

842 電機子スロット中のコイルと鉄心間の熱伝達

山村 龍男 齊藤 兆古 稲葉 久夫 早野 誠治
(法政大学 工学部)

1. はしがき

直流機の電機子中の熱の流れを電氣的等価回路におきかえて解析をする方法は電気車用主電動機を対象として進められてきたが、⁽¹⁾ 一般的な直流機についてはどのように扱えばよいかを考えるために実験を行なった。その場合、スロット中のコイルから鉄心への熱伝達については、工作法に因る事で実測による外ないが、熱電対を埋め込んだ実験機を用い簡便法で算定する試みを行なったので報告する。

2. 実験方法と電機子の熱の流れの電氣的等価回路

図1に示されるような電機子反整流子側コイル端部①、鉄心中のコイル②及び鉄心歯部③のそれぞれの部分の温度を代表する位置に熱電対を埋め込み、その熱起電力をスリップリングを通して取り出し温度を測定する。

各部分の発生熱量を Q_1 、 Q_2 及び Q_3 、温度上昇を θ_1 、 θ_2 及び θ_3 とし、各部の熱容量を C_1 、 C_2 及び C_3 、各部の冷却空気への熱伝達を U_1 、 U_2 及び U_3 とする。

また、 U_c はコイル端部と鉄心部コイルとの熱伝達を示し、 U_0 は鉄心中コイルと鉄心部との間の熱伝達を示す。

これらの各定数のうち、 C_1 、 C_2 、 C_3 及び U_c は機械的な寸法及び材質がわかれば、計算によって容易に求められる。

さらに U_0 が算定できれば、 U_1 、 U_2 及び U_3 も実験から求める事ができる。⁽²⁾⁽³⁾

しかし、 U_0 については工作法に大きく関係するところから、従来電気車用主電動機についての実験例があるのみである。

よって、 U_0 を実験的に算定する事とし、その方法について以下に述べる。

図3に示すように、供試電動機を駆動用電動機で、供試電動機の電機子温度分布が半径方向に対称になるように空転させておき、供試電動機の界磁電流を流さず、電機子電流のみを供給する。こうして、各部分の温度 θ_1 、 θ_2 及び θ_3 を測定すると図4のような結果が得られる。図4図から、 $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_3$ はほぼ一定であり、かつ $\theta_3(t) = [\theta_3(t_1) - \theta_3(t_0)] / [t_1 - t_0]$ と近似できる事がわかる。

ここで、図2図の等価回路から鉄損が零、即ち $Q_3 = 0$ である事を考慮して次式が成り立つ。

$$C_3 \frac{d\theta_3}{dt} + U_3 \theta_3 = U_0 \Delta\theta \quad \text{--- (1)}$$

(1) 式を時間 t_0 を基準として解くと、

$$\theta_3(t) = \frac{U_0 \Delta\theta}{U_3} (1 - e^{-\frac{U_3}{C_3} t}) \quad \text{--- (2)}$$

となる。図4図を見てわかるように $\theta_3(t)$ は時間 t に対して直線的であるから、

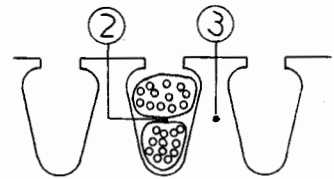
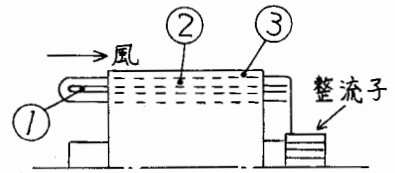


図1

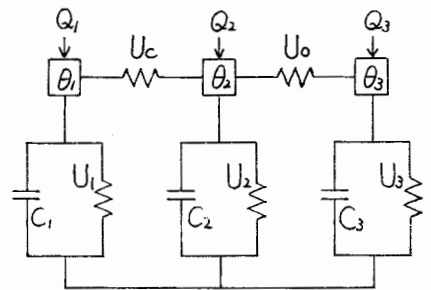


図2

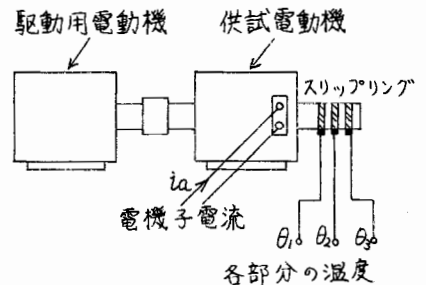


図3

$$\varepsilon^{-\frac{U_0}{C_3}t} \approx 1 - \frac{U_0}{C_3}t \quad \text{----- (3)}$$

と、テイラー級数の次の2項までで近似する。
よって、(2)式は、

$$\theta_3(t) = \frac{U_0 \Delta \theta}{C_3} t \quad \text{----- (4)}$$

となり、さらに $\theta_3(t) = [\theta_3(t_1) - \theta_3(t_0)]t / [t_1 - t_0]$ の関係から、結局 U_0 は次式によって算定される。

$$U_0 = \frac{C_3 [\theta_3(t_1) - \theta_3(t_0)]}{(t_1 - t_0) \Delta \theta} \quad \text{----- (5)}$$

(5)式から、この測定原理を図示すると次の図の如くなる事がわかる。

次の図に実験結果例を示し、次の表に(5)式による算定結果を示す。

表 1

	C_3 [Ws/deg]	$\Delta \theta$ [deg]	$\theta_3(t_1) - \theta_3(t_0)$ [deg]	$t_1 - t_0$ [sec]	U_0 [W/deg]
a	2743	0.2	0.51	600	11.66
b	2743	0.26	0.25	240	10.99

以上の結果から、 $U_0 \approx 11$ [W/deg] と、この供試電動機について決定した。

3. まとめ

本報告では、直流機の電機子の温度上昇を計算するために電機子の熱の流れを電気的等価回路におきかえた場合の最も重要な鉄心中コイルと鉄心間の熱伝達係数 U_0 を簡単に測定する方法について述べた。

電気的等価回路によって算定した温度上昇曲線と実測値との比較は、文献(3)に述べてあるので参照して頂ければ幸いです。

文献

- (1) 山村, 山崎: 車両用主電動機電機子の温度上昇の解析 電学誌 Vol. 86 No. 931 (昭和41年)
- (2) 山崎: 車両用主電動機の電機子温度特性計算法 鉄研報告 No. 891 (1974年3月)

または、

- 山崎, 山村: 車両用主電動機の電機子温度特性計算法 電学論B Vol. 95 No. 9 (昭和50年9月)
- (3) 山村, 他: 直流他励電動機の電機子温度上昇について 昭和52年度電気学会全国大会予稿集

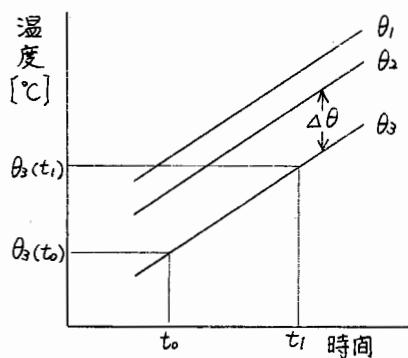


図 4

$$Q_3' = U_0 \Delta \theta$$

$$C_3 \frac{d\theta_3}{dt} = U_0 \Delta \theta$$

$$\int_{\theta_3(t_0)}^{\theta_3(t_1)} C_3 d\theta_3 = \int_{t_0}^{t_1} U_0 \Delta \theta dt$$

$$\therefore U_0 = \frac{C_3 [\theta_3(t_1) - \theta_3(t_0)]}{\Delta \theta (t_1 - t_0)}$$

図 5

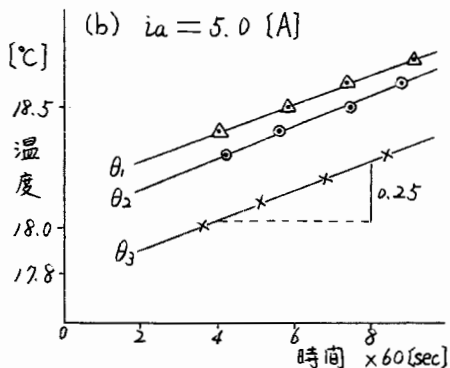
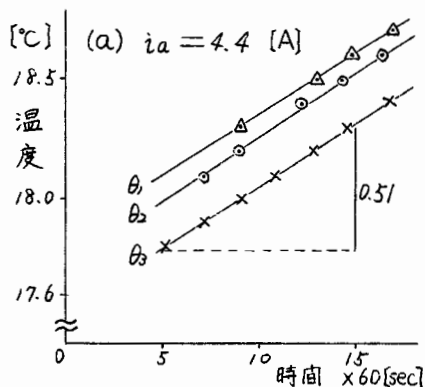


図 6