

コイルの表面温度の算出

直流電流を流した時の、コイルの表面温度を算出する方法を考えてみました。

解析ソフトを使った方が精度も高いと思いますが、エクセルなどで簡単に算出したかったからです。

電磁気学演習書に設問 [32] があり、自分のイメージしていた問題に合っていました。

[32] 質量 m , 表面積 S , 比熱 c , 単位面積単位時間あたり放熱度 ν の金属に電力 P の電流を通すとき時間 t 後の温度上昇を求めよ。

解 室温を θ_0 , 金属の温度を θ とする. 温度が $d\theta$ だけ上昇するための熱量は $mc d\theta$, dt 時間の放熱量は $S\nu(\theta - \theta_0)dt$ で, 発熱量は $0.239Pdt$ であるから

$$mcd\theta + S\nu(\theta - \theta_0)dt = 0.239Pdt$$

変数分離して
$$\frac{d\theta}{\theta - \theta_0 - 0.239P/S\nu} = -\frac{S\nu}{mc} dt$$

積分して
$$\log(\theta - \theta_0 - 0.239P/S\nu) = -\frac{S\nu}{mc} t + k \quad (k \text{ は定数})$$

$$\therefore \theta - \theta_0 - \frac{0.239P}{S\nu} = k'e^{-S\nu t/mc} \quad (k' \text{ は定数})$$

$t=0$ で $\theta = \theta_0$ になるように k' を定めると

$$\theta - \theta_0 = \frac{0.239P}{S\nu} (1 - e^{-S\nu t/mc})$$

パラメータは、質量 m 、表面積 S 、比熱 c 、放熱度 ν (ニュー)、電力 P の5個。

未知数は、比熱 c と放熱度 ν です。

飽和温度だけを算出するなら、

比熱は時定数なので無くても良いことが分かります。

二つの未知数を実験で求めてみることにしました。

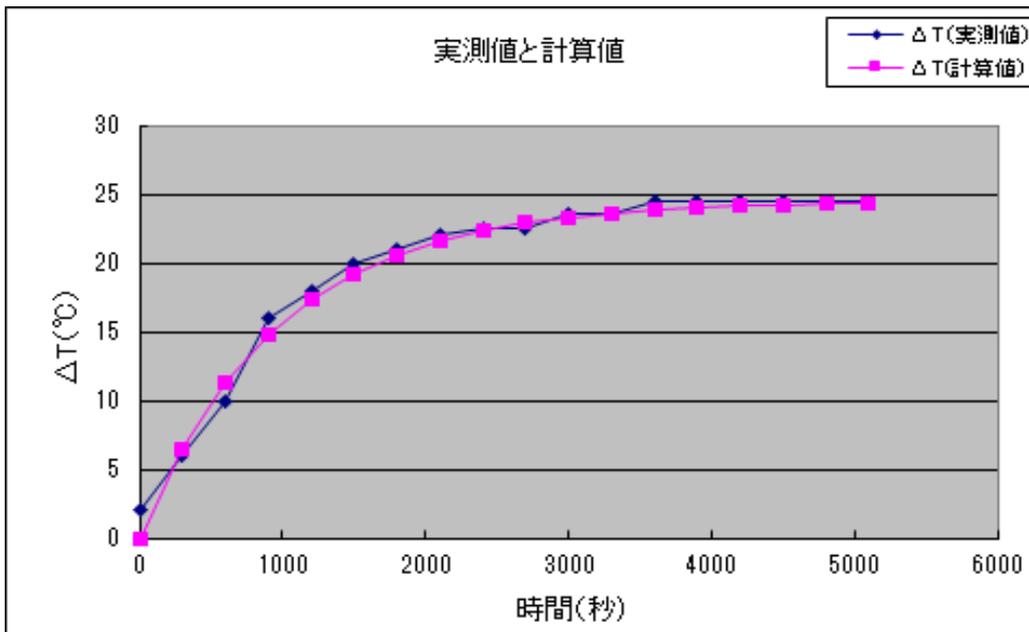
巻数や線径、大きさの異なるコイルを3個作り、

昇温特性を実測しました。

実験方法は、コイルの熱伝導は輻射熱のみというモデルとし、アルミプレートの上に長いボルトを取り付け、そのボルトの上にコイルを載せることとしました。(写真参照)



実験結果のグラフがこれです。↓



3種類のコイルの実験結果から、放熱度は3.5~4.0程度、比熱は約26程度と言う結果が得られました。

青が実測値、紫が実験結果から得られたパラメータを使った計算値。

放熱度は飽和温度に、比熱はグラフの形に影響します。

これにより、大雑把な昇温特性を予測をできるようになりました。

コイル表面の飽和温度を予測することは、コイルを安全に扱うこと考えると重要です。

設計段階で、熱で破損するかどうか検討が出来ます。

時定数も実験から求められたので、通电してから何秒後の温度も予測できます。