
8.1 インバータ用語解説

1. IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

従来のトランジスタなどのパワー素子に比べ、高速スイッチングが可能で、また高速スイッチングを行うわりには、電流や耐圧性等にもすぐれている。

このため、インバータにも採用され、低騒音化がはかられている。

これはPWM制御の際のスイッチング周波数を高くすることができるためである。

2. IPM (Intelligent Power Module)

スイッチング用パワー素子に加えて、それらの駆動回路、保護回路などを一緒にし、ワンパックのモジュールとしたもので、放熱の効率化と制御回路の簡素化・小型化に効果的である。

現在、まだ統一された名称がなく、「パワーIC (Power IC)」とも呼ばれている。

3. ISPM (Inverter System Power Module)

ダイオード、トランジスタ等のパワー素子にそれらを駆動する駆動回路、電源回路、PWM波形を作ための制御回路を含め、インバータの基本機能のみをワンパッケージにしたモジュール。インバータの小型化と信頼性向上に効果的である。

SF-320、HF-320 シリーズに採用している。

3. DSP (Digital Signal Processor)

デジタルシグナルプロセッサは、チップ内に乗算器、加算器、プログラムメモリ、データメモリなどを持ち、更にいくつかの動作を並列に処理することができ、特に数値演算処理(加算・乗算処理)速度の高速化を目的としたマイクロプロセッサの一種。

4. オートチューニング

モータ巻線の定数や負荷の慣性モーメントの大きさなどを、インバータ自身で自動的に判断し、最適な制御を行うこと。

HF-320、HF-430 シリーズは、この機能が標準で搭載している。この機能によりセンサレスベクトル制御をより有効に使うことができる。

5. 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、インバータ電源に含まれる高調波や高速でスイッチングを行うため、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。この漏れ電流は微小であり、また歪波のため、測定にあたっては留意する必要がある。

6. 接地

電動機の絶縁物は、絶縁体であると同時に誘電体でもあり、大地間には静電容量を持ち固定子粋を接地していないときは、大地との間に誘起電圧を生じることがある。

さらに、汎用インバータ運転の場合、高速でスイッチングしているため漏れ電流が大きくなる。したがって感電による事故を防ぐため、電動機の端子箱又は固定子粋などの接地用端子及びインバータに設けられている接地用端子は必ず確実に接地する。

接地の方法は、電気設備技術基準、JIS や内線規定などで表 8-1 のように規程されている。

(5章 接地 を参照)

表 8-1 接地基準の例

接地工事の種類	対象機器	接地抵抗	接地線の太さ	色別	
C 種接地工事	AC300V 以下	100Ω 以下	Φ1.6mm 以上	接地線接地端子	原則として緑色やむを得ない時には緑と黄のしま模様でもよい
D 種接地工事	AC300~600V	10Ω 以下	Φ1.6mm 以上		

7. 主回路ケーブル

主回路ケーブルの選定は、一般のケーブルと同じく各種の配線基準（電気設備技術基準、内線規程、その他メーカーの技術資料など）に準じて行う。

インバータと電動機との配線距離が長い場合には、電圧降下が大きくなり、電動機のトルク不足を生じる場合があるので、次の式で示される電圧降下が通常定格電圧の 2% 以内になるよう、ケーブルの太さを選定する必要がある。

$$\Delta V = \sqrt{3} \times R \cdot L \cdot I \times 10^{-3} \dots\dots\dots (8.1)$$

ΔV：線間電圧降下(V)

R：ケーブル抵抗(Ω/km)

L：ケーブル長さ(m)

I：電流(A)

特に低速運転においては、出力電圧が V/f に比例して変化するので電流値を一定とすると電圧降下の割合が増加することになり、ケーブルサイズを太くするか又はケーブル長を短くする。更にインバータの出力電圧を高く設定するなどの対策が必要である。

8. バイナリ

2進法の数であって、0と1により表現する。

(例)

10進数	2進数	10進数	2進数
0	0000	6	0110
1	0001	7	0111
2	0010	8	1000
3	0011	9	1001
4	0100	10	1010
5	0101	11	1011

9. B C D

2進化10進数 (Binary Coded Decimal) のこと。

10進数の1桁を4桁の2進数で表したもの。

(例)	100の桁	10の桁	1の桁
(009) ₁₀ →	(0000	000	1001) _{BCD}
(013) ₁₀ →	(0000	0001	0011) _{BCD}
(875) ₁₀ →	(1000	0111	0101) _{BCD}

10. 電圧形インバータ

直流回路にコンデンサを用いて過渡的に電圧を一定に保つ方式

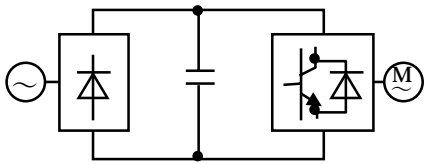
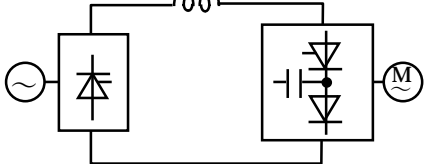
出力インピーダンスが小さく、モータに対して電圧源として働く。

11. 電流形インバータ

直流回路にリアクトルを用いて過渡的に電流を一定に保つ方式

出力インピーダンスが大きく、モータに対して電流源として働く。

表8-2 電圧形と電流形の比較

	電圧形	電流形
基本構成		
出力インピーダンス	小(電圧源)	大(電流源)
電源回生	回生用回路必要	回生用回路不要
直流平滑回路	小さなリアクトルとコンデンサ 又はコンデンサのみ	リアクトル

12. PWM方式

順変換器部でインバータ出力電圧を制御せず逆変換器部でチョッピングし、パルス幅を制御して電圧を変化させると共に出力周波数を制御する方法。

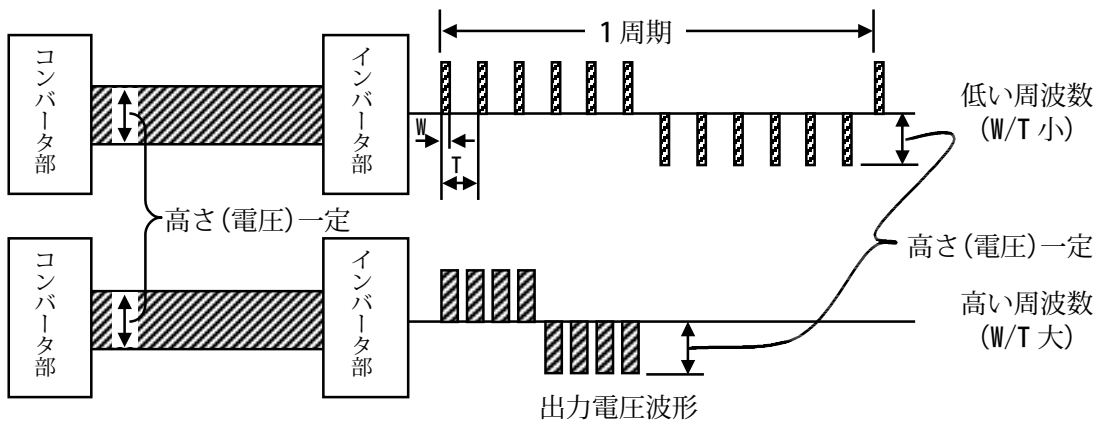
13. PAM方式

順変換器部で可変の直流電圧を作り、インバータ出力電圧を制御し、逆変換器部で出力周波数を制御する方法。

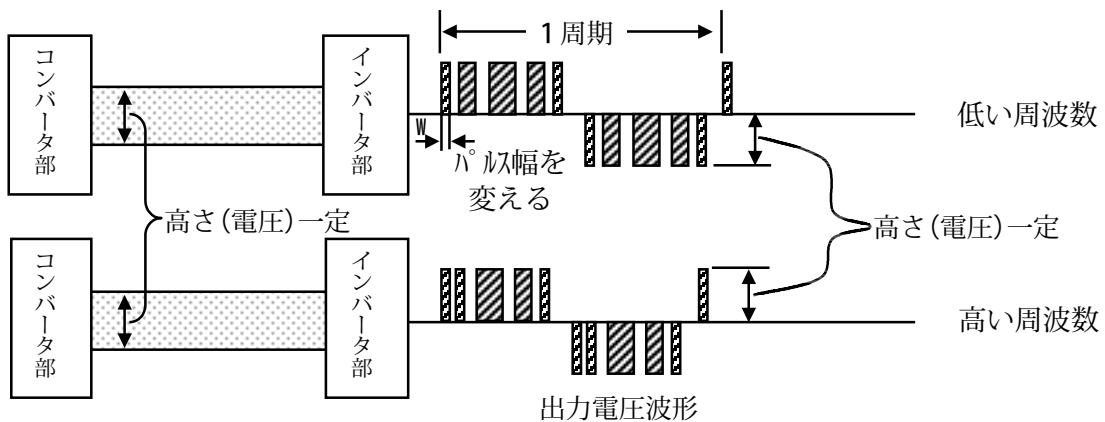
- 可変の直流電圧を作る方式は、位相制御によって可変直流電圧とする方式とチョッパ制御によって可変直流電圧とする方式がある。

(1) PWM方式

- ① 等パルス幅制御……ある周波数において、パルス幅が等間隔制御は簡単であるが、高調波を多く含む。

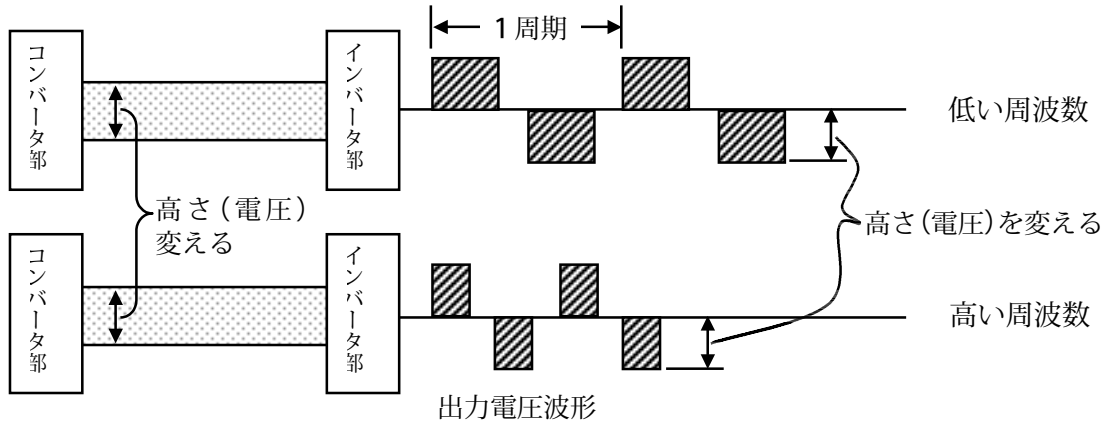


- ② 不等パルス幅制御 (正弦波 PWM) ……1/2 周期において、パルス幅が中央で広く両端で狭い制御は複雑であるが、低次高調波が少ない。このため、電動機に流れる電流が滑らかになり正弦波に近くなる。このことから、不等パルス幅制御を正弦波 PWM 方式という。



(2)PAM 方式

PAM 方式はコンバータ部にて電圧の振幅（パルスの高さ）を変化させて、周波数と同期した可変の直流電圧をつくり、インバータ部にて任意の周波数に変化させる制御方式である。出力波形は図に示すように方形波で第5、第7などの低次高調波が多く、電動機のトルク脈動が出やすい。



14. 4 象限運転

電動機の回転方向（正転、逆転）と発生トルク（正方向、逆方向）の組合せで4種類の運転モードがあり、この4種類の運転モードを実現する運転をいう。

第1象限（電動状態、正転）

電動機が荷重を巻き上げている状態。

第2象限（制動状態、逆転）

巻下ろしの状態:電動機のトルクは荷重が自重で荷下ろすのを逆向きの力、すなわち、正トルクを出して制動しつつ逆回転している。

第3象限（電動状態、逆転）

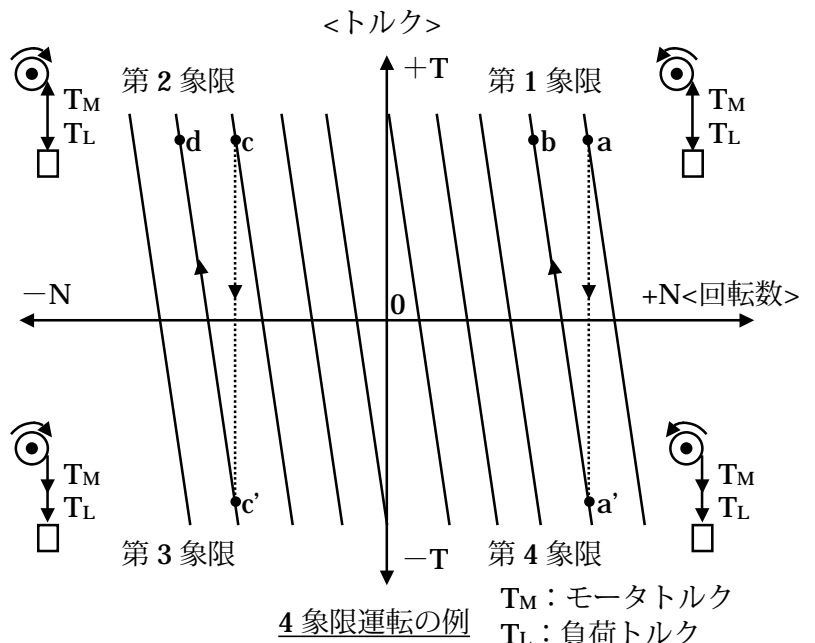
荷重が非常に小さい場合、巻上機のギアなどの摩擦のため自重だけでは降下しなくなり、電動機が巻き下ろし方向にトルクを出して巻き下ろす場合。

第1象限に対して逆方向の電動状態

第4象限（制動状態、正転）

巻き上げの状態（第1象限）で、はじめ高速のa点で回っていたものを、急に低速のb点にしようとしても、慣性のため急には変速できず、その過渡状態において電動機がa点から第4象限のa'点に移って制動状態（発電作用）を呈し、慣性のもつエネルギーを放出して減速しb点に落ち着く。

なお、第2象限巻き下ろしでc点で低速運転していたものを、急に高速のd点にしようとする、慣性のため上記と同様にc→c'→dをたどり、過渡的に第3象限の運転が行われることになる。



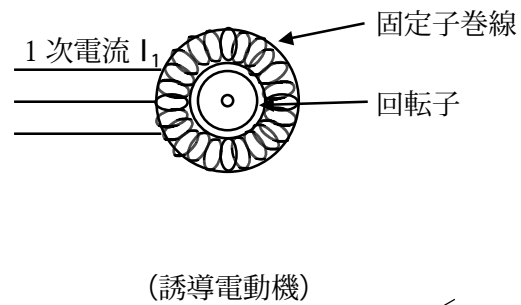
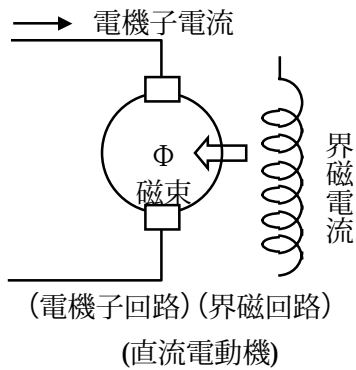
4 象限運転の例 TM: モータトルク TL: 負荷トルク

15. ベクトル制御とセンサレスベクトル制御

■ 直流電動機と誘導電動機との比較

直流電動機は下図のように界磁回路と電機子回路が機械的に分離しているため、界磁電流と電機子電流を別々に制御できる。磁束は界磁電流によってつくられ、磁束に直交する電機子電流はトルクになる。磁束を一定にして保てば発生トルクは電機子電流に比例する。このためトルク制御性能が優れており、速くて安定した応答が得られる。

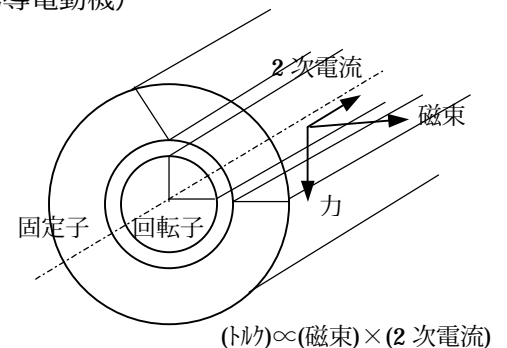
一方、誘導電動機では固定子巻線へ一次電流が供給されるだけである。この1次電流には磁束をつくる励磁電流成分とトルク発生に必要な2次電流成分が同時に含まれている。このためV/f制御では各成分が相互に干渉合って、速くて安定したトルク応答が得られない。



■ 誘導電動機のトルク発生メカニズム

固定子に1次電流を流すと回転磁界が生じる。回転子は磁束を切り、回転子に電圧が誘起されて2次電流(回転子電流)が流れる。この回転子電流と磁束との相互作用(フレミングの左手の法則)により、電磁力(トルク)が発生する。

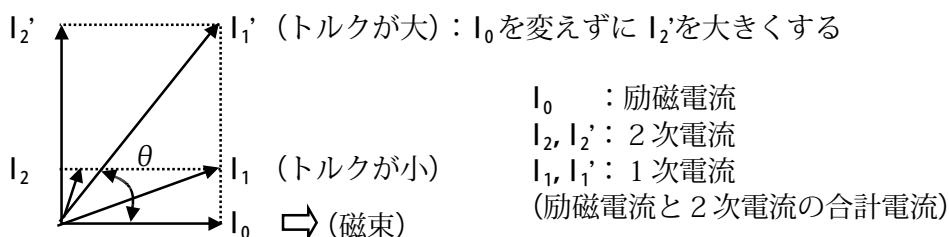
すなわち、磁束とそれに直交する2次電流の積がトルクとなる。



トルク発生メカニズム

■ ベクトル制御

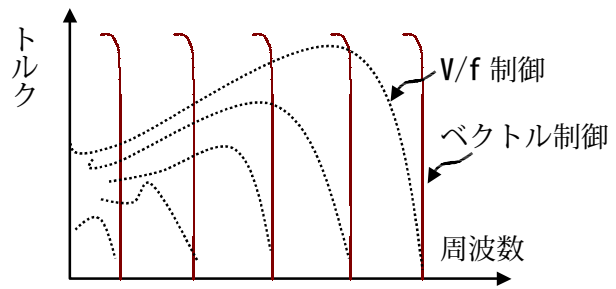
前記のように、誘導電動機でもトルク発生メカニズムは直流電動機と同じである。そこに着目し、電動機電流・回転速度・指令周波数・等価回路定数からマイコンを使って演算することにより、誘導電動機の1次電流をベクトル的に磁束方向の励磁電流成分と2次電流成分に分けて制御する。



誘導電動機のベクトル図

励磁電流成分（回転子磁束）を一定にして、周波数を変化させた場合の速度-トルク特性は右図のようになる。これは直流他励電動機の電機子電圧制御の特性と同様となる。すなわち、次の関係に相当する。

(直流電動機)		(誘導電動機)
電機子電圧	→	周波数
電機子電流	→	2次電流
界磁磁束	→	回転子磁束



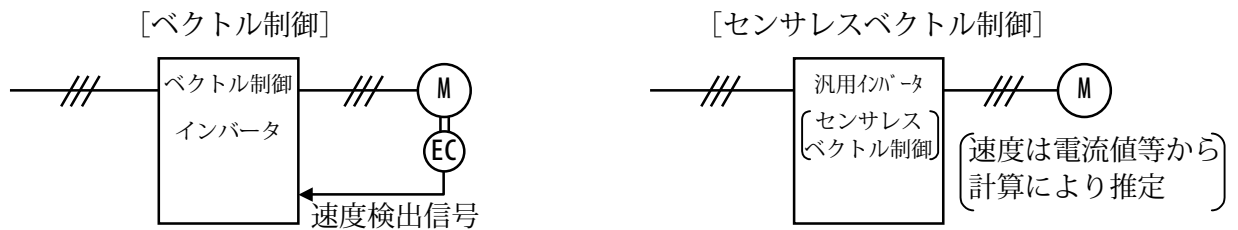
ベクトル制御方式のトルク特性

以上をベクトル制御方式といい、直流電動機と同等以上の性能を得ることができる。

■ センサレスベクトル制御

ベクトル制御では誘導電動機の回転子速度を検出する回転速度検出器（速度センサ）が必要であるが、この回転速度をインバータの出力電流や電圧を基に演算によって推定し、速度センサを用いずにベクトル制御する方法である。

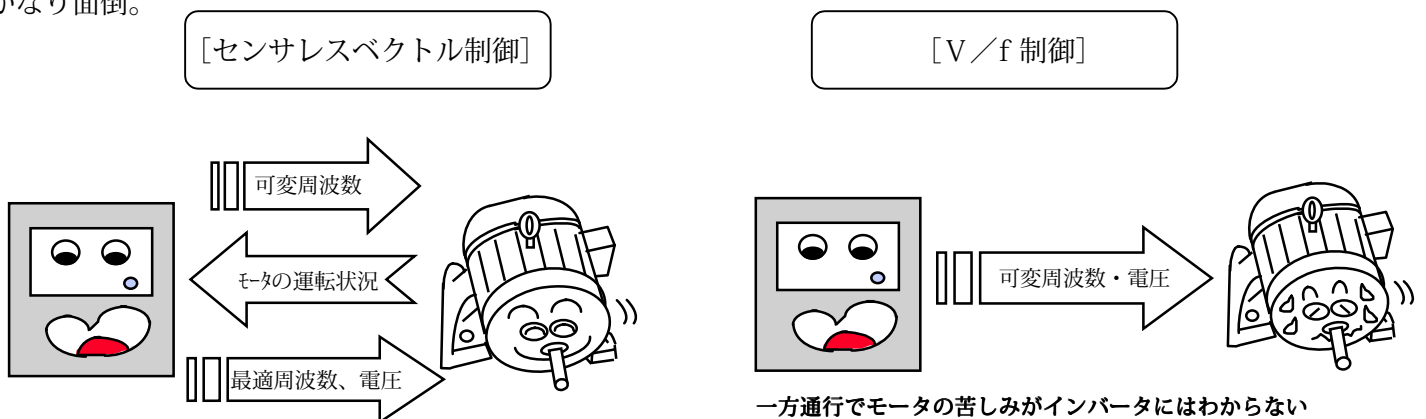
センサ付ベクトル制御に比較し、回転子の2次電流や磁束の値が正確ではないため、制御性能はやや劣るが、オープンループでも負荷を最適な状態で駆動することが可能である。



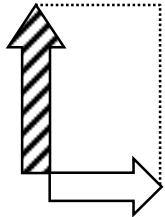
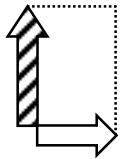
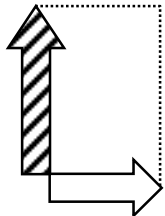
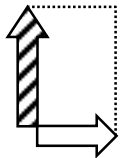
■ V/f一定制御

V/f制御は周波数に関係無く磁束を一定とすることをねらった制御だが、低速時には一次抵抗の電圧降下により必要な磁束が確保できなくなり、トルクが低下する。

トルクブーストをかければ、低速におけるトルクは、ある程度増加するが、最適制御状態とは程遠くなり、トルク/電流比が低下し、基底周波数と同等のトルクを得ることはできない。また、ブースト調整もかなり面倒。



■ センサレスベクトル制御と一般のV/f制御の違い

項目		制御	センサレスベクトル制御	V/f制御
速度センサ			不要	不要
可変速時の電流成分	高速			2次電流  トルクの大きさは面積に比例
	低速			出力トルク：小  磁束：小
低速時のトルク			低速でも磁束が確保される為、トルク低下無し	低速では磁束減少→トルク低下
ブースト調整			不要	要
トルク/電流(低速)			1.2	1.0
速度変動率 (基底回転数において)			±1%程度	±5%程度

出力周波数—トルク特性例

