

1 アマ無線工学 新問題の解説 令和3年12月期

A-2 図に示すように、二つの円形コイルA及びBの中心を重ね0として同一平面上に置き、互いに逆方向に直流電流 I [A] を流したとき、0における合成磁界の強さ H [A/m] を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、コイルの巻数はA、Bともに1回、A及びBの円の半径はそれぞれ r [m] 及び $3r$ [m] とする。

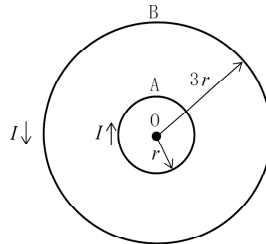
1 $H = \frac{I}{2r}$

2 $H = \frac{I}{3r}$

3 $H = \frac{I}{4r}$

4 $H = \frac{I}{6r}$

5 $H = \frac{I}{9r}$



解説

直線導線の微小部分と点Oを結ぶ直線との成す角度 θ は円周上のどの位置でも90度なので、円周上の Δl [m] の微小部分によって生ずる磁界の強さ ΔH [A/m] は、ビオ・サバールの法則より、

$$\Delta H = \frac{I \Delta l}{4\pi r^2} \sin 90^\circ = \frac{I \Delta l}{4\pi r^2} \quad [\text{A/m}] \quad (1)$$

となる。

円周上のどの位置でも同じ値となるので、式(1)の Δl を円周の長さ $2\pi r$ [m] に置き換えることによって、円周の部分によって生ずる磁界の強さ H [A/m] を求めることができるので、次式で表される。

$$H = \frac{I}{4\pi r^2} \times 2\pi r = \frac{I}{2r} \quad [\text{A/m}] \quad (2)$$

よって、コイルAによる磁界の強さ H_A [A/m] は次式で表される。

$$H_A = \frac{I}{2r} \quad [\text{A/m}] \quad (3)$$

コイルBによる磁界の強さ H_B [A/m] は式(2)の $r = 3r$ とすると、次式となる。

$$H_B = \frac{I}{6r} \quad [\text{A/m}] \quad (4)$$

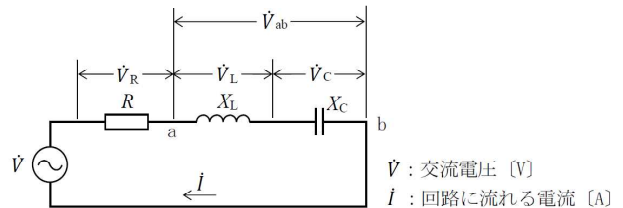
コイルAとBの電流の向きは逆向きなので、 H_A と H_B の向きが逆向きとなるので合成磁界の強さ H [A/m] は、式(3)と(4)より次式となる。

$$H = H_A - H_B = \frac{I}{2r} - \frac{I}{6r} = \frac{3I}{6r} - \frac{I}{6r} = \frac{2I}{6r} = \frac{I}{3r} \quad [\text{A/m}]$$

[正答：2]

A - 5 次の記述は、図に示す抵抗 R [Ω]、誘導リアクタンス X_L [Ω] 及び容量リアクタンス X_C [Ω] で構成された直列回路の特性について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。ただし、回路は共振しているものとする。

- 1 直列共振回路のインピーダンスは、最小になる。
- 2 \dot{V} と I の位相差は、0 [rad] である。
- 3 \dot{V}_R と \dot{V}_C の位相差は、 $\pi/2$ [rad] である。
- 4 \dot{V}_L の大きさは、 \dot{V} の大きさの R/X_L 倍である。
- 5 \dot{V}_{ab} は、0 [V] である。



正しく

4 \dot{V}_L の大きさは、 \dot{V} の大きさの X_L/R 倍である。

直列共振回路の尖鋭度 Q は、共振角周波数を ω_r [rad/s]、コイルのインダクタンスを L [H] とすると、次式で表される。

$$Q = \frac{\omega_r L}{R} = \frac{X_L}{R}$$

\dot{V}_L の大きさは、 \dot{V} の大きさの Q 倍となるので、 X_L/R 倍である。

[正答 : 4]

A - 7 次の記述は、各種ダイオードについて述べたものである。このうち、誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 ガンダイオードは、ガン効果を利用した半導体素子で、空洞共振器と結合させ、チョーク回路を通じて直流電圧を加えると、共振器の共振周波数で発振する。発振周波数は5~50 [GHz] と範囲が広い。
- 2 インパットダイオードは、電子なだれ現象によってマイクロ波を発生させることができる。ガンダイオードより高出力、高効率で発振するが雑音が多い。
- 3 PN接合ダイオードの接合部に逆方向電圧を加え、順方向電流が極めて小さいときに空乏層が接合容量として働き、加える電圧によって静電容量が変化することを利用したものが可変容量ダイオードである。
- 4 トンネルダイオードは、トンネル効果を利用したもので、動作速度が非常に速く、負性抵抗領域の遮断周波数も数十 [GHz] と高いので、マイクロ波からミリ波帯の正弦波発振やパルス発振器及び増幅器などに利用されている。

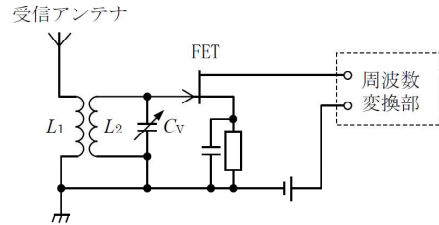
正しく

3 PN接合ダイオードの接合部に逆方向電圧を加え、**逆方向電流**が極めて小さいときに空乏層が接合容量として働き、加える電圧によって静電容量が変化することを利用したものが可変容量ダイオードである。

[正答 : 3]

A - 14 図に示す、高周波増幅部の同調回路において、可変コンデンサ C_v の最大静電容量が 470 [pF]、最小静電容量が 20 [pF] であった。このとき受信できる最低受信周波数を 500 [kHz] とするための同調コイル L_2 のインダクタンスの値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、同調回路全体の漂遊(浮遊)容量は 30 [pF] とする。また、コイル L_1 の影響は無視するものとする。

- 1 100 [μ H]
- 2 200 [μ H]
- 3 1 [mH]
- 4 2 [mH]
- 5 10 [mH]



解説

L_2 [H] と C_v [F] の同調回路において、共振周波数は静電容量の $\sqrt{\quad}$ に反比例するので、可変コンデンサの最大静電容量が $C_v = 470$ [pF] $= 470 \times 10^{-12}$ [F] のとき、最低受信周波数 $f = 500$ [kHz] $= 500 \times 10^3$ [Hz] に同調させることができる。漂遊(浮遊)容量を C_f [F] とすると、 C_v [F] との合成静電容量は $C = C_v + C_f = 470 + 30$ [pF] $= 500 \times 10^{-12}$ [F] となるので、同調回路の共振周波数 f [Hz] は、次式で表される。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C}} \quad [\text{Hz}]$$

両辺を 2 乗すると、次式で表される。

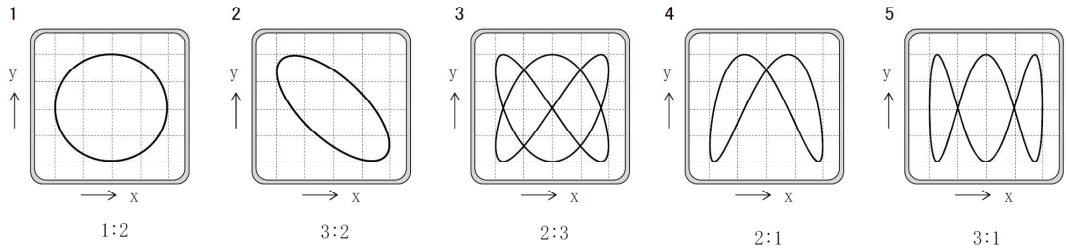
$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2 L_2 C}$$

$\pi^2 \doteq 10$ として L_2 [H] を求めると、次式で表される。

$$\begin{aligned} L_2 &= \frac{1}{4\pi^2 C f^2} = \frac{1}{4 \times 10 \times 500 \times 10^{-12} \times (500 \times 10^3)^2} \\ &= \frac{1}{4 \times 5 \times 25 \times 10^{1+2-12+4+6}} = \frac{1}{5 \times 10^3} = \frac{1}{5} \times 10^3 \times 10^{-6} \\ &= 200 \times 10^{-6} \text{ [H]} = 200 \text{ [\mu H]} \end{aligned}$$

[正答 : 2]

A - 25 次の図は、リサージュ図と各図形に対応する周波数比の組合せを示したものである。このうち正しいものを下の番号から選べ。ただし、リサージュ図は、オシロスコープの水平(x)入力に周波数 f_x [Hz] の正弦波交流を、垂直(y)入力に周波数 f_y [Hz] の正弦波交流を同時に加えた時に観測されたものとし、周波数比は $f_x:f_y$ とする。



解説

図1のように、問題のリサージュ図の水平軸と垂直軸に平行な線を引く。このとき、線の位置は任意であるがリサージュ図の交点は避ける。垂直線Vは水平軸のレベルが変化する数に比例するので水平軸の入力周波数 f_x [Hz] に比例する。水平線Hは垂直軸のレベルが変化する数に比例するので垂直軸の入力周波数 f_y [Hz] に比例する。

各選択肢の $f_x : f_y$ に比例するV : Hは次のようになる。

- 1 2 : 2 = 1 : 1
- 2 2 : 2 = 1 : 1
- 3 4 : 6 = 2 : 3
- 4 2 : 4 = 1 : 2
- 5 2 : 6 = 1 : 3

よって、正しい選択肢は3である。

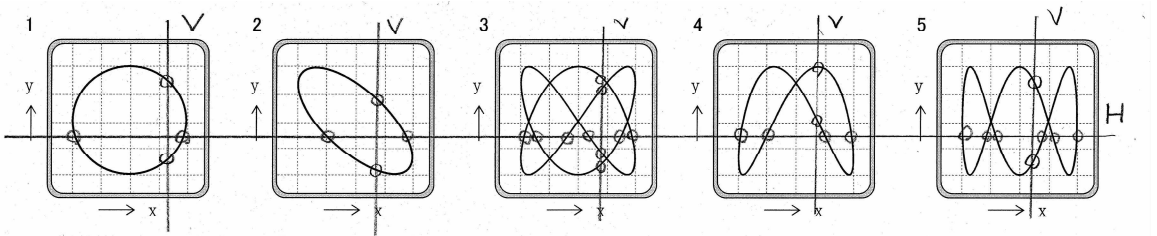


図1

[正 答 : 3]

B - 2 次の記述は、一般的な電圧制御型水晶発振器 (VCXO)、温度補償型水晶発振器 (TCXO)、恒温槽型水晶発振器 (OCXO) 及びルビジウム発振器について述べたものである。このうち正しいものを 1、誤っているものを 2 として解答せよ。

- ア VCXO は、水晶片と可変容量ダイオードを含む発振回路を金属ケースに収めたもので、可変容量ダイオードに加える電圧で発振周波数が微調整できる。
- イ TCXO は、特定の角度で切り出した水晶片と、この水晶片の温度係数を打ち消す温度係数を持つ温度変化素子で共振回路を作り、発振回路基板とともに金属ケースに収めたものである。
- ウ OCXO は、温度係数の小さな水晶片と発振回路基板を恒温槽に入れ、全体を金属ケースに収めたものである。恒温槽を予め稼働させていなくても、周波数が安定するのに必要な時間は TCXO より短い。
- エ VCXO、TCXO、OCXO の中で最も周波数精度が高い(良い)のは TCXO である。
- オ ルビジウム発振器は、ルビジウム原子のもつ極めて安定度の高い固有周波数に、水晶発振器の発振周波数を同期させた原子発振器である。

正しく

ウ OCXO は、温度係数の小さな水晶片と発振回路基板を恒温槽に入れ、全体を金属ケースに収めたものである。恒温槽を**予め稼働させる**ので、周波数が安定するのに必要な時間は TCXO より**長い**。

エ VCXO、TCXO、OCXO の中で最も周波数精度が高い(良い)のは **OCXO** である。

[正答 : ア- 1 イ- 1 ウ- 2 エ- 2 オ- 1]