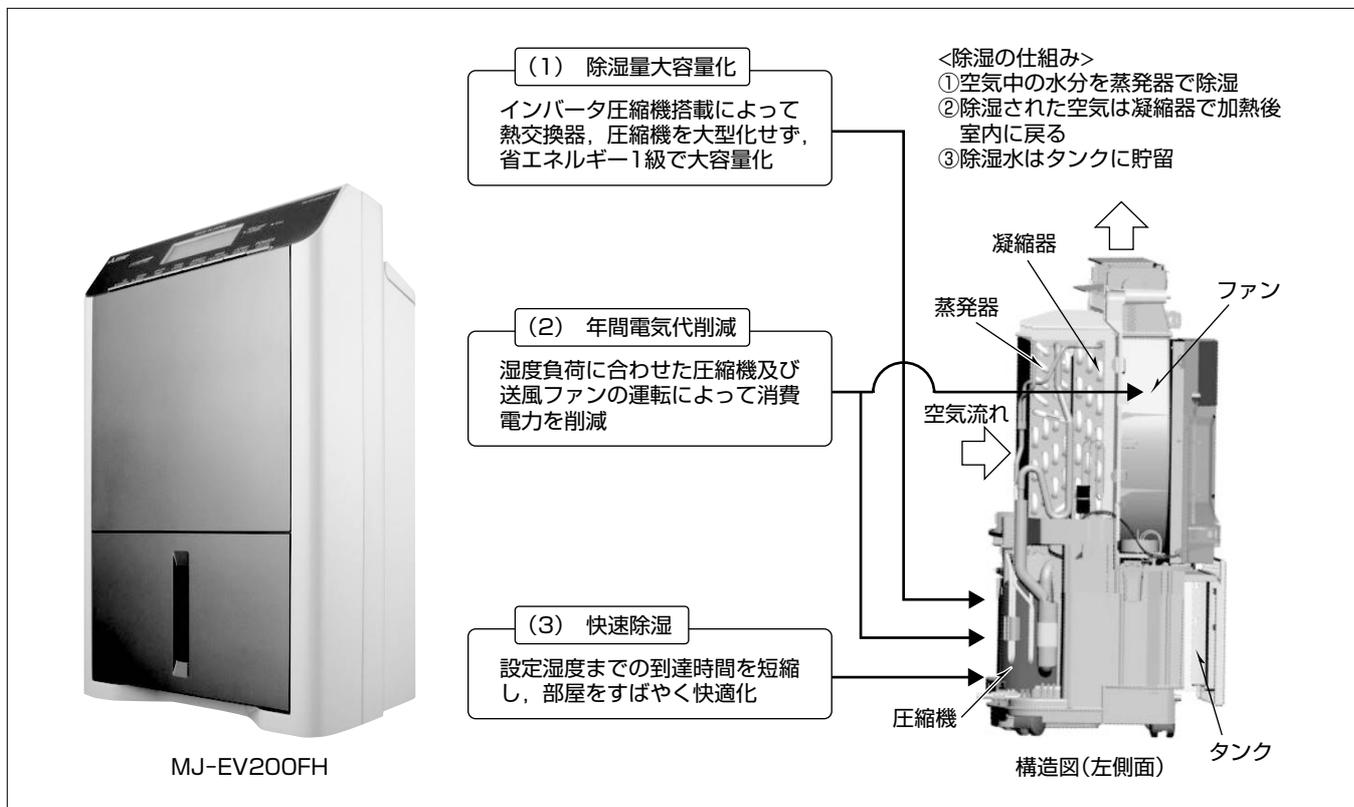
エネルギー1級)に比べ、3kg(19.5kgから16.5kg)軽量化して23%コンパクト化した。

(2) 年間電気代削減

湿度センサによって取得した室内湿度と設定湿度との差に応じて圧縮機の回転数と送風ファンの回転数を最適状態になるように制御した。室温27℃、湿度90%の室内を50%に調整した場合、8時間/日の運転によって香港で年間24%、台湾で年間31%の消費電力を削減した。

(3) 快速除湿

運転開始時の圧縮機回転数の高速化(定格に対し+23%)によって、素早く部屋の湿度を快適な湿度になるまで除湿する。この結果、室温25℃で湿度90%(7畳時)から50%に下げるまでの時間を香港で23分から13分、台湾で23分から18分に短縮した。



三菱電機除湿機“MJ-EV200FH”の3つの搭載技術

三菱電機除湿機MJ-EV200FHは、インバータ圧縮機搭載によって、圧縮機回転数を増速し、熱交換器、圧縮機を大容量化せずに除湿量を増せる。除湿負荷に応じて圧縮機回転数を調整する運転が可能になり、実使用での消費電力量を低減する。また、運転開始時の圧縮機回転数を高速化し、従来機に比べ急速に除湿することが可能になり、設定湿度までの到達時間を短縮できる。

1. ま え が き

近年、年間平均相対湿度が70%である高温多湿の香港と台湾では、住宅事情の変化によって20L/日以上の大容量の除湿機の需要が高くなってきている。また、省エネルギー性についても意識が高く、省エネルギー性が、EF値(1kWh当たりの除湿量)によって、5段階の等級(最高が1級)で評価されるようになってきた⁽¹⁾。しかし、現行の圧縮機“MJ-EL52AF”は回転数を可変にできないため、省エネルギー性を維持したまま除湿量を増やすには、熱交換器や圧縮機の大容量化が必要となる。

そこで、三菱電機は、香港、台湾市場初^(注1)のインバータ圧縮機を採用し、圧縮機の回転数を可変にすることによって、省エネルギー性と軽量化を両立させた大容量除湿機MJ-EV200FHを開発した。

(注1) 香港2014年年10月30日、台湾2014年11月6日現在、三菱電機調べ

2. 除湿機の基本的な構成

除湿機の基本的な構成を図1に示す。除湿機は室内の空気から水分を除湿するヒートポンプと除湿水をためるタンクからなる。ヒートポンプは圧縮機、蒸発器、凝縮器、膨張機であるキャピラリーチューブで構成される。室内の空気は、蒸発器通過時に除湿され、低湿度の空気が凝縮器を通過して加熱され室内へ戻る。室内が目標湿度に到達すると、運転を停止し、運転と停止を繰り返し、室内の湿度を所望の湿度に調整する。

3. 除湿量大容量化

3.1 従来の除湿機の課題

従来の除湿機は、圧縮機の回転数が一定(一定速)であり、運転と停止の繰り返しによって室内の湿度を目標湿度に調

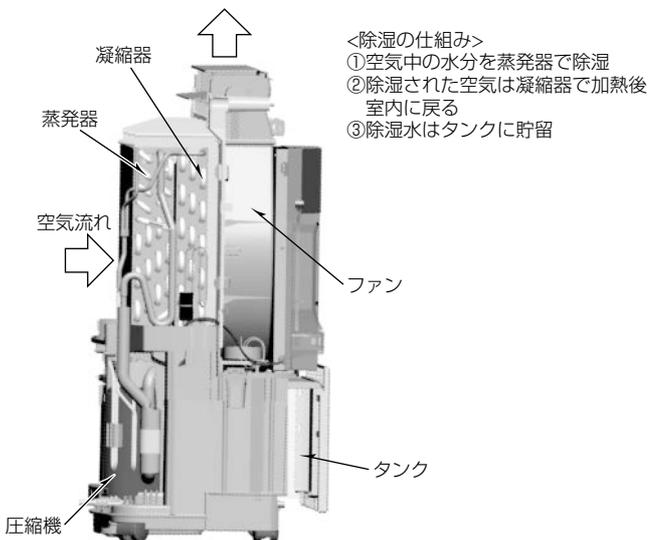


図1. 除湿機の構成

整する。すなわち目標湿度に到達するまでの起動の損失が大きいため、実運転における消費電力が高くなる。また、除湿量15L/日から20L/日の大容量化を一定速機で行うと、熱交換器の寸法、圧縮機の容量を増やす必要がある。しかし室内に設置される除湿機は、軽量、コンパクト、低騒音を求められるため、熱交換器や圧縮機の大型化による除湿量増加は難しい。

3.2 開発技術

3.2.1 インバータ圧縮機

インバータ圧縮機の採用によって、圧縮機回転数を現行の一定速の50Hzから65Hzへ増速し、15L/日から20L/日へ除湿量の大容量化を実現した。また、冷媒流量増加時の冷媒分配性能の安定化によって、EF値2.0L/kWhから2.1L/kWhとし、20L機種の省エネルギー1級の基準をクリアした。15L機と同等筐体サイズのため、熱交換器、圧縮機の容量アップによって大容量化した他社品(21L/日、省エネルギー1級)に比べ、3kg(19.5kgから16.5kg)軽量化して23%コンパクト化した(図2)。

3.2.2 インバータ化

三菱電機のインバータ除湿機では圧縮機駆動技術として、図3に示す圧縮機駆動回路で、インバータ部で静音化及び高効率・高出力化を、力率改善コンバータ部で低損失化及びリアクタ小型軽量化をそれぞれ実現した。

3.2.3 圧縮機駆動インバータの制御技術

除湿機は室内で用いられるため、駆動に起因する騒音を低減する目的で圧縮機モータの制御に正弦波駆動を採用している。電流を正弦波状に制御することでモータの磁束変化と相似波形的な変化となり、騒音のオーバーオール(音

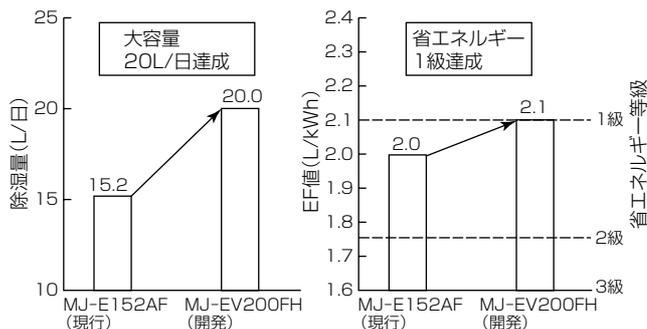


図2. 現行と開発機の性能比較

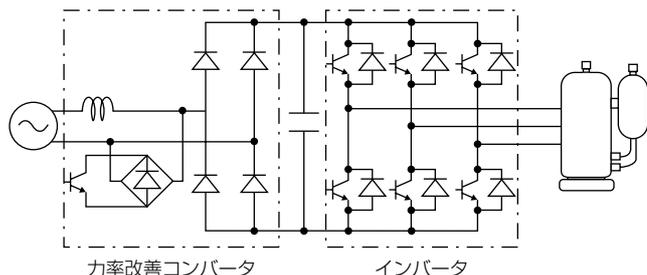


図3. インバータ除湿機の圧縮機駆動回路

圧の全周波数帯域の合計値)及びピークを低減して静音性の高い圧縮機駆動を実現している。

また、インバータのキャリア周波数を高周波化して駆動することで、高いモータ制御性を実現するとともに圧縮機及びインバータに起因する騒音を可聴域外としている。

インバータによって圧縮機モータの可変速運転が可能となるため、運転条件に応じた回転数で圧縮機モータを駆動することができ、高効率・高性能なシステムの実現を可能にした。

また、各運転条件(温度・湿度・運転モード)に応じてモータ制御電流指令(d軸電流指令)を最適に制御することで、高効率な圧縮機駆動システム(インバータ&モータ)の駆動、放熱フィン等の電気基板関連部品の小型化を実現している。図4は定格運転(室温27℃,湿度60%)でd軸電流値と消費電力の関係を測定した結果である。d軸電流を最適値に設定することで定格運転時の消費電力を削減した。

3.2.4 力率改善コンバータの制御技術

インバータ化による課題である電源力率の確保と高調波電流の抑制のために力率改善コンバータを採用した。

力率改善コンバータによって、電源力率を改善することで電流ピーク値及び電流実効値を抑制するとともに高調波電流の含有量を抑制することでリアクタの小型化を実現し、リアクタ小型化によってユニット質量及びサイズの増加を抑制している(図5)。また、高調波電流をIEC (International Electrotechnical Commission)規格(IEC 61000-3-2)に適合させることで、全世界展開を可能としている。

また、コンバータ回路を電源電圧(例:110V 倍電圧回路, 220V 全波整流回路)に応じて切り換えることで、インバータ入力電圧の共通化を図り、インバータと圧縮機を共通化することで110V機種でも高効率なシステムが実現できる。

3.2.5 冷媒分配の改善

現行の三方管(分配器)は、15L/日除湿機では流量一定であるため分配に合わせた熱交換器の構成とすれば良いが、回転数増加時に蒸発器に流入する冷媒の分配が悪化し除湿量が低下する(図6)。これは冷媒の流量増加によって液の慣性力が増加し、直進流路へ冷媒が偏って流れるためである。流入冷媒を対向壁に衝突させ、気液が一定比率で分配される衝突型三方管への変更によって、広い流量範囲における一定の分配比を実現した(図7, 図8)。これによって、全ての回転数の運転で除湿性能を確保した。

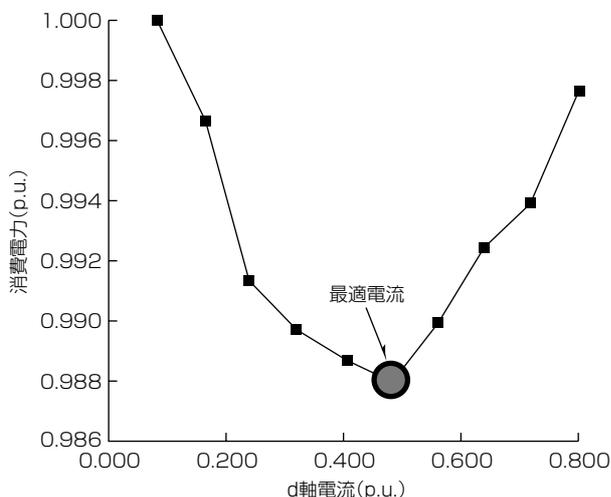


図4. d軸電流値と消費電力

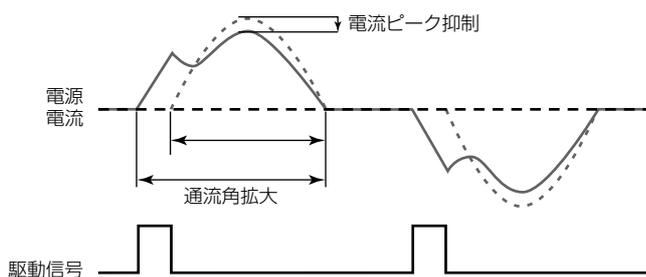


図5. 簡易スイッチングコンバータの動作波形

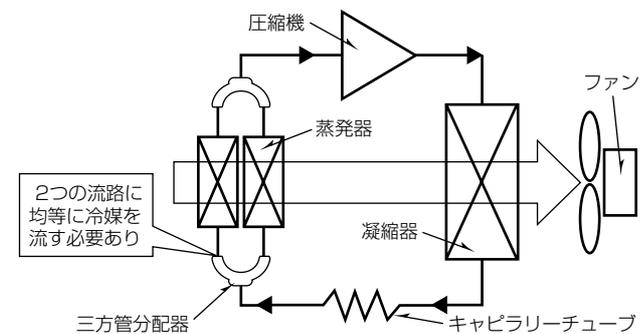


図6. 除湿機の冷媒回路

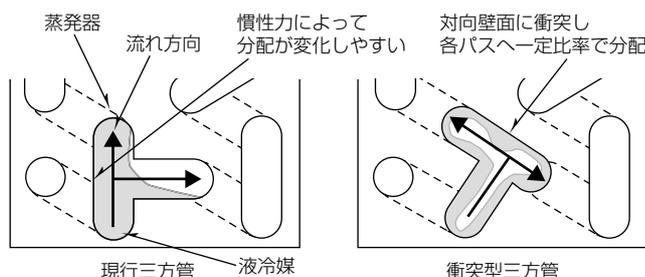


図7. 三方管の冷媒流れ

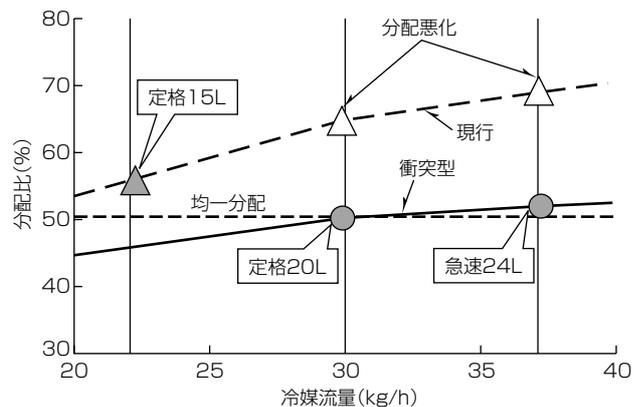


図8. 三方管の流動特性

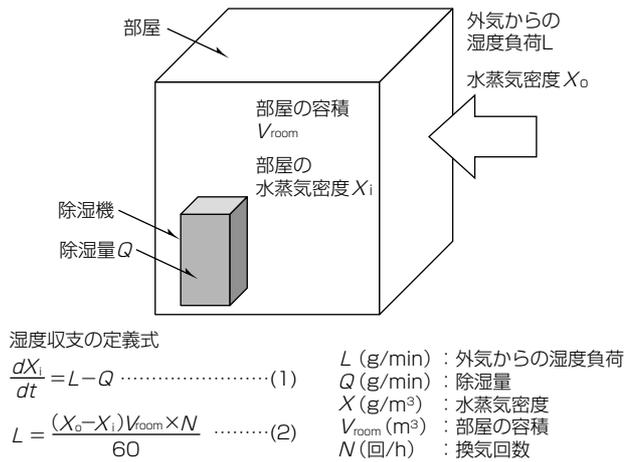


図9. 部屋の除湿負荷計算モデル

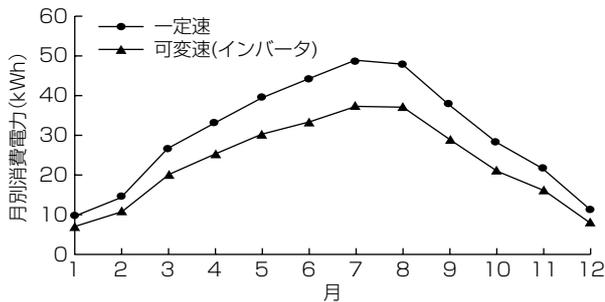


図10. 月別消費電力量試算(香港)

4. 年間電気代削減

従来の除湿機は室内湿度を一定に保つために圧縮機の運転と停止を繰り返す断続運転を行っている。インバータ除湿機では、湿度センサによって取得した室内湿度と設定湿度との差に応じて圧縮機の回転数と送風ファンの回転数を最適な状態になるように制御した低速運転を行うことによって高効率なシステムを実現している。香港での月別の平均温度と湿度から室内を最適な湿度に保つための消費電力量を月ごとに試算した。部屋の除湿負荷の計算モデルを図9に示し、計算結果を図10に示す。外気からの湿度負荷(温度30℃, 湿度80%)が部屋の中へ伝わり、除湿機によって、室内(初期温度27℃, 初期湿度90%)の湿度を設定湿度(湿度50%)に到達するまでの除湿収支とその後部屋の湿度を一定に保つための消費電力量を計算し(運転8時間/日)、従来の除湿機に比べ年間で24%の消費電力を削減した。

室内を模擬した試験室によって、図9の式(1)、式(2)に基づく試算結果を検証した。結果を図11に示す。13畳相当での試験室で、室外環境を30℃, 80%とし換気回数を1回/hとしたとき、室内湿度を50%に保つために必要な消費電力量を測定した(初期室内環境30℃, 80%)。従来の除湿機では設定湿度到達後、断続運転を繰り返すのに対し、インバータ除湿機では低速運転を行うことによって、従来の除湿機に比べ、香港と台湾それぞれで年間24%, 31%の消費電力を削減した。

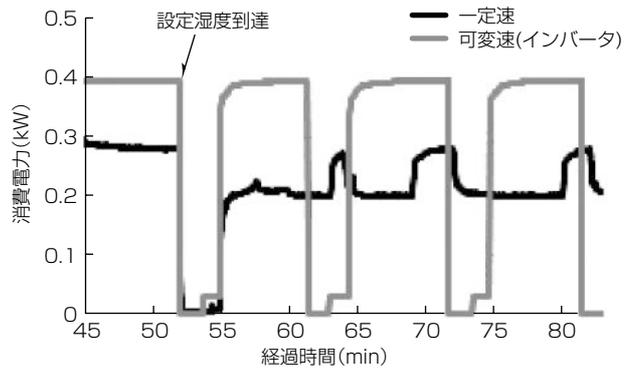


図11. 経過時間に対する消費電力比較(香港)

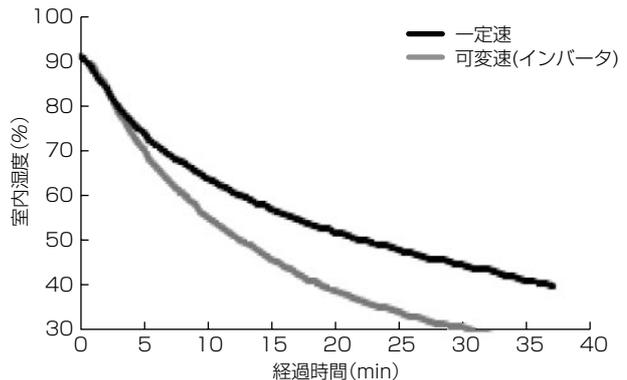


図12. 設定湿度到達時間比較(香港)

5. 快速除湿

運転開始時に圧縮機回転数を高速化(定格に対し+23%)して定格運転よりさらに除湿能力を1.2倍向上させることで設定湿度に到達するまでの時間を短縮し、素早く部屋の湿度を快適な湿度まで除湿する。図12に検証結果を示す。7畳相当の試験室を閉め切り、室温25℃湿度90%の状態から室内湿度を50%に下げるまでにかかる時間を測定した。この結果、インバータ除湿機は、従来の除湿機に比べ、設定湿度までの到達時間を香港で43%(23分から13分)、台湾で22%(23分から18分)に短縮した。

6. むすび

三菱電機の大容量インバータ除湿機MJ-EV200FHの大容量化、定格及び実用条件での省エネルギー、快速除湿を実現するために搭載した3つの技術に関する手段、原理を述べた。将来的に除湿機に求められる省エネルギー、快適性への要求はますます高まると考えられ、今後もインバータを利用した除湿技術の開発を行っていく。

参考文献

- (1) Code of Practice on Energy Labelling of Products 2014, Electrical and Mechanical Services Department The Government of Hong Kong Special Administrative Region