

# コンデンサ電動機の始動回路と特性

## Starting Circuit and Performance of Capacitor Motors

小池俊男\*  
Toshio Koike

### 要 旨

補助巻線の銅量の諸特性への影響を調べ、コンデンサを含めた補助回路全体の経済設計の一方法について検討した。コンデンサの電圧を定めて補助回路の諸元を定めるのに、近似手法を取り入れて主要パラメータを簡単な形にまとめ、概略特性を得るのに便利ようにした。  
また、二重電圧仕様品の始動特性の差についても述べた。

### 1. 緒 言

電動機を使用する機器の高能率化などが進むに従い出力の大きいものの需要が多くなってきている。わが国では単相電動機の場合、始動電流の制限から汎用的なものは100V電源では0.4kW、200V電源では1.5kWまでが多く生産されている。

単相電動機のほとんどはコンデンサ始動形になってきているが、出力の増大とともにそれに使用される始動用コンデンサの寸法的、価格的に占める割合が大きくなる。

ここでは始動回路の経済設計法について補助巻線の銅量を考慮した場合を検討する。補助回路の設計法については多数の報告があるがコンデンサ仕様、銅量を考慮した設計法についてはほとんど例がない。

コンデンサ定格は電圧、容量で定まるが、特に電圧はコンデンサの経済性を決める重要要素である。ここではこの点を考えて、コンデンサ電圧を標準値に定めたときのほかの補助回路諸元を求める方法について述べる。また二重電圧仕様するときの接続による特性のちがいでについても述べる。

### 2. 特性の基本式

特性計算の基本となる電圧式は回転磁界法に基づいたものとする。図1のように接続されたコンデンサ電動機で、主巻線と補助巻線との電気的空間角は $\pi/2$ とする。空間高調波、鉄損、コンデンサの抵抗分については省略する。

電圧式は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} V &= \dot{I}_m \left( \dot{Z}_m + \frac{\dot{Z}_{rf}}{2} + \frac{\dot{Z}_{rb}}{2} \right) + j \frac{a}{2} \dot{I}_a (-\dot{Z}_{rf} + \dot{Z}_{rb}) \\ V &= \dot{I}_a \left( \dot{Z}_a - \dot{Z}_c + a^2 \frac{\dot{Z}_{rf}}{2} + a^2 \frac{\dot{Z}_{rb}}{2} \right) + j \frac{a}{2} \dot{I}_m (\dot{Z}_{rf} - \dot{Z}_{rb}) \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

ここで、 $V$  = 電源電圧、 $\dot{I}_m$  = 主巻線電流、 $\dot{I}_a$  = 補助巻線電流、 $\dot{Z}_m = r_m + jx_m$  = 主巻線のインピーダンス、 $\dot{Z}_a = r_a + ja^2x_m$  = 補助巻線のインピーダンス、 $a$  = 補助巻線の主巻線に対する実効巻数比、 $\dot{Z}_{rf} = r_{rf} + jx_{rf}$  = ロータの正相インピーダンス、 $\dot{Z}_{rb} = r_{rb} + jx_{rb}$  = ロータの逆相インピーダンス。

補助巻線の銅量を主巻線のその1/ $m$ とすると、両巻線の抵抗の間には近似的に次の関係が成り立つ。

$$r_a = ma^2 r_m \dots \dots \dots (2)$$

#### 2.1 始動特性

コンデンサ運転形の場合、補助巻線仕様は運転特性に関係するが、ここでは始動特性についてのみ検討する。

始動特性としては始動トルク、始動電流があり、これに対して巻線とコンデンサの仕様を定めることになる。

始動時には、 $\dot{Z}_{rf} = \dot{Z}_{rb}$ となるので、(1)式より各電流は、

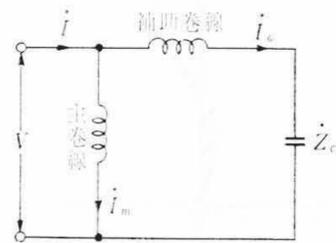


図1 コンデンサ電動機の接続

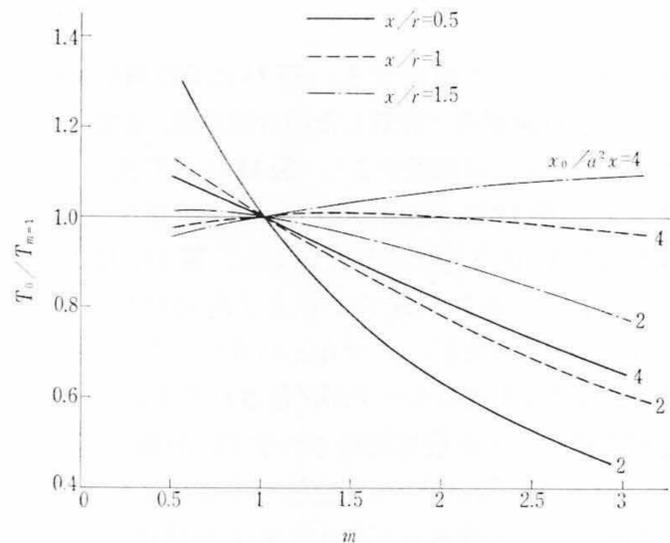


図2 補助巻線の銅量と始動トルク

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_m &= \frac{V}{\dot{Z}_m + \dot{Z}_{rf}} \\ \dot{I}_a &= \frac{V}{\dot{Z}_a - \dot{Z}_c + a^2 \dot{Z}_{rf}^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

各定数には、 $x = 2x_m = 2x_2$ ,  $r = 2r_m$ ,  $r_2 = kr_m$  の関係があるものとして以下検討する。ここで、 $r_2 + jx_2$  ロータのインピーダンス。

#### (1) 始動トルク

仕様値を  $T_0$  として二相対称機するときのトルク  $T_2$  を基準にとると、

$$\frac{T_0}{T_2} = \frac{r}{x} \frac{a \left[ \left( \frac{m-1}{2} \right)^2 a^2 + \left( \frac{1+k_r}{2} \right) \left( \frac{x_c}{x} \right) \right]}{\left[ \left( \frac{m+k_r}{2} \right)^2 \left( \frac{r}{x} \right)^2 + 1 \right] a^4 - 2a^2 \frac{x_c}{x} + \left( \frac{x_c}{x} \right)^2} \dots (4)$$

ここで、 $T_2 = k_r \cdot r \cdot I_m^2$

$r_m = r_2$  として、比較の対象を  $m=1$  のときにとると、

$$\frac{T_0}{T_{m=1}} = \frac{\left[ \frac{1+m}{2} + \left( \frac{x_c}{a^2 x} - 1 \right) \right] \left[ 1 + \left( \frac{x}{r} \right)^2 \left( 1 - \frac{x_c}{a^2 x} \right)^2 \right]}{\frac{x_c}{a^2 x} \left[ \left( \frac{1+m}{2} \right)^2 + \left( \frac{x}{r} \right)^2 \left( 1 - \frac{x_c}{a^2 x} \right)^2 \right]} \dots \dots \dots (5)$$

$a^2 x$  は補助巻線の漏れリアクタンスで、これとコンデンサのリアクタンスとの比をパラメータとして示すと図2のようになる。この関係から

\* 日立製作所習志野工場

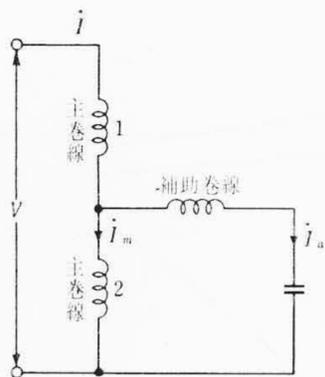


図3 コンデンサ電動機の倍電圧接続

- (i) コンデンサ容量が大きくなるに従って、補助巻線の銅量のトルクへの影響が大きくなる。この傾向は  $x/r$  が小さいほど著しくなる。銅量は始動電流の制限から決まってくる。
- (ii) コンデンサ容量が小さくなるほど、補助巻線の銅量のトルクへの影響は小さくなる。この場合は電流密度のほうから決まる。
- (iii)  $x/r$  が大きいほど、すなわち電動機出力の大きいものほど、補助巻線の銅量のトルクへの影響は小さくなる。

(2) 始動電流

仕様値を  $I_0$  とし、主巻線電流と比較すると、

$$\left(\frac{I_0}{I_m}\right)^2 = 1 + 2 \frac{\left(\frac{1+k_r}{2}\right)^2 + \left(\frac{x}{r}\right)^2}{\left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 a^4 + \left(\frac{x}{r}\right)^2 (a^2 - \frac{x_c}{x})^2} + \frac{a^2 \left(\frac{1+k_r}{2}\right) \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 + (a^2 - \frac{x_c}{x}) \left(\frac{x}{r}\right)^2}{\left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 a^4 + \left(\frac{x}{r}\right)^2 (a^2 - \frac{x_c}{x})^2} \dots (6)$$

この関係から

- (i) 補助巻線の銅量が多いほど電流も大きくなる。巻数比が小さいほど電流が大きくなる。
- (ii) コンデンサ容量が小さいときには  $I_m$  より小さくなる場合がある。

(3) コンデンサ電圧

コンデンサの定格電圧を  $V_c$  とし、電源電圧との比をとると、

$$\frac{V_c}{V} = \frac{x_c}{x} \left[ \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2 a^4 + \left(a^2 - \frac{x_c}{x}\right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \dots (7)$$

コンデンサ容量が大きいときには銅量の影響が大きくなる。 $x/r$  が小さいほどこの傾向が強くなる。

(4) 補助巻線電流密度

主巻線の電流密度との比をとると、

$$A = \frac{\delta_a}{\delta_m} = \frac{m}{a} \left[ \frac{\left(\frac{1+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2 + 1}{\left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2 + \left(1 - \frac{x_c}{a^2 x}\right)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots (8)$$

これはコンデンサ電圧のときと同様の傾向をもつ。一般に  $A$  は 1.5 前後が限界と考えられる。

2.2 二重電圧仕様の始動特性

単相電動機では、たとえば 100/200V の両電圧仕様とする場合が多い。一般には主巻線を二相分もうけて、これらの直並列接続換えて使用する方式をとっている。倍電圧接続のときは、補助回路が並列にはいつている主巻線 2 にかかる電圧が小さくなるので、始動トルクの低下がみられる。この低下の程度を低電圧接続のときと比較する。図 3 の高電圧接続のときの始動時特性については回転磁界法により容易に得ることができる。主巻線 1 と 2 がまったく同じ構成のときの結果を示したものである。

主巻線一相分の回路定数を基準にとり、低電圧のときを添字  $L$  で

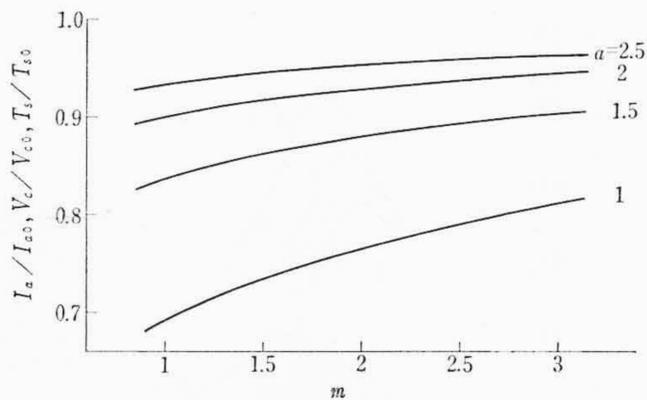


図4 接続による始動特性の差

区別する。

(1) 補助巻線の電流の比

$$\frac{\dot{I}_a}{\dot{I}_{aL}} = \frac{(a^2 r_2 + r_a) + j(a^2 x - x_c)}{(r_{1L} + a^2 r_2 + r_a) + j(a^2 x - x_c)} \dots (9)$$

これに  $r_a = ma^2 r_{1L}$ ,  $r_2 = k_r r_{1L}$ ,  $= 2r_{1L}$  を入れ絶対値をとると、

$$\frac{I_a}{I_{aL}} = \left[ \frac{\left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2 + \left(1 - \frac{x_c}{a^2 x}\right)^2}{\left(\frac{1}{a^2} + \frac{k_r+m}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{r}{x}\right)^2 + \left(1 - \frac{x_c}{a^2 x}\right)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots (10)$$

これらより、

- (i)  $a^2 x - x_c$  が小さいとき、すなわちコンデンサ容量を大きくして高始動トルクにしているときは、主巻線抵抗の影響が大きい。図 4 は  $a^2 x - x_c = 0$  のときの比を示したものである。汎用品のように比較的始動トルクの大きい場合、この比は 0.9 前後になる。
- (ii)  $a^2 x - x_c$  が大きくなるに従ってこの比は 1 に近づいていく。
- (iii) 主巻線の抵抗が大きいほどこの比は 1 より離れ小さくなる。

この電流比は、そのままコンデンサ電圧に対処するから高電圧接続のときには、コンデンサ電圧が低くなる。

(2) 始動トルク

$$T_s = 2r_2 a I'_m I'_a \sin \varphi \dots (11)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ここで、} \quad \dot{I}'_m &= \frac{V_L}{r_{1L} + r_2 + jx} \\ \dot{I}'_a &= \frac{V_L}{(r_{1L} + r_a + a^2 r_2) + j(a^2 x - x_c)} \\ \varphi &= \dot{I}'_m \text{ と } \dot{I}'_a \text{ との位相角} \end{aligned} \right\} \dots (12)$$

低電圧のときの比をとると、

$$\frac{T_s}{T_{sL}} = \frac{[x(a^2 r_2 + r_a + r_{1L}) - (ax - x_c)(r_2 + r_{1L})] \times [(a^2 r_2 + r_a)^2 + (a^2 x - x_c)^2]}{[x(a^2 r_2 + r_a) - (a^2 x - x_c)(r_2 + r_{1L})] \times [(a^2 r_2 + r_a + r_{1L})^2 + (a^2 x - x_c)^2]} \dots (13)$$

(10), (13) 式を数値例でみると、

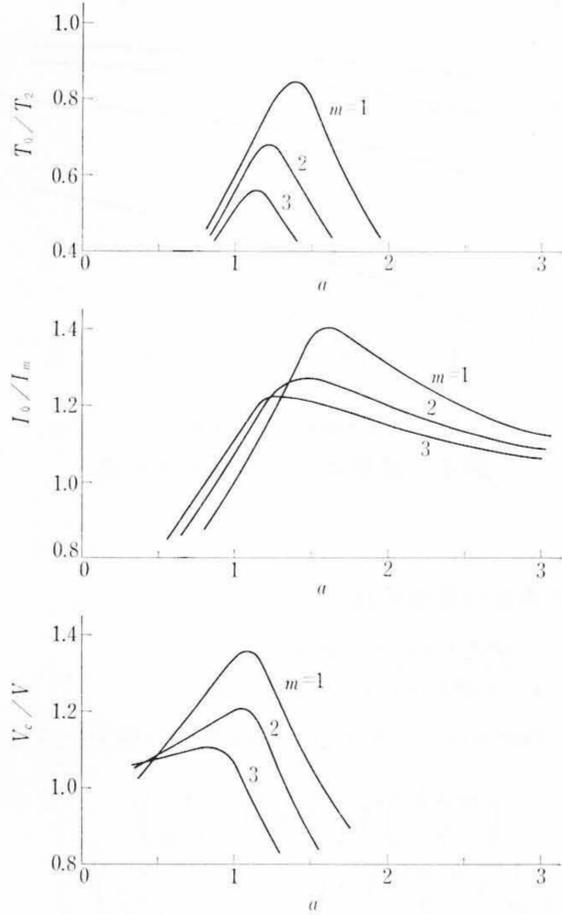
$$a = 1.65, r_a = 4.5, r_{1L} = 1.12, r_2 = 1.5, x = 2.4, x_c = 10.6$$

$$\frac{I_a}{I_{aL}} = 0.903, \quad \frac{T_s}{T_{sL}} = 0.887$$

となり、大体両者の比は一致する。すなわち補助巻線に流れる電流の大きさがトルクが左右される。

(3) 始動電流

$$\begin{aligned} \dot{I}_s &= \frac{1}{2} (\dot{I}'_m + \dot{I}'_a) \\ &= \frac{V_L}{2} \left[ \frac{r_{1L} + r_2}{(r_{1L} + r_2)^2 + x^2} + \frac{r_{1L} + r_a + a^2 r_2}{(r_{1L} + r_a + a^2 r_2)^2 + (a^2 x - x_c)^2} \right] \\ &\quad - j \frac{V_L}{2} \left[ \frac{r_{1L} + r_2}{(r_{1L} + r_2)^2 + x^2} + \frac{a^2 x - x_c}{(r_{1L} + r_a + a^2 r_2)^2 + (a^2 x - x_c)^2} \right] \dots (14) \end{aligned}$$



( $x_c/x=3, x/r=1$ )

図5 巻数比と始動特性

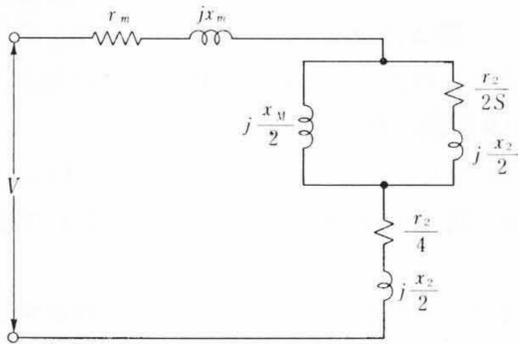


図6 純単相機の簡易等価回路

一般に  $I_s$  は  $I_{sL}/2$  よりも大きくなる。これは(14)式で実数部と虚数部の各第2項目で  $r_{1L}$  の影響が  $I_s$  を大きくする方向に作用することからもわかる。

以上の式で、 $x_c/x, x/r, m$  をパラメータとして巻数比  $a$  との関係求めて仕様値に合った諸元の組合せをとればよい。

巻数比の仕様値を満足する範囲は、(4)、(6)、(7)、(8)式から解析的に求めることもできる。いずれも  $a$  の4次式で表わされ、その根を求める形になる。計算例を図5に示す。この方法では最適諸元を求めるには、計算量が多くかつ直観的な形でない不便さがある。

### 3. 補助回路の設計法

コンデンサの定格電圧はコンデンサの製作上から標準のものをとるのがよく、その中でも多数製作されているものが最も有利である。一般にこの電圧をほかの諸元に優先して固定して考えると設計的に得策である。

ここでは補助回路の諸元を求めることを中心とするが、まず主巻線定数について簡単に述べる。

主巻線の定数は停動トルクによってほとんど定まる。純単相機の簡易等価回路(図6)から停動トルクの近似式は、

$$T_m \cong \frac{V^2}{r} \frac{k_t}{(1+0.25k_r) + \sqrt{(1+0.25k_r)^2 + \left(\frac{2x}{r}\right)^2}} \dots\dots (15)$$

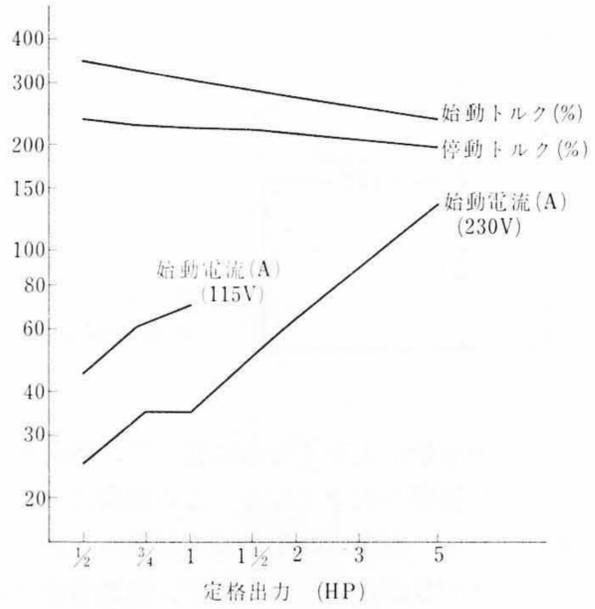
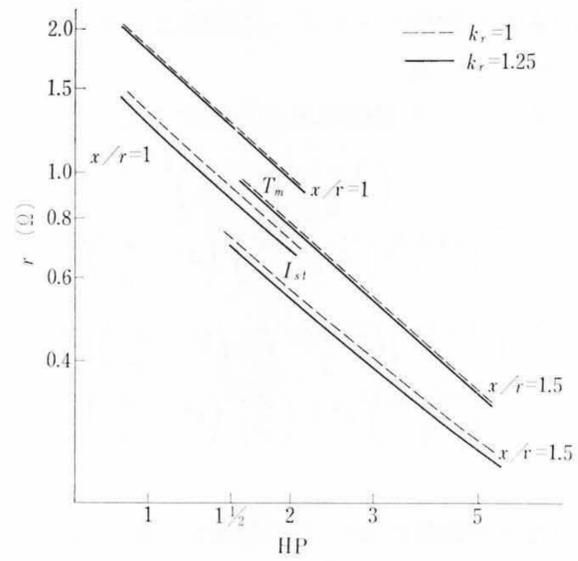


図7 NEMA 特性規格 (汎用コンデンサ始動形)



( $k_t=0.85, k_s=1.15$ )

図8 NEMA 規格品の抵抗値

ここで、 $k_t=0.8\sim 0.9$

これから抵抗  $r$  の値を求めることができる。また近似的には、

$$I_s \cong k_s I_m \dots\dots\dots (16)$$

$k_s=1.05\sim 1.2$

として、これより抵抗値の範囲を求めることができる。これらの関係から主巻線の抵抗、ロータの抵抗の組合せが調べられる。

計算の一例を NEMA 規格(図7)を基準として示したのが図8である。

補助回路の定数  $m, a, V_c C(x_c)$  を定めるとき、巻線仕様を優先して決めるときとコンデンサ仕様を優先して決めるときがある。

巻線仕様の場合は、経済性をいうとき銅量指数  $m$  が重要であり、巻数比は二義的となる。コンデンサ仕様では定格電圧が重要である。始動用の電解コンデンサは前述のように、生産性からいって定格電圧を多量生産のものに合わせたほうが有利である。一般にコンデンサと補助巻線の価格対比からみてコンデンサの影響が大きい。そこでコンデンサ定格電圧を定めたときの設計手順を考えることにする。

(7)式より、

$$\left[1 - \left(\frac{V}{V_c}\right)^2\right] \left(\frac{x_c}{x}\right)^2 - 2a^2 \left(\frac{x_c}{x}\right) + \left[1 + \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right] a^4 = 0 \dots\dots\dots (17)$$

$1 - (V/V_c)^2 \cong 0$  として、 $x_c/x$  を求めると、

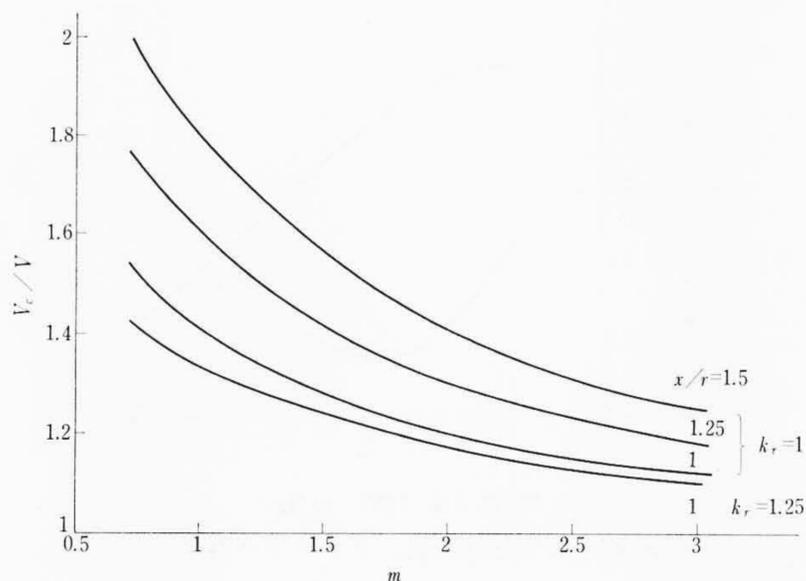


図9 コンデンサ電圧と銅量

$$\left. \begin{aligned} \frac{x_c}{x} &= a^2 \cdot A \\ A &= \frac{1 \pm \sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{V}{V_c}\right)^2\right] \left[1 + \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right]}}{1 - \left(\frac{V}{V_c}\right)^2} \end{aligned} \right\} \dots (18)$$

(18)式で実根となる条件から、

$$\frac{V_c}{V} \leq \sqrt{1 + \left(\frac{2}{m+k_r}\right)^2 \left(\frac{x}{r}\right)^2} \dots (19)$$

この条件から、 $V_c$ の最大値が制限される。 $x/r=1, k_r=1, m=2$ とすると、 $V_c \leq 1.2V$ となる。(19)式の関係を図9に示す。 $V_c/V$ を大きくするときには、 $m, k_r, r/x$ が小さい場合に容易であることがわかる。

(18)式を(4)式に入れると、

$$a = \frac{T_2}{2T_0} \frac{r}{x} \left(\frac{V_c}{V}\right)^2 \frac{m-1+A(1+k_r)}{A^2} \dots (20)$$

$$T_2 = k_r \cdot r \left(\frac{V}{x}\right)^2 \frac{1}{1 + \left(\frac{1+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2} \dots (21)$$

(20)式で得た  $a$  を(18)式に入れると対応する  $x_c(c)$  が得られる。

これで銅量と  $a, c$  の関係が求まったことになり、 $c$  の小さい領域で、かつ  $m$  の大きいところで(6), (8)式を調べて始動電流、電流密度が所定値になっておればよい。

$V=V_c$  の場合

(17)式より

$$\frac{x_c}{x} = \frac{a^2}{2} \left[1 + \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right] \dots (22)$$

これと(21)式を(4)式に入れると、

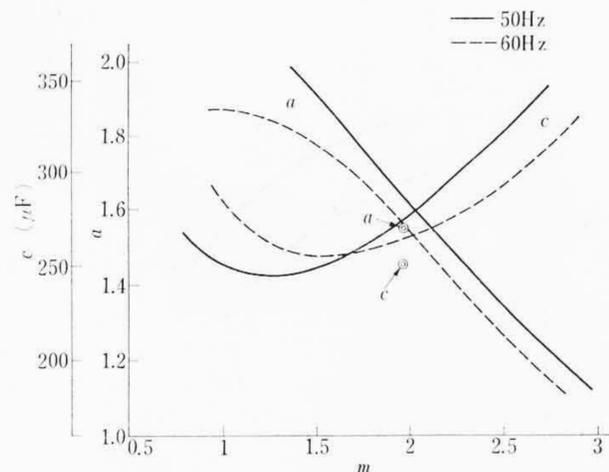
$$a = \frac{2k_r}{T_0} \frac{V^2}{x} \left(\frac{r}{x}\right)^2 \frac{m-1 + \left(\frac{1+k_r}{2}\right) \left[1 + \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right]}{\left[1 + \left(\frac{1+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right] \left[1 + \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right]} \dots (23)$$

(6)式より、

$$\left(\frac{I_0}{I_m}\right)^2 = 1 + \frac{2 \left[ \left(\frac{m+k_r}{2}\right) \left(\frac{k_r-m}{2} + 1\right) \left(\frac{r}{x}\right)^2 + 1 \right] a^2 + 8 \left[ \left(\frac{1+k_r}{2}\right) \left(\frac{r}{x}\right)^2 + 1 \right]}{a^4 \left[ 1 + \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2 + 1 \right]^2} \dots (24)$$

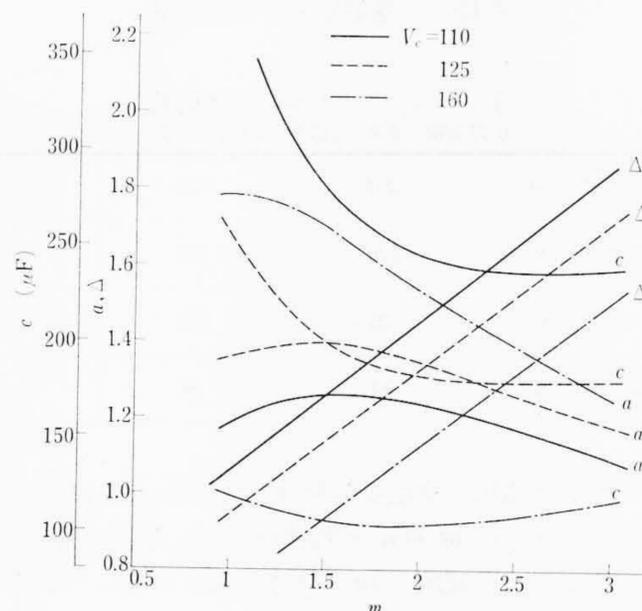
これを代表例でみると、 $m=2, a=1.6, k_r=1.25$  のとき、

$x/r$	1	1.25	1.52	2
$I_0/I_m$	1.15	1.10	1.07	1.04



0.4 kW 4極 100V 50/60 Hz

図10 銅量と巻数比、コンデンサ容量



0.4 kW 4極 200V 50 Hz

図11 200V 並列接続時の補助回路の設計

(16)式の値を  $T_2$  に入れて、(23)式に対応する形にすると、

$$a = \frac{2k_r r}{T_0} \left(\frac{I_s}{k_s}\right)^2 \frac{r}{x} \frac{m-1 + \left(\frac{1+k_r}{2}\right) \left[1 + \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right]}{\left[1 + \left(\frac{m+k_r}{2}\right)^2 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right]^2} \dots (25)$$

これは仕様値  $I_s$  を入れた形になり、概略見当をつけるのに便利である。

補助回路としての経済性は大抵の場合、始動用コンデンサ容量が最小となる領域に求められる。のちに示す  $m$  対  $a, c$  曲線からもわかるように、 $c$  の最小となる領域では、その変化が緩やかで、 $m$  の大きいかつ  $c$  の小さい組合せを得るのに便利な形である。

#### 4. 計算例とその検討

3. で述べた設計法で実際にどの程度の実用性があるかを二、三の例で調べてみる。

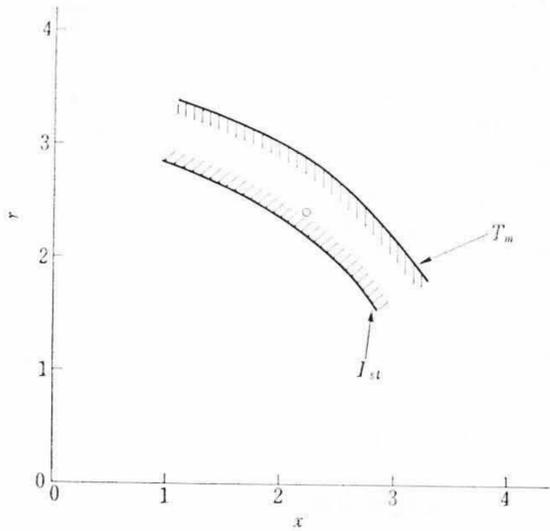
〔例1〕 0.4 kW 4極

$$r_m=1.20, a=1.55, r_a=4.87, r_2=1.45, k_r=1.21, x=2.22$$

$$m=1.96, T_0=400 \times 2.5 \times 1.1=1,100, I_s=33 \text{ (50 Hz 基準)}$$

主巻線仕様が決まっているものとして、 $a, m, c$  を求めてみる。 $V=100$  に対して  $V_c=100$  のときの計算例を図10に示す。これより設計領域として、 $a=1.5 \sim 1.7, m=1.5 \sim 2, c=200 \sim 250$  が出てくる。50 Hz と 60 Hz で比較的領域が接近している。実際の最終設計では  $a=1.55, m=1.96, c=250 (V_c=110)$  をとっている。これは図10の◎で示す点にあり、図の形が有用であることがわかる。

次に  $V=200$  で主巻線と補助巻線を並列にしたとき、電源電圧よ



0.4 kW 4極 100V 50 Hz

図12 主巻線定数の設計領域

表1 コンデンサ容量と始動特性  
0.75 kW 4極 115V 60 Hz の例

コンデンサ容量 (μF)	390	440	500
コンデンサ電圧 (V)	126	120	112
始動トルク (%)	335	350	355
始動電流 (A)	64	68	73

り低いコンデンサ電圧の選定限界を考えてみる。図11は  $V_c=110, 125, 160$  としたときの  $m$  対  $a, c$  特性を示したものである。図10の場合に比べて  $c$  の最小領域が  $m$  の大きいほうに移っている。この最小領域では  $V_c^2 \cdot c = \text{一定}$  の関係がある。

$V_c$  を  $V$  に比べて小さくとるときの限界は補助巻線の電流密度で決まる。

なお停動トルク、始動電流の仕様値から得た回路定数の設計領域は図12のようになる。上記定数は図中の○印で示されている。

〔例2〕 0.75 kW 4極

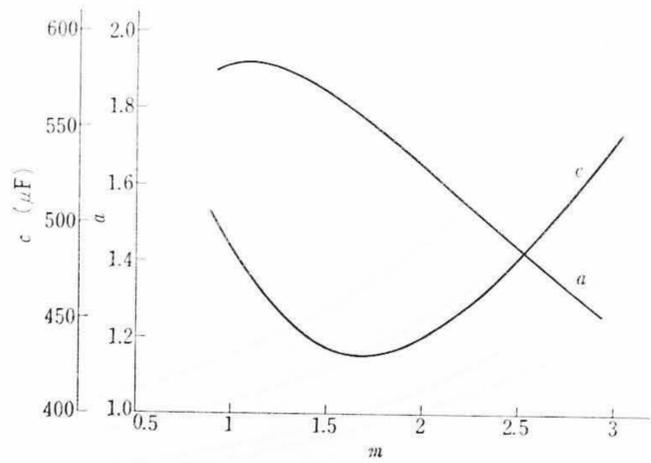
$$T_0 = 750 \times 3.6 = 2,700, \quad I_s = 70, \quad V = 115, \quad 60 \text{ Hz}$$

で設計定数は、 $r_m = 0.611, r_a = 2.66, r_2 = 0.72, x = 1.51, a = 1.635, m = 1.85$  である。

$V_c = 125$  にとって、 $a, m, c$  の計算例を示したのが図13である。

容量を変えたときの特性は表1のようになる。

以上の例からわかるように補助回路の諸元を求める方法として、



0.75 kW 4極 115V 60 Hz

図13 銅量と巻数比, コンデンサ容量

コンデンサ電圧を基準にとる方法は銅量との関係図から、経済的な諸元の組合せを得るのに都合がよい。

コンデンサ電圧を電源電圧に近く選定したときは、銅量とコンデンサ容量の関係より、 $m = 1.5 \sim 2$  に対戦する領域で容量が最小となる。この領域は定格出力が大きいほど  $m$  の大きいほうに移る。

### 5. 結 言

補助巻線の銅量が諸特性に及ぼす影響について検討した。補助回路の設計法としてコンデンサ電圧を定めて銅量と巻数比、コンデンサ容量の経済的な組合せを求める方法を示した。

コンデンサ電圧の選定は一般には低電圧品 (110, 125V) を中心にすると、電源電圧 100, 115V の場合には補助巻線の銅量との関係からも適している。このとき補助巻線の銅量は主巻線の  $1/1.5 \sim 1/2$  になる。この領域でコンデンサ容量が最小になるので、両者の組合せで最適のものをとる。

なお二重電圧仕様品のとときの接続による特性差についても簡単に概要を示した。一般品では始動トルクで約 10% 前後の差があるので注意が必要である。

### 参 考 文 献

- (1) 竹上, 林, 大河内: 名工大学報6 (昭29)
- (2) 竹上, 林, 舟橋: 名工大学報7 (昭30)
- (3) L. W. Buchanan, T. F. Winters: IEEE PAS 84, No. 11 ('65) p. 993-9
- (4) T. C. Lloyd: AIEE, 70, ('51) p. 1983-7

Vol. 30

日立造船技報

No. 1

### 目 次

#### ■論 文

- ・放射形平火炎重油バーナの試作実験
- ・ミナス原油の凝固過程
- ・四サイクルディーゼル機関における過給機の汚れと燃焼室壁温度

- ・負重合のあるサーボ弁とシリンダ系の特性
- ・ダム放水路のゲートの振動に関する水理実験
- ・新淀川橋りょう支承部の応力解析
- ・低Cr-Mo 鋳鋼の熱処理と機械的性質
- ・14Cr-13Ni-2W ステンレス鋼の高温疲れ破壊

………本誌に関する照会は下記に願います………

日立造船株式会社技術研究所  
大阪市此花区桜島北之町 60 郵便番号 554