

スターデルタ結線電動機の漏電調査 (Io 測定)

本稿は「漏電ブレーカの安全使用な取扱と漏電調査」、4-2 節の漏電調査作業での Io 測定等に注意を要する設備の例として記述したものです。

漏電調査及び現象の一般的な内容については、私の電力技術ホームページ (<http://hanasaka.life.coocan.jp/denki/>) の本文をご参照ください。

2020/12/28 2022/9/5

1. 使用目的と構成

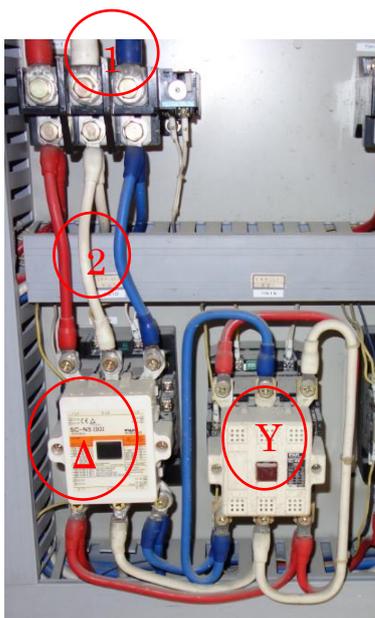
電動機のスターデルタ (YΔ) 始動は、通常はΔ結線巻線で運用される誘導かご型電動機巻線を、始動時のみ Y 結線とする起動法です。一相の巻線電圧を $1/\sqrt{3}$ にすることで、起動電流を低減します。巻線の結線の変更は電動機内部でなく、電動機から引き出された二組の動力配線を、起動盤等に設置された複数のマグネットコンタク (MC) で組み替えることで行います。

YΔ 始動であるかどうかは、1 台の電動機から三相配線二組が引き出されていること、ON 位置で 3 相短絡状態 (一次側端子間に短絡線取付け、又は一次二次の直結) となる Y 結線用 MC があることで判断できます。

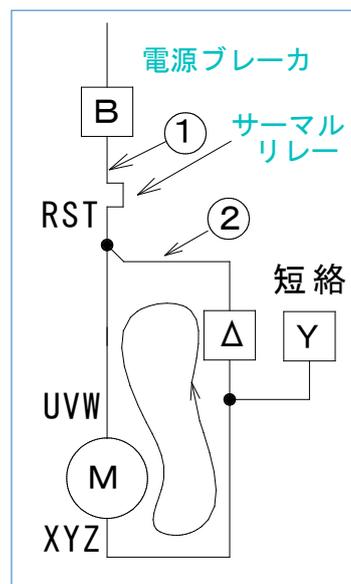
a) 2 コンタクター方式

Δ結線用と Y 結線用の MC2 台を使用します。この例では、Y 結線用で一次側と二次側の相を入れ替えて短絡をしています。片側が短絡片等での三相短絡の場合もあります。サーマル①の電動機側で、X,Y,Z と U,V,W が結合され、一次側の R,S,T 部に保護用の MCCB があります。ブレーカ B が入りであると、電動機の配線 U,V,W (X,Y,Z) は常に電源に接続されていることに注意が必要です。

実配線



単線結線図



R,S,T : 電源
B : 電源用ブレーカ
① : サーマルリレー
Δ : Δ結線用 MC
Y : Y 結線用 MC
U,V,W : モータ配線
M : 電動機
X,Y,Z : モータ配線

3線結線図を示します。

- ・電動機内には U-X、V-Y、W-Z の 3 組の巻線（固定子）があります（模式的な考えです。実際は複雑な巻線です）。

- ・電動機口出し部には U,V,W と X,Y,Z の二組の口出し線が出ています。それぞれ制御盤（分電盤）まで配線されます。

- ・U,V,W は電源 R,S,T に接続されています。X,Y,Z は制御盤の Δ -MC と Y-MC の二次側（電動機側）に接続されています。

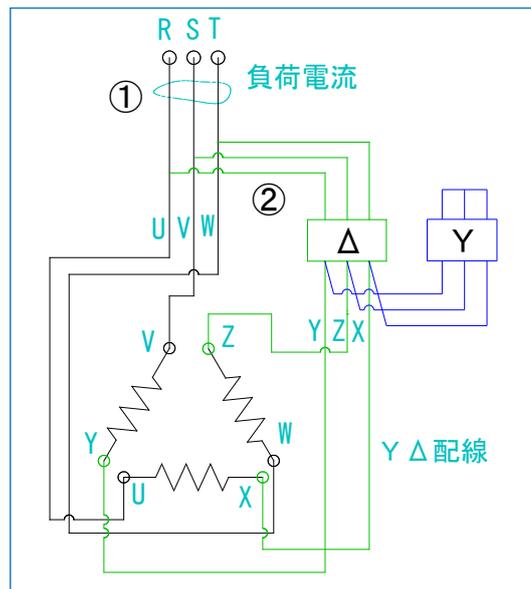
- ・ Δ -MC が OFF 状態で Y-MC が ON になると X,Y,Z が短絡されて、電動機巻線は Y 結線となって起動します。MC の切替はタイマーで行います。

- ・タイマー動作（電動機回転数が上がった後）で Y-

MC が OFF となり、電動機は空転します。空転時間（0.5sec）経過後に Δ -MC が ON となり、Y-U（Y は U と同じく R 相に接続、他相も同様）、X-W、Z-V が接続され、巻線は Δ 結線になります。電動機は通常運用となります。

- ・ Δ -MC、Y-MC 共に OFF となると巻線が分離されることで電動機は停止します。巻線を含む各配線には電源電圧が印加されたままであることを注意が必要です。

負荷電流の測定は①の部分の R,S,T で行います。三相一括では漏電電流 I_o の測定ができます。②の配線は電動機巻線の Y-U、V-Z、U-Y の短絡配線にもなっています。測定し易い配線ですが、循環電流も流れているため、負荷電流 I_o と漏電電流 I_o の測定はできません。次節で説明します。



b) 3コンタクター方式

停止時に電動機配線が無電圧とするために、MC3 台を使用する方式です。3線結線図で、R,S,T または U,V,W に MC を設置します。MC3 台ともに OFF となるため、電動機停止中はブレーカ B が入りのままだでも U,V,W と X,Y,Z は無電圧となるので、安全性が高いとされています。電動機絶縁が低下した場合の I_o は、運転時にのみ生じます。

スターデルタ装置は現場組み立ての場合も多く、MC の配置、配線には各種のものがああります。Y-MC による短絡配線は、下左図では片側端子の短絡、右図では一次二次の相を入れ替えた配線です。過負荷保護はサーマルリレーで行うことができます。図左は U,V,R 用の MC が過負荷保護サーマルリレーの二次側にある例、下図右はサーマルの一次側に R,S,T 用の MC がある例です。サーマルリレーが U,V,W に取り付けられた場合があります（設定値は変わります）。



いずれも、上部ラック等に設置された 0.5sec 程度の空転時間を持つ専用タイマーで、MC が切り替えられます。右図は専用タイマーの例で、切替え時間のみの設定（ここでは 10sec）を行っています。



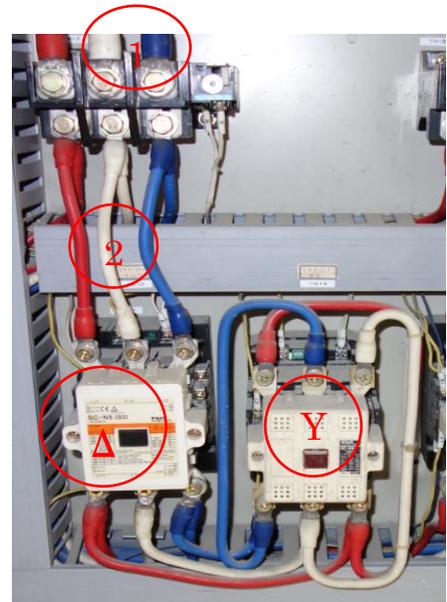
2. 漏電調査

a) 三相一括での I_o 測定

配線の三相一括のリーククランプでの測定では、測定箇所により、漏電ではない数 A 以上の値が出る場合があります。

サーマル（過電流検出）端子①の電動機側②には上段と下段に二組のケーブルが接続されています。②の上側の配線、 Δ -MC 上側へ接続されたケーブルは測定を行いやすい個所ですが、回路的には電動機固定子巻線を Δ 結線にするために引き出された配線である、Y,Z,X です。 Δ 結線巻線を循環する電流が流れます。電動機運転中の、三相一括測定では、数アンペアの数値が出る場合もありますが、B 種接地線を経由して電源変圧器に戻る漏電成分 I_o ではありません。B 種接地線でも I_o の検出はありません。漏電成分としての I_o は、電動機へ接続された U,V,W と X,Y,Z の結合点より電源側のサーマル①の一次側の R,S,T での一括測定で行います。

負荷電流測定箇所も同様に R,S,T です。



b) 中性相絶縁不良による B 種接地線の I_o 測定

2 コンタクター方式で S 相接地の場合、S 相に接続された V または Y 配線に地絡（絶縁不良）

が生じて、停止中には対地電圧が無い場合、漏電電流はほとんど発生せず、電源変圧器の B 種接地線での I_o 電流は生じません。運転状態で負荷が大きくなると、負荷に比例するような I_o が生じる場合があります。巻線に循環電流が生じ、多重接地の状態であるために、大地を経由して循環すると考えられます。Y 配線地絡の場合を考えます。

巻線→Y 配線→地絡（接地）点→大地→B 種接地線→S 相→V 配線→巻線
配電線の絶縁不良とは異なり、電源変圧器の電圧による電流ではないため、 I_o は極性相の地絡に比べると小さなものになります。完全地絡の場合で、中性相以外では 10A 以上程度ですが、中性相ではおおむね数 A です。地絡部の絶縁改修で I_o が消滅することは同様です。

MC3 台方式の場合は R,S,T または U,V,W が開放されるので、停止中の I_o はありません。電動機が起動して負荷が大きくなると、MC2 台方式と同様に、B 種接地線の I_o が大きくなり、ブレーカが ELB であれば、 I_o 値により、漏電と判断されて動作します。接地相であっても、B 種接地点以外では対地絶縁が良好であることが必要です。

c) 絶縁測定

2 コンタクター方式では、電動機停止中で Δ 用と Y 用の両 MC とともに OFF であっても、電源ブレーカ ON 状態では電動機巻線には U、V、W から電源電圧が印可されたままです。触れると感電します。電源ブレーカ入りでの MC 二次側（電動機側）のメガ測定はできません。全停電による絶縁測定でも、電源ブレーカが ON では、電動機巻線を回り込む電源側の測定になり、低い絶縁値になります。電源ブレーカ OFF では、MC 二次側測定は二組のケーブルを含む設備側一括の測定となります。良好であれば、電動機も良好であるとは判断できます。電動機内部（巻線部）単独の測定は、電動機口出し部を解線しての測定になります。

3 コンタクター方式では 3 台ともに OFF であれば、MC 電動機側の測定では 2 コンタクター方式の電源ブレーカ OFF と同様に電動機を含む設備一式になります。

※ 2 コンタクター方式では、電動機には常時電圧がかかっているため、起動頻度の少ない設備には 3 コンタクター方式が適するとされていきました。現在、絶縁監視設備が設置されている場合は、停止充電中であっても絶縁劣化が検出されます。起動する前に絶縁劣化が分かる MC2 台方式が良いとの考えもできます。

3. 関連事項

a) スターデルタ始動の必要性

スターデルタ始動装置は誘導電動機の運用に必須のものではありません。3.7KW 以上程度のかご型誘導電動機に適用されますが、起動トルクが必要とされる場合、電源容量が起動電流に対して余裕がある場合等（一般的な工場では 11kW 以下程度、特高受電では 1000kW 程度）は直入れが採用されます。リアクトル補償等の他の始動方式、ファンの入口ベーン全閉での起動等の設備運用上の起動電流低減対策もあります。

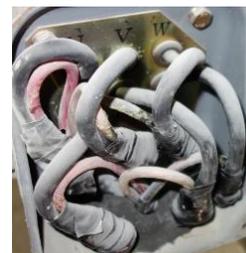
省エネのためにインバータ化し、低周波でソフトスタートする場合もスターデルタ起動は不要

です。既設のスターデルタ始動用電動機を流用する場合は、口出し部で X-W、Y-U、Z-V を短絡し、 Δ MC からの配線を使用しない (R,S,T に直結) 等の配線変更で、インバータでの直接運用ができます。インバータ運用で高調波対応していない既設電動機を流用すると、固定子が短期間で焼損する場合があります。

b) 電動機口出し部

電動機巻線口出し部の表示は年代により変更されています。U-X、V-Y、W-Z は 1991 年～2003 年頃で、後は U1-U2、V1-V2、W1-W2 に変更されています。Y Δ の切り替方法については同じです。

図は U-X、V-Y、W-Z の口出し部の例です。本体側に表示があります。二組の 3 芯ケーブルに、込み入った状態で接続されているので、不用意に開かないほうが安全です。



直入れ専用の電動機（購入時の仕様で決定）は U,V,W の三線のみが引き出されています。

c) 類似の MC 設備

誘導電動機用で、2 台の MC を並列使用する設備には可逆運転用もあります。メーカーカタログの図を示します。2 相の入替を行うことで回転方向を切替えます。

MC2 台が、同時に ON にならないような機械的又は電気的なインターロックを含めて、メーカーで組み込まれています。不具合は相間短絡事故になります。現場での組合せはできません。

