

概要

インバータとは

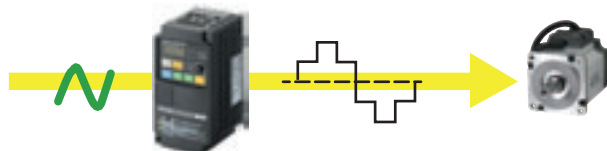
インバータとは、AC(交流)モータに供給する電力の周波数を制御することにより、モータの回転速度を制御する機器です。インバータがないと、電源の入ったACモータはフルスピードで動くため、速度が制御できず、モータの用途は限られてしまいます。インバータを使ってACモータの速度と加速度を調整することで、速度が一定のモータと比較して、用途の幅が広がります。通常、モータの速度は1分あたりの回転数(RPM)で測定し、加速度は一定期間における速度の変化量を示します。



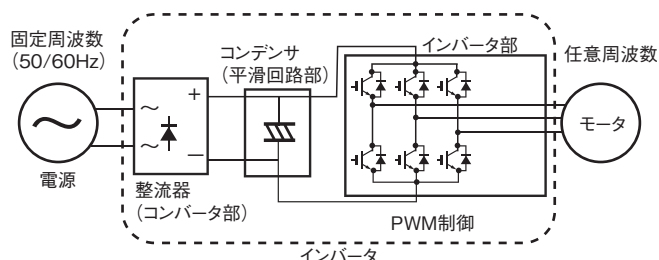
特長

交流電源の周波数、電圧を自由に設定・変更可能

インバータはこの特長を使うことで、自由にモータの回転数やトルクを制御します。



周波数・電圧を自由に設定できる制御をPWM(パルス幅変調)制御といいます。インバータは、交流の入力電源を一度直流電源に変換し、その変換した直流電源からPWM制御を使って、再度交流電源を作っています。このとき、インバータはパルス状の電圧を出力しますが、このパルスがモータコイルで平滑され、正弦波の電流がモータに流れることでモータの回転数やトルクを制御しています。



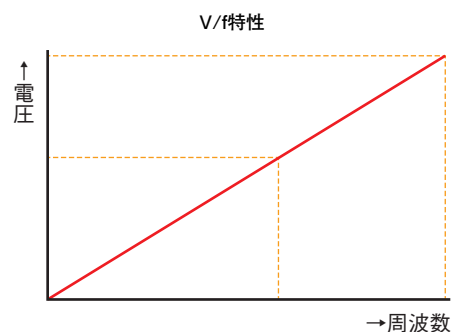
インバータの出力電圧はパルス状です。このパルスがモータコイルで平滑されて、正弦波の電流が流れます。このため、汎用インバータの出力は、一般的にモータ以外には使用できません。

原理

制御モード

V/f制御

V/f制御とは、コイルに一定の電流を流して、一定のトルクを出力させる制御方式です。このためには、電圧と周波数が比例関係にある必要があります。この特性をV/f特性といいます。



ベクトル制御

ベクトル制御とは、インバータから誘導モータへの電圧と電流出力を参照し、出力波形を修正する制御のことです。電圧と電流出力から、モータの回転数や出力トルクを推定して制御します。ベクトル制御を用いることで、誘導モータの不安定な特性をサーボモータのように指令周波数に対し実速度が追従する安定した特性を得ることができます。

ベクトル制御には、主に次の2種類の方式があります。

センサレスベクトル制御方式

センサレスとは、「エンコーダによるフィードバックがない」ということを表しています。センサによるフィードバック信号はありませんが、インバータからモータへ出力する電流と電圧を参照することで、出力波形を修正し、より細かく速度制御を行っています。

エンコーダフィードバック付きベクトル制御方式

センサレスベクトル制御方式とは異なり、エンコーダによるフィードバックが得られる制御方式を表しています。

エンコーダのことをパルスジェネレータ(Pulse Generator)とも呼ぶため、「PG付ベクトル制御」と呼ばれる場合もあります。

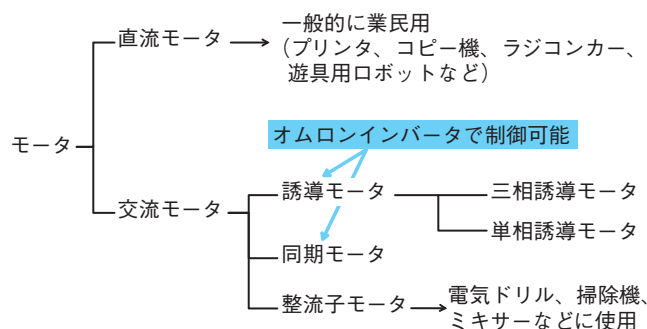


本方式は、電圧と電流の出力、モータからのエンコーダフィードバックを監視しており、エンコーダフィードバックを使って、出力波形を調整することにより、正確な速度制御が可能です。

主な基本機能

対応モータ

オムロンのインバータは誘導モータを制御できます。また、同期モータを制御できる機種もあります。



誘導モータは、比較的安価で簡単な速度制御ができるので、多くのアプリケーションに使用されています。交流電源をつなぐだけで回転するため、設置も非常に簡単です。一般的には、後方に冷却ファンが取り付けられており、モータ自身の放熱を促進しています。

トルクブースト(トルク補償)

低周波数域では電圧降下の影響が大きくなり、トルクが低下してしまいます。それを補償するために、必要な周波数で高い電圧を出力するように調整を行います。その機能を「トルクブースト(トルク補償)」と呼びます。トルクブーストには、手動調整と自動調整の方法があります。

インバータの過負荷検出

インバータには、インバータ過負荷とモータ過負荷の2つがあります。インバータとモータの両方を焼損から保護するための機能です。

インバータの過電圧検出と制動機能

モータが負荷を減速させたり負荷を落下させたりする場合、モータが発電機になってインバータに電気が返還される現象を「回生」と呼びます。

この回生量が大きいと、インバータ内部に電気を蓄積できず、「過電圧」を検出します。回生処理は、インバータの制動機能回路を機能させることで一定のエネルギーを抵抗に流し放電させ、「過電圧」の検出を防いでいます。

用語解説

性能仕様

●出力電圧

インバータの出力端子間の電圧

●最大電圧

定格入力電圧において、インバータが出力できる実効値相当の電圧の最大値

●出力電流

インバータの出力端子間に流れる電流

●出力周波数

インバータの出力端子間の電圧の周波数

●制動抵抗器

負荷の減速時や昇降軸の降下時に発生する回生エネルギーを消費するために外部に接続する抵抗器
インバータの過電圧検出を防止する

●回生制動機能

負荷の減速時や昇降軸の降下時に発生する回生エネルギーを、内部または外部の回生制動回路を使用し、モータからの回生エネルギーを外付けの制動抵抗器で熱として消費させ、インバータ内部の直流電圧を低下させる機能
ただし、本機能は外部制動抵抗器または回生制動ユニットが接続されていないと機能しない

●回生エネルギー

モータに接続された負荷は、回転している場合は運転エネルギーを、高い位置にある場合は位置エネルギーをもっており、モータが減速、または負荷が降下する時にはインバータにそのエネルギーが返ってくる
この現象を回生と呼び、そのエネルギーを回生エネルギーと呼ぶ

●ノイズフィルタ

インバータ内部でパワーデバイスがスイッチングする際に発生するノイズを吸収するためにインバータの電源側または負荷側に接続する高周波フィルタ

●冷却ファン

インバータ主回路の半導体素子などの発熱部品のために使用しているファン

●リアクトル

インバータから発生する高調波を抑制する場合に使用するDC（直流）リアクトルおよびAC（交流リアクトル）があり、共に急しゅんな電流の変化を抑制する働きがある

●高調波

交流を直流に変換して平滑するとき流れる、通常流れる電流の正弦波と異なる電流歪み
インバータは、高調波を発生する機器のため、インバータから発生した高調波が電気設備および周辺機器に影響を及ぼす場合がある

機能仕様

●速度制御(ASR)

モータの回転速度を制御すること
(Automatic Speed Regulator)

●制御モード

インバータによるモータ速度制御の方式(V/f制御モード、ベクトル制御モードなどがある)

●V/f制御 / V/f特性

コイルに一定の電流を流して、一定のトルクを出力させる制御方式およびその特性
詳細は「原理」参照

●定トルク特性

出力周波数と出力電圧を比例関係としたV/f特性周波数に応じて一定のトルクを出力する
ただし、出力周波数が「0～基底周波数」までは、比例的に出力するが、「基底周波数～最高周波数」までは、周波数に関係なく出力電圧は一定台車、コンベア、天井走行クレーンなどで、回転速度に関係なくトルクを必要とする用途に適している

●低減トルク特性

ファンやポンプなど、低速域で大きなトルクを必要としない用途に適している
低速域では出力電圧を下げているため、効率向上、低騒音および低振動化を図ることができる

●特殊低減トルク特性(2乗低減負荷トルク特性)

回転速度の2乗に対してほぼトルクが一定となる特性(トルクの発生曲線が2乗カーブになっている特性)で、かつ低速域ではトルクを必要とする特性

●基底周波数

モータが定格トルクを連続で発生できる最高の周波数
インバータでは、50Hzまたは60Hzとなる

●ベクトル制御

インバータから誘導モータへの電圧と電流出力を参照し出力波形を修正する制御のこと
詳細は「原理」参照

●センサレスベクトル制御/PGなしベクトル制御

エンコーダによるフィードバックがないベクトル制御のこと
詳細は「原理」参照

●PG付きベクトル制御

エンコーダフィードバックつきベクトル制御のこと
詳細は「原理」参照

●加速時間

出力周波数が0Hzから最高周波数になるまでの時間

●減速時間

出力周波数が最高周波数から0Hzになるまでの時間

●始動周波数

運転信号をONにしたときの、インバータ出力を開始する周波数のこと

●最高周波数

インバータが出力する周波数の最大出力値

●最低出力周波数

周波数設定信号の最小値(4～20mA入力なら4mA)を入力したときの出力周波数

●零速

最低出力周波数以下のこと

●キャリア周波数

パルス幅変調周期を決定する周波数

キャリア周波数を高くすると、モータからの金属的な騒音を小さくできる

●トルク制御

モータの発生トルクが、入力したトルク指令値と一致するように制御すること

●始動トルク

モータが始動の瞬間に出すトルク

始動トルクよりも大きい負荷がモータにかかっているとモータは回りださない

●トルク制限(トルクリミット)

モータの出力トルクを制限する機能

●直流制動

誘導モータに直流電圧を印可して、モータを制動する(確実に回転を止める)機能

始動時・停止時のいずれかに動作させる

・始動時直流制動：

慣性などで回転しているモータを、回生処理なしに停止させて起動する場合に使用する

・停止時直流制動：

負荷が大きい場合、通常の減速では停止しきらずに、慣性で回転してしまう場合に使用する

●トリップ

過電圧、過電流などに対して、インバータの保護機能が動作して、インバータからモータへの電力供給を遮断すること

●異常リトライ

トリップ状態にあるインバータを自動的に再始動すること

●ストール状態

モータに大きな負荷がかかったり、急激な加減速を行った場合に、モータステータ側の回転磁界にロータが追従できなくなった状態

モータが失速した、モータが脱調した、とも言われる

●過電流

定格出力電流の基準の割合以上を出力した状態

●過電流抑制機能

インパクト負荷などで急しゅんな電流成長による過電流を抑制する機能

出力電流が基準の割合以上を出力した場合に、加速を一時停止する

●過電圧

出力電圧が定格値以上になった状態

●減速時過電圧抑制機能

減速時にモータが発生する回生エネルギーによる過電圧トリップを回避する機能

電圧上昇を一定レベルに保つよう自動減速するタイプと一定レベルを超えると加速動作に入るタイプがある

●不足電圧

インバータで、電源電圧が定格値以下になった状態

●過トルク

出力トルクが定格値以上になった状態

●過トルク(オーバートルク)検出機能

モータの出力トルク推定値が設定レベルよりも大きくなったことを検出して出力する機能

●アンダートルク検出機能

モータの出力トルク推定値が設定レベルよりも小さくなったことを検出して出力する機能

●電子サーマル

モータが過負荷状態で焼損することを保護する機能

●モータ過負荷

モータに定格トルクを超える負荷が加わった状態

●インバータ過負荷

電子サーマルによりインバータ過負荷保護が動作した状態

●モータ保護

インバータ内部にモータの特性データを持たせることでインバータ運転時に内部で演算を行いモータの保護を行うこと

●入力欠相

入力電源の欠相が発生したことを検出する機能

主回路電流電圧の変動で検出しているので、電源電圧の変動や、アンバランス、主回路コンデンサの劣化なども同様に検出できる

●出力欠相検出

インバータ出力端子の欠相が発生したことを検出する機能
各出力相に流れる電流値で検出している

●ドライブモード

インバータが運転指令を受け付けるモード

●デジタルオペレータ

インバータの操作・表示部のこと

インバータ本体から引き出して、制御盤前面に設置したり、遠隔操作を行うこともできる

●周波数指令

モータへの供給電源の周波数指令のこと

●アナログ指令

インバータの設定周波数指令をアナログ信号で行うこと

アナログ信号：0-5V, 0-10V, 4-20mAなどの連続的な信号

●停止指令

インバータを介して、モータを停止する指令
デジタルオペレータまたは接点入力などによって行う
フリーラン停止(フリーランストップ)、減速停止が可能

●減速停止

一定比率で減速してから停止させること

●フリーラン停止(フリーランストップ)

停止時にインバータ出力を遮断する停止方法
「フリーラン停止」後、モータは惰性で回転し、モータや装置の負荷や摩擦で減速する

●多機能入力

多機能入力端子に、運転指令、停止指令などの機能を割り付けることで、設定した機能を動作させることができる

●多機能出力

多機能出力端子に、運転中信号などの機能を割り付けることで、設定した信号を出力することができる

●AVR(自動電圧制御)機能

インバータ受電電圧が変動しても、モータへの出力電圧を自動的に補正する機能

モータの出力トルク低下や過励磁状態を回避する

ただし、インバータ受電電圧を超える電圧を出力することはできない

●多段速運転

多段速指令を用いて運転速度を複数設定し、外部信号で選択して速度を切り替える機能

●ジョギング運転

モータ停止時の位置決め、微調整を行う機能

●PID制御

流量、風量、圧力などのプロセス制御を行うことができる比例(P)動作、積分(I)動作、微分(D)動作

の組み合わせによって、設定された目標値にフィードバック(検出値)を一致させる制御

・比例(P)動作：

操作量が偏差(目標値 - 現在値)に比例する動作

・積分(I)動作：

操作量が偏差の時間積分値に比例する動作

現在値が目標値に近づくと偏差が小さくなるため、P動作の効果が少なくなり、目標値に到達するのに時間がかかることを補う

・微分(D)動作：

操作量が、偏差の変化の割合に比例する動作

PI動作だけでは応答時間がかかるが、D動作は応答性を補う

●オートチューニング

モータの回路定数(モータの巻線の定数や負荷慣性モーメントの大きさなど)を、インバータ自身が自動的に測定し記憶する機能

主にベクトル制御時に使用する。なお、モータを回転させて測定する方法と回転させないで測定する方法がある

●ジャンプ周波数

機械の共振周波数を避けるため、指定した周波数帯で出力周波数を変化させずに一定の出力をする周波数

●瞬停再始動

瞬停・不足電圧発生時に、トリップするかリトライ(再スタート)するかを選択する機能

●トルクブースト

低速時にモータのトルクが不足する場合、トルク不足を調整する機能

手動で調整する手動トルクブーストと自動的に調整する自動トルクブーストの2つがある

●自動トルクブースト

低速時にモータのトルクが不足する場合、自動でトルクを増加するようインバータの出力電流(トルク)を検出して、出力電圧を自動的に制御すること

●自動省エネ運転機能

一定速運転中のインバータ出力電圧が、最小となるように自動調整する機能

ファン、ポンプの低減トルク特性の負荷に適している

●ブレーキ制御機能

昇降システムなどに用いられる外部ブレーキ(誘導モータについている電磁ブレーキ(無励磁作動型))をインバータから制御する機能

●運転方向制限選択

モータの回転方向を制限する機能

(モータは一般的に軸方向から見て反時計回りが正転、軸方向から見て時計回りが逆転)

●速度制限

モータの回転速度を制限すること

●速度偏差

速度指定値と、モータの現在回転速度との差

●スリップ補正

出力電流からモータの出力トルクを計算し、出力周波数を補正する機能

●トルク補償

モータの負荷が大きくなったことを検出して出力トルクを増加させる機能

●トルク補償リミット

ベクトル制御時に、モータの最大トルクが不足する場合や逆に必要以上のトルクを出したくない場合にトルクを調整すること

その他

●誘導モータ

交流電圧を利用して内部コイルに電流を流し、誘導の力によって回転子を回転させるモータ

●モータ極数

モータの中にできる磁極の数
トルクを発生する軸に巻いてある電磁石の数に相当する

●モータ定格

モータの定格には、電流、電圧、トルクなどがあり、決められた条件での使用限界を示す

●制動トルク

モータの回転を妨げる方向に働くトルク

●出力トルク

モータの出力トルクのこと、回転軸まわりの力のモーメント

●負荷トルク

モータが負荷機械を動かすときに必要なトルク
負荷トルクは回転速度に対して一定とは限らず変動する

●負荷率

負荷電流(負荷トルク)の定格電流(定格トルク)に対する比率

●漏れインダクタンス

トルクを発生するために使われずに、外部へ漏れたり発熱(鉄損)に使われる磁界を示すもので通常磁界を発生させるインダクタンス(コイル)成分として示されるもの

参考資料

モータ容量の選定

インバータを選定する前に、まずモータの選定を行います。アプリケーションに合わせて負荷イナーシャを計算し、モータに必要な容量、必要なトルクを計算して選定します。

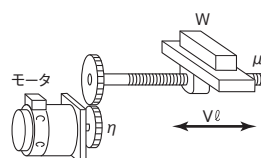
簡易選定方法(所要出力計算法)

この計算方法は、定常回転状態にモータが必要な出力(W)を計算して、モータを選定します。加減速状態などの過度計算が含まれませんので、モータを選定する場合には、計算値に余裕を持たせてください。ファン、コンベアや攪拌器のような一定状態が続くアプリケーションなどの簡易選定が行えます。

※下記のようなアプリケーションには適しません。

- ・ 急激な立上がりが必要
- ・ 頻繁に運転/停止を繰り返す
- ・ 動力伝達部の慣性が大きい
- ・ 動力伝達部の効率が低い

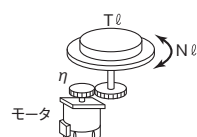
直線運動の場合：定常パワー P_o [kW]



$$P_o = \frac{\mu \cdot W \cdot V\ell}{6120 \cdot \eta}$$

μ : 摩擦係数
 W : 直線運動部の質量[kg]
 $V\ell$: 直線運動部の速度[m/min]
 η : 減速機(伝達部)の効率

回転運動の場合：定常パワー P_o [kW]



$$P_o \text{ [kW]} = \frac{2\pi \cdot T\ell \cdot N\ell}{60 \cdot \eta} \times 10^{-3}$$

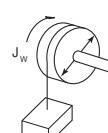
$T\ell$: 負荷トルク(負荷軸) [N・m]
 $N\ell$: 負荷軸の回転数[r/min]
 η : 伝達部の効率 ($\eta \leq 1$)

詳細選定方法(R.M.S計算法)

アプリケーションの動作パターンを実現させるための、実効トルクと最大トルクを計算し、モータを選定する方法です。動作パターンにあった詳細なモータ選定が行えます。

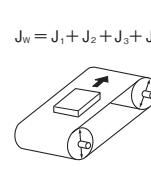
モータ軸換算のイナーシャを計算

以下に示すようなイナーシャの計算式を使って、すべてのパーツのイナーシャを計算し、モータ軸換算イナーシャに換算します。



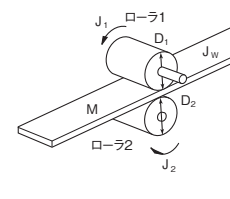
$$J_w = J_1 + J_2 = \left(\frac{M_1 \cdot D^2}{8} + \frac{M_2 \cdot D^2}{4} \right) \times 10^{-6} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$$

J_w : イナーシャ (kg・m²)
 D : 直径 (mm)
 J_1 : 円筒のイナーシャ (kg・m²)
 M_1 : 円筒の質量 (kg)
 J_2 : 物体によるイナーシャ (kg・m²)
 M_2 : 物体の質量 (kg)



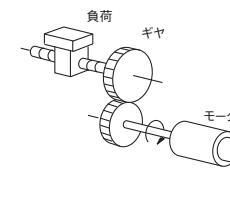
$$J_w = J_1 + J_2 + J_3 + J_4 = \left(\frac{M_1 \cdot D_1^2}{8} + \frac{M_2 \cdot D_2^2}{8} \cdot \frac{D_1^2}{D_2^2} + \frac{M_3 \cdot D_1^2}{4} + \frac{M_4 \cdot D_1^2}{4} \right) \times 10^{-6} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$$

J_w : イナーシャ (kg・m²)
 J_1 : 円筒1のイナーシャ (kg・m²)
 J_2 : 円筒2によるイナーシャ (kg・m²)
 J_3 : 物体によるイナーシャ (kg・m²)
 J_4 : ベルトによるイナーシャ (kg・m²)
 D_1 : 円筒1の直径 (mm)
 D_2 : 円筒2の直径 (mm)
 M_1 : 円筒1の質量 (kg)
 M_2 : 円筒2の質量 (kg)
 M_3 : 物体の質量 (kg)
 M_4 : ベルトの質量 (kg)



$$J_w = J_1 + \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 J_2 + \frac{M \cdot D_1^2}{4} \times 10^{-6} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$$

J_w : 系全体のイナーシャ (kg・m²)
 J_1 : ローラ1のイナーシャ (kg・m²)
 J_2 : ローラ2のイナーシャ (kg・m²)
 D_1 : ローラ1の径 (mm)
 D_2 : ローラ2の径 (mm)
 M : ワーク等価質量 (kg)



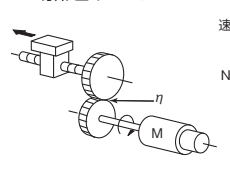
$$J_L = J_1 + G^2 (J_2 + J_w) \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$$

J_L : モータ軸換算負荷イナーシャ (kg・m²)
 J_w : 負荷イナーシャ (kg・m²)
 J_1 : モータ側ギヤイナーシャ (kg・m²)
 J_2 : 負荷側ギヤイナーシャ (kg・m²)
 Z_1 : モータ側ギヤ歯数
 Z_2 : 負荷側ギヤ歯数
 ギヤ比 $G = Z_1 / Z_2$

モータ軸換算のトルクと実効トルクの計算

計算したモータ軸換算負荷イナーシャとモータロータイナーシャで加速トルクを、負荷に加わる外力と摩擦力から負荷トルクを計算し、モータが動作するために必要な合成トルクを計算します。

・ 加速トルク

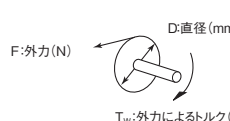


速度(回転数) vs 時間

$$T_A = \frac{2\pi N}{60 t_a} \left(J_L + \frac{J_1}{\eta} \right) \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

T_A : 加速トルク (N・m)
 J_L : モータ軸換算負荷イナーシャ (kg・m²)
 J_1 : モータ自身のイナーシャ (kg・m²)
 η : ギヤ伝達効率
 N : モータ回転数 (r/min)

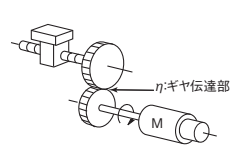
・ モータ軸換算負荷トルク(外力・摩擦)



$$T_w = F \cdot \frac{D}{2} \times 10^{-3} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

F : 外力 (N)
 D : 直径 (mm)
 T_w : 外力によるトルク (N・m)

(摩擦力は一般的に)
 $F = \mu W$ μ : 摩擦係数
 W : 運動部分の質量



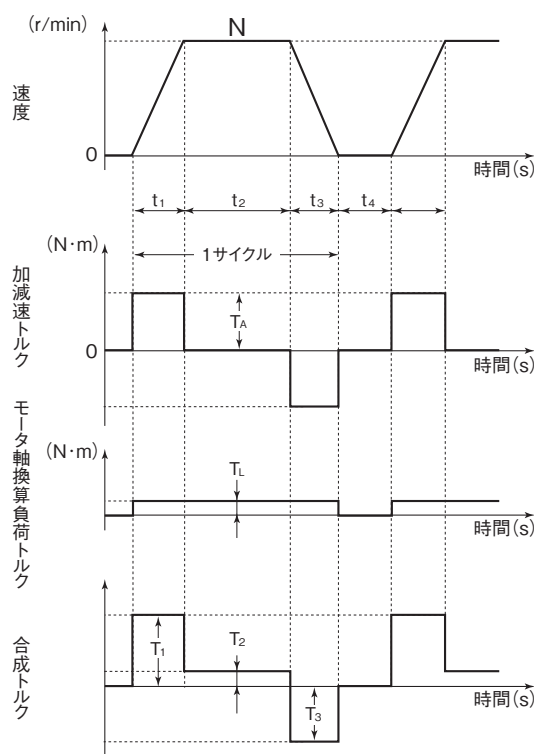
$$T_L = T_w \cdot \frac{G}{\eta} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

T_L : モータ軸換算負荷トルク (N・m)
 T_w : 負荷トルク (N・m)
 Z_1 : モータ側ギヤ歯数
 Z_2 : 負荷側ギヤ歯数
 ギヤ(減速)比 $G = Z_1 / Z_2$

・ 合成トルクと実効トルクの計算

実効トルク： $T_{RMS} (N \cdot m)$

$$= \sqrt{\frac{\sum (T_i)^2 \cdot t_i}{\sum t_i}} = \sqrt{\frac{T_1^2 \cdot t_1 + T_2^2 \cdot t_2 + T_3^2 \cdot t_3 + T_4^2 \cdot t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}$$

最大トルク： $T_{MAX} = T_1 = T_A + T_L$ 

注. サーボモータのモータ選定ソフトを利用して、上記のモータ軸換算イナーシャの計算や実効トルク・最大トルクの計算を行えます。ご利用ください。

モータの選定

上記までの計算結果から下記の計算式を使用し、実効トルクと最大トルクからモータ容量を計算します。

この2つの計算された容量の大きい方をモータ容量として選定してください。

モータを選定する場合は、計算された容量より高く、誤差分の容量に対する余裕度を持たせて設定してください。

・ 実効トルクに相当するモータ容量

$$\text{モータ容量 [kW]} = 1.048 \cdot N \cdot T_{RMS} \cdot 10^{-4}$$

N：最大回転数(r/min)

・ 最大トルクを供給できるモータ容量

$$\text{モータ容量 [kW]} = 1.048 \cdot N \cdot T_{MAX} \cdot 10^{-4} / 1.5$$

N：最大回転数(r/min)

インバータ容量の選定

“モータの選定”の結果で選定されたモータが使用できるインバータを選定します。

基本的には、選定されたモータ容量にあった最大適用モータ容量のインバータを選定ください。

インバータ選定後、下記の項目が満足することを確認して、満足しない項目がある場合は1クラス大きな容量のインバータを選定して、再度確認してください。

モータ定格電流 ≤ インバータ定格出力電流

アプリケーション上の連続最大トルク出力時間 ≤ 1分間

注1. インバータ過負荷耐量が“定格出力電流の120%、1分間”の場合は0.8分間で確認ください。

2. 0Hz 域センサレスベクトル制御を使用する場合や回転数0(r/min)で保持トルクが必要な場合で定格150%以上のトルクが頻繁に必要な場合はインバータ選定結果より1ランク大きなインバータをご使用ください。

制動抵抗選定の概要

制動抵抗の必要性

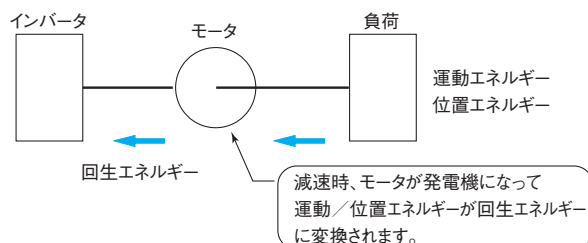
アプリケーション上減速時や降下時で発生する回生エネルギーが大きすぎると、インバータ内部の主回路電圧が上昇して破損する可能性が発生します。

通常インバータは、過電圧LADストップ機能を内蔵していますので、過電圧ストップを検出して停止し、破損には至りません。しかし、異常を検出してモータが停止しますので、安定した継続運転が困難になります。

制動抵抗器／回生制動ユニットを使用して、この回生エネルギーをインバータの外部へ放出する必要があります。

回生エネルギーとは

モータに接続された負荷は、回転している場合は運転エネルギーを、高い位置にある場合は位置エネルギーを持っています。モータが減速する、または負荷が降下する時にはインバータにそのエネルギーが返ってきます。この現象を回生と呼び、そのエネルギーを回生エネルギーと呼んでいます。



制動抵抗の回避方法

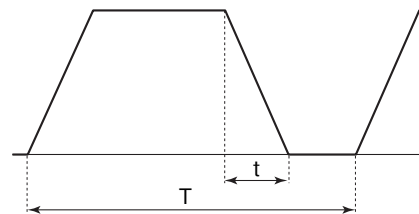
制動抵抗の接続を回避する方法には以下のような方法があります。

回避方法は、必ず減速時間が増加しますので、減速時間が延びても問題ないことを検討してください。

- ・減速時ストール防止機能を有効にする。(出荷時設定で有効としています。)(過電圧ストップが発生しないように、自動的に減速時間を増加させます。)
- ・減速時間を長めに設定する。(単位時間当たりの回生エネルギー量が減少します。)
- ・フリーラン停止を選択する。(回生エネルギーがインバータに帰還しなくなります。)

制動抵抗の簡易選定

通常の動作パターンの中で回生エネルギーが発生する時間比率から、簡単に設定する方法です。下記のように動作パターンから使用率を計算してください。



$$\text{使用率} = t / T \times 100 (\% \text{ ED})$$

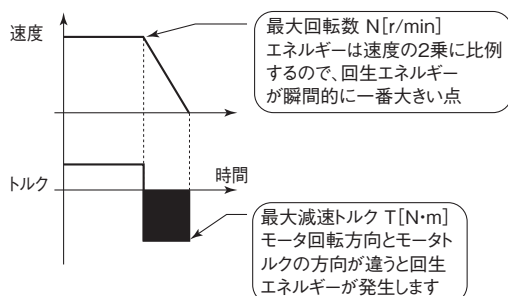
t : 減速時間(回生時間)

T : 1サイクル動作の時間

制動抵抗の詳細選定

前ページの制動抵抗の簡易選定で使用率10%EDを超える場合、または、非常に大きな制動トルクが必要になる場合は、下記の選定方法で回生エネルギーを計算して選定する方法で選定してください。

必要な制動抵抗値の計算



$$\text{制動抵抗の抵抗値} : R \leq \frac{V^2}{1.048 \times (T - 0.2 \times T_m) \times N \times 10^{-1}}$$

V : 200V級インバータ 385[V]

400V級インバータ 760[V]

T : 最大制動トルク[N・m]

T_m : モータ定格トルク[N・m]

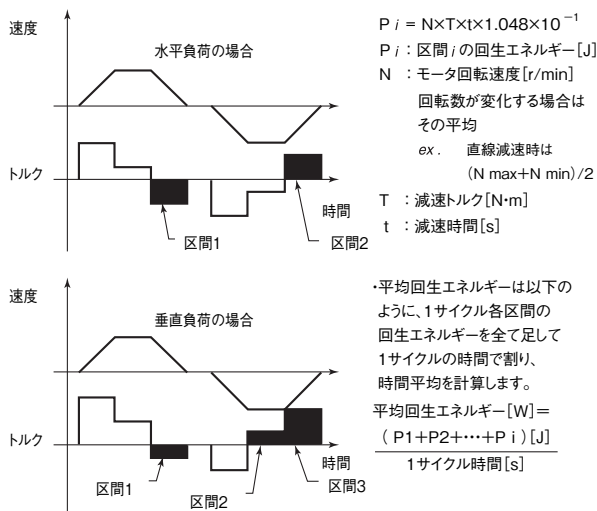
N : 最大回転数[r/min]

注. 制動トルクの算出はインバータ容量の選定に記載していますモータ容量の選定から計算してください。

平均回生エネルギーの計算

回生エネルギーは、モータ回転方向とトルクの方向が逆になったときに発生します。

1サイクル各区間の回生エネルギーを以下の式で計算してください。



注1. 速度は正回転方向を正、トルクは正回転方向のトルクを正で示しています。

2. 制動トルクの算出はインバータ容量の選定に記載しているモータ容量の選定から計算してください。

制動抵抗器の選定

左記の必要な制動抵抗値と平均回生エネルギーから制動抵抗器を選定してください。

- ・必要な制動抵抗値 ≥ 制動抵抗器の抵抗値 ≥ インバータまたは回生制動ユニットの最小接続抵抗値
- ・平均回生エネルギー ≤ 制動抵抗器の許容電力

- 注1. インバータまたは回生制動ユニットの最小接続抵抗値以下の抵抗を接続すると、内部の制動トランジスタが破損します。必要な制動抵抗値が最小接続抵抗値以下になった場合は、インバータの容量を大きくし、必要な制動抵抗値以下の最小接続抵抗値を持ったインバータまたは回生制動ユニットに変更してください。
2. 回生制動ユニットの場合は、2台以上の並列運転が可能です。2台以上で稼働する場合の制動抵抗値は、以下の式になります。
制動抵抗値(Ω) = (上記で計算された必要な制動抵抗値) × (使用台数)
3. 制動抵抗値は上記計算の結果で選定しないでください。150Wの表示は許容電力ではなく、抵抗単位の最大定格電力です。実際の許容電力は抵抗毎に異なります。