

低振動型冷蔵庫用圧縮機の開発

稲垣, 耕

<https://hdl.handle.net/2324/2236224>

出版情報 : Kyushu University, 2018, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 稲垣 耕

論 文 名 : 低振動型冷蔵庫用圧縮機の開発

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

冷蔵庫は家庭において消費電力がもっとも多い電気機器のひとつであり、近年は省エネルギーへの取り組みの強化によりエネルギー消費量の低減が進んでいる。家庭用冷蔵庫で用いられているレシプロ圧縮機では、省エネルギー化を図るため、圧縮機をインバータで駆動することにより庫内の温度に応じて圧縮機の回転数を適切に調整する技術が採用されている。また、真空断熱材を利用して冷蔵庫筐体の断熱性能を向上させることで、圧縮機を低回転数で運転しても冷却性能を維持できる技術などが導入されているなど、圧縮機の低回転化のニーズが高まっている。

冷蔵庫で用いられる単気筒のレシプロ圧縮機では、ピストンの往復運動に起因する不釣り合い力が作用するため、運転回転数成分を有する振動が発生する。この振動が冷蔵庫筐体に伝わると庫内に異音を発生させる原因となるため、実際の冷蔵庫では、防振ゴムなどを用いて圧縮機の振動が冷蔵庫筐体へ伝わることを抑制している。しかし、固有振動数が比較的低い回転数領域に存在している。固有振動数近傍の回転数で圧縮機を運転すると、共振による振動が冷蔵庫筐体に伝達され、騒音振動の原因になりやすい。このような振動課題が圧縮機の低回転化を図るうえでの課題となっている。

冷蔵庫用のレシプロ圧縮機は、従来は商用電源周波数で運転されており、回転数が支持系の固有振動数より十分に高く、ばね支持で振動を十分に絶縁できたため、これまで大きな課題として認識されてこなかった。このため、本研究で対象としているレシプロ圧縮機の振動問題、とくに支持系の共振現象に起因する振動課題に着目し、これを分析し対策を行った例はなかった。ところが、近年の省エネルギーの進展を踏まえた低回転化のニーズもあり、圧縮機の低回転化を実現する振動低減技術の必要性が高まっている。

支持系の共振現象に起因する振動を回避するためには、圧縮機の固有振動数を運転回転数域から除外することが有効であるが、単に圧縮機の支持ばねの剛性を低減するなどの方策では、支持の安定性が失われるなどの問題があり、振動課題への対応は容易ではない。

以上を踏まえ、本研究は冷蔵庫用のレシプロ圧縮機を低回転で運転する際の振動課題の解決を目的とする。このため、圧縮機の固有振動数を運転回転数域から除外することを狙いとして、2種類の新たな圧縮機の支持方式を開発する。一方は、圧縮機自体の変更は行わず、圧縮機外部の支持構成を変更することで圧縮機の振動が外部へ伝達されることを抑制する「五点支持方式」である。他方は、圧縮機内部の支持構成を変更し、圧縮機自体の振動を低減する「自立支持方式」である。

本論文は以下の5つの章から構成される。

第1章では、本研究が対象とする冷蔵庫および圧縮機の概要を説明する。冷蔵庫の省エネルギーを図るうえでの圧縮機の低回転化の必要性や、低回転数化に伴う振動課題について述べる。そして、

本研究では、圧縮機の固有振動数を運転回転数域から除外することを狙いとし、2種類の新たな圧縮機の支持方式を開発するとの研究目的を示す。

第2章では、まずレシプロ式圧縮機を対象として振動測定実験および数値解析を実施して、圧縮機の振動特性について分析し、圧縮機の支持方法の変更によって冷蔵庫筐体へ伝達する振動を抑制する可能性について分析を行う。さらに、圧縮機の外部支持の方法である五点支持方式を新たに提案する。この方式では、支持要素を圧縮機の自重を支えるためのものと圧縮機の静的安定性を維持するためのものとに分けることで、従来の防振ゴムを利用した支持方式と比べて圧縮機をより柔軟に支持することで、固有振動数の低減が可能となり得ることを示す。さらに、冷蔵庫実機で用いられている圧縮機を対象として、五点支持方式の有効性について実験と解析の両面から検証する。

第3章では、圧縮機内部で駆動ユニットをシェルに対して支持する方法である自立支持方式を提案する。この方式では、駆動ユニットの下面に球面支持要素を取り付けてシェルに直接設置するとともに、駆動ユニットに対して打撃の中心を利用することで、駆動ユニットからシェルへ伝達する振動を抑制する。まず本章では、圧縮機の構造に基づいて製作した簡易モデルを対象として、実験と解析の両面から自立支持方式の有効性について検証する。

第4章では、第3章で提案した自立支持方式の実用化を図るうえで解決すべき課題について検討を行う。具体的には、冷媒圧縮運転を行うためには吐出管が必要となるが、吐出管の剛性が高いと駆動ユニットからシェルへ振動が伝達される課題がある。また、圧縮負荷により圧縮機の回転ムラが生じ、振動が発生する。これらの課題について明らかにするため、圧縮運転が可能な圧縮機に自立支持方式を適用し、自立支持方式の有効性を確認するとともに、吐出管や圧縮負荷の振動への影響と対応策を示す。

第5章では、第4章までの内容を踏まえ、本論文を総括する。