



を変化させた際の停止時振動の特性を事前に取得し、振動が小さくなる切り替え位置を決定する。しかし、コンプレッサのトルク特性が変化した場合には適切な切り替え位置が変化するため、内部の圧力条件や運転時の回転速度が変化した際には十分な低減効果が得られない。

本論文では運転時の回転速度やコンプレッサの圧力によらず停止時振動を低減可能な停止法を提案する。提案法では、フリーランにより一定の速度まで減速させた後に短絡制動に切り替え停止するため、運転時の回転速度による影響を受けない。また、負荷トルクの小さい吸引工程中に停止することで、圧力条件によらず停止時振動を低減できる。

本論文の構成は以下の通りである。はじめに、フリーランでモータを停止させた際に生じる振動を測定し、停止時の振動は負荷トルクによるロータの跳ね返りによって発生することを示す。次に、停止時に発生する振動を低減するために、提案するフリーランおよび短絡制動を組み合わせた低振動停止法の原理を説明する。提案法はフリーランにより一定速度まで減速した後、吸引工程で短絡制動に切り替え連続的な制動トルクを発生させることで、跳ね返りの原因となる負荷トルクリブルを抑制する。最後に、提案する停止法を用いることで従来使用されるフリーラン停止時と比較して、停止時の振動を最大で 71%低減できることを確認したので報告する。

## 2. 供試モータと振動評価環境の構成

図 1 に本論文で対象とするレシプロ型コンプレッサの概略図を示す。レシプロ型コンプレッサは、ロータに直結したピストンが往復運動を繰り返すことで、冷媒の吸引、圧縮と排出を繰り返す。ここで、本論文では排出から吸引に切り替わる点を上死点(Top Dead Center: TDC)、吸引から圧縮に切り替わる点を下死点(Bottom Dead Center: BDC)と呼ぶ。また、本論文では、TDC を機械角 0deg、BDC を機械角 180deg と定義する。

図 2 にコンプレッサのトルク特性を示す。ここで、 $P_h$  は吐出側の圧力、 $P_l$  は吸引側の圧力である。図 2(a)より、コンプレッサは吸引工程ではほとんどトルクが発生せず、圧縮、排出工程で大きなトルクが発生するため、トルクが周期的に変動する<sup>7)</sup>。また、図 2(b)より、コンプレッサは内部の圧力状態によってトルク特性が大きく変化する。

表 1 に実験に使用するモータのパラメータおよび実験条件を示す。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。図 2 に示す負荷トルク特性はコンプレッサ内部の圧力条件によって変化するため、試験条件を同一にするにはコンプレッサ内部の圧力条件をそろえる必要がある。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、各種停止法を用いてモータを停止した際に発生する振動を比較する。なお、コンプレッサの圧力条件および回転速度は家庭用の冷蔵庫の運転特性を参考に決定している。

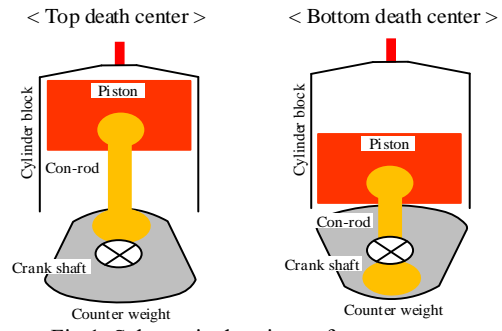


Fig.1. Schematic drawings of compressor.

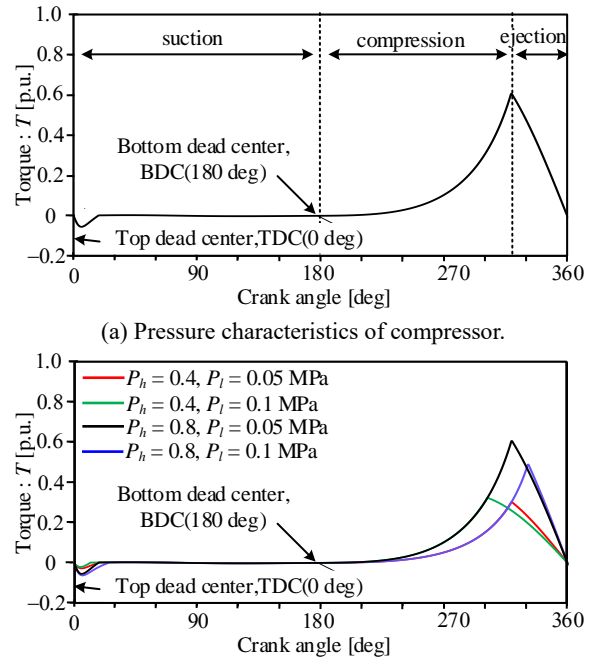


Fig.2. Pressure characteristics of compressor.

Table 1. Experimental conditions.

Parameter	Symbol	Value
Rating rotation speed	$\omega_h$	80 rps
Rating torque	$T_n$	0.237 N·m
Polar logarithmic	$P$	3
Winding resistance	$R$	6.2 $\Omega$
d-axis inductance	$L_d$	76.3 mH
q-axis inductance	$L_q$	136 mH
DC-link voltage	$V_{dc}$	280 V
Switching frequency	$f_{sw}$	16 kHz
Dead time	$T_d$	0.5 $\mu$ s

## 3. フリーランによる停止と停止時振動の分析

図 3 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。フリーランでは、インバータの出力電圧がゼロとなるため、線間電圧に速度起電力が直接現れる。図 3 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り、相順が反転している区間ではモータは逆回転していることを示しており、負荷トルクによ

り押し返されて、逆転していることが予想される。この現象を本論文では「跳ね返り」と呼ぶ。また、加速度センサ出力より、(i)減速時と(ii)跳ね返り後に振動が発生しており、特に跳ね返りの直後に大きな振動が発生している。以上の結果より、フリーラン停止時には、負荷トルクにより徐々に減速した後に数回跳ね返りが生じ、完全に停止する。

図 4 にフリーラン停止時の回転速度および加速度センサ出力波形を示す。ここで、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 4 より、フリーラン停止時の回転速度は周期的に変化している。ここで、回転速度  $\omega$  と負荷トルク  $T_L$  の関係は(1)式で求められる。

$$\omega = \omega_0 + \frac{1}{J_s}(T_{out} - T_L) \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 $\omega_0$  は回転速度の初期値、 $T_{out}$  はモータの出力トルク、 $J$  は慣性モーメント、 $s$  はラプラス演算子である。(1)式よりフリーラン停止時にはモータの出力トルクはゼロになるため、回転速度は負荷トルクにより変化する。そのため、図 4 の回転速度の周期的な変化は図 2 に示した負荷トルク特性に依存している。また、図 4 に示す加速度センサ出力波形より跳ね返りが生じた後に大きな振動が発生している。

以上の結果より、停止時には負荷トルクに起因したロータの跳ね返りによって振動が発生する。そのため、ロータの跳ね返りを抑制することで停止時振動を低減できる。しかし、負荷トルクにより停止するフリーランではロータの跳ね返りを完全に抑制することはできない。本論文では、負荷トルクを用いずにモータの制動トルクにより停止することで、コンプレッサの圧力条件や運転時の回転速度によらず振動を低減可能な停止法を提案する。

#### 4. 停止時振動を低減する停止法

本論文では振動の原因となるロータの跳ね返りを抑制するために、フリーランと短絡制動を組み合わせた低振動停止法を提案する。提案法では、フリーランにより減速させた後に、吸引動作が始まる上死点で短絡制動に切り替え吸引動作中にモータを停止することで、負荷トルクによる跳ね返りを抑制する。

図 5 に短絡制動時の回路動作を示す<sup>(18)</sup>。図 5 に示すように、短絡制動ではインバータの出力電圧をゼロにし、モータの出力端を短絡させる。そして、モータと負荷が持つエネルギーを巻線抵抗で熱に変えることでモータを停止させる。この時、モータ巻線には速度起電力に依存した大きな電流が流れるため、過電流トリップが発生したり、モータ焼損や不可逆減磁を招く恐れがある<sup>(19)</sup>。そのため、停止動作に起因する過電流によって、モータ損傷や不可逆減磁が発生しないよう、モータ電流を制御する必要がある。本論文では電流振幅を制御するために、ゲート遮断と短絡制動を組み合わせた電流制御法を適用する。

吸引動作中にモータを停止させるには、(i)回転速度を閾値以下まで減速し、(ii)ロータ位置が上死点に一致したタイミ

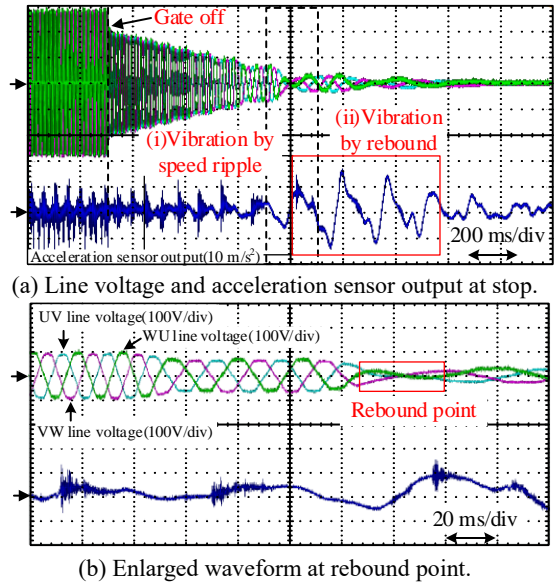


Fig.3. Line voltage waveform and acceleration sensor output.

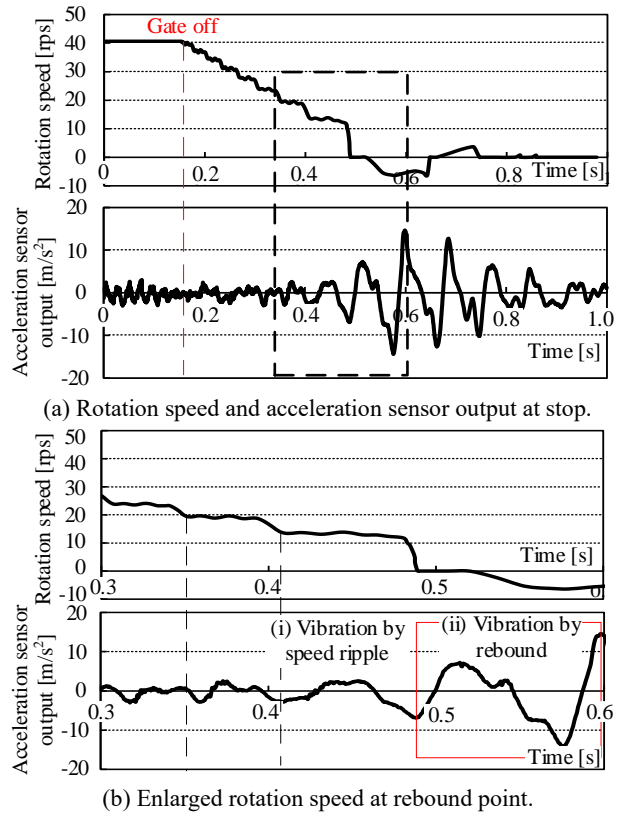


Fig.4. Rotation speed and acceleration sensor output by free-run.

ングで制動トルクを発生させる必要がある。そのため、モータを減速させながら回転速度と上死点を推定する必要がある。提案法では、フリーランにより減速させることで、速度起電力から回転速度と上死点の推定を行う。その後、短絡制動により停止する。以下に、提案法における回転速度推定法、上死点の推定方法および制御ブロック図を示す。

<4.1> 制御ブロック図 図 6 に提案法の制御ブロック図を示す。本制御は定常運転のための V/f 制御を用いたデューティ比決定部と停止動作のための速度推定部、電流制御部、

動作モード選択部およびスイッチングパターン選択部で構成される。

図 7 に提案する停止法のフローチャートを示す。提案法では、はじめに”Flg\_stop”を 1 にすることでインバータの全スイッチをオフにし、V/f 制御による運転状態からフリーランに移行する。次に、フリーラン減速時の速度起電力から回転速度および上死点を推定する。そして、回転速度が閾値  $\omega_{th}$  以下かつ上死点になったタイミングで、”Flg\_hysteresis”を 1 にし、ヒステリシス電流制御に移行する。電流ベクトルの大きさ  $i$  が上側閾値  $i_{th\_upper}$  を上回る場合にはゲート遮断を切り替え、下側閾値  $i_{th\_under}$  を下回る場合には短絡制御へ切り替えることで、電流ベクトルの大きさを制御する。

**<4.2> 回転速度推定法** 一般的なセンサレスベクトル制御では、オブザーバや適応制御を用いて推定した誘起電圧より回転速度を求める<sup>(20)(21)</sup>。しかし、これらの方式では誘起電圧が小さくなる低速域において、推定精度が悪化する。しかし、提案制御では、はじめにモータをフリーランさせるためモータの線間電圧より誘起電圧を直接求めることができる。よって、モータの電気角  $\theta_r$  は(2)式で求められる。

$$\theta_r = \tan^{-1} \left( -\frac{v_\alpha}{v_\beta} \right) \dots \dots \dots (2)$$

(2)式より、インバータの出力電圧から電気角を求められる。そして、(2)式で求めた電気角を微分することで回転速度が得られる。

**<4.3> 上死点の推定方法** 本制御では、コンプレッサの負荷トルクの周期性に着目し、モータの加速度および位相情報より吐出工程から吸引工程への切り替わりである上死点を推定する。図 4 に示すように、フリーラン減速時の回転速度は負荷トルクが小さい吸引工程中にはほとんど変化せず、負荷トルクの大きくなる圧縮・排出工程でのみ急激に減速する。そのため、モータの加速度からおおよその機械角を推定することが可能である。

図 8 に提案法における回転速度および加速度推定部のブロック図を示す。本制御では、(2)式により算出した位相に疑似微分を適用することで回転速度を推定している。図 8 より加速度を求めるために位相に対して 2 回微分を行うため、高周波のノイズ成分の影響により推定精度が低下する可能性がある。そのため、高周波成分の影響を除去するために、加速度の推定には定格回転速度以下で微分特性を持ち、それ以上の周波数では遮断特性を持つフィルタを使用する。

図 9 にフリーラン減速時の位相、回転速度および加速度を示す。本制御では、(2)式により推定した位相情報から回転速度および加速度を算出する。そして、加速度が最大となった後に位相がゼロになる点を上死点とする。

**<4.4> 電流制御法** 図 10 にヒステリシス電流制御を適用した際の電流ベクトルの振幅を示す。本制御では、電流ベクトルの大きさに応じて短絡制御とゲート遮断を切り替えることで、モータ電流を制御する。短絡制御時に流れる電流振幅は速度起電力に依存するため、モータの減速に伴い電流

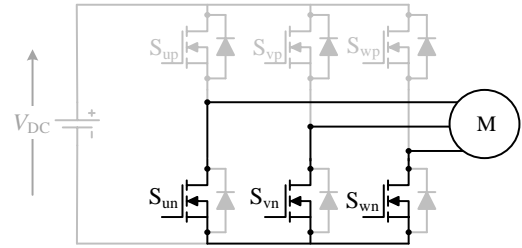


Fig.5. Circuit operation of short brake.

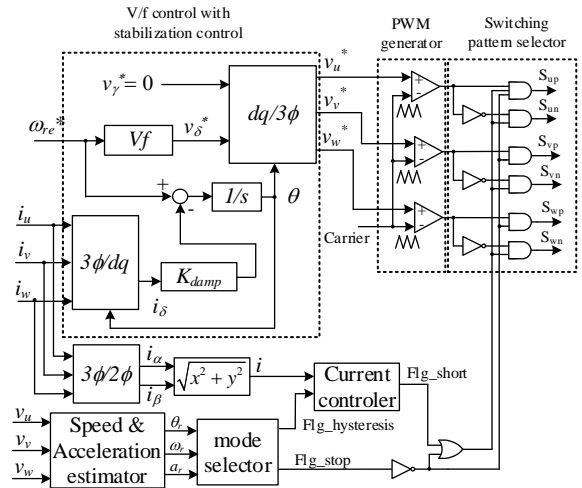


Fig.6. Control block with V/f control and motor stop control.

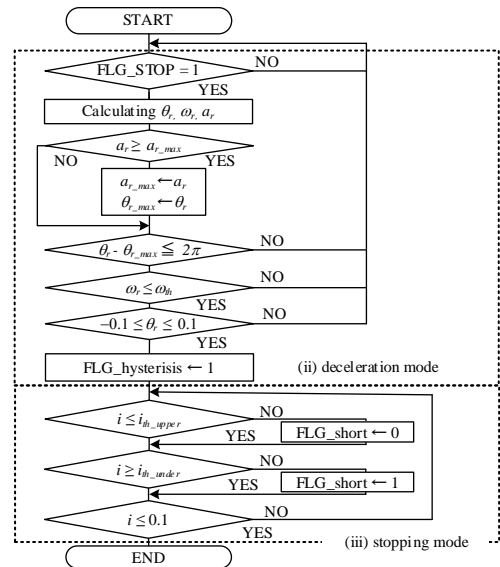


Fig.7. Flowchart of proposed method.

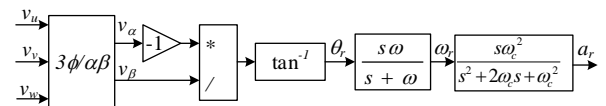


Fig.8. Control block of rotation speed and acceleration estimator.

が小さくなり、自然にモータは停止する。

**5. 実験結果**

4 章で述べた提案法の有用性を実機実験により検証した。

実験条件は、3章に記したフリーラン停止時の振動測定試験と同様である。短絡制動へと切り替える回転速度閾値 $\omega_h$ は、短絡制動に切り替える前に跳ね返りが発生しないように、定格回転速度の20%である15 r/sに設定した。ヒステリシス制御の上側閾値はモータの不可逆減磁が生じないように、減磁電流の20%である1 Aに設定した。また、ヒステリシス制御の下側閾値は電流リップル率を10%程度とするために0.9 Aに設定した。

図11に提案法によりモータを停止させた際の回転速度推定値、加速度推定値および位相推定値を示す。なお、短絡制動時には速度起電力を検出できないため、位相、回転速度および加速度は推定できない。図11より、加速度が最大となった後に位相がゼロの点で短絡制動に切り替わっていることがわかる。

図12に電流制御を適用した場合と適用していない場合の電流ベクトルの振幅および、加速度センサ出力波形を示す。図12より、電流制御を用いずに停止させた場合には、短絡制動時に1.6 A程度の大きな電流が流れる。一方、電流制御を適用することで、モータ電流の最大値を1 A以下に抑制できていることが確認できる。そのため、短絡制動にゲート遮断を組み合わせることで、短絡制動時の過電流を抑制可能である。

図13に提案法によりモータを停止させた際の回転速度推定値、UV相電流波形および加速度センサ出力波形を示す。図13より、提案手法を用いてモータを停止させることで、図3に示したフリーラン停止時と比較して、停止時の振動振幅を大幅に低減できる。なお、本制御はロータの跳ね返りを抑制することのみに着目しているため、停止時に発生する振動の完全な抑制には至っていない。

次に、提案法の妥当性を検証するために、上死点以外で短絡制動へ切り替えた際の振動を測定する。ここでは、負荷トルクが大きくなる下死点で短絡制動へ切り替えた際の振動波形を測定する。

図14に下死点で短絡制動に切り替えた際の実験結果を示す。下死点で短絡制動に切り替えた場合、負荷トルクが大きい圧縮動作中にモータが停止するため、負荷トルクによる急激な速度変化により、大きな振動が発生する。よって、停止時振動を低減するためには、負荷トルクが小さい吸引動作中にモータを停止させる必要がある。

図15に従来法と提案法で40回ずつモータを停止させた際の振動振幅の発生確率を示す。(a)に示すフリーラン停止時は負荷トルクにより減速するため、停止時の振動は負荷トルク特性に依存する。よって、停止時の振動振幅にばらつきが生じる。一方で、(b)に示すように、提案法では振動振幅平均値を67%低減できる。また、提案法は上死点で短絡制動に切り替えることで、停止位置を一定に制御しているため、フリーラン停止時よりも振動振幅のばらつきが小さい。

図16に短絡制動切り替え時の磁極位置を変更した場合の停止時振動の測定結果を示す。ここで、推定した位相情報を用いて、上死点の検出から遅延を設けることで短絡制動へ

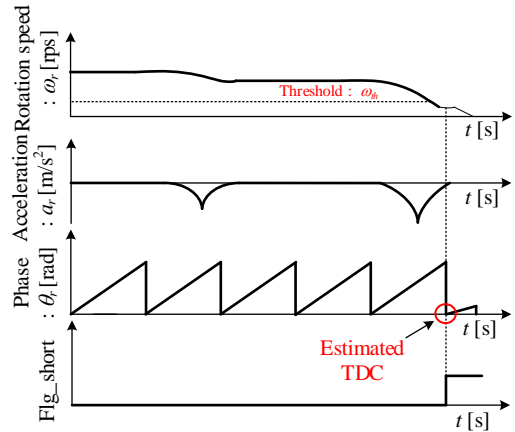


Fig.9. Phase, rotation speed, and acceleration waveform.

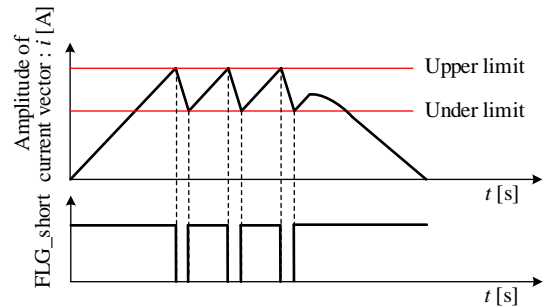


Fig.10. Amplitude of current vector with hysteresis control.

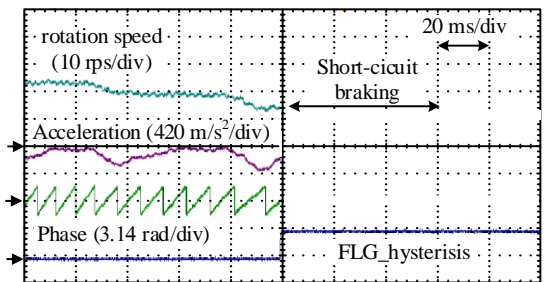
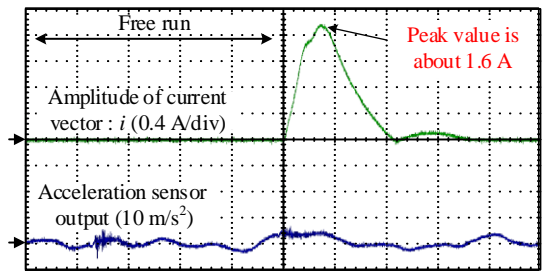
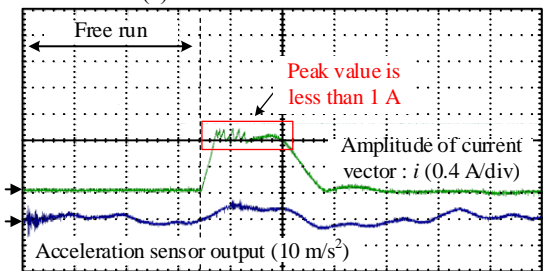


Fig.11. Phase, rotation speed, and acceleration waveform.



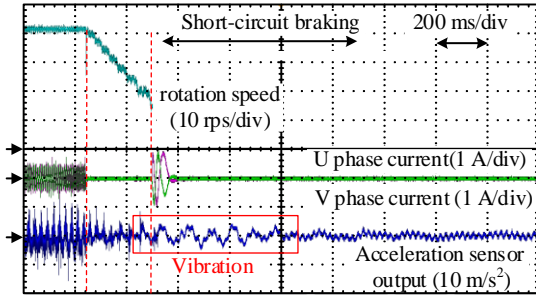
(a)without current control.



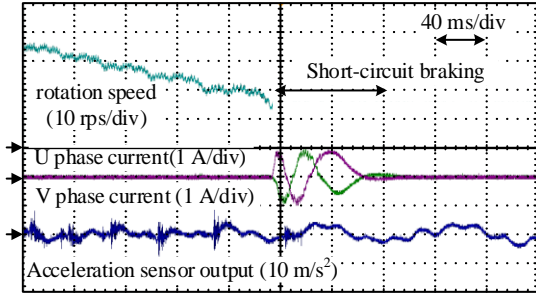
(b)with current control.

Fig.12. Amplitude of current by shorted brake.



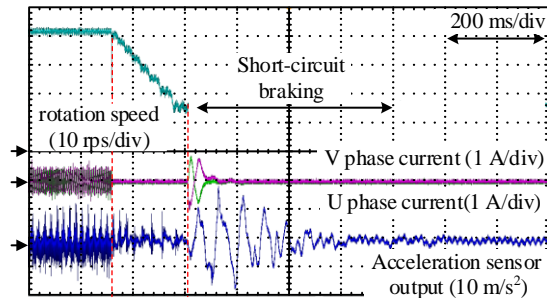


(a) Estimation speed and acceleration sensor output at stop.

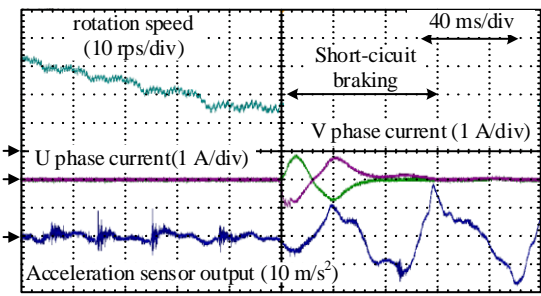


(b) Enlarged the waveform at control change point.

Fig.13. Acceleration sensor output by short brake at TDC.



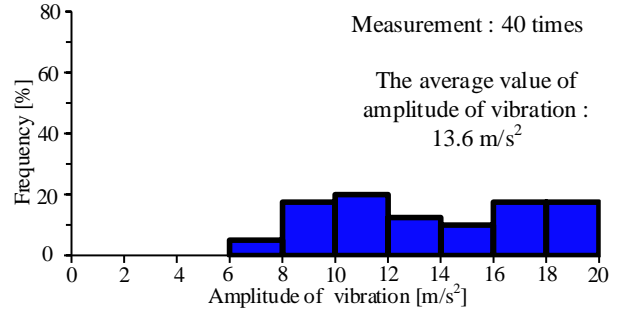
(a) Estimation speed and acceleration sensor output at stop.



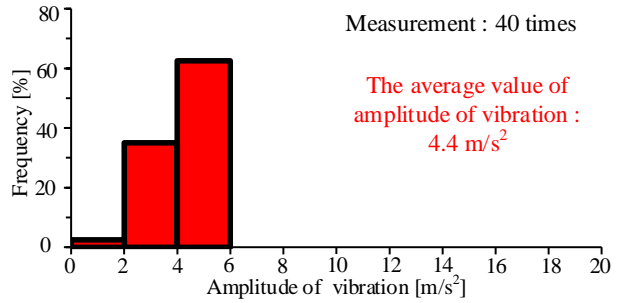
(b) Enlarged the waveform at the rebound point.

Fig.14. acceleration sensor output by short brake at BDC.

の切り替え位置を制御している。また、300~350degの範囲では、短絡制動切り替え時の回転速度閾値 $\omega_{th}$ を15 r/sに設定すると、切り替わり前に負荷トルクによる跳ね返りが発生する可能性がある。そのため、300~350degの範囲では、短絡制動切り替え時の回転速度閾値 $\omega_{th}$ を20 r/sに設定している。図16より、短絡制動への切り替え位置が60 deg以下の範囲では停止時振動振幅の平均値が5 m/s<sup>2</sup>程度であり、フリーラン停止時と比較して振動振幅を67%以上低減できていることがわかる。そのため、検出系の遅延やノイズの影響



(a)Conventional method(free-run)



(b)Proposed method

Fig.15. Probability distribution of peak vibration value.

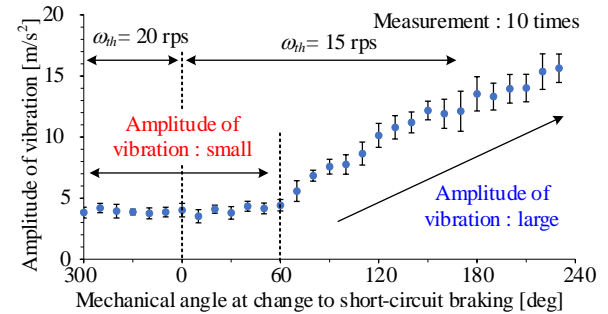


Fig.16. Peak vibration value in terms of mechanical angle to switch to short-circuit braking.

響で上死点の推定に誤差が生じた場合でも、振動の低減が可能である。

図17にコンプレッサ内部の圧力条件を変更した場合の停止時振動の測定結果を示す。図17より、フリーランによる停止ではコンプレッサ内部が高圧になるほど、停止時振動の振幅が増加する。これは、高圧になるほど圧縮・排出工程のトルクが増加するためである。一方で、提案法を用いて停止した場合には、コンプレッサ内部の圧力条件によらず停止時振動振幅の平均値を58%以上低減できている。提案法は負荷トルクの小さい吸引工程でモータを停止するため、圧力条件によらず停止時振動を抑制できる。そのため、駆動時の回転速度や外気温によりコンプレッサ内の圧力が変化した場合にも、振動を低減可能である。

表2に各圧力条件においてフリーランと提案法で停止させた際の、振動振幅の平均値および振動振幅の低減率を示す。表2より、提案法を用いることでフリーラン停止時と比較して、最大で振動振幅の平均値を71%低減できる。

## 6. まとめ

本論文では、コンプレッサ駆動用モータを停止する際に発生する振動を低減可能な停止法を提案した。はじめに、停止時に発生する振動の発生原因を明確にするために、フリーランにより停止させた際の振動を測定・分析した。その結果、停止時の振動は(i)コンプレッサ特有の周期的な負荷トルク脈動に速度変化に伴う速度リップと、(ii)ロータの跳ね返りによって生じることがわかった。次に、特に大きな振動原因となっているロータの跳ね返りを抑制するために、フリーランと短絡制動を組み合わせた停止法を提案した。提案法は、フリーラン減速時に回転速度と機械角を推定し、負荷トルクが小さい吸引動作中に停止させることで、跳ね返りによる振動を低減可能である。実機実験により、提案法を用いることでフリーラン停止時と比較して、圧力条件によらず振動振幅の平均値を50%以上低減でき、最大で71%の低減効果が得られることを確認した。

## 文 献

- (1) Y. Kawabata, T. Endo, Y. Takakura: "Study of Control for Position Sensorless and Motor Current Sensorless Permanent Magnet Synchronous Motor Drives", IEEJ Transactions on Industry Applications, 2014, Vol. 134, No. 6, pp. 579-587(in Japanese)  
川端幸雄, 遠藤常博, 高倉雄八:「位置センサレス・モータ電流センサレス永久磁石同期モータ制御に関する検討」, 電気学会論文誌 D, Vol. 134, No. 6, pp. 579-587(2014)
- (2) H. Omori, T. Iwai, N. Nakajima: "The Energy Electronics are Coming to an Expansion Phase which Applied to Home Appliances and Mobile Devices", IEEJ Transactions on Industry Applications, 2004, Vol. 124, No. 11, pp. 1087-1093(in Japanese)  
大森英樹, 岩井利明, 中島昇:「拡大期を迎えた家電・モバイル機器のエネルギーエレクトロニクス」, 電気学会論文誌 D, Vol. 124, No. 11, pp.1087-1093(2004)
- (3) 関原聡一, 蛭間淳之:「エアコン用正弦波駆動インバータ -- コンプレッサモータの高性能駆動」, 東芝レビュー, Vol. 57, No. 10, pp. 42-45(2002)
- (4) Kwang-Woon Lee, Sungin Park, and Seongki Jeong: "A Seamless Transition Control of Sensorless PMSM Compressor Drives for Improving Efficiency Based on a Dual-Mode Operation", IEEE Transactions of Power Electronics, Vol.33, No.10, pp. 1446-56(2015)
- (5) B. Hu; Z. Huang: "Linear Quadratic Extended State Observer based Load Torque Compensation for PMSM in a Single Rotor Compressor", 2019 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), Harbin, China, 2019
- (6) K. Lee, S. Park and S. Jeong: "A Seamless Transition Control of Sensorless PMSM Compressor Drives for Improving Efficiency Based on a Dual-Mode Operation," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 30, no.3, pp. 1446-1456, March 2015
- (7) H. Iwata, M. Nakamura, O. Matsuya, M. Sutou: "Vibration and Noise Reduction of Compressors for Air-Conditioner", Transactions of the Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1990, Vol. 7, No. 2, pp. 105-118 (in Japanese)  
岩田博, 中村満, 松下修己, 須藤正庸:「空調用圧縮機の振動と騒音」, 日本冷凍協会論文集, Vol.7, No.2, pp.1-13(1990)
- (8) X. Song, J. Fang, B. Han and S. Zheng, "Adaptive Compensation Method for High-Speed Surface PMSM Sensorless Drives of EMF-Based Position Estimation Error," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31, no. 2, pp. 1438-1449, Feb. 2016.
- (9) D. Li, Y. Notohara, T. Suzuki, T. Ando: "Start-up Method Involving Reduced Shock in Speed and Current for PMSMs with Position Sensorless Control under Wide-Range Load", IEEJ Transactions on Industry

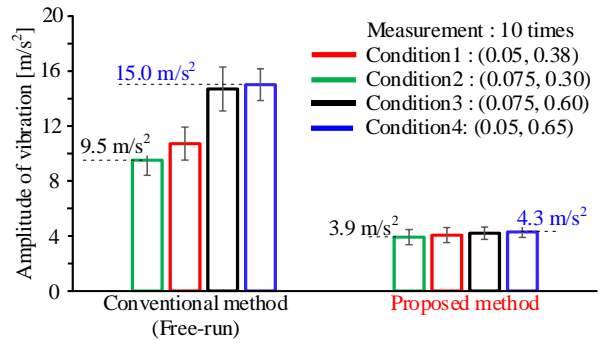


Fig.17. Peak vibration value in terms of pressure conditions.

Table 2. Comparison results of vibration at stop.

	Average value [m/s <sup>2</sup> ]			Reduction rate [%]
	Free-run	Proposed method		
Pressure condition [MPa]	1	9.5	3.9	58.9
	2	10.7	4.1	61.7
	3	14.7	4.2	71.4
	4	15.1	4.3	71.5

Applications, 2010, Vol. 130, No. 9, pp. 1075-1080 (in Japanese)

- 李東昇, 能登原保夫, 鈴木尚礼, 安藤達夫:「位置センサレス PMSM の広範囲負荷起動に適した同期始動の切替ショック低減方法」, 電気学会論文誌 D, Vol.130, No.9, pp.1075-1080(2010)
- (10) 河合一弥, 熊谷隆宏, 渡辺大貴, 伊東淳一:「センサレス永久磁石モータの起動時騒音の低減法部」, SPC-20-159, HCA-20-52, VT-20-48(2020)
- (11) E. Fukumoto, H. Hamane, Y. Hayashi: "Reduction of Cyclic Speed Change Using a Band-Pass Filter for Compressor PMSM Sine-Wave Position Sensor-Less Drives", IEEJ Transactions on Industry Applications, 2007, Vol. 127, No. 7, pp. 715-722 (in Japanese)  
福本哲哉, 濱根洋人, 林洋一:「圧縮機用 PMSM 位置センサレスベクトル制御のための BPF を用いた周期的速度変動抑制制御」, 電気学会論文誌 D, Vol.127, No.7, pp.715-722(2007)
- (12) J. Ito, J. Toyosaki, H. Ohsawa: "High performance V/f control method for PM Motor", IEEJ Transactions on Industry Applications, 2002, Vol. 122, No. 3, pp. 253-259 (in Japanese)  
伊東淳一, 豊崎次郎, 大沢博:「永久磁石同期電動機の V/f 制御の高性能化」, 電気学会論文誌 D, Vol. 122, No. 3, pp. 253-259, (2002)
- (13) S. Hattori: "Vibration Suppression Control Method for PMSMs Based on Learning Control Corresponding to Operating Point Changes", IEEJ Transactions on Industry Applications, 2017, Vol. 137, No. 1, pp. 10-16 (in Japanese)  
服部知美:「動作点変動に対応した学習制御による PMSM の振動抑制制御法」, 電気学会論文誌 D, Vol. 137, No 1, pp. 10-16(2017)
- (14) Y. Notohara, D. Li, Y. Iwaji, M. Tamura, K. Tsukii: "Study on Vibration Suppression Control for Rotary Compressor", IEEJ Transactions on Industry Applications, 2020, Vol. 140, No. 11, pp. 841-847 (in Japanese)  
能登原保夫, 李東昇, 岩路喜尚, 田村正博, 月井浩二:「ロータリ圧縮機向け振動抑制制御の検討」, 電気学会論文誌 D, Vol.140, No.11, pp.841-847(2020)
- (15) S. Suthep, W. Yankai, I. Yuuma, M. Ishida, K. Yubai and S. Komada: "Fram-Anti-Vibration Control for Sensorless IPMSM-Driven Applications", 2016 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), Florence, Italy, 2016
- (16) P. Mattavelli, L. Tubiana, and M. Zigliotto: "Torque-Ripple Reduction in PM Synchronous Motor Drives Using Repetitive Current Control", IEEE Transaction on Power electronics, Vol.20, No.6, pp.1423-1431, Nov. 2005
- (17) K. Imaichi, M. Fukushima, N. Ishii, S. Muramatsu, H. Matsunaga: "Vibration and Rotary Crankshaft Behavior of A Rolling-Piston Rotary Compressor at Shut Down", Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers Series C, 1985, Volume 51, Issue 469, Pages 2213-2223

今市 憲作, 福嶋 雅文, 石井 徳章, 村松 繁, 松永 寛, ローリングピストン形回転圧縮機の停止時の振動とクランク軸回転挙動, 日本機械学会論文集 C 編, 1985, 51 巻, 469 号, p. 2213-2223

- (18) 池防泰裕, 柿木健史, 松實孝友, 青木尚彦: 「DD(ダイレクトドライブ)方式による全自動洗濯機用モータおよびインバータの開発」, パワーエレクトロニクス研究会論文誌, Vol.25, No.1(1999)
- (19) J. Itoh, T. Nagano, W. Aoki, A. Toba: "Proposal for Control Method to Suppress Increase in DC Voltage when Inverter Stops during Motor Regeneration", IEEJ Transactions on Industry Applications, 2016, Vol. 136, No. 2, pp. 90-99 (in Japanese)  
伊東淳一, 長野剛, 青木渉, 鳥羽章夫: 「回生中のインバータ緊急停止時における直流コンデンサ電圧上昇抑制制御法」, 電気学会論文誌 D, Vol.136, No.2, pp. 90-99.
- (20) Chao Gong, Yihua Hu, Jinqiu Gao, Yangang Wang, Liming Yan: "An Improved Delay-Suppressed Sliding-Mode Observer for Sensorless Vector-Controlled PMSM", IEEE Transactions of Industrial Electronics, Vol.67, No.7, pp.5913-5923(2020)
- (21) Donglai Liang, Jian Li; Ronghai Qu, Wubin Kong: "Adaptive Second-Order Sliding-Mode Observer for PMSM Sensorless Control Considering VSI Nonlinearity", IEEE Transactions of Power Electronics, Vol.33, No.10, pp.8994-9004 (2018)

伊東 淳一 (上級会員) 1972年1月6日生。1996年3月, 長岡技術科学大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月, 富士電機(株)入社。2004年4月, 長岡技術科学大学電気系准教授。2017年4月, 同大学電気系教授。現在に至る。主に電力変換回路, 電動機制御の研究に従事。博士(工学)(長岡技術科学大学)。2007年第63回電気学術振興賞進歩賞受賞。2010年 Takahashi Isao Award (IPEC Sapporo), 第58回電気科学技術奨励賞, 2012年インテリジェントコスモス奨励賞, 2014年, 2016年電気学会産業応用部門論文賞, 2017年文部科学大臣表彰・科学技術賞(開発部門), 2018年第4回永守賞, 受賞。IEEE Senior member, 自動車技術会会員。



塩井 太介 (学生員) 1998年2月1日生。2020年3月長岡技術科学大学卒業。同年4月, 同大学大学院研究科修士課程に進学。現在に至る。



熊谷 崇宏 (学生員) 1994年11月25日生まれ。2017年3月, 長岡技術科学大学卒業。同年4月, 同大学5年一貫制博士課程技術科学イノベーション専攻入学。現在に至る。主にスイッチトリアクタンスモータの研究に従事。



日下 佳祐 (正員) 1989年2月3日生。2013年3月, 長岡技術科学大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月, 同大学大学院博士後期課程エネルギー・環境工学専攻入学。2015年12月から2016年6月まで Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne(EPFL)に Trainee として所属。同年3月, 長岡技術科学大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。2016年4月より長岡技術科学大学 産学官連携研究員。



2018年4月より同大学電気系助教授。現在に至る。主に非接触給電システム, 太陽光発電向け電力変換回路の研究に従事。IEEE member, 自動車技術会会員。