

一般用低圧三相かご形誘導電動機を インバータ駆動する場合の適用指針（2024年度版）

Guide for low voltage three-phase squirrel-cage
induction motor driven by inverter (2024)

2025年 3月



一般社団法人日本電機工業会
誘導機技術専門委員会

目 次

	ページ
まえがき	3
1 可変速運転の原理	4
2 可変速運転のメリット	4
3 組み合わせ選定	6
4 調整	7
4.1 パラメータ設定、オートチューニング	7
4.2 サーマル保護	7
4.3 加減速時間	7
5 注意点 対策例	8
5.1 サージ電圧による絶縁劣化	8
5.2 高調波による温度上昇	8
5.3 冷却性能による温度上昇	9
5.4 始動時の温度上昇	9
5.5 軸電圧による電食	10
5.6 漏れ電流	12
5.7 ノイズ	12
5.8 騒音	13
5.9 振動	13
6 メンテナンス	14
6.1 概要 [電動機、インバータのメンテナンスと予防保全]	14
6.2 メンテナンス（点検、保守作業）の内容	14
7 電動機の高効率化動向	16
参考文献	17
附属資料	18

一般用低圧三相かご形誘導電動機を インバータ駆動する場合の適用指針（2024年度版）

Guide for low voltage three-phase squirrel-cage
induction motor driven by inverter (2024)

まえがき

三相かご形誘導電動機（以下、電動機という）をインバータで可変速運転することにより、省エネルギーや自動化などさまざまなメリットが得られることから、インバータ駆動の普及が進んでいるものの、まだ大幅な適用拡大の余地が残されている状況である。図1のグラフは2022年度の産業機器に占めるインバータの使用状況を示したものであるが、システムメリットの大きいファンやポンプ、圧縮機においても20 %前後となっている。

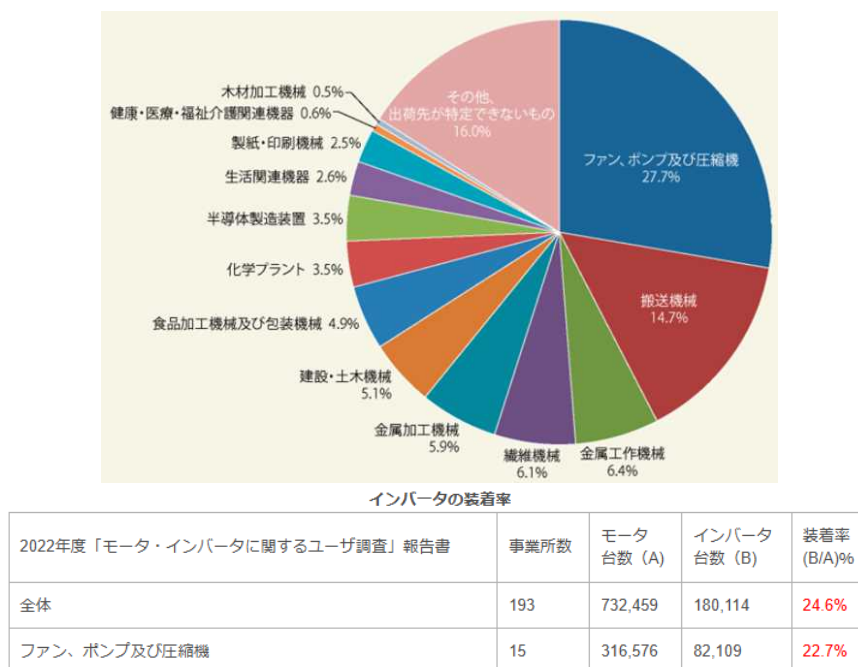


図1 インバータの使用状況

インバータによる可変速運転時における電動機性能及び適用、留意点については、JEM TR-169（一般用低圧三相かご形誘導電動機をインバータ駆動する場合の適用指針）にて技術資料としてまとめられ1990年に発行、また2004年にも補足説明資料（パンフレット「誘導電動機をインバータ駆動する場合の軸受電食について」）を発行している。その後インバータ駆動電動機の取り巻く状況及び技術動向も変化してきていることから、新しい情報を中心にインバータ及びインバータ駆動電動機を取扱う人を対象とする啓発資料としてまとめたものである。なお発行済技術資料と被る項目も含めているが、表現の追加も含め本資料でインバータ及びインバータ駆動電動機の概要が把握できるようにした。関連資料名も併せて記載しており、より詳細な技術情報が必要な場合には当該の資料を参照されたい。

1. 可変速運転の原理

電動機の回転速度 N (min^{-1}) は、次の式で求められる。

$$N = \frac{120 \cdot f}{P} (1 - s)$$

f : 周波数 (Hz)
 P : 極数
 s : 滑り (p.u.)

この中で、周波数 f を変えることにより変化させる方法が、インバータによる速度制御である。
また、電動機の発生トルク T ($\text{N} \cdot \text{m}$) は次の式で求められる。

$$T = \frac{KV \cdot I}{f}$$

K : 定数
 V : 電圧 (V)
 f : 周波数 (Hz)
 I : 電流 (A)

すなわち、周波数 f と同時に電圧 V を変化させる (V/f 一定制御) と、同一電流値で同一トルクを発生し、定トルクでの可変速運転が可能となる。このように電圧と周波数を調整することにより、負荷トルク特性に合わせた無段階での速度制御が可能となる。

インバータは、商用交流電源を直流電圧に変換する順変換部と、その直流電圧を交流電圧に変換するインバータ部の双方を一つの装置としたものである。

速度制御のためのインバータ回路の電力変換方式は、一般的にPWM方式が採用されており、コンバータ部分で整流された直流電圧を、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 等で構成したインバータ部でスイッチングして周波数及び電圧を変換させている。直流電圧をスイッチングして交流電圧に変換するので、電圧及び電流波形は商用電源のような正弦波とはならない。

インバータは、出力周波数 f を変化させるときに、出力電圧 V との比率が一定になるように制御する V/f 制御がよく知られているが、ベクトル制御などの高精度な制御が可能なものもある。

ベクトル制御は、電動機に流れる電流を、磁束を作る成分とトルクを発生する成分に分け、各々の電流を独立に制御する方式である。そのため、負荷の変化に対して高い応答性が得られ、また、低速でのトルクも安定に出すことができる。

ベクトル制御には、検出器を用いて電動機の回転速度を検出して制御を行う方式と、検出器なしで制御を行う方式がある。

2. 可変速運転のメリット

インバータで電動機を可変速することのメリットを以下に示す。

省エネ

無段階で回転速度が制御できるため、相手機械を最適条件下で運転できるのでシステムと

特に、ファン、ポンプにおいては、これらを商用電源で駆動させる場合、電動機が定速運転するためファンの風量やポンプの流量をダンパやバルブにより調整する方式が一般的に採用され、風量や流量を下げてダンパやバルブの損失が発生し、電動機の軸動力の低減が期待できない。風量や流量は回転速度に比例するため、インバータにより電動機の回転速度を変化させて調整する方式を採用すると、使用する電力は回転速度の3乗（三乗）に比例して減少するため大幅な省エネルギーを図ることができる。

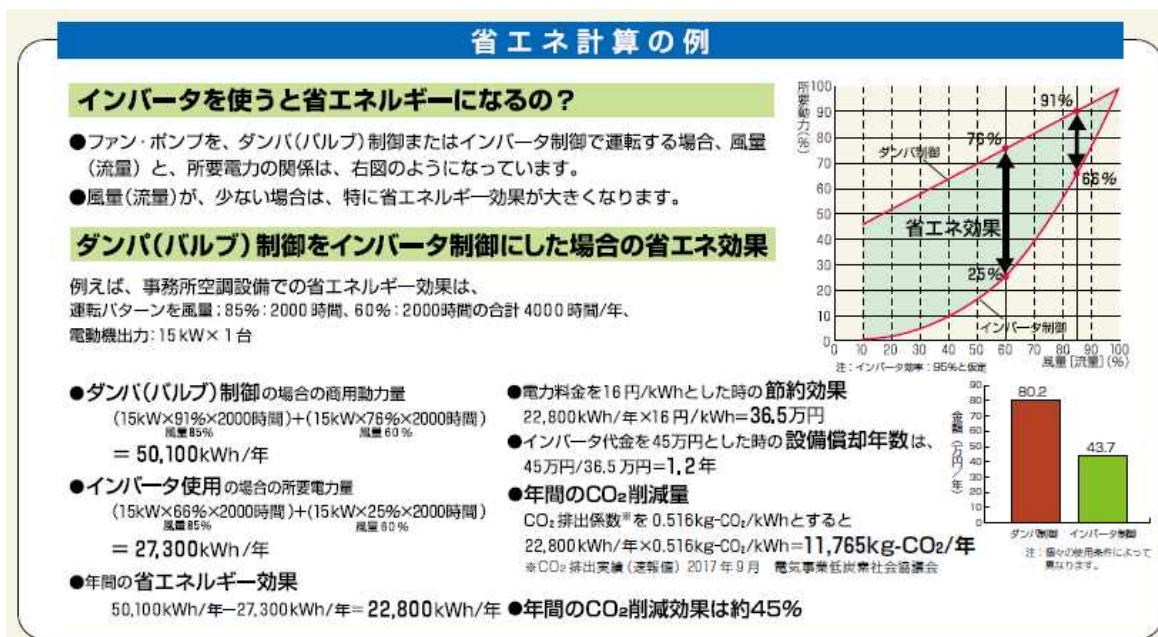


図2 省エネ計算の例

高速化

高速運転仕様の電動機と組み合わせることで、商用電源周波数（50/60 Hz）では運転できない高速域での運転が可能。商用電源駆動電動機を増速ギヤなどで速度変化させる場合よりもシステムとしての高効率が可能となる。

ソフトスタート、ストップ

低周波数から順次周波数を上げる制御によって、加速時の損失が少なくなり、頻度の高い断続運転が電動機で可能となる。また加減速時間を任意に決められることで機械に与える衝撃を抑制できる。

始動電流低減

例えば，船舶への適用指針においては，次のように定義されている。

インバータは、ストール特性（始動時に設定された電流値を超えないように周波数を徐々に上げ、機械的な接触などで加速できないときには停止する機能）を持っており、始動電流を一定値以下（電動機定格電流の100 % ~ 150 %）に抑制しながら加速できる。電動機を商用始動した場合に流れる始動電流（電動機定格電流の700 % ~ 1000 %）が発生しないので、始動時の電源容量を小さく抑えられる。また、慣性モーメントが大きい負荷の始動時、電動機の温度上昇も抑制できる。

指令設定だけで正転・逆転

正転・逆転が必要な機械においても、インバータに制御を指示するだけで対応可能であり、運転用の操作回路は不要である。

自動制御 / 監視

インバータをネットワークに接続することにより、インバータを介して電動機の回転速度、電流を監視、外部からの電動機制御が可能となる。

3. 組み合わせ選定

インバータ及びインバータ駆動電動機の選定にあたり、注意点を以下に示す。

機種選定

電動機においては、基本となる諸元（出力、極数、電圧、周波数、保護構造、冷却構造、据え付け方式等）以外に、インバータ駆動するために確認するポイントは以下となる。一部項目は後章にて詳細を述べる。

1) 可変速時のトルク特性

基準となる周波数（基底周波数）以外の運転周波数における、必要なトルク特性を確認する。主にファン、ポンプなどに適用される二乗低減トルク特性、コンプレッサ、コンベアなどに適用される定トルク特性、ウィンチなどで基底周波数よりも高速域に適用される定出力特性がある。

2) 制御範囲

最低運転速度、最高運転速度を定義する。それにあたり電動機の冷却性能、機械的強度、共振などの注意点がある。

3) 制御方式

前述の V/f 制御、ベクトル制御などがあり、回転速度制御の精度や最低運転速度などの条件により決定する。なお高精度の速度制御が必要な場合には、回転センサによる電動機回転速度の検知、インバータへのフィードバックが必要となる（ASR 制御（Automatic Speed Regulation 速度制御））。

方式	一般用 パルスピックアップ	高精度用 ロータリーエンコーダ
	電磁式	光学式 (光源:発光ダイオード)

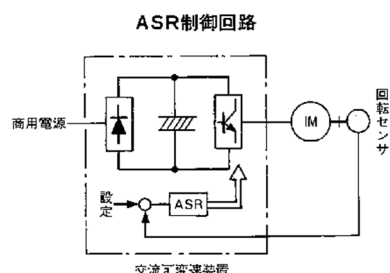


図3 センサ付の制御例

4) 防爆対応要否

爆発性雰囲気の中で電動機を運転する必要がある場合には、防爆形電動機を採用する必要がある。またインバータと組み合わせた防爆認証の取得品を使用する。なお、設置されるインバータの防爆仕様は別途検討が必要となる。

容量選定

インバータ駆動電動機で運転する負荷の条件などにより、電動機及びインバータの容量選定に影響が及ぶ可能性がある。

- 1) 負荷の慣性モーメントが大きく、インバータ始動時に時間がかかる場合。
- 2) 始動時トルクの要求値が大きい（電動機定格トルクに対し 100 % 以上）場合。
- 3) 低速で連続運転する場合。
- 4) 1 台のインバータで複数台の電動機を駆動する場合。

周辺機器選定

インバータの周辺機器の配置例を附属資料に示す。インバータをより効果的に使用するため、及びインバータ駆動に伴うノイズ、高調波などの影響がある場合にはそれを改善するため、状況に応じて選定する。

4. 調整

4.1 パラメータ設定、オートチューニング

電動機をインバータ駆動する場合、最初に電動機の定格電圧/周波数をインバータに設定する。ベクトル制御などの高精度な制御を行う場合には、さらに電動機定数の設定が必要になる場合があるが、近年では、電動機と組み合わせたオートチューニング（電動機の電氣的パラメータをインバータが自動的に調べる作業）が一般的である。

オートチューニングは、回転形オートチューニングと停止形オートチューニングがある。高精度が必要な用途では、負荷を切り離れた状態で回転形オートチューニングを実行するのが望ましい。負荷を切り離せない場合は停止形オートチューニングを実行する。

4.2 サーマル保護

インバータは、電子サーマルによる過負荷保護機能を持っている。これは、出力電流、出力周波数、電動機の熱特性といったデータを元に、電動機過負荷耐量を計算する機能である。使用している電動機に合わせて、電動機過負荷保護機能を設定する。

次の場合は、外部（個別）にサーマルリレーを設置したり、温度リレーを内蔵したりして電動機を保護することが必要となる。

- ・ 1 台のインバータで複数の電動機を運転する場合。
- ・ インバータの容量に比較して小容量の電動機を運転する場合。
- ・ 低速で長時間運転する場合。
- ・ 始動停止の頻度が多い場合。
- ・ 可変速範囲における負荷変動が大きい場合。

4.3 加減速時間

インバータで駆動される電動機に加減速時間は、主として組み合わされたインバータの過負荷

電流定格で決まる電動機発生トルクと負荷トルク、及び電動機と負荷の慣性モーメントによって算出され、商用電源時の加減速時間とは異なる。

加減速時間をいくら短く設定しても、実際の電動機に加減速時間は機械系の慣性モーメントと電動機トルクで決まる最短加減速時間よりも短くすることはできず、過電流または過電圧異常となることがある。

加速時間 (s)、減速時間 (s) の算出式を次に示す。

加速時間 t_S

$$t_S = \frac{(J_L + J_M) \times N_M}{9.55 \times (T_S - T_L)}$$

減速時間 t_B

$$t_B = \frac{(J_L + J_M) \times N_M}{9.55 \times (T_B + T_L)}$$

J_L : 電動機軸に換算した負荷の慣性モーメント (kg・m²)

J_M : 電動機の慣性モーメント (kg・m²)

N_M : 電動機回転速度 (min⁻¹)

T_S : インバータ駆動での最大加速トルク (N・m)

T_B : インバータ駆動での最大減速トルク (N・m)

T_L : 負荷トルク (N・m)

5. 注意点 対策例

5.1 サージ電圧による絶縁劣化

インバータの出力電圧には、スイッチングにより発生するサージ電圧が含まれている。

サージ電圧はインバータの種類、性能及びインバータと電動機間の回路条件によって異なるが、汎用インバータの場合は、一般に電圧の立ち上がりが急峻 (dV/dt が大きい) であることが知られている。

電動機にサージ電圧が印加されると、各巻線間の分担電圧が均一とならず、電源側第一コイルに大きく偏ることとなり、サージ電圧の値によっては部分放電が発生し、絶縁劣化の要因となる。

更に、近年のパワーデバイスの進歩により、IGBTやSiC (炭化ケイ素) などの素子がインバータに用いられることが多くなり、電圧の立ち上がりがより急峻になる傾向がある。

サージ電圧が高い場合は、サージ吸収器や交流リアクトルなどを入れ、サージ電圧の抑制対策を行うか、絶縁を強化した電動機を使用する必要がある。

5.2 高調波による温度上昇

インバータ出力電圧の波形はPWM制御を主としたスイッチングにより、商用電源波形と比較して高調波成分が多く含まれている。また、電流にも電圧ほどではないが高調波成分が含まれており、これにより電動機の電流、振動、騒音が増加する。この電流の高調波成分によって電

動機損失が増大するため、商用電源に比べインバータ駆動時には温度上昇が高くなる傾向にあるので、注意が必要である。

またインバータ駆動による速度変化に伴い、電動機の発生損失分布及び冷却性能にも影響を与える。

電動機の発生損失には、一次銅損、二次銅損、鉄損、漂遊負荷損、機械損がある。電動機の温度上昇に寄与する損失の中で、鉄損は、回転速度の低下と共に減少するが、漂遊負荷損、一次銅損及び二次銅損はトルク特性によって異なってくる。

5.3 冷却性能による温度上昇

電動機の冷却は、通常自己冷却ファンによって行われる。冷却風量は、電源周波数が下がり、低速になるほど減少し、その結果、電動機の冷却能力は低下する。回転速度に対する冷却能力の変化は、電動機の高さ、冷却方式、極数などにより左右される。

これらの結果、電動機をインバータで速度制御する場合は、回転速度が下がると冷却能力が低下するので、これに見合う発生損失の減少がないと温度が上昇し、電動機寿命が低下したり故障の原因となったりすることがある。従って二乗低減トルク負荷には使用できるが、定トルク負荷では使用不可となることがあるので留意する必要がある。37 kW以下の小形電動機においては、メーカーの開示している図4のような許容トルク特性を参考として検討することが望ましい。

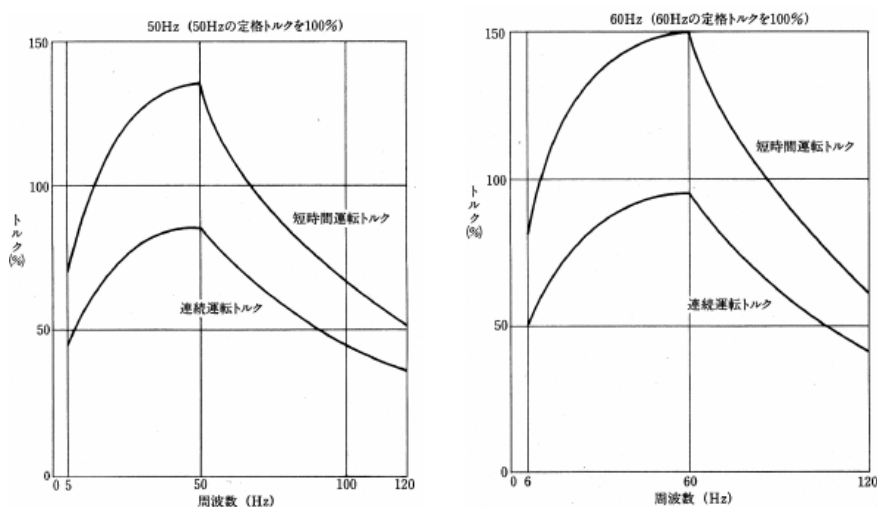


図4 インバータ駆動時の許容トルクカーブの一例

5.4 始動時の温度上昇

電動機のインバータ始動時、ほぼ0速度でも定格トルクに近いトルクを出力する場合がある。通常速やかに定格速度に向けて加速されるが、用途によっては0速度でトルクを出力するストール運転を行う場合がある。定格速度での運転と比較し、電動機発生損失の低減以上に冷却性能の低下が顕著となることから、そのような運転を行う時間は2,3分程度に抑えておく必要がある。

5.5 軸電圧による電食

商用電源の場合には各相の電圧の和は常に零であり、巻線中性点電位は対地電位となるが、PWMインバータの場合は、巻線中性点電位はゼロにはならず、有限の値をとる。これをコモンモード電圧と呼ぶ。インバータのスイッチング素子の変遷によりスイッチングの立ち上がり速度が急峻になったことから、コモンモード電圧の影響で、稀に軸受電食に至る事例が発生している。

5.5.1 コモンモード電圧による軸電圧

誘導電動機を構成する部位の間には、図5に示す静電容量が存在する。固定子巻線に印加されたコモンモード電圧はこれらの静電容量で分圧され、軸受の内輪—外輪間も静電容量が存在するために電位差を生じる。この軸受内輪—外輪間の静電容量は、内外輪と転動体の間のわずかな隙間に存在する静電容量であり、運転状態において常に隙間を一定に保つことができないことから、安定的に電圧を保つことができない。そのため、不定期に通電あるいは放電現象を引き起こすことになる。

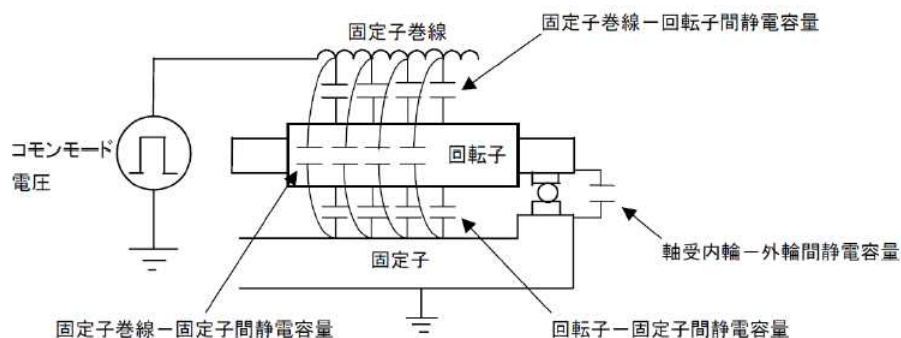


図5 静電誘導による軸電圧発生概念図

5.5.2 漏れ電流によって生じる閉回路電流による軸電流

固定子巻線と固定子の間には、静電容量が存在し、この固定子巻線にコモンモード電圧を印加すると、漏れ電流が流れる。この漏れ電流によって図6の に示すような回転子を取り巻く高周波磁束が発生、 に示すような回転子～軸受～固定子～軸受～回転子に至る閉ループの経路に起電力が生じ、不定期に通電あるいは放電現象を引き起こす。

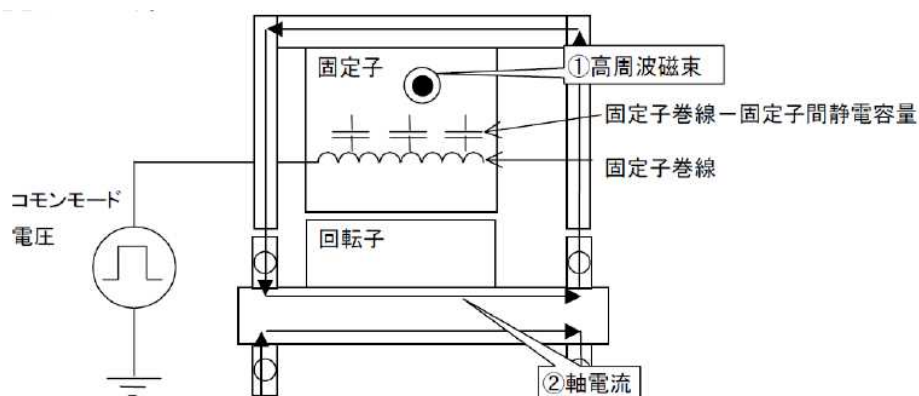


図6 回転子を取巻く高周波磁束による軸電圧

5.5.3 分離ベースにおける軸受電流の発生

図7は電動機と相手機械が別々の基礎に設置された場合（分離ベース）を示す。

PWMインバータで駆動される誘導電動機にはコモンモード電圧が固定子コイルに印加されるので、固定子コイルと固定子との浮遊容量を通して電流が固定子側に流れ込む。この周波数は、数十kHzから数百kHzと非常に高いものとなるため、高周波での配線インダクタンスが高いと高周波の電位が固定子に重畳されることとなる。その一方、回転子につながった相手機械は、電動機自体より相当大型となる場合が多く、アース状態も高周波領域まで良好と考えられる。

このような状態になると、固定子は高周波電位が存在し、回転子はアース電位になっており、結果として電動機の両軸受の外輪と内輪間にこの電位が掛かることになる。この高周波の電位や周波数は配線インダクタンスやキャパシタンスなどにより決まる。

軸受電流の経路は、インバータ～固定子巻線～固定子～軸受外輪～軸受内輪～電動機軸～継手～相手機械軸～相手機械軸受内輪～相手機械軸受外輪～機械本体～アース線～インバータとなるので、相手機械側の軸受にも多大な影響を及ぼす可能性があるので注意が必要である。

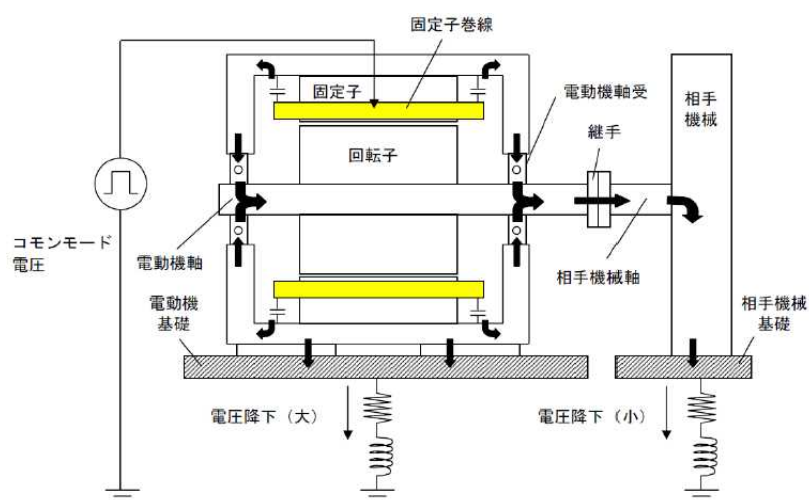


図7 分離ベースにおける軸受電流

5.5.4 軸受電食の対策事例

軸受電食が発生した場合の対策事例を以下に紹介する。なお、条件によって適切な対策を選ぶ必要がある。

a) インバータ側での対策

- 1) キャリア周波数を低減する。

b) 電動機側での対策

- 1) 絶縁軸受、セラミックボール軸受、導電性グリースを使用した軸受、低粘度グリースを使用した軸受を採用する。
- 2) アースブラシを採用する。
- 3) 絶縁スリーブを使用して、電動機軸を絶縁する。
- 4) 軸受の予圧量を増加させる。

c) その他の対策

- 1) 絶縁カップリングを採用する。
- 2) 適切なアースの接地を行う。
- 3) インバータと電動機の間 zeros 相リアクトルを設置（インバータの入力側に容量性フィルタを設置している場合は軸電圧が発生しやすい状況にあり、本対策が有効）し、コモンモード電圧を抑制する。
- 4) コモンモード電流を最小にする適切なケーブルを選定する。
- 5) インバータと電動機の間絶縁トランスを挿入し、電動機側の中性点を接地する。
- 6) 電動機フレームと相手機械フレームをアース線で接続する。
- 7) 運転スピードを可変させ、一定速にしない。
- 8) 電動機の許容する範囲内でインバータ出力電圧を下げる。

5.6 漏れ電流

配線ケーブルや電動機は絶縁抵抗が正常であっても、大地との間に静電容量が存在するため、常にいくらかの漏れ電流がある。電動機をインバータで駆動する場合、高速スイッチングにより出力電圧が急峻に変化し、漏れ電流は商用電源に比べ増加する。そのため、漏電遮断器の不要動作を防ぐため、インバータ対応の漏電遮断器の使用が望ましい。

5.7 ノイズ

5.7.1 ノイズ

インバータを収納する制御盤内に電磁接触器や継電器が取付けられる場合、電流を遮断する際に大きなサージ電圧が発生し電子部品を誤動作させ、制御盤外にあってソレノイド、ブレーキやクラッチなどからノイズが発生し、誤動作の原因となることがある。

これらの対策としては、動力線と制御回路の配線を分離するなどがある。

5.7.2 周囲の機器に与える影響

インバータで電動機を駆動した場合、インバータ及び電線から高周波のノイズが発生し、近くで使用されるAMラジオなどの受信機にノイズ（雑音）の影響を与える場合がある。

対策としては、ノイズフィルタの設置、接地の確実な実施などが挙げられる。

詳しい内容は、日本電機工業会発行の「インバータの上手な使い方（電気ノイズ予防対策について）」をご参照ください。

5.8 騒音

電動機をインバータで駆動する場合、インバータ出力電源に高調波成分が含まれているため、商用電源のような正弦波電源で駆動する場合と比較して、電動機騒音が増加する。PWM方式のインバータで電動機を駆動する場合、電動機騒音はインバータのキャリア周波数が主体となるため、一般に、回転速度を低下させても、騒音レベルは低下しない。インバータ駆動時の電動機騒音は、JEM 1313に規定されている商用電源駆動時の騒音レベル値に対して+5 dB ~ +15 dBが目安となる。

騒音値を制限しなければならない場所での使用に対しては、キャリア周波数の変更やインバータと電動機間への交流リアクトル挿入などの方法が考えられる。交流リアクトル挿入の場合、電圧降下のため電動機に印加される電圧が低くなり、出力できるトルクの低下や電流の増加に留意する必要がある。

5.9 振動

電動機をインバータで駆動する場合、インバータ出力に含まれる高調波のうち、比較的低次の高調波成分によって発生する脈動トルクと、電動機と構造物、据付台や相手機械などとの固有振動数が一致した場合、大きな振動が生じる場合がある。また、商用電源周波数における回転速度以外の特定の回転速度で共振により振動が生じる場合、あるいは、商用電源周波数以上で運転する場合、機械的アンバランスによる振動の増加なども考えられる。

インバータで駆動した場合の振動は、商用電源で駆動した場合に比較しておよそ10 μm 程度増加する場合がある。振動が大きい場合は、電圧/周波数の比率の低減、インバータと電動機間への交流リアクトルの挿入、構成部の剛性強化、防振ゴム、フレキシブルカップリングによる共振防止やバランス取直しなどの対策を行い、振動を低減させる必要がある。

6. メンテナンス

6.1 概要 [電動機、インバータのメンテナンスと予防保全]

電動機及びインバータの性能を十分に発揮し、かつ故障・不具合発生未然防止をしながら長期間にわたって使用するためには、日常的、計画的な点検、保守作業が必要となる。

部品の使用年数と故障発生率の関係は、一般に図8のようなバスタブ曲線が知られている。適切なメンテナンス（点検、保守作業）により、耐用年数の延長や予防保全（部品や本体更新により、機器の故障、不具合に起因した事故の防止、及び復旧のための人的、経済的損失の発生リスクを低減）が期待できる。

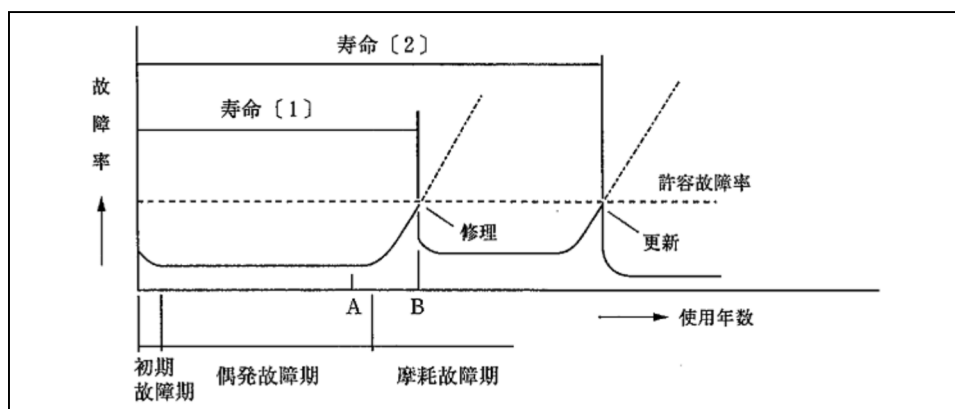


図8 機器の使用年数と故障発生率

6.2 メンテナンス（点検、保守作業）の内容

機器の点検には、日常的に点検を行う“日常点検”、定期的に（場合によっては分解を伴って）点検を行う“定期点検”がある。

表1に定期点検頻度の目安及び主なメンテナンス項目を示す。これらは機器の運転頻度、周囲環境等により適切な内容が変わるため、各メーカーから出されている電動機、インバータの取扱説明書または技術資料を参照して、保守計画を策定することが望ましい。

なお、インバータの点検は専門知識を有した者が行う必要がある。感電、火災、けがなど事故の原因となる恐れがあるためである。またインバータは電源遮断後もしばらくは平滑コンデンサが高圧状態にあるため、内部点検の際は電源遮断後10分以上経過後、テスターなどで主電源端子部の電圧が落ちていることを確認の上作業を行う必要がある。

【用語の説明】

- ・日常点検：主に目視や簡易的な計測器を用いて、分解を伴わずに行う始業前、運転中など日常的に行う点検
- ・定期点検：検査機器を用いた点検、項目によっては分解して行う点検（頻度の目安：1～2年に一回）
- ・保守作業：日常的な清掃や点検結果に応じた補修、部品交換作業
- ・消耗部品：機器の性能を維持するために定期的に交換が必要な部品
- ・機器の推奨交換時期：消耗部品以外の劣化等により、予防保全も踏まえて機器本体の更新を推奨する時期

表1 モータ、インバータそれぞれの主な点検項目

	日常点検	定期点検	消耗部品	機器の推奨交換時期
モータ	<p>【周囲環境】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周囲温度、湿度、水及び塵埃に対する保護構造、腐食性ガス、オイルミスト等は適正か <p>【汚損・ゴミの付着】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製品の汚損はないか ・吸排気路のつまりはないか <p>【普段との変化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インバータ設定通りの運転をしているか ・異常加熱、変色はないか ・異常な匂いはないか ・異常な振動はないか 	<p>【外部確認】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボルト類のゆるみはないか ・電源端子のゆるみはないか ・接地端子のゆるみはないか ・塗装のはがれはないか ・さび、腐食はないか <p>【巻線、絶縁の確認】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・巻線抵抗値は基準内か ・巻線抵抗の不平衡は基準内か ・絶縁抵抗は基準値以上か <p>【分解】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・部品の変形、破損はないか 	<ul style="list-style-type: none"> ・軸受 ・パッキン、シール部材 ・エンコーダ ・強制冷却ファン ・ブレーキライニング <p>※モータ仕様で異なる</p>	<p>約 15 年（消耗部品を除く）</p> <p>※絶縁材料の劣化から設定</p> <p>【想定運転条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周囲温度 40℃ ・8 Hr/日、365 日/年 <p>運転</p> <p>【主な寿命低下要因】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温度 ・水分、オイルミスト ・塵埃 ・腐食性ガス
インバータ	<p>【周囲環境】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周囲温度、湿度、塵埃、腐食性ガス、オイルミスト等は適正か <p>【電源電圧】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主回路電圧、制御電圧は正常か <p>【汚損・ゴミの付着】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製品の汚損はないか ・吸排気路のつまりはないか <p>【普段との変化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・異常加熱、変色はないか ・異常な匂いはないか ・異常音はないか ・異常な振動はないか ・表示に異常はないか ・メータの指示値は正常か 	<p>【外部確認】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボルト類のゆるみはないか <p>【回路の確認】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・絶縁抵抗は基準値以上か（主回路端子と接地端子間） ・締付部のゆるみはないか ・各部品に過熱のあとはないか ・汚れはないか ・導体に歪みはないか ・電線類被覆の破れ、劣化はないか ・端子台は損傷していないか ・アルミ電解コンデンサに液漏れや変形はないか <p>【冷却系統の確認】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・冷却ファンの接続部に緩みはないか ・冷却フィン、エアフィルタなどに目詰まりはないか ・汚れはないか 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却ファン ・主回路平滑用アルミ電解コンデンサ ・リレーコンタクタ ・プリント板上アルミ電解コンデンサ 	<p>約 10 年（消耗部品を除く）</p> <p>※電子部品の寿命から設定</p> <p>【想定運転条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周囲温度 40℃ ・24 Hr/日、365 日/年 <p>運転</p> <p>【主な寿命低下要因】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温度 ・水分、オイルミスト ・塵埃 ・腐食性ガス ・スイッチング回数

7. 電動機の高効率化動向

商用電源駆動電動機は、法律及び規格により効率が規定されている国、地域がある。効率レベルは一般的にIE と表記され、 の数字が高いほど高効率であることを意味する。日本においては、2015年4月より施行されたトップランナー基準により、対象範囲電動機は基本的にIE3レベルの効率を達成する必要がある。

一方、中国向けでは、永久磁石形同期電動機に対して認証取得が義務付けられている（3000 min⁻¹以下の永久磁石形同期電動機が対象となり、GB 30253で規定された効率達成を求めている）。表2にインバータ駆動電動機・永久磁石形同期電動機の効率規定の状況を示す。

各規定は今後も見直しが進むことが予想され、動向の注視が必要である。

表2 インバータ駆動電動機の効率規定の状況

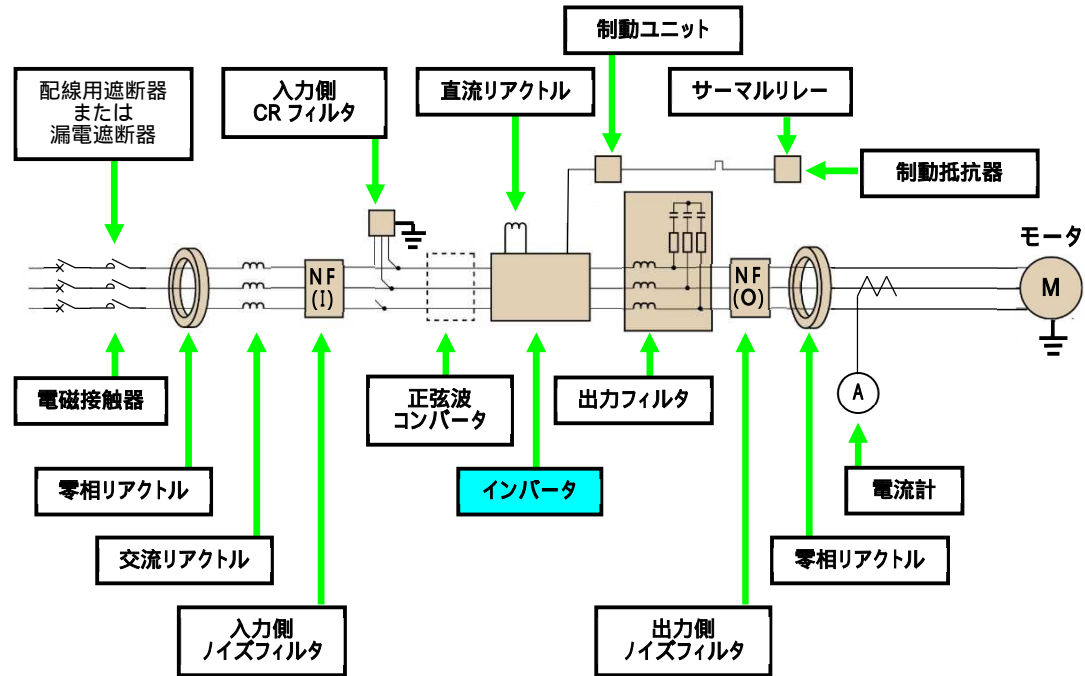
国、地域	規定/発行されている文章	対象範囲
EU	IEC TS 60034-30-2:1ED 2016 Rotating electrical machines – Efficiency classes of variable speed AC motors	出力：0.12 ~ 1000 kW 回転速度：600 ~ 6000 min ⁻¹ 交流電動機（誘導電動機含む）
中国	GB 30253-2024 Minimum allowable values of energy efficiency and energy efficiency grades for permanent magnet synchronous motors	0.55 ~ 1,250 kW 永久磁石形同期電動機 （誘導電動機は対象外）

参考文献

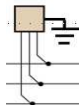
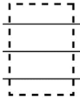

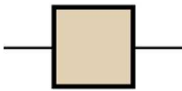
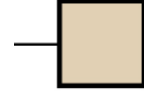

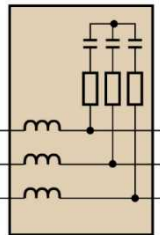
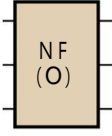
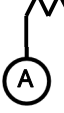
- ・ 株式会社明電舎カタログ〔ニューリトルキング100シリーズ インバータ駆動 明電低圧かご形三相誘導電動機〕
 - ・ 東芝三菱電機産業システム株式会社パンフレット「インバータ駆動モータが絶縁性能に関する国際規格に適合」（2019年11月5日発行）
 - ・ **IEC60034-18-41：2014**：Rotating electrical machines - Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters - Qualification and quality control tests
 - ・ **IEC60034-18-42：2017**：Rotating electrical machines - Part 18-42: Partial discharge resistant electrical insulation systems (Type II) used in rotating electrical machines fed from voltage converters - Qualification tests
- < 日本電機工業会技術資料 >
- ・ JEM-TR169：一般用低圧三相かご形誘導電動機をインバータ駆動する場合の適用指針
 - ・ パンフレット「誘導電動機の更新推奨時期について」（2000年8月）
 - ・ パンフレット「誘導電動機をインバータ駆動する場合の軸受電食について」（2004年2月）
 - ・ パンフレット「持続可能な社会に貢献するインバータ」（2021-2022年）
 - ・ パンフレット「インバータの上手な使い方（電気ノイズ予防対策について）」（2021年9月）
 - ・ パンフレット「汎用インバータ定期点検のおすすめ」（2001年10月）
 - ・ パンフレット「汎用インバータの更新は計画的に」（2014年11月）

附属資料

【附属資料1】 インバータの周辺機器



シンボル	品名	機能説明
	配線用遮断器 または 漏電遮断器	インバータ及び周辺機器の配線保護を行なうため、インバータの電源側に必ず設置してください。 漏電遮断器は高周波の漏洩電流で不要動作の発生しにくい高周波対策品を使用してください。
	電磁接触器	運転のインターロックのために設置してください。 制動ユニットを使用する場合には、制動抵抗器保護のために電磁接触器を切るか、トリップコイル付きの配線用遮断器をトリップさせてください。
	零相リアクトル (誘導性フィルタ)	インバータから発生するノイズを低減させます。 約 1 M ~ 1 0 M H z の周波数帯で効果があります。 入力にも出力にも使用できます。
	交流リアクトル	入力力率の改善、高調波低減に効果があります。また、電源容量がインバータ容量の 1 0 倍を超えるような場合には、電源協調のために直流リアクトルまたは交流リアクトルを設置してください。
	入力側 ノイズフィルタ	インバータの入力側電源配線を伝播するノイズ及び電源配線から空中伝播するノイズを低減する効果があります。 約 1 0 0 K ~ 1 0 0 M H z の広い周波数帯で効果があります。入力側専用です。

シンボル	品名	機能説明
	入力側 C Rフィルタ	インバータから発生するノイズを低減させます。 A Mラジオ周波数帯で効果があります。 入力側専用です。
	正弦波 コンバータ	電源高調波を低減し、力率もほぼ1にします。 電源回生機能を装備していますので、更なる省エネにも役立ちます。
	直流リアクトル	入力力率の改善、高調波低減に効果があります。また、電源容量がインバータ容量の10倍を超えるような場合には、電源協調のために交流リアクトルまたは直流リアクトルを設置してください
	制動ユニット	モータを発電制動するときに使用する制動回路ユニットで、制動抵抗器と組み合わせて使用します。 制動ユニットをインバータに内蔵している機種もあります。
	サーマルリレー	制動抵抗器を過熱から保護する場合に使用します。
	制動抵抗器	インバータの制動能力を高めて、急減速や急停止が必要な場合に使用します。制動ユニットと組み合わせて使用します。
	出力フィルタ (サージ アブソーバ)	400V級インバータでモータを駆動する場合のサージ電圧による絶縁の損傷を抑制するために使用します。 既設のモータを新に400V級インバータで駆動する場合や配線長が長い(20m超)場合に、インバータの出力側に設置し、モータの端子電圧の波高値を抑制します。
	出力側 ノイズフィルタ	インバータの出力側負荷配線を伝播するノイズ及び負荷配線から空中伝播するノイズを低減する効果があります。出力側専用です。
	電流計	インバータの電流表示機能の使用を推奨します。 インバータの電流を直接測定する場合には、可動鉄片形電流計を用いてください。なお、変流器(CT)を介して測定する場合、低周波数領域において変流器が飽和することがありますので、変流器の容量選定に注意してください。(5Hzでは40VA程度を推奨)

【附属資料2】 インバータ駆動用電動機の絶縁に関する規格化の動き

近年のパワーデバイスの進歩により、IGBTやSiCなどの素子がインバータに用いられることが多くなり、電圧の立ち上がりがより急峻になる傾向がある。

このような状況から、国際的にインバータ駆動用電動機の絶縁に対する規格化を行う目的で、IEC 60034-18-41:2014（日本では400 V級電動機への適用が想定される）、及びIEC 60034-18-42:2017（同じく、600 V超過電動機への適用が想定される）が発行され、継続して審議されている。これらの規格の中では繰り返しサージに対する電動機絶縁評価方法と絶縁クラスIVIC（Impulse Voltage Insulation Class）を規定し、サージに対する電動機絶縁性能の指標を示そうとしている。具体的には最大オーバーシュート率によって対応する電動機をカテゴライズしようとしている。

現時点として内容が確定しておらず、指標として運用することは難しい状況ではあるが、今後の動向を注視する必要がある。

一般用低圧三相かご形誘導電動機を
インバータ駆動する場合の適用指針（2024年度版）

令和7（2025）年3月 発行

発行所 一般社団法人 日本電機工業会
電動機業務専門委員会
誘導機技術専門委員会

東京都千代田区一番町17番地4
電話（03）3556 - 5884（技術戦略推進部）

無断転載を禁じます