

835 直流他励電動機の電機子温度上昇について

山村龍男 齊藤北古 稻葉久夫 早野誠治
(法政大学 工学部)

1. まえがき

直流他励電動機の電機子温度上昇について、簡単な実験と解析を行なったので報告する。

2. 本 論

直流機に限らず、電気回転機の温度上昇を計算する方法として、1) 偏微分方程式による方法と、2) 集中定数として計算する方法がある。1) の偏微分方程式による方法は、温度分布や熱の流束等が詳細に算定されるが、熱源の分布や冷却空気との境界値の設定が問題で、特に熱源の分布が明確でない限り結果として算定される温度分布等の妥当性に疑問がある。一方、2) の集中定数による方法は、計算が簡単で、熱源と平均的な取り扱いを行なうために、計算結果に一応の妥当性がある。細かい分割を行えば、集中定数による方法でも詳細な温度分布を算定できるが、やはり偏微分方程式による方法と同様に熱源の分布が明確でない限り、結果の妥当性に乏しい。従って、温度差の比較的大きな部分について電機子を分割し、電機子から冷却空気等の問題について実験式を用いて近似する集中定数形モデルが最適な方法と考える。

本報告においては、電機子をコイルエンドの部分、鉄心中のコイル部分さらに電機子鉄心部分に分割した集中定数形のモデルを考える。〔表1回参照〕

表1回から、熱の電気的等価回路を書くと表2回のようになる。表2回の熱的等価回路で、熱的な定常状態を考えると次式が成り立つ。

$$U_1 = \frac{Q_1 - U_c(\theta_1 - \theta_2)}{\theta_1} \quad \text{--- (1)}$$

$$U_2 = \frac{Q_2 - U_c(\theta_2 - \theta_1) - U_0(\theta_2 - \theta_3)}{\theta_2} \quad \text{--- (2)}$$

$$U_3 = \frac{Q_3 - U_0(\theta_3 - \theta_2)}{\theta_3} \quad \text{--- (3)}$$

従って、上式で U_c と U_0 がわかれば、一応 U_1, U_2 さらに U_3 が各冷却状態で決定される。

U_c はコイルエンド部分とスロット中のコイル部分の熱的抵抗であるから、

$$U_c = \frac{376 \times 2 \times \text{コイル全断面積}}{\text{鉄心長} \times \text{コイルエンド部分の長さ}} \quad \text{[W/deg]} \quad \text{--- (4)}$$

によって計算される。⁽¹⁾

U_0 は、スロット中のコイル部分と鉄心部分間の熱的抵抗であるが、絶縁物等の問題があり、冷却空気との直接の接触がないにもかかわらず簡単に計算できない。よって実験により算定する。表2回の等価回路で銅損のみを供給し、

$$K = \theta_2(t_1) - \theta_3(t_1) \quad (\approx \theta_2(t_0) - \theta_3(t_0)) \text{ と}$$

$$\Delta \theta_3 = \theta_3(t_1) - \theta_3(t_0) \text{ を測定すると、}$$

$$U_0 = \frac{C_3 \Delta \theta_3}{K(t_1 - t_0)}$$

として算定される。⁽²⁾

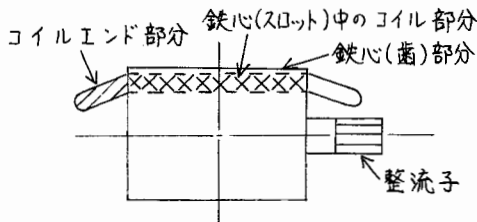
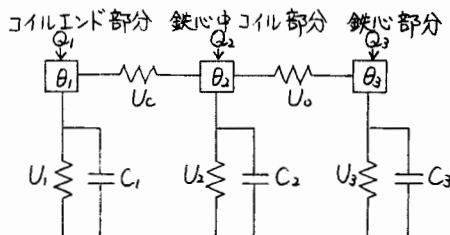


表1回 分割部分



$$Q_1: \text{コイルエンド部分の熱源} \\ = \frac{\text{銅損} \times \text{コイルエンド部分の平均長}}{\text{コイルの平均長}}$$

$$Q_2: \text{鉄心中のコイル部分の熱源} \\ = \frac{\text{銅損} \times \text{鉄心長}}{\text{コイルの平均長}}$$

Q_3 : 鉄心部分の熱源 すなわち鉄損 U_1, U_2 , U_3, C_1, C_2, C_3 は各部分の熱的抵抗と熱容量であり、 U_c と U_0 はそれぞれコイルエンド部分と鉄心中のコイル部分および鉄心中のコイル部分と鉄心間の熱的抵抗である。

表2回 熱の電気的等価回路

よって、(4),(5)式を(1),(2)および(3)式に代入する
 事により、 U_1, U_2 および U_3 が算定される。

次に、熱容量は一般に、材料の比熱を $C_v [Ws/Kg \cdot deg]$
 , 比重量を $\gamma [Kg/m^3]$ および体積を $V [m^3]$ とすれば、

$$C = C_v \cdot \gamma \cdot V [Ws/deg]$$

よって計算される。 $C_v \cdot \gamma$ は、銅: 3.5×10^6 , 鉄: 3.6×10^6 , 絶縁物: $1.8 \times 10^6 [Ws/m^3 deg]$ と仮定する。⁽¹⁾ 従って、
 (6)式から容易に各部分の体積を配分して、 γ 2 図中の熱
 容量 C_1, C_2 さらに C_3 が算定される。

供試電動機の各部分の集中定数を γ 1 表に示し、さらに
 資料として、鉄心中のコイル部分と鉄心間の熱伝導率を γ
 2 表に示す。⁽¹⁾

γ 2 図から、熱的過渡状態における方程式は、

$$\begin{cases} Q_1 = C_1 \frac{d\theta_1}{dt} + U_1 \theta_1 + U_k (\theta_1 - \theta_2) \\ Q_2 = C_2 \frac{d\theta_2}{dt} + U_2 \theta_2 + U_k (\theta_2 - \theta_1) + U_0 (\theta_2 - \theta_3) \\ Q_3 = C_3 \frac{d\theta_3}{dt} + U_3 \theta_3 + U_0 (\theta_3 - \theta_2) \end{cases} \quad \text{----- (7)}$$

となる。

実験値と(7)式から求めた計算値の比較を γ 3 図に示す。
 U_1, U_2, U_3 および U_0 を実験的に求めていたために当然
 定常状態における値は一致するが、一方過渡状態におけ
 る値も比較的良好に一致している。

3. 結 言

本報告では、直流機の電機子温度上昇の計算には
 集中定数形のモデルが最適であると考え、各集中定
 数を比較的簡単な実験によって算定できることを示
 し、さらにこの妥当性について、計算値と実験値の
 比較を行なった。本報告は、直流他励電動機の電
 機子温度上昇に関する γ 1 段階として研究した結果
 であり、 γ 2 段階として実験によらず、計算によっ
 て等価回路定数を算出する方法を検討する予定であ
 る。⁽¹⁾

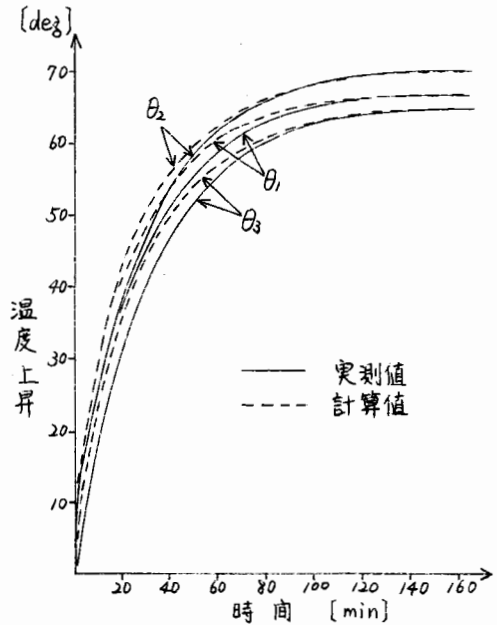
参考文献

- (1) 山崎正悟: 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)
- (2) 山村, 他: 電機子スロット中のコイルと鉄心
 間の熱伝達 昭和52年度電気学会全国大会
 予稿集

γ 1 表	各定数
風量	2.5 [m ³ /min]
電機子電流	27 [A]
界磁電流	2.7 [A]
回転数	1150 [r.p.m.]
C_1	594 [Ws/deg]
C_2	557 [Ws/deg]
C_3	2743 [Ws/deg]
U_c	5.05 [W/deg]
U_0	11.0 [W/deg]
U_1	1.93 [W/deg]
U_2	0.92 [W/deg]
U_3	1.19 [W/deg]
Q_1	112.0 [W]
Q_2	132.0 [W]
Q_3	19.5 [W]

} 定常状態にお
 ける熱源

γ 2 表	熱伝導率 $\lambda_0 [W/m deg]$
MT 200	0.24
MT 916	0.27
MT 52	0.19
MT 52A	0.29
本報告の供試電動機	0.16
MT は国鉄列車用主電動機の形式を 示す。	



γ 3 図 γ 1 表の条件における計算結果