

受験職種	研究職
------	-----

得点	※
----	---

地方独立行政法人大阪産業技術研究所  
研究職 電子（電磁波）専門試験

（注 意 事 項）

1. 試験時間中は、すべて試験係員の指示に従ってください。お互いに話をしたり、席を立ったり、そのほか、人の迷惑になるようなことをしてはいけません。また、試験中に携帯電話やスマートフォン等の通信機器やICレコーダー等の電子機器の使用は禁止しますので、電源を切るか、マナーモード等の設定により、試験中に機器音が生じないようにしたうえ、かばん等へ収納してください。（計算機能付きの腕時計も同様とします。）

係員の指示に従わない場合、また、上記の電子機器の扱いに反した場合は不正行為とみなし、失格として退出していただく場合があります。

2. 受験番号及び氏名は必ず記入してください。（※欄は記入しないでください。）

3. 問題は、全部で5問あり、時間は1時間40分です。

4. 試験時間中の体調不良又はトイレ等により、やむを得ず一時退室を希望する場合には、手を挙げて試験係員に知らせ、その指示に従ってください。

ただし、一時退室が認められた場合でも、休養室等での受験はできません。また、一時退室した分の解答開始時刻の繰下げや試験時間の延長も認められません。

5. 試験を終了するとき又は棄権するときは、手を挙げて試験係員に知らせ、必ず試験用紙を試験係員に提出し、確認を受けてください。配付された冊子等は、一切持ち出すことはできません。

「はじめてください」の指示があるまで  
中を開けてはいけません

整理番号
※

整理番号
※

得点	※
----	---

受験職種
研究職

受験番号
------

氏名
----



## 問題 1

インダクタンスが  $100 [\mu\text{H}]$ 、 $Q$  値が  $50$  のコイルと、無損失とみなせる容量  $100 [\text{pF}]$  のコンデンサ、および無損失とみなせる電線からなる直列共振回路がある。この回路の共振時における回路インピーダンス  $Z [\Omega]$  を求めよ。

ただし、インダクタンス  $L [\text{H}]$ 、残留抵抗  $R [\Omega]$  を持つコイルの角周波数  $\omega [\text{rad/s}]$  における  $Q$  値は次式で示されるものとする。

$$Q = \omega \frac{L}{R}$$

問題1 解答欄

(導出過程)

(答え)

[Ω]

## 問題2

以下の語群は、光学、電磁気学、高周波回路および量子力学が関連する技術における用語である。この語群のうちから2つ選択し、解答欄(1)および(2)にそれぞれ90～150字で説明せよ。なお、記号[句読点やカギ括弧、中点(・)など]も一字として数えるものとする。

(選択語群)

フォトニック結晶

IoT

可視光通信

5G

寄生容量

蛍光

左手系材料

有機EL



問題3

インピーダンス行列、アドミタンス行列、および縦続行列は、線形受動二端子対回路の入出力電圧、電流の関係を表す2×2の行列である。

図1に示すように、二端子対回路の入出力電圧を $V_1$ および $V_2$ 、入出力電流を $I_1$ および $I_2$ と定めると、インピーダンス行列 $\begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix}$ 、アドミタンス行列 $\begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix}$ 、および縦続行列 $\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$ は、それぞれ $\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$ 、 $\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$ 、および $\begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{pmatrix}$ のように定義される。

表1の(1)から(5)に入る二端子対回路(a)、(b)、および(c)のインピーダンス行列、アドミタンス行列、および縦続行列を解答欄に記入せよ。ただし、 $Z$ は記号  $\text{---}\square\text{---}$  で表される素子のインピーダンスである。

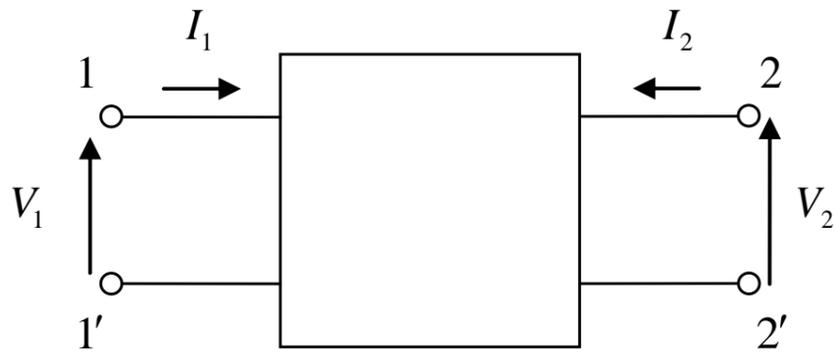


図1 二端子対回路

表1 二端子対回路(a)、(b)、および(c)のインピーダンス行列、アドミタンス行列、および縦続行列

二端子対回路	インピーダンス行列	アドミタンス行列	縦続行列
(a)	(1)	存在しない	(2)
(b)	存在しない	(3)	(4)
(c)	(解答例) $\begin{pmatrix} Z & 0 \\ 0 & Z \end{pmatrix}$	(5)	存在しない

問題3 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	

問題4

(1) 以下の問題文は、最も基本的なアンテナの一つである等方性アンテナから放射される電界の強度についての考察である。(ア)～(オ)欄に入る数式を解答欄に記入せよ。なお、アンテナにおける損失は無いものとする。

【問題文】空間中の点(図中の点O)に配置された等方性アンテナは、図2に示すように全方向に一様に、つまり等方的に電力を放射する。

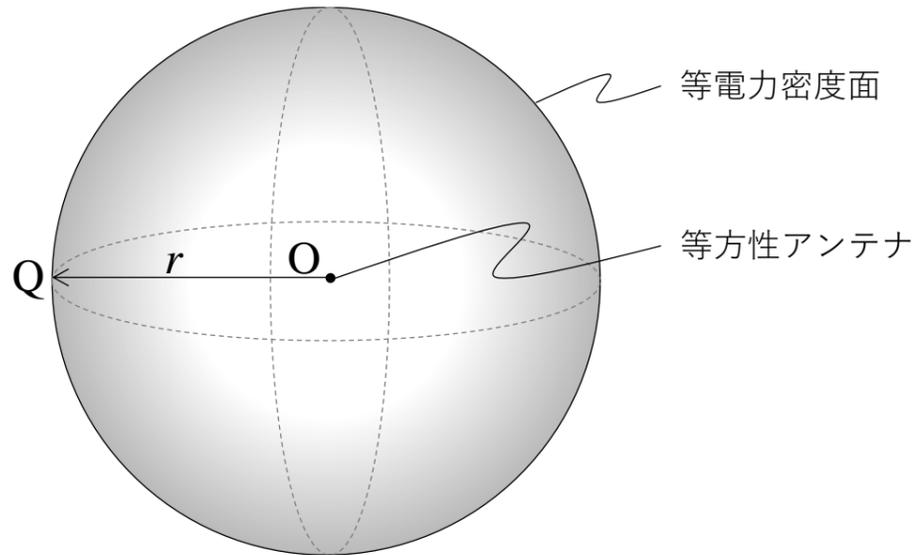


図2 等方性アンテナ

今、この等方性アンテナに電力  $P$  [W] が給電されている。この電力はアンテナから外側に向かって一様に放射される。このとき、アンテナから距離  $r$  [m] 離れた電力密度が等しい仮想的な球面(等電力密度面)を想定すると、その球面上の任意の点(図中の点Q)における単位面積あたりの電力、すなわち電力密度  $S$  [W/m<sup>2</sup>] は  $r$  と  $P$  を用いて以下のように表される。

$$S = \boxed{\text{(ア)}} \quad (1)$$

また、電力密度ベクトル  $\vec{S}$  は、電界ベクトル  $\vec{E}$  と磁界ベクトル  $\vec{H}$  との間に、「ポインティングの定理」と呼ばれる以下の関係がある。なお、ベクトルの大きさは実効値で表現されているものとする。

$$\vec{S} = \boxed{\text{(イ)}} \quad (2)$$

ここで、自由空間の波動インピーダンス  $\eta_0 = 120\pi$  [ $\Omega$ ] を用いると、電界の振幅  $|\vec{E}|$  と磁界の振幅  $|\vec{H}|$  の間の関係は以下のようなになる。

$$|\vec{H}| = \frac{|\vec{E}|}{\eta_0} = \frac{|\vec{E}|}{120\pi} \quad (3)$$

式(1)～(3)を用いて、距離  $r$  [m] 離れた球面上の点Qにおける電界強度  $E$  [V/m] を  $r$  と  $P$  で表すと以下のようなになる。

$$E = |\vec{E}| = \boxed{\text{(ウ)}} \quad (4)$$

次に、実際の試験対象となるアンテナについて考える。試験アンテナに上記の等方性アンテナと同じ電力  $P$  [W] が給電されている場合に、距離  $r$  [m] 離れた球面上の点Qに生じる電力密度  $S'$  [W/m<sup>2</sup>] が等方性アンテナの電力密度  $S$  [W/m<sup>2</sup>] の  $G$  倍になっているものとする。したがって、試験アンテナの電力密度  $S'$  [W/m<sup>2</sup>] と電界強度  $E'$  [V/m] は、 $r$ 、 $P$ 、および  $G$  を用いて以下の式で表される。

$$S' = GS = \boxed{\text{(エ)}} \quad (5)$$

$$E' = \boxed{\text{(オ)}} \quad (6)$$

この比例係数  $G$  はアンテナの利得と呼ばれる。上式より、利得  $G$  の試験アンテナに電力  $P$  [W] を給電することは、電力  $GP$  [W] を等方性アンテナに給電することと等価であると言える。

(2) 設問(1)で導出した式を基にし、以下の問いについて導出過程を示しながら解答しなさい。ただし、問題で与えられている試験アンテナは、設問(1)で取り扱ったアンテナと同様の等方性アンテナとする。

(ア) 利得  $G_A = 20$  の試験アンテナAに対し、電力  $P = 1.5$  [W] が給電されている時、10 [km] 離れた地点における電界強度  $E_A$  [V/m] を求めよ。

(イ) 試験アンテナAの代わりに利得  $G_B$  の試験アンテナBに電力  $P = 2$  [W] が給電されている時、5 [km] 離れた地点における電界強度  $E_B$  は10 [mV/m] であった。このとき、 $G_B$  を  $G_A$  を用いて表せ。なお、係数が整数にならない場合には分数を用いよ。

問題4 解答欄

(1)	(ア)	
	(イ)	
	(ウ)	
	(エ)	
	(オ)	
(2)	(ア)	<p>(導出過程)</p>     <p>(答え) <math>E_A</math> [V/m] =</p>
	(イ)	<p>(導出過程)</p>     <p>(答え) <math>G_B</math> =</p>

問題5

次の文章は、交流回路に関する記述である。文中の空欄 (ア) から (コ) に入る適切な語句または式を解答欄に記入せよ。

図3の回路網に交流電圧源  $E$  を接続した時の出力電圧  $V$  の導出について考察する。ただし、 $M$  は自己インダクタンス  $L$  をもつ2つのコイル間の (ア) である。

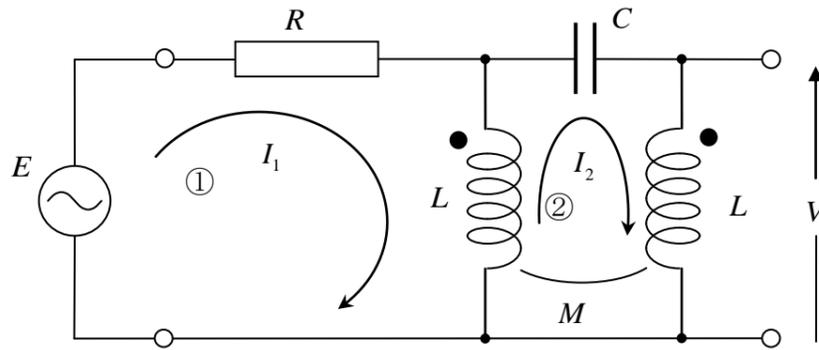


図3

図3のように閉回路①および②を設定し、それぞれの閉回路に流れる閉路電流を  $I_1$ 、 $I_2$  とし、各閉回路に対し、(イ) の第2法則を適用すると、次の閉路方程式が得られる。

閉回路①：

$$E = \left( \text{(ウ)} \right) I_1 - j\omega \left( \text{(エ)} \right) I_2 \quad (1)$$

閉回路②：

$$0 = -j\omega(L-M)I_1 + \left[ 2j\omega(L-M) + \frac{1}{j\omega C} \right] I_2 \quad (2)$$

ただし、 $j$  は虚数単位、 $\omega$  は角周波数である。

ここで、式(2)の両辺に  $j\omega C$  をかけると、

$$0 = \omega^2 C(L-M)I_1 + [1 - 2\omega^2 C(L-M)]I_2 \quad (2)'$$

となる。

式(1)および式(2)'を連立させ、行列方程式で表すと、次式(3)のようになる。

$$\begin{pmatrix} E \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{(ウ)} & -j\omega \text{(エ)} \\ \omega^2 C(L-M) & 1 - 2\omega^2 C(L-M) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$I_1$  および  $I_2$  は、式(3)より、

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{D} \begin{pmatrix} 1 - 2\omega^2 C(L-M) & j\omega \text{(エ)} \\ -\omega^2 C(L-M) & \text{(ウ)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

と表される。

ただし、

$$D = \begin{vmatrix} \text{(ウ)} & -j\omega \text{(エ)} \\ \omega^2 C(L-M) & 1 - 2\omega^2 C(L-M) \end{vmatrix} = \text{(オ)} + j\omega \text{(カ)} \quad (5)$$

である。

式(4)および(5)より、 $I_1$  および  $I_2$  は、それぞれ次の式(6)および式(7)で表される。

$$I_1 = \frac{\text{(キ)}}{D} E \quad (6)$$

$$I_2 = \frac{\text{(ク)} }{D} E \quad (7)$$

したがって、出力電圧  $V$  は、

$$\begin{aligned} V &= j\omega L I_2 + j\omega M \left( \text{(ケ)} \right) \\ &= \frac{\text{(コ)}}{D} E \end{aligned} \quad (8)$$

となる。

問題5 解答欄

(ア)	
(イ)	
(ウ)	
(エ)	
(オ)	
(カ)	
(キ)	
(ク)	
(ケ)	
(コ)	