

## ブラシレスモータ 120° 通電（矩形波駆動）

### 概要

本資料はブラシレスモータの 120°通電(矩形波駆動)の概要について述べたものです。  
120°通電波形及びホールセンサまたはセンサレス（誘起電圧のゼロクロスポイント検知）によるモータの位置検出について説明しています。

## 目次

概要 .....	1
目次 .....	2
1. 120°通電（矩形波駆動）について .....	5
1.1. 120°通電（矩形波駆動）概要 .....	6
1.2. 120°通電（矩形波駆動）電圧・電流出力波形モデル .....	8
1.3. 誘起電圧について .....	9
1.4. 120°通電の中性点電位について .....	10
2. 実際の 120°通電（矩形波駆動）電圧波形検討 .....	11
2.1. 転流期間（ダイオード環流期間） .....	12
2.2. 電圧波形 図 2.2(①②③④⑤⑥)検討 .....	13
3. 120°通電（矩形波駆動）駆動方法 .....	17
3.1. ホールセンサ利用 120°通電（矩形波駆動）制御 .....	17
3.2. センサレス 120°通電（矩形波駆動）制御 .....	20
3.2.1. センサレス位置検出方法 .....	21
製品取り扱い上のお願い .....	22

## 目次

図 1.1 インバータ回路における 120°通電	6
図 1.2 120°通電（矩形波通電）各素子スイッチングタイミング	6
図 1.3 120°通電理論上の電圧波形	6
図 1.4 PWM 信号	7
図 1.5 120°通電(矩形波駆動)電圧・電流波形	8
図 1.6 120°通電(矩形波駆動)誘起電圧	8
図 1.7 120°通電(矩形波駆動)電圧・電流	9
図 1.8 インバータ回路	10
図 1.9 中性点電位と各相電圧	10
図 1.10 中性点電位	10
図 2.1 120°通電（矩形波駆動）上アームチョッパ信号	11
図 2.2 インバータ相端子電圧（上アームチョッパ方式）	11
図 2.3 上アームチョッパ方式 各相端子電圧波形	12
図 2.4 転流期間 A	12
図 2.5 転流期間 B	13
図 2.6 インバータ回路の各素子の通電タイミング	13
図 2.7 $Q_{W-H}$ が PWM 動作、 $Q_{V-L}$ がオン時の電流経路	14
図 2.8 $Q_{W-H}$ がオフした瞬間の電流経路	14
図 2.9 $Q_{U-H}$ がオン時の電流経路	15
図 2.10 $Q_{U-H}$ がオフした瞬間の電流経路	15
図 2.11 $Q_{U-H}$ がオフした瞬間の電流経路	16
図 3.1 ホールセンサ位置	17
図 3.2 ホールセンサ波形	17
図 3.3 各相の端子電圧と誘起電圧およびホールセンサ電圧	18
図 3.4 ホール素子信号と各素子スイッチングタイミング	18
図 3.5 スwitching信号ロジック回路	19
図 3.6 位置検出ポイント（ゼロクロス点）	20
図 3.7 センサレス位置検出例（アナログ方式）	21

**表目次**

表 1.1 120°通電（矩形波駆動）方式 .....	7
表 3.1 真理値表 .....	19

## 1. 120°通電（矩形波駆動）について

近年、ブラシ付き DC モータに代わりブラシレス DC モータ（ブラシレスモータ）<sup>（注1）</sup>の利用が増加しています。ブラシレスモータの駆動は制御回路（インバータ回路）<sup>（注2）</sup>を経由してモータに通電することで行います。通電方式として大きくは120°通電（矩形波駆動）と180°通電（正弦波駆動）があります。正弦波駆動は制御精度や効率、騒音の面で優れていますが、システムが複雑になり高価になります。一方、矩形波駆動は制御精度や効率、騒音の面では正弦波駆動には劣りますが、システムは簡易で安価にできることが特徴です。

### 注1. ブラシレスモータ

ブラシレスモータは、ロータ(回転側)を永久磁石に、ステータ(固定側)をコイル（巻き線）にした構造で、コイルへ流す電流の切り替えをロータの回転位置を検出しモータの回転（ロータの位置）に合わせ、外部のインバータ回路で制御するモータです。

ブラシ付き DC モータの場合は、機械的にロータ、ステータの位置関係を検知して、ブラシと整流子で、モータ回転に合わせて自動的に巻き線の切り換えを行っています。ブラシレスモータは、ブラシ付き DC モータのロータとステータが入れ替わっていて、ロータを永久磁石とし、ステータを電磁石としています。このため、ステータの巻き線への電流を機械的に切り替える機構がないため、ロータとステータの位置関係を検知して、巻き線への電流を切り換える必要があります。そのため巻き線への電流を切り換え用の AC 電流を作るために、半導体素子を使用したインバータ回路が必要です。ブラシレスモータ種類としてはロータの永久磁石の取り付け構造により、IPM（内部埋め込み永久磁石）、SPM（表面実装永久磁石）型モータがあります。

駆動方法としては矩形波駆動と180°通電（正弦波駆動）があり、ロータとステータの位置関係を検知する方法としてセンサ使用（ホールセンサ、ホール IC）およびセンサレスタイプがあります。

### 注2. インバータ回路

インバータとは、半導体を使った電力変換装置の1つです。直流を交流に変換する装置を DC-AC インバータと言います。一般には、交流を直流に変換する AC-DC コンバータと DC-AC インバータを組み合わせ、任意の周波数と電圧に変換する回路をインバータ回路(インバータ)と呼んでいます。インバータ回路でモータを駆動する最大の特長は、ロータの回転位置に合わせて駆動電流の位相と周波数を変化させることで、高い駆動効率と振動が少ない滑らかな回転を低速から高速まで実現できることにあります。出力電圧・出力周波数を任意に制御できるので、AC モータやブラシレスモータの回転数制御に広く使われます。インバータ制御を行うと低消費電力、高効率になります。

### 1.1. 120°通電（矩形波駆動）概要

この制御法は、三相ブリッジ回路（インバータ回路）の6個のスイッチング素子のうち一相はハイサイド側、他の一相はローサイド側、残りの相は上下とも素子をオフという通電パターンで各素子がスイッチングされています。図 1.1 にインバータ回路および素子の通電例を示します。

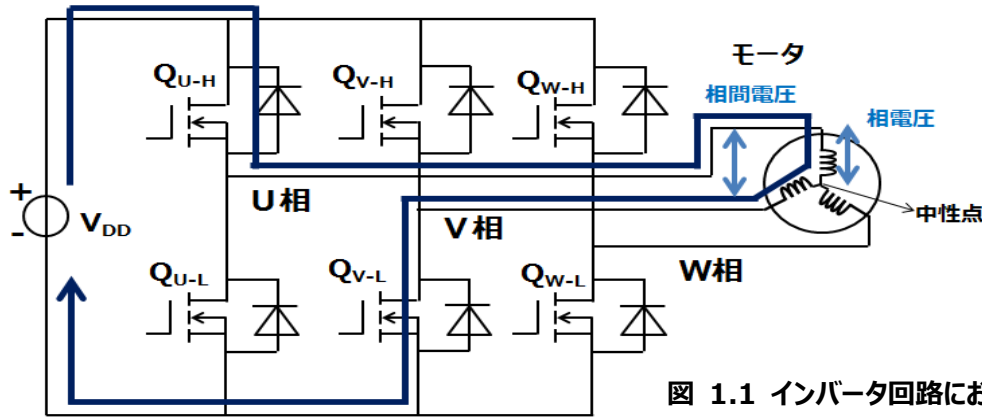


図 1.1 インバータ回路における 120°通電

図 1.2 は 120°通電（矩形波駆動）におけるインバータ回路の6個のスイッチング素子の動作パターンをモデル化したものを示しています。このスイッチング方式では、どの相のスイッチも電源もしくはGND側にそれぞれ120°の期間はオンし、60°の期間はオフになっています。

120°通電（矩形波駆動）の理論上のモータ中性点に対するU相の相電圧波形とU-V間の線間電圧波形イメージを図 1.3 に示します。120°通電型では、いつも2つの抵抗成分（巻き線）にだけ電流が流れるので、モータ中性点に対する相電圧には  $V_{DD}/2$  が現れます。実際には巻き線で発生する誘起電圧（項目 1.3 誘起電圧について 参照）を考慮する必要があります。これについては別途記述します。（項目 1.2: 120°通電（矩形波駆動）電圧・電流出力波形モデル 参照）

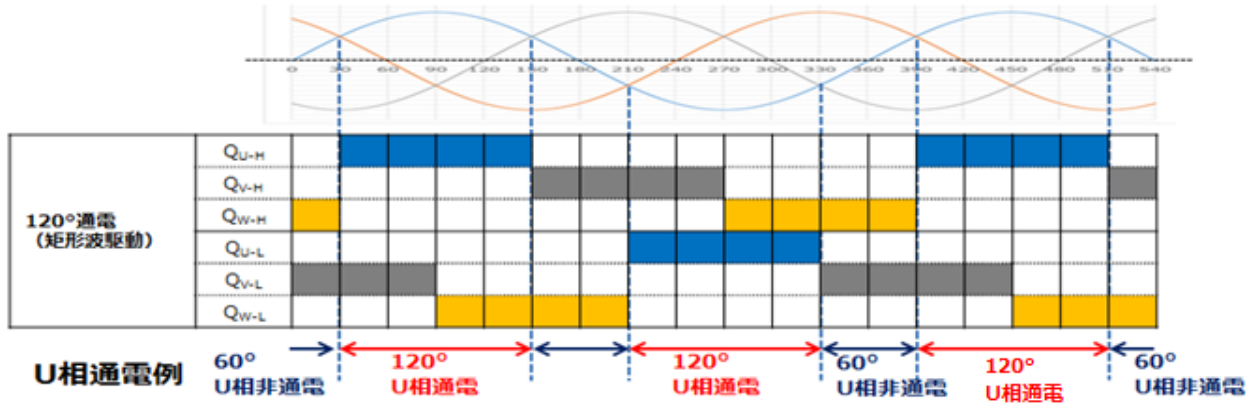


図 1.2 120°通電（矩形波通電）各素子スイッチングタイミング

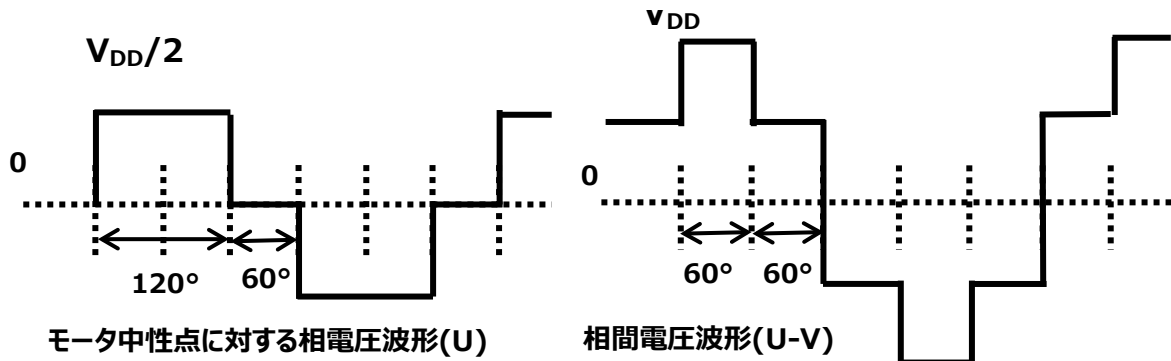
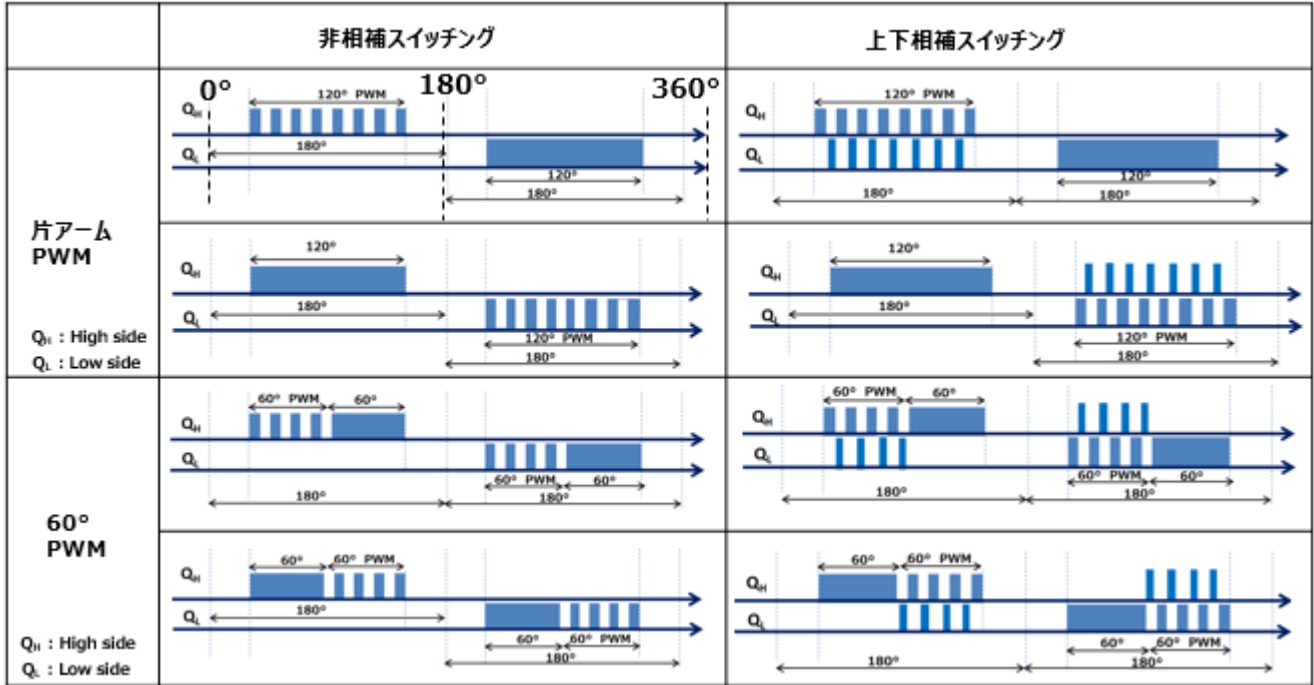


図 1.3 120°通電理論上の電圧波形

120°通電の通電概念はすでに説明しましたが、実際には制御方式によって PWM 制御<sup>(注3)</sup>をしており、いくつかの方式があります。表 1.1 に方式の種類を示します。表 1.1 は電気角 1 周期におけるインバータ回路上下素子の駆動信号を概念的に示したものです。

表 1.1 120°通電（矩形波駆動）方式



### 注 3. PWM 制御

PWM(Pulse Width Modulation)とは、半導体を使った電力を制御する方式の 1 つです。素子のオンとオフを繰り返すことにより、出力される電力を制御します。一定電圧の入力から、パルス列のオンとオフの一定周期を作り、オンの時間幅を変化させる電力制御方式を PWM と呼びます。速い周期で素子のオン、オフを行うことで、オンのパルス幅に比例した任意の電圧が得られます。PWM は、優れた制御性と、高効率 が特長で、インバータ回路で広く使われている技術です。インバータ回路で、PWM 制御のオンの時間幅率(デューティ)を周期的に変化させることにより、モータ駆動に最適な電圧を作ることができます。

#### PWM 信号作成

PWM 信号の作り方にはいくつかの方法がありますが、ここでは 120°通電で良く使われる方法の代表例として三角波を用いた方法を説明します。図 1.4 に示す点線が判定電圧と考えます。三角波は比較対象電圧です。コンパレータで、比較対象の電圧と判定電圧を比較して PWM 信号を作っています。判定電圧を変えることで PWM 信号のデューティを自由に設定できます。判定電圧を変えることで、PWM 信号のパルス幅を変えることができます。

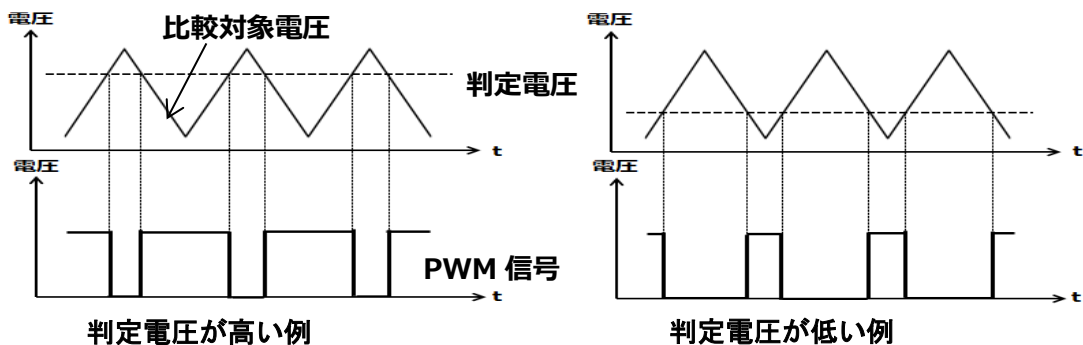


図 1.4 PWM 信号

### 1.2. 120°通電（矩形波駆動）電圧・電流出力波形モデル

図 1.5 に図 1.1 のインバータ回路で U 相を例にした（他相も同じ）電圧・電流の出力波形を示します。120°通電（矩形波駆動）においては各相で通電していない期間がありますが、その期間においても相端子に電圧が生じています。U 相を例にあげて説明すると U 相が通電していない期間は V 相と W 相に電流が流れており、U 相には電流が流れていないため U 相端子電圧は V 相と W 相の巻き線の中性点電位である  $V_{DD}/2$  になりそうですが、実際はモータが回転しているため各相には誘起電圧（項目 1.3 誘起電圧 参照）が発生しており、これを含んだ電圧が U 相端子に現れます。図 1.6（イメージ図）に誘起電圧発生部分の拡大図を示します。U 相には U 相が通電している期間のみ電流が流れます。

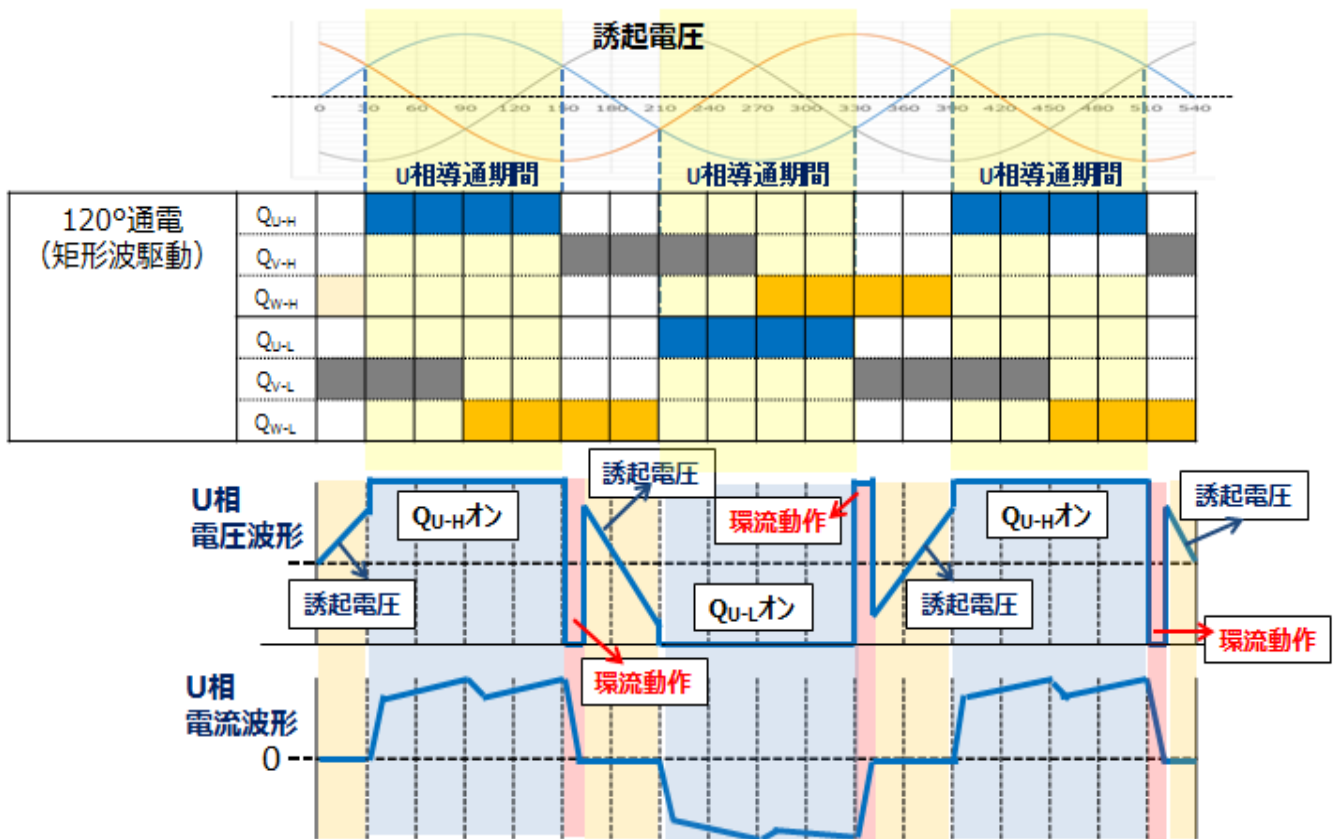


図 1.5 120°通電(矩形波駆動)電圧・電流波形

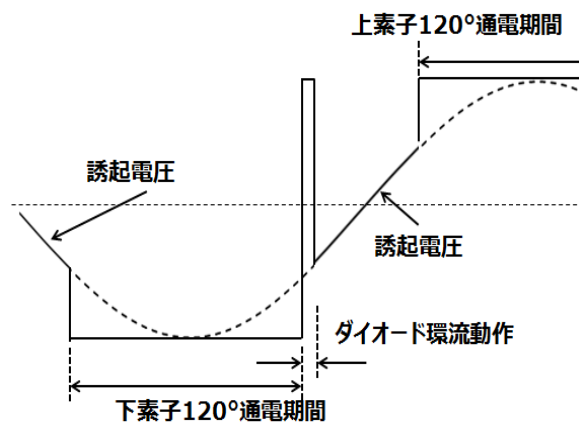


図 1.6 120°通電(矩形波駆動)誘起電圧



### 1.3. 誘起電圧について

誘起電圧（逆起電力）とは、電流を流しているコイル（巻き線）に磁石が通過（回転）すると、電力（電圧・電流）が発生する電磁誘導作用です。磁石の移動速度を速くすると、コイルには、より大きな誘起電圧が発生します。時間当たりのコイル磁束と磁石の磁束の交差する量が増えるからです。モータ（ロータ）を外部から力で回し、モータ内部誘起電圧（逆起電力）を発生させると発電機となります。また外部電圧をモータに与えるとモータは回転します。同時にモータ内部では誘起電圧が発生しています。モータに与える外部電圧とモータの誘起電圧（逆起電力）との関係は下記です。

図 1.7 に外部電圧と誘起電圧の関係を示します。外部電圧  $V$  に対して、巻線抵抗  $R_a$  による電圧降下  $R_a I_a$ （その他の電圧降下分は無視しています。）および、モータの回転による内部誘起電圧（逆起電力） $e_a$  の和が釣り合った関係にあります。

$$e_a = K_e N \quad e_a : \text{逆起電力} \quad K_e : \text{逆起電力定数}[V/(r/min)] \quad N : \text{モータ回転速度}[r/min]$$

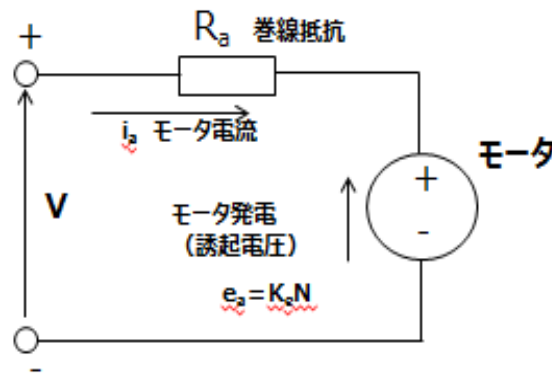


図 1.7 120°通電(矩形波駆動)電圧・電流

#### 補足：誘起電圧とモータ供給電圧およびモータ回転速度の関係

**ブラシレスモータへの供給電圧  $V$  が高くなると以下の説明のようにモータの回転速度は速くなります。**

- ① 図 1.7 において巻線抵抗  $R_a$  両端の電圧差が大きくなり、回転電流  $I_a$  が増えます。
- ② 電流  $I_a$  が増えるとモータの回転トルクが増加します。
- ③ トルクの増加によりモータは加速され、回転速度が上がります。
- ④ 回転が速くなると、誘起電圧が高くなっていきます。

モータへの供給電圧を高くすると、モータの回転速度増加による誘起電圧の増加分とモータに流れる電流との新しい安定状態になるまで回転速度は上がっていきます。

**ブラシレスモータへの供給電圧が一定の状態、モータ負荷が増加するとモータの回転速度は遅くなります。**

- ① モータ負荷を大きくするとモータの回転数は落ちていきます。
- ② その結果、モータの回転による誘起電圧が下がり、モータへの供給電圧が一定の状態のため巻線抵抗部に掛かる電圧は大きくなります。これによりモータに流れる電流が増えます。
- ③ モータに流れる電流が増えることで、モータのトルクが強くなります。

モータ負荷が増えると、モータの回転速度が低下してトルクが強くなり、負荷とトルク（モータ電流）の関係で新しい安定状態になります。

#### 1.4. 120°通電の中性点電位について

120°通電は図 1.8 に示すように上 1 素子と下 1 素子をオン状態として通電します。（同相の上下素子が同時にオンすることはありません。）上素子  $Q_{V-H}$  と下素子  $Q_{W-L}$  がオンしている時は U 相コイルが非導通状態となります。

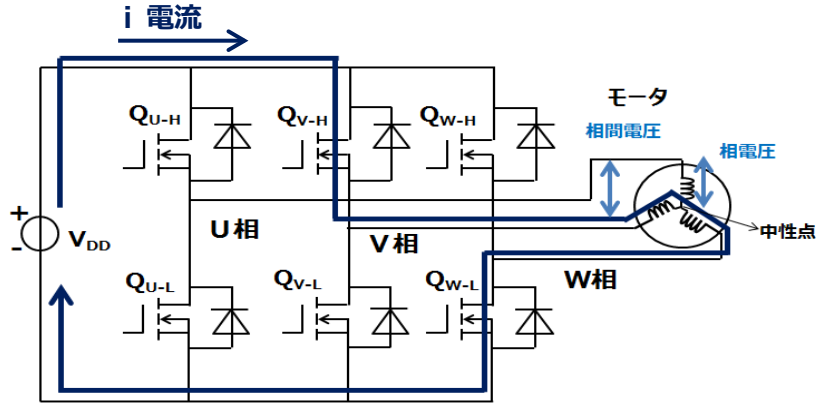


図 1.8 インバータ回路

この時の U 相電圧について図 1.9 で説明します。モータは回転しているので、コイルにはそれぞれ誘起電圧  $e_u, e_v, e_w$  が発生しています。3 相コイルを互いに接続している中性点電位を  $v_n$  とし、**中性点を基準にコイル端子電圧を  $v_u, v_v, v_w$  とします。** 図 1.8 の場合、V 相コイルは電源  $V_{DD}$ 、W 相コイルは GND に短絡されていますので、 $v_v = V_{DD}$ 、 $v_w = 0$  です。また、電源から V 相および W 相コイルを通して GND に流れる電流を  $i$  とします。この時の中性点電位は  $(V_{DD} - e_v)$  と  $(0 - e_w)$  の間にあり、V 相、W 相による電圧降下分が同等であるため下記式で表されます。

$$V_N = (V_{DD} - e_v - e_w) / 2 \quad (式 1)$$

別の形で説明をすると、図 1.10 のように中性点電位は中性点基準電位  $V_{DD}/2$  に対して  $(e_v + e_w) / 2$  の差が生じており、このことから (式 1) を導くことができます。

誘起電圧  $e_u, e_v, e_w$  は 120°ずれた正弦波であるので、回転数に比例した係数を  $k$  ( $k \geq 0$ ) とし電氣角  $\theta$  ( $0 \leq \theta \leq 360^\circ$ ) として各相の逆起電圧は以下で表されます。

$$e_u = k \cdot \sin\theta \quad e_v = k \cdot \sin(\theta - 120^\circ) \quad e_w = k \cdot \sin(\theta + 120^\circ) \quad (式 2)$$

(式 2) から三角関数の性質を利用して計算すると以下の式が成り立ちます。

$$e_v + e_w = -e_u \quad (式 3)$$

(式 3) を (式 1) 代入すると以下の式になります。

$$V_N = (V_{DD} + e_u) / 2 \quad \text{中性点電位} \quad (式 4)$$

(式 1) (式 2) は U 相が非導通状態期間の中性点電位を考えていますが、他相についても同様に考えられます。

この時、U 相コイルには電流は流れない為、電圧降下はなく U 相端子電圧  $v_u$  は以下で示されます。

$$v_u = V_N + e_u \quad (式 5)$$

(式 5) に (式 4) の  $V_N$  を代入すると

$$v_u = (V_{DD} / 2) + (3/2)e_u \\ = ((v_v + v_w) / 2) + (3/2)e_u \quad (式 6)$$

上記は非導通状態時の U 相端子電圧について述べていますが他相においても非導通時の端子電圧は同様に考えられます。

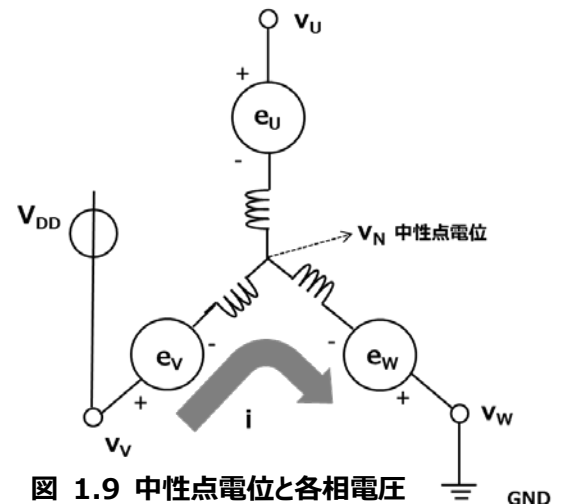


図 1.9 中性点電位と各相電圧

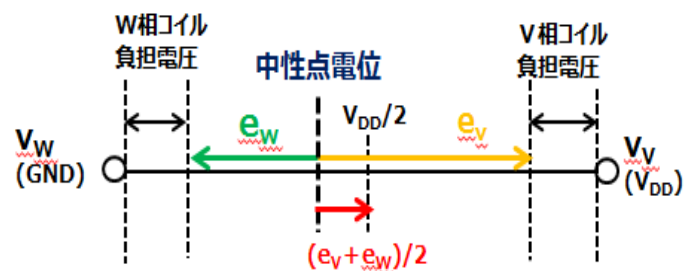


図 1.10 中性点電位

### 2. 実際の 120°通電 (矩形波駆動) 電圧波形検討

前述していますが、120°通電にも多様な方式があります。制御の方法によってインバータ回路の相端子電圧波形は変わってきます。ここでは図 1.1 のインバータ回路において、図 2.1 に示すドライブ信号をインバータ回路の各素子に印加した場合を例として説明します。

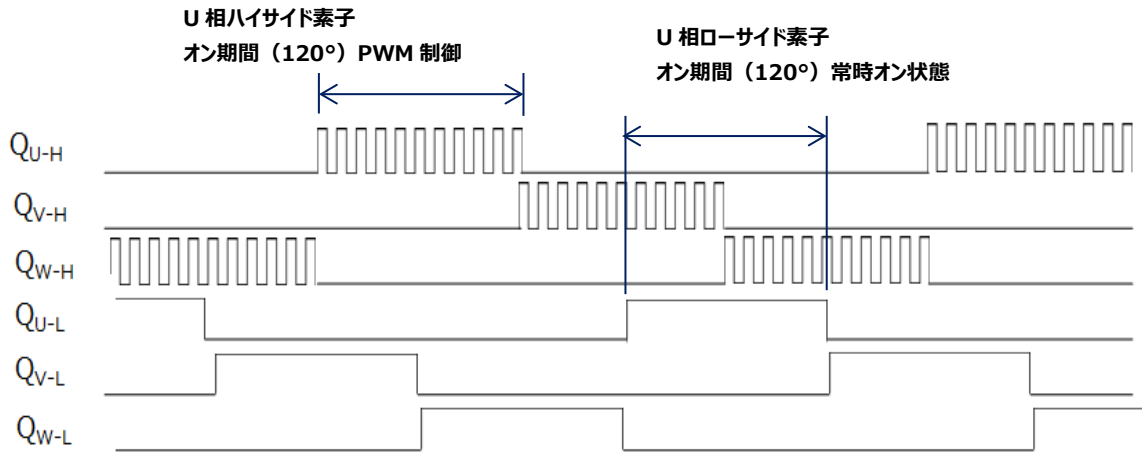


図 2.1 120°通電 (矩形波駆動) 上アームチョッパ信号

図 2.1 の信号をインバータの各素子に入力した時の U 相端子電圧を図 2.2 に示します。U 相端子電圧を見ると U 相の上下素子が共にオフ状態にある期間 (U 相非導通期間) においても端子電圧が発生しています。これはモータが回転することで発生する誘起電圧によるものです。図 2.2 はイメージ図 (中性点電位の変動を考慮していません。) を示しております。参考までに実際の回路での端子電圧波形例を図 2.3 に示します。

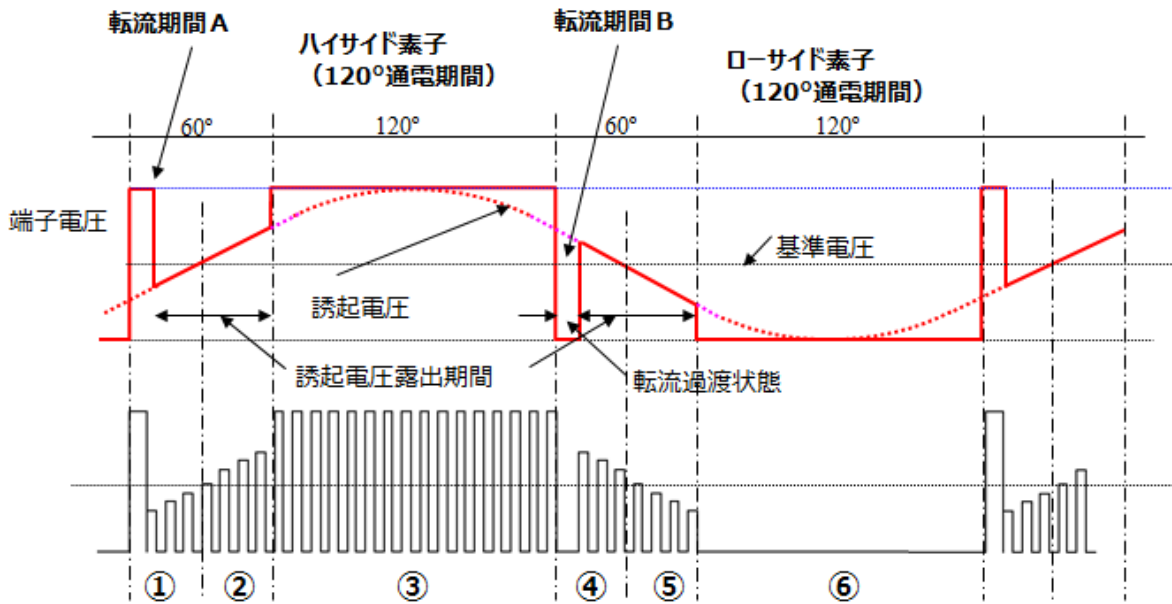


図 2.2 インバータ相端子電圧 (上アームチョッパ方式)

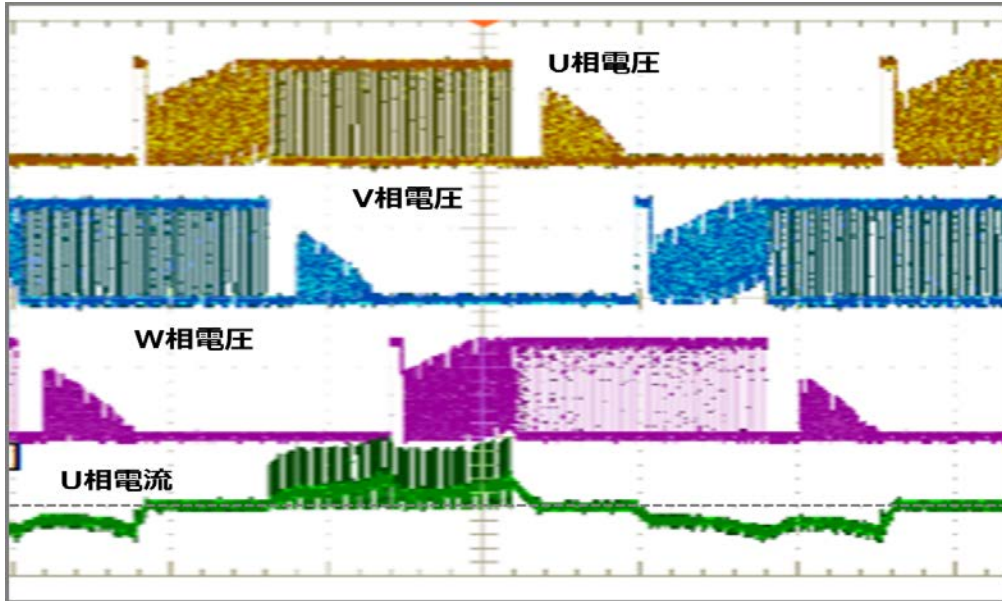


図 2.3 上アームチョッパ方式 各相端子電圧波形

### 2.1. 転流期間（ダイオード環流期間）

#### a) 図 2.2 の相電圧波形における転流期間 A（ダイオード環流）動作時

転流期間 A は下素子（ $Q_{U-L}$ ）が 120° 通電後オフする期間です。この瞬間は図 2.4 の回路で示すように  $Q_{U-L}$  がオフした後も、U 相コイルに蓄えられたエネルギー（ $\frac{1}{2} \times LI^2$ 、L は U 相コイルのインダクタンス）が消滅するまで  $Q_{U-H}$  のボディダイオードに環流電流として流れます。 $Q_{U-H}$  のダイオードのカソードは電源電圧になっているため、還流電流が流れる間はダイオードのアノード電位、つまり、U 相コイルの端子電圧は電源電圧まで上昇します。その後、誘起電圧による電圧に一致します。

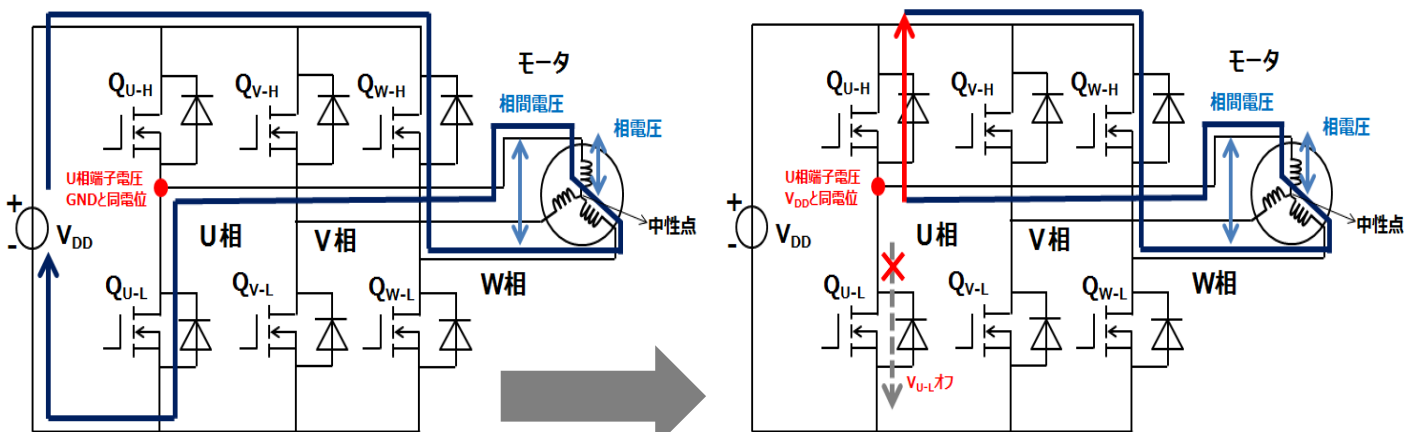


図 2.4 転流期間 A

### b) 図 2.2 の相電圧波形における転流期間 B（ダイオード環流）動作時

転流期間 B 上素子 ( $Q_{U-H}$ ) が 120° 通電後オフする期間です。この瞬間は図 2.5 の回路で示すように  $Q_{U-H}$  がオフした後も、U 相コイルに蓄えられたエネルギー ( $\frac{1}{2} \times LI^2$ 、 $L$  は U 相コイルのインダクタンス) が消滅するまで  $Q_{U-L}$  のボディダイオードに環流電流として流れます。 $Q_{U-L}$  のダイオードのカソードは GND 電位になっているため、還流電流が流れる間はダイオードのアノード電位、つまり、U 相コイルの端子電圧は GND 電位まで落ちます。その後、誘起電圧による電圧に一致します。

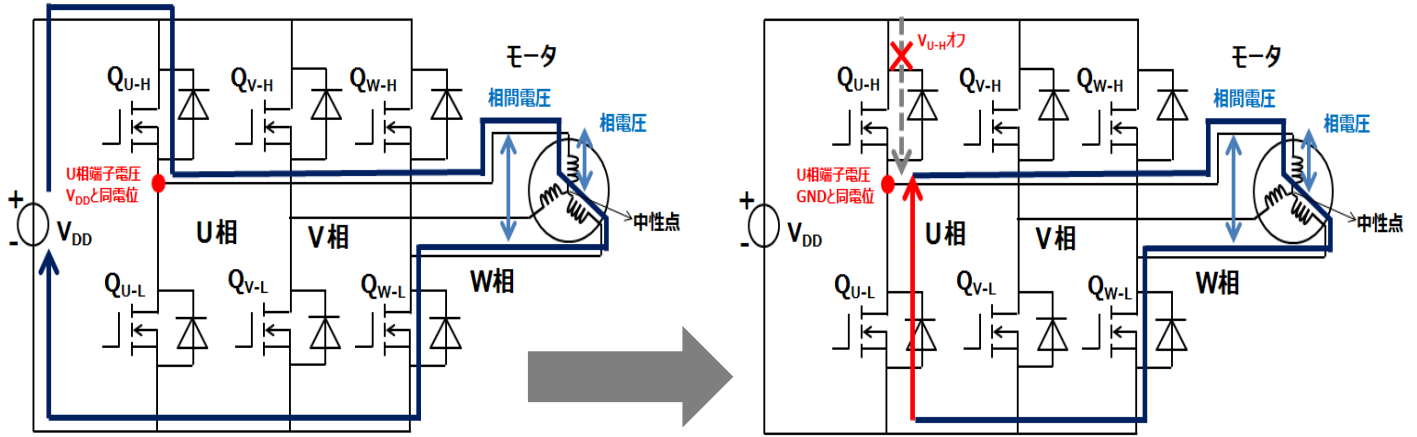


図 2.5 転流期間 B

## 2.2. 電圧波形 図 2.2(①②③④⑤⑥)検討

図 2.2 における各期間での電圧波形について説明をします。図 2.2 の回路におけるインバータ回路の各素子の通電タイミングを図 2.6 に示します。

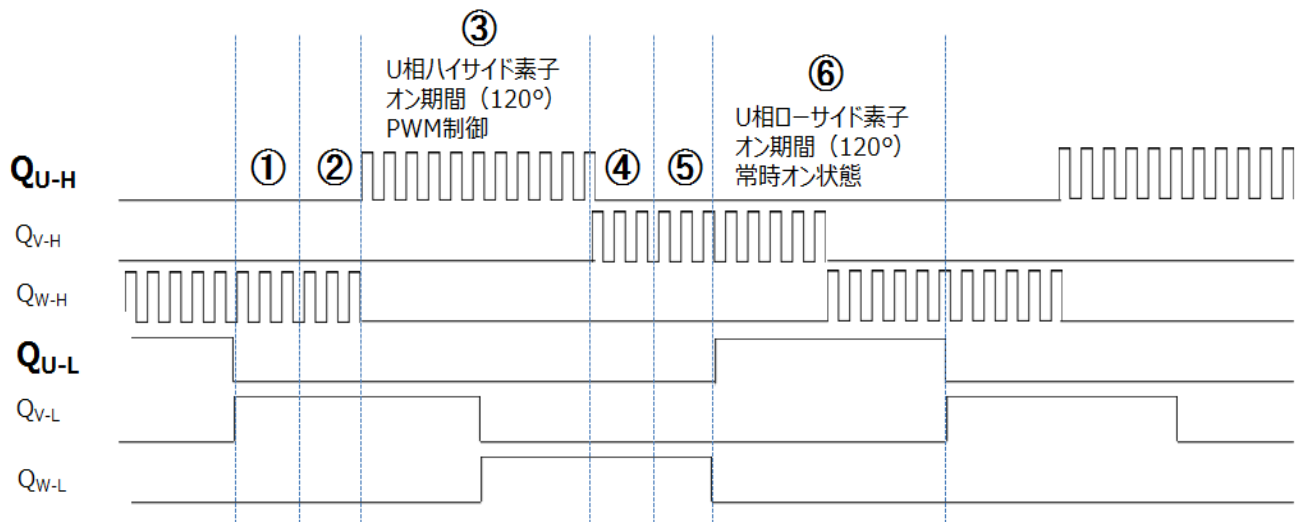


図 2.6 インバータ回路の各素子の通電タイミング

### 1.) ①の期間の電圧

図 2.6 より  $Q_{W-H}$  が PWM 動作、 $Q_{V-L}$  がオン状態です。

#### ・ $Q_{W-H}$ が PWM 動作でオンの時 (図 2.7)

U 相端子電圧は下記で表されます。(式 5 参照)

$$v_U = v_N + e_U \quad (v_N: \text{中性点電位}, e_U: \text{U 相誘起電圧})$$

また、中性点電位は  $v_N = (V_{DD} + e_U) / 2$  です。(式 4 参照)

U 相端子電圧は下記式でも表されます。(式 6 参照)

$$v_U = (v_{DD} / 2) + (3/2)e_U$$

以上より U 相誘起電圧 + 中性点電圧が U 相端子に出ます。(この時、中性点電位に対して  $e_U$  は負です。)

#### ・ $Q_{W-H}$ がオフしている時 (図 2.8)

$Q_{W-L}$  にダイオード環流電流が流れ、 $v_W$ 、 $v_V$  とともに GND になっています。

よって U 相端子電圧  $v_U$  は  $0 + (3/2)e_U$  となり誘起電圧  $e_U$  は負であるから  $v_U \leq 0$  となり、U 相端子電圧は 0 に貼り付きます。

(この時の中性点電位は  $e_U / 2$  です。本説明ではスイッチングによる逆起電力の影響を無視しています。)

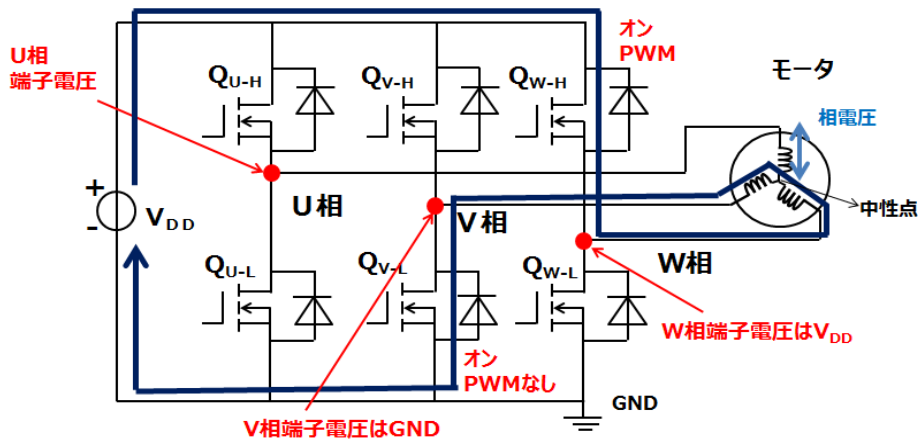


図 2.7  $Q_{W-H}$  が PWM 動作、 $Q_{V-L}$  がオン時の電流経路

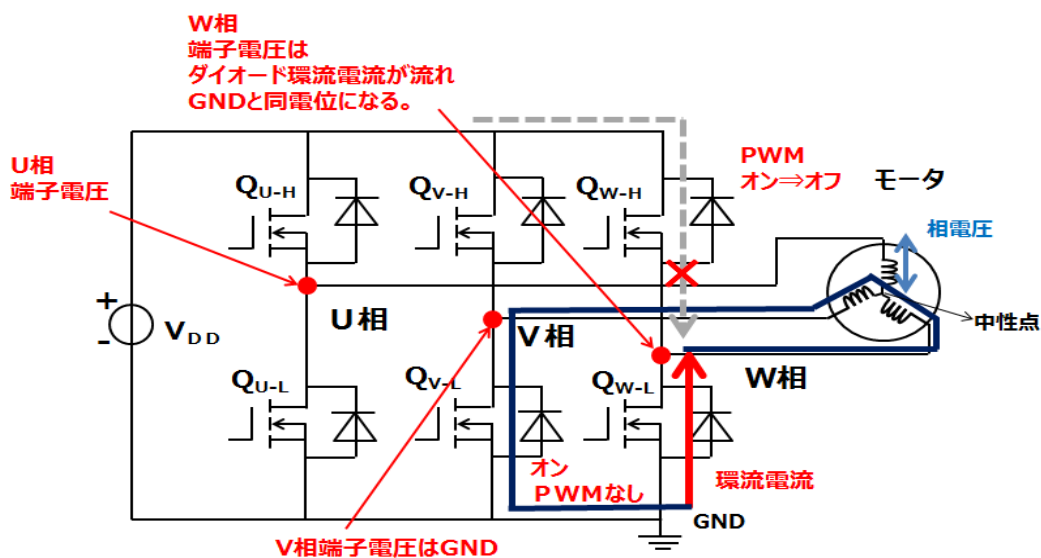


図 2.8  $Q_{W-H}$  がオフした瞬間の電流経路



### 2.) ②の期間の電圧

①の期間と同様に考えられます。

#### ・ $Q_{W-H}$ がオンしている時

U相端子電圧  $v_U$ は  $(V_{DD}/2) + (3/2)e_U$  となります。

(この時の  $e_U$ は正です。)

#### ・ $Q_{W-H}$ がオフしている時

$Q_{W-L}$ にダイオード環流電流が流れ、図 2.8 のように  $v_W$ 、 $v_V$ ともに GND になっています。

よって U 相端子電圧  $v_U$ は  $0 + (3/2)e_U$ となり誘起電圧  $e_U$ は正であるから  $(3/2)e_U$ になります。

(この時の中性点電位は  $e_U/2$  です。本説明ではスイッチングによる逆起電力の影響を無視しています。)

### 3.) ③の期間の電圧

図 2.9 のように  $Q_{U-H}$ がオンしている時は U 相端子には  $V_{DD}$ が出力され、図 2.10 のように  $Q_{U-H}$ がオフ時は  $Q_{U-L}$ のボディダイオードを通して環流電流が流れるため、U 相端子電圧は GND 電圧が出力されます。

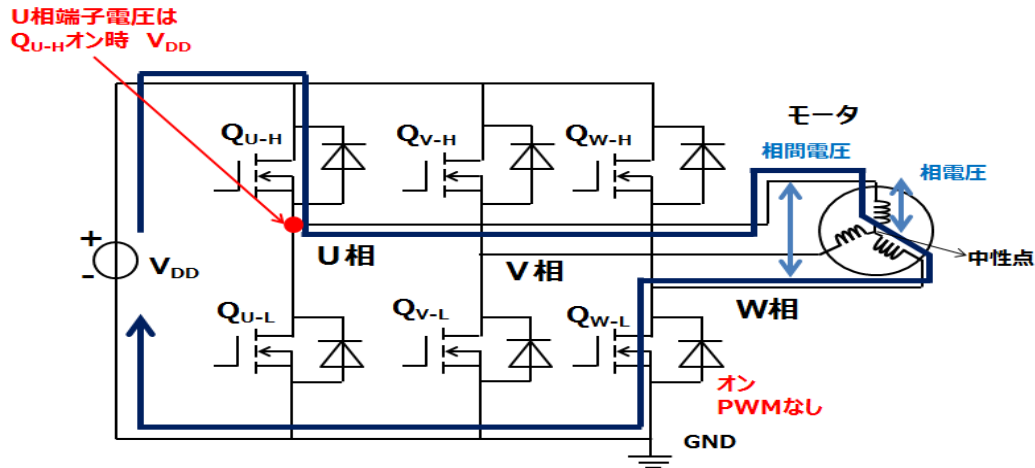


図 2.9  $Q_{U-H}$ がオン時の電流経路

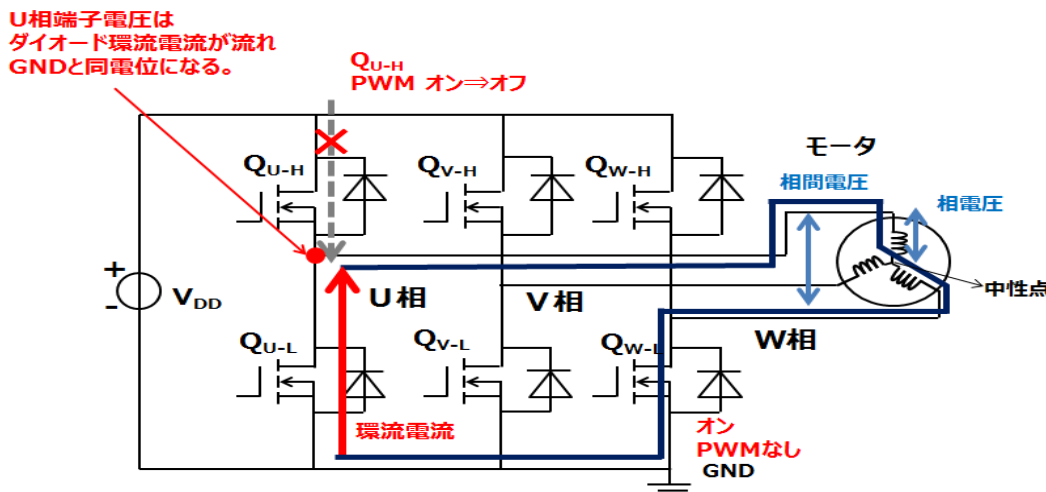


図 2.10  $Q_{U-H}$ がオフした瞬間の電流経路

### 4.) ④の期間の電圧

②の期間において、動作素子はハイサイドが W 相、ローサイドが V 相、④での動作素子はローサイドが W 相、ハイサイドが V 相になっていますが、基本的な考え方は②に同じです。

### 5.) ⑤の期間の電圧

①の期間において、動作素子はハイサイドが W 相、ローサイドが V 相で、⑤での動作素子はローサイドが W 相、ハイサイドが V 相になっているだけで基本的な考え方は①と同じです。

### 6.) ⑥の期間の電圧

⑥の期間は図 2.11 に示すように、U 相のローサイド素子  $Q_{U-L}$  がオンした状態であり (PWMなし)、U 相端子電圧は GND になっています。

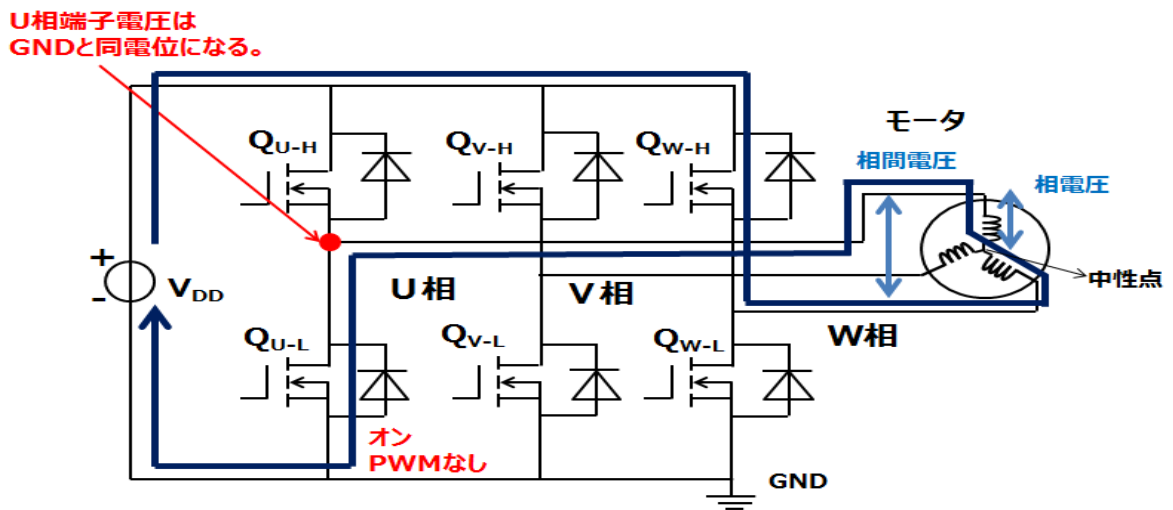


図 2.11  $Q_{U-H}$  がオフした瞬間の電流経路



### 3. 120°通電（矩形波駆動） 駆動方法

ブラシレスモータ（ロータ(回転側)を永久磁石に、ステータ(固定側)をコイルにした構造）を駆動するためには、コイルへ流す電流の切り替えをロータの回転位置を検出してモータの回転（ロータの位置）に合わせる制御が必要になります。120°通電のロータの回転位置の検出はホールセンサによる検出とセンサレス（ロータが回転することで発生する起電力(誘起電圧)の波形により位置を特定する方法）があります。

#### 3.1. ホールセンサ利用 120°通電（矩形波駆動） 制御

モータを回転させるためにはモータの回転に同期してモータコイルに流す電流方向を切り替えることでロータを連続回転させることができます。モータの位置検出にホールセンサを使用する方法があります。ホールセンサは図 3.1 に示すように 120°毎に配置され、それぞれのホールセンサ信号は磁石の磁極の変化により切り替わります。（図 3.2） 3 素子のホールセンサ信号を組み合わせることでインバータ回路各相に流す電流切り替え情報（各相の通電パターン）を 60°毎（1 周期に 6 パターン）に作成します。

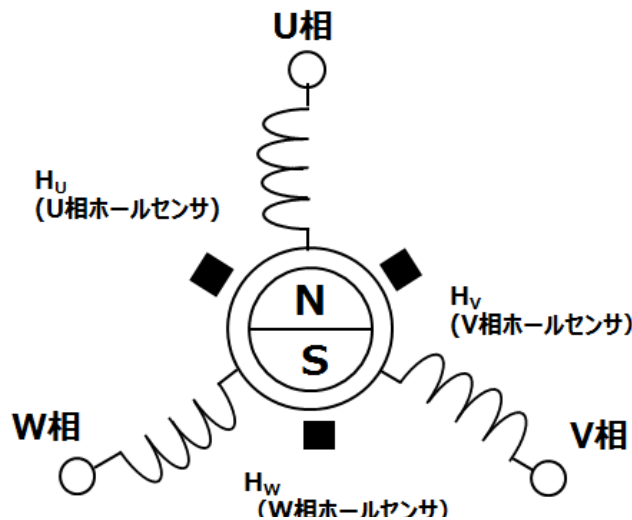


図 3.1 ホールセンサ位置

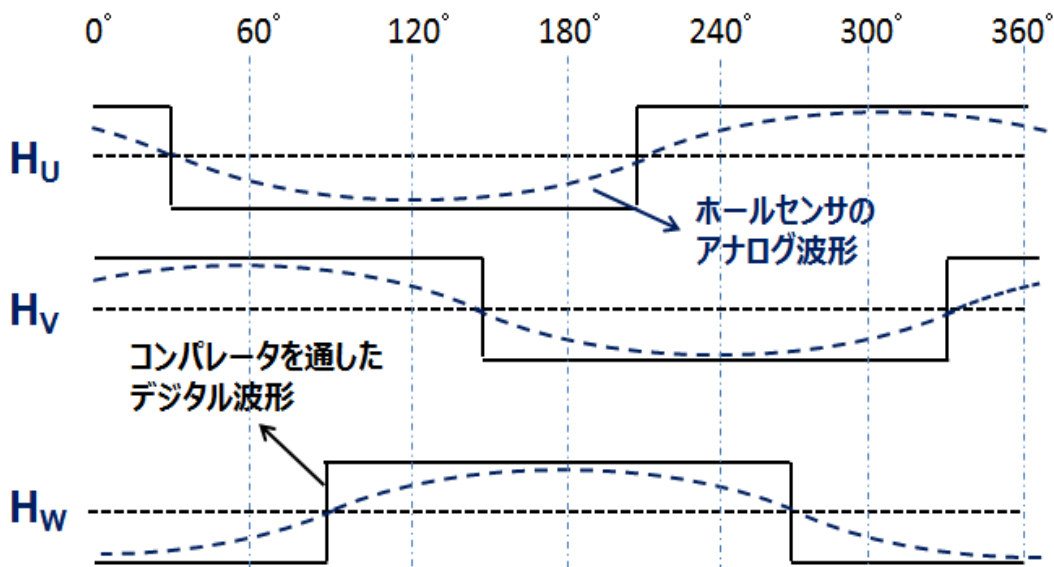


図 3.2 ホールセンサ波形

図 3.3 に各相の端子電圧と誘起電圧およびホールセンサ電圧を示します。  
モータの回転をホールセンサの電圧信号として読み取り、回転に合わせた各相の駆動信号を作ります。ホールセンサと駆動信号の関係は図 3.4 のようになり、これを真理値表で示すと表 3.1 になります。

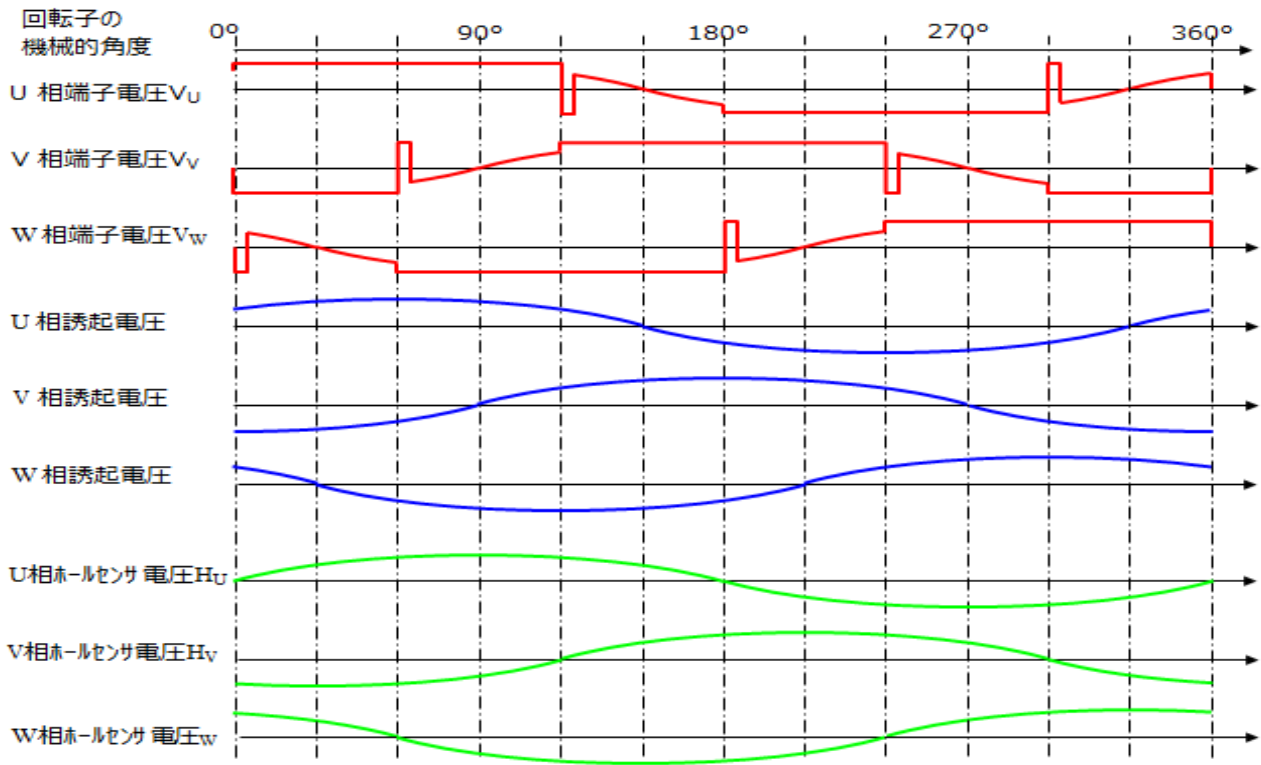


図 3.3 各相の端子電圧と誘起電圧およびホールセンサ電圧

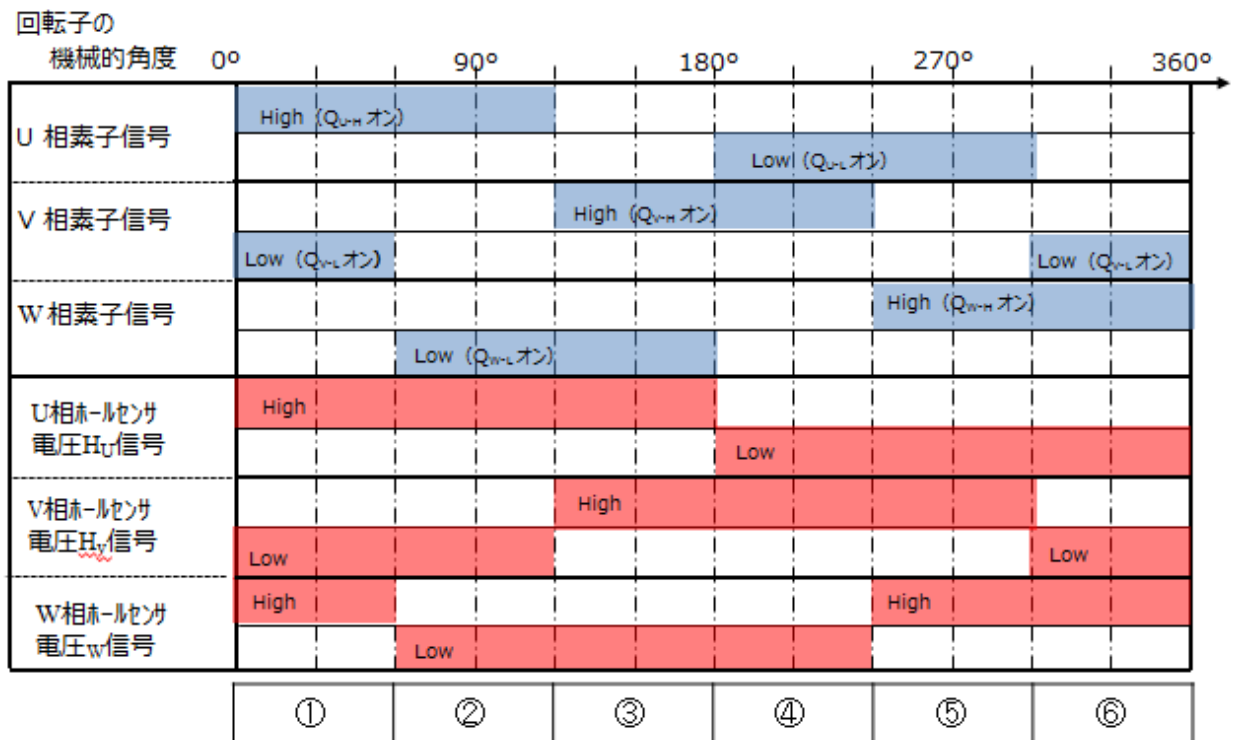


図 3.4 ホール素子信号と各素子スイッチングタイミング

表 3.1 真理値表

パターン	ハイサイド素子			ローサイド素子			ホールセンサ出力		
	$Q_{U-H}$	$Q_{V-H}$	$Q_{W-H}$	$Q_{U-L}$	$Q_{V-L}$	$Q_{W-L}$	$H_U$	$H_V$	$H_W$
①	1	0	0	0	1	0	1	0	1
②	1	0	0	0	0	1	1	0	0
③	0	1	0	0	0	1	1	1	0
④	0	1	0	1	0	0	0	1	0
⑤	0	0	1	1	0	0	0	1	1
⑥	0	0	1	0	1	0	0	0	1

表 3.1 の真理値表から  $Q_{U-H}$  から  $Q_{W-L}$  までの論理演算を加算標準型で行い、各素子の信号をホールセンサ信号から各素子の駆動信号へ焼き直すことができます。これをロジック回路で組んだ例を図 3.5 に示します。

$$Q_{U-H} = H_U \bar{H}_V H_W + H_U \bar{H}_V \bar{H}_W = H_U \bar{H}_V (H_W + \bar{H}_W) = H_U \bar{H}_V$$

$$Q_{V-H} = H_V \bar{H}_W, \quad Q_{W-H} = H_W \bar{H}_U$$

$$Q_{U-L} = \bar{H}_U H_V \bar{H}_W + \bar{H}_U H_V H_W = \bar{H}_U H_V (H_W + \bar{H}_W) = \bar{H}_U H_V$$

$$Q_{V-L} = \bar{H}_V H_W, \quad Q_{W-L} = \bar{H}_W H_U$$

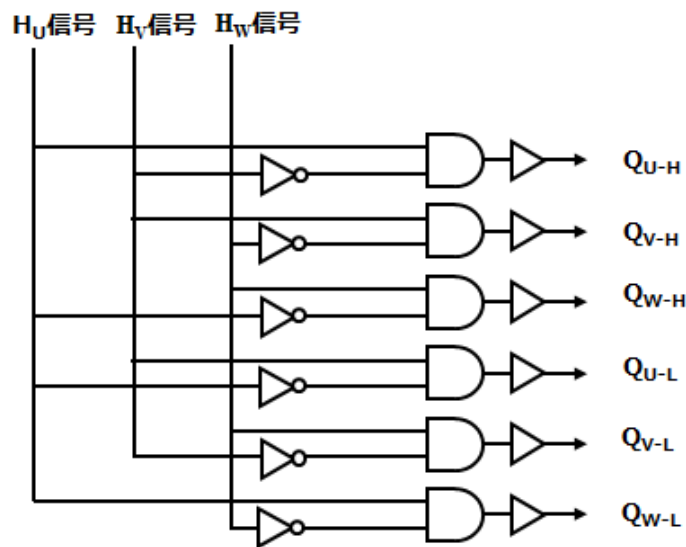


図 3.5 スイッチング信号ロジック回路

### 3.2. センサレス 120°通電（矩形波駆動）制御

センサレス制御ではモータの位置検出用のセンサがないためモータの位置情報を知ることができません。センサに代わって位置情報を得るためにモータの巻き線の誘起電圧を利用する方法があります。誘起電圧とはコイル内を貫く磁束が変化する際に、その変化を妨げるようにコイルに発生する電圧です。但し、モータ各相の誘起電圧は、モータが回転している間、常に検出できるわけではありません。

モータ端子に駆動電圧を与えている期間は、モータ端子は、使用中であるため、この端子を使って、誘起電圧を検出することはできません。120°通電においては 3 相のうち 2 相が通電しており、残りの 1 相が通電していません。通電していない相の端子電圧に誘起電圧が表れ<sup>(注 4)</sup>、これを検出します。正確には各相端子に現れる誘起電圧のゼロクロス点を読むことでモータの回転位置を把握しています。

図 3.6 のように 3 相モータでは、ゼロクロスがモータ 1 回転（電気角）で各相に 2 回、3 相分で 6 回あります。60°毎の位置検出ができることになります。この位置検出した信号から 120°通電に必要なモータ駆動のための素子切り替え信号を作っています。ゼロクロスと次のゼロクロスまでの時間（60°）を計り、次の 30°の時間を作って信号を出すなどしています。

注 4. ここでの誘起電圧（図 3.6）中性点電圧を無視してイメージしております。

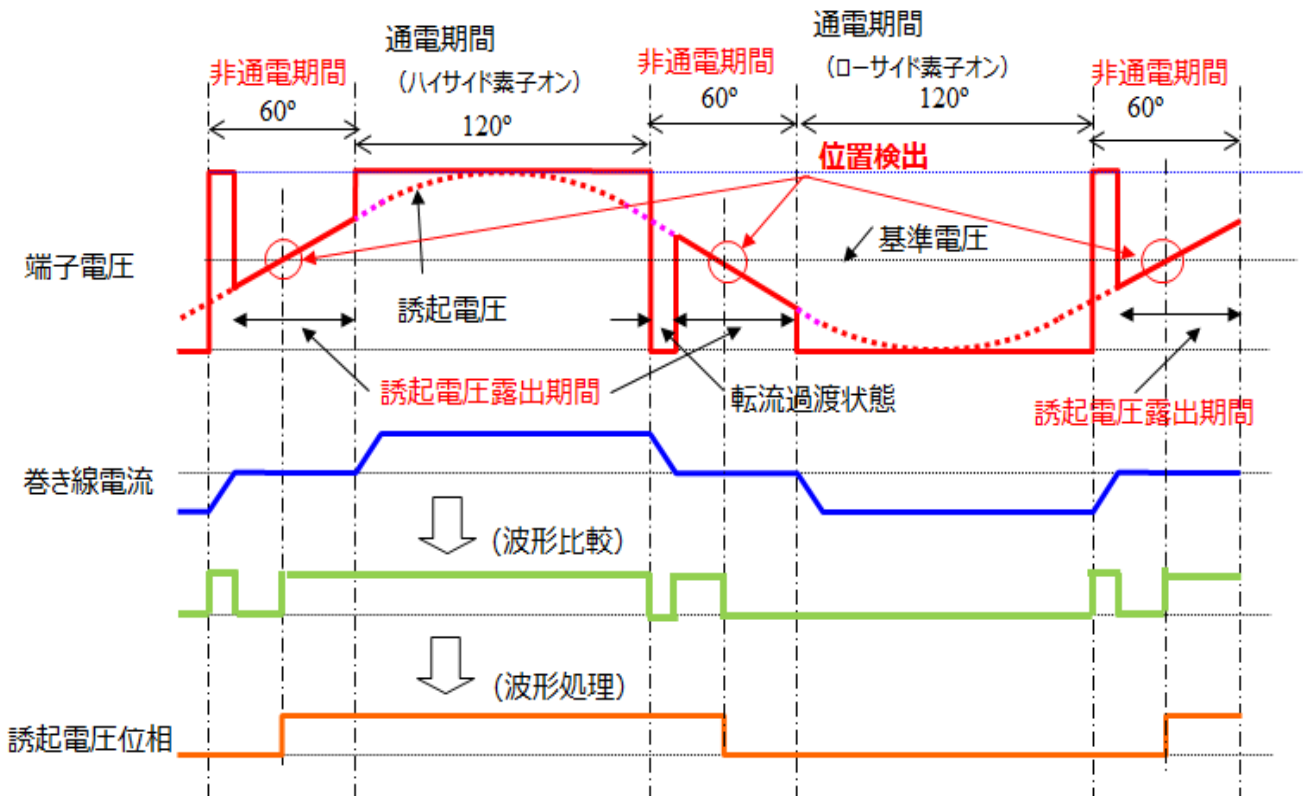


図 3.6 位置検出ポイント（ゼロクロス点）

### 3.2.1. センサレス位置検出方法

センサレス位置検出は各相端子に現れる誘起電圧のゼロクロス点を読んでモータの回転位置を把握していますが、方法として一般的にはアナログ方式とデジタル方式があります。

**アナログセンサレス方式**はモータの各相の電圧に CR フィルター回路を通して誘起電圧を取り出し、この誘起電圧のゼロクロス点を検出して、これを元にモータの巻き線ドライブ信号を作っています。回路のイメージを図 3.7 に示します。

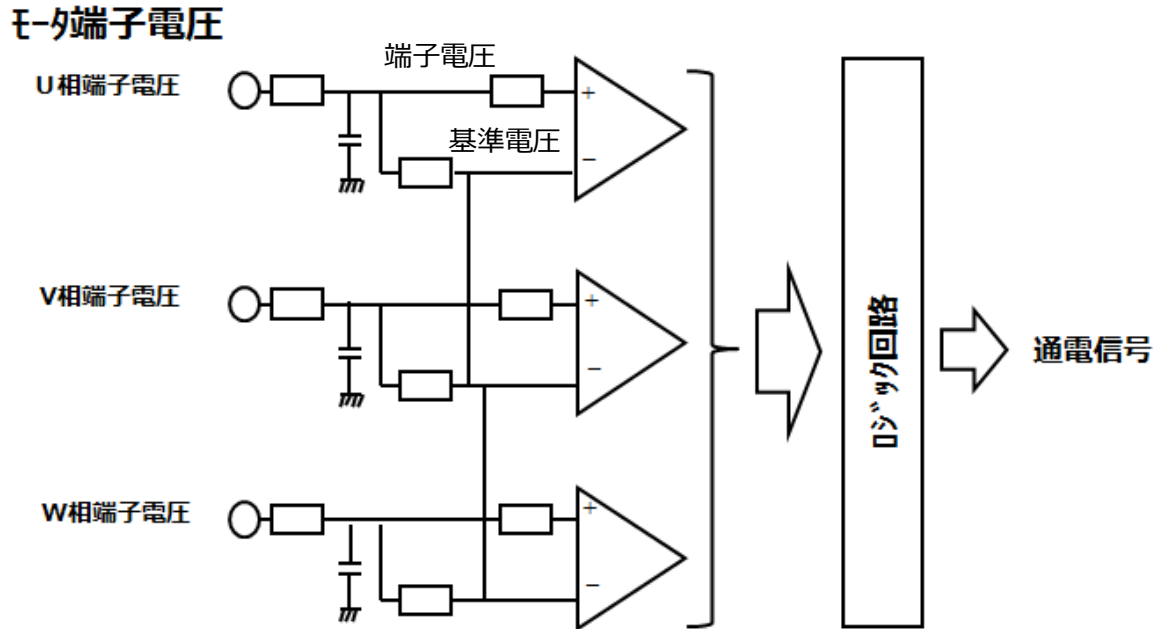


図 3.7 センサレス位置検出例（アナログ方式）

**デジタルセンサレス方式**はモータの各相の電圧と基準電圧を比較して、その大小関係が変化するポイントをモータの回転に伴う誘起電圧のゼロクロスポイントとしてロジック的にモータの巻き線ドライブ信号を作っています。

実際の回路使用においてモータ電圧はコンパレータの耐圧で制限されるため、モータ電圧が高い場合はコンパレータ入力電圧のレベルシフトを行う必要があります。

## 製品取り扱い上のお願い

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。

本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。