直列結線形コンデンサモータの特性

正員 横塚 勉 (群馬大) 非会員 金子 康一 (群馬大)
正員 馬場 英治 (群馬大) 非会員 道井 隆 (日本サーボ)

Characteristics of Series Connected Winding Capacitor Motor

Tsutomu Yokozuka, Member, Eiji Baba, Member, Koichi Kaneko, Non-member (Gunma University), Takashi Michii, Non-member (Japan Serbo Co.)

キーワード：コンデンサモータ，単相誘導電動機，対称座標法

出力が小さく，定格電圧が高い（例，200 V）コンデンサモータでは導体径が細くなるために，断線事故を起こすという問題がある。この対策としては主巻線と補助巻線を直列接続する方式（以後，直列結線形と呼ぶ）が有効であり，既に一部で使用されている。

直列結線形の特性算定法，ならびに平衡運転の条件式は既に報告されているが⁽¹⁾，運転特性についてはまだ明かにされていない。そこで本報告では，一般に広く使用され，特性が明かになっている両相の巻線を並列接続する方式（以後，普通結線形と呼ぶ）としたときの特性との関連性を簡明に示すものである。

直列結線形の結線図を図1(a)に，普通結線形のそれを(b)図に示す。これらの主巻線相の等価回路は(c)図で表すことができ，同図の上側が正相分，下側が逆相分等価回路を示している。図1では，巻数比をA，主巻線相に換算したコンデンサのリアクタンスを X_c としている。鉄損等価抵抗 R_i を含めた二次正相，二次逆相インピーダンスをそれぞれ $\dot{Z}_p = Z_{pr} + jZ_{pj}$ ， $\dot{Z}_n = Z_{nr} + jZ_{nj}$ とすると，直列結線形の正相電流 $\dot{I}_{ps}$ ，逆相電流 $\dot{I}_{ns}$ は対称座標法を適用し

$$\dot{I}_{ps} = \dot{D}_4 V_1 / (\dot{D}_1 \dot{D}_4 - \dot{D}_2 \dot{D}_3) \quad (A) \quad (1)$$

$$\dot{I}_{ns} = -\dot{D}_3 V_1 / (\dot{D}_1 \dot{D}_4 - \dot{D}_2 \dot{D}_3) \quad (2)$$

ただし，

$$\begin{aligned} \dot{D}_1 &= (R_1 + AX_1 + Z_{pr} + AZ_{pj}) \\ &\quad + j(X_1 - AR_1 + Z_{pj} - AZ_{pr}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{D}_2 &= (R_1 - AX_1 + Z_{nr} - AZ_{nj}) \\ &\quad + j(X_1 + AR_1 + Z_{nj} + AZ_{nr}) \end{aligned}$$

$$\dot{D}_3 = A(X_1 - X_c + Z_{pj}) - j(AR_1 - A^2 X_c + AZ_{pr})$$

$$\dot{D}_4 = -A(X_1 - X_c + Z_{nj}) + j(AR_1 + A^2 X_c + AZ_{nr})$$

なお本論文では，主巻線相の銅量と補助巻線相の銅量は等しいものとする。平衡運転条件は

$$X_c = X_1 + Z_{pj} \quad (3)$$

図1 巻線接続と等価回路
Fig. 1. Winding connection and equivalent circuit

$$A = (R_1 + Z_{pr}) / (X_1 + Z_{pj}) \quad (4)$$

全入力 W_i は正相分入力と逆相分入力の和から(5)式で求められる。定常分トルク T は R_i の電流を除いた二次電流 $\dot{I}_{ps}$ および $\dot{I}_{ns}$ 〔図1(c)〕から

$$W_i = 2\{(\dot{I}_{ps}^2(R_1 + Z_{pr}) + \dot{I}_{ns}^2(R_1 + Z_{nr}))\} \quad (5)$$

$$T = \frac{2}{4\pi f P} (\dot{I}_{ps}^2 Z_{pr} - \dot{I}_{ns}^2 Z_{nr}) \quad (6)$$

(6)式の Z_{pr} と Z_{nr} は，それぞれ $R_i = \infty$ としたときの Z_{pr} と Z_{nr} の値である。主巻線電流 $\dot{I}_m$ は

$$\dot{I}_m = \dot{I}_{ps} + \dot{I}_{ns} \quad (A) \quad (7)$$

主巻線相の定数が $R_1 = 217.5 \Omega$ ， $X_1 = X_2 = 119.0 \Omega$ ， $X_m = 1,095.5 \Omega$ ， $R_2 = 280.1 \Omega$ ， $R_i = \infty$ で，極数 $P = 4$ ， $X_c = 814.4 \Omega$ ， $A = 0.564$ の供試機について(1)，(2)，(5)～(7)を使って特性を計算し，実験結果と共に図2に示す。同図で計算結果と実験結果と

図2 計算結果と実験結果の比較，直列結線形

Fig. 2. Comparison of test and computed results.

はよく一致しているとみられる。

本論文の目的は直列結線形図1(a)の特性と，普通結線形図1(b)の特性との関係を明らかにすることである。普通結線形の正相電流 I_{pp} ，逆相電流 I_{np} は，例えば文献(2)の(10)，(3)式でそれぞれ求められ，平衡運転条件は同じく文献(2)の(4)，(5)式で得られる。全入力力は正相分入力と逆相分入力の和から

$$W_i = 2(I_{pp}^2(R_i + Z_{pr}) + I_{np}^2(R_i + Z_{nr})) \dots\dots\dots (8)$$

定常分トルク T は， R_i を流れる電流を除いた二次正相，二次逆相電流をそれぞれ I'_{pp} ， I'_{np} とすると

$$T = \frac{2}{4\pi f/P} (I_{pp}'^2 Z'_{pr} - I_{np}'^2 Z'_{nr}) \dots\dots\dots (9)$$

運転特性の中では W_i およびトルク T が特に重要であるが，これらの特性は(5)，(6)，(8)，(9)式から，正相電流，および逆相電流の大きさで定まることがわかる。そこで，ある一つの滑りで平衡運転させるものとして，両結線形の電流比 I_{pp}/I_{ps} ，および I_{np}/I_{ns} を式の形で求めた。この変形はかなり煩雑であるが，結果だけを示すと I_{pp}/I_{ps} は(10)式のように簡単な形となる。(10)式の Z'_{pr} と Z'_{pj} はそれぞれ平衡運転滑り S_b における Z_{pr} と Z_{pj} である。

$$\frac{I_{pp}}{I_{ps}} = \sqrt{1 + \left(\frac{R_1 + Z'_{pr}}{X_1 + Z'_{pj}} \right)^2} \equiv R \dots\dots\dots (10)$$

(10)式は，それぞれの結線形の平衡運転の条件式を正相電流の式に代入して，その比から求めたものである。同様に逆相電流の比 I_{np}/I_{ns} を求めると， $S = S_b$ では $I_{np} = I_{ns} = 0$ となるので不定となるが，他の滑りでは(11)式のように正相電流の比 R と一致した。

$$I_{np}/I_{ns} = R \quad (\text{ただし}, S \neq S_b) \dots\dots\dots (11)$$

(10)，(11)式から電流比 R は $R > 1.0$ となり， R_1 が大きく X_1 が小さいほど大きくなることがわかる。

ある滑り $S = S_b$ で平衡運転させると，電流比が S

に対して一定 (S_b では $I_{np} = I_{ns} = 0$) となることから， W_i ， T ，出力 W_0 ，効率 Y などの速度曲線の形状は両結線形で変わらないことがわかる。そして， W_i ， T ， W_0 などの大きさは直列結線形のほうが $1/R^2$ 倍に小さくなり， Y は変わらない。両結線形の特性を一致 (大きさも) させるには，直列結線形の両相の巻数を $1/R$ 倍に少なくすればよく，この場合，線径は $\sqrt{R}$ 倍に太くすることができる。(平成2年1月8日受付)

文 献

- (1) 横塚，他：「直列結線形コンデンサモータの運転特性」昭61電気関係学会東北支部連大，No.1 E 2
- (2) 横塚：「対称条件を考慮したコンデンサモータ」，電学誌90，2031 (昭45-10)

横塚 勉 (正員)

手。現在，同教授。

昭和10年6月30日生。33年3月群馬大学工学部電気工学科卒業。同年4月日本サーボ(株)入社。40年4月群馬大学工学部電気工学科助手。

馬場 英治 (正員)

る電気機械の特性解析に従事。

昭和24年12月5日生。46年3月群馬工業短期大学機械工学科卒業。42年4月群馬大学工学部電気工学科技官。主として，計算機による

金子 康一 (非会員)

昭和35年11月12日生。59年3月群馬大学工学部電気工学科卒業。同年4月日本電装(株)入社。電子回路の設計開発を担当。

道井 隆 (非会員)

昭和31年11月6日生。54年3月九州産業大学工学部電気科卒業。同年4月日本サーボ(株)入社。ACサーボモータなどの設計開発担当。