

鉄共振現象を利用した三相誘導電動機の回転について

中 川 孝 之
岡 田 彖 二

On the Rotation of 3 phase Induction Motor which is conformed to the Ferroresonance.

Takayuki NAKAGAWA
Kumeji OKADA

By the experiments, if we set the resonance circuit with a circuit of 3 phase induction moter, we have found that the direction of the rotated moter is exchanged continuously, by the change of resistance of its circuit.

1. 緒 言

三相誘導電動機を单相電源で運転する方法は良く知られている。筆者等は单相電源を用い、回路の抵抗、電気容量、インダクタンス等の要素の中抵抗を連続的に変化せしめ、電動機の回転を順回転から逆回転へ連続的に変える事を試みた。

回路要素を連続的に変えるに都合が良いのは抵抗で、この抵抗値を連続的に変化させ、鉄共振現象を用いて電動機の順逆運転が行なえる事が分つたので、その実験結果を報告する。

2. 実験装置及結果

小型三相誘導電動機（規格4極、周波数50cycle~60cycle、電圧220V、回転数1410~1690回/分、電流0.7~0.6A）を用い図-1の様に鉄芯入インダクタンスL、蓄電器C、抵抗 R_1 、 R_2 を結線し、 R_2 を可変とする。実際実験に用いたLは0.9H、Cは $24\mu\text{F}$ 、抵抗は0~1000 Ω 可変抵抗である。今 R_1 を或る値に固定し、抵抗 R_2 を変化すると、 R_1 の抵抗値に等しい R_2 の抵抗値を中心とし電動機が反対になる。従つて抵抗 R_2 を連続的に変化させると回転は順回転から次第に回転がおそくなり、静止せしめ更に逆回転させる事が出来る。

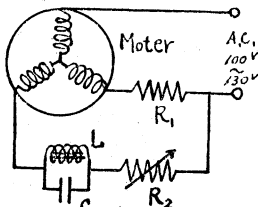


図-1

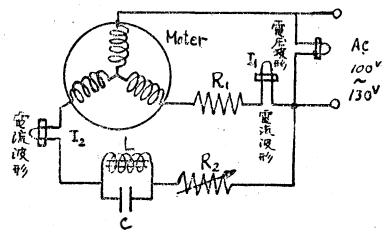


図-2

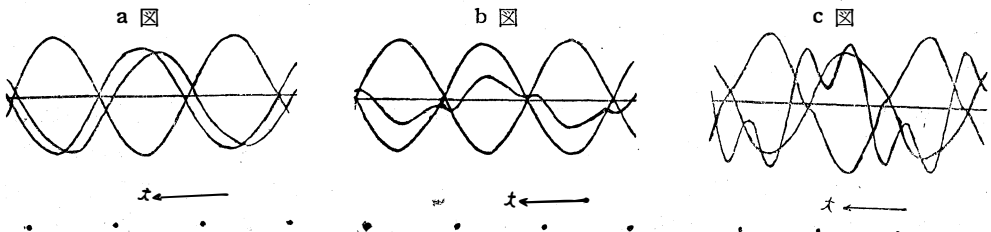


図-3

図-2は図-1の結線をし、各電線路に流れる電流、電圧の波形を電磁オシログラフ装置で撮影するためのオシログラフ挿入点の図である。この様にして得られた電圧電流波形は写真図-3 (a) (b) (c) の様である。この写真中 (a) は順回転のとき、(b) は回転が止つたとき、(c) は逆回転の場合の写真である。

3. 考 察

(1) 鉄共振回路について

先ず順転逆転を説明するため予備実験を行うため図-4を用いる⁽¹⁾。この回路に於て抵抗Rを変化すると、抵抗と電圧 V_1 の関係及抵抗Rを流れる電流と電圧 V_1 の実験結果の一例を示すと図-5の通りである。

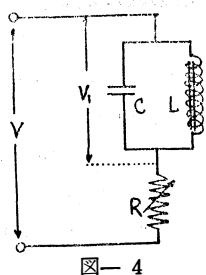


図-4

図-5は入力電圧をパラメーターとした電圧 V_1 と抵抗値の関係を実線で示し入力電圧をパラメーターとした電圧 V_1 と抵抗を流れる電流値の関係を点線で示したものである。

この図から点線で示された曲線に着目すると V_1 の変化に対して電流 I の最小値が存在する。この電流値をあたえる V_1 の値を中心として電圧が大か小かによって電流の位相が反対になる。

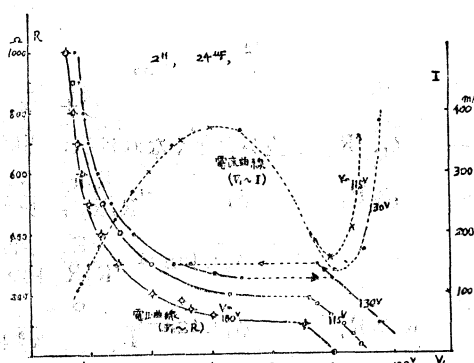


図-5

今 P_1P_2 , P_2Q_2 の曲線で示される電流値で電動機を回転させ得る値に設定すればその目的が達せられる。

(2) 回転の順逆について

本実験に於て各相電流値に着目して、次の様な大きな仮定とすれば前述の現象が説明出来る様と思われる。

電動機巻線の配置を一応ふせて考え、各線間の相互誘導、巻線の抵抗を無視すると、図-6の様な回路が仮定される。この時入力側から負荷側を見たインピータンスは次の様になる。

$$Z = \frac{b+jc}{a}$$

$$a = (R_1 + R_2)^2 + (2x + k)^2$$

$$b = (R_1 + R_2)R_1R_2 + (x + k)^2R_1 + R_2x^2$$

$$c = 2x(R_1^2 + R_2^2 + R_1R_2) + k(7r^2 + 2xk + R_1^2) + 6x^3$$

$$x \neq \omega L$$

$$k = \frac{\omega^2 L_0 c - 1}{\omega c} \quad (\text{直列共振のとき})$$

$$= \frac{\omega^2 L_0 r + j\omega L r^2 (1 - \omega L_0 c)}{r^2 (1 - \omega L_0 c)^2 + \omega^2 L_0^2} \quad (\text{並列共振のとき})$$

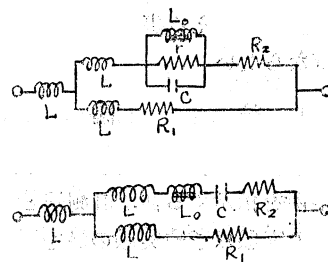


図-6

各相電流ば

$$I_0 = \frac{V_1 a}{b + jc}$$

$$I_1 = \frac{V}{b+jc} [R_2(R_1+R_2) + (2x^2+3kx+k^2) + j\{(R_1-R_2)x + R_1k\}]$$

$$I_2 = \frac{V}{b+jc} [R_1(R_1+R_2) + (2x^2+kx) - j\{(R_1-R_2)x + R_1k\}]$$

となる。

今電流 I_0 の位相を規準にとり他の電流の位相を求めると次式の様になる。

$$\phi_1 = \tan^{-1} \frac{(R_1-R_2)x + kR_1}{R_2(R_1+R_2) + (2x+k)(3x+k)}$$

$$\phi_2 = \tan^{-1} \frac{-(R_1-R_2)x + kR_1}{R_2(R_1+R_2) + (2x+k)(3x+k)}$$

先ず並列共振回路を用いた場合には、 $k=r$ と見做される。又実験から $R_1 \doteq R_2$ のとき電動機は静止する事が分つた。即ちこの様な条件のもとでは I_1, I_2 電流の位相は等しく次の様になる。

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \phi_2 \\ &= \tan^{-1} \frac{rR_1}{2(R_1^2+x^2)+3rx} \end{aligned}$$

一方 R_1, R_2 の差が大きくなれば次の関係が近似的に成立する。

$$R_1 \gg R_2 \quad \phi_1 \doteq \tan^{-1} \frac{R_1x + rR_1}{R_1R_2 + 2x^2 + 3rx}$$

$$\phi_2 \doteq \tan^{-1} \frac{R_1x + rR_1}{R_1R_2 + 2x^2 + 3rx}$$

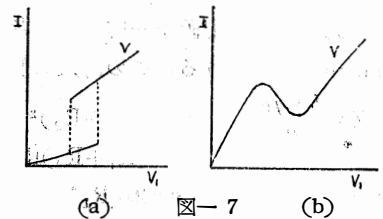
$$R_2 \gg R_1 \quad \phi_1 \doteq \tan^{-1} \frac{-R_2x}{R_1R_2 + 2x^2 + 3rx}$$

$$\phi_2 \doteq \tan^{-1} \frac{R_2x}{R_1R_2 + 2x^2 + 3rx}$$

この関係は R_1 と R_2 の大小により I_1, I_2 の電流位相の関係が反対になる事を示す。従つて電動機の回転方向が $R_1 = R_2$ なる条件を境として互に逆転する事の定性的な説明になると思われる。又直列共振回路の場合も同様な関係によつて説明される。

(3) 直列共振回路と並列共振回路の場合の比較

両者について電圧、電流特性を示すと図-7の様である。(a)図は直列共振の場合で (b) 図は並列共振の場合である。電動機を回転させるためには電圧と共に或る程度以上の電流が必要であるから直列共振回路は一方向のみ運転が容易になされるが、逆方向の回転は電流値小なるため困難である。これに反して並列共振の場合は何れの方向の回転にも或る程度以上の電流値をあたえる事が出来るからその目的にかなうと云わねばならない。



4. 結 論

本研究は鉄共振現象の一応用例であり、動力としての電動機としては適当ではない。然し電氣的平衡を指示する様な計測器としてはこの性質を使用し得る様に思われる。この様な目的のためには上の実験は予備実験の域を脱しない。従つて将来はこの鉄共振現象を利用する電動機の性質が如何なるものであるべきか研究しなければならない。

末筆ながら平素御指導を戴いている森教授上野教授に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) Summer Electrical Eng. AIEE, may 1940
- (2) 中川孝之 応用物理 24, April 1955

正 誤 表

頁・行目	
目次 17	
6 下より10	
6 下より8	
6 下より8	
9 下より4	
9 下より3	
10 5	
" 6	
38 9	
50 図-6 縦軸の	
52 10	
53 図-1 横軸の	
60 表-2 上段中央	
61 下より13	
81 3	
122 図-4 縦軸の	
123 表-2	
124 8	
Contents 15	
" "	
" 22	
" "	
" 25	

誤	
三元系平衡	
r_1	
r_1	
r'_2	
$k = \frac{\omega^2 \text{Loc} - 1}{\omega C}$	
$= \frac{r^2(1 - \omega \text{Loc})^2 + \omega^2 \text{Lo}^2}{r^2(1 - \omega \text{Loc})^2 + \omega^2 \text{Lo}^2}$	
$\phi_1 = \tan^{-1} \frac{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)(3x + k)}{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)(3x + k)}$	
$\phi_2 = \tan^{-1} \frac{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)(3x + k)}{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)(3x + k)}$	
Eng	
電流率	
n_D^{20}	
AlCl_3	
h	
れの	
変態量よりて	
剪断応力	
焼鈍クロム鋼	
焼鈍クロム鋼	
Actives	
Chloride	
Tadatamo	
Hetone	
pigiron	

正	
三元系平衡	
r_2	
r_3	
r'	
$k = \frac{\omega^2 \text{Lo} \dot{C} - 1}{\omega \dot{C}}$	
$= \frac{r^2(1 - \omega^2 \text{Lo} \dot{C})^2 + \omega^2 \text{Lo}^2}{r^2(1 - \omega^2 \text{Lo} \dot{C})^2 + \omega^2 \text{Lo}^2}$	
$\phi_1 = \tan^{-1} \frac{R_2(R_1 + R_2) + 2x^2 + 3kx + k^2}{R_2(R_1 + R_2) + 2x^2 + 3kx + k^2}$	
$\phi_2 = \tan^{-1} \frac{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)x}{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)x}$	
Eng	
電流効率	
n_D^{20}	
AlCl_3	
h	
(mm)	
ると	
変態量よりも	
剪断応力	
焼鈍クロム鋼	
焼鈍クロム鋼	
Activities	
Chloride(V)	
Tadatomo	
Ketone	
Pigiron	