

コイルの具体的な計算例

ソレノイドコイルの具体的な形を計算します。

例えば、内径Φ30mm、幅5mm、使用する線材が導体径Φ0.5mm、希望する巻数100ターンとします。
この時密着に巻線した時の、コイル外径、厚さ、巻数、直流抵抗値等を計算します。

最初に、1層何ターン巻線出来るか計算します。

まず、使用する線材を決めます。

導体径Φ0.5mmの場合、比較的入手しやすいのは1種PEW(ポリエステルワイヤー)です。

PEWの絶縁層は1種なので、絶縁層を含む平均仕上り外径はΦ0.541mm。

絶縁層の厚さは、0種、1種、2種、3種の順に薄くなっていきます。

市販で入手可能なのは、1種と2種がほとんどで、1種はPEW、AIW、PIW等耐熱温度が150℃以上のもので、2種はハンダの熱で溶けるUEWで導体径がΦ0.4mm以下の細い線が主です。

1層に何ターン巻線出来るか計算します。

$$\text{幅}5\text{mm}/\Phi0.541\text{mm}=9.24\text{ターン}$$

1層9ターン巻線出来ることが分かりますが、

密着に巻線するためには、9.0ターンか9.5ターンである必要があります。

9.0ターンの場合、奇数層が9ターン、偶数層が8ターンとなり、9.5ターンの場合奇数層も偶数層も9ターンです。

今回は、各層が同じ9ターンとします。

従ってコイルの幅は、

$$9.5\text{ターン}\times\Phi0.541\text{mm}=5.139\text{mm}\approx5.1\text{mm}$$

と修正します。

次に巻数を決めます。

1層9ターンなので、層数は、

$$100\text{ターン}/9\text{ターン}=11.11\text{層}\approx11\text{層}$$

となり、巻数は99ターンと修正されます。

これで、外径寸法や抵抗値等も計算できます。

コイルの高さ(又は厚み) h を計算します。

h は2種類あり、密着で巻線される個所と、 n 層から $(n+1)$ 層に乗り上げる個所に分けられます。

密着で巻線した場合、下図左のように電線の中心が正三角形に配列されます。

従って、

$$h = 0.866 \times \Phi \times (n - 1) \quad \Phi : 0.541\text{mm}, n : 11$$

$$h = 4.685\text{mm} \doteq 4.69\text{mm}$$

となります。

乗り上げる箇所は、単純に $\Phi 0.541\text{mm} \times 11$ 層なので、

$$h' = 5.951\text{mm} \doteq 5.95\text{mm}$$

となります。

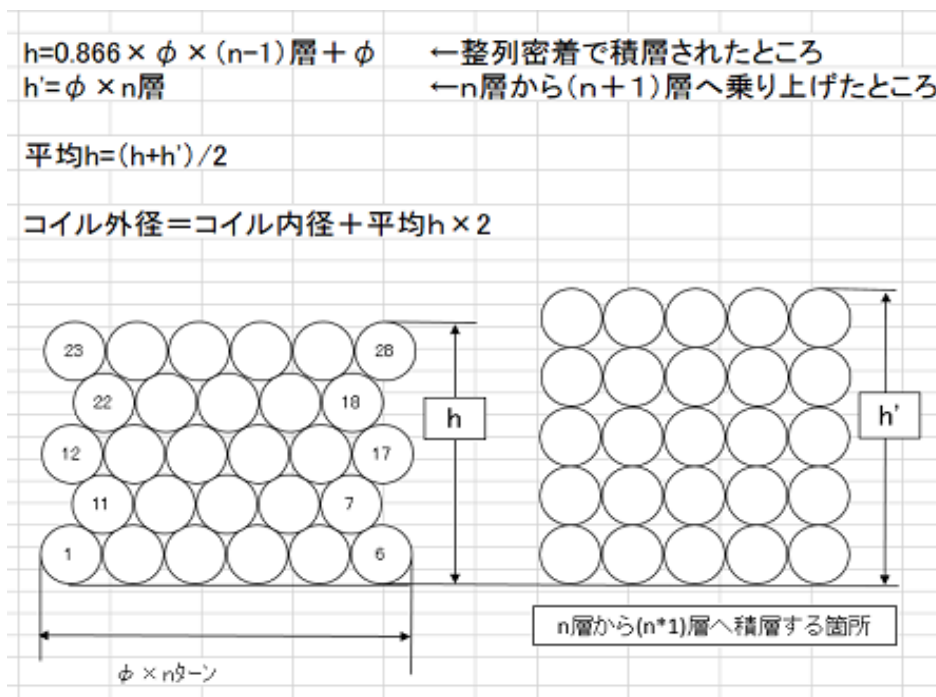
ソレノイドコイルの場合は、 h と h' の平均値がコイルの高さになるので、

$$\text{平均高さ } h = (4.69 + 5.95) / 2 = 5.32 \doteq 5.3\text{mm}$$

従って、コイルの外径寸法 Φ_{out} は、

$$\Phi_{\text{out}} = \Phi 30 + 5.3 + 5.3 = \Phi 40.6\text{mm}$$

と計算できます。



矩形コイルの場合は、4辺のうち3辺が h 、残りの1辺が h' の寸法となります。

次は、コイルの抵抗値を計算します。

コイルの内径と外径が分かったので、平均径の周長Lを計算します。

$$\text{平均径 } \Phi = (\Phi 30 + \Phi 40.6) / 2 = \Phi 35.3\text{mm}$$

$$\text{平均周長 } L = \Phi 35.3\text{mm} \times \pi = 110.898\text{mm} \approx 110.9\text{mm}$$

巻数が99ターンなので、銅線の長さは

$$110.9\text{mm} \times 99\text{ターン} = 10979.1\text{mm}$$

となります。

巻き始めと巻き終わりの引き出し線をそれぞれ50mmとすると、銅線の長さは、11079.1mm=11.0791mとなります。

JIS規格等を見ると、導体径Φ0.5mmの導体抵抗は、87.79Ω/km。単位を換算して0.08779Ω/mとすると、コイルの直流抵抗値Rは、

$$R = 0.08779\Omega/\text{m} \times 11.0791\text{m} = 0.97\Omega$$

となります。

次は、直流電流を流した時、コイルの表面温度が何度で飽和するのかを予測します。

コイルの外径寸法が決まったので、表面積Sは、

$$S = 0.00177\text{m}^2$$

放射率を3.6と仮定し、1A流した時、 $\Delta T = 36.9^\circ\text{C}$ と計算されます。

コイルの表面温度は、

$$\text{コイルの表面温度} = \text{室温} + \Delta T$$

なので、仮に室温25°Cであれば、コイルの表面温度は約62°C程度まで上昇すると予測できます。

PEWの耐熱温度が155°Cなので、十分安全に使えると考えられます。