

三相誘導電動機の始動方法の説明です。  
三相の誘導電動機には色々な始動方法があります。  
此处では、代表的な次の始動方法を説明します。

1. 全電圧始動
2. スターデルタ始動
3. リアクトル始動
4. コンドルファ始動

此处では、かご型誘導電動機の始動方法に関して記述します。(巻線型では無いという意味です。)

### 1. 全電圧始動

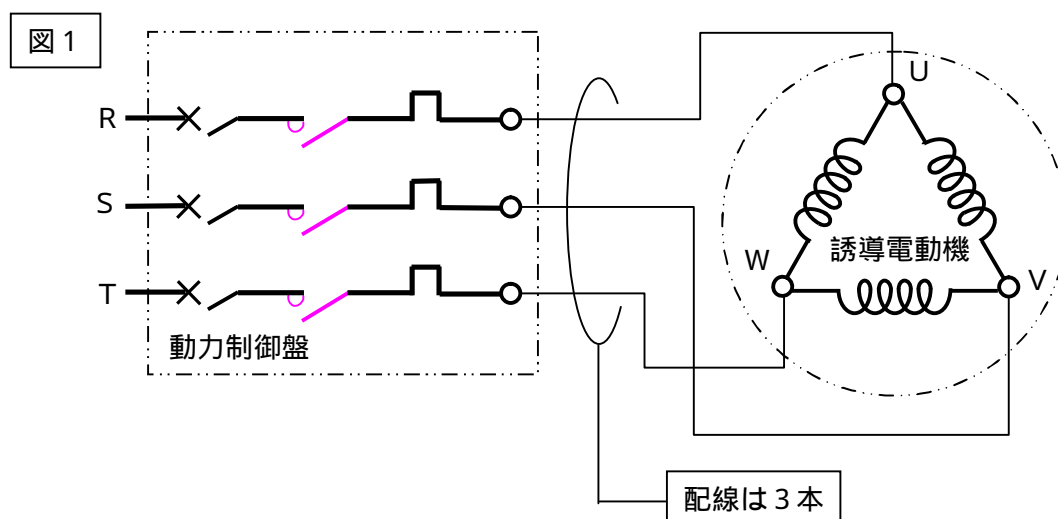
最も一般的に用いられる始動方法です。

他の始動方法は何れの方法も始動時に巻線に印加する電圧が、定格電圧より低い値になりますが、この方式は定格電圧がそのまま印加されるので、この名前が付きました。(多分?)

因みに、他の方式は「減電圧始動」と呼ばれます。

全電圧始動は、他に、直入れ始動、ラインスタート、L S等と呼ばれます。

下記に始動回路を記載します。



図に示した通り、ON/OFFの制御はピンクで示した、マグネットスイッチのみで行います。  
電動機の容量が7.5kW(200V級)以下(程度)の場合に一般的に用いられます。

長所

構造が単純。制御盤をコンパクトに作る事が出来る。安い。

始動トルクが大きい。(概ね定格トルクの125%程度。)

短所

始動電流が大きい。(一般的に定格電流の6倍で、10秒程度。)

始動時のショックが大きい。(電氣的、機械的両方。)

## 2. スターデルタ始動 その1

全電圧始動と同様に最も一般的に用いられる始動方法です。

減電圧始動の一種です。

電動機の巻線を始動時にスターに接続し、始動後はデルタに接続します。

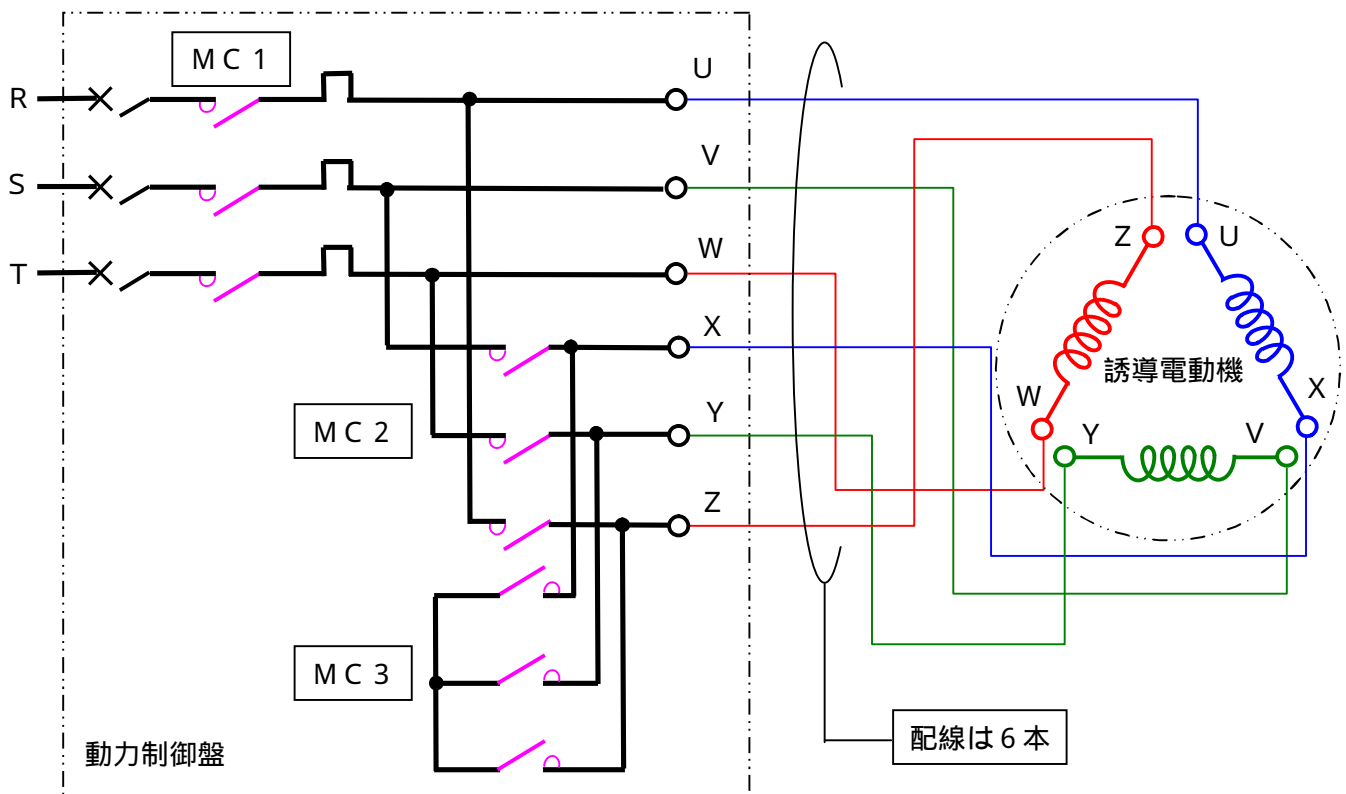
オープンスターデルタ始動とクローズドスターデルタの二種類があります。

一般的にはオープンスターデルタ始動です。

正式名称は**オープン・トランディッション・スターデルタ始動**と言う。(らしい。)

下図参照。

図2



始動順序は下記になります。

MC 1 **閉**。引き続きMC 3 **閉**。MC 2 は**開**。これで、スター始動になります。

MC 1 はそのまま**閉**。MC 3 を**開**。MC 2 は**開**。この状態は空転になります。(トルクが急激に少なくなる。)

MC 1 はそのまま**閉**。MC 2 を**閉**。MC 3 は**開**。これでデルタ結線になります。

長所

**始動電流が全電圧始動の場合と比較すると1/3になる。**(定格電流の2倍程度になる。)

マグネットスイッチを3個使用するだけで回路構成が可能。従って、制御盤は正直大きくなるが、比較的コンパクトに作成できる。

短所

始動トルクが全電圧始動の場合と比較すると1/3になる。負荷の特性にも依るが、場合によっては始動できない事がある。(一般的なポンプ、ファン等は全く問題ない。)

途中で空転状態があるため、トルクに段が出来る。

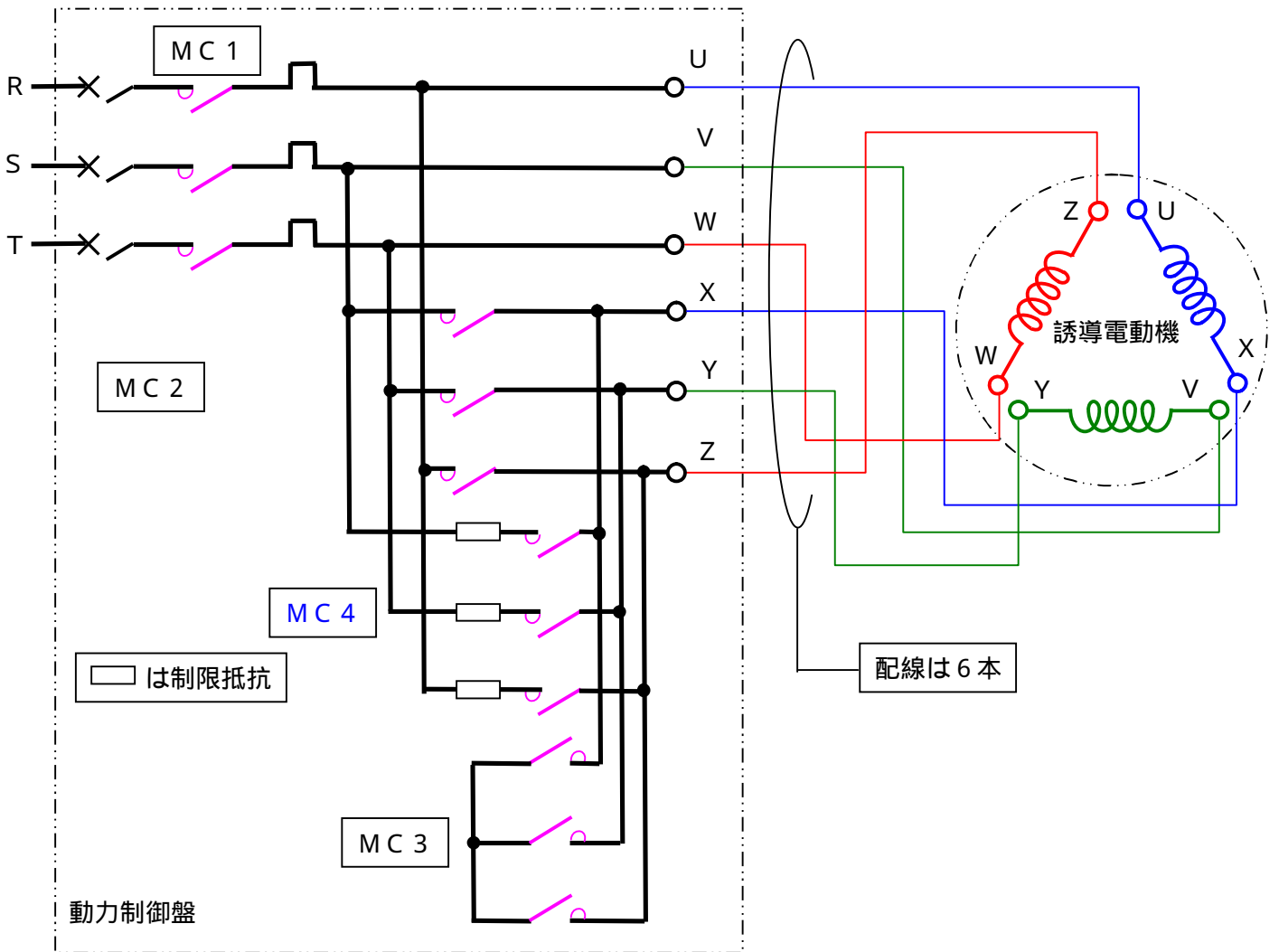
始動時にショックがある。しかも2回。

制御盤のMC 2 とMC 3 が同時に投入されると短絡になる。

## 2. スターデルタ始動 その2

余り一般的ではありませんが、このような方法も有ります。  
 オープンスターデルタ始動時のトルクの段付きを解消した始動方法です。  
 クローズド・トランディッション・スターデルタ始動と言います。  
 下図参照。

図3



いやぁ～・・・何が何だか訳のワカラン結線図です。

図2と比較すると、マグネットスイッチが1つ増えて、制限抵抗が1セット付いています。

一体これで、何をどうしようと言うのでしょうか？

始動順序は下記になります。

MC1 **閉**。引き続きMC3 **閉**。MC2は**開**。MC4は**開**。これで、スター始動になります。

MC1はそのまま**閉**。MC3もそのまま**閉**。MC4を**閉**。MC2のみ**開**。

MC1はそのまま**閉**。MC3を**開**。MC4はそのまま**閉**。MC2は**開**のまま。

MC1はそのまま**閉**。MC3はそのまま**開**。MC4はそのまま**閉**。MC2を**閉**。

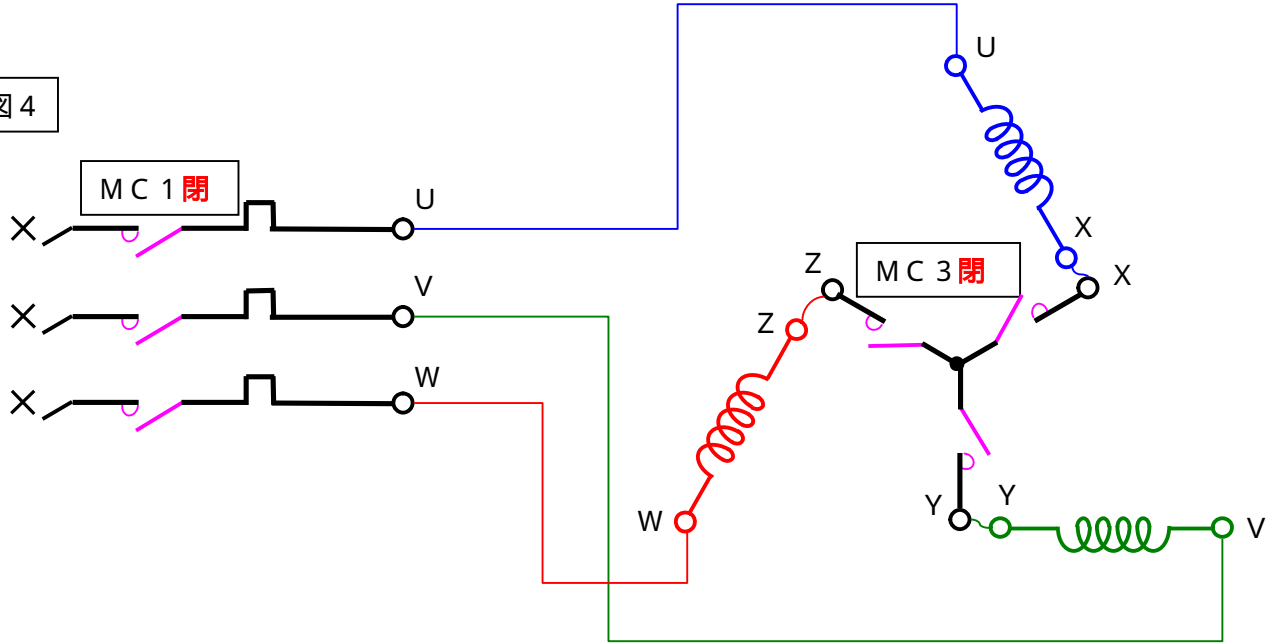
MC1はそのまま**閉**。MC3はそのまま**開**。MC4を**開**。MC2はそのまま**閉**。

これでデルタ結線になります。

**何が何だかサッパリワカラン！**

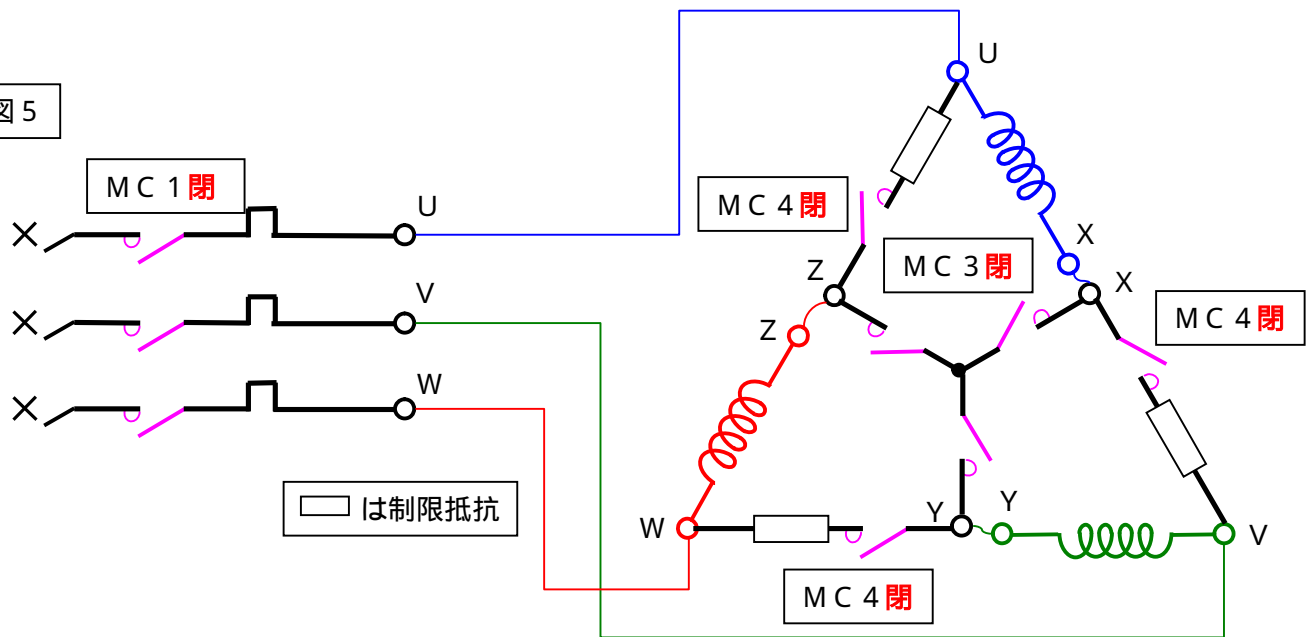
図を書き直して見ましょう。少しは解りやすいかも・・・？  
 前ページの は解ると思います。下図の状態です。スター結線になります。

図 4



引き続き の状態の図です。

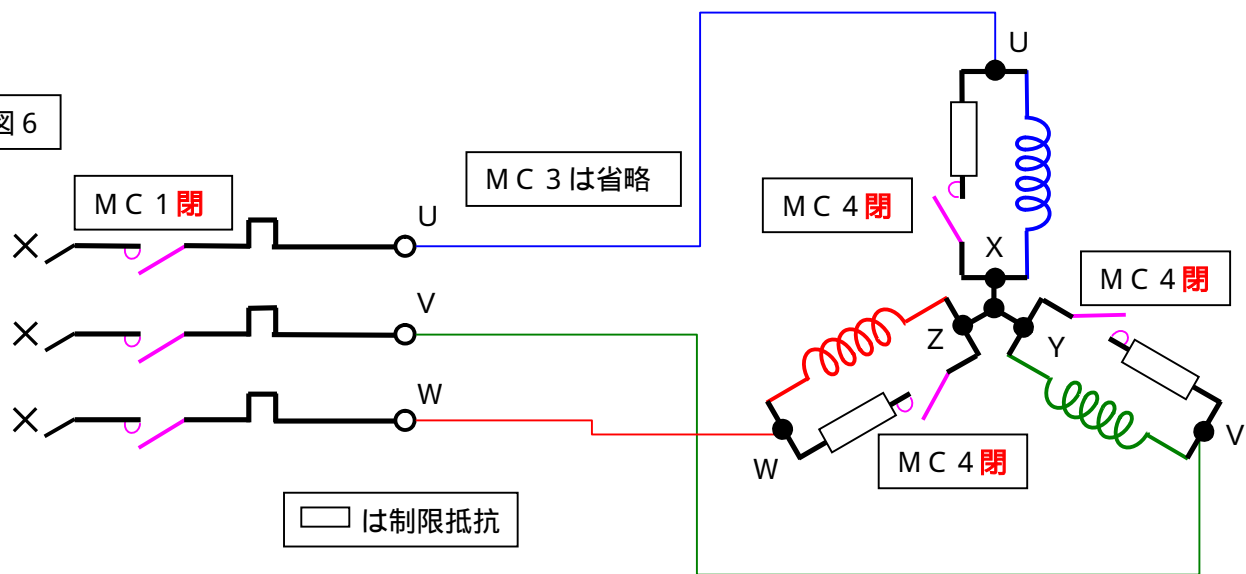
図 5



一見するとワケガワカラン結線ですが、よくよく見ると、この結線は、  
 巻線コイルと制限抵抗が並列に接続されたスター結線です。  
 次ページに等価回路を示します。

図5の等価回路です。

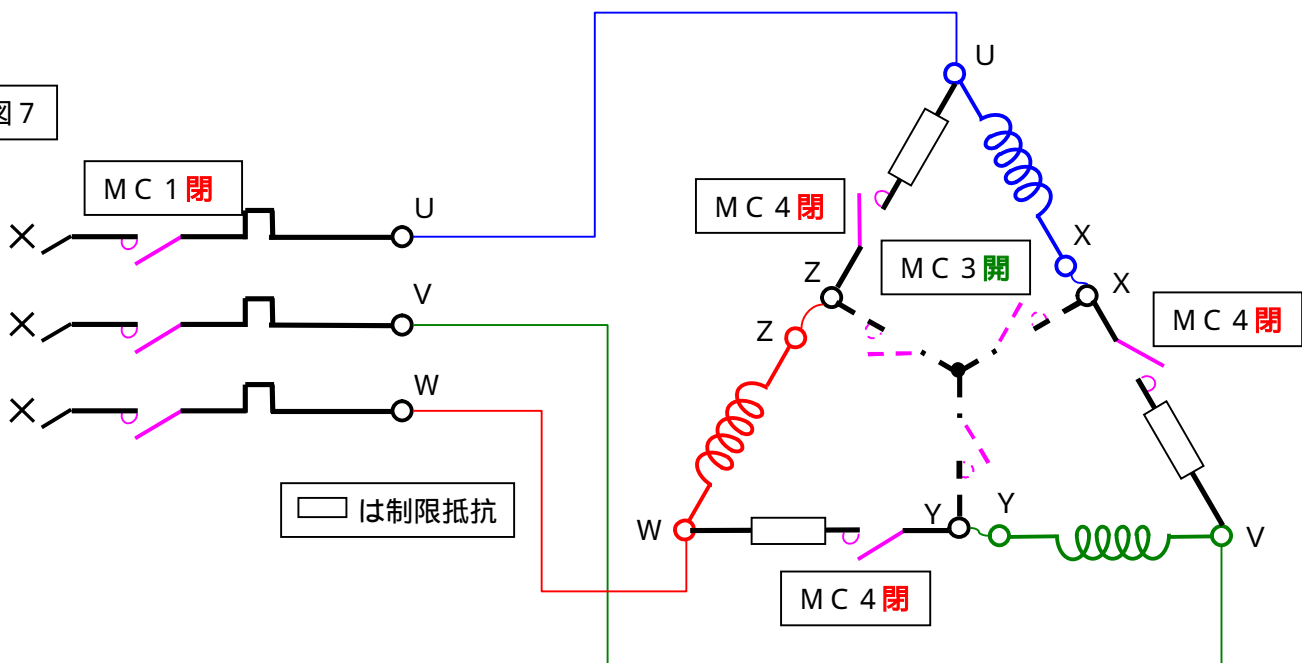
図6



引き続き の状態の図です。

今度は巻線コイルと制限抵抗が直列に接続されたデルタの結線になります。

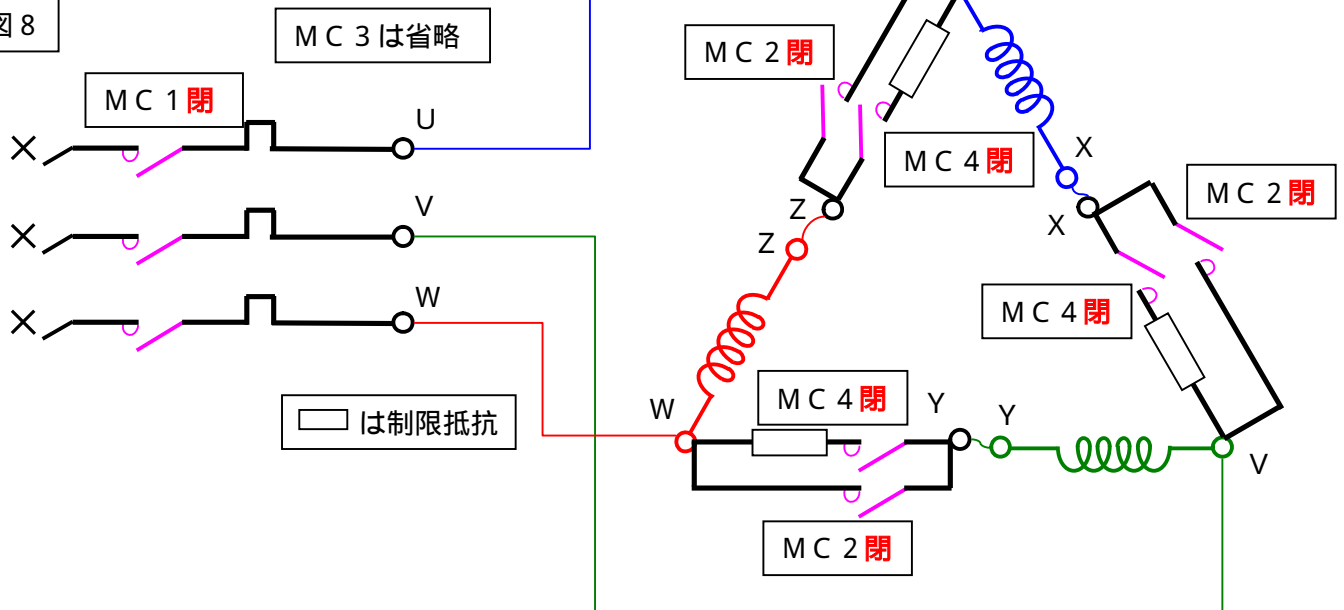
図7



引き続き の状態の図を次ページに示します。

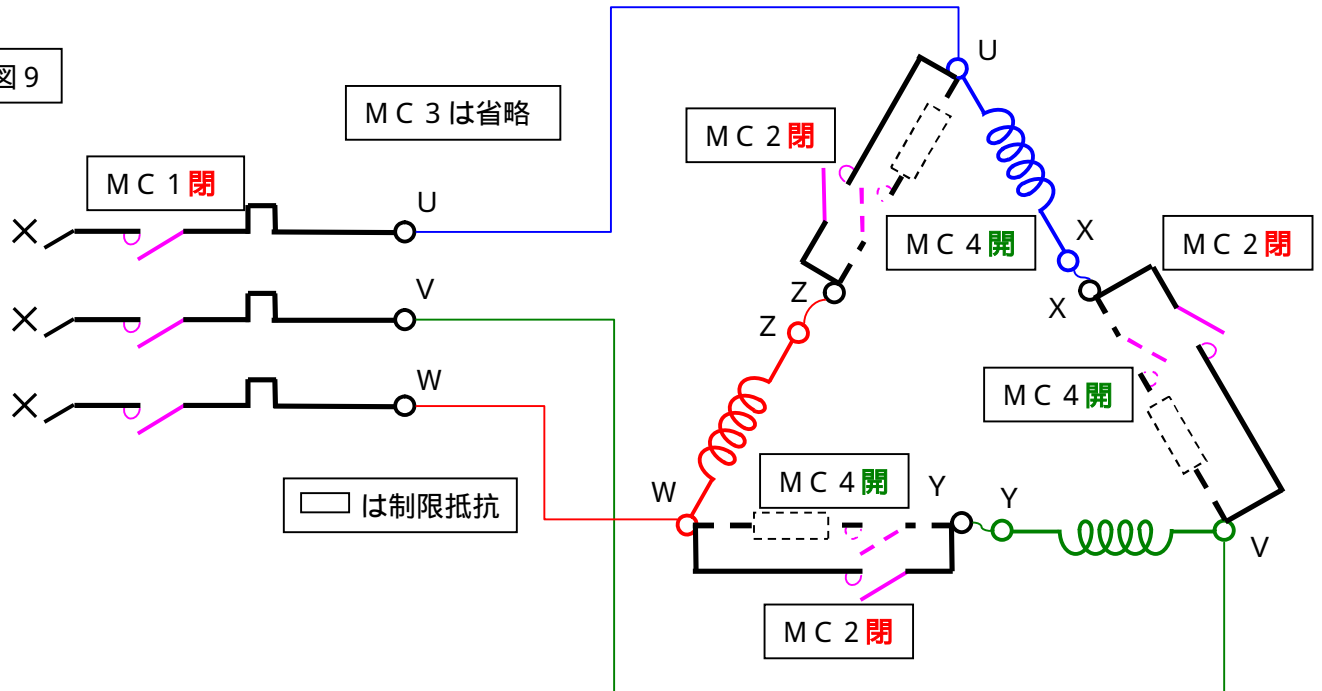
の状態の図です。  
 制限抵抗と並列にマグネットスイッチMC 2が入ります。

図 8



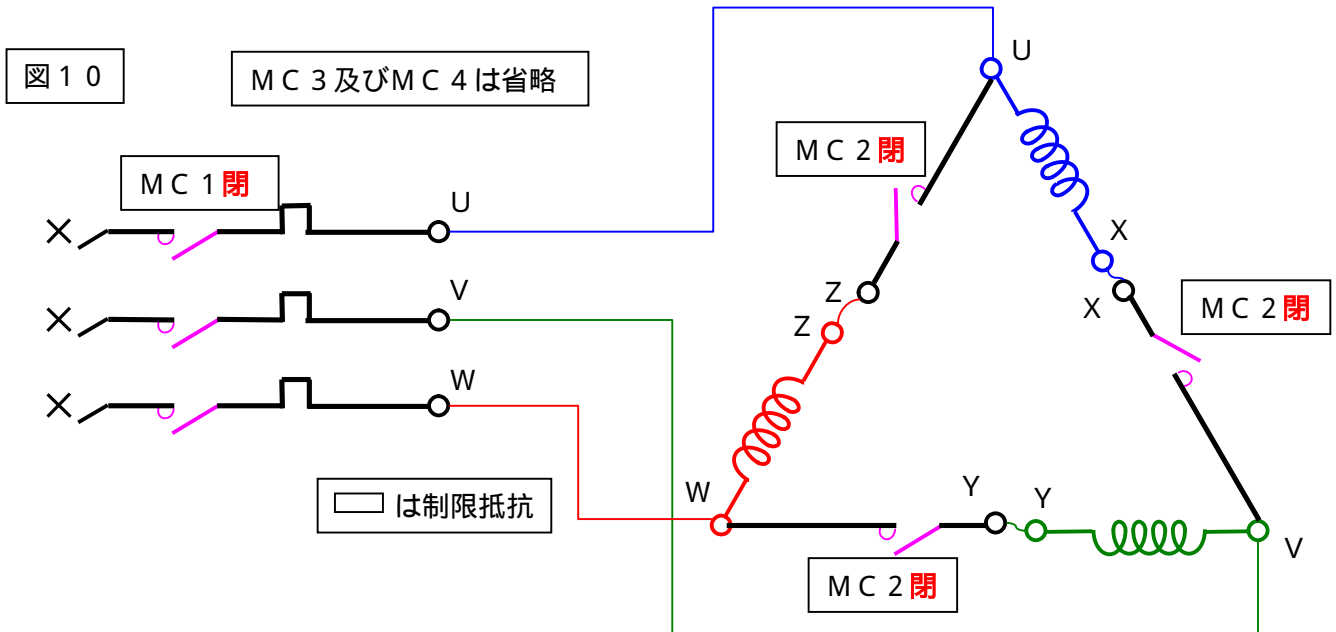
この時点で、制限抵抗には電流が流れなくなります。  
 従って、MC 4 を開放し、 の状態に移行します。  
 下図参照。

図 9



最終形を次ページに整理して示します。

最終形です。デルタ結線になります。



この様にクローズドトランディッションスターデルタ始動は、始動途中で電源が切れる事が有りません。従って、オープントランディッションと比較すると、トルクの段付きが非常に小さくなります。

段付きが0になれば理想ですが、この方式では出来ません。

突入電流の値ですが・・・ワカンナイです。

オープンスターデルタはスターからデルタに切り替わる時に、再度突入電流が流れますが、この方式ですと、その値を小さく出来ると思います。

何れにせよヨクワカランのが本音です。ハイ。

尚、この方式では制限抵抗が発熱しますので、制御盤の大きさは結構大きくなり、且つ放熱を考慮したものが必要になると思います。

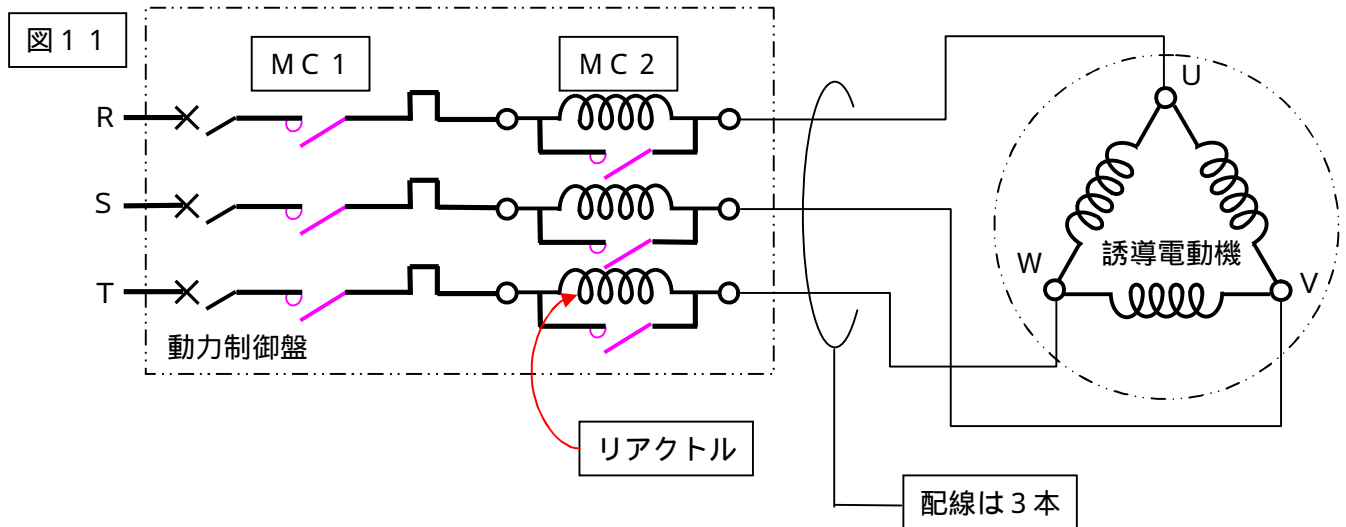
又、制限抵抗の代わりにリアクトルを用いても同じ効果が得られると思いますが、何故か抵抗を使って制御します。

リアクトルを使うと何か不都合でも有るのでしょうか？良く知りません？

### 3.リアクトル始動

これも減電圧始動の一種です。

電圧を下げる手段として、リアクトルを使用します。下図参照。



始動手順は下記になります。

MC 2は**閉**の状態、MC 1を**閉**。

始動したら、MC 1を**閉**のまま、MC 2を**閉**。

これで終わりです。

の状態では、電動機に対してリアクトルが直列に接続されます。

従って、リアクトルに依りこの回路は電圧降下を起こします。

結果として、電動機には定格電圧より低い電圧が印加される事になります。

スターデルタ始動との使い分けですが、多分スターデルタ始動には容量上の上限値が有ると思います。

従って、非常に大きな容量(200V級110kWとか)の場合、スターデルタ回路が組めない事になるのだと思います。(マグネットスイッチの制作限界を超える?)

又、定格電圧が高圧(6kV級又は3kV級)になると、スターデルタでは何か不都合が有るのだ?と思っています。(実物は有るぞ。やったことが無いのでヨクワカラン!)

長所

良く解りませんが、大容量のものを起動できる。ではないでしょうか?

又、始動トルクは小さいのですが、始動途中(加速途中)のトルクは大きくなります。

(参考書にこの様書いてあった。丸写し。詳細は・・・聞くな! ワカラン。)

従って、回転数が上がると、必要とされるトルクが大きくなる負荷などに都合が良いと思います。

短所

起動トルクが小さい。

スターデルタと比較して、例えば始動電流が1/3になるようにリアクトルの容量を設定したとします。

この時のトルクは1/3では無く、1/9(=1/3<sup>2</sup>)になります。

これは、電流値を下げると、同時に電動機に印加される電圧も同じ比率で下がりますのでこうなります。

スターデルタ起動とは決定的に違いますのでご注意ください。

制御盤が大きくなる。

リアクトルは、機器の性格上余りコンパクトにはなりません。

従って、リアクトルを内蔵させた場合、制御盤が大きく重くなります。



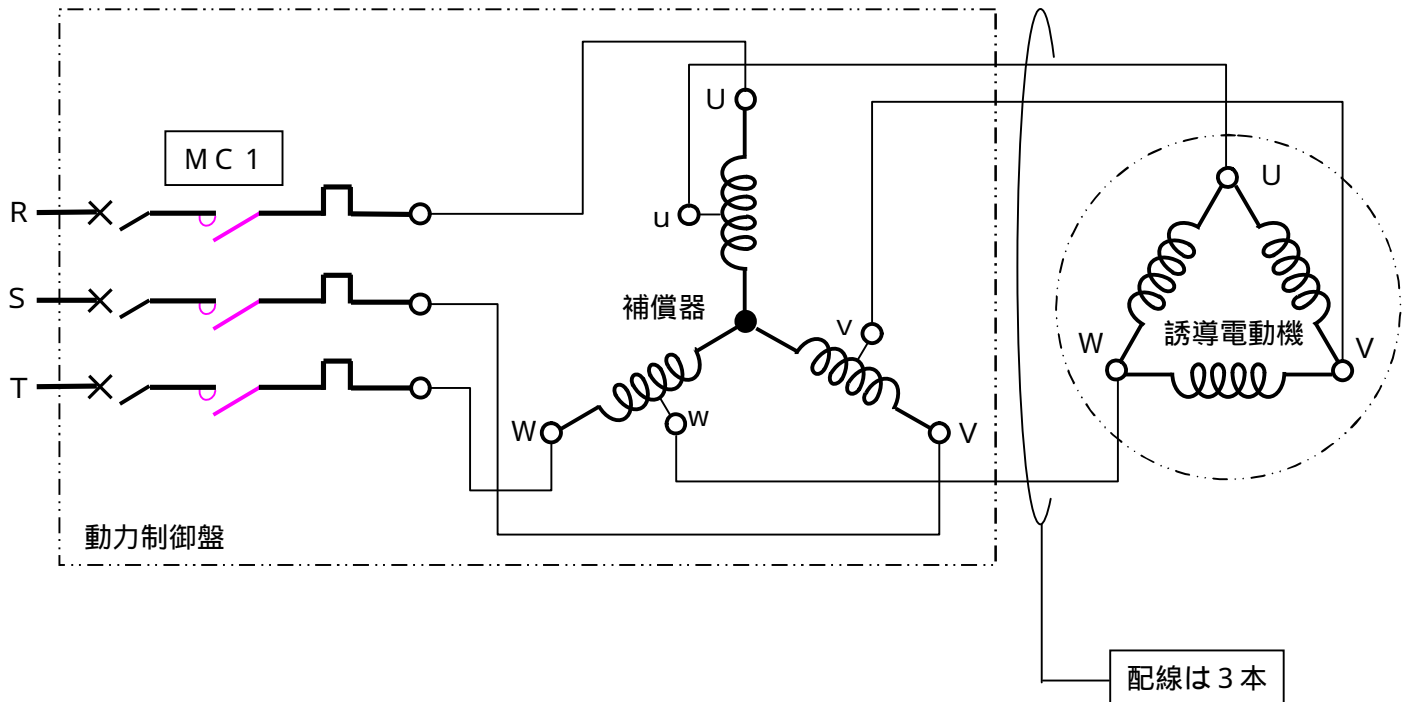
#### 4. コンドルファ始動

これも減電圧始動の一種です。

電圧を下げる手段として、補償器を使用します。

補償器とは、中間タップ付きのスター結線単巻キトランスの事です。下図参照。

図 1 2



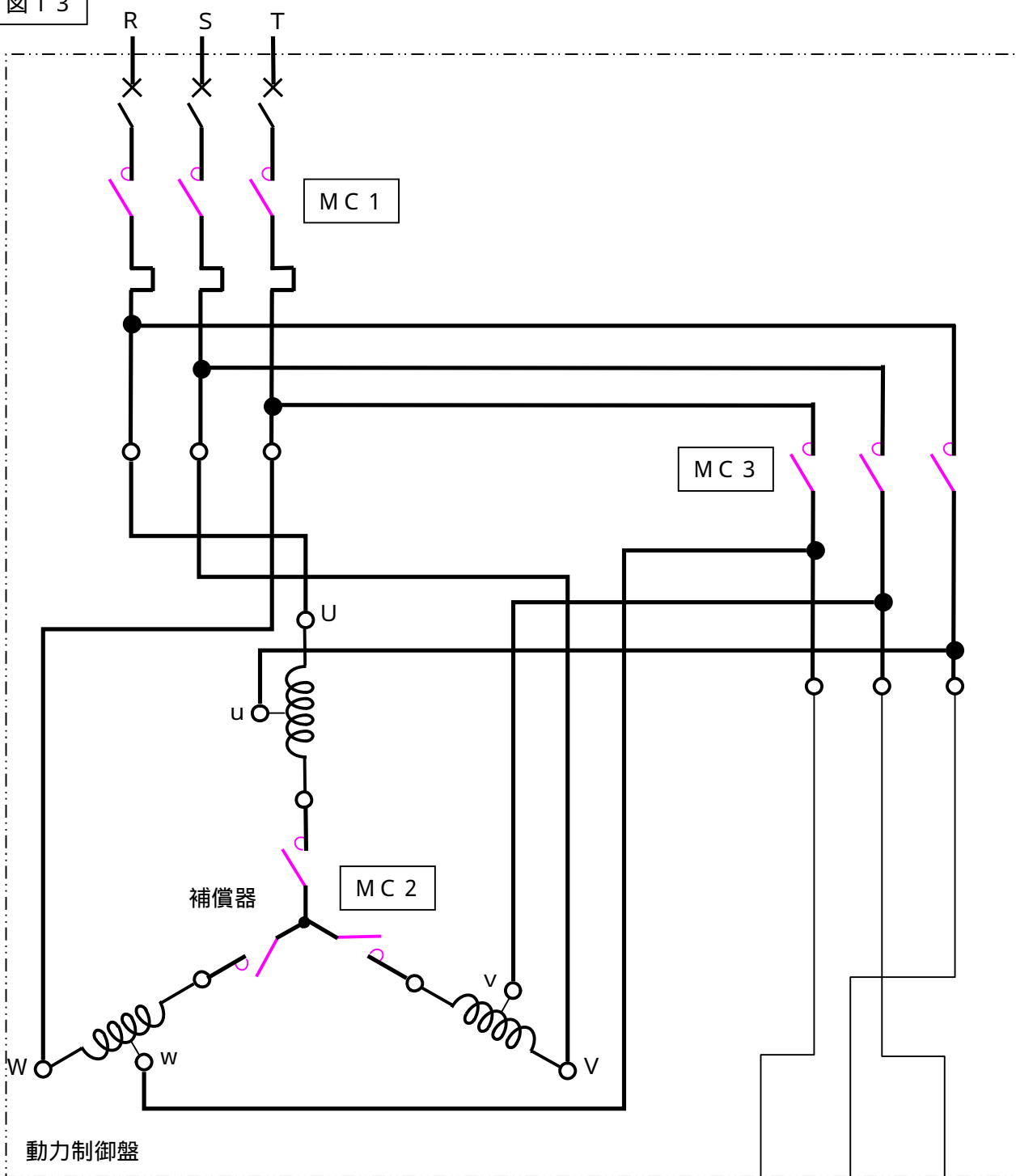
上図は、始動時の回路を省略して記載したものです。

実際は、次ページに示すような回路を組みます。

(補償器 < == ナンジャコリヤ！)

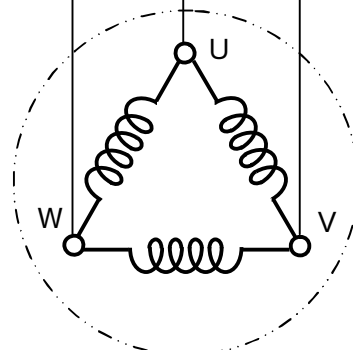
実際の回路図です。  
訳が解らない結線に見えます。

図 13



この図だけで動作が理解  
できたらエライ！  
普通はワカランになる。

誘導電動機



「訳が解らない。」に追い打ちを掛けるようですが、動作は次のようになります。

始動順序は下記になります。

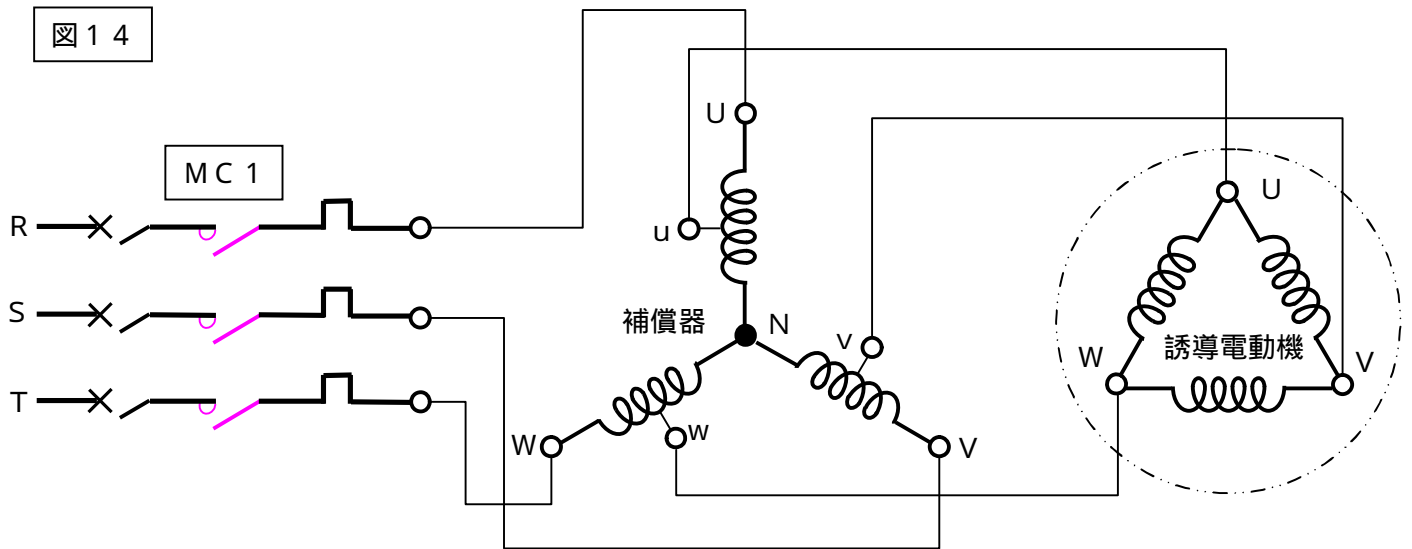
MC 2 閉。引き続きMC 1 閉。MC 3 は開のまま。これで、補償器を経由した減電圧始動になります。

MC 1 はそのまま閉。引き続きMC 2 開。MC 3 は開のまま。これで、補償器をリアクトルとして使用した減電圧始動になります。

MC 1 はそのまま閉。MC 3 を閉。MC 2 は開のまま。

これでデルタ結線になります。

理解を得るために各動作を説明します。



上図は の動作の結線図です。

補償器を単巻トランスとして使用しています。(補償器本来の使い方そのまま。)

電源電圧を線間200Vとすると、補償器巻き線のU～N間の電圧は115V( $200 / \sqrt{3}$ )になります。

u端子をU～Nの丁度真ん中にとったとすると、u～N間の電圧は57.7Vになります。

従って、u～v間の電圧は200Vの丁度半分の100Vになります。(57.7 ×  $\sqrt{3}$  = 100)

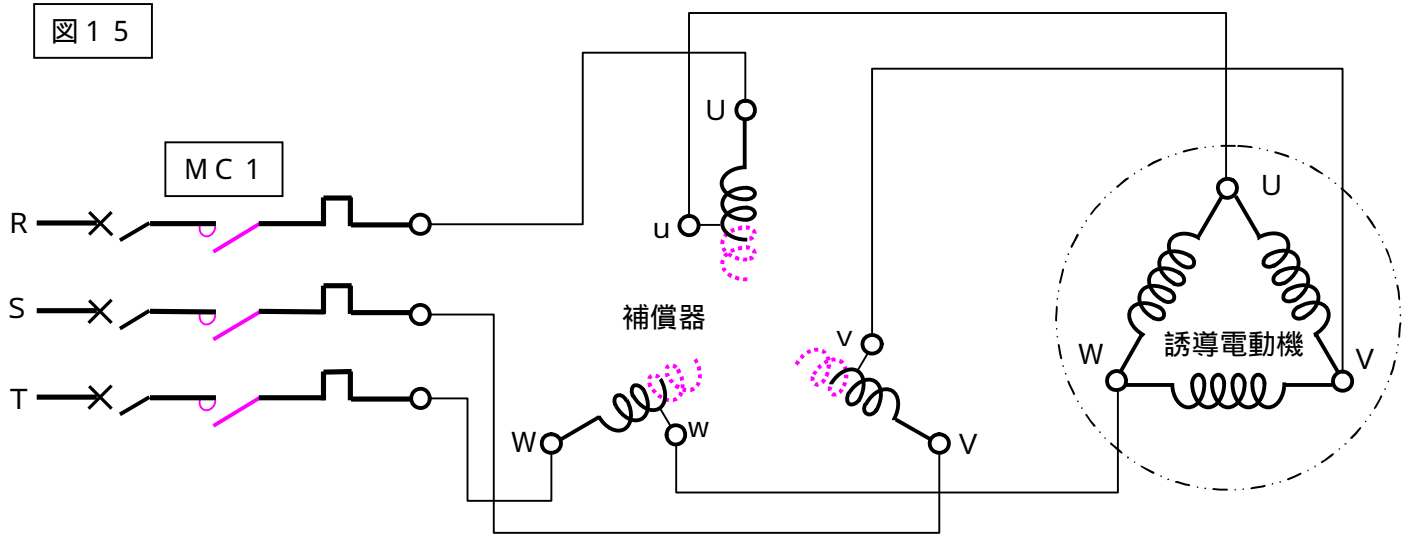
誘導電動機に印可される電圧はこの電圧になります。

つまり、線間電圧100Vで始動します。

の動作は次ページに続く

の動作の説明です。

図 15



上図は の動作の結線図です。

補償器をリアクトルとして使用しています。

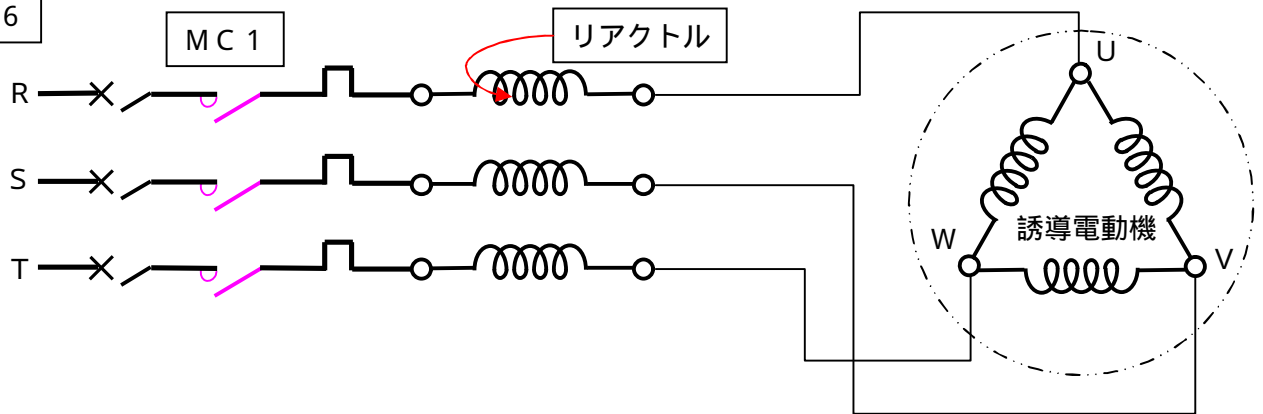
MC 2 を開放しますので、N 点の結線が無くなります。

従って、補償器の巻き線を部分的に使用する事になります。

上図で、通電されない部分をピンクの波線で示しました。

下図と等価になります。

図 16



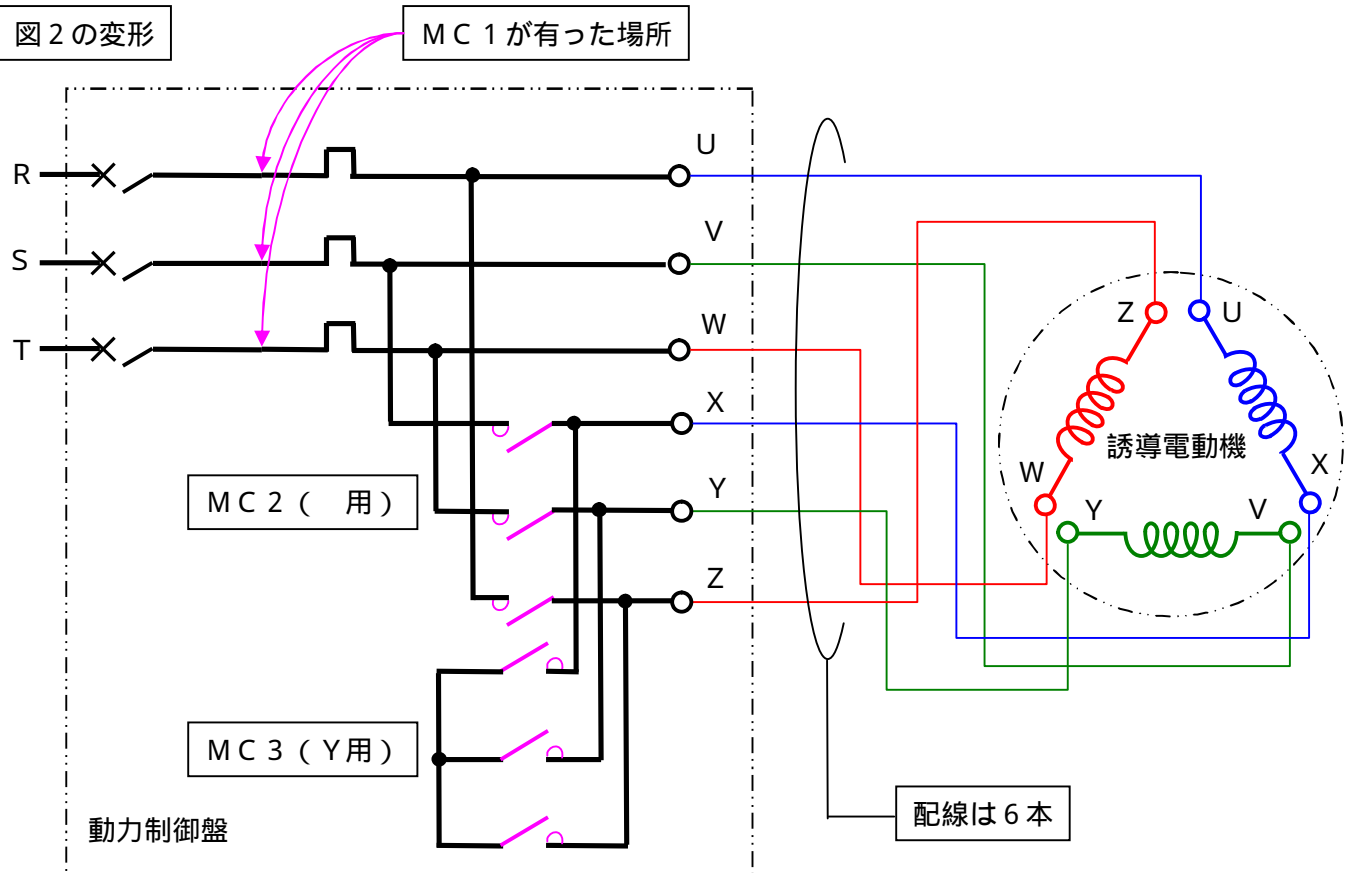
の動作の説明は省略します。

直入れと同じ結線になります。つまり電源の直送です。

## 2. スターデルタ始動 その3

オープンスターデルタ始動の変形です。  
下図参照。

図2の変形



図を見ると解りますが、これは図2のマグネットスイッチMC 1を撤去したものです。  
始動順序は下記になります。

MC 3 **閉**。MC 2 は**開**。これで、スター始動になります。  
MC 3 を**開**。MC 2 は**開**。この状態は空転になります。  
MC 2 を**閉**。MC 3 は**開**。これでデルタ結線になります。

長所

図2と比較して、マグネットスイッチを1個省略出来るので、正直コストダウンになる。

盤がマグネットスイッチ1個分コンパクトになる。

短所

常時電動機に電圧が印可されるので、電動機の絶縁が脅かされ、絶縁破壊を生じ、焼損することがある。

### 警告

原則としてこの方式は**使用禁止**です。

小生も嘗て、この方式でポンプ式を焼損したことが有ります。

国土交通省の標準仕様でもこの方式は認められていません。

20年ほど前では、この方式が一般的でしたが、焼損事故が後を絶たず、原則使用禁止になりました。

使用する場合は、常時人が監視できる場合等に限られます。

くれぐれもご注意下さい。