第56卷(第644号)昭和26年1月9日第三種郵便物認可 ISSN 0034-3714 昭和56年6月15日発行(毎月1回15日発行) CODEN: RITOA8

REFRIGERATION

JUN. 1981

VOL. 56. NO. 644

JAPANESE ASSOCIATION OF REFRIGERATION

| 目 次 |
|--|
| ●小特集 冷声, 空調田小形压銃総にちける空長制御 |
| ●小村来 小市休 三副市 小乃上前田和における各重市川中 |
| 1. 容量間御の最近の動向 |
| 2. 載近の容量制御力式の実例 1. 日 カル町営業の2000万式といって、1.000万式 |
| 方式による容量制御…堀通真・杣田二郎・相沢毅16 |
| 2. ルームエアコンディショナ用 |
| 甲気間容量制御上新稷 |
| 3. 無数を換による容量加加中田飛衣・田本度即 |
| 5. 複数圧縮機を使用した冷凍空調システムの有効性 |
| 浜田康義・浅非節郎・千秋隆雄・小国研作41 |
| 海外文献紹介 |
| 空洞機に於ける容量制御がSEERに 及ぼす効果と経済性 |
| |
| 名誉会員及び特別会員 |
| 第7回日本冷康協会賞3 |
| 研究論文 |
| 物性の推算による汚泥凍結機構の検討 |
| 間隔の狭い円管祥の伝熱特性 |
| (千鳥形配列の場合)相場質也・土田一・太田原和69 |
| 成層流体の容器内自然対流 第1 報 流動パターンの網路森留辞雄・塩冶震太郎79 |
| 国際ニュース |
| 国際冷凍協会会議のお知らせ |
| 海外文献紹介 |
| 塩化ふっ化炭化水素による成層圏のオゾン含有量の |
| 減少:オソン朗嬰についての知識の現状と塩化ふっ化 炭化水素の放出を減少させる可能性 |
| 大西洋産サバ (Scomber scombrus) の |
| 育却時水中の貯蔵98 同時式。登録通告生歴 |
| 四四本國際原始委員 |
| 昭和56年6月·第56卷第644号 |
| |

社团法人 日本冷凍協会

4. Capacity Control with Frequency Modulation System by Kenji Iida, Page 36

1. Preface

Controlling motors with variable frequencies over a wide range of capacities is an ideal method to control the operation of refrigeration and air conditioning equipment that requires to respond variable loads. Recent evolution of electronics technologies have allowed development and commercialization of highly efficient, small and light, and economically advantageous devices to convert frequencies (so-called inverters) and achieve variable speed drive for the purpose of saving energy. We are the first manufacturer that achieved the development and commercialization of a commercial air conditioner serving both cooling and heating purposes with a built-in units of inverter and a variable-speed compressor (Custom Air Conditioner RAV-46HT), resulting in a significant improvement in energy efficiency and comfort. This article explains the key features of the capacity control mechanism with frequency inversion and the properties of the refrigeration and air conditioning equipment leveraging the mechanism, focusing on the aforementioned product (RAV-46HT).

Note: "Refrigeration" is a journal published by the Japan Association of Refrigeration (as known as the Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers (JSRAE) today)



Capacity Control with Frequency Modulation System

飯 田 健 Kenji IIDA --- 2

まえが - 21

周波数を変化させることにより、電動機従って電動 機の能力を広範囲に制御することは負荷の大巾に変動 する冷凍空割機器にとって理想的な制御である。電子 技術の進歩から近時可変速駆動による省エネルギーを 目的に高効率で小形軽量で,経済的にも有利な周波数 変換装置(インバータと称する)が開発実用化される 動向にある。当社は冷凍空調機としては初めて本装置 と回転数可変新形圧縮機を組込んだ業務用冷・曖房機 (カスタムエアコン・RAV-46 HT) を開発実用化 し、大巾な省エネルギーと一歩進んだ快適性を得るこ とが出来た。本稿では周波数変換による容量制御の一 般構造特徴と当社の専例(RAV-46HT)を中心に 冷凍空間機器の特性につき述べる。

2. 周波数変換装置と其の構成

さてまづ周波数変換装置の 概要に つき 述べる図1 は周波数変換装置の構成の一例を示す。コンバータ部 (交流より直流へ変換),インバータ部(直流より交 流へ変換),インバータ制御部(波形成形)及びシス テム制御部より構成される。

コンパータは整流作用であり整流素子等により交流 (三相など)より会波整流される。 整流素子の動作は 流体系のチェックバルブの作用と類似していると考え られる。インバータ部は順電圧の阻止能力をもつスイ ッチ素子により通電期間を周期的に制御して交流波形 を作る。スイッチ素子は流体系の電気弁の作用と類似 していると考えられる.

さてインバータには二つの機能があるがまづ周波数 制御 (Variable, Frequency) であるが、これは駆動 する負荷により定めるべきものでインバータは所定の 範囲で値を選ぶことが出来る。

次にインパータの電圧制御 (Variable Voltage) で あるが、これはある種のスイッチ時比例制御によって 行われる。図2はパルス幅個額による電圧制御でスイ





図 2 ペルス保制制(PWM方式)

ッチ素子を半周期の間で適当な間隔で ON-OFF させ 低次の高調波を除去減少させ、広い電圧制御範囲にお いて正弦波に近い、良好な出力電圧波形を得ることが 出来る方法である。インバーターは出力として必要な 周波数と電圧を供給しこれが可変速(容量制御)と省 エネルギーの基本要件となっている。

表1は今回開発した, 高効率インバータの主な仕様 である。又、図3は其の外観を示す。

間波数に対する役与電圧の特性は電動機負荷の特性 によって変わるが、 定トルクの負荷に対しては周波数 に比例して電圧をほぼ比例して増減させることが用い 6113.

そのほか大がかりな受電設備や配線のない事務所や 店舗一般住宅で利用することを考え、周波数変換にと もなら外部への障害電波漏れや、力率についても十分

*東京芝丽電気様式会社 Air Conditioning & Compressor Division Toshiba Corporation 原稿受理 昭和56年4月3日



図4は密閉形往復動圧縮機の周波数変換装置よりの 周波数に 対応する 性能曲線の一例である。 能力の変 化に対応する成績係数C.O.Pに注目した場合,能力 66.6%に対し成績係数は殆ど変化なく能力50%に対し 10%程度減少程度にとどまり容量制御法として理想的 であることを示している。これは能力の変化に対応し つまり周波数低減により、モータ損失、機械損失も略 比例して減少し、又圧縮効率も適当な使用範囲では変 化が少ないからである。

一方モータ効率は周波数変換装置よりの供給される 電力の 高調波成分の影響があり、 これは 周波数可変 装置の糖密波形制御により最少限とすることが出来 3.

図5は、当冷暖房機に開発した圧縮機を示すが、招 動部の稠滑のため給油ポンプ内部吐出管等の共振防止 等,新機構を具備している。

冷康-第56卷第644号





Figure 5 A Photo of the Compressor Used

空調機の構成と性能

空調冷凍負荷の変動と機器能力の変動の対応点は広 範囲に変動するが、ヒートポンプ(暖房)はその範囲 が広く容量制御の意味も大きい。

表2は今回開発した業務用空調機(RAV-46HT) の主なる仕様を示す。周波数の範囲は周波数範囲を25 Hz より 75 Hz に進んでいる。圧流機の広範囲の変化 に合わせ冷暖とも温度式膨張弁を使用している。図6 は其の室内機の外観図,図7は其の操作部分の外観図 を示す。操作部分を中心に説明を加えると、設定温度 がツマミを所定、温度にセットしこの場合室温と設定 温度LEDで表示される、起動ボタンを押すことによ り、最低周波数で滑かに始動する。始動電瓶は電源よ り直接起動する場合に比し1/5に低減している。徐々 に加速し高能力で急速冷暖房を得ることが出来る。設 定温度に近づくと回転数を落とし、以後周波数変換に よる連続運転となる。従来のサーモによる ON-OFF の繰返しによる。損失(サイクリング損失と称す)が

-37 -

昭和56年6月号

REFRIGERATION VOL.56, NO.644

JUN • 1981

冷凍・空調用小形圧縮機における容量制御

来る。図8に各両波数に対応する性能曲線を示すが、冷 **隆能力は 50~100%と広い範囲で可変し効率(EER)** に注目すると定格運転時は2.22 であるが 低い周波数 (能力セーブ時)はさらに高い効率 (コンプレッサー を定格の33%で運転する場合はEER2,94)で運転が 可能で高い省エネルギーを達成出来る。

5. 省エネルギーの分析と考察

周波数変換による容量損額は特に省エネルギー効果 が大きくこの点について実例について分析と考察を加 える.

本システム(カスタムエアコンRAV-46HT)に於 いては 年間の 負荷変動更に 1 日内の 負荷変動に 対応 し、負荷に応じた最適能力を高性能・周波数変換装置 とマイコンで設定し省エネルギー運転が可能となる。 これを分析すると

部分負荷高EE + サイクリング R運転 損失の減少 = SEER $\mathcal{T}_{\mathcal{T}}\mathcal{T}$

1) 部分負荷高EER運転

運転間波数の低下に伴い熱交換器の圧縮機に対する 龍力比率が増加し低圧縮比高効率運転が可能となり高 い能力セーブ率程高EER連転が可能となる。 3項で述べた如く周波数変換による圧縮機の容量制 御はC.O.Pの変化が小さく従って冷康サイクルとし

て理想に近い省電力効果が得られる。 2) サイクリング損失の減少

これは ON-OFF に伴う損失である。従来方式の能 方調整をコントロールSWのON-OFFによる場合。 冷凍サイクルの系が安定するに従って能力も所定の値 に到達する。一方 OFF 後急速に系が停止し能力も寒 となる。入力はON時系の加速に伴い急激に増加し系 の安定とともに所定値にに達する。サイクリングデビ ッドは、安定時と比較した ON-OFF 時の能力の減少 と入力の増加による損失である。これは負荷率により ほぼ直線的に変化する。文献によれば最悪の条件で効 率は負荷率 1. (運続運転)の76%に低下すると報告 されている.

省エネルギーは上記の分析1及び2の合計となる。 負荷率50%での省エネルギー率を考えると、運転周波 数は33,3%で可能で省エネルギーは1)により20~25 %2)5~10%と見て25~35%の省エネルギーとなる。 年間を通した省エネルギー率としては20~30%が可能 と推定される。

図9は冷房負荷時での周波数変換装置付のものと従



来方式との運転状況を示す。

6.まとめ

以上周波数変換装置による容量創御について述べて 来たが, 要点をまとめると,

1) 同波数変換装置は交流の入力電源(50Hz/60 Hz)より電子技術により所定の周波数及び電圧を出 力として取り出し電動機を駆動するもので、小形軽 **過化により従来機器に附加する形で、使える特徴が** ある。(機器の検討は必要)

2) 周波数変換装置による容量制御は特に、電動 機・圧縮機系の部分負荷時の性能を撮うことが少な く,従って部分負荷時に連続運転による熱交換機の 有効利用と相まって高い(20~30%)省エネルギー が可能である.

3) 負荷或は室猫に合せて能力を広い範囲に無段 階に可変しながら連続運転を行うので、高精度の温 度コントロールが可能で、より快適な冷暖房を実現 することが出来る。

4) 低入力起動倒御により始動電流は従来比 1/5 に低減していますから, 配線などの設計基準が緩和 でき、また、起動時の振動も小さく据付工事も比較 的楽に行うことが出来る.

さて周波数変換装置による容量指御上記の如く優れ たメリットをもっている一方、装置の追加コストがあ り経済的評価を欠かすことは出来ない。周知の如く、周 波数制御による交流電動機の可変速駆動は省エネルギ - 実現の手段として研究開発が進み、すでに工場や各 種プラント設備で利用される工業用の大中容量電動機 用としては実用化されている。 冷凍空調用機器につい て、本事例の場合(カスタムエアコンRAV-46HT) そのエネルギーコストの減少,その他メリットの向上 を含め十分回収可能と判断された。更に電子技術の進

Table 2: Key Specifications of the Inverter AC System

N St St

| | | | | | 電 證(注2) | | | | |
|----------------------------------|------------------------------|--|-----------|-------|---------------|--------------------------|--------------|----------|--|
| lodel Name RAV-46HTY | | | | 奴 | .30 | 転電) | A (A) | > | |
| andard Cooling Capacity (kcal/h) | | 4,500/5,000 - 9,000/9,500 | | 特 | white a creat | | | | |
| andard Heating Capacity (kcal/h) | | 4,500/5,000 - 9,000/9,500 | | 性 | 消費電力 (kW) | | | | |
| ectric Property | Power Supply | 3-phase 200V; 50/60Hz | | 雇 | 力 率(%) | | | | |
| | Operating Current (A) | C: 12.9/13.1 H: 11.5/11.8 | | | 始動電流 (A) | | | | |
| | Power Consumption (kW) | C: 4.23 / 4.28 H: 3.78 / 3.80 | | | | | | | |
| | Power Factor (%) | C: 94.6 / 94.3 H: 94.9 / 93.0 | | 78 | | 3 9 | | | |
| | Starting Current (A) | 12 | 2/12 | | 100 | 37 | 小数 | 倒面 | |
| door Unit | Model Name | RAV-4 | 46HTY-N | | <i>外</i> | 21- | | din mit | |
| | Side Color | Café au lait | | | | - | - | do m | |
| | Front Color | Hone | y White | | | 外 | 商さ | (mm) | |
| | Height (mm) | 1,750 | | 室 | 親 | 形式 | ௗ | (mm) | |
| | Width (mm) | | 750 | | | 法 | 100.00 | 1 | |
| | Depth (mm) | 3 | 390 | rka | | | 现行 (mm | | |
| | Weight (kg) | | 140 | 64 | 製 | 品 | 重量 | 盐 戱 (kg) | |
| | Compressor Type | Her | metic | | | 1 | 形式 | | |
| | Compressor Motor (kW) | 3kW, 2-pole | | 佣 | 圧新 | 禮 | Wabbill (FW) | | |
| | Air Heat Exchanger | Finne | ed Tube | 0.00 | | | • () | ·(個歌) | |
| | Refrigerant Charge Volume | R22, 3.3kg | | | | 空気熱交換器 | | | |
| | Refrigerant Control | Thermal Expansion Valve | | 1 1 | 熱 | 冷蝶·(冷碟封入) | | | |
| | H-ex Sound/Thermal Insulator | Polyuret | 翕 | | 业 (kg)) | | | | |
| | Fan Unit | Centrifugal Fan 1,800 cubic meters / hour | | | 装置 | 冷旗制御 | | | |
| | Fan Standard Flow Rate | | | | | 防害。新熱材 | | 熱材 | |
| | Fan motor (W) | 110 | | | - | BA HI BRIMERD | | | |
| | Fan Direction Control | Automated (side-to-side) | | 2 | -24 | 透風機 | | | |
| | Fan Sound/Thermal Insulator | Polyurethane Foam | | | 15 | 標準風量 (m ³ /h) | | | |
| | Air Filter | Included | | ŀ | 風 | 電動機(V | | (w) | |
| | Room Thermostat | Included | | | 拔 | | | 1.007 | |
| | Switch | Bu | itton | | 雷 | 風 | 風向調整 | | |
| utdoor Unit | Model Name | RAV | -46HT-S | | | 助 | 音・断 | 熱材 | |
| | Color | Dark Gray | | | | | | | |
| | Height (mm) | 650 | | | - | 7.Z. | 1149 | | |
| | Width (mm) | 1,400 666 | | | 38.023 | 12.88 | モス | ムサー | |
| | Depth (mm) | | | 3 | 拔 | 资 | 2.4 | 1 - 4- | |
| | Weight (kg) | | 51 | | - | | | | |
| | Refrigerant Control | Thermal Ex | | 形 | 名 | | | | |
| | Air Heat Exchanger | Finne | ed Tube | 家 | 10 | 外 | | 装 | |
| | Fan Unit | Prope | eller Fan | | 26 | T | - | 1 | |
| | Motor (W) | 5 | 7 X 2 | 카 | | 外 | 100 B | (mm) | |
| | | | | 48 | 60 | 形寸 | 幅 | (mm) | |
| | | | | - | 004 | 街 | 奥行 | (mm) | |
| | | | | 1.000 | | | | | |

488

項目

形名



周波数変換による容量制御

REFRIGERATION VOL.56, NO.644

製品重量 (kg)

冷旗制御

空気熱交器

送風装置

送風機

電動機 (W)

-38-

3.80

冷康-- 第56卷第644号

- 39 -

· 咱和56年6月号

489

験で認められ水産部門に合格したのを始め,翌42年, マドリドで開催された第12回国際冷凍会議に発表し, 以後十数年にわたり内外から評価を受けるにいたった など,感激は一入であります。

私共が、これまで取組んだ超低温技術の主な点は、 ①材料の収縮や防湿を含む防熱構造、②圧縮機の超低 温下における実能力の決定、③圧縮機の超低温用潤滑 油の選定、④圧力損失を最小にする冷却システムの設 計、⑤冷媒供給の構造方式を含むクーラの冷却能力、 ⑥装置システムの安定運転とその制御等であります。 他方、これらは、一般の大型冷蔵庫に比べてエネル ギーの消費が少くないだけに、このような超低温が果

して必要かどうかの議論もこれまでかなり行われまし

た。

しかし,結局は,まぐろが,船上で1~2年,陸上 で0.5~1年の長期保蔵が行われる限り, -50°C 又 はそれ以下の室温の必要は,昨今,大方の認めるとこ ろとなったわけであります。

従って、今日の省エネルギー時代に対処し、超低温 冷蔵庫の省エネルギーを如何にするかは、これ又当面 する喫緊の要務であって、これらについても、現在、 各種の改善が行われておりますので、更に一層の研鑽 努力を通じこれまでのご恩に報いることができれば幸 いです。

最後に、この技術の完成に当りご協力を戴いた多く の方々に対し、改めて厚く御礼申し上げる次第です。

冷凍編集委員会

(56.57 年 度)

| 扣水 副人員 | | | | |
|---------------------------------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| | | 柏木 | 孝 夫 | 東京工業大学 |
| 田中和夫 | 東京水産大学 | 三 堀 2 | 友 雄 | 東京水産大学 |
| 委員長 | | (冷凍応用部会) | | |
| 渡 部 康 一 | 慶応義塾大学 | 早川 | 仔 雄 | 日新興業(株) |
| 副委員長 | | 安谨昌 | 素ン | 太下工業(株) |
| 服 部 賢 | 長岡技術科学大学 | 女 是 3 初 4 | K K⊂ | |
| 幹 事 | | 11 生 | ሳር | 日本伶戚(秩) |
| 吝 藤 差 其 | 東京大学 | 三刀谷 | 毅 | 日立プラント建設(株) |
| 「「」」 「」」 「」」 「」」 「」」 」 | 来示八子 | (空調制御部会) | | |
| | 東京農工大学 | 田中世 | 唐 国 | 三機工業(株) |
| (上柏俄印会) | | 諏訪部 多 | 善 治 | 新日本空調(株) |
| 新 并 鉄 治 | ダイキン工業(株) | 佐藤 | 惇 | 高砂熱学工業(株) |
| 飯田健二 | 東京芝浦電気(株) | + # # | эл m | |
| 市川道夫 | (株)日立製作所 | (合日如人) | ч У | 日本ダイノオイ製垣(株) |
| 着田 浩 | 三恭軍機(株) | | - L.P. | |
| 坂田 准 | | 長谷川 | 灵 雄 | (社)食品流通システム協会 |
| (| (休力田康義中内 | 田中司 | 线 夫 | 東海区水産研究所 |
| | | 野口 | 敏 | 大洋漁業(株) |
| 肉 止 史 | (株)東洋製作所 | 萩 沼 え | と孝 | 農林水産省食品総合研究所 |
| 井 上 正 美 | 三菱重工業(株) | 杉木目 | 3 明 | 日本水産(株) |
| 小口幸成 | 幾徳工業大学 | | בעי ו- | H THANKE (PA) |
| | | | | |

457

ガンド

可皆ま

試