

アルミ鋳込回転子を使用する小形誘導電動機のトルク

Torque of Small Induction Motors with Aluminum Die Cast Rotors

片木 劍三 郎*
Kenzaburo Katagi

内 容 梗 概

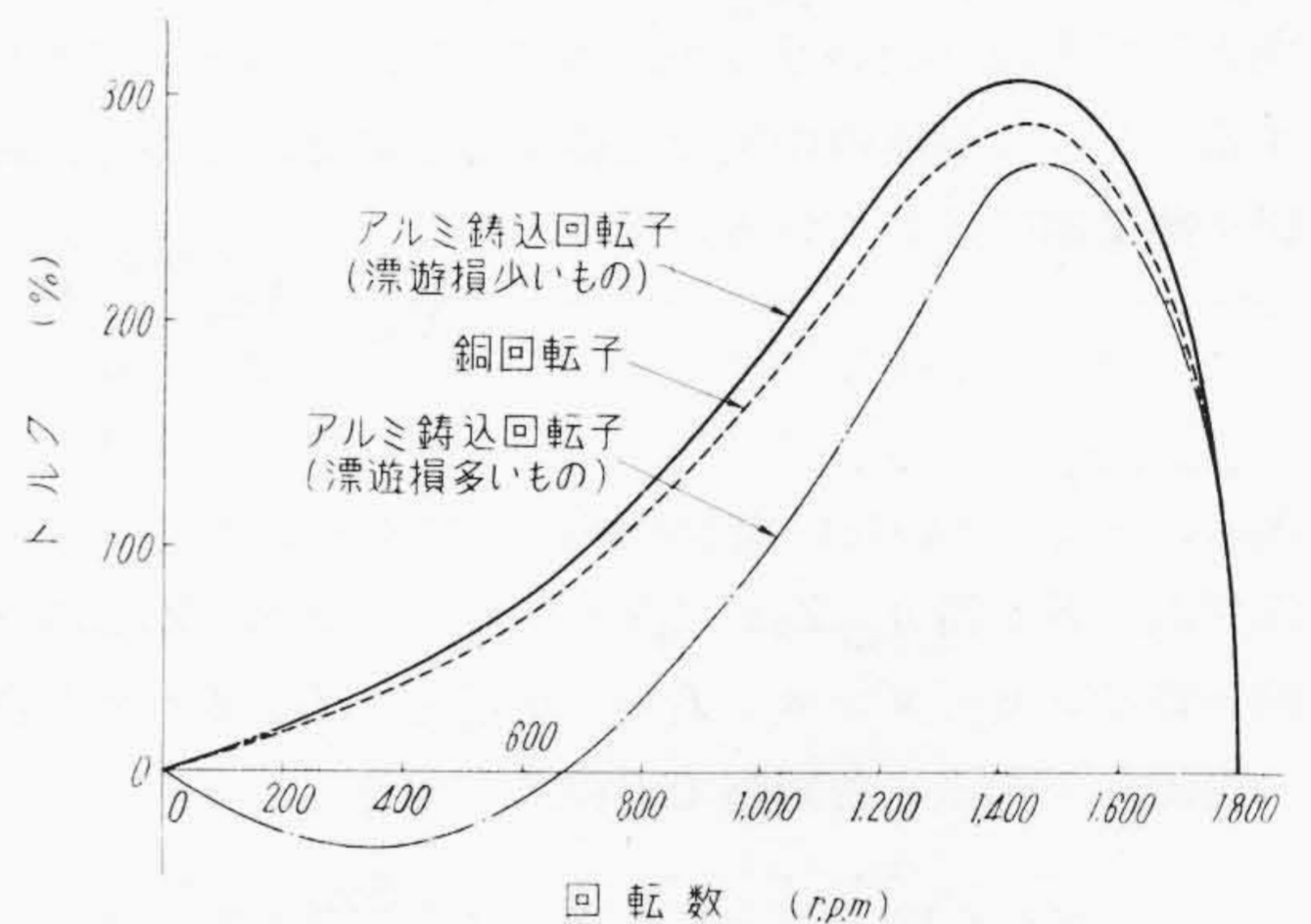
最近、アルミ鋳込回転子を使用する小形誘導電動機が銅回転子を使用したものに代つて盛んに用いられてきている。これはアルミニウムが生産性に富み、かつ製作費の安い点によるが、反面注意せねばならぬ点も二、三ある。たとえば、鋳巣、導体切れ、短絡などの問題で、単相誘導電動機では特に後者のトルクに及ぼす影響は大きい。筆者はこれをアルミ鋳込回転子の異常トルクと称し解析している。従来 Packer 氏らはこれを漂遊損から計算しているが、筆者は短絡電流による損失として計算したもので、実験結果とよく合致する。また、この方法ではその原因と理論との関連性が明白になり、かつ定量的検討も容易である。この研究結果は、アルミ鋳込回転子を使用する小形誘導電動機の改良に役だっているものである。

1. 緒 言

小形誘導電動機のかご形回転子としては以前は銅回転子を使用されていたが、最近アルミ鋳込回転子を使用されている。これはアルミ鋳込回転子が量産に適した諸性質—材料入手の容易、製作費の低廉、生産性に富みかつ堅牢—を有していることによるのみならず、その特性が銅回転子に比べ劣らないためである。しかし、一面、設計、製作に注意しなければ導体切れ、鋳巣および Packer 氏の指摘する漂遊損の多い回転子を生じ、かえつて銅回転子より特性が悪くなるおそれもある。これに対し日立製作所では早くからアルミ鋳込回転子に着目し、この研究を進め、これら諸問題を解決して、これを使用した優秀なる小形誘導電動機を市場に出している現状である。以下、本文においては特に理論的検討を必要とするアルミ鋳込回転子の異常トルクの解析について述べる。

2. アルミ鋳込回転子の異常トルク⁽¹⁾⁽²⁾

アルミ鋳込回転子では導体切れ、鋳巣によつてもトルクは変化するが、一番問題になるのは Packer 氏の指摘した漂遊損の多い回転子を生じてトルク特性が悪くなることである。これについて一例を示すと第1図のとおりである。この図は 1/6 HP, 110V, 60~ 純単相誘導電動機（起動巻線を使用しないもの）で回転子の種類を変えた場合のトルク—速度特性であつてトルクは%トルクで表わしている。図からわかるように、漂遊損の多い回転子は、そのほかの回転子に比べ一般にトルクが低く、特に低速回転時トルクが負になつている点が相違している。本文ではこのようなトルクの変化をアルミ鋳込回転子の異常トルクと称し、以下解析していく。この現象は三相誘導電動機より単相、特に純単相誘導電動機におい



第1図 純単相誘導電動機における速度—トルク特性 (Packer 氏の図による)

て著しい。また、この原因についてはアルミ鋳込導体とその溝壁あるいは表面鉄心との接触によるものといわれ、従来この異常トルクを Packer, Chang 氏らは漂遊負荷損より求めて計算している。すなわち、Chang 氏はこの漂遊損を $I_1^2 R_i$ とし、この抵抗 R_i を $R_i = K_i X_a S'^2$ で表わしている。ただし、 X_a : 空隙リアクタンス S' : 速度/同期速度 K_i : 短絡量とその位置による常数。したがつて、この式で問題となるのは K_i の取り扱いである。

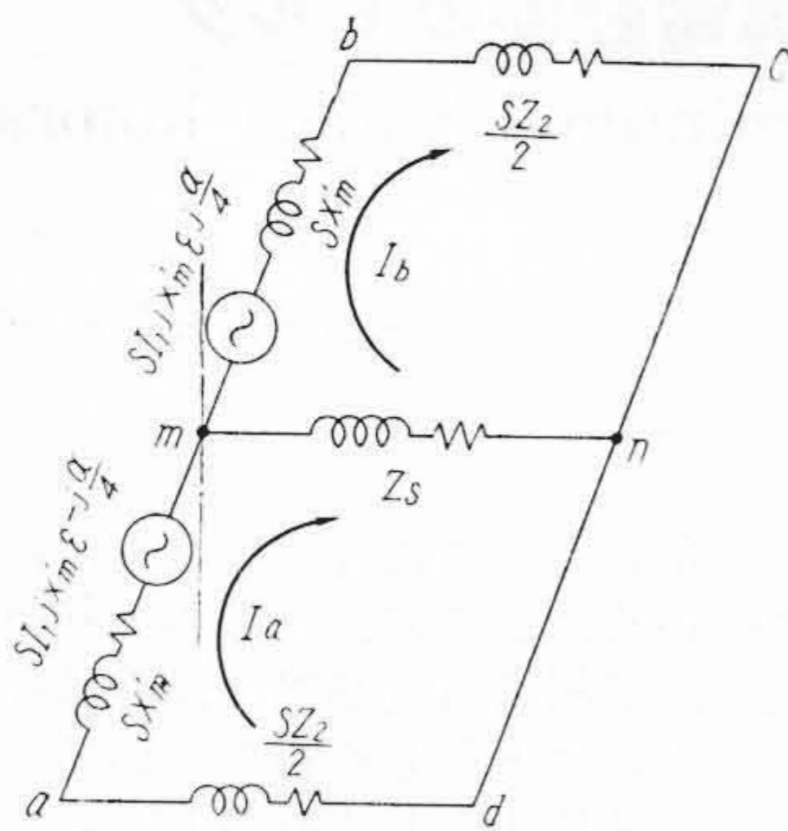
これを具体的にするため、筆者は短絡電流による損失として計算する方法を採り、これにより実験結果を説明しようとするものである。

3. アルミ鋳込回転子の異常トルクの解析⁽⁵⁾

3.1 短絡による回路常数の変化⁽³⁾⁽⁴⁾

アルミ鋳込回転子のトルク特性低下の原因は上述のようにアルミ導体と鉄心との短絡と考えられるので、まず短絡電流を計算して、次にこれによる回路常数の変化を検討する。この計算は、分布起電力をもつ分布回路の間

* 日立製作所日立研究所



第2図 短絡のあるかご形回転子の等価回路

題としても取り扱っているが、本文は集中回路として解析する。アルミ導体の中央で短絡すると考え、この等価回路を第2図に示している。図で、

$$X'_m = \frac{X_{m0}}{2} \frac{\sin \frac{\alpha}{4}}{\frac{\alpha}{4}}$$

X_{m0} : 斜溝していない場合の励磁リアクタンス α : 斜溝係数 S : 滑り Z_2 : 二次インピーダンス Z_s : 導体間短絡インピーダンス I_1 : 一次電流 I_a, I_b : 各分路の電流 である。各回路で方程式を作ると、

$$\left. \begin{aligned} S I_1 j X'_m \varepsilon^{j\frac{\alpha}{4}} &= -I_a Z_s + I_b \left(\frac{SZ_2}{2} + Z_s \right) \\ S I_1 j X'_m \varepsilon^{-j\frac{\alpha}{4}} &= I_a \left(\frac{SZ_2}{2} + Z_s \right) - I_b Z_s \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

したがって、

$$I_a = \frac{E'_1 \left\{ Z_s \varepsilon^{j\frac{\alpha}{4}} + \left(\frac{SZ_2}{2} + Z_s \right) \varepsilon^{-j\frac{\alpha}{4}} \right\}}{\left(\frac{SZ_2}{2} + Z_s \right)^2 - Z_s^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$I_b = \frac{E'_1 \left\{ Z_s \varepsilon^{-j\frac{\alpha}{4}} + \left(\frac{SZ_2}{2} + Z_s \right) \varepsilon^{j\frac{\alpha}{4}} \right\}}{\left(\frac{SZ_2}{2} + Z_s \right)^2 - Z_s^2} \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 $S I_1 j X'_m = E'_1$ としている。

導体 $a-b$ 間を流れる平均電流を I_{av} とすれば

$$I_{av} = \frac{I_a + I_b}{2} = \frac{E'_1 (SZ_2 + 4Z_s) \cos \frac{\alpha}{4}}{2 \left\{ \left(\frac{SZ_2}{2} + Z_s \right)^2 - Z_s^2 \right\}} \dots\dots\dots (4)$$

(2), (3)の電流効果を中点mにおける効果に変換すると、二次電流 I'_2 は

$$\begin{aligned} I'_2 &= \frac{I_a \varepsilon^{j\frac{\alpha}{4}} + I_b \varepsilon^{-j\frac{\alpha}{4}}}{2} \\ &= \frac{E'_1}{\left\{ \left(\frac{SZ_2}{2} + Z_s \right)^2 - Z_s^2 \right\}} \left\{ Z_s \cos \frac{\alpha}{2} + \left(Z_s + \frac{SZ_2}{2} \right) \right\} \end{aligned}$$

上式に(4)式を代入すると、

$$I'_2 = I_{av} \cos \frac{\alpha}{4} \left(1 + \frac{SZ_2}{SZ_2 + 4Z_s} \tan^2 \frac{\alpha}{4} \right) \dots\dots\dots (5)$$

I_1 を二次に対応した一次電流とすると、

$$I_{av} = 2 I_1 \frac{j X'_m}{Z_2} = I_1 \frac{j X_{m0}}{Z_2} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{4}}{\frac{\alpha}{4}} \dots\dots\dots (6)$$

となり、(6)式を(5)式に代入すると、

$$\begin{aligned} I'_2 &= I_1 \frac{j X_{m0}}{Z_2} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \left(1 + \frac{SZ_2}{SZ_2 + 4Z_s} \tan^2 \frac{\alpha}{4} \right) \\ \text{また、} I'_2 &= I_1 \frac{j X_m}{Z_2} \left(1 + \frac{SZ_2}{SZ_2 + 4Z_s} \tan^2 \frac{\alpha}{4} \right) \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

となる。ただし、 $X_m = X_{m0} \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}}$ である。この二次電流の式の変化を検討すると、次のごとくである。

(1) 斜溝なし。絶縁す。 : $\alpha=0, Z_s=\infty$
 $I'_2 = I_1 \frac{j X_{m0}}{Z_2} = I_{o2} \dots\dots\dots (8)$

(2) 斜溝なし。絶縁せず。 : $\alpha=0, Z_s \neq \infty$
 $I'_2 = I_1 \frac{j X_{m0}}{Z_2} = I_{o2} \dots\dots\dots (9)$

(3) 斜溝あり。絶縁す。 : $\alpha \neq 0, Z_s = \infty$
 $I'_2 = I_{o2} \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \dots\dots\dots (10)$

(4) 斜溝あり。絶縁せず。 : $\alpha \neq 0, Z_s \neq \infty$
 $I'_2 = I_{o2} \left(\frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \right) \left(1 + \frac{SZ_2}{SZ_2 + 4Z_s} \tan^2 \frac{\alpha}{4} \right) \dots\dots\dots (11)$

上式は変形すると、

$$I'_2 = I_{o2} \left(\frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \right) + I_{o2} \left(\frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \right) \frac{SZ_s}{SZ_2 + 4Z_s} \tan^2 \frac{\alpha}{4}$$

となり、これは

二次電流 = (斜溝ありの二次電流) + (短絡による二次電流増加分)

という意味になる。

(5) 斜溝あり。短絡多し。 : $\alpha \neq 0, Z_s \neq 0$

$$I'_2 = I_{o2} \left(\frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \right) \left(1 + \tan^2 \frac{\alpha}{4} \right) \dots\dots (12)$$

次に上記二次電流の変化をインピーダンスの変化に換えてみよう。一般に誘導電動機では二次導体に電流が流れると、それに対応した固定子部分に電圧が誘起され、これと固定子の一次電圧との間で次式が成立する。

$$E_1 = I_1 j X_m - E_{21} \dots\dots\dots (13)$$

E_1 : 一次電圧 I_1 : 一次電流 E_{21} : 一次側に直した二次誘起電圧 X_m : 励磁リアクタンス

(13) 式に (7) 式を代入すると、

$$E_1 = j X_m (I_1 - I'_2) = I_1 j X_m \left\{ 1 - \frac{j X_m}{Z_2} \left(1 + \frac{S Z_2}{S Z_2 + 4 Z_s} \tan^2 \frac{\alpha}{4} \right) \right\} \dots\dots\dots (14)$$

一方、短絡電流のない場合は、

$$E_1 = I_1 j X_m \left(1 - \frac{j X_m}{Z_2} \right) \dots\dots\dots (15)$$

となり、これはまた、二回転磁界説による正回転磁界で考えると次のようにも表わせる。

$$E_1 = I_1 (R_f + j X_f) \dots\dots\dots (16)$$

ここに、 R_f, X_f はそれぞれ正回転磁界インピーダンスの抵抗分およびリアクタンス分である。したがって短絡電流によるインピーダンスの増加は、

$$\Delta R_f + j \Delta X_f = \frac{S X_m^2}{S Z_2 + 4 Z_s} \tan^2 \frac{\alpha}{4} \dots\dots (17)$$

次に、導体間短絡インピーダンス Z_s について検討しよう。

これは回転子歯の鉄板の部分で生じるので、

b : 歯幅 (cm) l : 鉄心長 (cm) ρ : 鉄板の比抵抗 (Ω cm) δ : 表面からの有効深さ (cm) θ : 位相角 とすると、

$$Z_s = \frac{\rho b}{\delta l} \varepsilon^{j\theta} \dots\dots\dots (18)$$

となる。

δ は表面に生ずる短絡電流の深さと考えられ、これは一般に

$$\delta = \frac{10^4}{2\pi} \sqrt{\frac{10\rho}{\mu f}} \dots\dots\dots (19)$$

μ : 導磁率 f : 周波数

で求められる。珪素鋼板 ($\rho = 0.3 \times 10^{-4} \Omega$ cm, $\mu = 3,000$) でこの δ を計算すると、

$$\delta = \frac{0.5}{\sqrt{f}} \dots\dots\dots (20)$$

となる。また、位相角 θ は、一般に表皮効果のある場合の表面電流の位相が一様に流れる場合の電流より $\frac{\pi}{4}$ 進むことから、 $\theta = \frac{\pi}{4}$ とおける。これら結果を代入すると、

$$Z_s = \frac{6 \times 10^{-5} \sqrt{f} b}{l} \varepsilon^{j\frac{\pi}{4}} \dots\dots\dots (21)$$

となる。これはかご形導体間のインピーダンスであるので端絡環の場合と同様に考えて導体の直列インピーダンスに変換すると、

$$Z_s = \frac{6 \times 10^{-5} \sqrt{f} b C^2 \kappa}{4 N_2 \sin^2 \frac{K \pi P}{N_2}} \varepsilon^{j\frac{\pi}{4}} \dots\dots\dots (22)$$

ここに、 K : 高調波次数 N_2 : 回転子溝数 C_s : K 高調波の有効導体数 である。

なお、(22) 式からわかるように、 Z_s は周波数の平方根に比例するからすべり S の場合は $\sqrt{|S|} Z_s$ となる。

以上の点を考慮して (17) 式から ΔR_f および ΔX_f を求めると、

$$\left. \begin{aligned} \Delta R_f &= \frac{X_m^2 \left(\frac{R_2}{S} + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|S|}} \right) \tan^2 \frac{\alpha}{4}}{\left(\frac{R_2}{S} + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|S|}} \right)^2 + \left(X_2 + X_m + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|S|}} \right)^2} \\ \Delta X_f &= \frac{X_m^2 \left(X_2 + X_m + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|S|}} \right) \tan^2 \frac{\alpha}{4}}{\left(\frac{R_2}{S} + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|S|}} \right)^2 + \left(X_2 + X_m + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|S|}} \right)^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (23)$$

このインピーダンスの増加分は $\tan^2 \frac{\alpha}{4}$ で定まるので、この値の小さい基本波では問題とならないが、溝高調波で $\frac{\alpha}{4}$ が $\frac{\pi}{2}$ に近くなると大きな値となり重要である。同様に逆回転磁界に対して求めると、

$$\left. \begin{aligned} \Delta R_b &= \frac{X_m^2 \left(\frac{R_2}{2-S} + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|2-S|}} \right) \tan^2 \frac{\alpha}{4}}{\left(\frac{R_2}{2-S} + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|2-S|}} \right)^2 + \left(X_2 + X_m + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|2-S|}} \right)^2} \\ \Delta X_b &= \frac{X_m^2 \left(X_2 + X_m + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|2-S|}} \right) \tan^2 \frac{\alpha}{4}}{\left(\frac{R_2}{2-S} + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|2-S|}} \right)^2 + \left(X_2 + X_m + \frac{4 Z_s}{\sqrt{2|2-S|}} \right)^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (24)$$

となる。

3.2 短絡によるトルク特性の変化

3.2.1 純単相誘導電動機

純単相誘導電動機のトルクは一般に、

$$T = I_1^2 \Sigma K (R_{fk} - R_{bk}) \dots\dots\dots (25)$$

で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} R_{fk} &= \frac{\frac{R_{2k}}{S_k}}{\left(\frac{R_{2k}}{S_k X_{m'k}}\right)^2 + \left(1 + \frac{X_{2k}}{X_{m'k}}\right)^2} \\ R_{bk} &= \frac{\frac{R_{2k}}{2-S_k}}{\left\{\frac{R_{2k}}{(2-S_k) X_{m'k}}\right\}^2 + \left(1 + \frac{X_{2k}}{X_{m'k}}\right)^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (26)$$

ここに、 R_{2k} , X_{2k} , $X_{m'k}$ はそれぞれ K 次高調波の二次抵抗, 二次リアクタンス, 励磁リアクタンスで、 S_k は K 次高調波のすべりである。短絡のある場合の R_{fk} , R_{bk} , は R'_{fk} , R'_{bk} となり、

$$R'_{fk} = R_{fk} + \Delta R_{fk}, \quad R'_{bk} = R_{bk} + \Delta R_{bk} \dots (26)$$

ここに ΔR_{fk} および ΔR_{bk} は (23), (24) の両式から求められる。

次に短絡によりトルクが負にならないための条件を考えてみる。通常の巻線では溝高調波起磁力以外の高調波磁力は小さいから、(25) 式のトルク式で基本波分と溝高調波分とを考える。いま、溝高調波の次数を K_1, K_2 とすれば、

$$K_1 = \frac{N_1}{P} - 1 \quad K_2 = \frac{N_1}{P} + 1 \dots\dots\dots (27)$$

となる。ここに N_1 は一次溝数, P は対極数である。

純単相誘導電動機のトルク特性で溝高調波トルクの影響のするのは主としてそのトルク変化の大きい低次溝高調波 (K_1 次) の同期速度近辺である。これは低次溝高調波トルクが高次溝高調波トルクより大きいことおよび基本波トルクがこれらに比して非常に大きいため低速回転時における基本波すべりに対するこれらトルクの変化も高調波の同期速度近辺を除いては基本波の方が大きいことなどのためである。したがって、トルクが起動中負にならない条件として

$$R_{f1} - R_{b1} \geq K_1 |R_{fk1} - R_{bk1}| + K_2 |R_{fk2} - R_{bk2}| \dots\dots\dots (28)$$

を考え、上述のことから上式を簡単にして、

$$R_{f1} - R_{b1} \geq 2JK_1 |R_{fk1} - R_{bk1}| \dots\dots\dots (29)$$

として考える。上式の J は省略の影響を考えた項である。一般に X_{m1} は R_{21} および X_{21} に比し大きいことを考慮して K_1 高調波の同期速度近くの回転時における $R_{f1} - R_{b1}$ を求めると、

$$R_{f1} - R_{b1} \doteq R_2 \frac{2K_1}{K_1^2 - 1} \doteq \frac{2R_{21}}{K_1} \dots\dots\dots (30)$$

同様に (29) 式の右辺を、 $S_{k1} \doteq 0$ の条件から簡単にする、

$$R_{fk1} \doteq \frac{S_{k1} X_{2k1}^2}{R_{2k1}} \dots\dots\dots (31)$$

$$R_{bk1} \doteq \frac{2X_{2k1}^2}{R_{2k1} \left\{1 + 4\left(\frac{X_{2k1}}{R_{2k1}}\right)^2\right\}} \dots\dots\dots (32)$$

なお、上式の最大を考えると、これは $R_{2k1} = 2X_{2k1}$ のときで、この場合上式は簡単な式

$$R_{bk1} (\max) = \frac{X_{2k1}^2}{R_{2k1}} \dots\dots\dots (33)$$

となる。したがって (30), (31), (33) 式を (29) 式に入ればトルクが起動中負にならない条件として次式を得る。

$$\frac{R_{21}}{K_1} \geq JK_1 \frac{X_{2k1}^2}{R_{2k1}} |S_{k1} - 1| \dots\dots\dots (34)$$

次に (34) 式に短絡のある場合の条件を入れて考えてみる。 S_{k1} は小さいことから、(23) および (25) 式の $\frac{4Z_s}{\sqrt{2|s|}}$ の項を省略すると ΔR_{fk1} および ΔR_{bk1} は

$$\left. \begin{aligned} \Delta R_{fk1} &= R_{fk1} \tan^2 \frac{\alpha_{k1}}{4} \\ \Delta R_{bk1} &= R_{bk1} \tan^2 \frac{\alpha_{k1}}{4} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (35)$$

となるから (34) 式は

$$\frac{R_{21}}{K_1} \geq J_1 K_1 \frac{X_{2k1}^2}{R_{2k1}} \left(1 + \tan^2 \frac{\alpha_{k1}}{4}\right) \dots (36)$$

となる。ここに、 J_1 は S_{k1} などの省略の影響を考えた項である。

さらに上式に回路常数を入れて変形すると次式がえられる。

$$\begin{aligned} (r_{e1} + r_{b1})(r_{ek1} + r_{bk1}) P^2 g_e^2 &\geq J_1 (f\tau LN_2 \lambda_{k1})^2 \\ \left(\frac{\sin \frac{K_1 \alpha}{4}}{\frac{K_1 \alpha}{4}}\right)^2 &10^{-21} \dots\dots\dots (37) \end{aligned}$$

上式で、 r_{e1}, r_{b1} : 回転子導体抵抗および端絡環抵抗の基本波分, r_{ek1}, r_{bk1} : 回転子導体抵抗および端絡環抵抗の K_1 高調波分, f : 周波数 g_e : 有効空隙長 τ : 極間隔 L : 固定子鉄心長 N_2 : 回転子導体数 λ_{k1} : 高調波含有率 $\lambda_{k1} = \frac{C_{k1}}{K_1 C_1} \times 100$ C_{k1} : K_1 高調波毎極有効導体数 C_1 : 基本波毎極有効導体数

(37) 式から、回転子抵抗, 極数, 空隙長, 周波数, 極間隔, 鉄心長, 二次導体数および高調波含有率とトルク特性の低下との関係がわかる。したがってトルク特性のよくない場合に回転子抵抗, 空隙長を増加すれば多少特性は改善される。しかし、根本的改善には短絡のない回転子を作らねばならない。

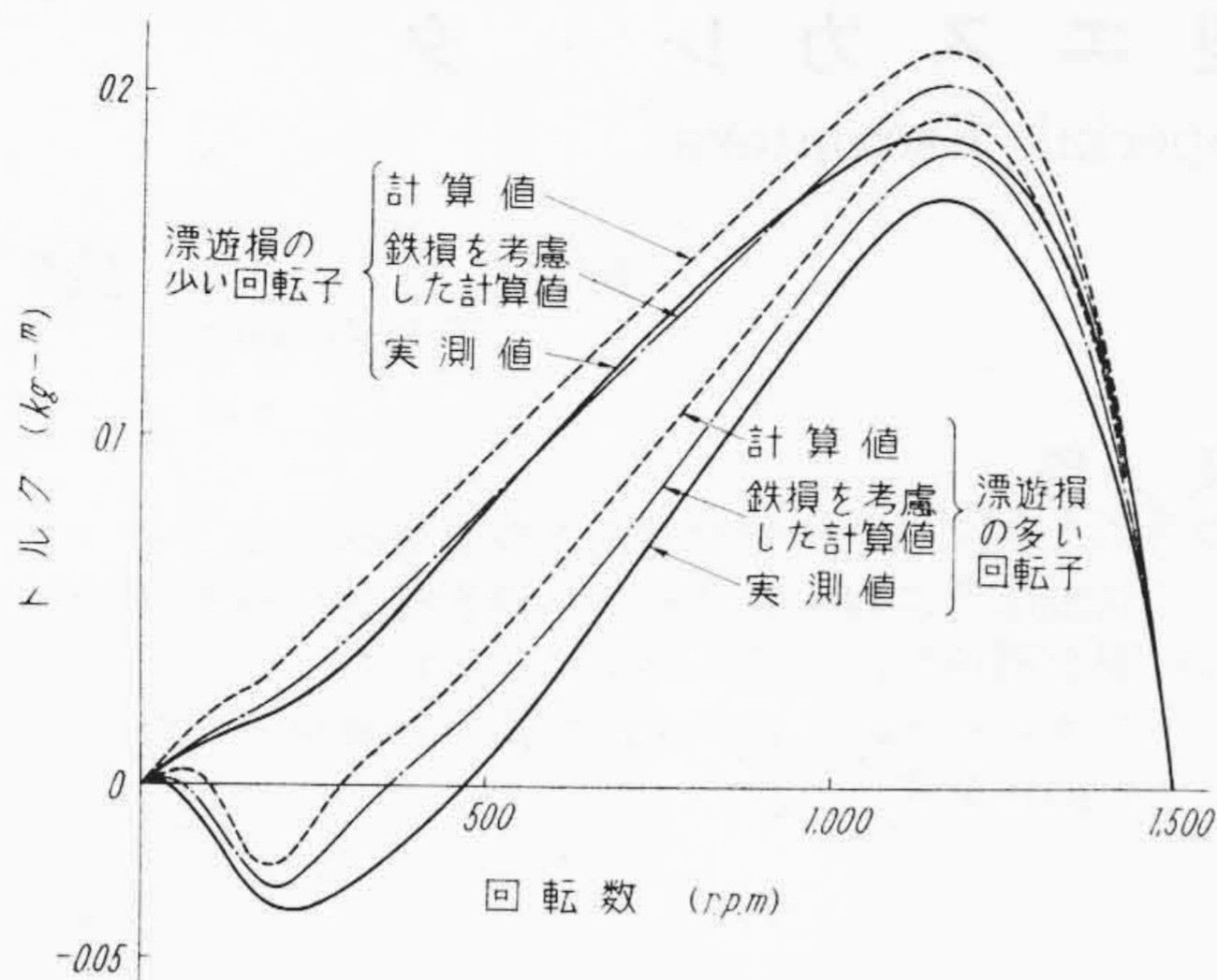
3.2.2 三相誘導電動機

三相誘導電動機に対しては正回転磁界のみ考えればよいから短絡電流によるインピーダンスは

$$Z_f' = (R_f + \Delta R_f) + j(X_f + \Delta X_f)$$

また、トルクは

$$T = 3I_1^2 (R_{f1} + K_1 R_{fk1} + K_2 R_{fk2}) \dots\dots\dots (38)$$



第3図 純単相誘導電動機のトルク特性の計算値と実測値との比較

となる。これは (23) 式から考えて、短絡があるとその抵抗分が増しリアクタンス分が減少するから、トルク特性は二重かご形のように鞍形となる。

3.3 計算結果と実測値との比較

上述の理論式に基づいてトルク特性を計算した結果を示すと第3図となる。実測値と比較してPull up torque

および最大トルクともその傾向はだいたい合致するが鉄損を考慮すればさらに実測値に近づくことがわかる。

4. 結 言

以上、アルミ鋳込回転子を使用する小形かご形誘導電動機の起動中の異常トルクについて従来の漂遊損説の代りに短絡電流による計算法を述べ、この原因と計算との関連性を明白にし、この現象の検討を容易にしてきた。なお、日立製作所ではこれら結果も考慮し、たえず設計製作に改良を加え、アルミ鋳込回転子使用の優秀な小型誘導電動機の製作に努力している次第である。

終りに本研究に当り御指導、御援助を賜わつた日立製作所日立研究所所長三浦倫義博士、部長西堀博博士、ならびに多賀工場島田、上村、秋山氏らに衷心より感謝する。

参 考 文 献

- (1) L. C. Packer: A. I. E. E. 68, 253 (1948)
- (2) S. S. L. Chang: A. I. E. E. 73, 10 (1954)
- (3) Rotzmajer: E. U. M. 57, 249 (1934)
- (4) Bojer: Pre-determination of Shaded Motor 40 (1947)
- (5) 片木: 電気学会東京支部大会予稿 101 (昭 32.11)

特 許 と 新 案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その4)

(第26頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 名	氏 名	登録年月日
実用新案	475957	ネジ型ホイストのフック支持装置	多賀工場	横内直中 河村三郎	33. 4. 22
"	475958	ネジ型ホイストの油止め装置	多賀工場	河村三郎	"
"	475913	油圧操作ドアーマシン	亀戸工場	秋山勝彦	"
"	475920	直流高電圧発生装置	亀戸工場	小林長平 小馬場勝彦	"
"	475921	X線装置における整流管ヒラメント加熱制御装置	亀戸工場	和田正脩 小安林長文	"
"	475922	X線装置における整流管ヒラメント加熱制御装置	亀戸工場	和田正脩 小安林長文	"
"	475923	X 線 装 置	亀戸工場	和田正脩 小安林長文	"
"	475931	変 圧 器 口 出 部	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	475933	雑音防止器付変圧器	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	475945	環状鉄心用割型ボビン	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	475951	電気器具のアース線接続装置	亀戸工場	藤原靖郎 高橋武巳	"
"	475914	円筒型空洞波長計	戸塚工場	森川寅卯	"
"	475930	ラジオ・テレビ用摘子	戸塚工場	丹野敏政 湯浅本勝	"
"	475938	束線押え具	戸塚工場	田島喜平 清宮弘基	"