医用電磁気学

サブ(補強)演習テキスト

臨床工学科

医用電磁気学　第１回講義　プリント６（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験

抵抗・抵抗率 関連問題

問題2(3-21)

血液(抵抗率を150Ω・cm)の流れている直径2cm、長さ20cmの血管の
両端での電気抵抗はほぼいくらか算出せよ。

問題4(34-29)

断面積0.02mm^2、長さ3mの銅線を30本ひねり合わせて保護接地線を作成した。
この保護接地線の抵抗はおよそ何Ωか。ただし、銅の抵抗率を1.6x10^{-8}Ω・mとする。

問題6(16-27)

細いゴム管に水銀を封入し、両端に電極をつけた素子がある。
長さを1%だけ一様に伸ばしたとき、電極間の抵抗はおよそ何%変化するか。

問題7(38-21)

半径r[m]、長さL[m]、電気抵抗0.2Ωの導線がある。
同一材料で作られた半径2r、長さ8Lの導線の電気抵抗[Ω]はいくらか。

問題2(3-21)

血液(抵抗率を150Ω・cm)の流れている直径2cm、長さ20cmの血管の
両端での電気抵抗はほぼいくらか算出せよ。

【解答】定義式①にρ=150Ω・cm、L=20cm、A=π・1^{2}cm^{2}を代入すると、R≒955Ωとなる。

問題4(34-29)

断面積0.02mm^2、長さ3mの銅線を30本ひねり合わせて保護接地線を作成した。
この保護接地線の抵抗はおよそ何Ωか。ただし、銅の抵抗率を1.6x10^{-8}Ω・mとする。

【解答】単位に注意して(この式ではmにそろえる)変形すると、

$$1.6\times10^{-8}(\Omega\cdot\mathrm{m})\times\frac{3\ (m)}{0.6\times10^{-6}(m^2)}$$

解くと0.08Ω

問題6(16-27)

細いゴム管に水銀を封入し、両端に電極をつけた素子がある。
長さを1%だけ一様に伸ばしたとき、電極間の抵抗はおよそ何%変化するか。

【解説】ゴム管を伸ばしても体積は一定であることから、下記の式が成立する。

$$V = \mathrm{L}\cdot\mathrm{A} = \underbrace{(1.01\mathrm{L})}_{1\%増加}\times\left(\frac{\mathrm{A}}{1.01}\right) = \mathrm{L'}\cdot\mathrm{A'}$$ (V: 体積、A: 断面積、L: 長さ)

定義式①にL'とA'を代入する。

【解答】解説より、$\mathrm{L'}=\mathrm{L}\times1.01$　　$\mathrm{A'}=\frac{\mathrm{A}}{1.01}$　となる。

$$\mathrm{R}=\rho\times\frac{1.01L}{\frac{A}{1.01}}=\rho\frac{L}{A}\times1.01^2\fallingdotseq\rho\frac{L}{A}\times1.02$$

よって、$R=\rho\frac{L}{A}$と比べて、**約2%増加(答え)**

問題7(38-21)

半径r[m]、長さL[m]、電気抵抗0.2Ωの導線がある。
同一材料で作られた半径2r、長さ8Lの導線の電気抵抗[Ω]はいくらか。

【解答】

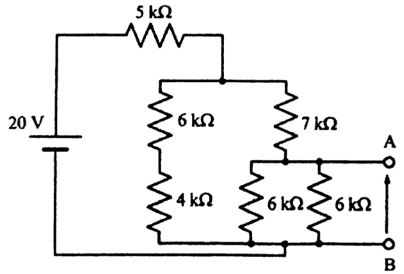
$\mathrm{R}=\rho\times\frac{8L}{(2r)^2\pi}=\rho\frac{8L}{4r^2\pi}=\rho\frac{L}{r^2\pi}\times2$ 、題意より $\rho\frac{L}{r^2\pi}=0.2\Omega$ を代入すれば　求める R=0.2×2=　**0.4Ω**

医用電磁気学　第２回講義　プリント６（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験より

直流回路（回路計算、合成抵抗とキルヒホッフの法則など）

問題4(20-21)

図の回路のAB間の電圧は何Ｖか。



②抵抗回路

問題3(39-32)

5Ｖの直流電源に抵抗器1個とLED1個を直列に接続して、電流10mＡでLEDを点灯させる回路がある。LEDの電圧降下が2Ｖのとき抵抗器の抵抗値は何Ωか。

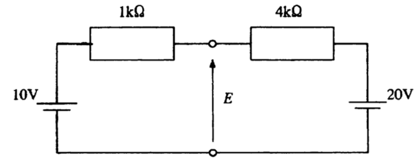
1) 100　2) 200　3) 300　4) 400　5) 500

問題2(33-30)

起電力3.0V、内部抵抗1.0Ωの電池に5.0Ωの負荷抵抗を接続した。負荷抵抗両端の電圧は何Vか。

問題11(36-30)

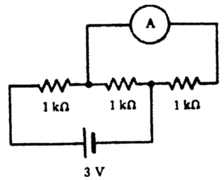
図の回路の電圧Eは何Ｖか。



②電流測定

問題18(14-23)

図の電流計は何Ａを示すか。
ただし電流計の内部抵抗は無視する。



①電池の起電力、内部抵抗と負荷抵抗

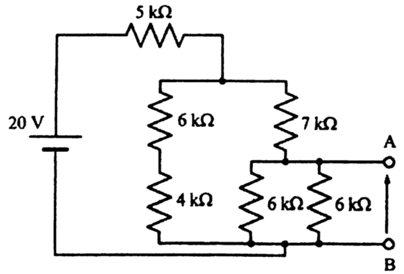
問題1(3-11)

ある電池の両端子に2.4Ωの抵抗をつなぐと、端子電圧は3.6Vになり、4.8Ωの抵抗をつなぐと4.8Vであった。電池の起電力と内部抵抗を算出せよ。

医用電磁気学　第２回講義　プリント６（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験より
直流回路（回路計算、合成抵抗とキルヒホッフの法則など）

問題4(20-21)

図の回路のAB間の電圧は何Ｖか。



【解説】6KΩの並列の部分の合成抵抗は 3KΩ･･･①となるので、その外側の大きい並列部分は 10KΩと 10KΩの並列となる（６KΩ＋４KΩと７KΩ＋３KΩ）。よって、合成抵抗は 5KΩ･･･②なので、全体としては、２０Ｖ電源に５KΩの直列接続された回路になるので、１０Ｖづつの分圧となる。

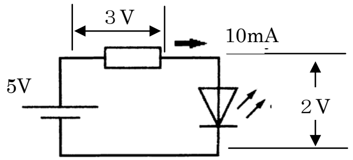
つまり、合成抵抗②の 5KΩは、１０Ｖの電圧となるから、7KΩ＋3KΩの分圧は、７Ｖと３Ｖになる。
答：AB 間は、３Ｖ

②抵抗回路

問題3(39-32)

５Ｖの直流電源に抵抗器1個とLED1個を直列に接続して、電流10mＡでLEDを点灯させる回路がある。LEDの電圧降下が2Ｖのとき抵抗器の抵抗値は何Ωか。
1) 100　2) 200　3) 300　4) 400　5) 500

【解説】LEDは「電流10mＡを流した時の電圧降下が2Ｖになる抵抗器」に置き換えて良い。



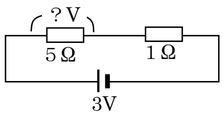
したがって、抵抗間の電圧は、３Ｖ　（＝５Ｖ－２Ｖ）だから、

$$I=\frac{V}{R}=\frac{3V}{10mA}=300\Omega$$

問題2(33-30)

起電力3.0V、内部抵抗1.0Ωの電池に5.0Ωの負荷抵抗を接続した。負荷抵抗両端の電圧は何Vか。

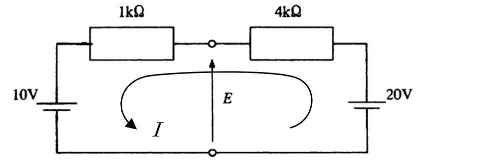
【解説】 抵抗と内部抵抗も抵抗と考えれば、抵抗と内部抵抗の直列接続と考えて、分圧の公式で考える。



$$V_R=\frac{5}{5+1}\times 3\ =\ 2.5V$$

問題11(36-30)

図の回路の電圧Eは何Ｖか。



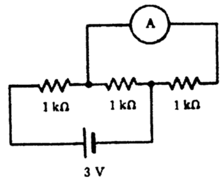
【解説】　キルヒホッフ第２法則より、　(1K+4K) I ＝20-10v　　$I=\frac{10}{5K}=2mA$

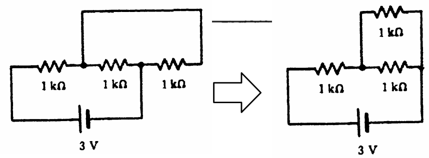
よって、１KΩの両端の電圧＝2mA×1K=2V　となる。　∴　○—○間 E=10V+2V ＝ **12V**

②電流測定

問題18(14-23)

図の電流計は何Ａを示すか。
ただし電流計の内部抵抗は無視する。





電流計の内部抵抗無視よりただの導線となるので、
並列部分の 1KΩの電流を求める。
合成抵抗 R＝1K+0.5K＝1.5KΩ
全体の電流 I=3V/1.5K=2mA　よって　1/2 の 1mA

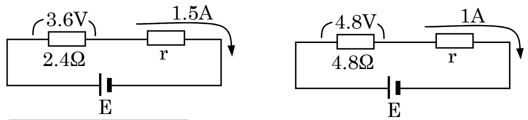
①電池の起電力、内部抵抗と負荷抵抗

問題1(3-11)

ある電池の両端子に2.4Ωの抵抗をつなぐと、端子電圧は3.6Vになり、4.8Ωの抵抗をつなぐと4.8Vであった。電池の起電力と内部抵抗を算出せよ。

抵抗と内部抵抗の直列接続と考えて、分圧の公式で考える。ある電池とＥとし内部抵抗rとすれば、

$3.6=\frac{2.4}{2.4+r}E$　、$4.8=\frac{4.8}{4.8+r}E$ より $3.6(2.4+r)=2.4E$ と $4.8(4.8+r)=4.8E$ の連立を解くか、または、オームの法則から連立する。



3.6+1.5ｒ＝E　　　4.8+1ｒ＝E

$$\begin{array}{rl} & 3.6+1.5r=E \\ -) & 4.8+\ \ \ r=E \\ \hline & -1.2+0.5r=0 \end{array}$$

$r=\frac{1.2}{0.5}=2.4$　∴E=7.2

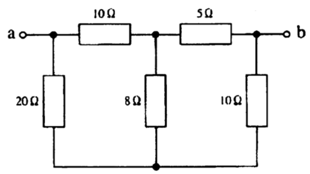
医用電磁気学　第２回講義　プリント７（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験より

直流回路（回路計算、合成抵抗とキルヒホッフの法則など）

問題5（35-27）

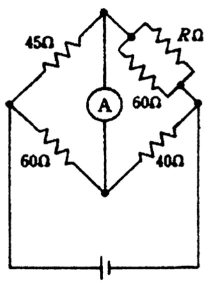
図の回路において、端子a-b間の合成抵抗は何Ωか。

1）5　2）10　3）15　4）20　5）25



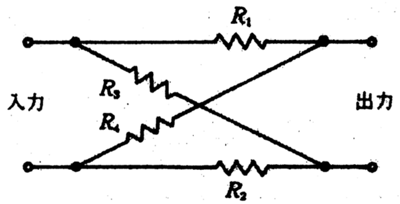
問題1（11-24）

図の回路で、電流計の針が0となるときの抵抗Rは何Ωか。



問題2（15-17）

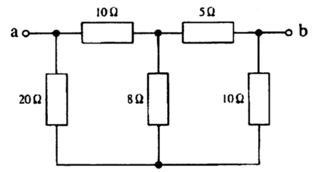
図の4個の抵抗から成るブリッジ回路で、
入力信号が何であっても出力に信号が
現れない条件は何か。



問題5（35-27）

図の回路において、端子a-b間の合成抵抗は何Ωか。

1）5　2）10　3）15　4）20　5）25



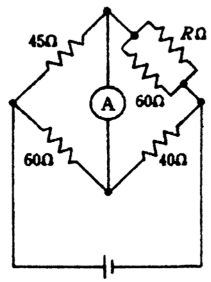
【解説】ホイートストンブチッジが平衡しているので、8Ωの抵抗には電流は流れない。

よって、この回路は、（１０KΩ＋５KΩ）と（２０KΩ＋１０KΩ）の並列接続回路（１５Kと３０Kの並列）。

合成抵抗 R＝$\frac{15+30}{15+30}K=\frac{450}{45}K=10K\Omega$

問題1（11-24）

図の回路で、電流計の針が0となるときの抵抗Rは何Ωか。



【解説】電流計に電流は流れないので、ホイートストンブチッジが平衡している。

したがって、平衡条件より、45Ω×40Ω＝60Ω×（並列部分の合成抵抗値）

よって、並列部分の合成抵抗値＝$\frac{45\times 40}{60}=30\Omega$

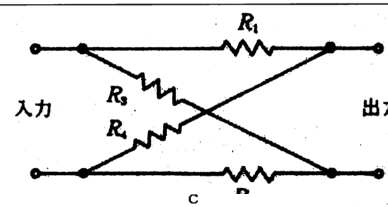
並列部分の各抵抗値は、並列の和分の積に代入すれば、　$30=\frac{60\times R}{60+R}$、 $30(60+R)=60R$

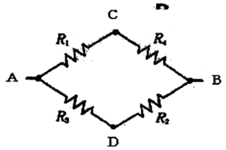
$1800+30R=60R$

$R=\frac{1800}{30}=60\Omega$

問題2（15-17）

図の4個の抵抗から成るブリッジ回路で、
入力信号が何であっても出力に信号が
現れない条件は何か。





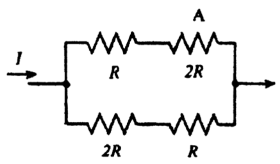
【解説】この回路はねじれを戻すと普通のブリッジ回路

【解答】解説より $R_1 \cdot R_2 = R_3 \cdot R_4$

医用電磁気学　第３回講義　プリント６（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験
直流回路（電力、エネルギー、熱量、温度上昇）

問題1(17-36)

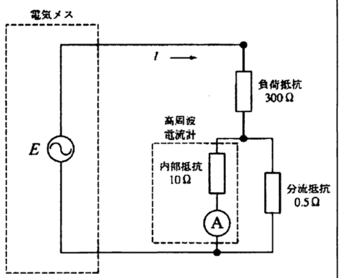
図の抵抗回路に実効値 I の交流電流が流れている。
図中のAの抵抗(抵抗値は2R)で消費される電力は、
全体で消費される電力の何倍か。



問題2(35-102)

電気メスの出力電力を求めるために高周波電流計と
分流抵抗を用い、図の回路を使用した。
電流計の指示が30mAのとき電気メスの出力は
およそいくらか。
ただし、負荷抵抗300Ω、高周波電流計の内部抵抗は
10Ω、分流抵抗は0.5Ωであり、すべて無誘導抵抗で
ある。

1) 57W　2) 75W　3) 97W　4) 108W　5) 119W



」

②発熱量の変化

問題4(16-35)

低周波電流によって抵抗体に発する熱量は、かける電圧を1/2、流す時間を1/2にすると何倍になるか。
ただし、抵抗体の抵抗値は熱によって変化しないものとする。

問題7(18-37)

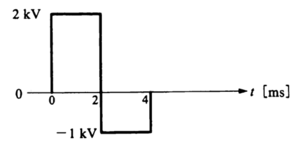
実効値3Aの交流電流を流すと、90Wを消費する抵抗器がある。
これに実効値40Vの交流電圧を加えたら、何Wの電力を消費するか。

問題9(6-25)

定格電圧120V、出力300Wの電熱器がある。
これを100Vの電源で使用したら、出力は定格に対してどのように変わるか。

問題15(28-36)

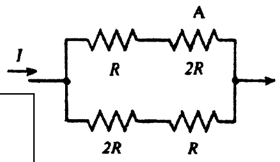
図のような波形の電圧パルスを50Ωの負荷抵抗に通電した。
抵抗で消費されるエネルギーは何Jか。



医用電磁気学　第３回講義　プリント６（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験
直流回路（電力、エネルギー、熱量、温度上昇）

問題1 (17-36)

図の抵抗回路に実効値 I の交流電流が流れている。
図中のAの抵抗（抵抗値は2R）で消費される電力は、
全体で消費される電力の何倍か。



電力 P＝$VI = \dfrac{V^2}{R} = I^2R$　より・・・①

全体の電力 P=$I^2 \times \left(\dfrac{3R}{2}\right) = \dfrac{3}{2}I^2R$　←全体の合成抵抗・・・②

A 抵抗の電力 P_A＝$\left(\dfrac{I}{2}\right)^2 \times 2R = \dfrac{I^2R}{2}$・・・③

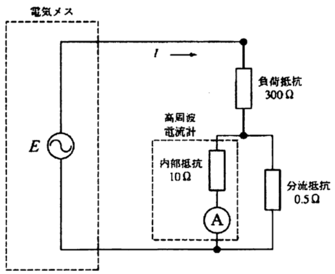
③は②の何倍か、なので

$\dfrac{I^2R}{2}$は$\dfrac{3}{2}I^2R$の何倍→$\dfrac{1}{2}$は$\dfrac{3}{2}$の何倍→1は3の　$\dfrac{1}{3}$倍

問題2 (35-102)

電気メスの出力電力を求めるために高周波電流計と
分流抵抗を用い、図の回路を使用した。
電流計の指示が30mAのとき電気メスの出力は
およそいくらか。
ただし、負荷抵抗300Ω、高周波電流計の内部抵抗は
10Ω、分流抵抗は0.5Ωであり、すべて無誘導抵抗で
ある。

1) 57W　2) 75W　3) 97W　4) 108W　5) 119W



破線部枠は 30mA、10Ω より $V = 30mA \times 10 = 300mV$

より並列部の電圧は 300mV=0.3V となる。

10Ω の電力 $P_{10} = 0.3v^2 / 10\Omega = 0.009W$・・・①

0.5Ω 部の電力 $P_{0.5} = 0.3v^2 / 0.5\Omega = 0.18W$・・・②

0.5Ω 部の電流 $I_{0.5} = 300mV / 0.5\Omega = 600mA$ より、

全体の電流 $I_{全体} = 30mA + 600mA = 630mA = 0.63A$

負荷抵抗 300Ω 部の電力 $P_{300} = 0.63A^2 \times 300\Omega = 119.07W$

全体の電力 P=119.07+0.18+0.009≒119W・・・③

答　5)

②発熱量の変化

問題4 (16-35)

低周波電流によって抵抗体に発する熱量は、かける電圧を1/2、流す時間を1/2にすると何倍になるか。
ただし、抵抗体の抵抗値は熱によって変化しないものとする。

熱量は$H = \dfrac{VIt}{4.2} = \dfrac{V^2t}{4.2R} = \dfrac{I^2R}{4.2}$　・・・①　で求められる。

抵抗体 R が一定で、電圧を$\dfrac{1}{2}V$に、時間を$\dfrac{1}{2}t$にすると

$$H_{1/2} = \frac{V^2t}{4.2R} = \frac{\left(\frac{1}{2}V\right)^2\left(\frac{1}{2}t\right)}{4.2R} = \frac{\frac{1}{8}V^2t}{4.2R} = \frac{1}{8} \times \frac{V^2t}{4.2R} \cdots ②$$

よって、②は①の$\dfrac{1}{8}$倍

問題7 (18-37)

実効値3Aの交流電流を流すと、90Wを消費する抵抗器がある。
これに実効値40Vの交流電圧を加えたら、何Wの電力を消費するか。

電力 P＝$VI = \dfrac{V^2}{R} = I^2R$　より・・・①

$90 = 3^2 \times R$

$R = \dfrac{90}{9} = 10\Omega$

3A と 90W から抵抗 R を求める→１０Ω　・・②

電圧 40V と抵抗 10Ωから、電力を求める P＝$\dfrac{40^2}{10} = 160W$・・・③

問題9 (6-25)

定格電圧120V、出力300Wの電熱器がある。
これを100Vの電源で使用したら、出力は定格に対してどのように変わるか。

電力 P＝$VI = \dfrac{V^2}{R} = I^2R$　より・・・①

$300 = 120^2 / R$

$R = \dfrac{1400}{300} = 48\Omega$

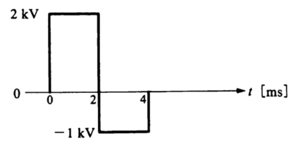
120V と 300W から抵抗 R を求める→４８Ω　・・②

電圧 100V と抵抗４８Ωから、電力を求める P＝$\dfrac{100^2}{48} = 208.3W$

電力は 300W が 208W に変わったので、$\dfrac{208}{300} = 0.69$ → 69%（約 30%減少した）

問題15 (28-36)

図のような波形の電圧パルスを50Ωの負荷抵抗に通電した。
抵抗で消費されるエネルギーは何Jか。



エネルギーは電力に時間を掛けたもの。W＝Pt＝VIｔ＝電力×時間（電力と時間を掛けた面積）を思い出す。題意は V と R がわかっているので、この式を変形した、W＝(V²/R)×ｔ。また、波形の場合は波形の面積がエネルギーであった。（三角形の問題で学習したことを思い出す）
また、使うエネルギーは、向きに関係なく使った面積となるので、

０から２mS：　電力×時間＝$\left(\dfrac{2kV \times 2kV}{50}\right) \times 2ms$＝１６０J

∴　160J＋40J＝２００J

２から４mS：　電力×時間＝$\left(\dfrac{1kV \times 1kV}{50}\right) \times 2ms$＝４０J

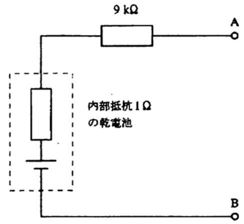
医用電磁気学　第４回講義　プリント６（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験
直流回路（電流計、電圧計、内部抵抗）

④電圧計の内部抵抗と測定誤差

問題20(34-109)

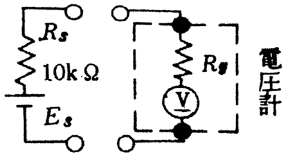
図に示す回路のA－B間の電圧を
入力インピーダンス10kΩのアナログテスタで
測定したところ4.5Vを示した。
これを入力インピーダンス10MΩのデジタルテスタで
測定したとすると、およそ何Vを示すか。

1) 3　2) 4.5　3) 6　　4) 7.5　5) 9



問題21(1-8)

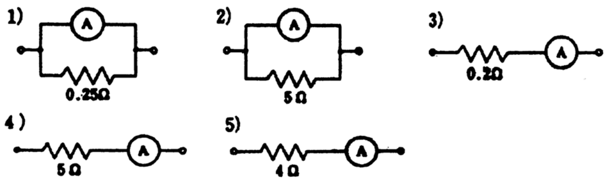
内部抵抗Rsが10kΩの電源の電圧Esを1%以下の誤差で計りたい。
使用する電圧計の内部抵抗Rgは何Ω以上あればよいか。



1. 分流器

問題1(11-27)

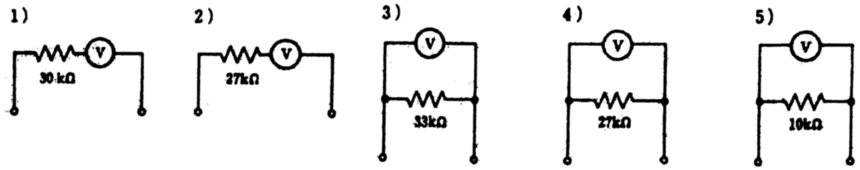
最大目盛1A、内部抵抗1Ωの電流計を使って、5Aまでの電流を計測したい。
どの回路を使うのが正しいか。



2. 倍率器

問題2(14-18)

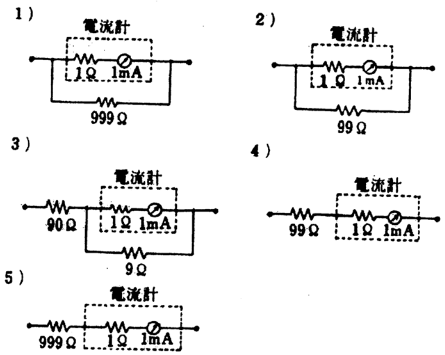
フルスケール3V、内部抵抗3kΩの電圧計がある。
これを30Vの電圧計として使用したい。正しいものはどれか。



3. 電流計を電圧測定に使う

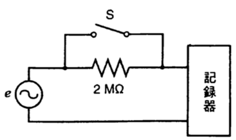
問題4(6-18)

最大目盛1mA、内部抵抗1Ωの電流計を用いて
1Vの電圧を測定したい。図のどの回路が適切か



問題17(27-101)

入力インピーダンスが10MΩの記録器で、
図の回路のスイッチSを閉じたときの電圧e
に対する記録器の振れは12mmであった。
スイッチSを開いたときの振れは何mmか。



医用電磁気学　第４回講義　プリント６（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験

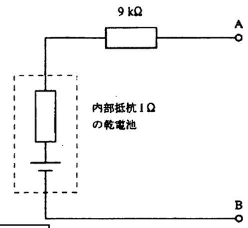
直流回路（電流計、電圧計、内部抵抗）

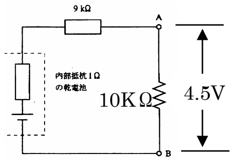
④電圧計の内部抵抗と測定誤差

問題20(34-109)

図に示す回路のA－B間の電圧を
入力インピーダンス10kΩのアナログテスタで
測定したところ4.5Vを示した。
これを入力インピーダンス10MΩのデジタルテスタで
測定したとすると、およそ何Vを示すか。

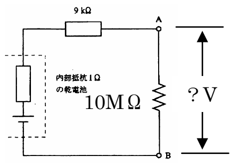
1) 3　2) 4.5　3) 6　　4) 7.5　5) 9





電源を E とすると、I=E/R より
I=E/（1+9K＋10K）･･･①、V=IR･･②より
②に①代入 4.5V={ E/(1+9K＋10K)}×10K
E≒8.55V　同様に 10MΩの場合は
{ 8.55V/（1+9K＋10M）}×10M≒8.54V

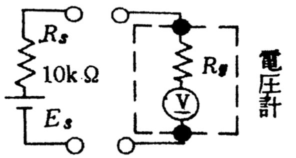
最も近い選択肢は９V　よって５）



10M から見ると 9K も１もゴミ。
考えない計算でもほぼ同じ値に

問題21(1-8)

内部抵抗Rsが10kΩの電源の電圧Esを1%以下の誤差で計りたい。
使用する電圧計の内部抵抗Rgは何Ω以上あればよいか。



誤差を求める計算は、誤差$=\frac{\text{真値}-\text{測定値}}{\text{真値}}$　より･･･①
電源電圧 Es が元の値でこの場合の 真値　となる。･･･②
計測値は、Rs と Rg の直列となり、Rg の分圧となるから
計測値$=\frac{Rg}{Rs+Rg}\times Es$･･･③　で、
題意より誤差 1%→0.01
①に②③を代入する

$$0.01=\frac{Es-\frac{Rg}{Rs-Rg}Es}{Es}=\frac{Es(1-\frac{Rg}{Rs-Rg})}{Es}=1-\frac{Rg}{Rs-Rg}$$

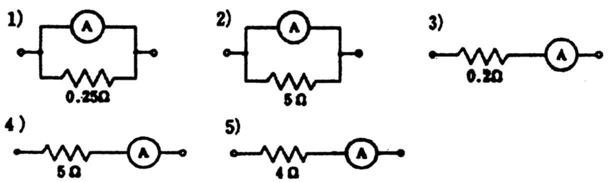
Rs=10K をこの式に代入すると

$$0.01=1-\frac{Rg}{10K+Rg}$$
$$0.99=\frac{Rg}{10K+Rg}$$
$$0.99(10K+Rg)=Rg$$
$$Rg-0.99Rg=9.9K$$
$$0.01Rg=9.9K$$
$$Rg=990K\Omega\fallingdotseq 1M\Omega$$

1. 分流器

問題1(11-27)

最大目盛1A、内部抵抗1Ωの電流計を使って、5Aまでの電流を計測したい。
どの回路を使うのが正しいか。

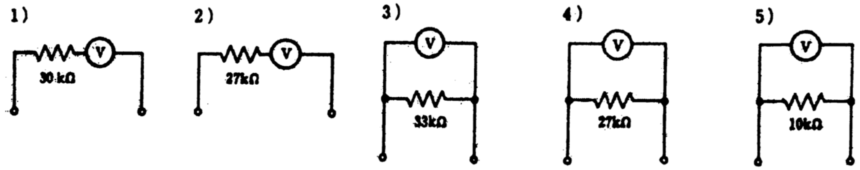


【解説】医用電磁気学で学習した基本は基本、図で整理。その上で、“電流”ときたら“並列”でした。
したがって、１）か２）が答え。１A から５A に電流を増やすには、(バイパス道路として）内部抵抗の１Ωよりの流れやすい小さい抵抗を並列接続しなければ意味が無い。よって、１）　が答えとなる。

2. 倍率器

問題2(14-18)

フルスケール3V、内部抵抗3kΩの電圧計がある。
これを30Vの電圧計として使用したい。正しいものはどれか。

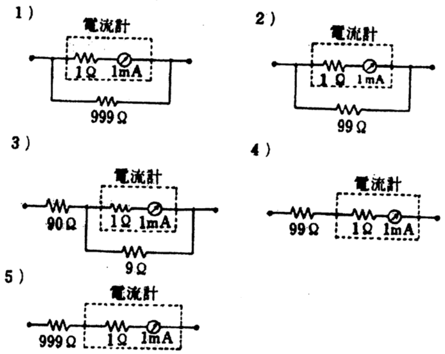


解説】医用電磁気学で学習した基本に戻る。その上で、“電圧”ときたら“直列”でした。
したがって、１）か２）が答え。３V、３KΩの電圧計なので、電流は１mA ということがわかる。
とすれば、30V には、3V に 27V が欲しいのだから、27KΩ側が正解。２）　∵1mA×27KΩ＝27V より

3. 電流計を電圧測定に使う

問題4(6-18)

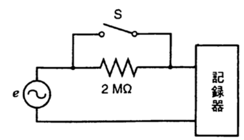
最大目盛1mA、内部抵抗1Ωの電流計を用いて
1Vの電圧を測定したい。図のどの回路が適切か



上問と同様、電圧ときたら直列。
従って、4)か 5)が答え。
1mA、1Ωは、掛け算して１mV だから、
１V にするためには、残り 999mV 必要。
電流が１mA より、抵抗 R=V／A
よって、R=999mV／1mA＝999Ω
答え　５）

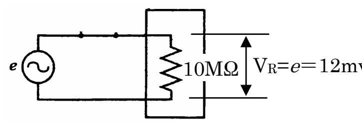
問題17(27-101)

入力インピーダンスが10MΩの記録器で、
図の回路のスイッチSを閉じたときの電圧e
に対する記録器の振れは12mmであった。
スイッチSを開いたときの振れは何mmか。

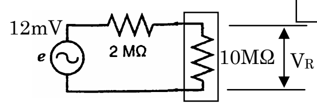


スイッチ ON のときは 2KΩの抵抗は無くなり
計測器内の抵抗 R の両端の電圧→電源電圧と等しい
よって、V

よって、$V_R=e$ ＝12mV（触れ幅を V で考る）、



スイッチ OFF のとき



10M 部分の分圧は

$$V_{10M}=\frac{10M}{2M+10M}\times 12mV$$
$$=\frac{10}{12}\times 12mV=10mV$$

答　10mm

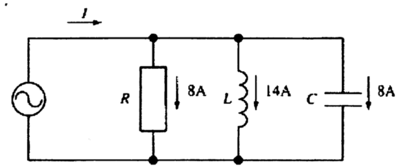
医用電磁気学　第５回講義　プリント６　（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験
交流回路

⑥R、L、C並列回路の電流

問題9(35-28)

図の交流回路で、R, L, Cに流れる電流は
それぞれ図に示す値であった。
合成電流 I [A]はいくらか。

1) 6　2) 10　3) 14　4) 22　5) 30

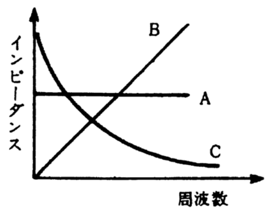


1. インピーダンスの周波数に対する変化

①三素子(L、C、R)単独の場合

問題1(4-21)

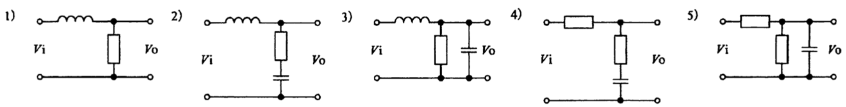
周波数特性が図のように示されるとき、
図中のA, B, Cに対応する電気回路素子
(Rオームの抵抗、Cファラッドのコンデンサ(キャパシタ)
、Lヘンリのコイル(インダクタ))はどれか。



②周波数が無限大の時の振る舞い

問題2(37-34)

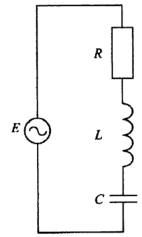
入力信号Viの周波数が無限大になっても出力信号Voが0にならない回路はどれか。



問題7(37-29)

図の交流回路で、R, L, Cの両端電圧(実効値)が
それぞれ3V、6V、2Vであった。
電源電圧E(実効値)は何Vか。

1) $\sqrt{2}$　2) 5　3) 7　4) 9　5) 11

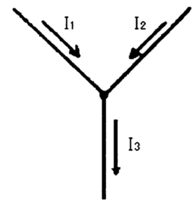


①位相の違う電流

問題4(12-26)

図のI1およびI2の正弦波交流電流はそれぞれ
実効値1A、位相45° および実効値1A、位相−45°
である。このときI3は次のどれになるか。

1) 実効値　1A、位相　0°
2) 実効値　$\sqrt{2}$ A、位相　90°
3) 実効値　$\sqrt{2}$ A、位相　0°
4) 実効値　2A、位相　90°
5) 実効値　2A、位相　0°



医用電磁気学　第５回講義　プリント６　（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験

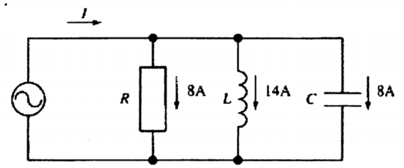
交流回路

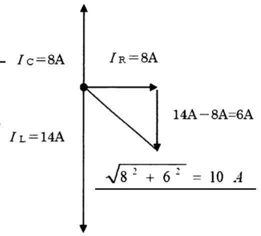
⑥R、L、C並列回路の電流

問題9(35-28)

図の交流回路で、R,L,Cに流れる電流は
それぞれ図に示す値であった。
合成電流 I[A]はいくらか。

1) 6　2) 10　3) 14　4) 22　5) 30





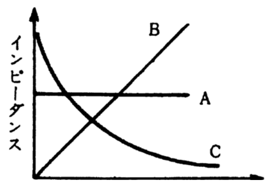
いつもと同じように
"I" で直角三角形にして
考えればよい。
(並列の時は、V は一定で
I がそれぞれ異なるから)

1. インピーダンスの周波数に対する変化

①三素子(L、C、R)単独の場合

問題1(4-21)

周波数特性が図のように示されるとき、
図中のA,B,Cに対応する電気回路素子
(Rオームの抵抗、Cファラッドのコンデンサ(キャパシタ)
、Lヘンリのコイル(インダクタ))はどれか。



１）抵抗 R は、周波数に依存せず一定　・・・答：A

２）コイル（インダクタ）のインピーダンス（≒誘導リアクタンス）は $X_L = 2\pi fL$ より

つまり、X_L は周波数 f に比例する・・・答：B

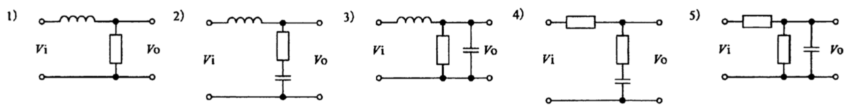
３）コンデンサ（キャパシタ）のインピーダンス（≒容量リアクタンス）は $X_c = \dfrac{1}{2\pi fC}$ より

つまり、X_C は周波数 f に反比例する・・・答：C

②周波数が無限大の時の振る舞い

問題2(37-34)

入力信号Viの周波数が無限大になっても出力信号Voが0にならない回路はどれか。



・コンデンサは周波数 f→∞で、抵抗０(ただの線同等)となるので、

3)5)は上下のラインがショート→信号が無くなり０V　（↑∵ $X_c = \dfrac{1}{2\pi fC}$ ）

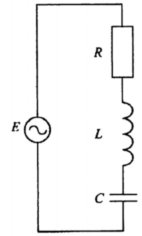
・ コイルのは周波数 f→∞で、抵抗∞となるので、1)2)3)は信号ラインが断線状態
→信号が出なくなり０V　（↑∵ $X_L = 2\pi fL$ ）

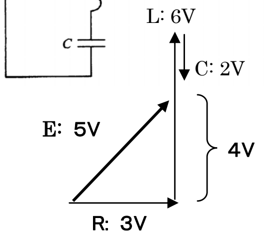
・４）は周波数 f→∞で全てがつながるので信号が出力する。　よって、４）

問題7(37-29)

図の交流回路で、R,L,Cの両端電圧(実効値)が
それぞれ3V、6V、2Vであった。
電源電圧E(実効値)は何Vか。

1) $\sqrt{2}$　2) 5　3) 7　4) 9　5) 11





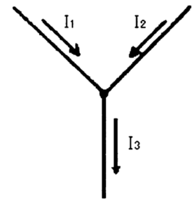
それぞれ、R は水平方向へ、L は上向き、C は下向きで
直角三角形にして考えれば、斜辺が全体の電圧に相当する。

①位相の違う電流

問題4(12-26)

図のI1およびI2の正弦波交流電流はそれぞれ
実効値1A、位相45° および実効値1A、位相−45°
である。このときI3は次のどれになるか。

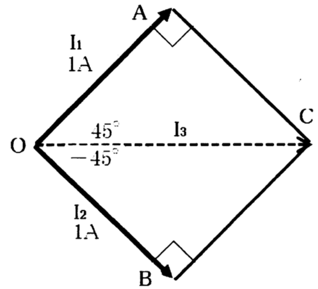
1) 実効値　1A、位相　0°
2) 実効値　$\sqrt{2}$ A、位相 90°
3) 実効値　$\sqrt{2}$ A、位相　0°
4) 実効値　2A、位相 90°
5) 実効値　2A、位相　0°



問題文の条件を図に表すと右図のようになる。
I_3（点線部）は I_1 と I_2 のベクトルの合成なので、その長さは、

$I_3 = \sqrt{1^2+1^2} = \sqrt{2}$　となり、

I_3 のベクトルの向きは０度なので、位相 0°



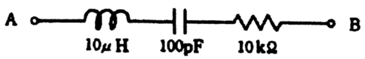
答え　３）実効値 $\sqrt{2}$ A、位相　0°

医用電磁気学　第５回講義　プリント７　（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験
共振回路、共振周波数

問題7(10-21)

10kオームの抵抗、100pファラッドのコンデンサ、10μヘンリのコイルが直列接続された素子がある。正しいものはどれか。

1) 共振周波数は1kHzである
2) 両端のインピーダンスは周波数に依存しない
3) ハイパスフィルタの一種である
4) 直流に対する抵抗は10kオームである
5) 共振周波数でのインピーダンスは10kオームである

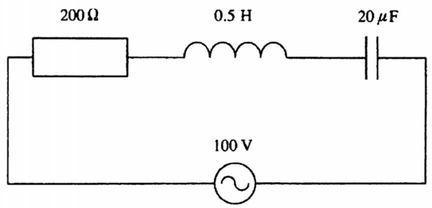


問題8(35-30)

抵抗R、インダクタL、キャパシタCからなる直列共振回路がある。
R、Lを一定とした場合、共振周波数を2倍にするにはCの値を何倍にすればよいか。

問題9(36-32)

図の回路が共振状態にあるとき、
回路に流れる電流[A]はいくつか。

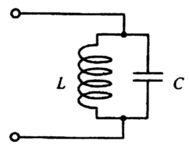


②並列共振(L、Cを並列接続)

問題10(20-31)

図の回路について誤っているものはどれか

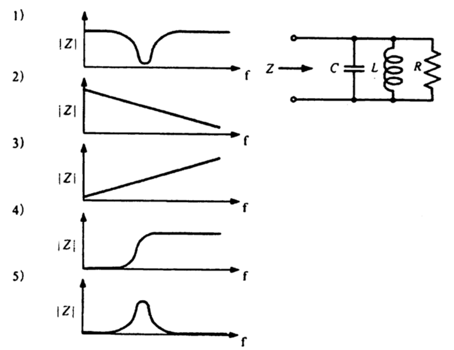
1) コイルLに流れる電流とコンデンサCに流れる電流の位相は同じである。
2) 共振時のインピーダンスは無限大である。
3) 直流ではインピーダンスは0である。
4) 共振周波数より十分大きな周波数でのインピーダンスはほとんど0である。
5) 共振周波数は $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ である。



③並列共振(L、C、Rを並列接続)

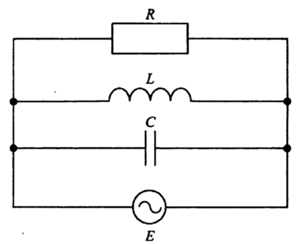
問題11(24-24)

図に示す回路のインピーダンスの
大きさの周波数特性はどれか。
ただし、横軸fは周波数、
縦軸|z|はインピーダンスの大きさとする。



問題12(38-24)

図の回路が共振状態にあるとき、
抵抗器に流れる電流は何Aか。
ただし、R=200Ω、　L=1.6mH、
　　C=100μF、E=100V(実効値)とする。

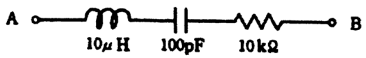


医用電磁気学　第５回講義　プリント７　（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験

共振回路、共振周波数

問題7(10-21)

10kオームの抵抗、100pファラッドのコンデンサ、10μヘンリのコイルが直列接続された素子がある。正しいものはどれか。
1) 共振周波数は1kHzである
2) 両端のインピーダンスは周波数に依存しない
3) ハイパスフィルタの一種である
4) 直流に対する抵抗は10kオームである
5) 共振周波数でのインピーダンスは10kオームである



共振周波数 $f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ より　$f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{10\times10^{-3}\times100\times10^{-12}}}=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{10^{3}\times10^{-3}\times10^{-12}}}=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{10^{-12}}}=\dfrac{1}{2\pi\times10^{-6}}=0.16MH=160KHz$

2) L や C があるので、インピーダンス（全体の抵抗）は周波数に依存する。

3) 周波数が高いときに通過できるフィルタにはならない。(f→高い→L は抵抗大→通れない)

4) AB 間に直流を印加は、直流→コンデンサの抵抗∞（断線状態）となるので、AB 全体として∞

5) 共振周波数では、X_L と X_C（コイルの抵抗分とコンデンサの抵抗分）が等しくなるので、両者の差し引きで相殺されて、抵抗 R（10KΩ）のみとなり、AB 間で 10KΩとなる。従って、５）が正解

問題8(35-30)

抵抗R、インダクタL、キャパシタCからなる直列共振回路がある。
R、Lを一定とした場合、共振周波数を2倍にするにはCの値を何倍にすればよいか。

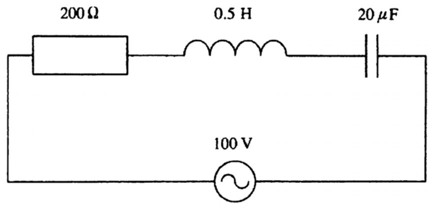
共振周波数 $f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$　なので、題意より L を一定とすると、$\sqrt{C}$ が変数となるので、

共振周波数 f は C に反比例することがわかる。よって、２倍→$\dfrac{1}{2}$ であるが、$\sqrt{\ }$内にあるので、

その２乗の $\left(\dfrac{1}{2}\right)^2$ の　$\dfrac{1}{4}$　としておけば、計算すると２倍になれる。　答：$\dfrac{1}{4}$

問題9(36-32)

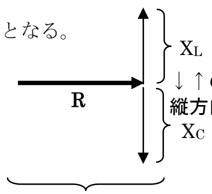
図の回路が共振状態にあるとき、
回路に流れる電流[A]はいくつか。



共振時は、X_L と X_C の値が同じになるので、±０Ωとなる。
結果、全体のインピーダンス（抵抗値）は、R のみの 200Ωとなる。
よって、

$$\mathrm{I}=\frac{V}{R}=\frac{100V}{200\Omega}=0.5[A]$$

このＲは共振時なので結果的にＲとなった合成抵抗Ｒの値と見なしている。



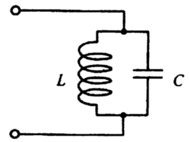
共振時は
↓↑の長さが等しいので、結果
縦方向は無くなり、縦方向は0Ω

従って、全体としては
Ｒだけの抵抗値となる

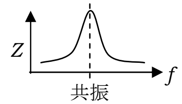
②並列共振(L、Cを並列接続)

問題10(20-31)

図の回路について誤っているものはどれか
1) コイルLに流れる電流とコンデンサCに流れる電流の位相は同じである。
2) 共振時のインピーダンスは無限大である。
3) 直流ではインピーダンスは0である。
4) 共振周波数より十分大きな周波数でのインピーダンスはほとんど0である。
5) 共振周波数は $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ である。



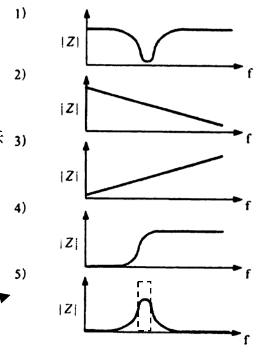
1) コイルは↑、コンデンサは↓なので、位相は異なる。よって、誤り。
2) Ｌと C の並列は、図で書くと右図となるので、共振部は∞となる。
3) 直流→コイル→０Ω（ただの線）よって、並列の合成抵抗も０Ωとなる。
4) f →大（∞）のときコンデンサ→０Ω（小）よって、並列の合成抵抗も０Ωとなる。
5) これは共振の基本公式そのもの。　答え：　１）

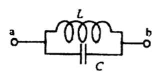


③並列共振(L、C、Rを並列接続)

問題11(24-24)

図に示す回路のインピーダンスの大きさの周波数特性はどれか。
ただし、横軸fは周波数、
縦軸|z|はインピーダンスの大きさとする。

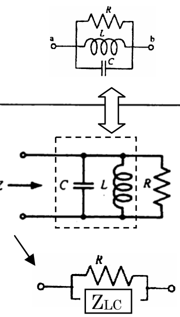




f	L C	合成 抵抗
低	小 大	小
高	大 小	小

授業でやった判別方法から、
f が低いとき Z は小
f が高いとき Z は小
よって、　５）

抵抗 R は？

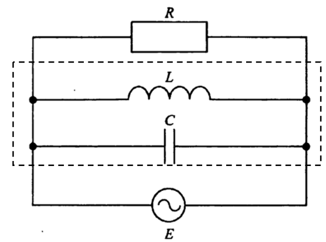


大きい値 Z_{LC} と R の並列は
小さい R 側に近い値(<R)になる
共振なので破線部のみの時の話
←

ただし、左表の LC は X_L、X_C の意味。X_L はコイルの抵抗成分、X_C はコンデンサの抵抗成分、Z は合成抵抗（ｲﾝﾋﾟｰﾀﾞﾝｽ）とする

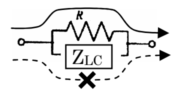
問題12(38-24)

図の回路が共振状態にあるとき、
抵抗器に流れる電流は何Aか。
ただし、R=200Ω、　L=1.6mH、
　　　C=100μF、E=100V(実効値)とする。



上問と同様に L と C の部分を判別すると、
f が低いとき Z は小（０Ω）
f が高いとき Z は小（０Ω）
よって共振時は　∞

次に、R と∞Ωとの並列は、通りやすい R 側を通るので
合成抵抗的には R（<R）と考える。



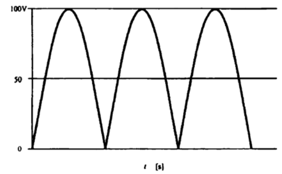
よって、$I=\dfrac{V}{R}=\dfrac{100V}{200\Omega}=0.5[A]$

医用電磁気学　第６回講義　プリント６　（補強演習）
第２種 ME 技術検定試験過去問題より　LCR 回路の直流動作とコンデンサ

（交流電源）

問題3(33-32)

図は50Hz正弦波交流の全波整流波形である。
実効値は何Ｖか。



ヒント:波形によって実効値や平均値の求め方は異なるので注意が必要であるが、全波整流波形は正弦波と同じ

2. 交流回路の計算

①コンデンサのみの回路

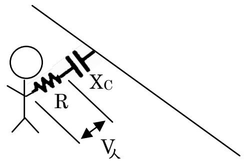
問題4(2-14)

手術用のゴム手袋の内側と外側の間の静電容量を測定したところ、1000pＦであった。
ここに交流50Hz、100Ｖの電圧がかかったとすると、どれだけの電流が流れることになるか。

問題6(6-20)

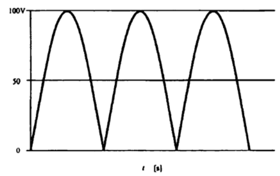
電灯線と人体の間には目に見えない漂遊容量がある。周波数50Hz、実効値100Ｖの電圧の電灯線と人体の間の漂遊容量が100pＦ、人体とアース間の抵抗が1kΩであるとき電灯線が人体に誘起する電圧の実効値はいくらか。

ヒント：人に誘起する電圧→人の部分に分圧する電圧は？



問題3(33-32)

図は50Hz正弦波交流の全波整流波形である。
実効値は何Ｖか。

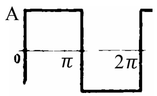


波形によって実効値や平均値の求め方は異なるので注意が必要であるが、全波整流波形は正弦波と同じ

【解答】実効値$=\dfrac{100}{\sqrt{2}}$ ＝ $50\sqrt{2}$ ≒ 50 x 1.41 ＝ 70.5V　　なお、　平均値 $=\dfrac{2}{\pi}A$

また、

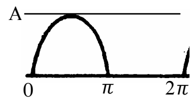
方形波の場合



実効値 $=A$

平均値 $=A$

半波整流波形の場合



実効値 $=\dfrac{A}{2}$

平均値 $=\dfrac{A}{\pi}$

2. 交流回路の計算

①コンデンサのみの回路

問題4(2-14)

手術用のゴム手袋の内側と外側の間の静電容量を測定したところ、1000pＦであった。
ここに交流50Hz、100Ｖの電圧がかかったとすると、どれだけの電流が流れることになるか。

【解答】$X_C=\dfrac{1}{2\pi\ f\,C}$ の式に、f＝50Hz、C＝1000pＦを代入しインピーダンスを求める。

インピーダンスは約3MΩ、電圧は100Ｖ。

よって、$I=\dfrac{E}{X_C}$ ≒30μＡとなる。

問題6(6-20)

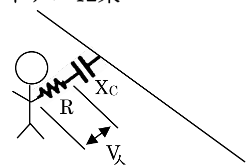
電灯線と人体の間には目に見えない漂遊容量がある。周波数50Hz、実効値100Ｖの電圧の電灯線と人体の間の漂遊容量が100pＦ、人体とアース間の抵抗が1kΩであるとき電灯線が人体に誘起する電圧の実効値はいくらか。

∵Ｘc＝1／(2π・50・100p)≒30MΩ　　　p：ピコ　10のマイナス12乗

Ｒ＝1kΩ、Ｅ＝100Ｖ

人に誘起する電圧→人の部分に分圧する電圧は、

$$V_{人}=\frac{R}{R+X_c}E=\frac{1K}{1K+30M}\times 100\,V \fallingdotseq 3.3mV$$

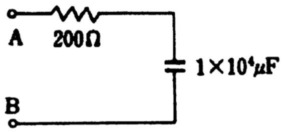


第７回講義　プリント６　（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験

コンデンサ（交流回路）

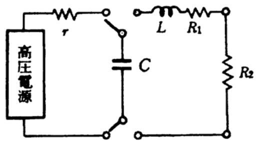
問題1(9-26)

200Ωの抵抗と$1\times10^4\ \mu F$のコンデンサ(キャパシタ)が
直列接続されている回路にDC100Vを加えた。
充電完了後、そのコンデンサに蓄積された電気量は
何クーロン(C)か。



問題6(2-43)

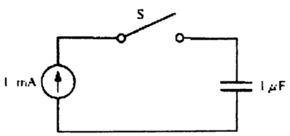
心室細動除去装置のコンデンサ16μFに
電圧7kVで充電した。
蓄積されたエネルギーは何Jか。



r：充電抵抗　C：コンデンサ
L：コイル　R_1：コイルの内部抵抗
R_2：生体抵抗

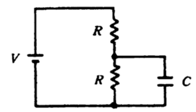
問題2(29-31)

図の直流定電流電源は1mAである。
ｔ＝0でスイッチＳを閉じて10μｓ経過した後の
1μＦのキャパシタの両端の電圧は何Ｖか。
ただし，スイッチＳを閉じる前の
キャパシタの両端の電圧はゼロとする。
1）0.01　2）0.1　3）1　4）10　5）100



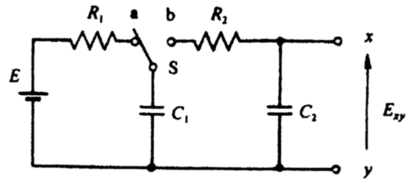
問題7(13-28)

図の回路で容量Cに蓄えられるエネルギーはいくらか。



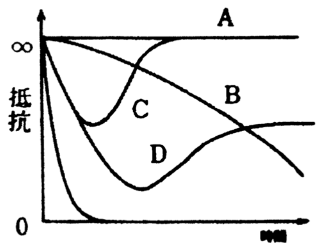
問題4(17-23)

図の回路でスイッチSが十分長い期間
a側に倒してあったものとする。
次にこれをb側に切り替え、十分時間が
経過した後のxy間の電圧Exyはいくらか。
ただし、スイッチSを切り替える以前には、
Exy＝0であったものとする。



問題9(9-119)

コンデンサには交流を通過させ、直流を遮断する性質がある
比較的容量の大きいコンデンサ(無極性、放電済み)の
両端にテスター(抵抗測定レンジ)のテストリードを
接触させた。
接触の瞬間から指針の振れは時間経過と共に
どのように変化するかグラフで示せ。

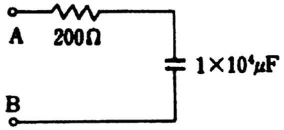


第７回講義　プリント６　（補強演習）　第２種 ME 技術検定試験

コンデンサ（交流回路）

問題1(9-26)

200Ωの抵抗と$1\times10^4\,\mu F$のコンデンサ(キャパシタ)が
直列接続されている回路にDC100Vを加えた。
充電完了後、そのコンデンサに蓄積された電気量は
何クーロン(C)か。

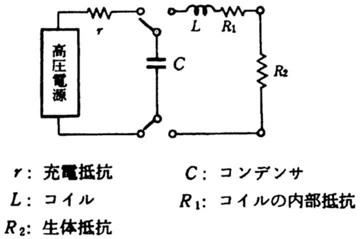


基本公式　$Q = CV$ より、　$Q = 1\times10^4\times10^{-6}\times100 = \ 1$　[C]

なお、Q は電荷を表し単位は[C]、C は静電容量（コンデンサ容量）で単位は[F]、V は電圧。

問題6(2-43)

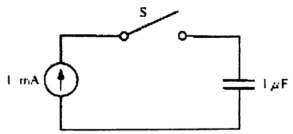
心室細動除去装置のコンデンサ16μFに
電圧7kVで充電した。
蓄積されたエネルギーは何Jか。



基本公式　$Q = CV$ より、$E = \dfrac{CV^2}{2} = \dfrac{16\times10^{-6}\times\left(7\times10^3\right)^2}{2} = 8\times49\times10^{-6+6} = 392$　[J]

問題2(29-31)

図の直流定電流電源は1mAである。
t＝0でスイッチSを閉じて10μ s経過した後の
1μＦのキャパシタの両端の電圧は何Ｖか。
ただし，スイッチＳを閉じる前の
キャパシタの両端の電圧はゼロとする。
1）0.01　2）0.1　3）1　4）10　5）100



電圧Ｖを求めるので、$Q = CV$ を使って、Q と C がわかればＶが求められると方針をたてる。

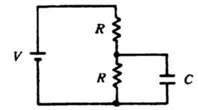
電荷（チャージ量）Q は電流Ｉと時間ｔの積でもあることを思い出せば、時間 10μs がわかっているので解決。

$Q = It = 1mA\times10\mu s = 10m\mu[C]$ （←あえて接頭語の m と μ を残した）

$Q = CV$ を変形すると、$V = \dfrac{Q}{C}$　なので、これに代入。$V = \dfrac{Q}{C} = \dfrac{10m\mu C}{1\mu F} = \quad 10mV$

問題7(13-28)

図の回路で容量Cに蓄えられるエネルギーはいくらか。



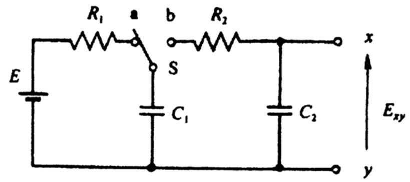
$$E = \frac{1}{2}CV^2$$

C:コンデンサの容量(Ｆファラッド)
V:コンデンサにかける電圧(Ｖボルト)
E:コンデンサに蓄積されたエネルギー(Ｊジュール)　を思い出す。

よって、抵抗で分圧され、$\frac{1}{2}V$ になっているので、$E = \dfrac{C\left(\frac{1}{2}V\right)^2}{2} = \dfrac{CV^2}{8}$　[J]

問題4(17-23)

図の回路でスイッチSが十分長い期間
a側に倒してあったものとする。
次にこれをb側に切り替え、十分時間が
経過した後の*xy*間の電圧Exyはいくらか。
ただし、スイッチSを切り替える以前には、
Exy＝0であったものとする。



電荷（チャージ量）Q は$Q = CV$（基本公式）である。本問では、電源電圧は Eだから、

1）a 側の時：$Q = C_1E$　となる。　・・・①

　つまり、コンデンサ C_1 に蓄えられた電荷量（チャージ量）Q が、C_1E ということ。

2）次に b 側に切り替え⇒xy から見ると C1 と C2 は並列接続になるので合成容量は$(C_1 + C_2)$。

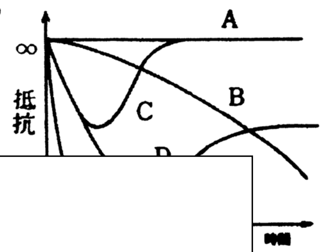
　①の電荷 Q が２）の回路で使われるので

　b 側の際の　$Q = (C_1 + C_2)E_{xy}$、　式を変形して、$E_{xy} = \dfrac{Q}{C_1 + C_2}$　　・・・②となる。

　②に①を代入　$E_{xy} = \dfrac{Q}{C_1 + C_2} = \dfrac{C_1E}{C_1 + C_2} = \quad \dfrac{C_1}{C_1 + C_2}E$（答）

問題9(9-119)

コンデンサには交流を通過させ、直流を遮断する性質がある
比較的容量の大きいコンデンサ(無極性、放電済み)の
両端にテスター(抵抗測定レンジ)のテストリードを
接触させた。
接触の瞬間から指針の振れは時間経過と共に
どのように変化するかグラフで示せ。



テスタの基本構造等（必要となる事前知識）

・テスタは電池（直流）で動作いている。

・テスタで抵抗を測る場合、抵抗間に電気を流し測定する

その上で、

1) 放電されたコンデンサへテスタのテスト棒の接続前
　→つながっていないので抵抗値∞（OL：オーバーレンジ）、　次に接触させる

2)　⇒コンデンサは空なので、直後電気を流し込む（電流が流れる）→つまり**抵抗が下がる**

3)　⇒徐々にコンデンサに電気が溜まり一杯になると電気を流さなくなる。
　→つまり、抵抗値が無限大になる。　　　　答　C

～ メ モ ～

～ メ モ ～

桐蔭横浜大学　医用工学部
臨 床 工 学 科

医用電磁気学　サブ(補強)演習テキスト

2019 年 8 月 25 日

編集　森下武志

TOIN GAKUEN