

コンプレッサ駆動用モータ停止時の振動発生原因についての検討

◎塩井 太介, 熊谷 崇宏, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

永久磁石同期モータは小型・高効率といった特徴を有することからエアコンや冷蔵庫などの家電製品に幅広く使用されている⁽¹⁾。これらの製品は消費電力削減のために内部のモータが頻繁に起動・停止を繰り返す。そのため、定常運転時に加えて起動・停止時の振動や騒音が問題となる。これまで、定常運転時に発生する振動の低減に関する研究は数多く行われているが⁽²⁾、停止時の振動に着目した研究は著者らの知る限り無い。そこで、本論文ではモータ停止時の振動低減を目的に、停止時振動の発生原因を実験的に明らかにする。その結果、停止時の振動はコンプレッサ特有の負荷トルクの急増によって生じるモータの急激な減速が原因で発生することが明らかになったので報告する。

2. 実験条件

図1に本検討で用いるコンプレッサのトルク特性を示す。図1より、コンプレッサはロータの回転位置によって負荷トルクが大きく変化する。本実験ではまずコンプレッサ圧力が一定になるまで、コンプレッサ駆動用モータを運転する。その後、全てのインバータ側スイッチのゲート信号を遮断し、フリーランによりモータを停止した際のモータ振動を測定する。なお、モータ振動はコンプレッサに取り付けた加速度センサ(小野測器, NP-3120)とプリアンプ(小野測器, M-3111)により測定する。コンプレッサの圧力条件は冷蔵庫の運転特性から決定し、同一圧力条件におけるモータ停止時の振動を30回測定し、傾向を取得した。

3. 実験結果

図2にモータ停止時の線間電圧(速度起電力)波形および加速度センサ出力波形を示す。図2より線間電圧振幅は徐々に減少しゼロになった後、相順が反転している。線間電圧振幅がゼロになる点では回転速度がゼロであるため、ロータの跳ね返りが発生することがわかる。加速度センサ出力より、跳ね返りの前後で大きな振動が発生している。

図3にフリーラン停止時の回転速度を示す。本検討に用いたモータには速度センサを取り付けられないため、図2に示した線間電圧波形の周波数から回転速度を推定している。図1に示すように磁極位置が200~360°の間は負荷トルクが急増するため、この区間で回転速度が急激に減少する。本検討では、周期的な負荷トルク変動による速度変化に着目する。機械角1周期における負荷トルクによる速度変化を $\Delta\omega$ 、速度が減少している時間を Δt とし負荷トルクによる減速時の加速度 $|\Delta\omega/\Delta t|$ を求める。そして、加速度の最大値 $|\Delta\omega/\Delta t|_{max}$ と振動ピーク値の相関を取得する。ここで、振動ピーク値は跳ね返り発生後の圧力センサ出力の最大値とする。

図4に負荷トルクによる減速時の加速度の最大値と振動ピーク値の関係を示す。図4より、加速度の最大値と振動ピーク値の相関係数は0.89であり強い相関がある。そのため、停止時振動は負荷トルクの急増によるモータの急激な減速に起因していると考えられる。以上の結果より、ゼロ速まで速度を減少させつつ、周期的な負荷トルク変動によって発生するモータの速度変化 $|\Delta\omega/\Delta t|_{max}$ を抑制することで停止時振動を低減できると考えられる。

4. まとめ

本論文では、モータの停止時振動について検討を行った。今後は、ゼロ速まで速度制御を行った際の停止時振動について検討する。

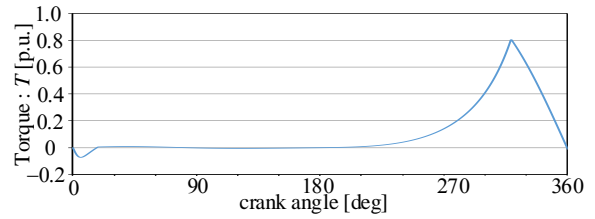
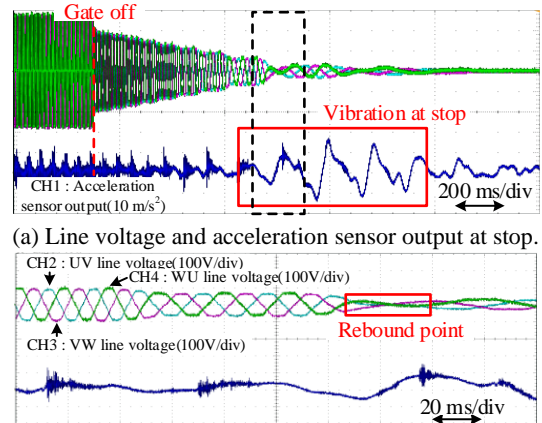
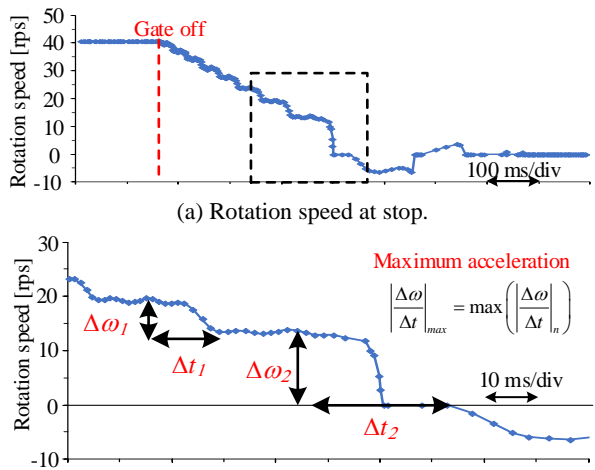


Fig. 1. Pressure characteristics of compressor.



(a) Line voltage and acceleration sensor output at stop.
(b) Enlarged the waveform at the rebound point.
Fig. 2. Line voltage waveform and acceleration sensor output.



(a) Rotation speed at stop.
(b) Enlarged the rotation speed at the rebound point.
Fig. 3. Rotation speed by free-run.

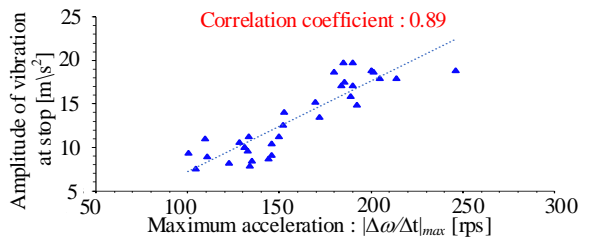


Fig. 4. Relationship between maximum acceleration and amplitude of vibration at stop.

参考文献

- [1]. 大森, 他, 電学論 D, vol.124, No.11, pp.1087-1093(2004)
- [2]. Min Zhu, et al, IEEE Trans. TE, Vol.4, No.1(2018)