

2011年度PAMエアコン「イオンミスト ステンレス・クリーン 白くまくん」(Sシリーズ)の開発

—エコに「ステンレス・クリーン システム」をたし算—

Development of PAM Room Air-conditioner SHIROKUMAKUN Series for 2011 —Eco-friendly Technology + “Stainless Clean System”—

大塚 厚
Otsuka Atsushi
関谷 禎夫
Sekiya Sachio

能登谷 義明
Notoya Yoshiaki
能登原 保夫
Notohara Yasuo

社会潮流である省エネルギー性の向上・節電がますます加速する中、2010年12月に発売したPAMエアコンは、省エネルギー性の向上技術として、買い替えを考えたコンパクトな室内機としながら、室内機の送風系の開発や、室外機の熱交換器の異径化・高密度化、圧縮機の効率向上、高効率化と高出力化を両立した圧縮機用駆動システムの開発により、業界トップクラスの省エネルギー性能を実現した。さらにセンサーを用いて体感温度を推定し、むだな運転を省く節電機能として、従来製品から搭載している人の動きの情報に、生活音や床・壁の輻(ふく)射熱の情報を組み合わせ、体感温度推定の高精度化を実現し、従来製品よりも高い節電効果を得る日立独自の技術を開発した。

1. はじめに

家庭用ルームエアコンへのニーズは室内機内部の清潔性に加えて、近年の節約志向や地球温暖化の防止など環境への配慮から省エネルギー性能への期待が高まっている。日立は、これに対応し、2010年12月にPAM (Pulse Amplitude Modulation) エアコン「イオンミスト ステンレス・クリーン 白くまくん」(Sシリーズ)を発売した。その後、2011年3月に起こった東日本大震災による電力供給不足で人々の節電意識がさらに高まり、ルームエアコンの省エネルギー機種への注目・関心が集まっている。

一方、家庭内の消費電力の内訳を見るとルームエアコンは約 $\frac{1}{4}$ と高い割合を占めており¹⁾、省エネルギー性能の追求はますます大きな使命となっている。

また、既設の機種からの買い替えの際には前機種と同様のスペースに収まる据付け性が求められるため、室内機本体をコンパクトとしつつ、省エネルギー性を向上させることが技術的なポイントになる。

ここでは、高級機種である日立PAMエアコン「イオンミスト ステンレス・クリーン 白くまくん」(Sシリーズ) (図1



図1 | 2011年度日立PAMエアコン「イオンミスト ステンレス・クリーン 白くまくん」(Sシリーズ)

「ステンレス・クリーン システム」、「イオンミスト」を搭載し、「見る・聞く・感じるセンサー」によって省エネルギー運転を行う。

参照)の冷房定格能力4.0 kW機種の基本性能である省エネルギー性向上技術と、センサー技術を用いた節電機能の開発について述べる。

2. 省エネルギー性向上技術

ルームエアコンの省エネルギー指数は、APF (Annual Performance Factor: 年間エネルギー消費効率²⁾)で示され、その向上には基本技術要素である熱交換器、送風機、圧縮機、圧縮機のモータを駆動するインバータ回路などの効率向上が必要となる。

2.1 室内機

APFは、実際の家庭での運転を想定した算出方法である。このため、APF向上には、定格運転よりも、実際に運転時間の長い、能力の低い領域(低中能力)での効率向上が有効である。低中能力運転時には、室内機と室外機の間

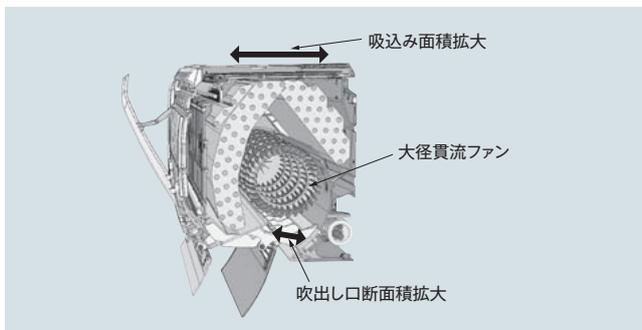


図2 | 2011年度日立PAMエアコンシリーズ(冷房定格能力4.0 kW)室内機の断面

貫流ファンの径を大径化させファン効率向上を図った。

で冷媒を循環させる圧縮機の仕事量が減少するため、定格運転時に対して相対的に室内の風を循環させる送風機の消費電力が大きくなる。このため、熱交換器の伝熱性能向上に加えて、送風動力低減が重要となっている。

一般に熱交換器要素の伝熱性能向上は通風抵抗の増大につながり、送風動力を増大させる。そこで、熱交換器へ流れる空気の流れ分布を改善する方針とし、室内機の吸込み面積を拡大させた。これにより、偏流による局所的な風速増大を抑制して通風抵抗を抑制すると同時に、風速の遅かった領域への送風量を増やして熱交換器全体としての伝熱性能を向上させた。さらに、吹出し口の断面積拡大や貫流ファンの径を大径化させることで送風動力を低減した(図2参照)。

2.2 室外機

室外機においても、熱交換器の伝熱性能向上と送風動力低減が重要である。2011年度製品では、径の異なる伝熱管を組み合わせた異径熱交換器を開発した。

開発した異径熱交換器は、空気流に対して上流側1列目の熱交換器の伝熱管径を、2列目の熱交換器の伝熱管に対して細径化し、かつ伝熱管縦方向の間隔(段ピッチ)を狭めたものである。

このように段ピッチを狭めることで、アルミフィンの温度を伝熱管温度に近づけ、熱交換器の伝熱性能を向上させると同時に、細径化によって送風動力の増大を抑制した。また、伝熱管内部を流れる気液二相冷媒のうちガス冷媒比率が高い2列目については、冷媒の流動抵抗が増大しやすいので伝熱管径を太く保ち、室外熱交換器全体としての性能を向上させた(図3参照)。

2.3 圧縮機の効率向上

2010年度製品に搭載されているスクロール圧縮機をベースとし、さらなる損失低減を図った。

(1) 巡回半径を小さくして、圧縮室を形成するスクロール

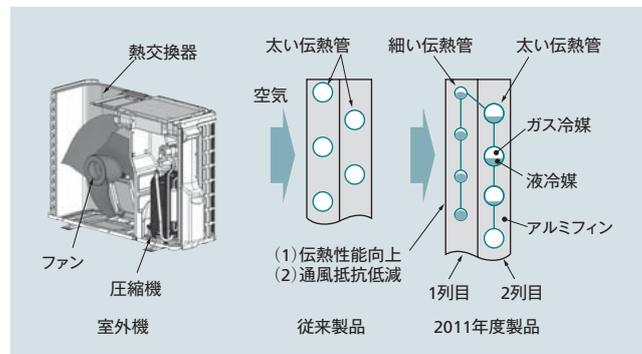


図3 | 2011年度日立PAMエアコンシリーズ(冷房定格能力4.0 kW) 室外機異径伝熱管を組み合わせ、伝熱性能向上と送風動力の増大抑制を実現した。

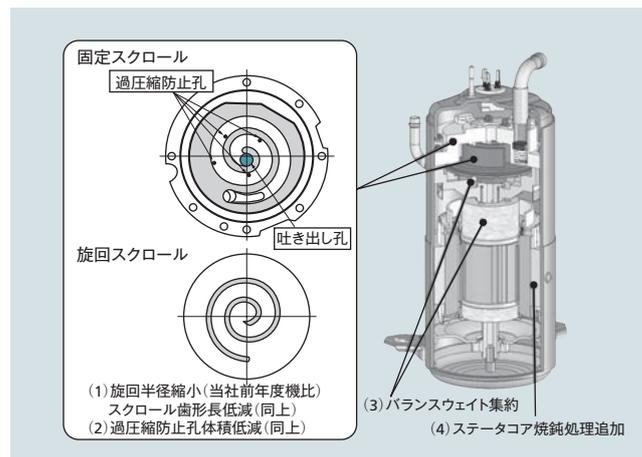


図4 | 2011年度日立PAMエアコンシリーズ(冷房定格能力4.0 kW) 搭載スクロール圧縮機

細部にわたって、損失低減を行い、高効率化を実現した。

歯形を短縮することで、固定/巡回スクロール間の歯先・鏡板での摺(しゅう)動面積を縮小して、摺動損失を低減し、さらに巡回スクロール設置空間内での冷凍機油を攪拌(かくはん)することで生じる損失を低減した。

(2) 固定スクロールに設置した過圧縮防止孔は吐き出されない空間(死容積)となっており、この空間の容積を低減することで、再膨張損失を低減した。

(3) 従来製品の巡回スクロールが設置される空間内に設けていたバランスウェイトをなくし、モータのロータバランスウェイトに集約することで、空間内でのバランスウェイトによる冷凍機油の攪拌損失をなくした。

(4) モータのステータコアに焼鈍処理を行うことで、コア打ち抜き時の残留応力を開放し、磁気ひずみによる鉄損を低減した(図4参照)。

2.4 圧縮機用モータ駆動システム

(1) 高効率化と高出力化の両立手法

APF向上には、低中能力での効率向上が有効である一方、低外気温時の暖房能力を向上させるために、高出力化が必要である。よって、圧縮機用モータ駆動システムでは、低中能力領域での効率向上と高能力領域での運転範囲拡大

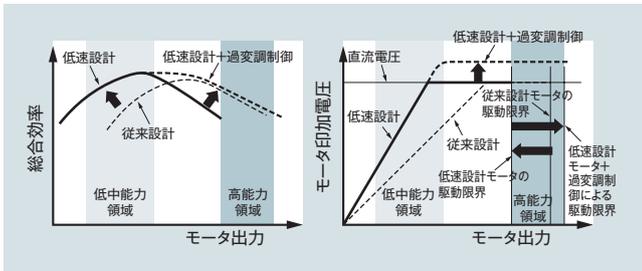


図5 | 高効率化と高出力化の両立手法

過変調制御により低速設計モータの駆動範囲を拡大した。

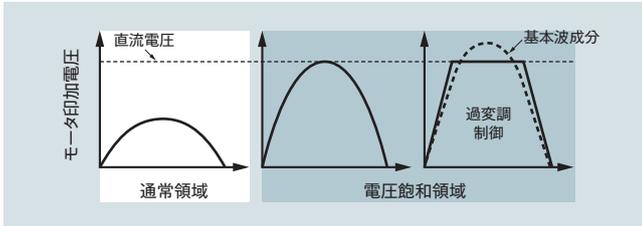


図6 | 過変調制御の概念

モータ印加電圧をひずみ波とすることで基本波成分高値を増大させた。

(高出力化)の両立が求められる。

低中能力領域での効率向上には、モータの低速設計化(巻数や磁石量の増加)が有効であるが、モータの回転数に比例して発生する誘起電圧の影響で、高能力領域における効率および駆動可能な最高回転数が低下してしまう。

そこで、低速最適設計化されたモータを高効率・高出力化するために、インバータ制御では、モータへの印加電圧の基本波成分を増加できる過変調制御を適用した。

高効率化と高出力化の両立手法と過変調制御の効果を図5に、過変調制御の概念を図6にそれぞれ示す。過変調制御を用いることにより、モータへの印加電圧の基本波成分を直流電圧以上にすることができ、高速領域での駆動範囲の拡大および高効率化が可能となる。

(2) 過変調対応型弱め界磁制御

上記制御を実現するために、過変調対応型弱め界磁制御法を開発した。制御ブロックを図7に示す。

弱め界磁制御とは、モータの電流位相を制御することでモータが発生する誘起電圧を抑制し、高速回転化を行う制御手法であるが、これまでの手法では過変調制御との組み合わせに対応できなかった。

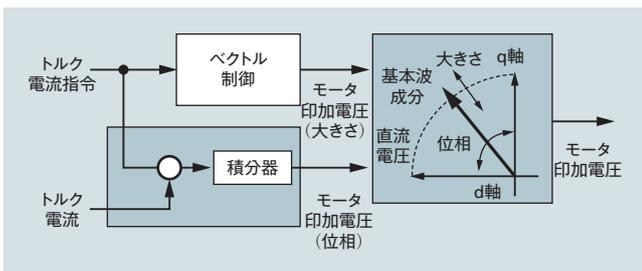


図7 | 過変調対応型弱め界磁制御ブロック図

モータ印加電圧位相を操作することで弱め界磁制御を行う。

この方式は、モータのトルク電流を印加電圧位相で制御する方式とすることで、過変調制御に対応した。

以上により、低速設計モータの高速回転駆動を実現し、低中能力領域の効率向上と高出力化の両立を行った。

3. センサーを用いた節電機能

前述した基本性能である省エネルギー性向上に併せて、センサー技術を用いて実使用でむだな運転を省く、節電機能にも注力した。この機能は、各センサー情報から体感温度を推定し、推定された体感温度により、エアコンの設定温度を自動的に変更することで節電効果を得る制御であり、業界各社がさまざまな節電機能を提案している。

日立は家庭用ルームエアコンで、2009年度製品に「人の動き」を検知する焦電型赤外線センサーを搭載し、人の活動量を推定する技術を開発した。2011年度製品においては、体感温度の決定要素の一つである活動量の推定を、日立独自のアイデアで他社と差別化を図りつつ高精度化し、その推定された活動量によって算出された体感温度により、従来製品よりも高い節電効果を得る技術を開発した。

3.1 生活音検出を用いた節電機能

従来製品に搭載していた焦電型赤外線センサーは、センサーに入射する赤外線量に変化することで人の動きを検出し活動量を推定している。したがって、活動量検出を高精度化するためにセンサーの数を増やしても、人の動きの位置の情報が細分化されるだけで、例えば、TV観賞と読書の比較や、部屋の中を歩いているときと掃除機をかけているときを比較すると、人の動きが似ているため、同じ活動量と推定してしまう。

そこで、体感温度の高精度化を行うためには、何が必要か検討するために、一般家庭での生活シーンを振り返り、人の動き以外にもそれぞれ掃除機などの音や会話といった生活音の違いを見いだすことができた。

生活音を検出するにあたり、生活音の特徴を分析した結果、周波数および発生頻度の違いによって判別できることに着目し、無指向性マイクと周波数抽出回路から成るセンサー部(聞くセンサー)にデジタル変換回路と判定処理部を加えた生活音判別方法を開発した(図8参照)。

取得した生活音の情報と、従来製品より搭載している焦電型赤外線センサー(見るセンサー)からの人の動きの情報を組み合わせることで、日立独自の活動量推定技術を確立した。

さらに、部屋の床・壁温度を検出するサーモパイル(感じるセンサー)も併せて搭載し、体感温度推定の高精度化を実現し、高い節電効果を実現した。

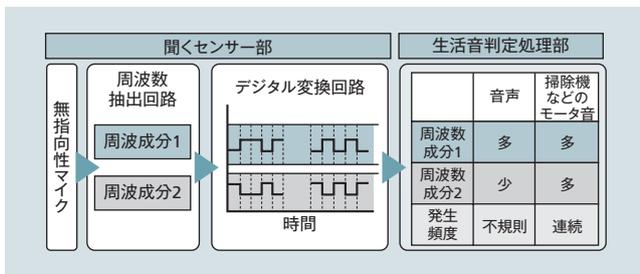


図8 | 生活音判定の概念

周波数および発生頻度の違いにより、生活音を判別できることに着目した。

また、各種センサーをユーザーが状況に応じて使い分けられることは困難であると考え、リモコンに「ecoこれっきりボタン」を設け、ボタン一つで生活シーンに応じて節電運転を行うことが可能な仕様とした。

3.2 気流感による節電運転機能

冷房の風が苦手なユーザーや、冷房運転までは必要としないときなどに、圧縮機を運転せずに気流感だけで体感温度を下げる機能を併せて開発した。上述した「見るセンサー」と「聞くセンサー」の組み合わせによる活動量の推定を行い、次にリモコン位置・人の位置検出により、体感温度を約1℃下げるために必要な送風量を決定する。さらにリモコン位置検出によってリモコン位置を中心に送風を行う機能を「風だけ」運転として搭載した。

4. 待機時消費電力量の低減

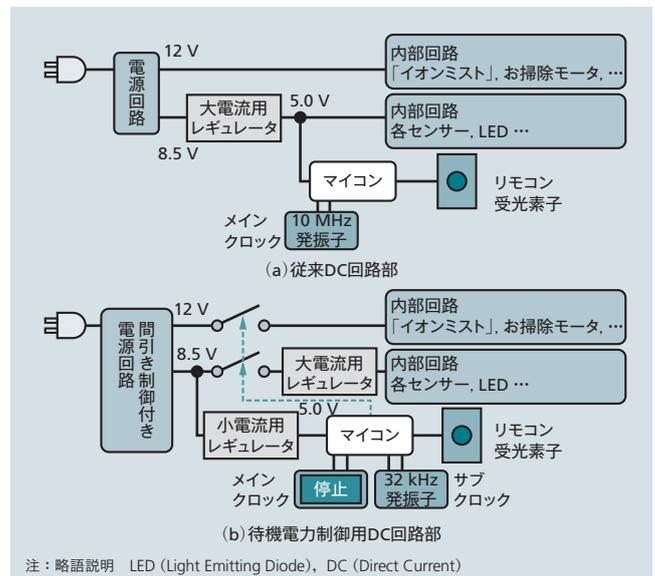
基本性能である省エネルギー性能向上と、センサー技術を用いた節電機能に併せて、不使用時の省エネルギー化として、2011年度製品では待機時消費電力量の低減に取り組んだ(図9参照)。

低減方法としては、まず電源回路において、低負荷時にスイッチング回数を間引く制御を行うことで、電源部の損失低減を行った。また、同時にDC(Direct Current)負荷の低減にも取り組み、制御系の電源回路を2系統に分け、待機状態時でも必要な機能であるリモコン受信回路以外のすべての負荷を遮断する構成とした。これらの技術の積み重ねにより、2010年度製品で1.0 W(200 V機種)あった待機電力を0.04 Wと $\frac{1}{25}$ まで低減した。

5. おわりに

ここでは、日立PAMエアコンにおける省エネルギー向上技術、節電機能、および不使用時の省エネルギー化としての待機時消費電力量の低減について述べた。

居住空間の心地よさを創造するルームエアコンに求められるニーズとは何かについて探求し、機器本体の基本性能である省エネルギー性向上はもちろんのこと、より快適に



注：略語説明 LED (Light Emitting Diode), DC (Direct Current)

図9 | 待機時消費電力量低減のブロック図

待機時に不要な負荷をすべて遮断し、メインクロックを停止する。

使用状況に合わせた節電機能など、日立は時代の要求に対応するべく研究開発を進めていく考えである。

参考文献など

- 1) 資源エネルギー庁：資源エネルギー庁 平成16年度 電力需給の概要(平成15年度推定実績)、省エネ性能カタログ2010年冬版(2010.12)
- 2) 日本工業規格：JIS C9612 ルームエアコンディショナ

執筆者紹介



大塚 厚

1986年日立製作所入社、日立アプライアンス株式会社 空調事業部 栃木空調本部 空調システム設計部 所属
現在、ルームエアコンの開発に従事



能登谷 義明

1995年日立製作所入社、日立アプライアンス株式会社 空調事業部 栃木空調本部 空調システム設計部 所属
現在、ルームエアコンの開発に従事



関谷 禎夫

1998年日立製作所入社、日立研究所 機械研究センター 生活家電研究部 所属
現在、冷凍空調機器の技術開発に従事
日本冷凍空調学会会員



能登原 保夫

1981年日立製作所入社、日立研究所 情報制御研究センター モータシステム研究部 所属
現在、モータドライブ制御の技術開発に従事