

# スターデルタ起動の話 追補版

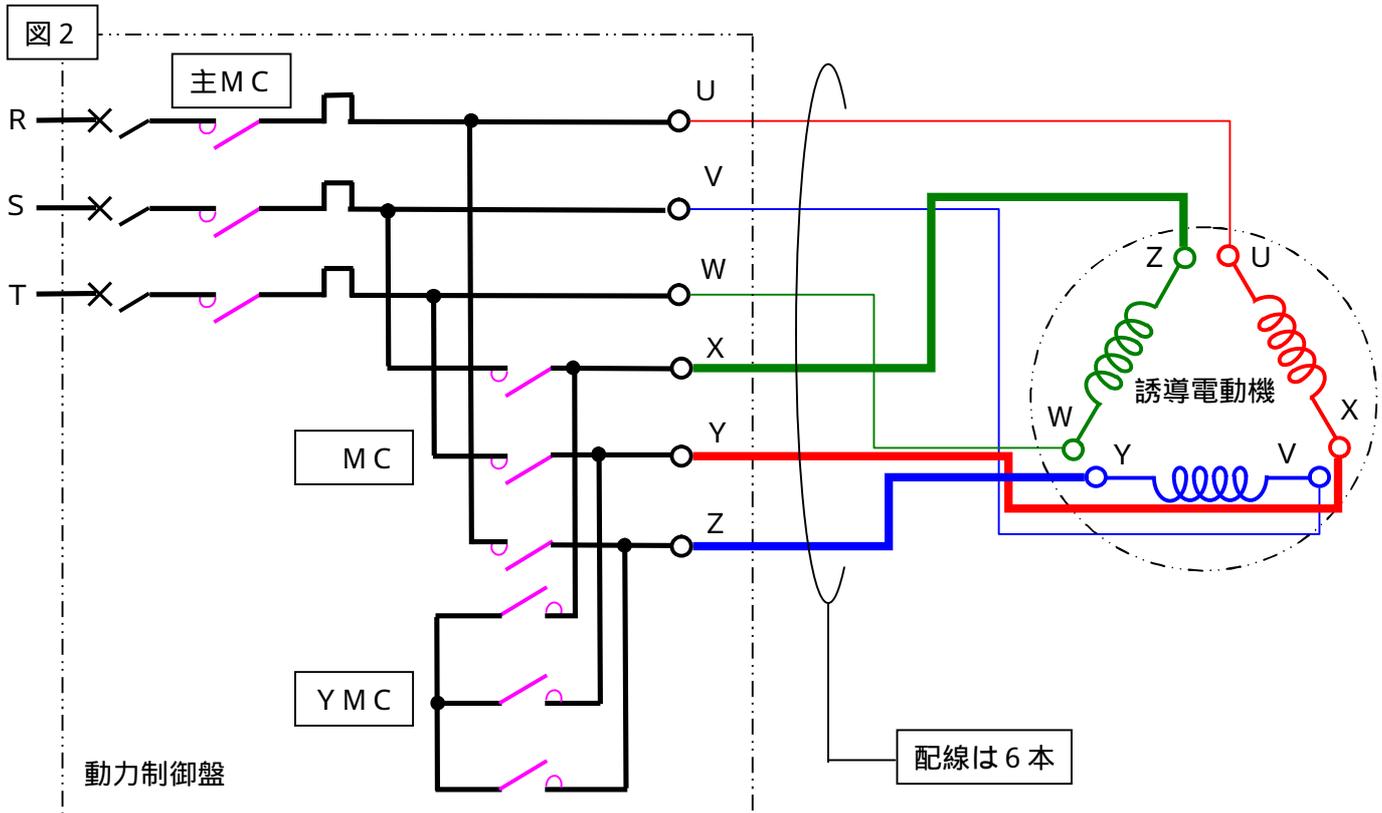
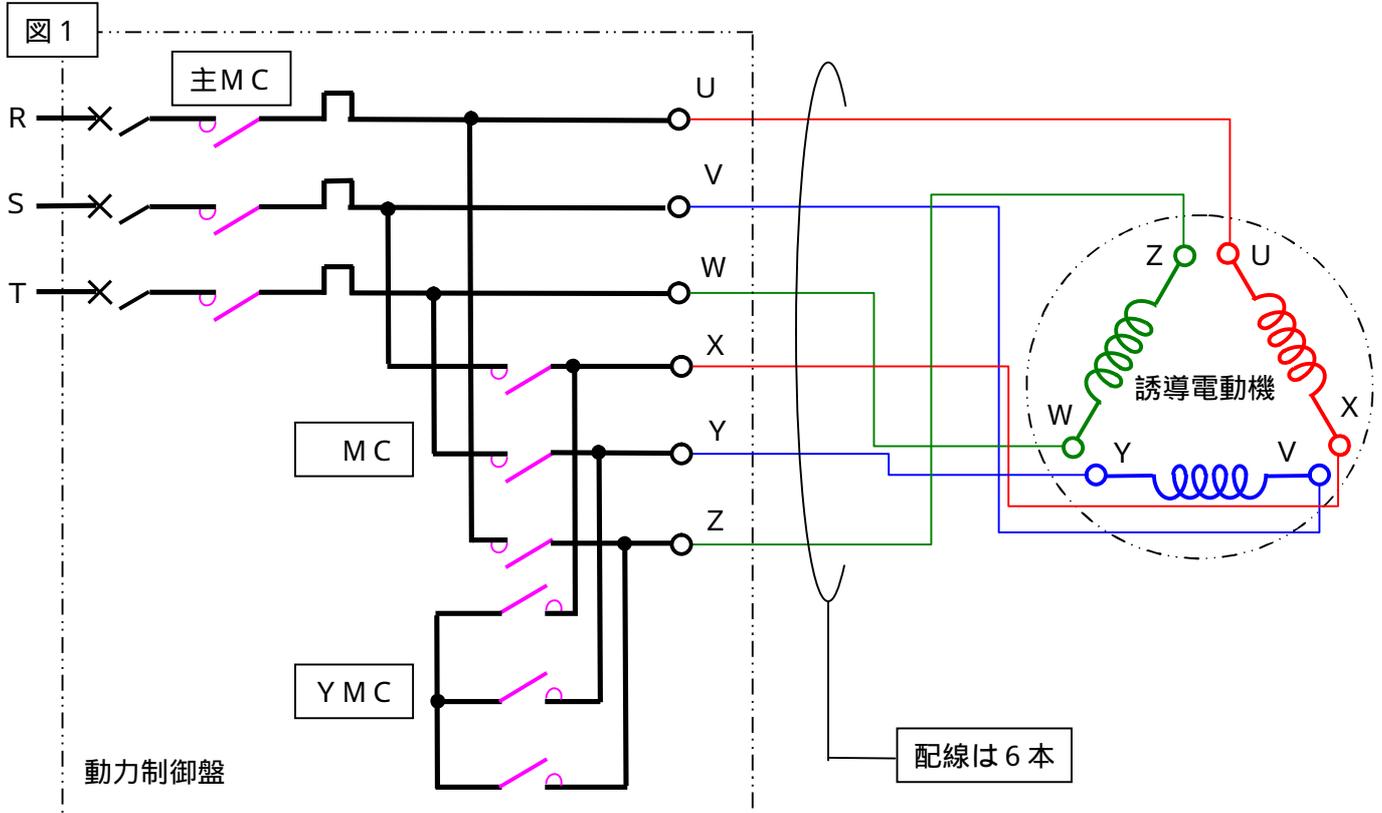
皆様こんにちは

今回は誘導電動機のスターデルタ起動の話です。以前に【誘導電動機の始動法】でスターデルタ始動をご紹介しましたが、実務と合わない部分が出てきましたので少し説明を加筆します。

平成 鹿年 の月 骨日

貧電工附属 サイタマ・ドズニールランド大学(SDU) 学長 鹿の骨 記

早速ですが、下図を見て下さい。図を二つ用意しました。



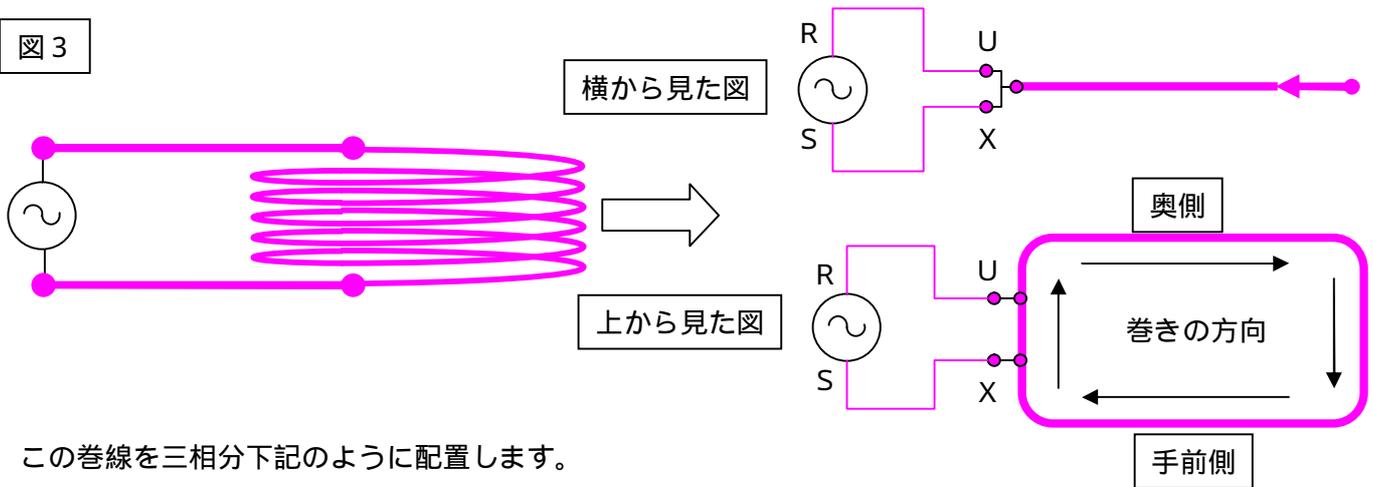
二つの図で異なる部分を太線で示しました。

さて1ページに記載した図1と図2では制御盤～電動機間の配線は同じですが、電動機～制御盤間の配線が異なります。

図2では 結線時に何やら逆転しそうですが、これで正回転になります。何でこうなるのかの説明です。

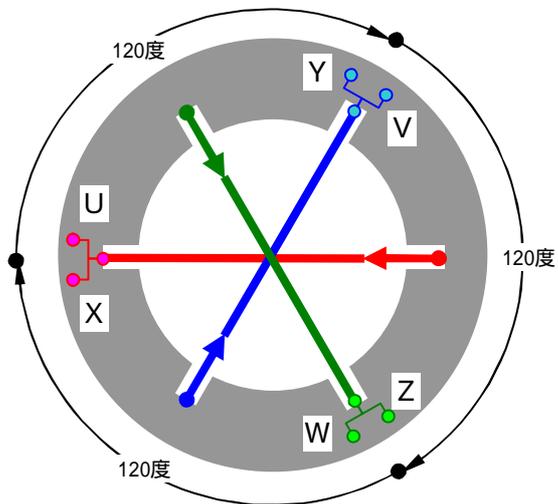
説明に当たり、電動機の巻線を下記のように表現します。

図3



この巻線を三相分下記のように配置します。

図4



これで「集中巻」で「全節巻」になり2極機になります。

ここでは集中巻や全節巻の説明はしません。ご理解されているものとして話を進めます。

この巻線に三相電源を繋ぎます。

図5

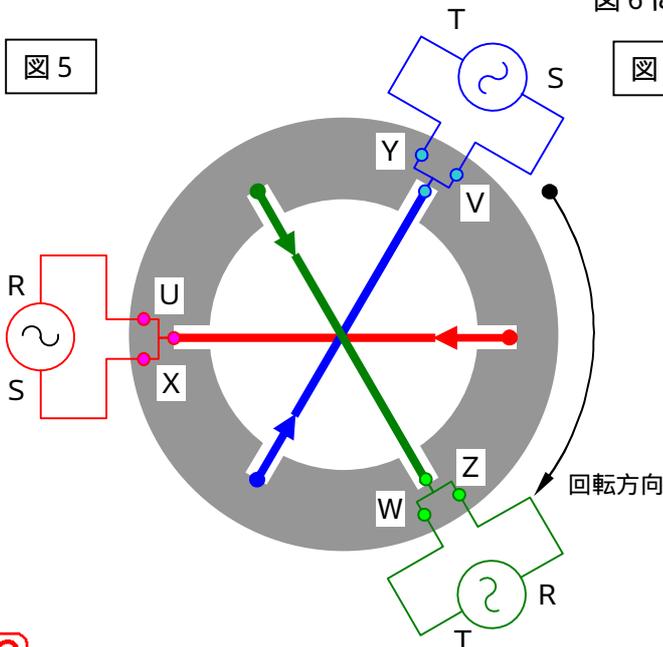
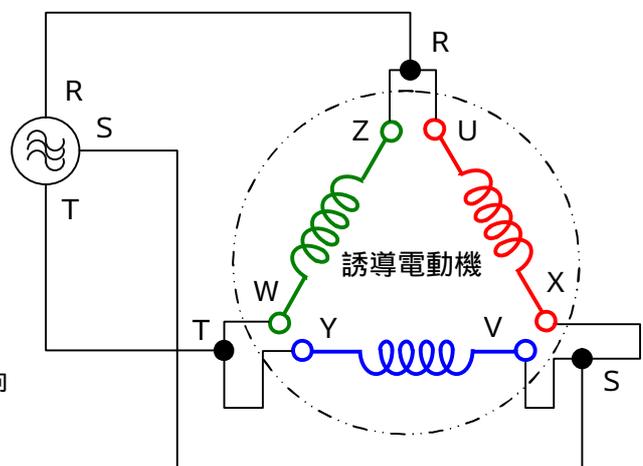
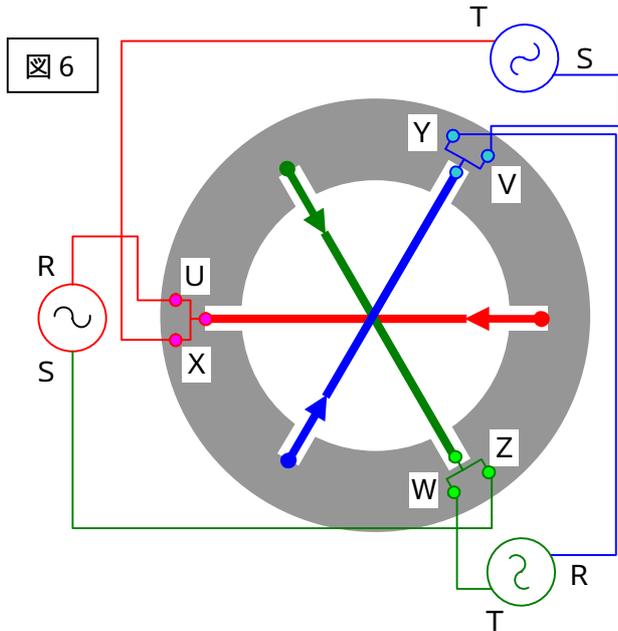


図6



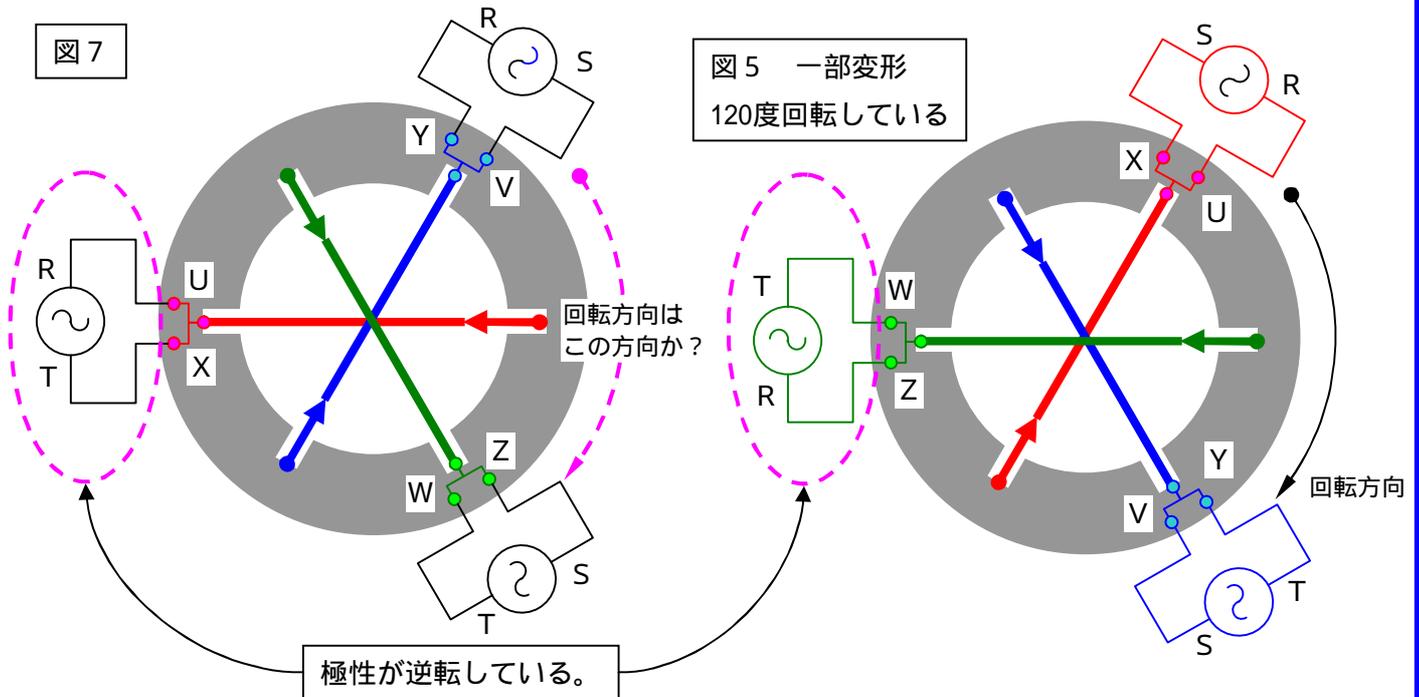
下記図5は前ページ図1に対応したもので、図6に直入れの接続を示しますが、この結線と等価です。

図6の結線は図2の結線図に対応したものです。



何じゃ  
コリヤ!

訳が解りませんから図7の様に書き換えます。



何やら怪しげな図になります。

右側の図は図5を時計回りに120度回したものです。全体を回していますからこの図は図5と同じものと考えて問題ありません。

この図と図7を比較すると解りますが、電源の位置関係は変わりませんが、極性が3組とも180度変わっています。

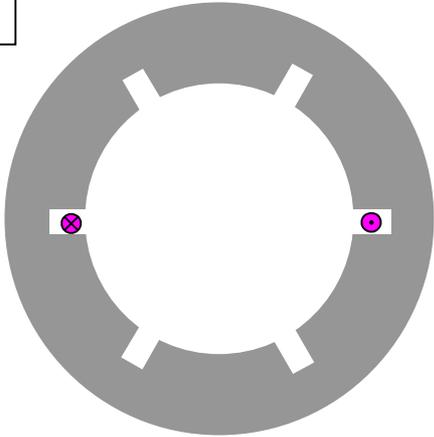
このような場合、図7の回転次の回転方向と、図5の回転方向は同じです。

面倒ですが、次ページにこの証明をします。

煩雑な説明が続きますので、面倒な方は10ページまで読み飛ばして下さい。

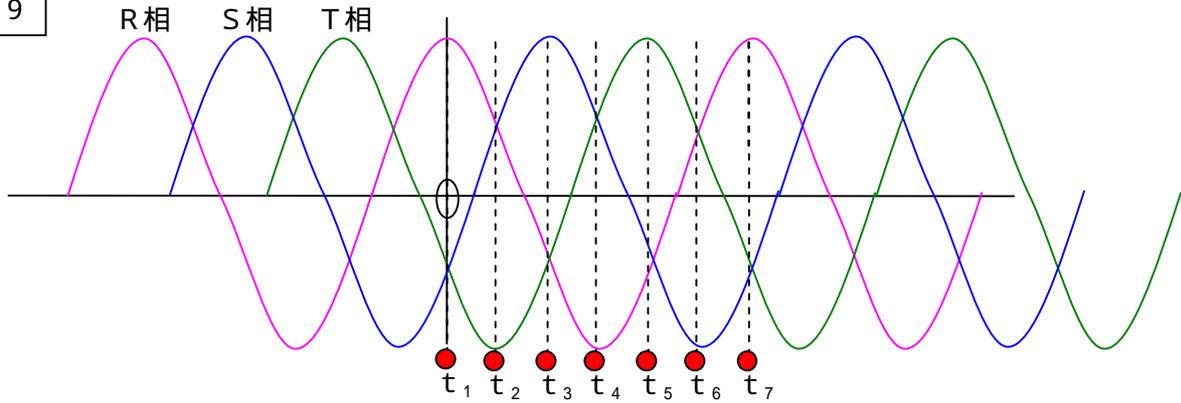
解析に当たり、図の描き方を少し変えます。  
 図を横断していた電線は省略し、断面図のみを記載します。  
 電線の断面に「x」が付いているものは、この瞬間に電流がこちら側から向こう側に流れていることを示します。「・」が付いているのはこの反対です。  
 下図はこの時に流れている電流が最大値の時を描いたものです。  
 電源は交流ですから流れる電流は変化しますが、図7はR相の電流値が最大になる瞬間を描いています。

図8



この様な描き方で、三相分の電流及び磁束軸を描いてみましょう。  
 描き方及び解析方法は「回転磁界の話」の場合と同じです。  
 下記のt1~t7のタイミングで解析します。

図9



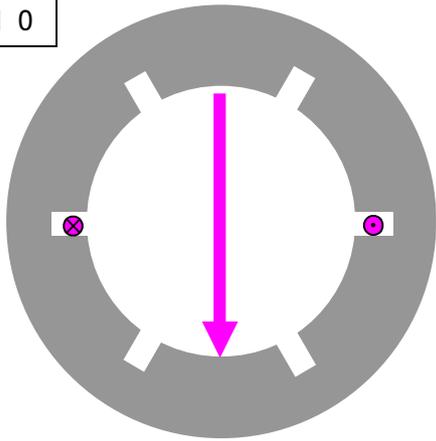
作図に当たっての凡例は下記とします。

凡例

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| ⊗ R相電流の入り口 (全電流)   | → R相電流による磁束 100% |
| ⊙ R相電流の出口 (全電流)    | → R相電流による磁束 50%  |
| ⊗ R相電流の入り口 (50%電流) | → S相電流による磁束 100% |
| ⊙ R相電流の出口 (50%電流)  | → S相電流による磁束 50%  |
| ⊗ S相電流の入り口 (全電流)   | → T相電流による磁束 100% |
| ⊙ S相電流の出口 (全電流)    | → T相電流による磁束 50%  |
| ⊗ S相電流の入り口 (50%電流) |                  |
| ⊙ S相電流の出口 (50%電流)  |                  |
| ⊗ T相電流の入り口 (全電流)   |                  |
| ⊙ T相電流の出口 (全電流)    |                  |
| ⊗ T相電流の入り口 (50%電流) |                  |
| ⊙ T相電流の出口 (50%電流)  |                  |

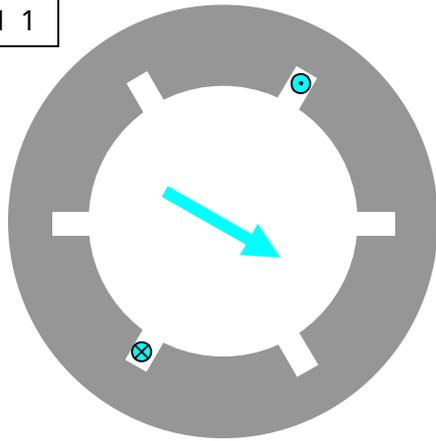
t1のタイミングから行きます。図5の場合です。

図10



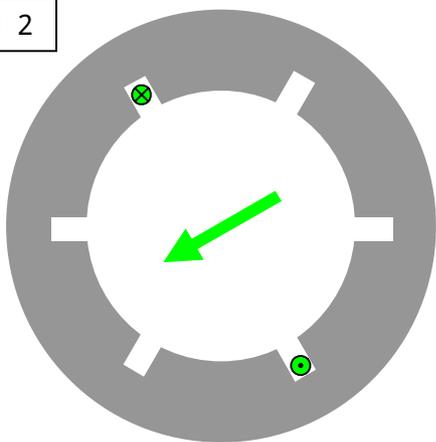
R相電流による磁束軸  
R相電流 = 順方向 100%

図11



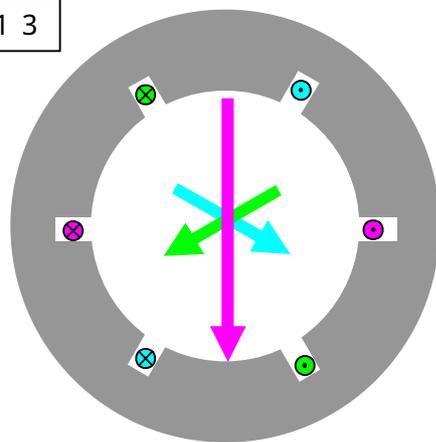
S相電流による磁束軸  
S相電流 = 逆方向 50%

図12



T相電流による磁束軸  
T相電流 = 逆方向 50%

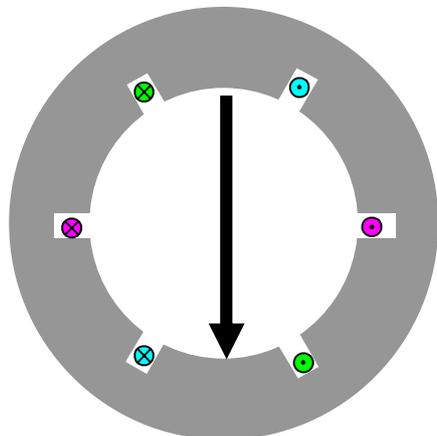
図13



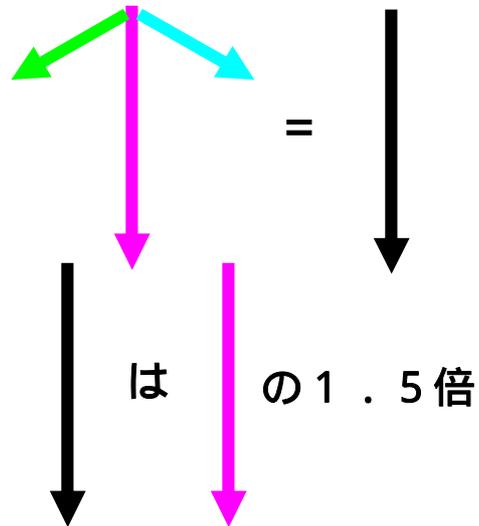
R S T相電流による磁束軸の単純和

図9 ~ 図11は各相の電流に依る磁束軸を単独に描いたものです。  
これを単純に重ね合わせると、図12になります。  
これをベクトル合成すると下図になります。  
ベクトル合成の仕方は「回転磁界の話」の場合と同じです。

図14

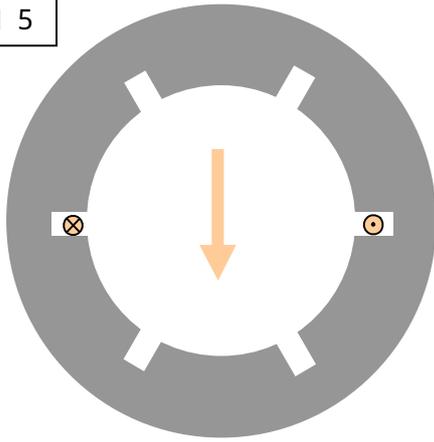


t1のタイミングの磁束軸方向及び大きさ



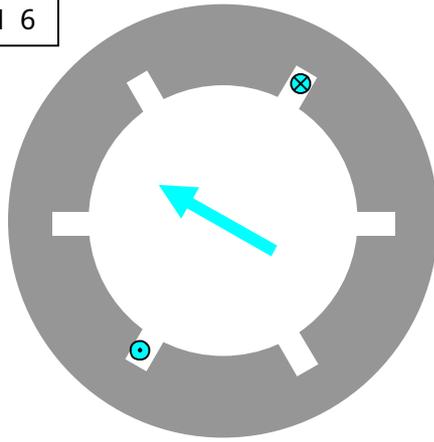
次に t2 のタイミングを描きます。

図 15



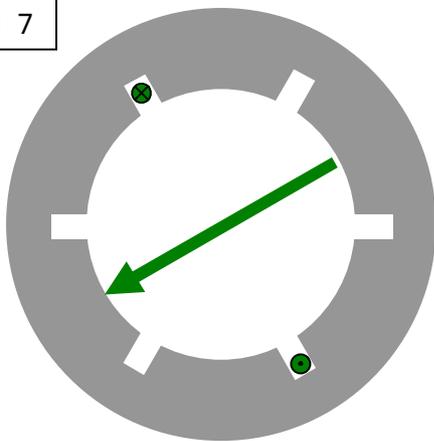
R相電流による磁束軸  
R相電流 = 順方向 50%

図 16



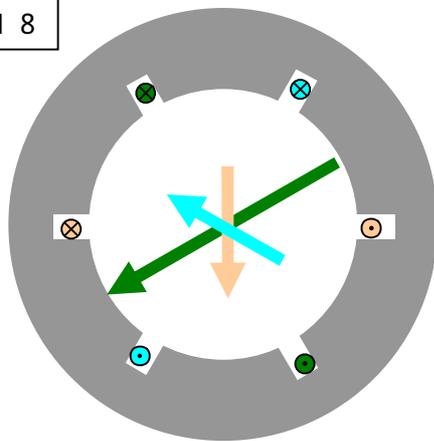
S相電流による磁束軸  
S相電流 = 順方向 50%

図 17



T相電流による磁束軸  
T相電流 = 逆方向 100%

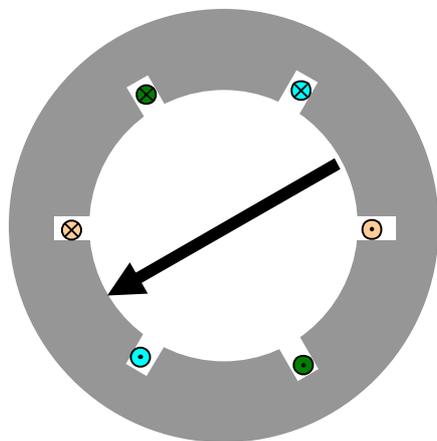
図 18



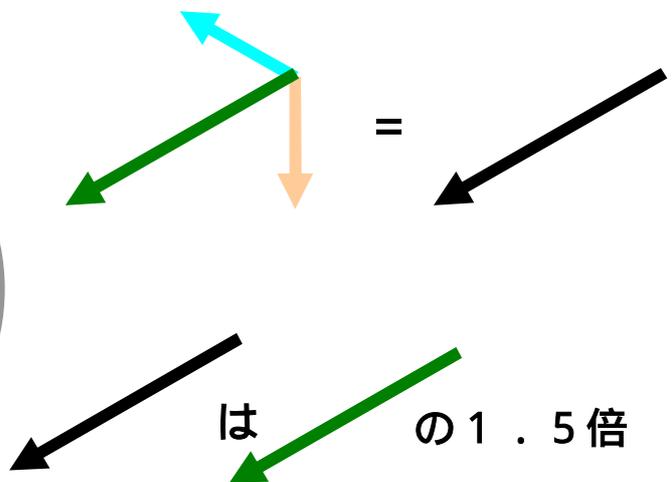
R S T相電流による磁束軸の単純和

前ページと同様の解析を行うと下図になります。

図 19

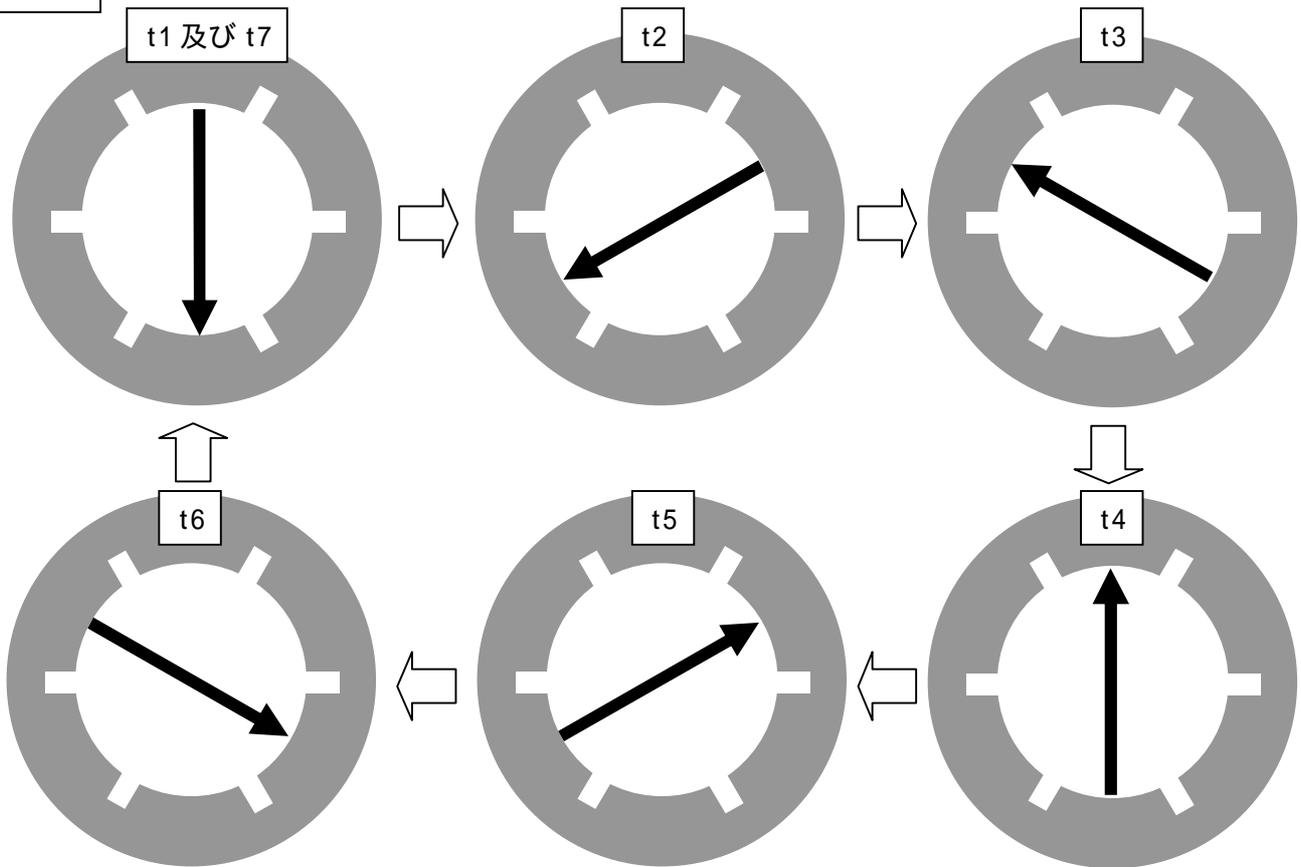


T2のタイミングの磁束軸方向及び大きさ



同様に t1 ~ t7 のタイミングを描くと下記になります。  
電流の記載は省略します。

図 2 0

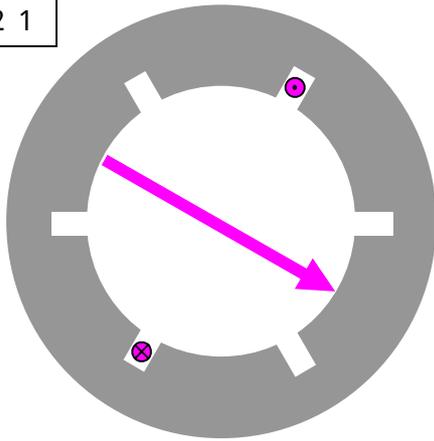


上記のように、1 サイクルで時計方向に 1 回転する回転磁界が出来ることが解ります。

図 7 の場合を次ページ以降に示します。

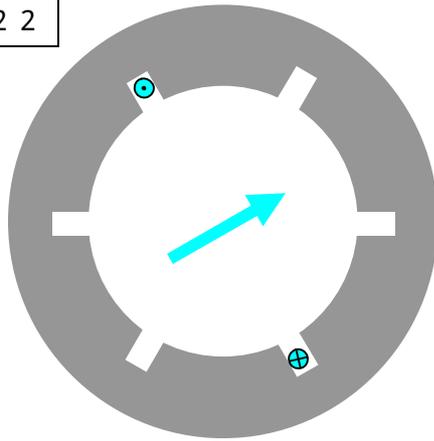
今度は図7の場合です。t1のタイミングから行きます。

図21



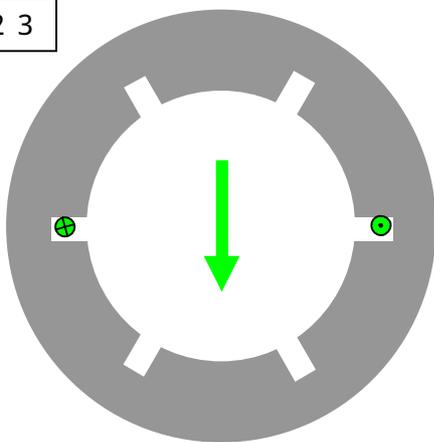
R相電流による磁束軸  
R相電流 = 順方向 100%

図22



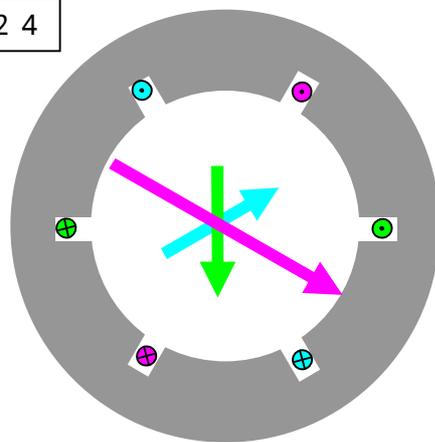
S相電流による磁束軸  
S相電流 = 逆方向 50%

図23



T相電流による磁束軸  
T相電流 = 逆方向 50%

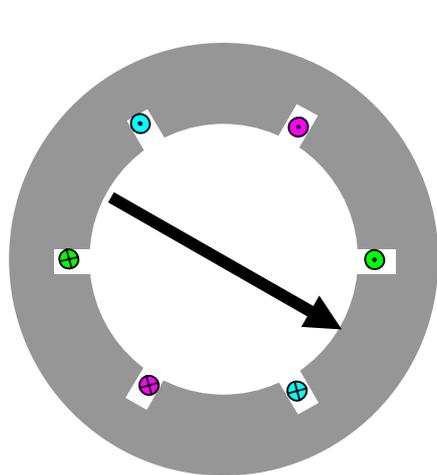
図24



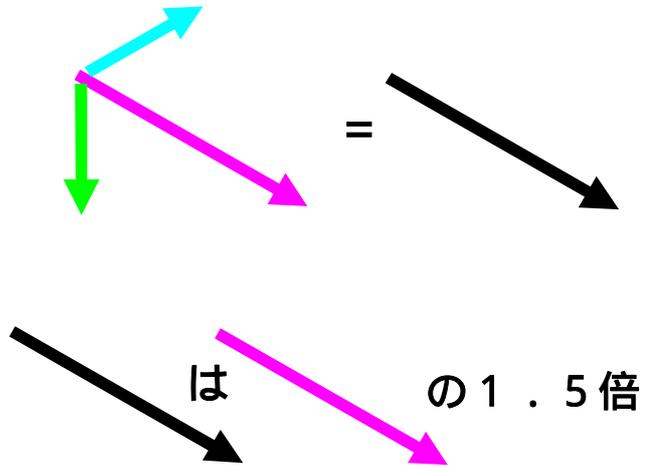
R S T相電流による磁束軸の単純和

図21～図23は各相の電流に依る磁束軸を単独に描いたものです。  
これを単純に重ね合わせると、図24になります。  
これをベクトル合成すると下図になります。

図25

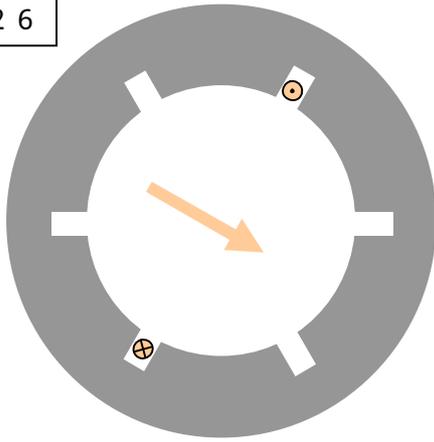


t1のタイミングの磁束軸方向及び大きさ



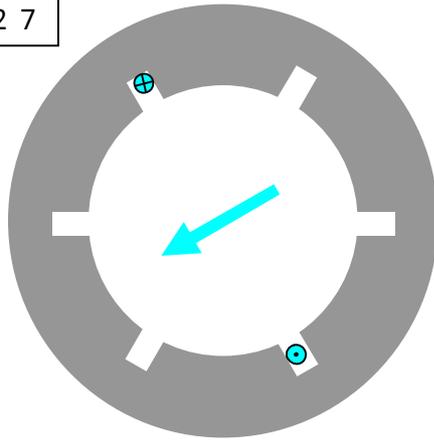
次に t2 のタイミングを描きます。

図 2 6



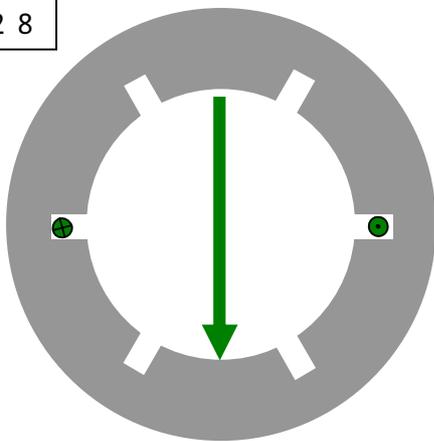
R相電流による磁束軸  
R相電流 = 順方向 50%

図 2 7



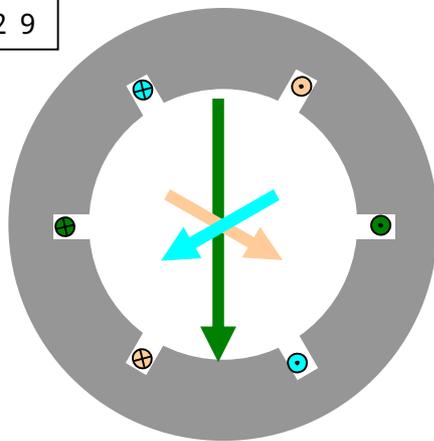
S相電流による磁束軸  
S相電流 = 順方向 50%

図 2 8



T相電流による磁束軸  
T相電流 = 逆方向 100%

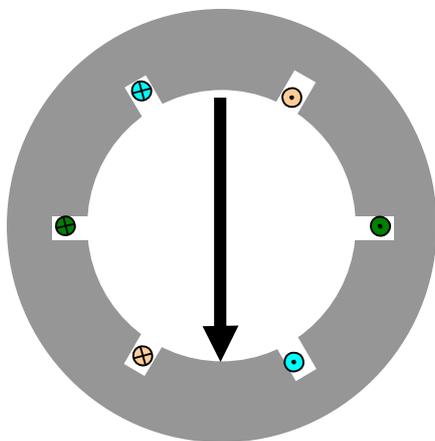
図 2 9



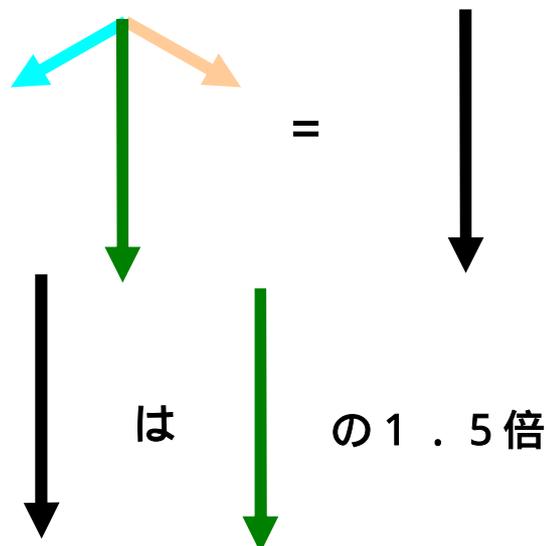
R S T相電流による磁束軸の単純和

前ページと同様の解析を行うと下図になります。

図 3 0



T2のタイミングの磁束軸方向及び大きさ



同様に t1 ~ t7 のタイミングを描くと下記になります。  
 電流の記載は省略します。

図 3 1

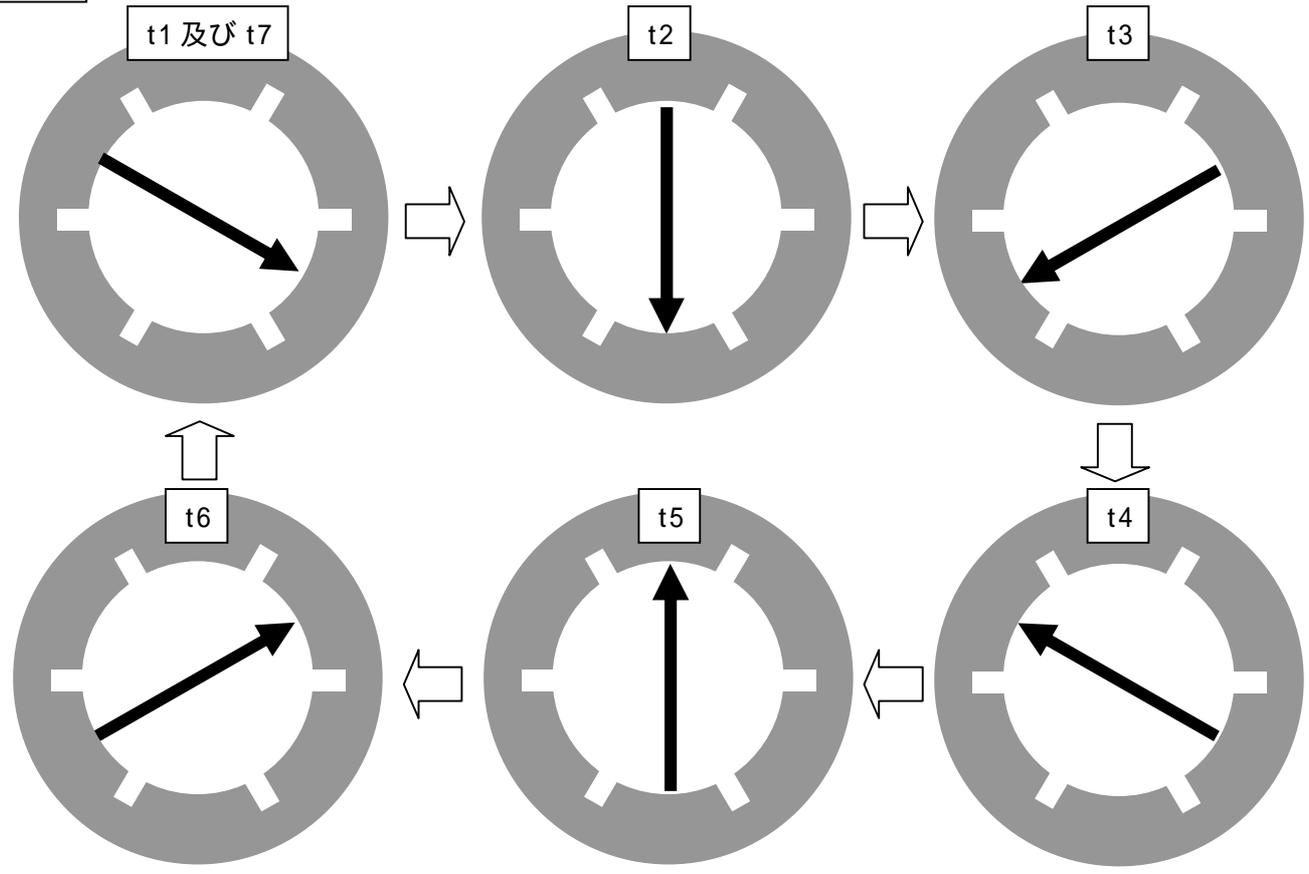
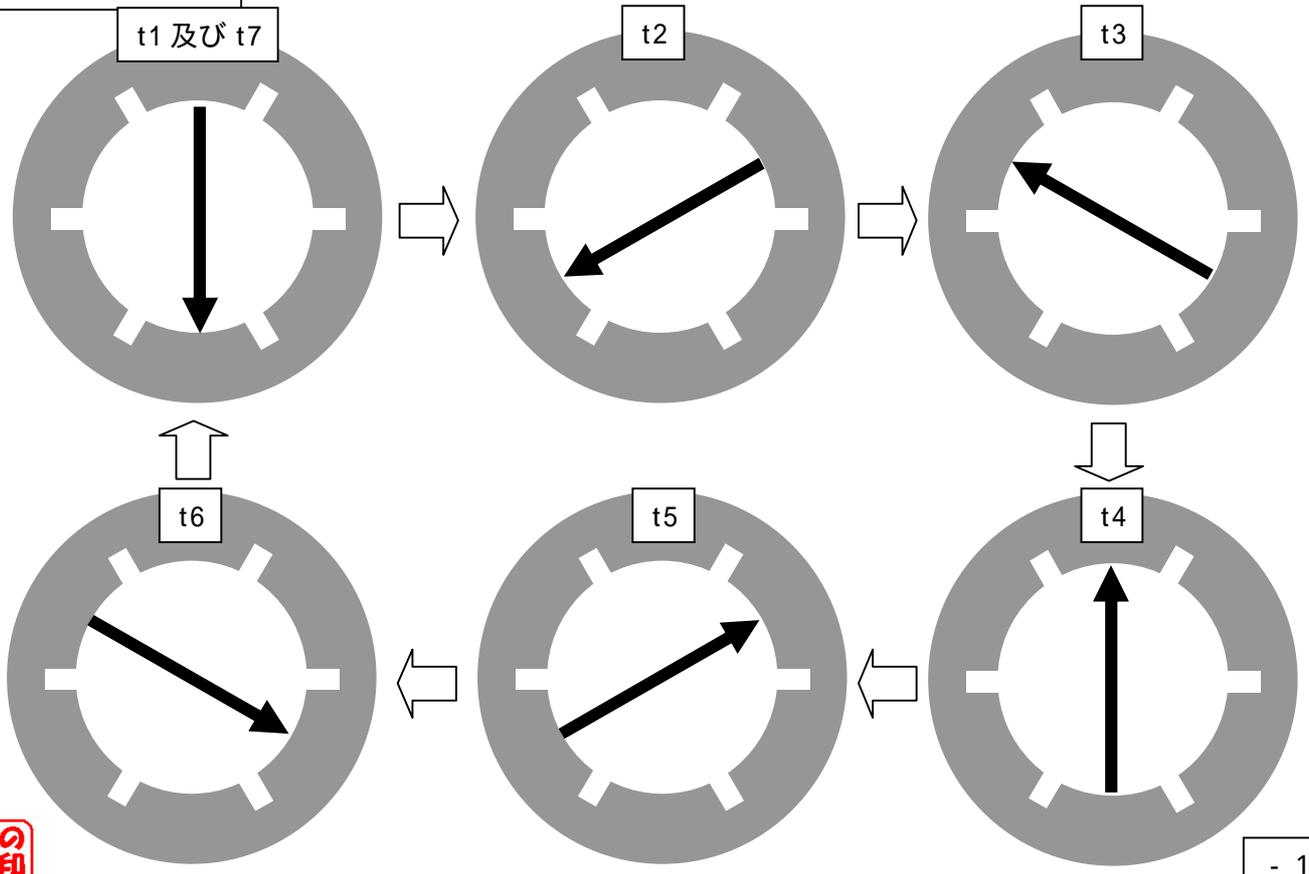


図 5 の場合を再度下記に記載します。  
 60度のずれはありますが、回転磁界の方向は変わっていない事が解ります。

図 2 0 再度掲載



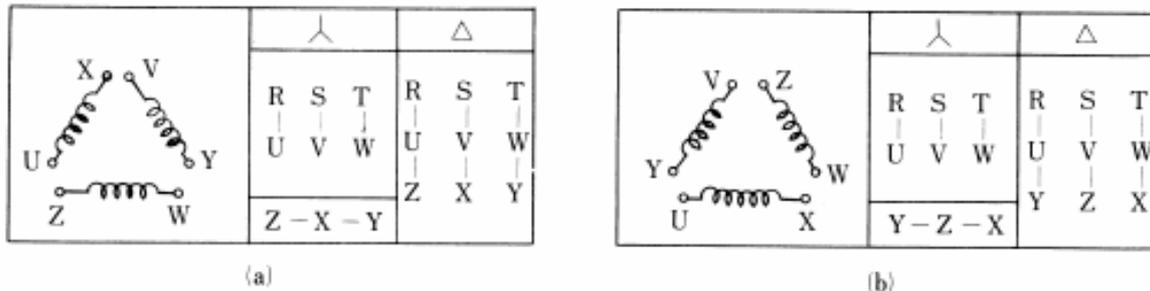
この様に図1の場合と図2の場合は Yに接続した場合での回転磁界の方向は変わりません。つまり両方も回転方向は同じです。

では何故、図1の結線は行われずに図2の結線にするのでしょうか？

下記にJEC37の記載を抜粋して記載します。

(本当は著作権が有りますのでマズイのですが、ご勘弁下さい。)

〈JEC-37(1979) 説明書 抜粋〉



説明図 1

(3) 三相誘導電動機一次端子記号の例(10.3.8) スターデルタ切換巻線の結線切換例を説明図1(a)から同図(b)のように改めた。

この改訂の理由は次の通りである。図(a)の切換方式の場合、Y接続時のUX巻線の誘導起電力の位相は、RS間電圧よりもほぼ30°遅れており、切換時の開路期間中に回転子に滑りがあると、電圧の位相差は更に大きくなる。図(b)の切換方式の場合、UX巻線の誘導起電力の位相はRT間電圧よりもほぼ30°進んでおり、切換時の開路期間中に回転子に滑りがあると、電圧の位相差は30°よりも少なくなる方向に変化するので、切換時の開路時間が著しく長くはなく、その間の負荷トルクによる減速が著しく大きくない限り、Y接続からΔ接続に切換えた直後の過渡電流および過渡トルクの大きさは、図(a)の切換方式に比べて小さいことが予想される。誘導機標準特別委員会において実測データを集めて検討した結果、図(b)の方式は図(a)の方式に比べて切換時の過渡電流に関して大差ないか、または有利であることがわかった(参考文献 W. Schuisky: Übergangsvorgänge bei Induktionsmaschinen, Archiv für Elektrotechnik, Heft 1-1955, S. 55-70)。

正直申し上げて良く解らない記載です。

この記載中で「開路期間中に回転子に滑りがあると・・・」とは下記のように解釈すれば良いと思っています。

「開路期間中」とはY結線から Δ結線に切り替える途中で、Yマグネットと Δマグネットの両方が開いている場合を言います。(だから、オープントランディションと言う。(らしい?))

「滑りがあると・・・」とは不思議な言い回しです。

元々誘導電動機は回転子が滑りを伴って回転していますから滑りがあるのは当たり前で、滑りが無かったらトルクが出ません。

今回の場合は「回路がオープン状態の時に回転子が減速し滑りが増加した場合」と読めば良いような気がしています。

オシマイ