

フレームコンプライアンス機構 スクロール圧縮機の開発

三菱電機株式会社

執行役社長 野間口 有

三菱電機(株)	静岡製作所主事	伏木	毅
三菱電機(株)	静岡製作所専任	関屋	慎
三菱電機(株)	静岡製作所主事	松隈	聡
三菱電機(株)	生産技術センター専任	中筋	智明
三菱電機(株)	生産技術センター主事	岩崎	俊明

はじめに

近年、地球温暖化防止の観点から、業務用エアコンにおいても省エネルギー化が強く要求されている。業務用エアコンにおいて、圧縮機消費電力の占める割合は約90%と高く、省エネルギー化にあたっては、圧縮機の高効率化が極めて重要な課題となっている。

業務用エアコンの圧縮機としては、スクロール圧縮機が主流である。このような背景から、業務用エアコンに搭載するスクロール圧縮機の高効率化を進めてきた。この結果、今回当社が独自に考案した高効率のフレームコンプライアンス機構（FCM：Frame Compliance Mechanism）を採用したインバータスクロール圧縮機の開発に成功した。

開発のねらい

スクロール圧縮機については、従来より高効率化のための様々な改良が加えられてきたが、根本的にスクロール圧縮機の大幅な効率向上を図るには、損失の大きなウェイトを占める渦巻先端からの圧縮冷媒の漏れ損失とスラスト軸受損失の2つの主要損失を低減する必要があった。

しかし、圧縮冷媒の漏れ損失のみを低減する機構については実用化されているものの、2つの損失とも低減する機構は今までに無く、大幅な高効率化は困難であった。特に、昨今普及率が増加しているインバータ圧縮機においては、運転頻度が高く消費電力量に占めるウェイトの大きい低速運転域において、上記2つの損失の影響が大きいことにより、大幅な高効率化は望めなかった。

このような状況から、この2つの損失を同時に低減できるフレームコンプライアンス機構を考案し、この機構をインバータスクロール圧縮機に採用して、圧縮機の高効率化を図ることにした。

装置の概要

図1にFCMスクロール圧縮機の主要部断面図を示す。冷媒を圧縮することによって発生する軸方向力（スラストガス力）を受けるために、従来のスクロール圧縮機では、揺動スクロールを支持するフレームは密閉容器（シェル）に対して相対的に固定されていたが、FCMスクロール圧縮機では、揺動スクロールとともにフレームも軸方向に移動可能とした。この移動可能なフレームをコンプライアンスフレームと称している。

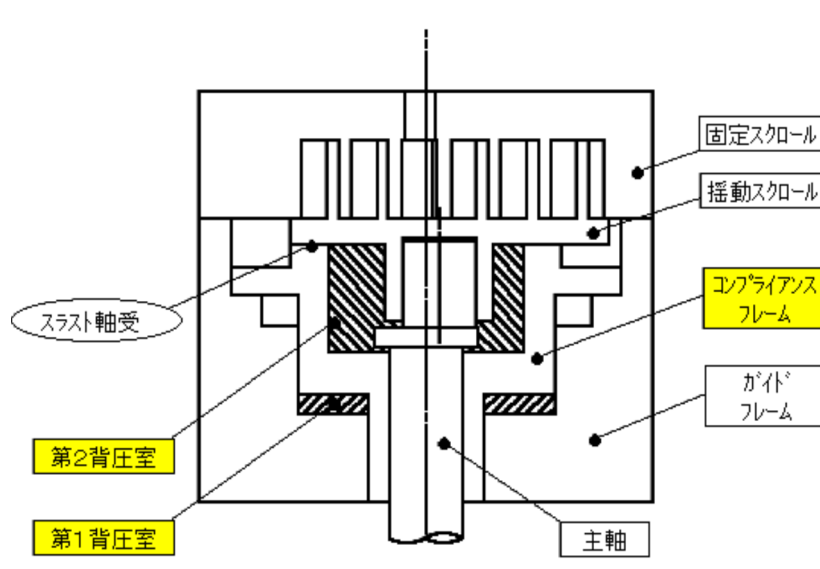


図1 FCMスクロール圧縮機主要部断面図

表1 FCMスクロール圧縮機の基本仕様

冷媒	R410A	R407C
駆動方式	インバータ駆動	
シェル形式	高压シェル	高压シェル
排除容積 (cm^3/rev)	33	60
回転数可変幅 (Hz)	20~120	20~120



図2 FCMスクロール圧縮機断面写真

そして、このコンプライアンスフレームとこれを支持するガイドフレームの間に第1の背圧室、コンプライアンスフレームと揺動スクロールの間に第2の背圧室を設け、この2つの背圧室をそれぞれ異なる圧力調整手段によって、異なる圧力（吸入圧力と吐出圧力の中間の圧力）に調整できるようにしている。

この軸方向に移動可能なコンプライアンスフレームと2つの背圧室を設けることで、渦巻先端からの圧縮冷媒の漏れ損失とスラスト軸受損失を同時に低減することを可能にした。

今回開発し、商品化したFCMスクロール圧縮機はつぎの2機種である。

- (1) R410A冷媒用インバータスクロール圧縮機
- (2) R407C冷媒用インバータスクロール圧縮機

R410A冷媒用インバータスクロール圧縮機は、4～6HPの店舗・事務所用インバータエアコンに搭載されており、R407C冷媒用インバータスクロール圧縮機は、8HPのビル用マルチエアコンに搭載されている。開発したFCMスクロール圧縮機の断面写真を図2に、基本仕様を表1に示す。

技術上の特徴

開発したFCMスクロール圧縮機の損失低減のメカニズムについて、以下に示す。

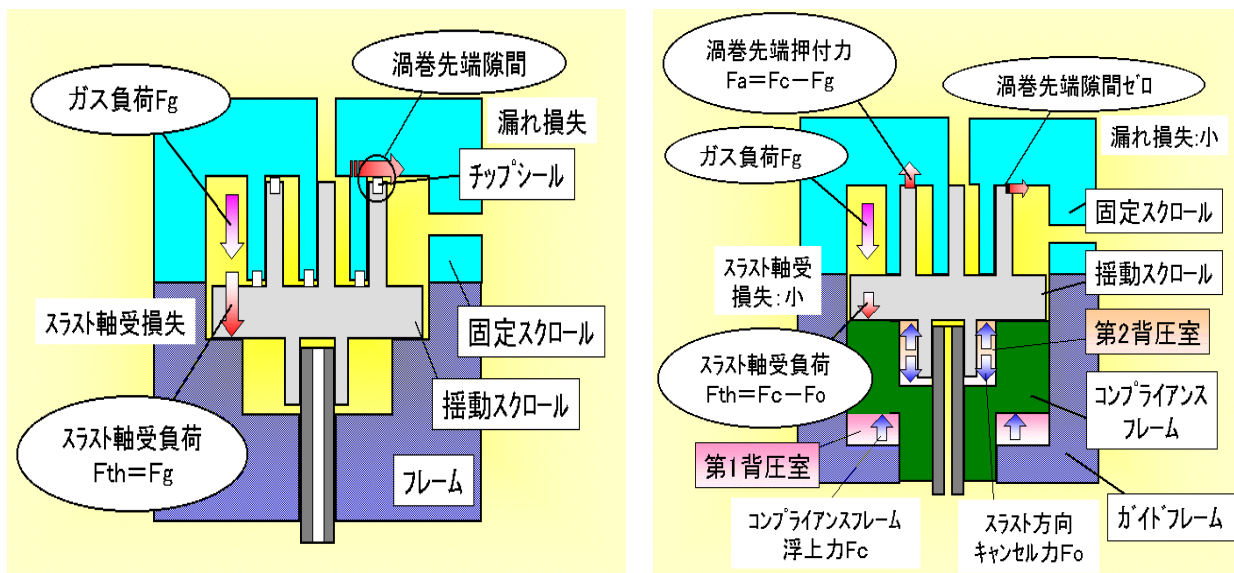
1. 圧縮冷媒の漏れ損失低減

図3に、従来の当社スクロール圧縮機との比較を模式的に示す。図3(a)に示すように、従来スクロール圧縮機では、冷媒圧縮に伴うス

ラスト方向のガス負荷 F_g によって、揺動スクロールはフレームに押し付けられる。このため、渦巻先端には隙間が生じることになる。

この渦巻先端からの圧縮冷媒の漏れを低減するために、渦巻の先端にチップシールというシール部材を挿入する方法を採用しているが、この方式ではチップシール側面に生じる隙間からの漏れは抑制できない。これによって、漏れ損失が発生するが、特に低速運転域では漏れ損失の比率が大きくなり、効率が低下する欠点があった。

一方、図3(b)に示すように、FCMスクロール圧縮機では、第1背圧室の圧力により、コンプライアンスフレームに浮上力 F_c が付与され、揺動スクロールはコンプライアンスフレームと共に浮上する。そして、揺動スクロール及び固定スクロール同士がそれぞれの渦巻先端とスクロール台板部で接触する。ここで、第1背圧室の圧力を適正に調整すれば、渦巻先端の押付力 $F_a (=F_c - F_g)$ による摺動摩擦損失を最小限に抑制しつつ、渦巻先端隙間がゼロと



(a) 従来スクロール圧縮機の模式図 (b) FCMスクロール圧縮機の模式図

図3 FCMスクロール圧縮機の機能説明図

なることで、渦巻先端の漏れ損失を極小に抑えることができる。

2. スラスト軸受損失低減

図3(a)に示すように、従来スクロール圧縮機では、スラスト方向の軸受負荷 F_{th} ($=F_g$) によって、スラスト軸受部に摺動損失が発生する。特に低速運転域では、漏れ損失と同様、スラスト軸受損失の比率が大きくなり、効率が低下する欠点があった。

これに対して、FCMスクロール圧縮機では、図3(b)に示すように、第2背圧室の圧力によって揺動スクロールとコンプライアンスフレームを引き離す力(スラスト方向キャンセル力) F_o が付与される。コンプライアンスフレームにはスラスト方向のガス負荷 F_g と渦巻先端の押付反力 F_a が作用しているので、スラスト方向キャンセル力 F_o によって、スラスト軸受負荷 F_{th} ($=F_g+F_a-F_o=F_c-F_o$) を低減することができる。

ここで、第2背圧室の圧力を適正に調整すれば、スラスト軸受負荷 F_{th} によって発生するスラスト軸受の摺動損失を最小限に抑制することができる。

以上のように、FCMを採用することにより、漏れ損失とスラスト軸受損失を同時に大幅

に低減し、特に低速域で大幅な効率改善を実現することが可能となる。

実用上の効果

図4に、R407C冷媒用インバータスクロール圧縮機の性能を従来スクロール圧縮機と比較して示す。FCMインバータスクロール圧縮機は、当社従来スクロール圧縮機に対して、周波数60Hzでは14%、周波数30Hzでは27%の効率改善を達成している(ARI条件にて測定)。

なお、店舗・事務所用インバータエアコンにFCMスクロール圧縮機を搭載することにより、当社従来スクロール圧縮機を搭載した場合に比べて、年間消費電力量(年間電気代)は約20%低減される。

工業所有権の状況

本開発に関連して国内に出願した特許は34件で、内1件登録、海外には12カ国41件出願して、内9件登録となっている。

むすび

今回開発したFCMインバータスクロール圧縮機は、当社従来スクロール圧縮機に対して、エネルギー消費効率(COP)が周波数60Hzで+14%、周波数30Hzで+27%と、運転頻度の高い低速域で特に大幅な効率改善を達成している。

FCMインバータスクロール圧縮機は、2002年11月より店舗・事務所用インバータエアコン及びビル用マルチエアコンに搭載されており、エアコンの省エネルギー化に大きく貢献している。

今後、店舗・事務所用一定速エアコンにもFCMスクロール圧縮機を搭載していくが、本圧縮機は機構的に高効率であることから、広く海外にも拡販していく予定である。

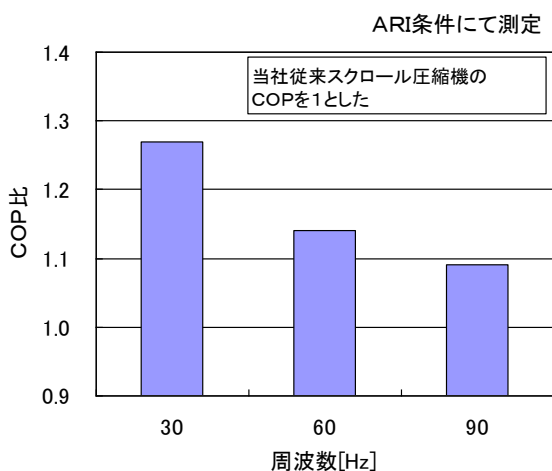


図4 FCMスクロール圧縮機の性能