

蓄電器起動单相電動機の起動特性

友 貞 睦 夫*

Starting Characteristics of Condenser Start Single-Phase Induction Motors

By Mutsuo Tomosada
Kameido Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The repulsion starting system is generally adopted in starting single-phase induction motors smaller than 1HP. But this system needs the complicated mechanism including rotor windings, commutators, brushes, short circuiting devices, etc. which are expensive and sometimes cause the trouble.

The application of condenser starting system which is simple and robust in construction has long been planned, but in this country the massiveness and expensiveness of the paper condenser has hampered its practical application. Such a situation in view, we have recently developed electrolytic condensers which are expected to be widely used for their high reliability and moderate price.

In this article, the writer explains the method of obtaining starting characteristics of the condenser start motors with comparative easiness by means of circle diagrams.

〔I〕 緒 言

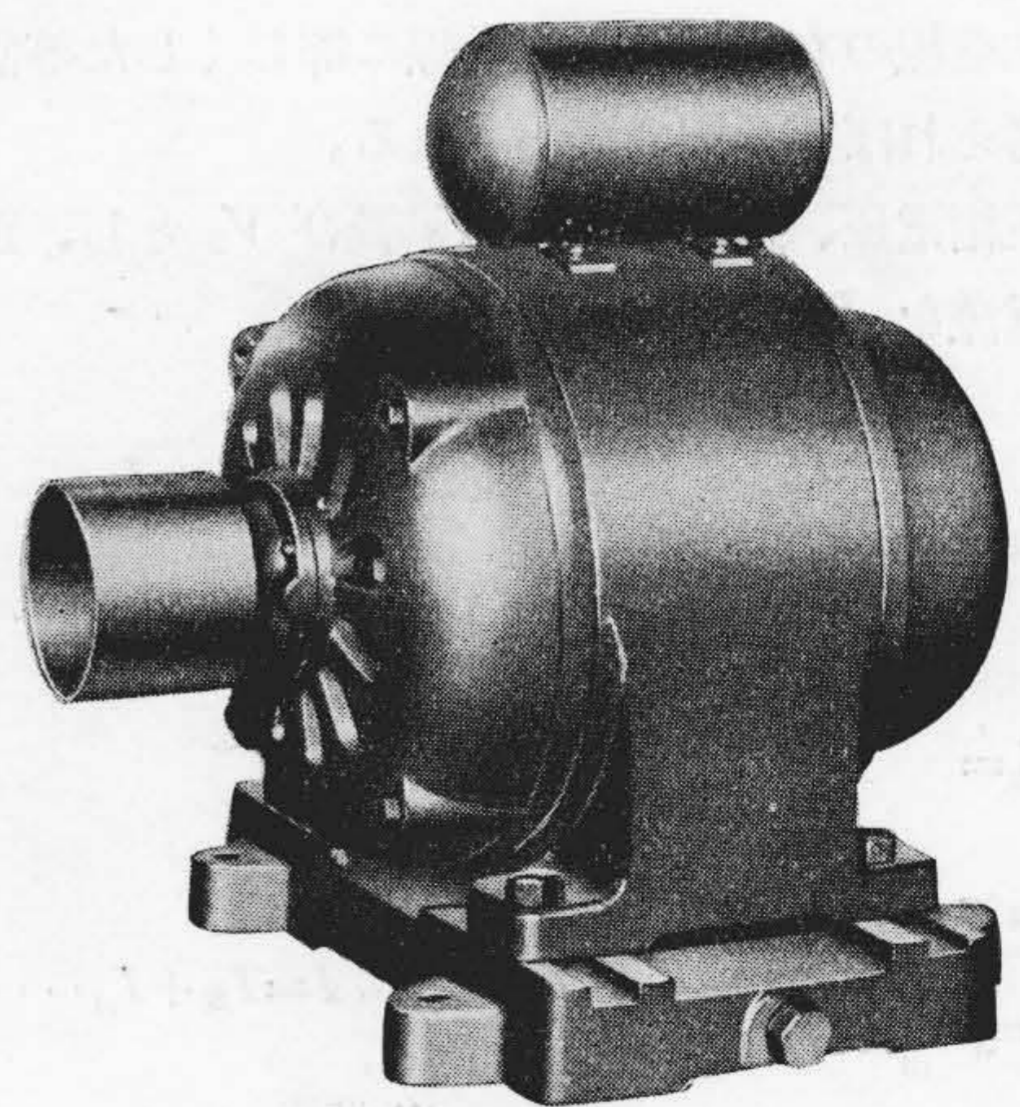
現在 1/4 HP 乃至 1 HP 程度の单相誘導電動機の起動方式は主として分相起動式と反撥起動式である。その大半は起動特性の良好な反撥起動式であるが、反撥起動方式では回転子巻線、整流子、刷子及び短絡装置等複雑な構造を有しているため高価となり又故障の原因ともなる。

そのため古くより構造簡単で堅牢な蓄電器起動方式が考えられてきた。しかし紙蓄電器は容積大で高価なため蓄電器起動電動機は未だ我国では広く実用されるに至らなかつた。

漸く最近電解蓄電器の信頼性のあるものが得られるようになってきたので、今後はこの種電動機が漸次各方面に使用されるものと思われる。

本稿は蓄電器起動電動機の起動特性を主とした諸特性が円線図で比較的容易に求められることを述べた。尚蓄電器を運転中にも補助回路に挿入した蓄電器電動機についても同様な考察により特性を求めることができる。

* 日立製作所亀戸工場



第 1 図 蓄電器起動单相電動機

Fig. 1. Capacitor Start Single Phase Induction Motor

〔II〕 基 本 式

特性の計算は主及び補助巻線の電流及び正相、逆相の電流を求めれば後記するように容易に行いうる。

計算にあたり次の仮定が出来るものとする。

(a) 磁界は正弦波分布をなす。即ち固定子巻線は正弦波形の起磁力を発生し、空隙は一様で鉄心のパーミアンスも一様である。

(b) 回路常数は電圧電流に関せず一定である。

(c) 主巻線と補助巻線の位置は電氣的に 90° の角度にある。

今後使用する記号を次の如く定める。

$N_M; N_A$ = 主及び補助巻線の巻回数

$f_M; f_A$ = 主及び補助巻線の巻線係数

$\alpha = \frac{N_A f_A}{N_M f_M}$ = 補助巻線の主巻線に対する有効巻回数比

$Z_M = r_M + jx_M$ = 主巻線のインピーダンス

$Z_A = r_A + jx_A$ = 補助巻線のインピーダンス

$r_2; x_2$ = 回転子の抵抗及び漏洩リアクタンスを主巻線に換算したもの

$Z_C = r_C - jx_C$ = 蓄電器のインピーダンス

$g_0; b_0$ = 主巻線の励磁コンダクタンス及びサッセフタンス

s = 滑り

V = 電源電圧

V_C = 蓄電器電圧

I = 全電流

I_M, I_A = 主及び補助回路電流

蓄電器起動単相誘導電動機の回路を第 2 図に示す。

S_w は起動時投入され、運転中開放される開閉器を示す。

補助巻線の有効巻数を主巻線に等しくした等価の電動機を考えれば第 3 図で表わされる。

今正相電圧、逆相電圧を V_1 及び V_2 とし、正相電流逆相電流を I_1 及び I_2 とすれば

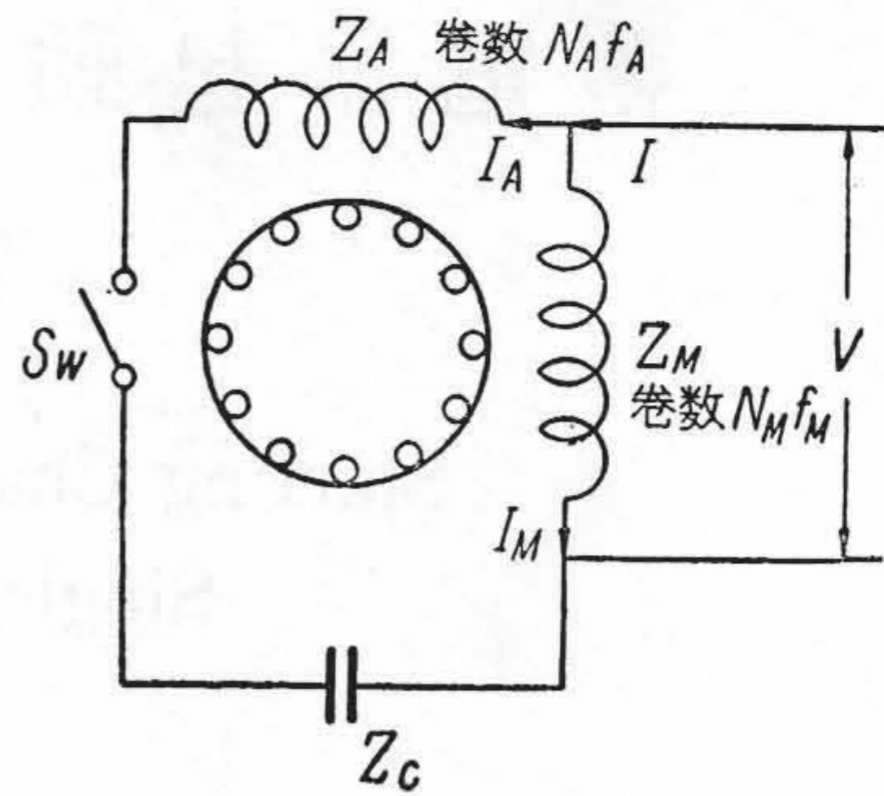
$$\left. \begin{aligned} V_1 &= \frac{V - j \frac{V}{\alpha}}{2} \quad \dots (1) \\ V_2 &= \frac{V + j \frac{V}{\alpha}}{2} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{I_M - j \alpha I_A}{2} \quad \dots (2) \\ I_2 &= \frac{I_M + j \alpha I_A}{2} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

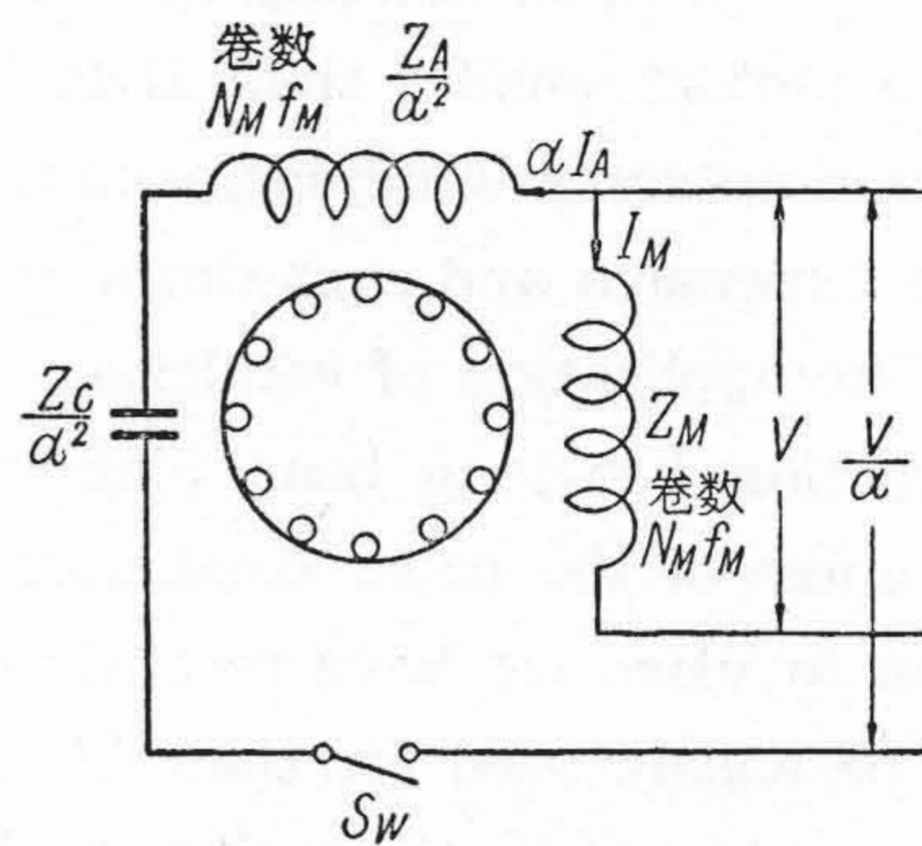
$$\left. \begin{aligned} I_M &= I_1 + I_2 \\ I_A &= j \frac{1}{\alpha} (I_1 - I_2) \end{aligned} \right\} \dots (3) \quad I = I_M + I_A \dots (4)$$

次に

$$\left. \begin{aligned} Z_{m1} &= \frac{1}{g_0 - j b_0 + \frac{1}{\frac{r_2}{s} + j x_2}} \\ Z_{m2} &= \frac{1}{g_0 - j b_0 + \frac{1}{\frac{r_2}{2-s} + j x_2}} \end{aligned} \right\} \dots (5)$$



第 2 図 蓄電器起動単相電動機の回路
Fig. 2. Circuit of Condenser Start Single Phase Induction Motor



第 3 図 等価回路
Fig. 3. Equivalent Circuit

とおけば、主巻線と補助巻線の電圧は (6) 式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} V &= I_1 Z_{m1} + I_2 Z_{m2} + I_M Z_M \\ \frac{V}{\alpha} &= j I_1 Z_{m1} - j I_2 Z_{m2} + \alpha I_A \frac{Z_A + Z_C}{\alpha^2} \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

更に (7) 式の如く $Z_1; Z_2$ を表わし (1) (6) 式より I_1, I_2 を求めれば、

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= \frac{Z_M - \left(\frac{Z_A + Z_C}{\alpha^2} \right)}{2} \\ Z_2 &= \frac{Z_M + \left(\frac{Z_A + Z_C}{\alpha^2} \right)}{2} \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{V_1 (Z_2 + Z_{m2}) - V_2 Z_1}{Z_2 (Z_{m1} + Z_{m2}) + Z_{m1} Z_{m2} + (Z_2^2 - Z_1^2)} \\ I_2 &= \frac{V_2 (Z_2 + Z_{m1}) - V_1 Z_1}{Z_2 (Z_{m1} + Z_{m2}) + Z_{m1} Z_{m2} + (Z_2^2 - Z_1^2)} \end{aligned} \right\} \dots (8)$$

回転力は次式で表わされる。

$$T = 2 \left(k_1 |I_1|^2 \frac{r_2}{s} - k_2 |I_2|^2 \frac{r_2}{2-s} \right) \text{ 同期ワット} \dots (9)$$

但し

$$k_1 = \frac{1}{1 + (g_0 - jb_0) \left(\frac{r_2}{s} + jx_2 \right)} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$k_2 = \frac{1}{1 + (g_0 - jb_0) \left(\frac{r_2}{2-s} + jx_2 \right)}$$

次に起動時及び運転中の特性に就いて述べる。

〔III〕 起 動

始めに起動特性につき述べると、起動即ち $s=1$ の場合は (9) (10) 式より。

$$k_1 = k_2 = \frac{1}{1 + (g_0 - jb_0)(r_2 + jx_2)} = k$$

となつて起動回転力は、

$$T = 2kr_2(|I_1|^2 - |I_2|^2)$$

今、

$$I_M = |I_M| \varepsilon^{-j\varphi_M} \quad I_A = |I_A| \varepsilon^{j\varphi_A} \text{ とすれば、}$$

$$I_1 = \frac{I_M - j\alpha I_A}{2} = \frac{|I_M| \varepsilon^{-j\varphi_M} - \alpha |I_A| \varepsilon^{j\varphi_A + \frac{\pi}{2}}}{2}$$

$$= \frac{1}{2} \left\{ (I_M \cos \varphi_M + \alpha I_A \sin \varphi_A) \right.$$

$$\left. - j(I_M \sin \varphi_M + \alpha I_A \cos \varphi_A) \right\}$$

$$I_2 = \frac{1}{2} \left\{ (I_M \cos \varphi_M - \alpha I_A \sin \varphi_A) \right.$$

$$\left. - j(I_M \sin \varphi_M - \alpha I_A \cos \varphi_A) \right\}$$

従つて、 $|I_1|^2 - |I_2|^2 = \alpha I_M I_A \sin(\varphi_M + \varphi_A)$

而して、 $\varphi = \varphi_M + \varphi_A$ とすれば、即ち φ を主巻線の電流と補助巻線の電流との間の位相角とすれば、

$$T = 2 \alpha k r_2 I_M I_A \sin \varphi \dots\dots\dots (11)$$

更に起動時には $Z_{m1} = Z_{m2}$ となり、 I_M 及び I_A は (12) (13) 式で表わされる。

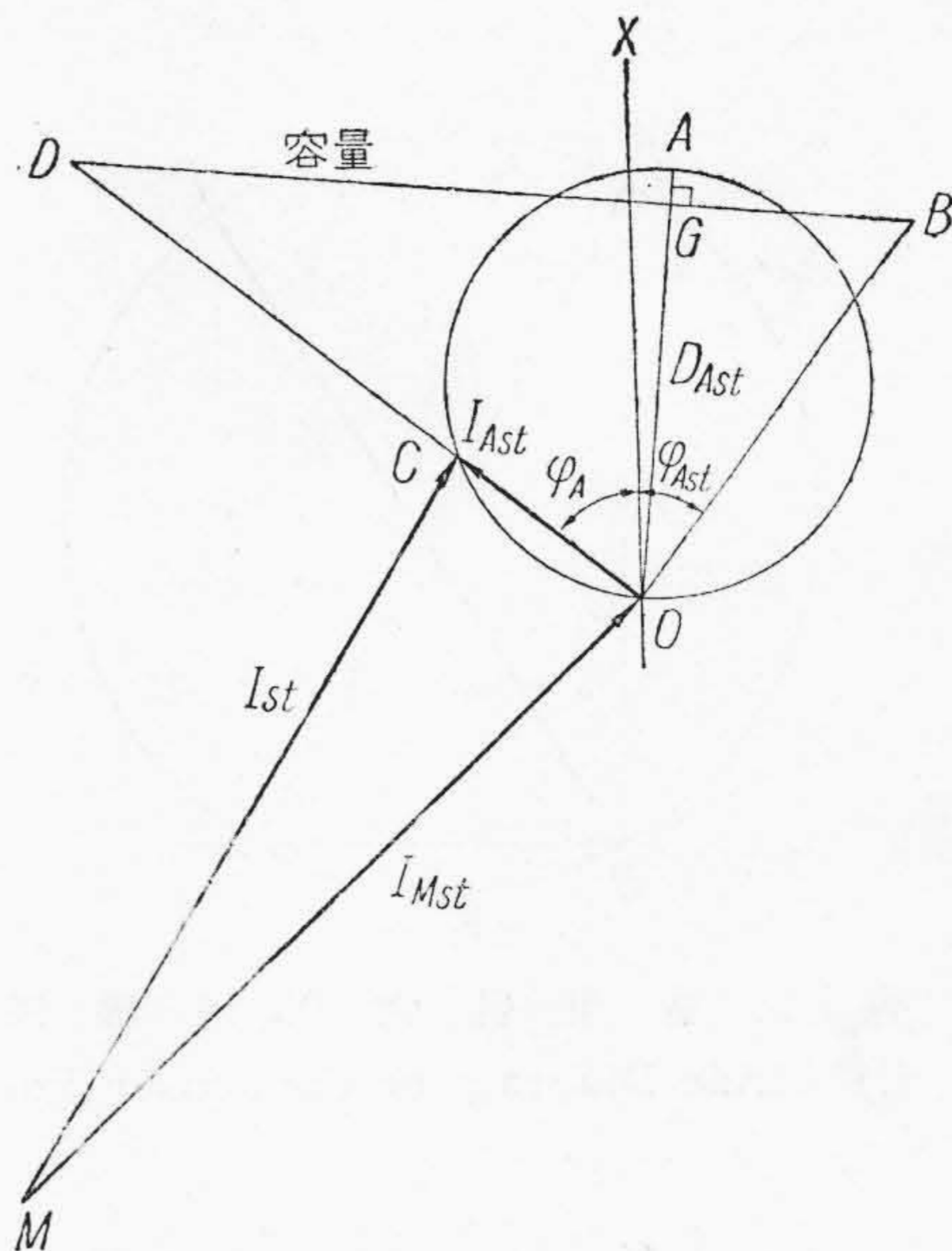
$$I_M = \frac{V}{Z_M + \frac{1}{g_0 - jb_0 + \frac{1}{r_2 + jx_2}}} = \frac{V}{Z_{Mst}} \dots\dots (12)$$

但し

$$Z_{Mst} = Z_M + \frac{1}{g_0 - jb_0 + \frac{1}{r_2 + jx_2}}$$

$$I_A = \frac{V}{Z_A + Z_C + \alpha^2 \frac{1}{g_0 - jb_0 + \frac{1}{r_2 + jx_2}}} \dots\dots\dots (13)$$

一般に主巻線は電動機の運転特性により定まる故起動



第4図 起動電流円線図

Fig. 4. Circle Diagram of Starting Current 特性に関するものとして

- (1) 補助回路に挿入する蓄電器の容量を変えた場合
- (2) 補助回路の巻回数を変えた場合

の二つの場合について考察する。

(1) 蓄電器容量を変えた場合

(A) 起動電流

今蓄電器の力率は容量に無関係に一定と仮定すれば、 $\cos \varphi_\lambda$ を蓄電器の力率とし λ を次のように定義する。

$$\lambda = (\cos \varphi_\lambda - j \sin \varphi_\lambda) = \varepsilon^{-j\varphi_\lambda}$$

然るとき (13) 式は

$$I_A = \frac{V}{\left(Z_A + \alpha^2 \frac{1}{g_0 - jb_0 + \frac{1}{r_2 + jx_2}} \right) + |Z_C| \lambda} \dots\dots\dots (14)$$

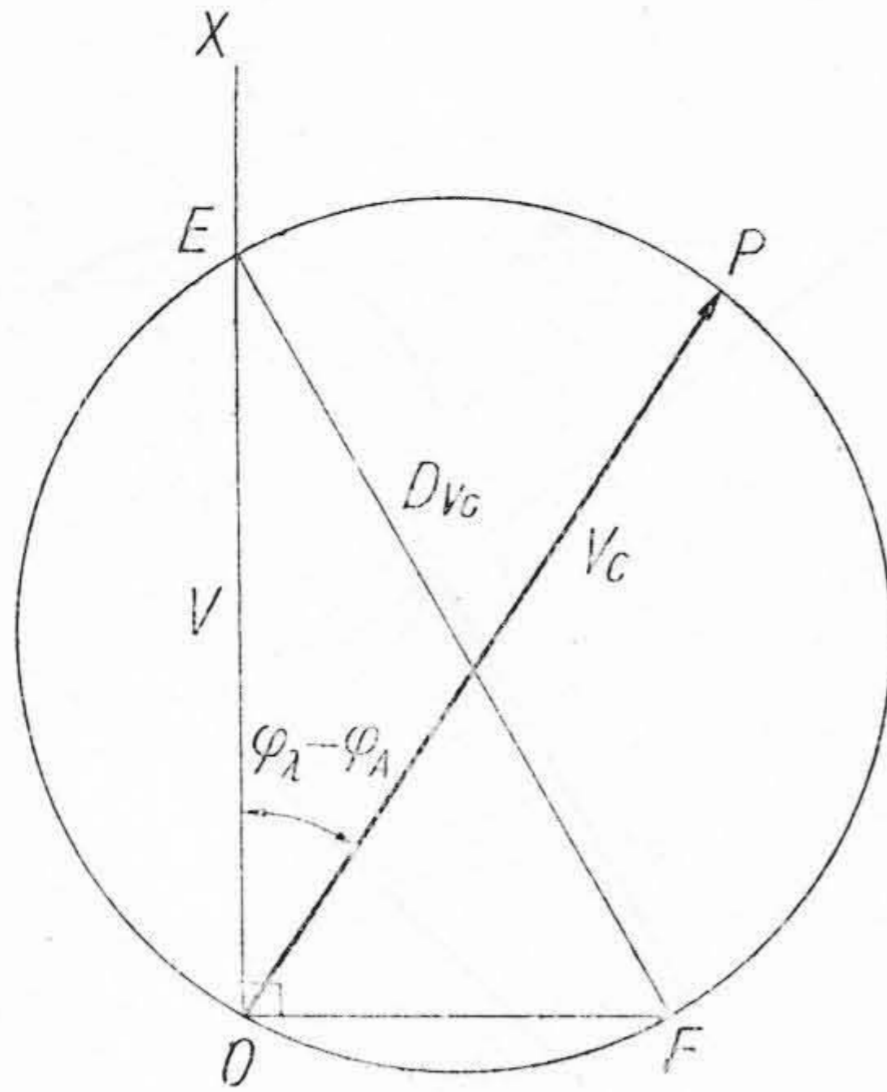
となり、又

$$Z_A + \alpha^2 \frac{1}{g_0 - jb_0 + \frac{1}{r_2 + jx_2}} = Z_{Ast} = |Z_{Ast}| \varepsilon^{j\varphi_{Ast}}$$

とおけば、更に I_A は (15) 式のようになる。

$$I_A = \frac{V}{Z_{Ast} + \lambda |Z_C|} = \frac{V}{|Z_{Ast}| \varepsilon^{j\varphi_{Ast}} - \varepsilon^{-j\varphi_\lambda} |Z_C|} \dots\dots\dots (15)$$

(15) 式で Z_C を変えた場合の I_A の変化は一つの円て表わされる。即ち第4図に示すように、電圧の方向(即ち位相差零の方向)を \overline{OX} にとれば、 I_A の軌跡は (16) 式で表わされるベクトル $\overline{D_{Ast}}$ を直径 \overline{OA} とする



第 5 図 蓄電器電圧円線図
Fig. 5. Circle Diagram of Condenser Voltage
円となる。

$$D_{Ast} = \frac{V}{|Z_{Ast}| \sin(\varphi_\lambda + \varphi_{Ast})} \epsilon^{j(\varphi_\lambda - \frac{\pi}{2})} \dots\dots\dots (16)$$

今任意の容量の蓄電器を補助回路に入れた場合の電流は上述せる円周上にある。この点を C とし更に MO を (12) 式で表わされる主回路電流にとれば、MC は起動電流を表わす。

次に OB を φ_{Ast} の方向にとり、 $OB = |Z_{Ast}|$ にとり B 点より OA に下した垂線を BG とし OC との交点を D とすれば、BD は蓄電器の尺度として用いられる。

従つて任意の蓄電器容量に対する補助回路の電流及び全電流が求められる。

(B) 蓄電器電圧

次に蓄電器に掛る電圧に就いて述べる。

蓄電器電圧は (17) 式で表わされる。

$$V = Z_C I_A \dots\dots\dots (17)$$

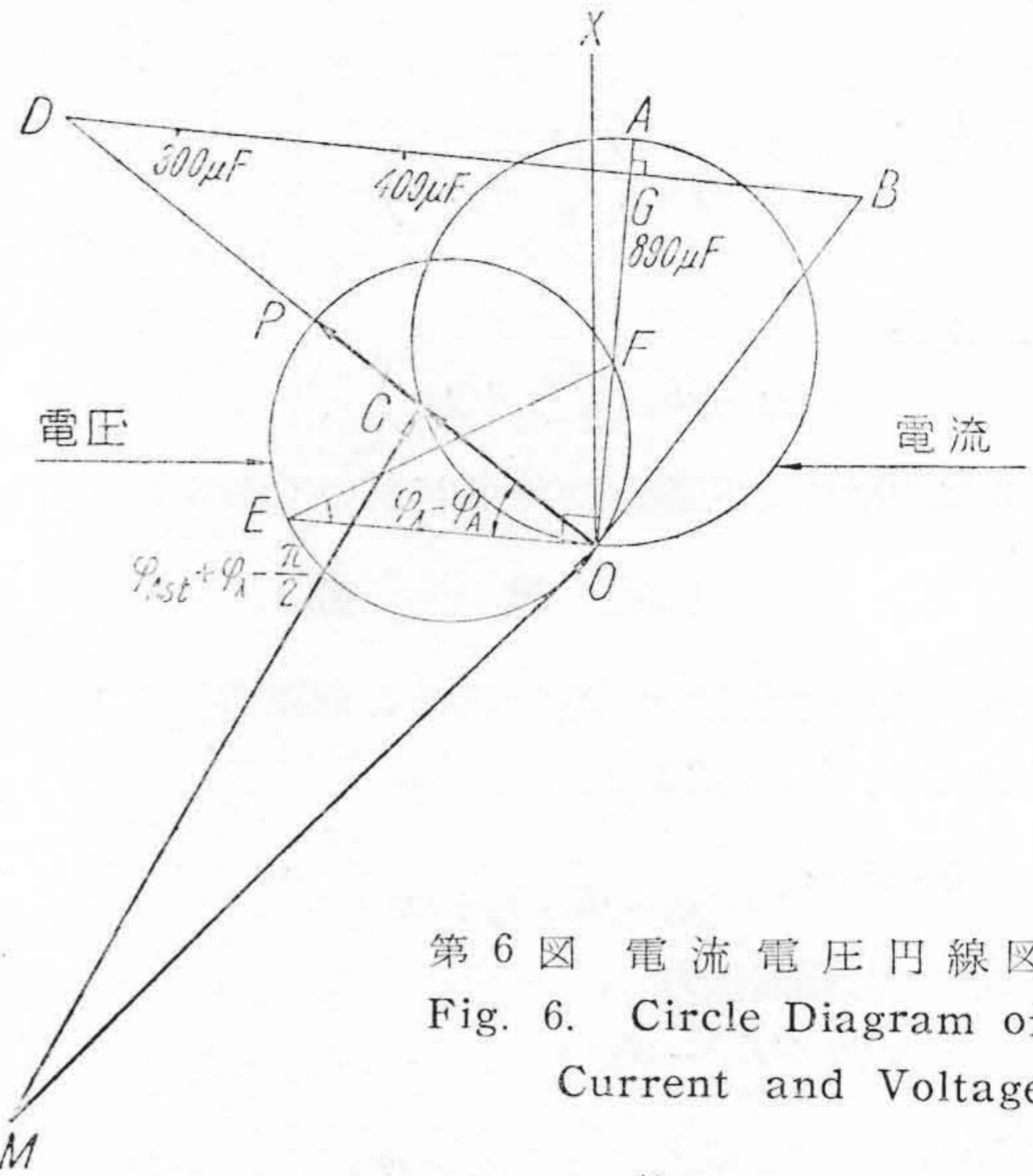
(17) 式に (15) 式を代入すれば、

$$V_C = \frac{V |Z_C| \epsilon^{-j\varphi_\lambda}}{|Z_{Ast}| \epsilon^{j\varphi_{Ast}} + Z_C \epsilon^{-j\varphi_\lambda}} = V + \frac{V |Z_{Ast}| \epsilon^{j(\varphi_{Ast} + \pi)}}{|Z_{Ast}| \epsilon^{j\varphi_{Ast}} + |Z_C| \epsilon^{-j\varphi_\lambda}} \dots\dots\dots (18)$$

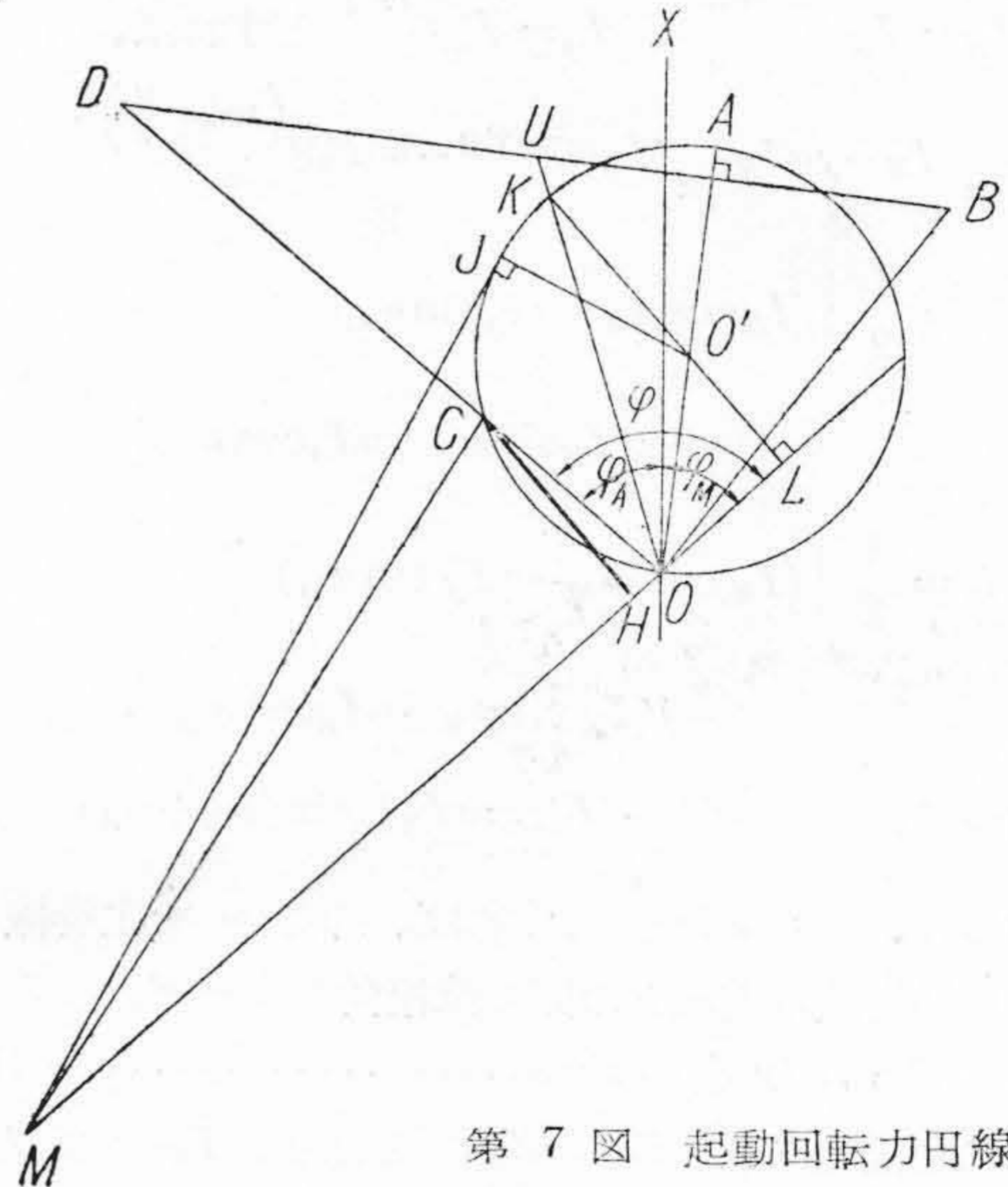
蓄電器電圧を表わす(18)式は $|Z_C|$ を変化した場合の V_C の変化は一つの円で表わされることを示す。

即ち第 5 図で基線 OX 上に V に等しく OE をとり E 点より次式 (19) で表わされるとベクトル EF を直径とする円を書けば、この円周上の点 P と O を結ぶ OP が蓄電器電圧 V_C に相当する。

$$D_{VC} = |V| \frac{\epsilon^{j(\frac{\pi}{2} + \varphi_{Ast} + \varphi_\lambda)}}{\sin(\varphi_\lambda + \varphi_{Ast})} \dots\dots\dots (19)$$



第 6 図 電流電圧円線図
Fig. 6. Circle Diagram of Current and Voltage



第 7 図 起動回転力円線図
Fig. 7. Circle Diagram of Starting Torque

而して $\angle EOP$ は V_C の位相角を表わす。しかるに V_C の位相角は、 I_A の位相角 φ_A と Z_C の位相角と φ_λ の和である。

$$\angle EOP = -\varphi_A + \varphi_\lambda$$

次に第 4 図電流円線図と第 5 図電圧円線図とを同時に表わしてみる。

第 6 図に於て電流軌跡は第 4 図と同一とする。第 5 図の電圧軌跡の OF を OA の方向と一致させて表わし、OC と円 OFE との交点を P とすれば、

$$\begin{aligned} \angle POE &= \angle ECF - \angle COX - \angle XOF \\ &= \frac{\pi}{2} - \varphi_A - \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_\lambda \right) = \varphi_\lambda - \varphi_A \end{aligned}$$

$$V_{C_{max}} = \frac{V}{\sin(\varphi_{\lambda} + \varphi_{Ast})}$$

となり前節で述べた結果と同じになる。

起動回転力は前節同様 C_a より OM に下した垂線 C_aH と a との積であらわされる。

〔IV〕 加速中の特性

ここで加速中の特性とは補助回路に蓄電器を挿入して起動から運転に到るまでの特性をいう。今加速中の逆相インピーダンス Z_{m2} に於て

$$\frac{r_2}{2-s} = \frac{r_2}{2} \text{ とし、}$$

又 $g_0 - jb_0$ を $\frac{1}{\frac{r_2}{2-s} + jx_2}$ に対し無視すれば、

$$Z_{m2} = \frac{r_2}{2} + jx_2$$

となり、これより (8) 式の I_1, I_2 を書き換えると、

$$I_1 = \frac{V_1(Z_2 + Z_{m2}) - V_2Z_1}{Z_2Z_{m2} + (Z_2^2 - Z_1^2) + Z_{m1}(Z_2 + Z_{m2})}$$

$$= \frac{\{V_1(Z_2 + Z_{m2}) - V_2Z_1\} \left\{ Y_0 \left(\frac{r_2}{s} + jx_2 \right) + 1 \right\}}{\{Z_2Z_{m2} + (Z_2^2 - Z_1^2)\} \left\{ Y_0 \left(\frac{r_2}{s} + jx_2 \right) + 1 \right\} + (Z_2 + Z_{m2}) \left(\frac{r_2}{s} + jx_2 \right)}$$

$$= \frac{\{V_1(Z_2 + Z_{m2}) - V_2Z_1\} (jx_2 Y_0 + 1) + \{V_1(Z_2 + Z_{m2}) - V_2Z_1\} Y_0 \frac{r_2}{s}}{\{Z_2Z_{m2} + (Z_2^2 - Z_1^2)\} (jx_2 Y_0 + 1) + jx_2 (Z_2 + Z_{m2}) + \frac{r_2}{s} \{Y_0 Z_2 Z_{m2} + (Z_2^2 - Z_1^2) + Z_2 + Z_{m2}\}}$$

$$= \frac{A + B \frac{r_2}{s}}{C + D \frac{r_2}{s}} = \frac{B}{D} + \frac{A - \frac{CB}{D}}{C + D \frac{r_2}{s}} \dots \dots \dots (21)$$

但し

$$\left. \begin{aligned} A &= \{V_1(Z_2 + Z_{m2}) - V_2Z_1\} (jx_2 Y_0 + 1) \\ B &= \{V_1(Z_2 + Z_{m2}) - V_2Z_1\} Y_0 \\ C &= \{Z_2Z_{m2} + (Z_2^2 - Z_1^2)\} (jx_2 Y_0 + 1) \\ &\quad + jx_2 (Z_2 + Z_{m2}) \\ D &= \{Z_2Z_{m2} + (Z_2^2 - Z_1^2)\} Y_0 + Z_2 + Z_{m2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (22)$$

同様に I_2 は

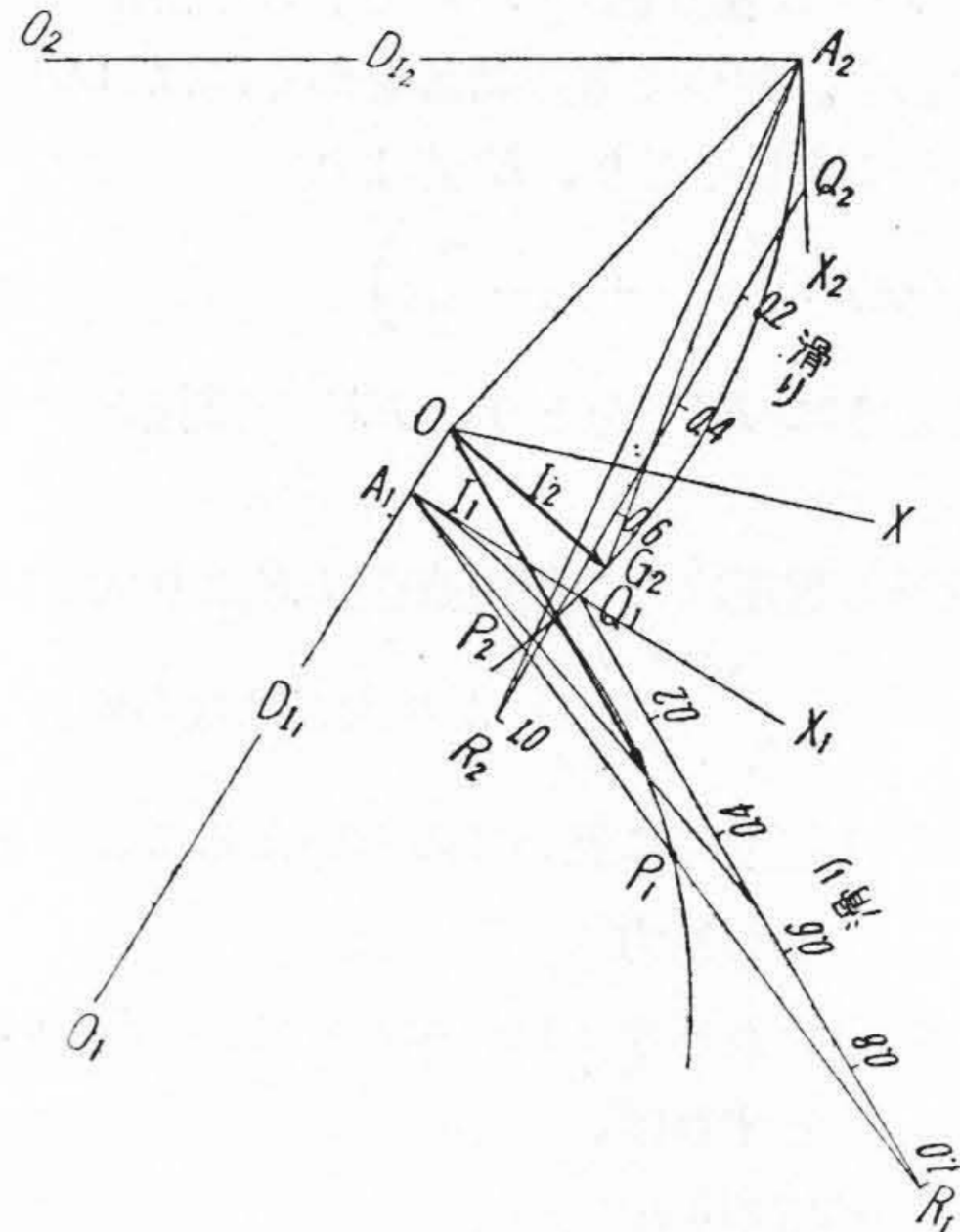
$$I_2 = \frac{V_2(Z_2 + Z_{m1}) - V_1Z_1}{Z_2Z_{m2} + (Z_2^2 - Z_1^2) + Z_{m1}(Z_2 + Z_{m2})}$$

$$= \frac{L + M \frac{r_2}{s}}{C + D \frac{r_2}{s}} = \frac{M}{D} + \frac{L - \frac{CM}{D}}{C + D \frac{r_2}{s}} \dots \dots \dots (23)$$

但し

$$\left. \begin{aligned} L &= (V_2Z_2 - V_1Z_1) (jx_2 Y_0 + 1) + jV_2x_2 \\ M &= (V_2Z_2 - V_1Z_1) Y_0 + V_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots (24)$$

(21) 式及び (23) 式で表わされる I_1, I_2 は円線図で表わされる。即ち I_1 について (21) 式を更に次のように



第9図 I_1, I_2 円線図
Fig. 9. Circle Diagram of I_1 and I_2

書きかえると

$$I_1 = \frac{B}{D} + \frac{A - C \frac{B}{D}}{C + D \frac{r_2}{s}} = a_1 \epsilon^{j\varphi_{a1}}$$

$$+ \frac{b_1 \epsilon^{j\varphi_{b1}}}{c_1 \epsilon^{j\varphi_{c1}} + d_1 \epsilon^{j\varphi_{d1}} \frac{r_2}{s}}$$

$$= a_1 \epsilon^{j\varphi_{a1}} + \frac{b_1 \epsilon^{j(\varphi_{b1} - \varphi_{d1})}}{c_1 \epsilon^{j(\varphi_{c1} - \varphi_{d1})} + d_1 \frac{r_2}{s}} \dots \dots \dots (25)$$

第9図で I_1 の軌跡は原点 O より OA_1 を $a_1 \epsilon^{j\varphi_{a1}}$ に等しくとり A_1 から次式 (25) で表わされるベクトル D_{I1} を直径とする円をかき、円上の点 G_1 と O とを結べば OG_1 は I_1 を表わす。

$$D_{I1} = \frac{b_1 \epsilon^{j(\varphi_{b1} - \varphi_{d1} - \frac{\pi}{2})}}{c_1 \sin(\varphi_{c1} - \varphi_{d1})} \dots \dots \dots (26)$$

又 $S=1$ 即ち起動時の正相電流を $I_{1s=1}$ とすれば、

$$I_{1s=1} = a_1 \varepsilon^{j\varphi_{a1}} + \frac{b_1 \varepsilon^{j(\varphi_{b1} - \varphi_{a1})}}{C_1 \varepsilon^{j(\varphi_{c1} - \varphi_{a1})} + d_1 r_2}$$

第9図で $I_{1s=1}$ を表わす点を P_1 とし A_1 より OA_1 に垂線 OX_1 をひき OX_1 上の任意の点 Q_1 より

$$\angle X_1 Q_1 R_1 = \varphi_{c1} - \varphi_{a1}$$

の角をなす直線 $Q_1 R_1$ をひき、 $A_1 P_1$ との交点を R_1 とすれば $Q_1 R_1$ は滑りの尺度となる。

同様にして I_2 も求められる。即ち第9図で OA_2 ベクトルを (23) 式の $\frac{M}{D}$ に等しくとり、 A_2 点より直径が次式で表わされる円をかけばこの円は I_2 の軌跡となる。

$$D_{I_2} = \frac{b_2 \varepsilon^{j(\varphi_{b2} - \varphi_{a1} - \frac{\pi}{2})}}{C_1 \sin(\varphi_{c1} - \varphi_{a1})} \dots\dots\dots (27)$$

但し $b_2, c_1, \varphi_{b2}, \varphi_{b1}$ 等は I_1 と同じく次の式で定義されるものである。

$$I_2 = \frac{M}{D} + \frac{L - \frac{CM}{D}}{C + D \frac{r_2}{s}} = a_2 \varepsilon^{j\varphi_{a2}} + \frac{b_2 \varepsilon^{j\varphi_{b2}}}{C_1 \varepsilon^{j\varphi_{c1}} + d_1 \varepsilon^{j\varphi_{a1}} \frac{r_2}{s}} \dots\dots\dots (28)$$

更に I_A, I_M, I については I_1, I_2 をベクトル計算又は作図すれば求められる。又 (3) 式より、

$$I_M = I_1 + I_2 = \frac{B+M}{D} + \frac{A+L - \frac{C}{D}(B+M)}{C + D \frac{r_2}{s}}$$

$$I_A = \frac{1}{\alpha} j(I_1 - I_2)$$

$$= j \frac{1}{\alpha} \left\{ \frac{B-M}{D} + \frac{(A-L) - \frac{C}{D}(B-M)}{C + D \frac{r_2}{s}} \right\}$$

となりこれは又円線図で表わされることは明らかである。尙蓄電器の電圧は I_A に比例し又回転力は (9) 式で求められる。

〔V〕 回転力零の速度

補助回路に蓄電器を挿入し、加速する場合、蓄電器の容量が大きいときは同期速度に到らず回転力零となる。

このときの滑り s は、(9) 式より

$$T = 2 \left(k_1 |I_1|^2 \frac{r_2}{s} - k_2 |I_2|^2 \frac{r_2}{2-s} \right) = 0$$

更に $k_1 = k_2$ とすれば

$$(2-s)|I_1|^2 = s|I_2|^2$$

となり更に (8) 式より

$$(2-s)|V_1(Z_2 + Z_{m2}) - V_2 Z_1|^2 = s|V_2(Z_2 + Z_{m1}) - V_1 Z_1|^2$$

左辺の $(2-s)$ に於て s を無視し、(5) 式の励磁アドミッタンスを無視すれば上式は

$$2|R_1 + jX_1|^2 = s \left\{ R_2 + \frac{r_2}{2s} + j \left(X_2 + \frac{r_2}{2\alpha s} \right) \right\}^2 \dots\dots (29)$$

但し

$$R_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{r_A + r_c}{\alpha^2} + \frac{x_M + x_2}{\alpha} + \frac{r_2}{2} \right)$$

$$X_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{x_A - x_c}{\alpha^2} - \frac{r_2 + 2r_M}{2\alpha} + x_2 \right)$$

$$R_2 = \frac{1}{2\alpha} \left\{ \frac{r_A + r_c}{\alpha} - (x_2 + x_M) \right\}$$

$$X_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{x_A - x_c}{\alpha^2} + \frac{r_M}{\alpha} + x_2 \right)$$

更に (29) 式を書きかえると、

$$s^2 A + sB + C = 0$$

但し $A = R_2^2 + X_2^2$

$$B = R_2 r_2 + \frac{X_2 r_2}{\alpha} - 2(R_1^2 + X_1^2)$$

$$C = \frac{r_2^2}{4} \left(1 + \frac{1}{\alpha^2} \right)$$

従つて

$$s = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \dots\dots\dots (30)$$

(30) 式は回転力が零となる滑りを表わしている。

〔VI〕 計算例

出力 0.4kW, 4 極, 100 V, 50 \sim の蓄電器電動機に於て常数を次のようにとれば

$$Z_M = 0.695 + j 1.0 \Omega$$

$$Z_A = 2.8 + j 1.86 \Omega \quad \alpha = 1.44$$

$$g_0 - j b_0 = 0.004 - j 0.03 \text{ v}$$

$$r_2 = 1.375 \Omega \quad x_2 = 1.1 \Omega$$

(12) 式及び (15) 式の Z_{Mst}, Z_{Ast} は、

$$Z_{Mst} = 2.88 \angle 47^\circ \Omega \quad \text{従つて } I_{Mst} = 34.7 \angle 47 \text{ Amp.}$$

$$Z_{Ast} = 6.83 \angle 37.5^\circ \Omega$$

となり蓄電器の力率を 10% とすれば (16) 式より、

$$D_{Ast} = 17.2^\circ \angle 6^\circ \text{ Amp.}$$

で第6図 (第30頁参照) の BG は 3.57Ω に相当しこれは $890 \mu\text{F}$ となる。これより容量の尺度が目盛れる。

電流の円線図は第6図 (第30頁参照) のようになる。次に電圧円線図は $OE = 100 \text{ V}$ にとり、

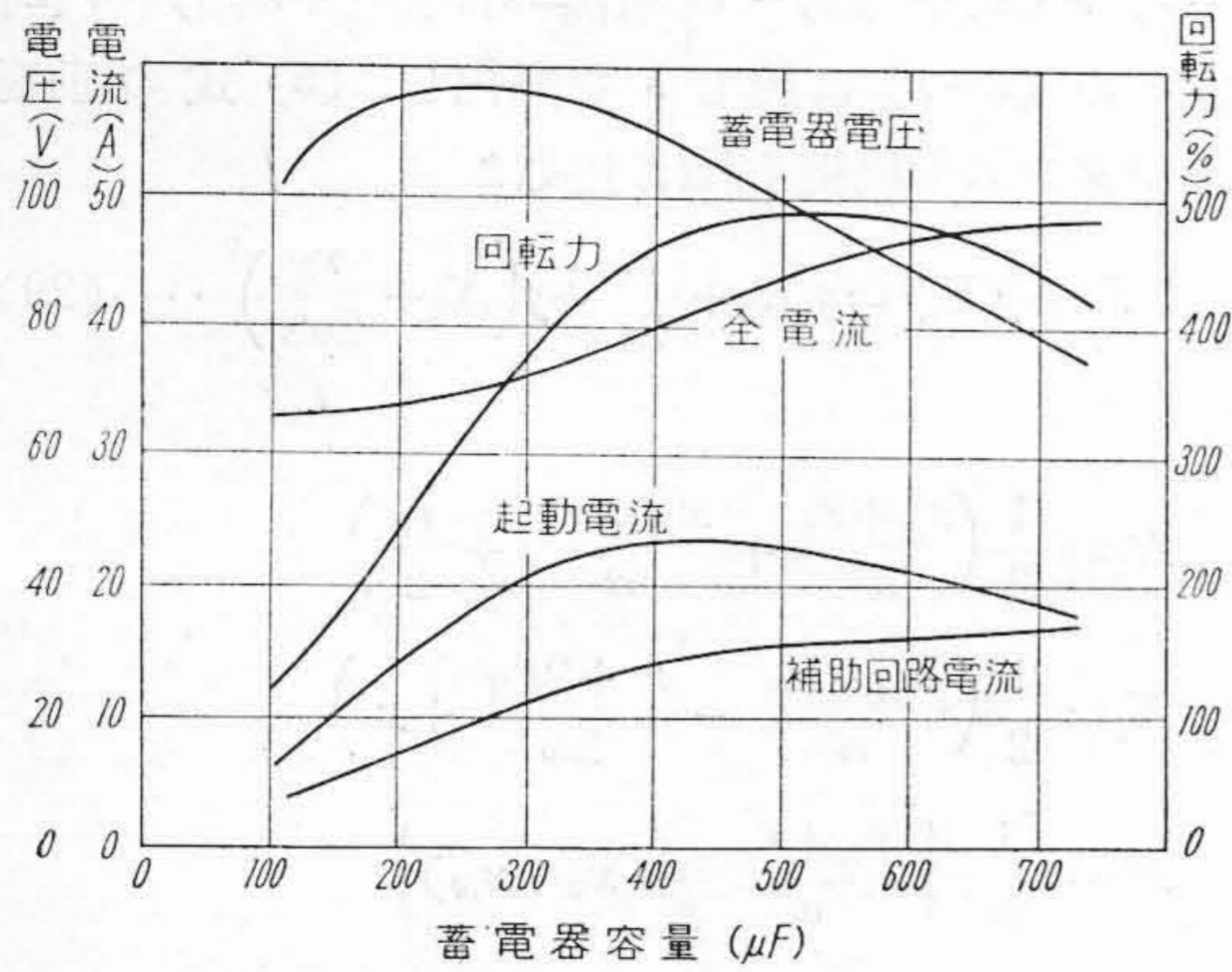
$$\angle OEF = 31.5^\circ$$

にとれば電圧円線図がえられる。

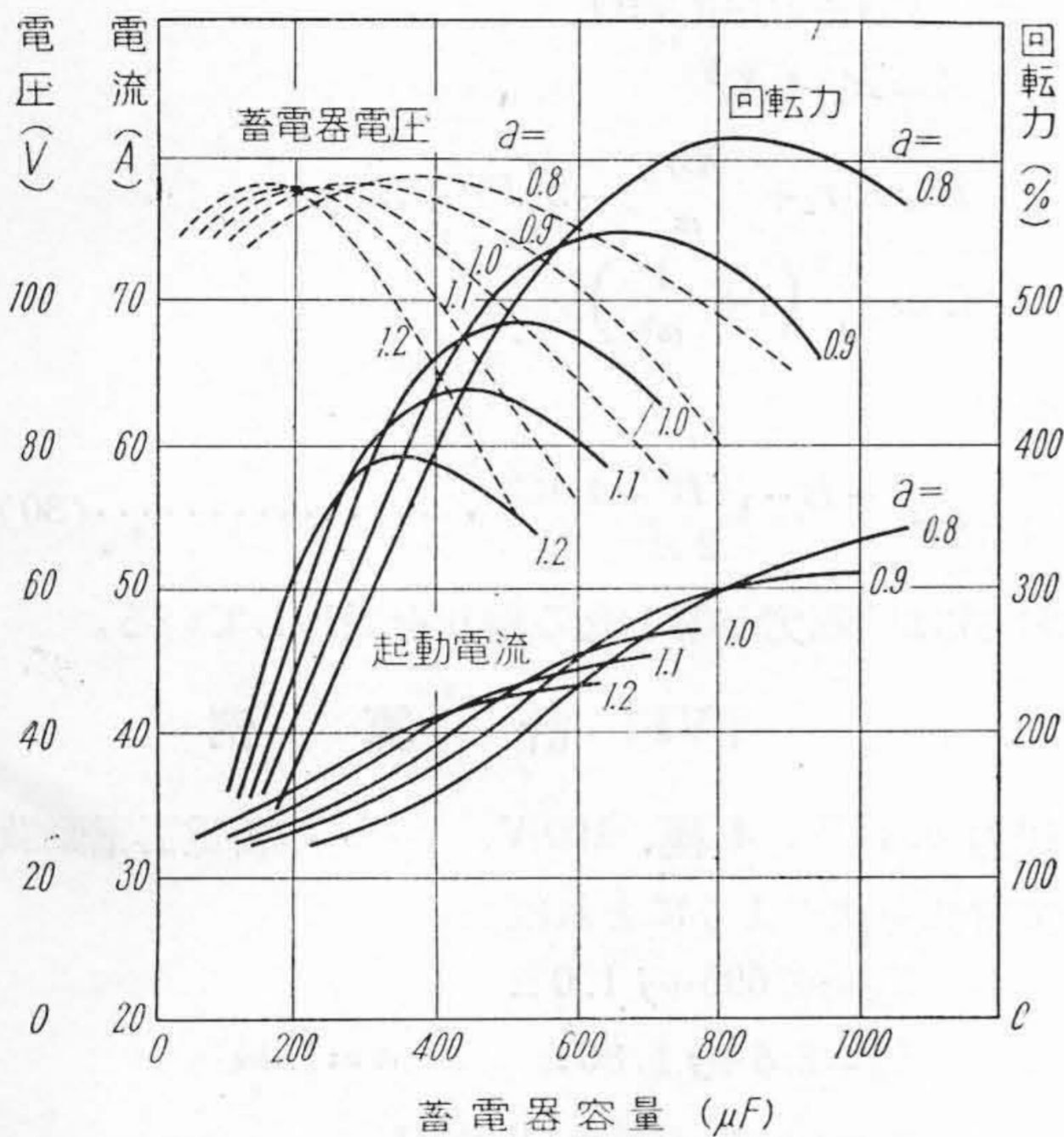
蓄電器の容量を $250 \mu\text{F}$ としたとき補助巻線の巻回数を変化したときの補助回路電流円線図は (20) 式より

$$D_{ast} = 9.25 \angle 52.5^\circ \text{ Amp.}$$

を直径とする円となる。



第 10 図 起動特性曲線 (I)
Fig. 10. Starting Characteristic Curve (I)



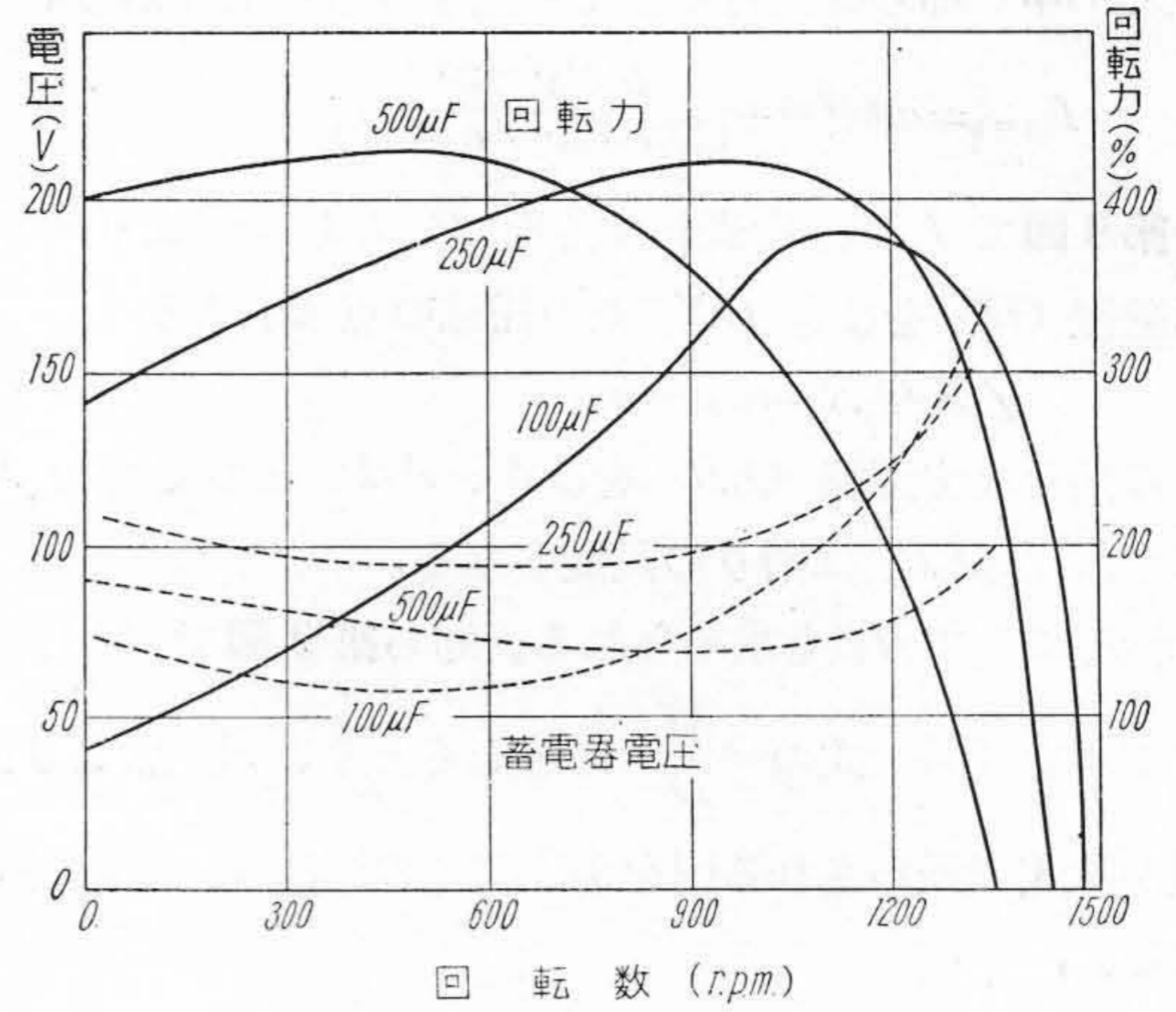
第 11 図 巻数比変化の場合の起動特性曲線
Fig. 11. Starting Characteristic Curve for Variable Turn Ratio

以上により蓄電器の容量を変化した場合の起動特性曲線を求めると第 10 図のようになる。又補助巻線の巻回数を変えたときの起動回転力、起動電流、蓄電器電圧の変化は第 11 図のようになる。図に於て $a=1.0$ は補助巻線の主巻線に対する巻数比 α が 1.44 のものである。

次に加速中の特性を求めてみる。蓄電器の容量を 250 μF 力率を 10% とすれば、(22) (24) 式より、

$$\begin{aligned} A &= 332 \angle 50.5^\circ \text{ volt} \cdot \Omega & L &= 188 \angle 81.5^\circ \text{ volt} \cdot \Omega \\ B &= 9.78 \angle 135.5^\circ \text{ volt} \cdot \Omega & M &= 53.7 \angle 36.5^\circ \text{ volt} \cdot \Omega \\ C &= 10.8 \angle 5.5^\circ \Omega^2 \\ D &= 2.48 \angle 23^\circ \Omega^2 \end{aligned}$$

となり円線図の円の直径及び滑り零の位置 $a_1 \cdot a_2$ は次のようになる。



第 12 図 速度に対する回転力蓄電器電圧の変化
Fig. 12 Torque and Condenser Voltage Correspond to Motor Speed

$$\begin{aligned} D_{I1} &= 62.1 \angle 109^\circ \text{ Amp.} & a_1 &= 3.95 \angle 112.5^\circ \text{ Amp.} \\ D_{I2} &= 78 \angle 167^\circ \text{ Amp.} & a_2 &= 21.6 \angle 159.5^\circ \text{ Amp.} \end{aligned}$$

これらから円線図を求めれば第 9 図 (第 32 頁参照) のようになる。

速度に対する回転力及び蓄電器電圧を求めると第 12 図のようになる。同図には蓄電器の容量を 100, 500 μF とした場合も併記した。蓄電器に加わる電圧は同期速度近くで高くなっている。

これら計算値と実測値とを比較すれば大略類似したものである。第 IV 項運転中の特性の計算は多少複雑となる故第 V 項で述べた回転力零の速度を求めこれより加速中の大略の特性を予想することも出来ると思われる。

現在多く使用されている反撥起動式のものと比較すれば、運転中の特性は大略同一となり起動特性については起動回転力を同じ程度にするのは容易であるが、起動電流は大きくなる。しかし反撥起動式では速度と共に回転力が急激に減少するが蓄電器起動では第 12 図にみられるように良好な回転力曲線を示す。

〔VII〕 結 言

蓄電器起動電動機の起動特性は円線図で考察するのが便利である。蓄電器として電解蓄電器を使用するときは力率と蓄電器に加わる電圧に注意すべきである。

従つて力率を考慮に入れた円線図により考察した方が実際とよく合った結果がえられる。

蓄電器電圧については起動時は $\frac{V}{\sin(\varphi_\lambda + \varphi_{Ast})}$ より大きくはならないが加速中は同期速度近くで上昇する。よつてこの両者について考慮し蓄電器使用電圧を決

定せねばならぬ。回転力については蓄電器の容量が小さければ起動回転力は小さいが加速中は大きくなり、逆に容量の大きいものは起動回転力は大きくても加速中は低下する。

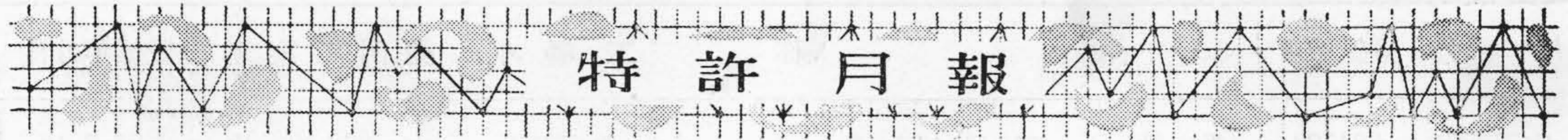
最後に種々御指導下さった森泉部長、松井課長、製作

並びに試験に当られた研究課、検査課の諸氏に対し感謝の意を表し本稿を終る。

参 考 文 献

(1) 蓮見、電会誌、55 p. 88 (昭 10 年)

(2) 山田、日立評論、25 p. 739 (昭 17 年)



最近登録された日立製作所の特許及び実用新案 (その1)

区 分	登録番号	名 称	工場名	発 明 考 案 者	登録年月日
特 許	195188	直 流 高 電 圧 安 全 装 置	中央研究所	三 浦 武 雄 秋 山 正	27. 7. 17
特 許	195189	機 関 点 火 装 置	日立工場	田 中 貞之助	27. 7. 17
実用新案	394705	冷 却 水 応 動 装 置	多賀工場	豊 田 隆太郎 角 田 勝 美	27. 7. 18
//	394706	交 流 電 磁 石	日立工場	白 土 忠 治	//
//	394707	電 気 車 の 電 気 制 動 自 動 制 御 装 置	日立工場	合 田 勇	//
//	394708	電 気 車 用 カ ム 軸 制 御 器	日立工場	竹 村 伸 一	//
//	394709	制 御 器 用 二 段 動 作 空 気 力 作 動 装 置	日立工場	古 山 義 雄	//
//	394710	分 流 器 付 電 気 計 器	日立工場	今 橋 駒 一	//
//	394711	豎 型 紡 糸 電 動 機 取 付 装 置	多賀工場	大 岡 宏	//
//	394712	電 刷 子 保 持 器	日立工場	桑 原 繁太郎	//
//	394713	豎 軸 水 車 発 電 機 の 通 風 装 置	日立工場	塚 本 茂 昌	//
//	394714	刷 子 保 持 器	日立工場	滑 川 清 桑 原 繁太郎	//
//	394715	補 極 線 輪 支 持 装 置	日立工場	菅 原 政 雄	//
//	394716	直 流 機 電 機 子	日立工場	菅 原 政 雄	//
//	394717	豎 軸 回 転 電 機 の 線 輪 緊 縛 装 置	日立工場	菅 原 政 雄	//
//	394718	特 殊 電 源 装 置	日立工場	田 附 修 鳥 居 昭 一	//
//	394719	刷 子 保 持 装 置	日立工場	桑 原 繁太郎	//
//	394720	冷 蔵 庫 露 受 皿	栃木工場	楠 本 陽 一 郎	//
//	394721	紡 糸 ポ ッ ト 自 動 給 水 装 置	多賀工場	大 岡 宏	//
//	394722	変 成 器 コ イ ル の 固 定 装 置	多賀工場	小 林 国 雄	//
//	394723	紡 糸 ポ ッ ト の 自 動 給 水 装 置	日立工場	田 中 貞之助	//
//	394724	渦 巻 室 を 有 す る タ ー ビ ン ポ ンプ	亀有工場	大 貫 康 志	//
//	394725	車 輛 用 充 電 発 電 装 置	多賀工場	杉 浦 慎 三	//
//	394726	内 燃 電 気 車 制 御 装 置	日立工場	石 坂 靈 巖	//
実用新案	394727	水 車 用 ガ イ ド ベ ン	日立工場	滑 川 清	27. 7. 18

特許月報

最近登録された日立製作所の特許及び実用新案 (その2)

区分	登録番号	名称	工場名	発明考案者	登録年月日
実用新案	394728	巻鉄心型変圧器	亀戸工場	大西真史	27.7.18
//	394729	巻鉄心型変圧器	亀戸工場	鬼頭国忠	//
//	394730	エレベータ階床扉鎖錠装置	多賀工場	及川 仟	//
//	394731	換気扇用通気窓	多賀工場	四倉輝夫	//
//	394732	液体噴霧ノズル	日立工場	吉見 環	//
//	394733	冷蔵庫の露受装置	日立工場	田中 貞之助 滑川 清	//
//	394734	水位遠隔測定装置	多賀工場	瀬田 成夫	//
//	394735	エレベータ安全扉	多賀工場	納谷 鉄太郎	//
//	394736	直流機整流子側カバー	日立工場	田 附 修	//
//	394737	ダイヤル型限時スイッチ	戸塚工場	小林 季八吉 石住 善次男	//
//	394738	パイプ接手	多賀工場	益子 三郎	//
//	394739	タービンポンプのステージ拔出金具	日立工場	大橋 盛嘉	//
//	394740	電動洗濯機の運転制御装置	亀戸工場	森 泉 袈裟彌	//
//	394741	摩擦調車	多賀工場	川崎 光彦 門馬 光雄	//
//	394742	レオナード制御装置	日立工場	田 附 修	//
//	394743	増幅回転機によるレオナード制御装置	日立工場	田 附 修	//
//	394744	並行運転直流機装置	日立工場	田 附 修	//
//	394745	整流子短絡装置	多賀工場	安島 忠義	//
//	394746	換気扇用自動開閉窓	多賀工場	四倉輝夫	//
//	394747	深井戸ポンプにおけるポンプ軸支持装置 兼保護管連結装置	亀戸工場	木暮 健三郎	//
実用新案	394748	変圧器油濾過装置	日立工場	谷崎 義一	27.2.18

