

期末試験

令和7年1月8日 C303室 13:00 - 14:00

出題問題 選択問題 100問

講義ホームページのスライドに載っている問題 + α

マスクを着用して受験して下さい。

病欠等で受験できない人は、

試験前までに、メールで連絡下さい。

1月15日(水)に追試を実施します。

308☆☆

(既出問題)

安全について正しいのはどれか。

1. ミクロショックによる心室細動は $10\mu A$ で発生する。
2. 心臓に直接適用する機器はCF形を用いる。
3. クラスⅡ機器はアースを保護手段としている。
4. 人体は高周波ほど感電しやすい。
5. 漏れ電流の測定には $100k\Omega$ の人体等価抵抗を用いる。

2

医用電気機器の分類

患者や術者への電流(漏れ電流)を抑制する保護手段。

基礎絶縁 装置内の回路が周囲の構造物と絶縁している。
全ての医用機器に必要な保護手段。

追加保護手段

保護接地 基礎絶縁が破壊しても、漏れ電流がアースに流れるように、アース線(保護接地線)を伴う3P電源コードを使用。

補強絶縁 基礎絶縁が破壊しても周囲との絶縁が保たれる2重構造になっている。

内部電源 電源にバッテリー、電池を使用
(ただし充電中は内部電源機器とは扱わない)。

クラスⅠ機器 基礎絶縁 および 保護接地

3Pコンセントによる接地を行って使用する。

クラスⅡ機器 基礎絶縁 および 補強絶縁
接地は不要。

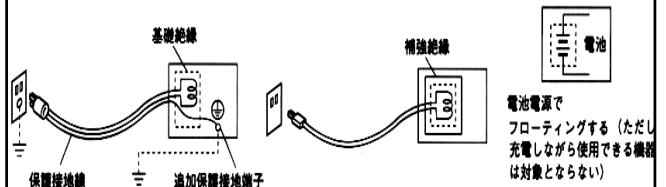
内部電源機器 基礎絶縁 および 内部電源

充電中は、クラスⅠかⅡの使用法に従う。

クラスⅠ機器—保護接地を必要とする

クラスⅡ機器—保護接地に依存しない

内部電源機器

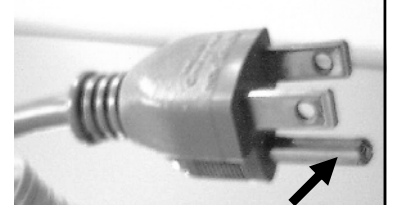


問題 81 2005年 国家試験

電撃を防ぐのに有効な手段として誤っているのはどれか。

1. 患者漏れ電流を小さくする。
2. 患者と大地の間の抵抗を小さくする。
3. アース線を一点に集中させて接地する。
4. 装置の外装を電氣的に絶縁する。
5. 三線式電源プラグを使用する。 解答2

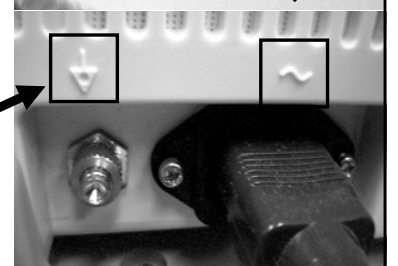
クラスⅠ ME機器の3Pプラグ
(三線式電源プラグ)
保護接地線がある。



クラスⅠ ME機器の背面

等電位化接地の記号
(EPRシステム)

～ は、商用交流の記号



ME図記号	
漏れ電流による 装着部の分類	医用機器のクラス別分類
 B形機器	 保護接地（大地） クラスⅠ機器の 3Pコンセントによる接地
 BF形機器	 クラスⅡ機器 補強絶縁
 CF形機器	 等電位化 EPR(等電位化接地) システムの接地端子



■ 311 ☆ (2000)

医用電気機器の電気安全で正しいのはどれか。

- 心臓に直接適用できる機器はCF形機器である。
- クラスⅡ機器の追加保護手段は保護接地である。
- 人体の商用交流に対する最小感知電流は約10 μ Aである。
- 電流値が同じならば高周波ほど電撃反応は激しくなる。
- 等電位接地システムはマイクロショック対策設備である。

1. a, b 2. a, e 3. b, c
4. c, d 5. d, e

■ 2

■ 83 (2004)

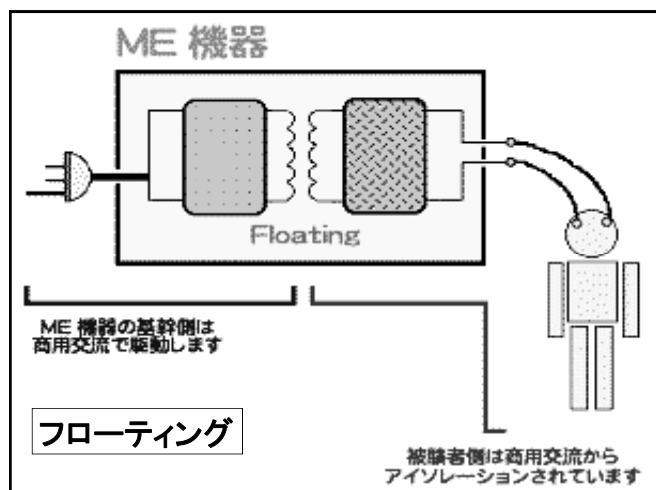
CF形の装着部をもつ心電計でフローティングの目的はどれか。

- 商用交流雑音を低減させる。
- 電極の分極の影響を低減させる。
- 停電時でも機器を使用できるようにする。
- 使用中に除細動装置の動作を行えるようにする。
- 患者に対するマイクロショックを防ぐ。 ■ 5

フローティング Floating

電源回路から増幅回路(特に、患者に接触する電極端子と直結している前置増幅回路)に供給する電力を、トランス(絶縁トランス)を介して渡す絶縁方法。これを、フローティングという。電気的に浮いた状態を示す。

電源に、電池やバッテリーを使うのも有効なフローティング。



電極(装着部)からの漏れ電流の程度による分類

B形 装着部 (Body 形)

漏れ電流 $100\mu\text{A}$ 以下 フローティング回路なし。
体表にのみ使用。心電図電極など。

BF形 装着部 (Body 形 & Floating)

漏れ電流 $100\mu\text{A}$ 以下 フローティング回路あり。
体表にのみ使用。エコーのプローブ(探触子)など。

CF形 装着部 (Cor(心臓)形 & Floating)

漏れ電流 $10\mu\text{A}$ 以下 フローティング回路あり。
直接心臓に使用可。カテーテル電極など。

電極の分極電圧

体表に電極を付ける場合、ペースト(電極のり)を塗る。
ペーストは、電子を通す必要があり電解液(主成分は NaCl)が入っている。

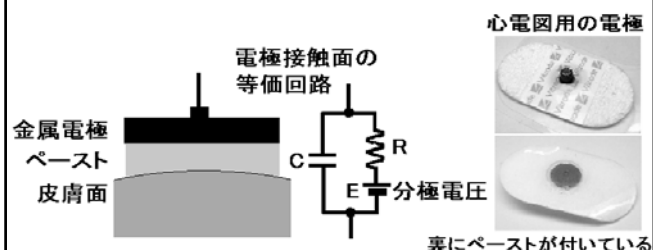
測定装置から電極に電流が多く流れると、金属電極からペースト内に電子が流れる。
ペーストは電気抵抗(電極インピーダンス) R を持つので電圧が発生する。

また、電極自体にイオン化傾向の異なる部位があると(一部分が錆びているなど)、ペーストを介して電極の局所間で電圧が発生する。

これらの電極接触面に生じる電圧を、分極電圧という。

接触皮膚面と金属電極の間の電解質に、電子(電荷)がたまるので、静電容量(コンデンサ)と等価の状態にもなり、CR結合回路のように、入力信号が変動すると検出電圧の変動が生じる。

電極接触面の抵抗 R 、静電容量 C 、分極電圧 E は、測定値を不正確にするので、小さいほうが望ましい。

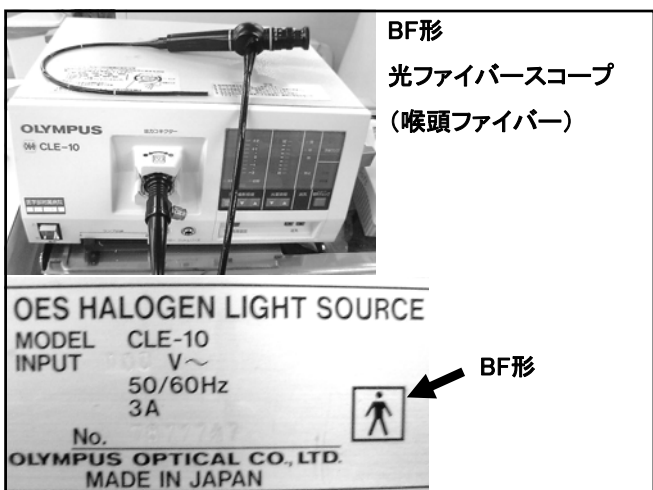


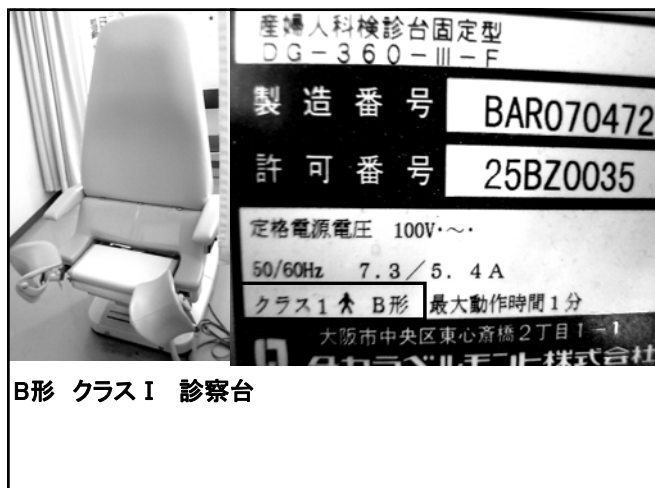
電極接触面の、抵抗値(電極インピーダンス)を下げるには、ペーストを厚く塗らない。

ペーストが厚いとペーストの厚さが呼吸運動で変動する不都合も生じ、ドリフトノイズが増加する。

電極接触面の、静電容量を下げるためには、

面積の小さい電極を使う。被検者の汗を良く拭き取る。
接触面の汗が多いと、皮膚面側のコンデンサ電極に相当する面積が大きくなる。





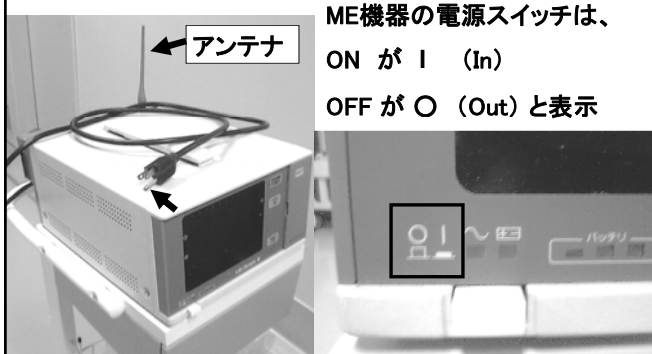
B形 クラス I 診察台

クラス I、BF形 自動血圧計



クラス I 心電計 (3Pプラグ)

テレメータ機能付き(心電図をFM電波で送信する)



クラス I BF形 超音波装置

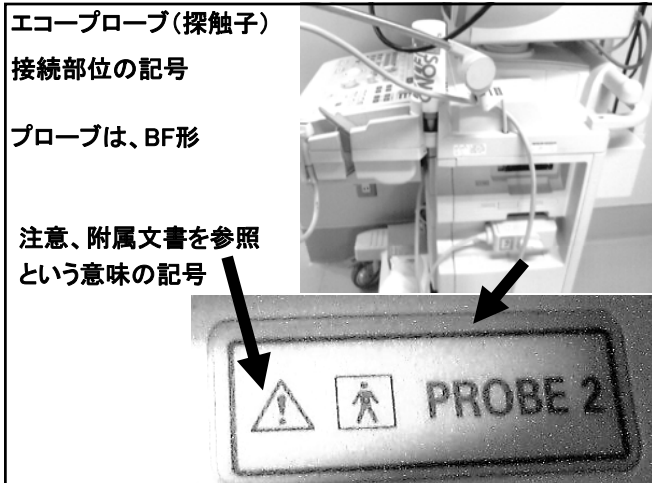


エコープローブ(探触子)

接続部位の記号

プローブは、BF形

注意、附属文書を参照
という意味の記号



CF形 クラス I

輸液ポンプ、シリンジポンプ
点滴、注射の注入速度を
一定に保つ装置。



問 317 ☆

下図の記号は何を意味しているか。

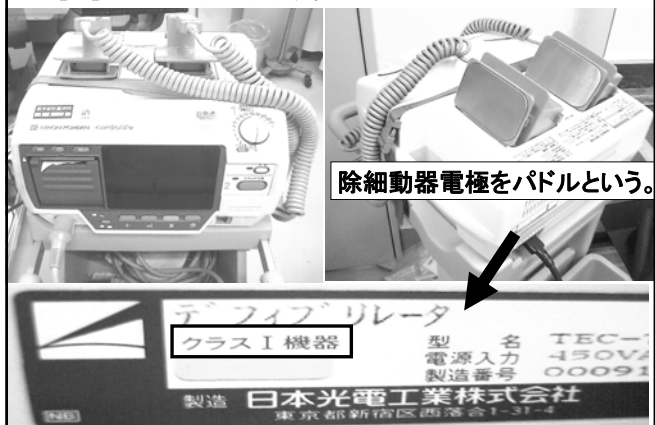
1. BF形機器で安全を特に強調した機器。
2. CF形機器で電気メス併用可の機器。
3. BF形機器で電気メス併用不可の機器。
4. CF形機器で除細動器の併用可の機器。
5. CF形機器で除細動器の併用不可の機器。



4

機器の形記号に、除細動器電極(パドル)の記号が付くと、除細動器を使用しながら使っても壊れない機器を示す。

除細動器(デフィブリレータ)数千Vの高電圧で心室細動を止める装置
fibril【名】〔医〕(心臓の)細動; 攣縮



除細動器電極をパドルという。



問題 80 2005年 国家試験

生体信号の記録について正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 自動平衡型記録計は筋電図の記録に適している。
2. 電磁オシログラフはインクを吹き付けて記録する。
3. 熱ペン式記録計が心電図の記録に使われる。
4. ペン圧の制動過大はオーバーシュートを起こす。
5. サーマルアレイレコーダでは信号をデジタル変換している。

解答 3, 5

記録器、記録表示装置 RCD Recorder

測定器が出力した生体信号情報を表示、記録する装置。

生体信号には、数字だけの情報または波形の情報がある。
波形の情報には、周波数が低いもの(波形が緩やか)、
周波数が高いもの(波形が細かい)がある。

それぞれの生体情報を正確に表示できる記録装置が必要。

現在では、コンピュータを介した液晶画面表示、
プリンタ出力が主流。

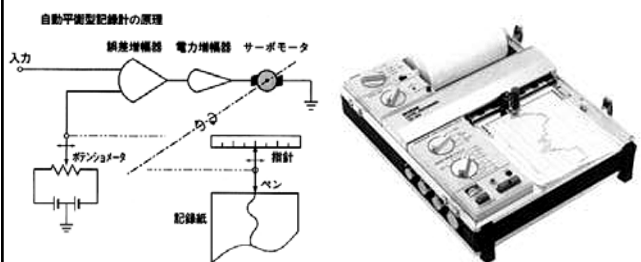
記録器の種類と特性、用途

記録または表示装置	応答周波数	代表的な用途
自動平衡記録計	DC ~ 1 Hz	体温
インク式記録計	DC ~ 100 Hz	脳波、呼吸曲線
熱ペン式記録計	DC ~ 100 Hz	心電図
インクジェット式記録計	DC ~ 600 Hz	心音図、HIS 束心電図
サーマルアレイ・レコーダ	DC ~ 10 kHz	筋電図、脳誘発電位、超音波
電磁オシログラフ	DC ~ 3 kHz	筋電図、眼振図
ブラウン管オシロスコープ	DC ~ 500 kHz	多用途モニター
データレコーダ	DC ~ 20 kHz	患者監視用・長時間モニター
デジタルメモリ	DC ~ 30 kHz	患者監視用・長時間モニター

自動平衡型記録計

モータ(サーボモータ;回転角度をパルス電圧で調節できるモータ)で、記録ペンを直線方向に動かして送り出される紙に波形データを記録。
細かい波形は記録できない。記録上限周波数は 1Hz。

体温や血中酸素飽和度(SpO2)の日内変動などの、
緩やかな数値変化の長時間記録に適する。



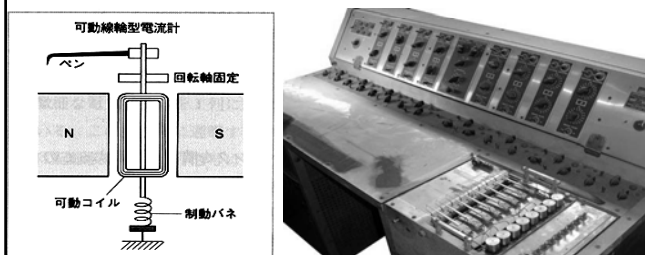
ペン式記録計 ペンを可動コイルで動かして記録する。

上限周波数は 100Hz 程度。

脳波(0.5~60Hz)、心電図(0.05~200Hz)

インク式(インク書き式) インクの補充が必要。

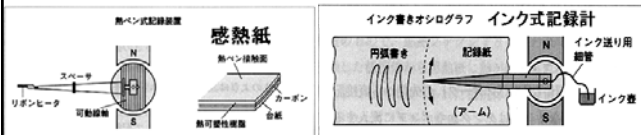
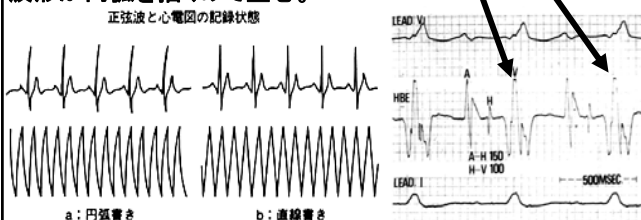
熱ペン式 インクは不要だが、感熱紙(加熱するとインクが
浮き出る紙)が記録紙として必要。



ペン式記録計の欠点

ペン圧が低いとペン先が振り切れてオーバーシュートを生じる。

波形が円弧を描くので歪む。



227 ☆

サーマルアレイ方式レコーダについて誤っているものはどれか。

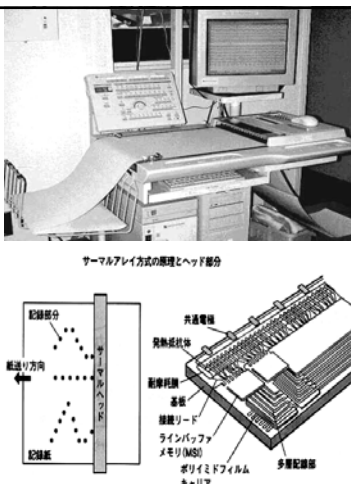
1. デジタル化された信号を印刷する。
2. 記録紙は普通紙を用いる。
3. 1 kHzの生体信号をリアルタイムに記録できる。
4. 微小発熱素子の密度は8 dots/mmである。
5. コメントと波形を同時に印刷できる。

2

サーマルアレイレコーダ (熱転写プリンタ)

信号をデジタル変換して
(AD変換)、感熱紙に記録。
1mm間隔に8～16ドット
の細かい描画が可能。

上限周波数は 10kHz。
筋電図(5～2kHz)の記録
など。



〔注解〕 1. デジタル化された信号をそのままサーマル
プリントヘッド上に高密度に配列された微小発熱素子に送り、
印字ヘッドを熱発色紙(感熱紙)に押し付け、通電することで
印刷する方式のプリンタである。

2. 熱を加えると発色する特殊な熱発色紙(感熱紙)を用いる。

3. 数kHz程度までの信号はリアルタイムに記録できる。

4. サーマルプリントヘッド上の微小発熱素子は
8～16 dots/mm程度のドット密度で配列されている。

5. デジタル信号を用いるため、罫線やコメント、グラフ、
写真、イラストを、例えば脳波波形と同時に印刷できる。

29年国家試験

解答 1

サーマルアレイ式記録器で誤っているのはどれか。

1. 記録に感光紙を使用する。
2. 信号をデジタル変換している。
3. 波形と同時に目盛りも記録できる。
4. 数 kHz 程度までリアルタイム記録できる。
5. サーマル素子の密度は 8 個/mm 程度である。

313 ☆

(2002)

データの記録・表示装置で応答上限周波数が
最も低いのはどれか。

1. 自動平衡型記録計
2. インク書き記録計
3. 熱ペン式記録計
4. ブラウン管オシロスコープ
5. サーマルアレイレコーダ

1

オシロスコープ CRO

Oscillation 【名】〔物〕振幅、振動。

Oscilloscope 【名】信号電圧の波形観測装置

直流電圧から数十MHz までの
高周波信号まで測定、表示が可能な装置。
表示画面はブラウン管式と液晶式がある。



27年国家試験

解答 2

RLC 直列回路のインピーダンス[Ω]はどれか。
ただし、抵抗器の抵抗値は 4 Ω、
誘導性リアクタンスは 7 Ω、
容量性リアクタンスは 4 Ωとする。

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. 2 | 3. 7 | 5. 15 |
| 2. 5 | 4. 11 | |

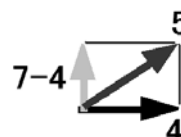
交流(角速度 ω (周波数 $f = \omega/2\pi$))に対する
コンデンサのインピーダンス(容量性リアクタンス)は、
 $1/\omega C$ (この問題では、 $1/\omega C = 4$)
コイルのインピーダンス(誘導性リアクタンス)は、
 ωL (この問題では、 $\omega L = 7$)

抵抗のインピーダンス R は 周波数と無関係。R = 4

LCR直列回路のインピーダンス Z は、

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

$$= \sqrt{4^2 + (7-4)^2} = 5$$



入力交流信号 E (周波数 f , 角速度 $\omega=2\pi f$) が加わると、
 L 、 C 、 R の各素子は直列なので、等しい電流 I が
 各素子に流れる ($I=I_L=I_C=I_R$) が、
 各素子に発生する電圧 E_L 、 E_C 、 E_R は位相が異なる。

E_L の大きさは $I X_L = I \omega L$

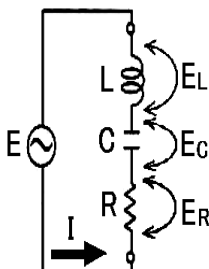
位相は電流より $\pi/2 (90^\circ)$ 進んでいる。

E_C の大きさは $I X_C = I / \omega C$

位相は電流より $\pi/2 (90^\circ)$ 遅れている。

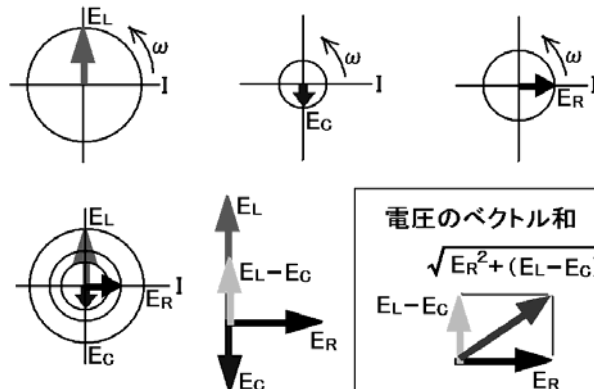
E_R の大きさは $I R$

位相は、電流と同じ。



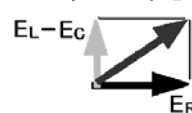
LCR直列回路に流れる交流電流 I を、円運動の射影と考えると、

E_L は 90° 進んでいる。 E_C は 90° 遅れている。 E_R は電流と同じ位相。



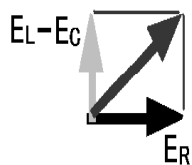
電圧のベクトル和

$$\sqrt{E_R^2 + (E_L - E_C)^2}$$



電圧のベクトル和

$$\sqrt{E_R^2 + (E_L - E_C)^2}$$



$$E_R = I R$$

$$E_L = I \omega L$$

$$E_C = I / \omega C \text{ を代入すると}$$

$$E = I \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

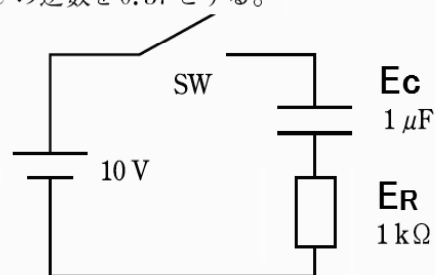
LCR直列回路のインピーダンス Z は、

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

平成27年 第22回 第1種ME試験問題 解答 3

図のようなCR直列回路がある。SW を閉じた瞬間から
 2.0 ms 後に回路を流れる電流[mA]はおおよそいくらか。
 ただし、初期状態でのコンデンサ両端電圧は0Vとし、
 自然対数の底 e の逆数を0.37 とする。

- 1) 0.63
- 2) 0.74
- 3) 1.4
- 4) 2.1
- 5) 3.7



CR回路の時定数 τ は $1 \mu F \times 1k\Omega = 1 (ms)$

スイッチを閉じると抵抗およびコンデンサ
 の両端電圧は上昇する。

スイッチを閉じた瞬間の抵抗電圧は 10(V)

2ms後の抵抗電圧 E_R は $10 \times 0.37 \times 0.37 = 1.369 (V)$

抵抗電流は $1.369 (V) / 1000 (\Omega) \doteq 1.4 (mA)$

