

クレーンへのインバータ適用の利点及び注意点

2021年(令和 3年) 5月 17日 発行

2023年(令和 5年) 7月 28日 改正(第1回)



一般社団法人日本電機工業会
クレーン用電機品分科会

白 紙

目 次

	ページ
序文.....	1
1 クレーンへのインバータ適用の利点及び注意点.....	1
2 従来のクレーンとインバータ適用クレーンとの違い.....	12
3 選定における注意点	13
3.1 設置環境.....	13
3.2 モータの容量選定.....	14
3.3 インバータの制御方式の選択.....	14
3.4 インバータ容量.....	15
3.5 回生ユニットの選定.....	16
4 インバータ適用の場合に想定されるトラブルと対策.....	16
4.1 ノイズ対策.....	16
4.2 高調波対策.....	17
5 参考文献	17

まえがき

この資料は、クレーン用電機品分科会が作成した委員会資料である。

この資料は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この資料の一部が、特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。一般社団法人日本電機工業会は、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について、責任をもたない。

クレーンへのインバータ適用の利点及び注意点

序文

クレーンは、産業界の発展と共に数多く製作されています。その中でも吊上げ荷重が10 t～100 t程度の汎用的なクレーンでは、二次抵抗制御方式で駆動されているものが多数あります。近年は、インバータ制御技術の進歩に伴い、インバータ制御方式を採用したクレーンが増えてきています。

箇条1では、インバータ制御方式を採用する場合の利点及び注意点を示します。

箇条2では、従来の二次抵抗制御方式のクレーンとインバータ制御方式のクレーンとの違いを示します。

箇条3及び箇条4では、箇条1の注意点について補足的な情報を示します。

1 クレーンへのインバータ適用の利点及び注意点

二次抵抗制御方式では、巻線形誘導モータを使用し、二次抵抗器を電磁接触器で短絡して速度切り替えしています。巻線形誘導モータのカーボンブラシ及び二次抵抗器の電磁接触器の接点は摩耗するため、保守が必要となります。

二次抵抗制御方式からインバータ制御方式に変更することにより、次のような利点があります。

- ・ 緩起動、緩停止により、機械構造部分の衝撃が少なくなり、運転手の負担が軽減され、かつ荷振れが抑制されます。
- ・ 安定した低速運転及び軽負荷での高速運転が可能になります。
- ・ 巻線形誘導モータ及び直流機と比べ、かご形誘導モータとインバータとの組み合わせでは、カーボンブラシ及び二次抵抗器が不要となるため、保守点数を低減し、保守の負担が減ります。
- ・ 減速停止が可能となるため、ブレーキパッドの寿命が大幅に伸びます。

既設のクレーンにインバータを適用する場合(既設クレーンへの適用)と、新規にインバータ適用クレーンを導入する場合(新設クレーンへの適用)とでは、注意点が異なる場合があります。

インバータ制御方式を採用したクレーンを導入する計画者への注意点を表1に示します。

表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
従来クレーンとの比較	運転操作感覚の違い	二次抵抗器制御方式のクレーンに慣れた運転手は、インバータ制御方式のクレーンを運転すると、一定の加速度で速度が上昇し、よりマイルドな加速となるため、感覚の違いを感じることもある。	緩起動、緩停止の感覚に慣れる必要があるが、インバータ制御方式では、機械的な衝撃が少なくなり、運転時の疲労が低減されるメリットがある。インバータの機種によっては、運転手の好みに合わせて加減速パターンを設定することもできる。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
従来クレーンとの比較	巻下の最高速度の低下	二次抵抗器制御方式のクレーンでは、巻下の速度制御方法は、いくつかの種類があるが、インバータ制御方式のクレーンでは、巻下の速度がインバータ及びモータの定格周波数を上回らないように設定している。そのため、インバータを適用することで、巻下の最高速度がモータのすべり分、低下することがある。	巻下の最高速度を低下させたくない場合には、モータのすべりを補正するように周波数を設定する。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
選定	インバータの設置環境	インバータの制御盤は、一般的には周囲温度を40℃以内に保つ場所に配置する必要がある。 なお、モータやブレーキは、絶縁を強化した仕様などにより周囲温度50～60℃の環境でも対応できる。	電気室内に制御盤を配置する。	新たに制御盤設置スペースが必要となる。また、制御盤の搬入ルート、外線の配線ルートを調査し必要な制御盤が配置可能か十分検討する必要がある。	必要な制御盤の配置、及び配線ルートを十分検討する必要がある。	3.1

表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点（続き）

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
選定	設置場所の電源環境	同じ電源に大きな起動電流が発生するような設備があるなど、電圧が歪む環境では、インバータの設置や電源回生が難しい場合がある。	<ul style="list-style-type: none"> 電源回生コンバータの設定を見直す。 インバータやモータの電圧を下げる。 電源を安定させるためにアクティブフィルタを導入する。 	インバータ化によってトラブルが生じる可能性があるため、特に電源環境に注意する必要がある。	—	—
選定	モータの電流値	インバータを適用した場合、高調波成分を含むために、商用電源で駆動する場合に比べ、高い電流値が測定される。	<ul style="list-style-type: none"> 高調波を抑える対策を行う。 適切なモータを選定する。 	モータの定格電流値を超えないように、高調波成分を抑える対策を行う。定格電流を超えないよう負荷を軽減して利用する。	適切なモータを選定する。	3.2
選定	インバータの制御方式の選択	インバータの制御方式にはV/F制御とベクトル制御があり、機能に差がある。用途に合わせた適切な選定が必要である。	巻上及び起伏など重力の影響を受ける用途では、速度検出器付きのベクトル制御を推奨する。横行、走行等は、V/F制御を推奨する。ただし、停止精度が要求されるものについては、横行、走行等であっても速度検出器付きのベクトル制御の適用を推奨する。	既設/新設で対策に違いはない。 既設モータを流用し、速度検出器を追加する場合は、既設モータの軸動作と合致した軸部分に取り付ける。	既設/新設で対策に違いはない。	3.3
選定	インバータの容量選定	低速領域を連続で使用する場合や起動頻度が高い場合においては、より大きなインバータの容量が必要になるため、注意が必要である。	インバータメーカーに相談の上、適切なインバータを選定する。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	3.4

表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点 (続き)

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
選定	回生エネルギーの発生	クレーンの巻上装置において、巻下時は落下方向の負荷によりモータが回される回生状態になる。回生状態ではモータで発電し、その電力はインバータ側に回生されるため、その処理が必要である。	電源回生ユニット、又は回生制動ユニット及び回生制動抵抗器が必要になる。 ただし、電源に発電機を用いている場合には、電源回生ユニットを使用できない場合があるため、注意が必要である。 回生制動抵抗器では、騒音が発生する可能性があり、その対策も必要となる場合がある。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	3.5
選定	ブレーキの選定	インバータ駆動では、商用周波数での駆動より高速回転することが多くなるため、制動容量が大きいブレーキを選定する必要がある。	ブレーキ摩擦部(パッド及びディスク)の周速にあわせた適切なブレーキを選定する。 ドラムブレーキに比べてディスクブレーキでは、制動容量を大きくすることができる。モータ軸回転数が1 000回転を超える場合には、ディスクブレーキの選定が望ましい。	既設ブレーキを適用する場合には、ブレーキの能力以上の高速運転をしない。	運転効率を上げるために、軽負荷時高速化を実施する場合にはブレーキの能力の検討が必要である。	—
選定	「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」への対応	「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」では、高調波電流が周辺機器に影響を与えない場合であっても、高調波発生機器を新設、増設又は更新する際に、高調波流出電流等の計算が求められている。	高調波抑制対策技術指針に基づいて、計算書を電力会社に提出する。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—

表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点（続き）

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
運転前の調整	ブレーキ閉と回生制動のタイミング調整	インバータ駆動では減速時の回生制動が低速でも維持されるため、停止直前にてブレーキを作動するように調整する必要がある。インバータ化した場合に、既設と同じタイミングで閉じた場合、急制動で振動や衝撃が起きる。適切なタイミングでブレーキを掛けない場合には、インバータがトリップを起こしたり、回生制動中において速度が十分に低下していない状態でブレーキを閉じて急制動になったりすることがある。	ブレーキ閉のタイミングを調整する。 直流モータなどのサイリスタコンバータによる制御では低速になるにつれトルクが低下するため制動時に回転速度の約10%でブレーキ閉としているが、インバータの場合はより低速までトルクを保持したまま制動できるため、回転速度の約2%でブレーキ閉とすることが多い。	回生制動の特性に合わせてブレーキ閉のタイミングを設定する。	既設/新設で対策に違いはない。	—
運転前の調整	ブレーキ開のタイミング調整	吊り落ちない程度のトルクを発生させてから、ブレーキを開放することが必要である。遅すぎるとブレーキパッドの摩耗が早くなる。	モータ起動時の立ち上がりを考慮してタイミングを調整する。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
運転前の調整	ブレーキ及びライニング交換時の当たり出し	ブレーキ及びライニング交換の際の使い始めには、当たり出しが必要となる。特にライニングの母材に金属を用いている場合には、当たり出しが重要となる。当たり出しを実施しない場合、十分な制動力が得られない場合がある。	ドラム又はディスクとライニングとの接触面積を増やすために幾度か制動を行って馴染ませる、当たり出しを実施する。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—

表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点 (続き)

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
運転中の想定トラブル	モータ軸受の電蝕	インバータ電源でモータを駆動すると静電誘導により軸とアース間に軸電圧を発生する。 クレーンの架台部分がコンクリート等になっている場合に生じることがある。 詳細は、JEMA発行「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」を参照。	モータと負荷機械部分とをアース線やアースブラシによって電氣的に接続し、同電位とする。	モータとカップリングされている負荷側の電位が異なる場合は、軸受を経由し大地に流れ電蝕が発生する場合がある。対策として可能であればアースブラシ及びモータと負荷側を平編み線で接続し同電位とする。 既設巻線形モータの流用可否は、モータメーカーに問い合わせる。	モータに予めアースブラシを取付ける。またモータと負荷側を平編み線で接続し同電位とする。経験的には、クレーン上は鋼材のため、同電位であり発生しづらいと考えられる。	—
運転中の想定トラブル	モータ騒音	インバータ素子のスイッチングに起因してモータ及び回生用抵抗器に磁気騒音が発生する。 60 Hz以上の高速運転ではモータ風切り音が顕著になる。 詳細は、JEM-TR169参照。	<ul style="list-style-type: none"> インバータのキャリア周波数を高く設定する。 インバータの出力側に AC リアクトルやフィルタを設置する。 騒音部を覆って騒音の漏れを減らす。 	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
運転中の想定トラブル	制御盤の振動	クレーン機上に制御盤を設置する場合、クレーン運転時の振動がインバータに悪影響を与える可能性がある。	制御盤に振動対策を施す。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—

表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点（続き）

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
運転中の想定トラブル	高周波の漏れ電流	インバータ素子の高速スイッチングと、電線、モータ、大地間の漏洩キャパシタンスにより高周波の漏れ電流が発生する。 漏電遮断器及びインバータ外付けのサーマルリレーの不要動作につながる場合がある。 自系統だけでなく、接地線を経由して他の系統へも流入し同様に不要動作、センサ等誤動作を生じる場合がある。 詳細は、JEM-TR169参照。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 絶縁変圧器を挿入する。 ・ インバータのキャリア周波数低減 ・ 外部に接続した漏電遮断器の誤動作を避けるため、高周波対策済みの漏電遮断器を採用する。 ・ インバータ内蔵の電子サーマルを使用する。 ・ 零相リアクトル、コモンモードチョークなどを挿入する。 ・ 線間の浮遊容量を小さくする。例えば、インバータとモータとの間の配線長を極力短くするか、浮遊容量の小さいケーブルを選定する。 	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
運転中の想定トラブル	ノイズ対策	ノイズにはインバータなどの電子機器から輻射し周辺機器を誤動作させるものと、外部から侵入しインバータやPLCなど電子機器を誤動作させるものがある。 詳細は、JEMA発行「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）」参照。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 配線、接地の改善 ・ インバータのキャリア周波数低減 ・ ノイズフィルタ等の設置 ・ 制御線へのシールドケーブルの適用 	既設から更新する場合には、外部主回路電線と外部制御電線の伝導ノイズ、誘導ノイズに注意が必要である。	ノイズの種類に応じた対策が必要である。	4.1

表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点 (続き)

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
運転中の想定トラブル	モータの絶縁	インバータ素子のスイッチングにより発生するマイクロサージ電圧が出力電圧に重畳され、モータの絶縁に影響を与える。 200Vの場合は、絶縁が規定値(1MΩ)以上あれば支障なく運転できる。 400Vの場合は、モータとインバータとの配線距離が長いとモータの絶縁が規定値以上あっても、ケーブル長などに起因するマイクロサージ電圧によりモータ巻線の絶縁劣化を起こす可能性がある。 詳細は、JEMA発行「400V級インバータで汎用モータを駆動する場合の絶縁への影響について」参照。	<ul style="list-style-type: none"> ・インバータの出力側に AC リアクトルやフィルタを設置する。 ・インバータ用モータ(絶縁強化モータ)を適用する。 ・既設モータの絶縁を強化する。 ・既設巻線形モータの流用可否はモータメーカーに問い合わせる。 	経年使用によりモータ絶縁劣化している可能性があり、流用する場合はマイクロサージを低減させる考慮が必要となる。 既設巻線形モータの流用可否はモータメーカーに問い合わせる。	インバータ用モータ(絶縁強化モータ)を適用する。	—
運転中の想定トラブル	高調波対策	インバータの整流回路により発生する高調波電流が周辺機器に影響を与えることがある。 詳細はJEMA発行「汎用インバータの高調波抑制対策について」参照。	<ul style="list-style-type: none"> ・ ACリアクトル, DCリアクトル等の設置 ・ PWM コンバータ等の採用 ・ 12相整流方式等の採用 	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	4.2
運転中の想定トラブル	モータ温度上昇	インバータで汎用モータを運転すると、商用電源で運転した場合に比べ、若干温度が高くなる。 低速域では冷却効果の低下に伴い、許容出力トルクは低下するため、低速域(10%速度以下)を使用しないことを推奨する。	低速での運転頻度を制限する。	モータの試験成績表の温度上昇値を確認する。	インバータ用モータを適用する。 他力通風ファン付きのモータを採用する。	—

表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点（続き）

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
運転中の想定トラブル	モータ振動	インバータ運転では、商用電源と比較すると、軽負荷時の振動が若干大きくなる。基礎が弱く、軽負荷の場合には、インバータの出力周波数と機械系の固有振動数とが共振することがある。その共振によって振動が発生する。 詳細はJEM-TR 169参照。	<ul style="list-style-type: none"> モータを基礎にしっかりセットし負荷運転を行う。 共振回避として防振ゴムを設置する。 周波数設定を変更するかインバータの機能を使用し、共振する周波数帯を避ける。 機械を補強して共振を緩和する。 	既設/新設で対策に違いはないが、機械系の摩耗が発生していた場合は、機械的振動が発生する可能性が高まるので注意が必要である。	既設/新設で対策に違いはない。	—
保守	インバータの保守	二次抵抗制御方式と異なり、ユーザ自身でのメンテナンスは困難な場合がある。	インバータの保守についてはインバータメーカーに問い合わせる。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
保守	インバータの耐用年数	モータと比べてインバータの耐用年数は短いため、インバータのみを途中で更新することになる。 インバータは半導体製品のため、更新時には従来品と同じ型式や制御方式の製品が製造されていない場合がある。	既存のインバータを用いるためにプリント基板やヒューズなどを予備部品として持つか、新たな型式の製品に置き換える必要がある。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
保守	インバータの半導体素子の寿命	起動時にインバータの定格を超える出力電流が流れるため、半導体素子内部のジャンクション温度が上昇、その後電流が小さくなると下降する。クレーンでは頻繁に繰り返されるため、上昇と下降の温度差が大きいと半導体素子が早期に寿命を迎え突然故障する恐れがある。	インバータメーカーに相談の上、運転に見合った適切な容量のインバータを選定してください。また、耐用年数を考慮して早めに更新する。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
保守	インバータ内の残電圧	電圧型インバータの場合、大容量の平滑用コンデンサがあるため、電源遮断しても、しばらくの間、高い直流電圧が残っており、保守の時に感電する恐れがある。	電源遮断後、直流電圧を測定し、安全な電圧まで低下していることを確認してから保守を開始する。	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—

表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点（続き）

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
保守	インバータの絶縁測定	インバータにメガータスタでDC500Vを印加するとパワートランジスタや電子部分が損傷する恐れがある。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 制御回路には行わない。 ・ 主回路端子をすべて短絡して行う。 ・ 内蔵フィルタが接地されている場合は外す。 ・ 絶縁耐圧試験は行わない。 	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
保守	インバータの清掃	清掃時に溶剤を使用すると部品の溶解や塗装の剥がれ故障の原因となる。 エアブローで清掃すると、塵埃が部品やコネクタの隙間に入り込み故障の原因となる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 汚れは中性洗剤を染み込ませた柔らかい布で軽くふき取る。 ・ 塵埃は掃除機で吸い取る。 ・ インバータメーカーは内部分解を推奨していないため、内部の清掃はインバータメーカー又はメンテナンス業者に問い合わせる。 	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
保守	モータの絶縁測定	マイクロサージ電圧による絶縁劣化の場合、通常の絶縁抵抗測定では兆候を発見できず、突然巻線間の短絡、焼損に至ることがある。	定期的に誘電正接試験などの精密絶縁測定を行い継続的に監視する。 誘電正接試験の実施に関しては、モータメーカー又はメンテナンス業者に問い合わせる。	絶縁劣化の進行が想定される場合には、必要に応じて精密絶縁測定を行い、オーバーホールして絶縁を強化するなどの対策を行う。 既設巻線形モータの流用可否はモータメーカーに問い合わせる。	—	—

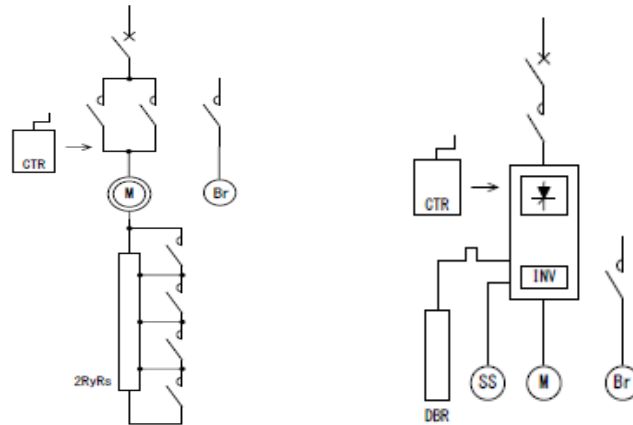
表1 クレーンへのインバータ適用する場合の注意点（続き）

分類	項目	注意点	対策	既設クレーンへの適用	新設クレーンへの適用	関連箇条
保守	ブレーキの制動力低下	インバータ制御の場合、減速後停止間際にブレーキで制動・保持するため、摩擦材が劣化や表面硬化により制動力が低下していても気付かず、非常停止させた時につり荷を落下させたり、制動距離が大幅に長くなったりすることがある。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日常点検時に開放時のドラム又はディスクとライニングの隙間(又はゲージ)を確認する。 ・ 日常点検時に荷をつらないで定格速度で運転し、インバータで減速せず、ブレーキのみでの制動距離を確認する。 ・ 摩耗限界に達していなくても3年以上使用しているものはひび割れや制動面の変質の可能性があるので交換することを推奨する。 	既設/新設で対策に違いはない。	既設/新設で対策に違いはない。	—
保守	回生制動用抵抗器絶縁測定	海岸付近設置及び塵埃の多い環境で使用される場合、絶縁抵抗値が下がり易く最悪地絡発生につながる場合がある。	定期的に絶縁物の清掃及び絶縁抵抗値を測定して監視する。	管理する絶縁抵抗値の目安は10 MΩ以上とし、清掃しても絶縁抵抗値が復帰しない場合は、交換の対策を実施する。 回生制動用抵抗器の絶縁抵抗測定においては、入力電圧400 V級のクレーンでは定格電圧1 000 Vの絶縁抵抗計、入力電圧200 V級のクレーンでは定格電圧500 Vの絶縁抵抗計を用いることが望ましい。	既設/新設で対策に違いはない。	—

2 従来のクレーンとインバータ適用クレーンとの違い

二次抵抗制御方式及びインバータ制御方式の主回路構成を図1に示します。主回路構成の主要部品保守要素，故障内容，予備部品の比較を表2，表3に示します。

図及び表からも分かる様に，主要部品の点数が少なくなります。部品点数及び予備品の保有点数が減り，管理費を削減できます。ただし，インバータ制御方式は半導体素子を適用しているため，外観上では故障を発見するのが困難な場合があり，二次抵抗制御方式より保守の知識がより必要になります。近年は，インバータに組み込まれた簡易な故障診断やパソコンを使用した解析による故障診断が，より速く，的確にできるようになってきています。



a) 二次抵抗制御方式の主回路 b) インバータ制御方式の主回路

図1—主回路構成の比較

表2—二次抵抗制御方式の主要部品

主要構成機器	保守要素	故障内容	予備部品
巻線形モータ	スリップリング，ブラシホルダ カーボンブラシ，清掃，ベアリング	巻線焼損(一次，二次絶縁劣化) カーボンブラシ摩耗 スリップリング焼損 ベアリング摩耗	ベアリング ブラシ ブラシホルダ
二次制御盤	二次コンタクタ (4～5箇所)	接点溶着，破損接触不良， リード線断線，巻線焼損	コンタクタ
二次抵抗器	汚損点検，清掃	絶縁劣化，焼損	—
ブレーキ	機構部 ライニング	ピン結合部の摩耗 ピン結合部のゆるみ ライニング摩耗 ドラム摩耗	ライニング
コントローラ	接点(8～12個)	接触不良	—

表3-インバータ制御方式の主要部品

主要構成機器	保守要素	故障内容	予備部品
かご形モータ	アースブラシ(摩耗・圧力確認), 清掃, ベアリング	巻線焼損 絶縁劣化 ベアリング不良 アースブラシ摩耗	ベアリング
インバータ ユニット	清掃 (汚損点検, エアフィルタ交替)	制御不調	プリント基板 半導体素子 ヒューズ
ブレーキ	機構部 ライニング (二次抵抗制御方式に比べ長寿命 となる)	ピン結合部の摩耗 ピン結合部のゆるみ ライニング摩耗 ディスク及びドラムの表面の さび	ライニング
コントローラ	接点(3~4個)	接触不良	接点

3 選定における注意点

3.1 設置環境

クレーンが過酷な環境に設置される場合であっても、インバータやモータ、ブレーキなどの電気品は、一般的に次の条件を満たす場所に設置します。クレーンをこれらの条件から外れた場所に設置したい場合には、製造業者と協議してください。

- 周囲温度：-5~40℃
- 湿度：85%以下(氷結又は結露しない状態)
- 塵埃，腐食性ガス及び爆発性ガスがない。

特に注意が必要な設置環境について次に記載します。

a) 周囲温度

モータやブレーキは、絶縁を強化した仕様などにより周囲温度50~60℃の環境でも対応できますが、インバータの制御盤は、一般的には電気室を設けて室温を40℃以内に保つ場所に配置する必要があります。

b) 塵埃

クレーンを工場で使用する場合には、業種によっては塵埃に導電性ダストを含む場合があります。微粒子が浮遊し湿気を帯び表面に付着するとレアショートを誘発するなど電気的には極めて過酷な状況となります。この場合には、電気室を設け塵埃の影響を排除する必要があります。

c) 腐食性ガス

腐食性ガスは、一般的に二酸化硫黄(亜硫酸ガス)、アンモニアガス、塩素ガス、硫化水素、硝酸ガスなどです。1日平均20PPM(アンモニアガスは200PPM)程度を越えるガス濃度の場合には、製造業者と協議してください。腐食性ガスの発生源とその影響を表4に記載します。腐食性ガスの影響を考慮した耐薬品処理が必要となります。

表4-腐食性ガスの発生源及びその影響

腐食性ガス	発生源	影響例
硫化水素 (H ₂ S)	石油精製, ガス製造, 製紙工場, 製鉄所, 下水処理場, 火山・温泉地帯の大気	銀, 銅及びそれらの合金に対して強い腐食性を示す。比較的低い湿度環境でも腐食させる。銀, 銅のマイグレーション, ウィスカが生じ, ショートや断線の原因となる。
二酸化硫黄 (SO ₂)	石油・石炭の燃焼, 製紙工場, 非鉄精錬所, 製鉄所, 硫酸工場, 硫黄精錬所, ゴミ消却場	ニッケルに対して腐食性を示す。金, ロジウム, クロムメッキは下地にニッケルメッキを用いているため, ピンホール等のメッキ欠陥部から腐食する。
窒素酸化物 (NO _x)	石油・石炭の燃焼, 自動車等内燃機関の排出ガス, 接点アークによる空気の酸化	窒素酸化物は大気中の水分により硝酸(HNO ₃)となり金属を腐食したり, 絶縁部品表面の抵抗を低下したりする。また, 紫外線や炭化水素との反応でオゾンを二次的に生成し, ゴムや絶縁材料を劣化させる。
塩素ガス (Cl ₂)	化学工場, 製紙工場 上下水処理場, 塩化ビニル熱分解ガス	塩素系ガスは極めて腐食性が強い。低濃度でもほとんどの金属を腐食させる。また, 塩素化合物の多くは比較的低温でも潮解するため, 絶縁部品表面の絶縁抵抗を低下させ, ゴムや絶縁材料を劣化させる。
アンモニア (NH ₃)	化学肥料工場, 下水処理場, フェノール樹脂からの放出ガス	他の腐食性ガスと比較して腐食性は少ない。銅合金に対して応力腐食割れを起こす。銅合金表面に銀や錫をメッキしてもピンホールが存在するため応力腐食割れを完全に防止することはできない。

d) 塩害

塩害地域に屋外で設置する場合は, 発錆の恐れがあるため, 耐塩害処理の対策が必要となります。

e) 風荷重

屋外設置では, 風圧による風荷重の影響を受けるため, 向かい風及び追い風を考慮したインバータ及び周辺機器の容量選定が必要となります。

3.2 モータの容量選定

既設と同一のクレーン定格とする場合は, 既設モータに基づきます。モータの容量を変更する場合には, 設置認可の手続きなども必要となるため, クレーンメーカーに問合せしてください。

3.3 インバータの制御方式の選択

インバータの制御方式には, ベクトル制御とV/f制御とがあります。

a) ベクトル制御

要求される負荷トルクに応じてモータに流す電流を制御する方式です。磁束成分電流とトルク成分電流の大きさと位相を各々独立に制御しています。ただし, その原理上, モータ特性をインバータ内部のパラメータとして設定して制御するため, インバータとモータとは原則1対1の適用となります。

大きな起動トルクが求められる用途では, V/f制御よりもベクトル制御の方が適しています。また, 特に低速度での速度制御精度が求められる用途では, 速度検出器が付いているものを選定します。

b) V/f制御

モータに与える電圧と周波数をV/f (出力電圧対周波数比) が一定となる様に制御する方式です。しかし, モータの一次抵抗および配線抵抗による電圧降下の影響で, 特に低速でモータトルクが低下します。低速域のV/f比を上げてトルクを出すことはできますが, 上げすぎるとモータが過励磁になり過大な電流が流れる恐れがあります。

それぞれの制御の機能比較を表5に示します(数字はクレーンで使用する場合の例です。)

表5-ベクトル制御とV/f制御との機能比較

機能	制御方式		
	ベクトル制御		V/f制御
	速度検出器なし	速度検出器あり	
速度制御精度(%)	±0.2	±0.01	±2~3
速度制御範囲*	1:20	1:50	1:10
トルク制御	可	可	不可
起動トルク(%)	150	150(0 min ⁻¹ から)	150
モータ複数台運転	原則不可	原則不可	可

注* 最低速度と定格速度との比で示す。

3.4 インバータ容量

クレーン用インバータ容量は、使用頻度の高さを考慮した選定が必要です。連続運転、及び加速時に必要な容量を次で計算します。

a) 連続運転に必要なインバータ容量

確認項目を全て満たす必要があります。

表6-連続運転に必要なインバータ容量

確認項目	計算式
負荷から見た必要なインバータ容量	$\frac{P_M \times K}{\eta \times \cos \phi} \leq \text{インバータ容量[kVA]}$
モータ容量から見た必要なインバータ容量	$K \times \sqrt{3} \times V_M \times I_M \times 10^{-3} \leq \text{インバータ容量[kVA]}$
モータ定格電流値	$I_M \times K \leq \text{インバータ定格電流[A]}$

P_M : 負荷が要求するモータ軸出力[kW]

V_M : モータ電圧[V]

η : モータ効率(0.75~0.95)

I_M : モータ定格電流[A]

$\cos \phi$: モータ力率(0.75~0.85)

K : 余裕係数 (1.2~1.3)

b) 加速時に必要なインバータ容量

全てのモータの合計の始動容量がインバータの定格内である必要があります。加速時にモータに流れる電流(加速電流)が分からない場合及び分かる場合それぞれの計算式を表7に示します。

表7-加速時に必要なインバータ容量

項目	計算式
加速電流が分からない場合	$\frac{2\pi \times N \times \eta_T \times K}{60 \times \eta \times \cos \phi} \left(T_L + \frac{2\pi \times J \times N}{60 \times t_A} \right) \times 10^{-3} \leq 1.5 \times \text{インバータ容量[kVA]}$
加速電流が分かる場合	$I_M \times n_T \times K_S \times K \leq 1.5 \times \text{インバータ定格電流[A]}$

J : モータ軸換算全慣性モーメント[kg・m²]

t_A : モータ加速時間[sec]

T_L : 負荷トルク[N・m]

η : モータ効率(0.75~0.95)

N : モータの回転速度[min⁻¹]

$\cos \phi$: モータ力率(0.75~0.85)

K : 余裕係数 (1.2~1.3)

n_T : 並列モータ台数

K_S : モータの定格電流に対する加速電流の比

I_M : モータ定格電流[A]

3.5 回生ユニットの選定

回生状態ではモータで発電し、その電力はインバータ側に回生されるため、回生ユニットとして電源回生ユニット、又は回生制動ユニット及び回生制動抵抗器が必要になります。

a) 電源回生コンバータの場合

電源回生コンバータでは、生じた回生エネルギーを商用電源に戻すことができます。回生エネルギーが電源回生コンバータの定格電流以下になるように選定する必要があります。

b) 回生制動ユニット及び回生制動抵抗器の場合

回生制動抵抗器では、生じた回生エネルギーを抵抗器で熱として消費させます。回生制動抵抗器を用いる場合には、回生制動負荷トルクの検討、回生制動抵抗器の抵抗値の検討、運転サイクルから回生制動抵抗器容量の検討等を行います。回生制動抵抗器を接続するために必要になる回生制動ユニットは、インバータに内蔵されている場合と外付けにする場合とがあります。

検討については各種メーカーの推奨計算方法があるので参照ください。

インバータへ回生される電力 P_{inv} (W)は、次の式(1)によります。

$$P_{inv} = 0.105 \times T_{IM} \times N_{IM} \times \frac{\eta_{IM}}{100} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、
 T_{IM} : モータ軸トルク (Nm)
 N_{IM} : モータ軸回転数 (min^{-1})
 η_{IM} : モータ効率 (%)

4 インバータ適用の場合に想定されるトラブルと対策

4.1 ノイズ対策

ノイズの種類に応じて適切な対策を実施することで簡単な手段で解決できる場合があります。ノイズの種類や影響については、JEMA発行「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）」を参照ください。

ノイズの主な対策例として次のような対策があります。ノイズ対策はこれらを組み合わせることによって、効果を発揮することになります。

- 1) インバータを金属製の制御盤に収納することでインバータからの放射ノイズを遮蔽できます。インバータを制御盤に固定する場合は、固定箇所の塗装をはがし、電気的接触を確保します。
- 2) 主回路電線、信号線の配線を分離し、並行しての配線や束ねての配線は極力避けてください。また、インバータの主回路電線、信号線の配線は極力離して配線します。主回路電線及び信号線を個別に金属ダクトに入れ電磁誘導ノイズを低減します
- 3) 接地工事は主回路電圧に応じてC種接地(AC 300 V～AC 600 V)、D種接地(AC 300 V以下)で行います。なお、各種接地配線は専用接地を設けるか、接地点まで各々個別に配線を行い高周波の漏れ電流の侵入を低減します。
- 4) 主回路電線には、容量性フィルタ、零相リアクトル、LCフィルタを使用して伝播ノイズ・誘導ノイズを低減します。
- 5) 信号線には、ツイストペアシールド線、シールド線やフェライトコアを使用し誘導ノイズを低減します。
- 6) 信号線のシールド線のシールドは制御回路配線のコモン側に接続して伝播ノイズ・誘導ノイズを低減します

7) インバータのキャリア周波数は低い値を設定し高周波の漏れ電流を低減します。

4.2 高調波対策

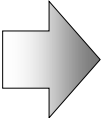
高調波は、高調波発生機器を有する需要家の構内にとどまらず、当該電力系統に接続されている機器に影響するため、1994年9月に通商産業省(現：経済産業省)資源エネルギー庁から「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」が発行されています。ガイドラインは、高圧又は特別高圧で受電する需要家(特定需要家)が高調波発生機器を新設、増設又は更新する際や契約電力、受電電圧を変更する際に、その需要家から流出する高調波電流の上限値を規定したものです。

インバータは、高調波発生機器であり、対象になる需要家は、ガイドラインの定める等価容量計算や高調波流出電流の計算に従った判定により上限値以下になるよう必要な対策を行わなければなりません。

ガイドラインの説明は、一般社団法人 日本電気協会が発行するJEAG 9702(高調波抑制対策技術指針)を参照ください。または、一般社団法人 日本電機工業会のWEBページの「汎用インバータ及びサーボアンプの高調波抑制対策について」を参照ください。

ガイドラインの対象にならない需要家であっても、機器から発生した高調波により、他の設備や機器に図2の影響を及ぼす場合があります。

機 器	障害例
電力用コンデンサ	加熱, 振動, 騒音
漏電遮断器	誤動作
ステレオ	雑音
テレビ	画像のちらつき
モータ	振動, 騒音



- ・機器の効率低下
- ・部品劣化

図2 高調波障害例

5 参考文献

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

URL : <https://www.jema-net.or.jp/cgi-bin/user/summary.cgi?jem=1114>

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)

URL : <https://www.jema-net.or.jp/cgi-bin/user/summary.cgi?jem=849>

400V級インバータで汎用モータを駆動する場合の絶縁への影響について

URL : <https://www.jema-net.or.jp/cgi-bin/user/summary.cgi?jem=850>

汎用インバータ及びサーボアンプの高調波抑制対策について

URL : <https://www.jema-net.or.jp/Japanese/pis/ko.html>

JEM-TR 148 インバータドライブの適用指針(汎用インバータ)

URL : <https://www.jema-net.or.jp/cgi-bin/user/summary.cgi?jem=825>

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

URL : <https://www.jema-net.or.jp/cgi-bin/user/summary.cgi?jem=276>

クレーン用電機品分科会

	氏名	所属
(主査)	三宅 薫	富士電機株式会社
(委員)	春日 賢治	日本アイキャン株式会社
	白幡 茂樹	東芝三菱電機産業システム株式会社
	杉山 和正	株式会社日立産機システム
	河野 洋祐	株式会社日立産機システム
	本間 清忠	株式会社日立プラントメカニクス
	井村 益之	三菱電機エンジニアリング株式会社
	山下 幸広	三菱電機エンジニアリング株式会社
	片山 智之	安川オートメーション・ドライブ株式会社
(事務局)	阿部 倫也	一般社団法人日本電機工業会

著作権法により、無断での複製、転載等は禁止されております。