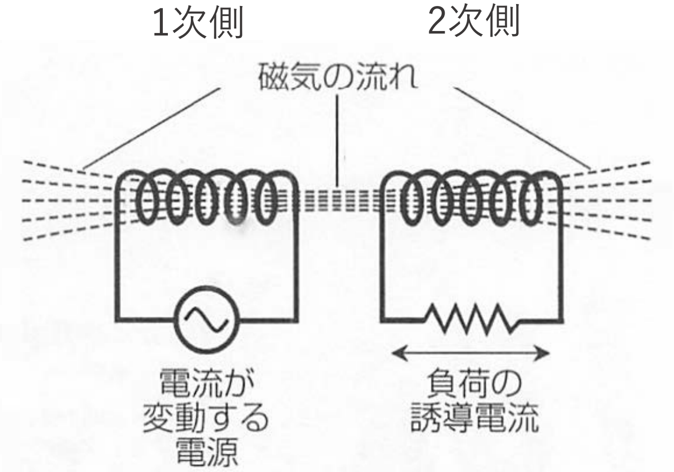
電気工学2第9回

藤田一寿

变压器

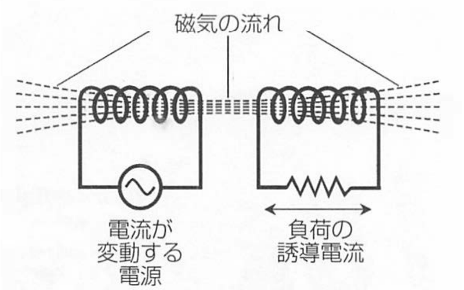
変圧器

- ２つのコイルを並べたり重ねたりする.
- 片方のコイルに電流を流すと，もう一つのコイルに磁場が発生し誘導起電力が生じる.
- 最初のコイルを１次側，もう一つのコイルを２次側という.

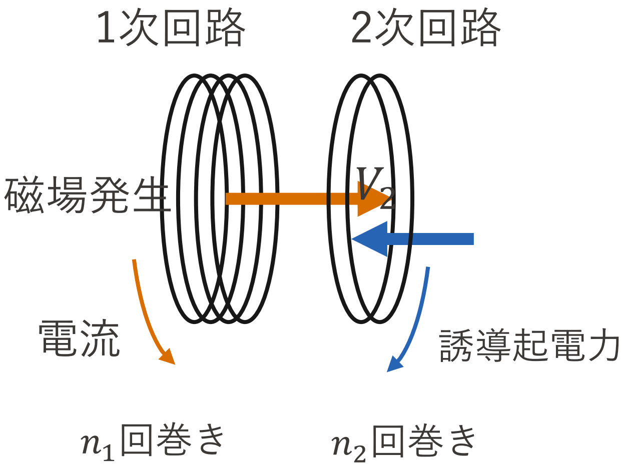


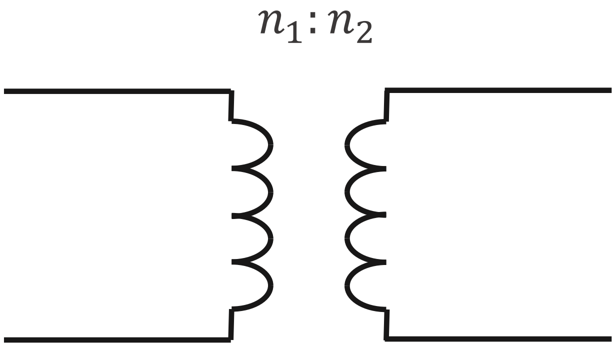
変圧器

- １次側のコイルの巻数をn1，２次側のコイルの巻数をn2とする．
- １次側のコイルに電圧V1をかけた場合，２次側のコイルで発生する電圧V2は
- $V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1$
- となる．
- また，１次側および２次側の電力をP1,P2とすると
- $P_1 = V_1 I_1 = P_2 = V_2 I_2$
- となり，それぞれの電力は等しい（理想的には）．



変圧器の回路記号





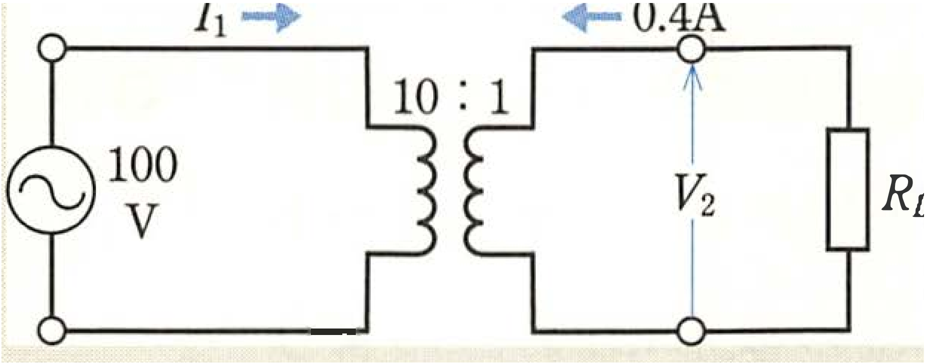
変圧器の回路記号

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1$$

例題

- 図の回路において次の値を求めよ.

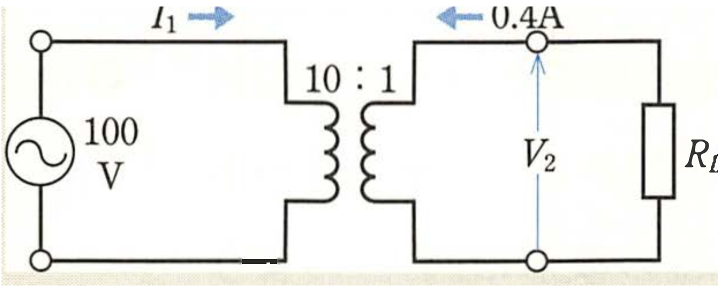
1. 電圧V_2
2. 電流I_1
3. 抵抗R_L



例題

- 図の回路において次の値を求めよ.

1. 電圧V_2
2. 電流I_1
3. 抵抗R_L



$$1.\ V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1 = \frac{1}{10} \times 100 = 10$$

$$2.\ P = 0.4 \times 10 = 100 I_1$$

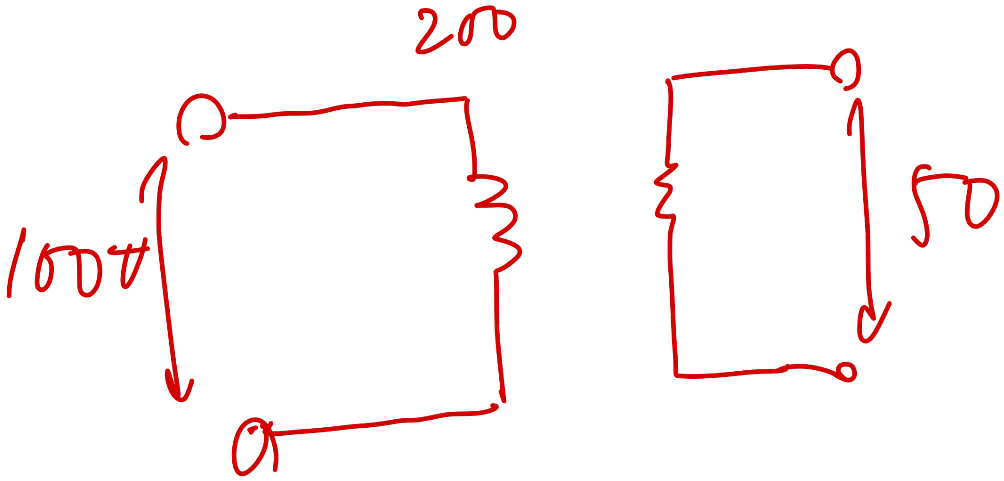
$$I_1 = 0.04\mathrm{A}$$

$$3.\ \ R_L = \frac{V_2}{I_2} = \frac{10}{0.4} = 25\,\Omega$$

問題

- 変圧器の 200回巻き の1次側コイルに 100V の正弦波交流電圧を加えた。この変圧器の2次側コイルから 50V の電圧を取り出したい場合、2次側コイルの巻数 ［回］ はどれか。ただし、変圧器は理想変圧器とする。(臨床工学技士国家試験28回)

1. 50
2. 100
3. 200
4. 500
5. 800



問題

- 変圧器の 200回巻き の1次側コイルに 100V の正弦波交流電圧を加えた。この変圧器の2次側コイルから 50V の電圧を取り出したい場合、2次側コイルの巻数 ［回］ はどれか。ただし、変圧器は理想変圧器とする。（臨床工学技士国家試験28回）

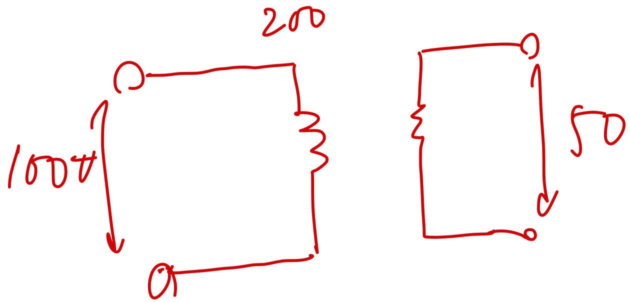
1. 50
2. 100
3. 200
4. 500
5. 800

巻数をNとすると,

$$50 = \frac{N}{200} \times 100$$

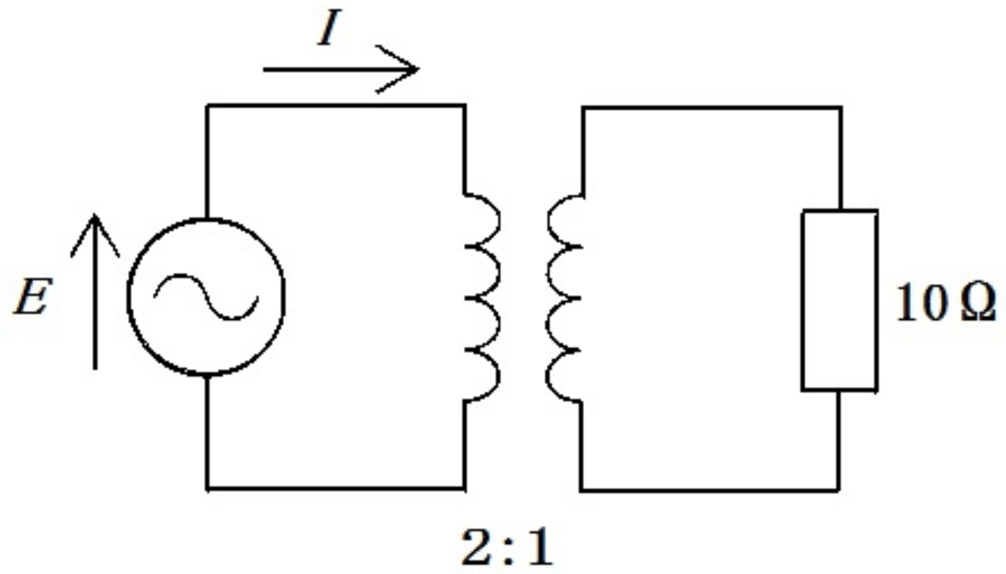
$$\frac{N}{200} = \frac{50}{100}$$

よって$N = 100.$



問題

- 図の変圧器の一次側電流Iが2Aのとき，電圧$E[V]$を求めよ．ただし，変圧器の巻数比は2：1とする．



問題

- 図の変圧器の一次側電流Iが2Aのとき，電圧$E[V]$を求めよ．ただし，変圧器の巻数比は2：1とする．

1次側と2次側の電力は等しいので

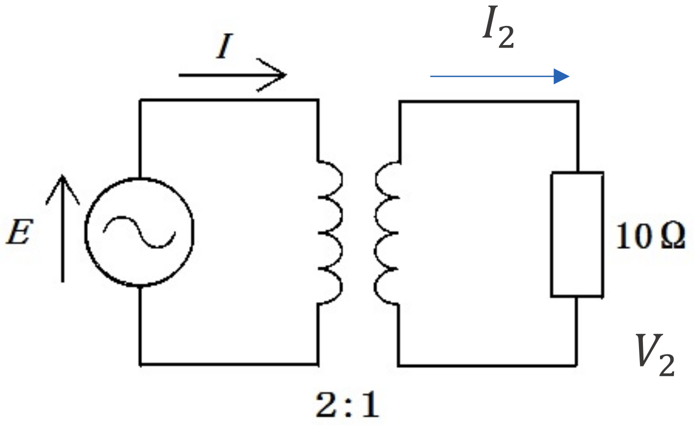
$$IE = I_2V_2 = \frac{V_2^2}{R}$$

$V_2 = \frac{n_2}{n_1}E$だから

$$IE = \frac{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 E^2}{R}$$

$$I = \frac{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 E}{R}$$

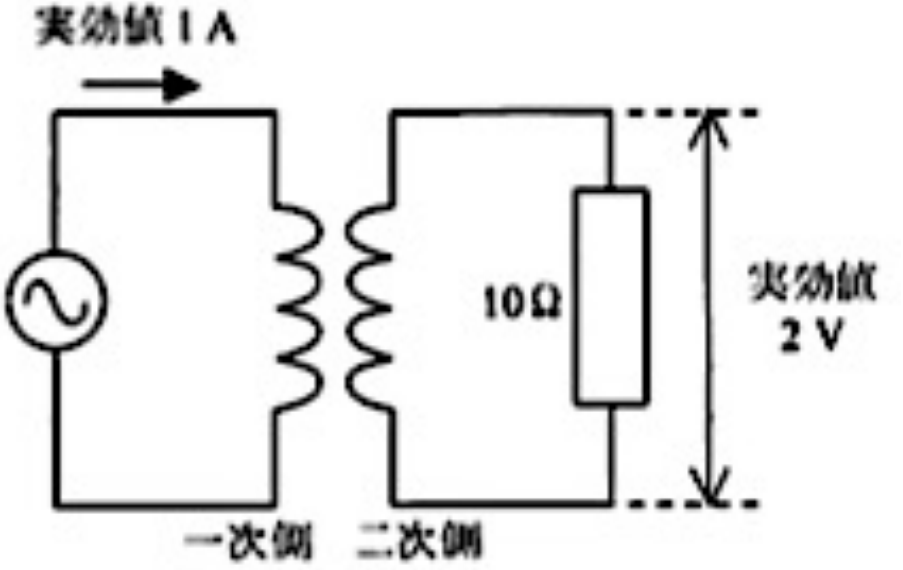
$$E = \frac{IR}{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \frac{2\times10}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 80V$$



問題解説

- 図の変圧器で一次側のコイルの巻数が100回であるとき二次側のコイルの巻数[回]はどれか．ただし，変圧器での電力損失は無視できるものとする．（第41回ME2種）

1. 20
2. 50
3. 100
4. 200
5. 500



問題解説

- 図の変圧器で一次側のコイルの巻数が100回であるとき二次側のコイルの巻数[回]はどれか．ただし，変圧器での電力損失は無視できるものとする．（第41回ME2種）

1. 20
2. 50
3. 100
4. 200
5. 500

2次側の回路に流れる電流は

$I = \frac{2}{10} = 0.2A$

電力Pは

$P = 2×0.2 = 0.4$W

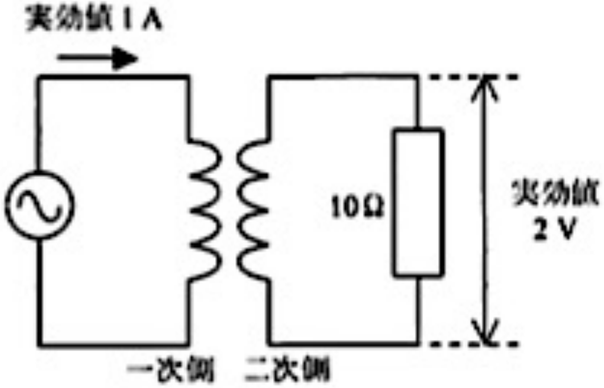
よって1次側の電圧は

$V = \frac{P}{I} = \frac{0.4}{1} = 0.4$V

つまり巻数は

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1$$

$$n_2 = \frac{n_1 V_2}{V_1} = 100 \times \frac{2}{0.4} = 500$$



問題

- 1次巻線数n_1，2次巻線数n_2の理想変圧器について正しいのはどれか．（27回）

a.　交流電圧の変換に用いられる．

b.　コイルの発生する誘導起電力を利用している．

c.　1次と2次のインピーダンス比は巻数の2乗に反比例する．

d.　1次電圧をv_1，2次電圧をv_2としたとき$\frac{v_1}{v_2}=\frac{n_2}{n_1}$が成立する．

e.　1次電流をi_1，2次電流をi_2としたとき$\frac{i_2}{i_1}=\frac{n_1}{n_2}$が成立する．

問題

- 1次巻線数n_1，2次巻線数n_2の理想変圧器について正しいのはどれか．（27回）

a.　交流電圧の変換に用いられる．

b.　コイルの発生する誘導起電力を利用している．

c.　1次と2次のインピーダンス比は巻数の2乗に反比例する．

d.　1次電圧をv_1，2次電圧をv_2としたとき$\frac{v_1}{v_2}=\frac{n_2}{n_1}$が成立する．

e.　1次電流をi_1，2次電流をi_2としたとき$\frac{i_2}{i_1}=\frac{n_1}{n_2}$が成立する．

a.　正しい．
b.　正しい．
c.　$Z_1=\frac{v_1}{i_1}$，$Z_2=\frac{v_2}{i_2}$, $\frac{Z_1}{Z_2}=\frac{v_1 i_2}{v_2 i_1}=\frac{n_1^2}{n_2^2}$，よって巻数の比の2乗である．そもそも文章がおかしいが…
d.　$v_2=\frac{n_2}{n_1}v_1$, $\frac{v_2}{v_1}=\frac{n_2}{n_1}$だから間違い．
e.　$i_1 v_1 = i_2 v_2$

$$\frac{i_2}{i_1}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{n_1}{n_2}$$

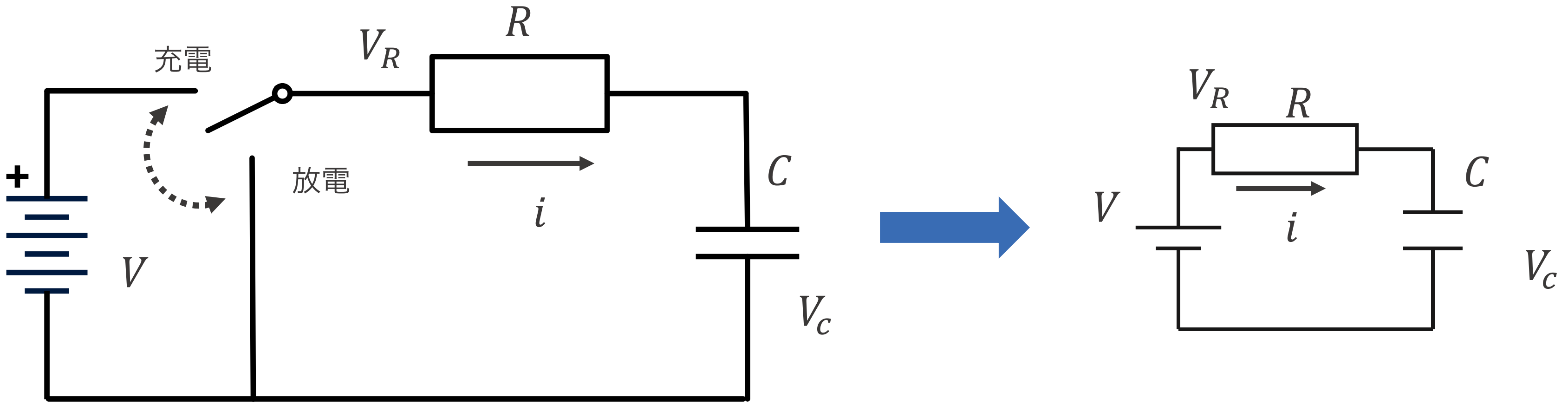
よって正しい．

過渡現象

コンデンサの充電

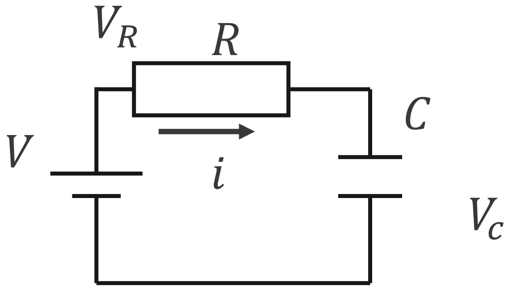
■ 過渡現象（充電）

- 図のような直流回路を考える．
- コンデンサに電荷が溜まっていないとする．
- スイッチを充電側に移動させると，コンデンサに電流が流れ，電荷が溜まっていく．これは，コンデンサの両端電位差が電源電圧Vになるまで続く．
- コンデンサに電荷を貯めることを充電という．



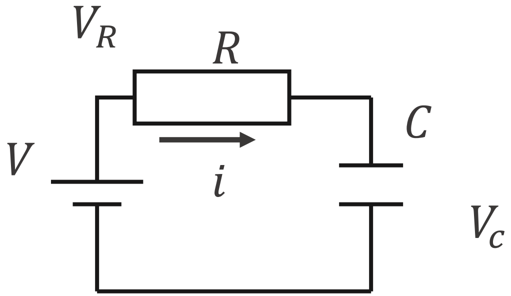
過渡現象（充電）

- 抵抗とコンデンサに加わる電圧をそれぞれV_R，V_cとすると，
- $V = V_R + V_c$
- $V_R = iR$，$Q = CV_c$，$I = \frac{dQ}{dt}$より，
- $V = iR + \frac{Q}{C} = \frac{dQ}{dt}R + \frac{Q}{C}$
- これをQについて解けば，コンデンサに蓄積される電荷の時間変化が分かる．



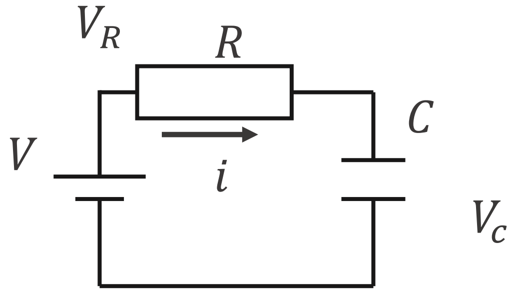
過渡現象（充電）

- $V = \frac{dQ}{dt}R + \frac{Q}{C}$を両辺$R$でわり，0 equalの形にすると
- $\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{CR} - \frac{V}{R} = 0$となる．
- $Z = \frac{Q}{CR} - \frac{V}{R}$とおくと
- $\frac{dZ}{dt} = \frac{1}{CR}\frac{dQ}{dt}$
- $\frac{dQ}{dt} = CR\frac{dZ}{dt}$
- これを代入すると
- $CR\frac{dZ}{dt} + Z = 0$



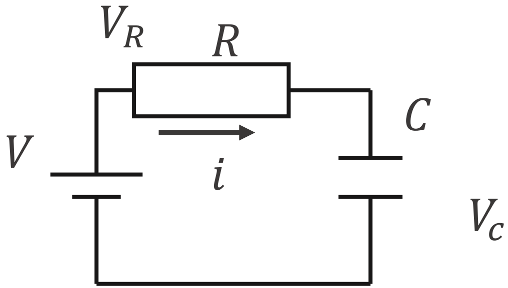
過渡現象（充電）

- $CR\frac{dZ}{dt}+Z=0$は変数分離形なので
- $\frac{1}{Z}\frac{dZ}{dt}=-\frac{1}{CR}$
- $\frac{1}{Z}dZ=-\frac{1}{CR}dt$
- $\log Z=-\frac{1}{CR}t$
- $Z=Ae^{-\frac{1}{CR}t}$
- よって,
- $Ae^{-\frac{1}{CR}t}=\frac{Q}{CR}-\frac{V}{R}$
- $Q=Ae^{-\frac{1}{CR}t}+CV$
- $t=0$のとき$Q=0$ なので
- $Ae^{-\frac{1}{CR}\times 0}+CV=0$
- $A=-CV$
- $Q=-CVe^{-\frac{1}{CR}t}+CV=CV\left(1-e^{-\frac{1}{CR}t}\right)$



過渡現象　（充電）

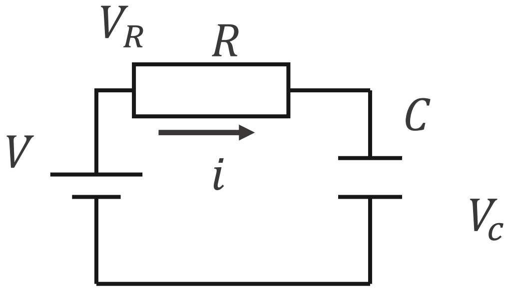
- $Q = CV(1 - e^{-\frac{1}{CR}t})$かつ$Q = CV_C$なので$V_C$は
- $V_c = V\,(1 - e^{-\frac{1}{CR}t})$
- 電流iは
- $i = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}CV\left(1 - e^{-\frac{1}{CR}t}\right) = \frac{CV}{CR}e^{-\frac{1}{CR}t} = \frac{V}{R}e^{-\frac{1}{CR}t}$
- $\tau = CR$としたとき，　τ を時定数と呼ぶ.



資格試験内で計算は不可能だから，時定数はCRと覚える.

過渡現象　（充電）

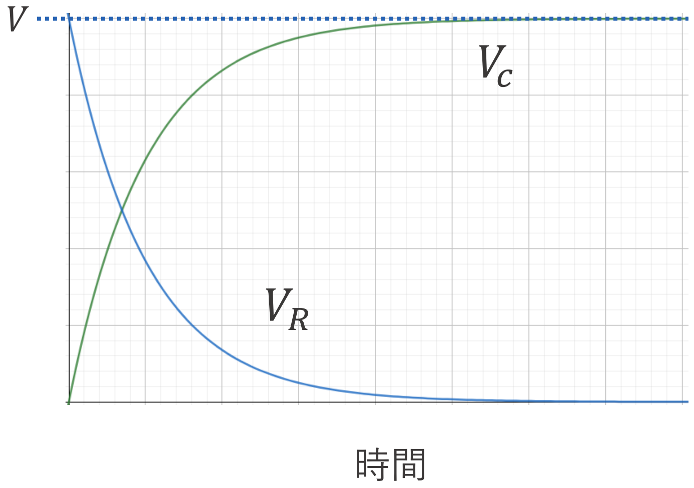
- 電流$i=\frac{V}{R}e^{-\frac{1}{CR}t}$なので抵抗にかかる電圧は
- $V_R=Ve^{-\frac{1}{CR}t}$
- コンデンサにかかる電圧は
- $V_C=V-Ve^{-\frac{1}{CR}t}=V\left(1-e^{-\frac{1}{CR}t}\right)$

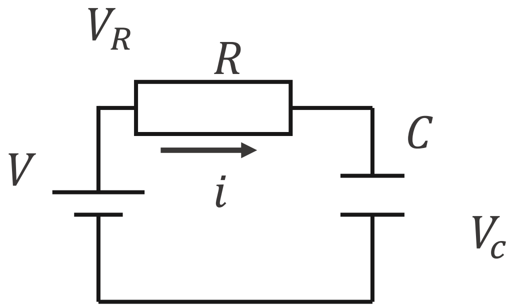


資格試験内で計算は不可能だから，時定数はCRと覚える.

過渡現象（充電）

- 抵抗とコンデンサに加わる電圧は図のように変化する．
- コンデンサに電荷が蓄積されるに伴いコンデンサの電圧V_Cも増加する．
- 一方抵抗の電圧V_Rは減衰する．

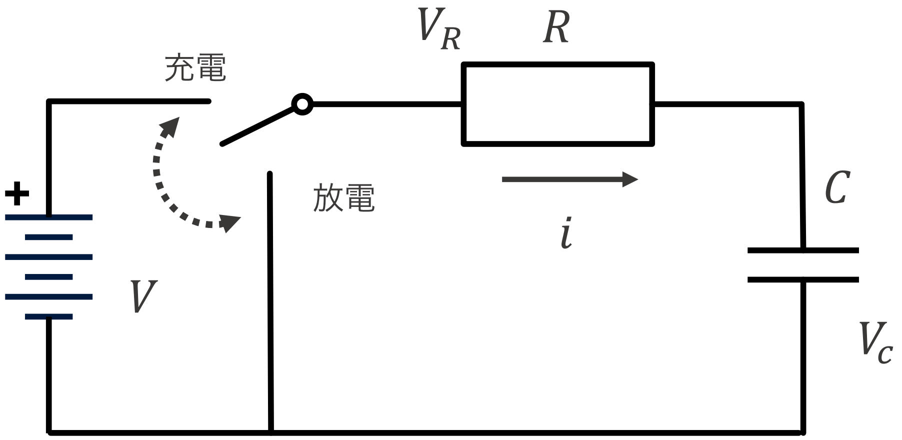


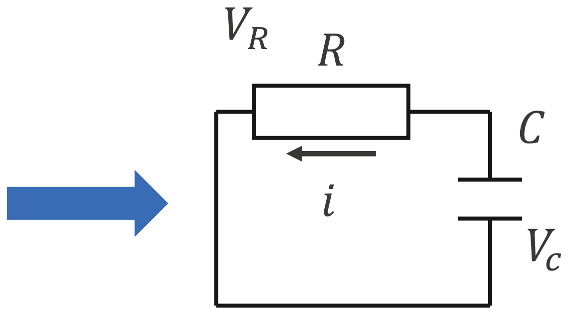


コンデンサの放電

過渡現象（放電）

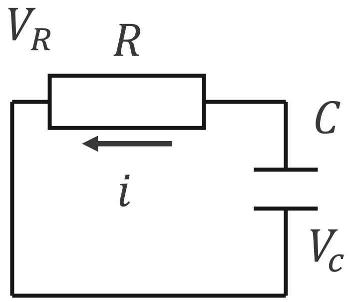
- スイッチを充電側にし，十分に時間がたつとコンデンサに$Q = CV$ほど電荷が蓄積される．
- そこで，スイッチを放電の方に入れると，コンデンサにたまった電荷が消費され，減少していく．
  - コンデンサが電源の代わりになる．





過渡現象（放電）

- 抵抗とコンデンサに加わる電圧をそれぞれV_R，V_cとすると，電源がないので
- $V_R + V_c = 0$
- $V_R = iR$および$Q = CV_c$より，
- $iR + \frac{Q}{C} = \frac{dQ}{dt}R + \frac{Q}{C} = 0$
- $\frac{dQ}{dt}R + \frac{Q}{C} = 0$
- $Q = Ae^{-\frac{1}{CR}t}$
- 初期条件は$Q_0 = Q = CV$なので
- $Q = CVe^{-\frac{1}{CR}t}$



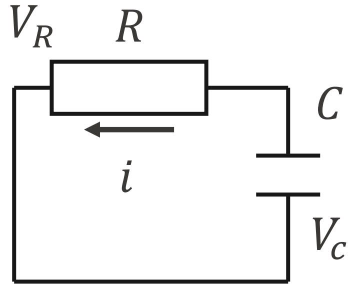
変数分離形の微分方程式
充電のときやったので計算は省略

過渡現象（放電）

- $Q = CVe^{-\frac{1}{CR}t}$から，Vcは
- $V_c = V\,e^{-\frac{1}{CR}t}$
- 抵抗にかかる電圧は
- $V_R = -V_c = -V\,e^{-\frac{1}{CR}t}$
- 電流iは
- $i = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}CVe^{-\frac{1}{CR}t} = -\frac{CV}{CR}e^{-\frac{1}{CR}t} = -\frac{V}{R}e^{-\frac{1}{CR}t}$
- $\tau = CR$としたとき，τを時定数と呼ぶ．

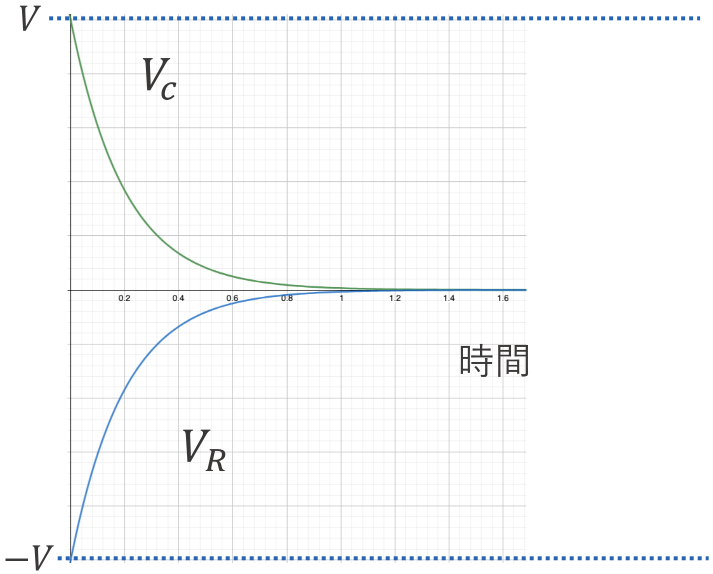
資格試験内で計算は不可能だから，時定数はCRと覚える．

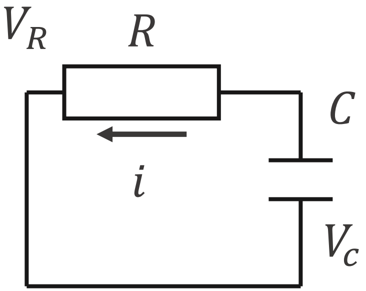
電圧の時間変化もよく出ているので，余裕がある人はVcの式も覚える．覚えられない人は指数関数的に変化することを覚えておく．



過渡現象（放電）

- 抵抗とコンデンサに加わる電圧は図のように変化する.
- コンデンサの電荷が放電されるとともに，コンデンサの電圧Vcは指数関数的に減衰していく.
- 抵抗の電圧は，コンデンサによりもたらされるので，V_Cとともに0に近づく.

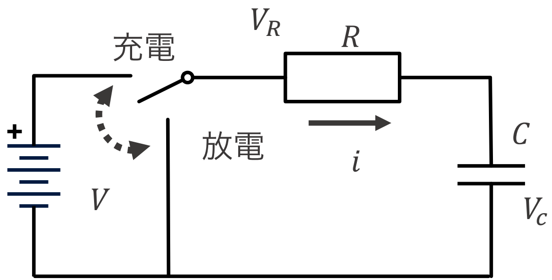


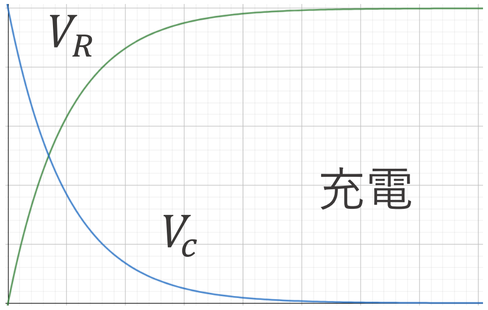


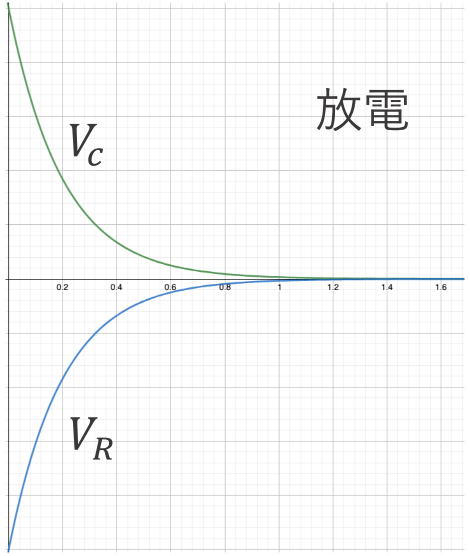
微分回路と積分回路

微分回路

- 抵抗の電圧 V_R の時間変化を見てみると，充電および放電が始まった瞬間に大きな値を取り，時間とともに0に近づく．
- つまり，時間変化が急激な場所（オン・オフの場所）で大きな値をとっている．
- 時間変化が急激な場所は微分が大きいので，V_R は微分を表していると見ることもできる．
- そのため，V_Rを測定する回路は微分回路と呼ばれる．

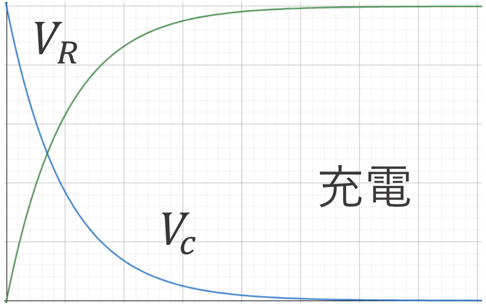


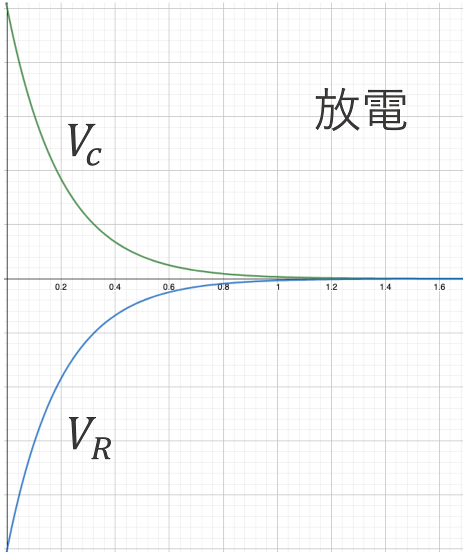


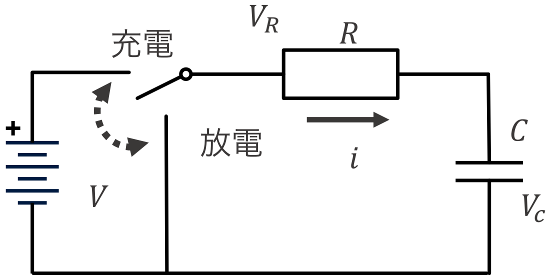


積分回路

- 一方，コンデンサの電圧V_Cの時間変化を見てみると，充電および放電が始まると時間とともに増加および減少する．
- つまり，V_C は入力を足し続けていると見ることもできる．これは，積分に相当する計算とみなせるだろう．
- よって，V_C を出力とする回路は積分回路と呼ばれる．

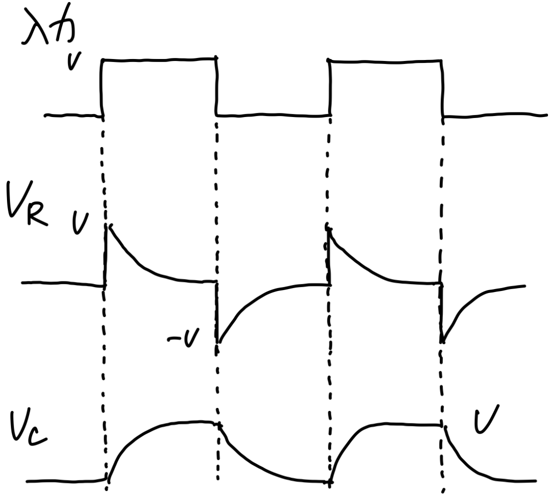






まとめ（CRフィルタの場合）

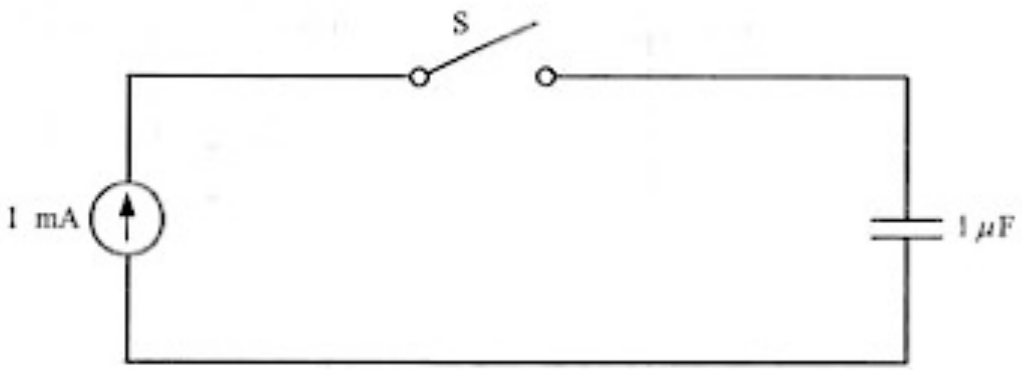
- 電圧は指数関数的に変化
- 微分回路は抵抗の電圧を見ている．
  - 入力の変化を捉える．
  - 矩形波なら，オン・オフの瞬間が最も電圧の絶対値は大きく，時間が立つに連れ0に近づく．
- 積分回路はコンデンサの抵抗を見ている．
  - 入力を蓄積していく．
  - 矩形波なら，オンの瞬間は0だが，徐々に増えていく．オフにすると溜まった電荷による電圧が徐々に減少していき0に近づく．



RLフィルタの場合RCフィルタの逆になる．

問題

- 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いくらか．ただし，スイッチSを閉じる前にキャパシタの両端の電圧はゼロとする．（29ME）



問題

- 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いくらか．ただし，スイッチSを閉じる前にキャパシタの両端の電圧はゼロとする．（29ME）

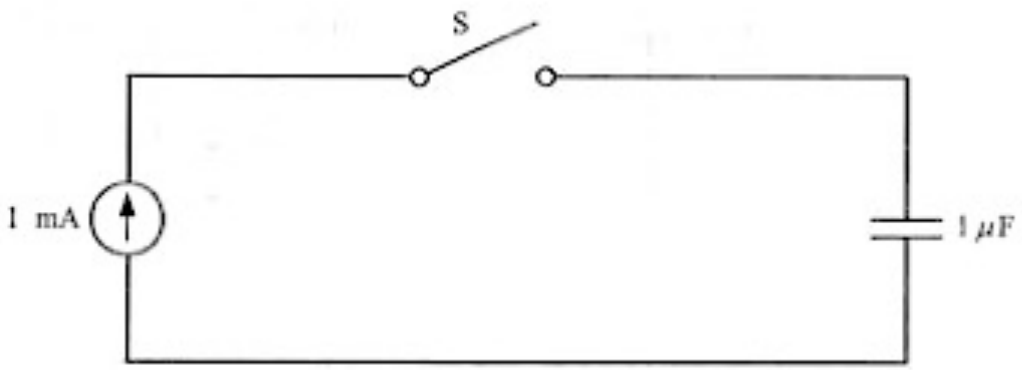
電荷と電流の関係は

$$I = \frac{dQ}{dt} = C\frac{dV}{dt}$$

よって

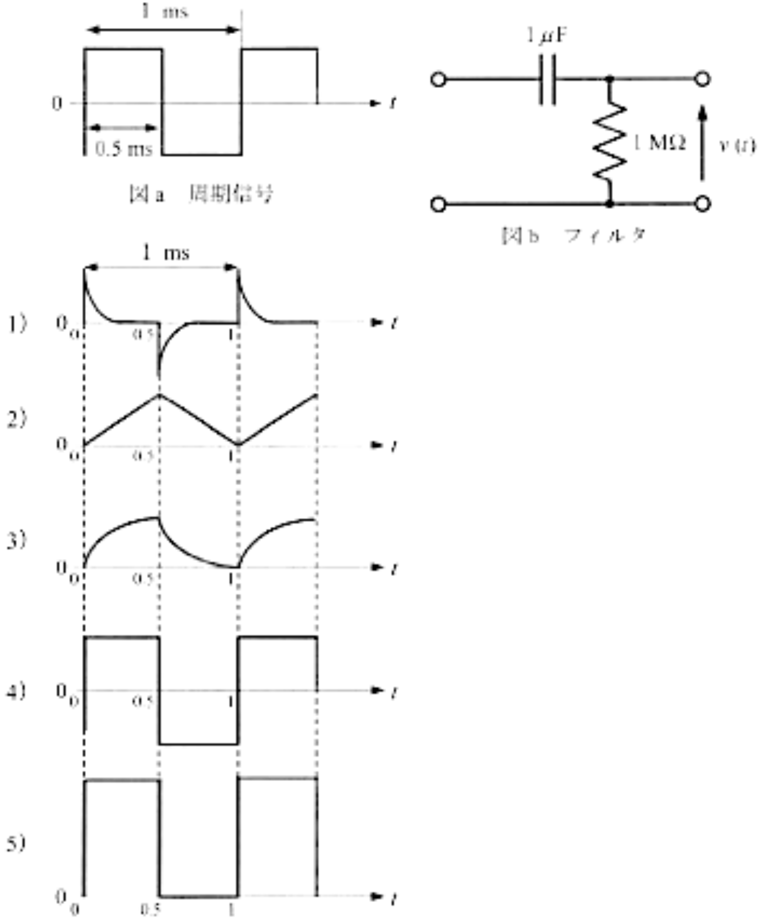
$$1\times10^{-6}\times\frac{V}{10\times10^{-6}} = 1\times10^{-3}$$

$$V = 0.01V$$



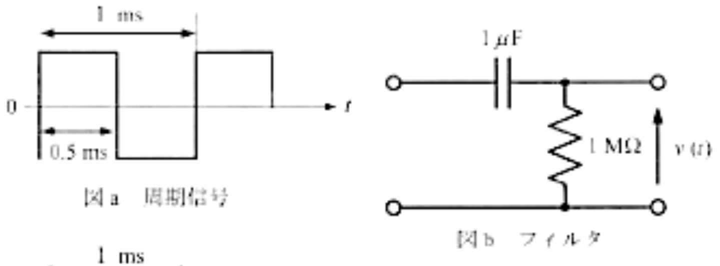
問題

- 図aの周期信号（周期1ms）を図bのフィルタに入力した．出力$v(t)$に最も近い波形はどれか．（28ME）



問題

- 図aの周期信号（周期1ms）を図bのフィルタに入力した．出力$v(t)$に最も近い波形はどれか．（28ME）



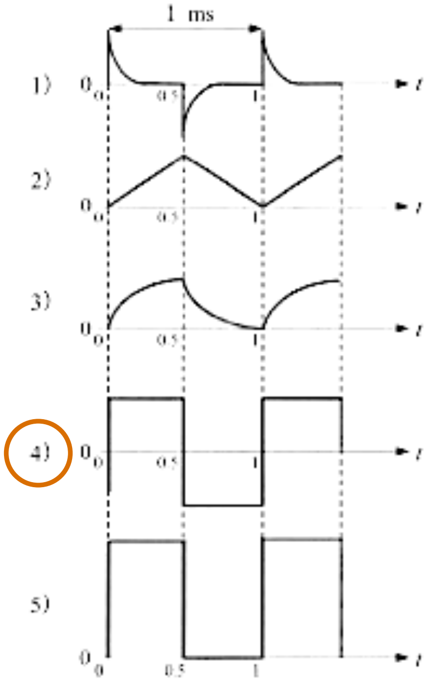
抵抗の電圧$v(t)$が出力になっている．入力をvとすると
$v(t)$は充電時$v(t) = ve^{-\frac{1}{CR}t}$である．
また放電時は$v(t) = -ve^{-\frac{1}{CR}t}$である．
以上から1が正解のように思える．しかし，時定数は

$$\tau = 1\times10^{-6}\times1\times10^{6} = 1s$$

である．つまり，$v(t) = ve^{-t}$となる．例えば1sのときの$v(t)$は

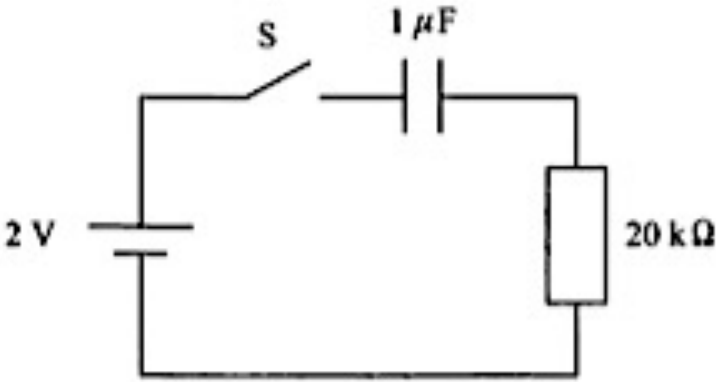
$$v(1) = ve^{-1} \approx v\times\frac{1}{3} \approx 0.3v$$

であり，１のように0.5msで0に近い値になることはない．
逆に，0.5ms後でも$v(t)$はほぼ入力vのままである．
よって4が答えである．



問題

- 図の回路において，スイッチSを閉じてから20ms後の抵抗両端電圧[V]に最も近いのはどれか．ただし，スイッチを閉じる前のコンデンサは充電されていないものとし，自然対数の底eは2.7とする．（第42回ME2種）



問題

- 図の回路において，スイッチSを閉じてから20ms後の抵抗両端電圧[V]に最も近いのはどれか．ただし，スイッチを閉じる前のコンデンサは充電されていないものとし，自然対数の底eは2.7とする．（第42回ME2種）

抵抗の電圧は指数関数的に減衰するので

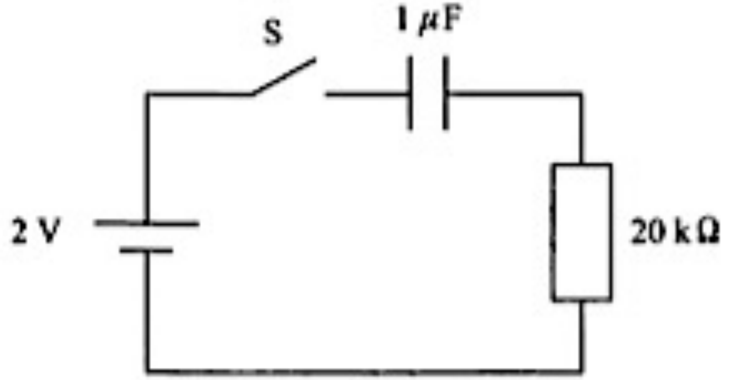
$$V_R = 2e^{-t/\tau}$$

時定数は

$\tau = CR = 1\times10^{-6}\times20\times10^{3} = 2\times10^{-2}s$
$= 0.02s$

よって20ms後の抵抗の電圧は

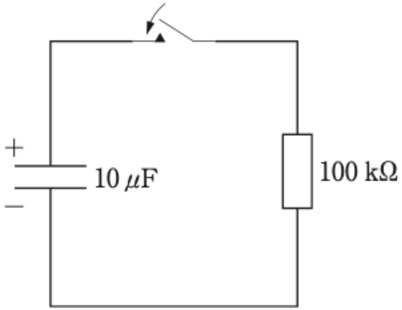
$$V_R(0.02) = 2\times e^{-1} \cong 0.74$$



問題

- 図の回路でコンデンサが 1000V で充電された状態でスイッチを 閉じる。スイッチを閉じてから 1 秒後の電流値[mA]に最も近いのはどれか。(臨床工学技士国家試験30回)

1. 10
2. 6.3
3. 5.0
4. 3.7
5. 1.0



問題

- 図の回路でコンデンサが 1000V で充電された状態でスイッチを 閉じる。スイッチを閉じてから 1 秒後の電流値[mA]に最も近いのはどれか。(臨床工学技士国家試験30回)

1. 10
2. 6.3
3. 5.0
4. 3.7
5. 1.0

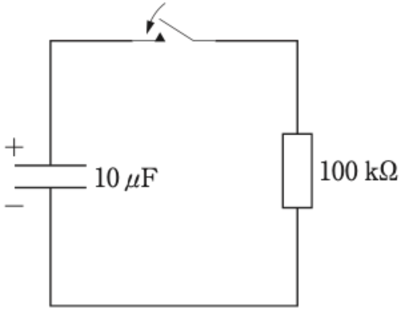
コンデンサの放電なので，コンデンサの電圧は指数関数的に減る．よってコンデンサの電圧V_Cは

$$V_c = V\,e^{-\frac{1}{CR}t} = 1000\times e^{-\frac{1}{10\times10^{-6}\times100\times10^{3}}\times1}$$
$$= 1000e^{-1}$$

eを3と大雑把に近似すると，電流Iは

$$I = \frac{333}{100\times10^{3}} = 3.33\times10^{-3}$$

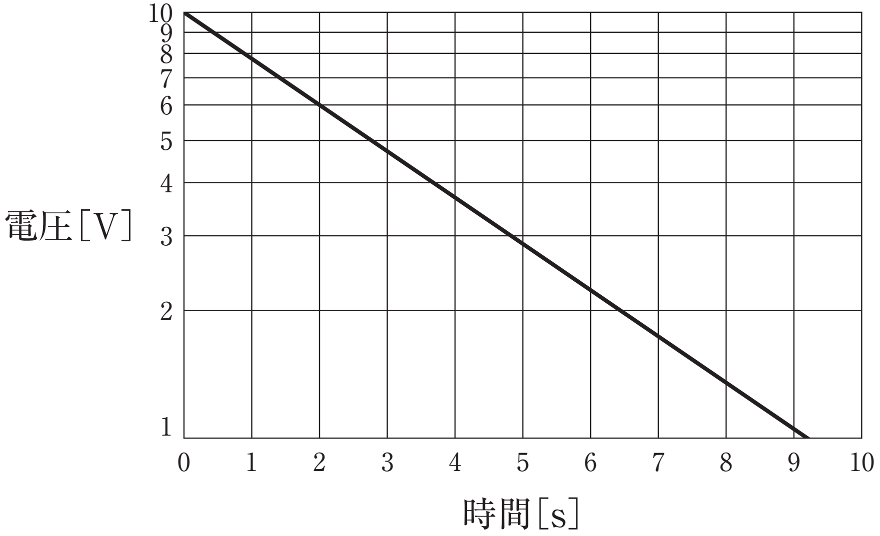
これに最も近い選択肢は4



問題

- コンデンサを10Vに充電した後，100Ωの抵抗で放電した場合のコンデンサにかかる電圧の経時変化を図の片対数グラフを示す．コンデンサの静電容量[F]はどれか．（臨床工学技士国家試験34）

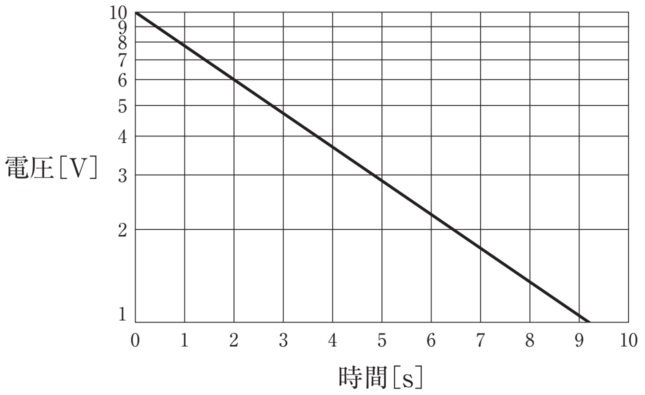
1. 0.02
2. 0.04
3. 0.1
4. 0.2
5. 0.4



問題

- コンデンサを10Vに充電した後，100Ωの抵抗で放電した場合のコンデンサにかかる電圧の経時変化を図の片対数グラフを示す．コンデンサの静電容量[F]はどれか．（臨床工学技士国家試験34）

1. 0.02
2. 0.04
3. 0.1
4. 0.2
5. 0.4



これは，典型的なCR回路の放電である．コンデンサにかかる電圧Vcは指数関数的に減衰する．よって
$V_c = 10e^{-\frac{t}{CR}}$である．
R=100なので$V_c = 10e^{-\frac{t}{100C}}$となる．$t = 100C$のとき，Vcは
$V_c = 10e^{-1} = \frac{10}{e}$となる．e=3と大まかに近似するとVcは約3.3Vである．その時の時間はグラフから4sで有ることが分かる．よって100C=4なので，
C=4/100=0.04となる．

問題

- 図の回路において、スイッチを a 側にして十分時間が経過した後、 b 側に切換えた。正しいのはどれか。(臨床工学技士国家試験29回)

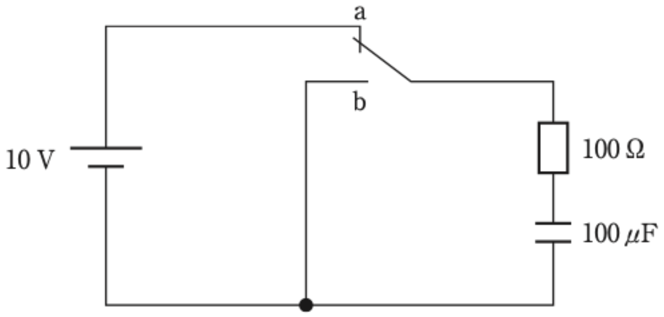
a.　抵抗の最大電流値は 100mA である。

b.　回路の時定数は 0.1s である。

c.　コンデンサの両端電圧の最大値は 5V である。

d.　コンデンサの両端電圧は指数関数的に増加する。

e.　抵抗に流れる電流は指数関数的に減少する



問題

- 図の回路において、スイッチをａ側にして十分時間が経過した後、ｂ側に切換えた。正しいのはどれか。(臨床工学技士国家試験29回)

a.　抵抗の最大電流値は 100mA である。

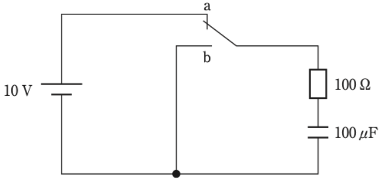
十分充電しているのでコンデンサの電圧の最大値は10Vである．このとき流れる電流は$\frac{10V}{100\Omega} = 0.1A$となる．よって正しい．

b.　回路の時定数は 0.1s である。

時定数は$\tau = CR = 100\times10^{-6}\times100 = 10^{-4} = 0.1ms$である．よって間違い．

c.　コンデンサの両端電圧の最大値は 5V である。

コンデンサの電圧の最大値は10Vである．よって間違い．



d.　コンデンサの両端電圧は指数関数的に増加する。

放電するのでコンデンサの電圧は指数関数的に減少する．よって間違い．

e.　抵抗に流れる電流は指数関数的に減少する.

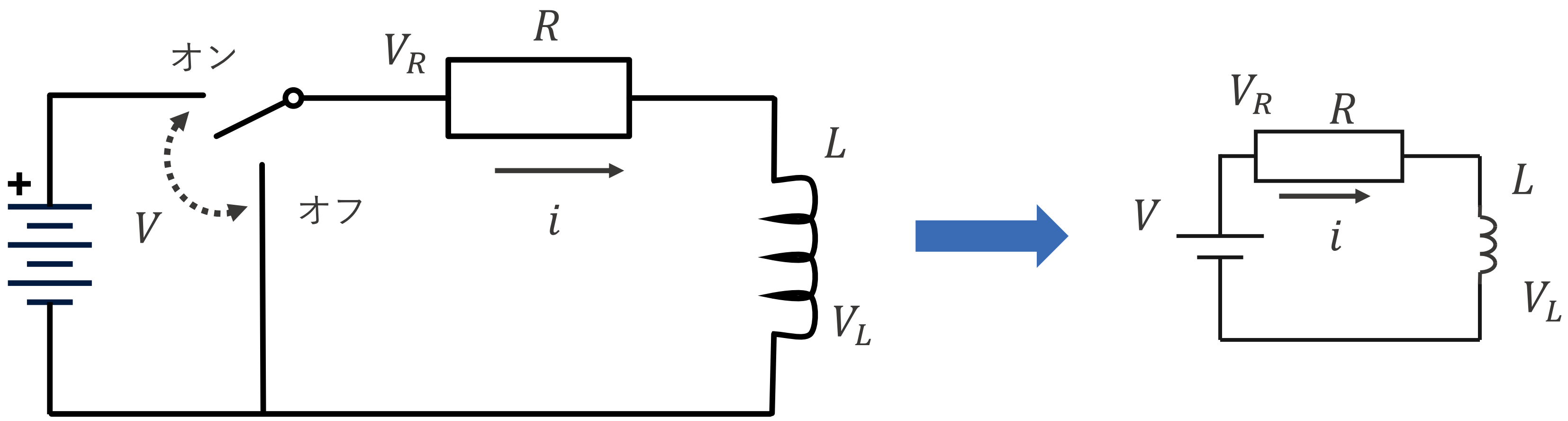
放電するのでコンデンサの電圧は指数関数的に減少する．オームの法則から，電圧が指数関数的に減少すれば電流も指数関数的に減少するので，正しい．

コイルの過渡現象

コイルに電流を流した瞬間

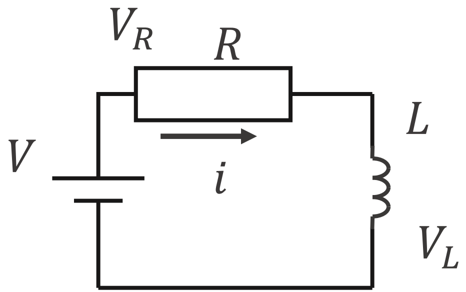
■ 過渡現象（オン）

- 図のような直流回路を考える．
- スイッチをオン側に移動させると，コイルに電流が流れ，誘導起電力は発生する．



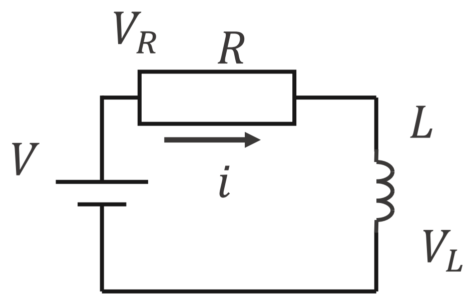
■ 過渡現象（オン）

- 抵抗とコンデンサに加わる電圧をそれぞれV_R，V_cとすると，
- $V = V_R + V_L$
- $V_R = iR$，$V_L = -L\dfrac{di}{dt}$より，
- $V = iR - L\dfrac{di}{dt}$
- これをiについて解けば，コイル全体を流れる電流の時間変化が分かる．



過渡現象（オン）

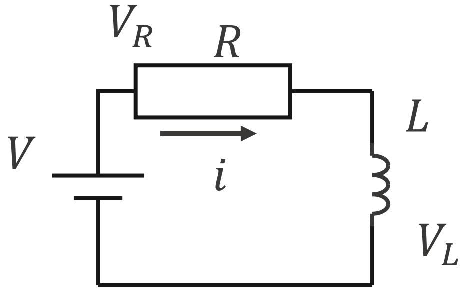
- $V = iR - L\dfrac{di}{dt}$を両辺Lでわり，0 equalの形にすると
- $\dfrac{di}{dt} + \dfrac{iR}{L} - \dfrac{V}{L} = 0$となる.
- $Z = \dfrac{iR}{L} - \dfrac{V}{L}$とおくと
- $\dfrac{dZ}{dt} = \dfrac{R}{L}\dfrac{di}{dt}$
- $\dfrac{di}{dt} = \dfrac{L}{R}\dfrac{dZ}{dt}$
- これを代入すると
- $\dfrac{L}{R}\dfrac{dZ}{dt} + Z = 0$



過渡現象（オン）

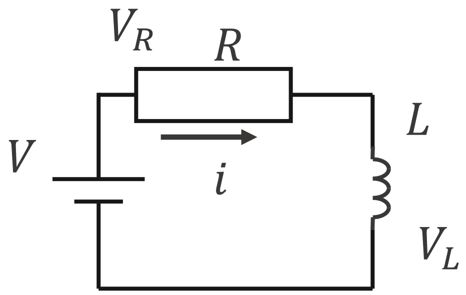
- $\frac{L}{R}\frac{dZ}{dt} + Z = 0$は変数分離形なので
- $\frac{1}{Z}\frac{dZ}{dt} = -\frac{R}{L}$
- $\frac{1}{Z}dZ = -\frac{R}{L}dt$
- $\log Z = -\frac{R}{L}t$
- $Z = Ae^{-\frac{R}{L}t}$
- よって，
- $Ae^{-\frac{R}{L}t} = \frac{iR}{L} - \frac{V}{L}$
- $i = Ae^{-\frac{1}{CR}t} + \frac{V}{R}$

- $t = 0$のとき$i = 0$ なので
- $i = Ae^{-0\times t} + \frac{V}{R}$
- $A = -\frac{V}{R}$
- $i = -\frac{V}{R}e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{V}{R} = \frac{V}{R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t})$



過渡現象（オン）

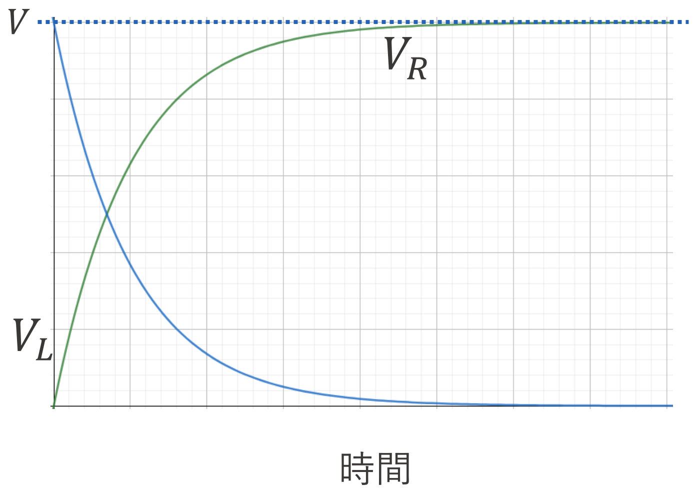
- 回路を流れる電流は
- $i = \frac{V}{R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t})$
- $\tau = \frac{L}{R}$としたとき， τ を時定数と呼ぶ.
- 抵抗にかかる電圧は
- $V_R = V(1 - e^{-\frac{R}{L}t})$
- コンデンサにかかる電圧は
- $V_L = V - V\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) = Ve^{-\frac{R}{L}t}$

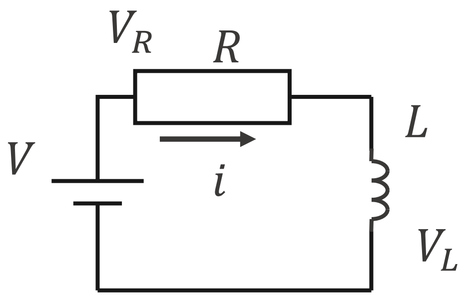


資格試験内で計算は不可能だから，時定数はL/Rと覚える.

■ 過渡現象（オン）

- 抵抗とコイルに加わる電圧は図のように変化する.
- コイルの誘導起電力により最初は電圧Vがコイルにかかるが，時間とともに減衰する.
- 一方抵抗の電圧V_Rは時間とともに増加し，最終的にほぼVになる.

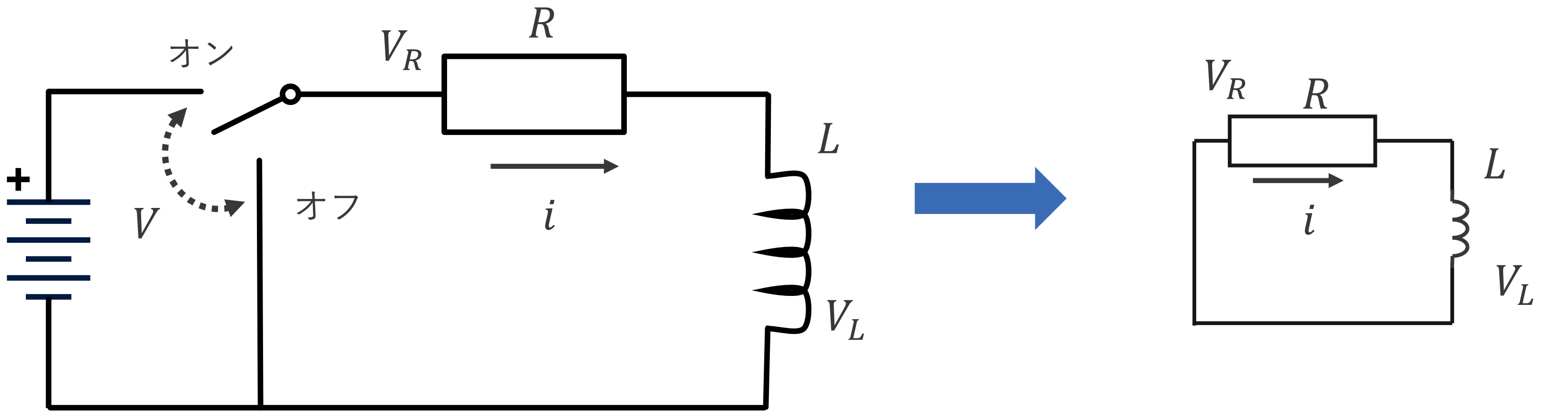




コイルの電源をオフにした瞬間

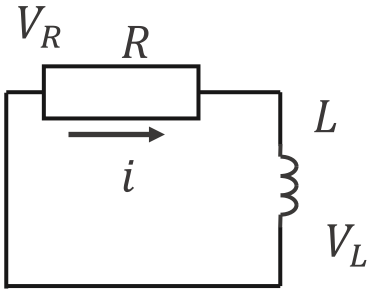
過渡現象（オフ）

- スイッチをオン側にし，十分時間が立つとコイル内の磁場は一定になり誘導起電力はなくなる．
- その状態で，スイッチをオフ側に入れると，コイルに電流が流れなくなりコイル内の磁場が変化する．
- この磁場の変化が誘導起電力を発生させる．
- コイルが電源の代わりになる．



過渡現象（オフ）

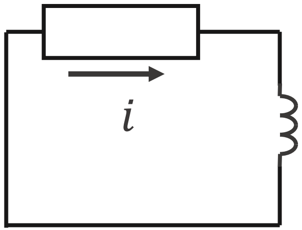
- 抵抗とコイルに加わる電圧をそれぞれV_R，V_Lとすると，電源がないので
- $V_R + V_L = 0$
- $V_R = iR$および$V_L = L\frac{di}{dt}$より，
- $iR + L\frac{dI}{dt} = 0$
- $\frac{iR}{L} + \frac{di}{dt} = 0$
- $i = Ae^{-\frac{R}{L}t}$
- 初期条件は$i_0 = V/R$なので
- $i = \frac{V}{R}e^{-\frac{R}{L}t}$



電源が切れると順方向に電圧が生じるため，V_Lは正となりマイナスがとれる．
変数分離形の微分方程式
充電のときやったので計算は省略

過渡現象（オフ）

- $i = \frac{V}{R} e^{-\frac{R}{L}t}$から$V_R$は
- $V_R = V\, e^{-\frac{R}{L}t}$
- V_Lは
- $V_L = -V_R = -V\, e^{-\frac{R}{L}t}$
- $\tau = L/R$としたとき，τ を時定数と呼ぶ．

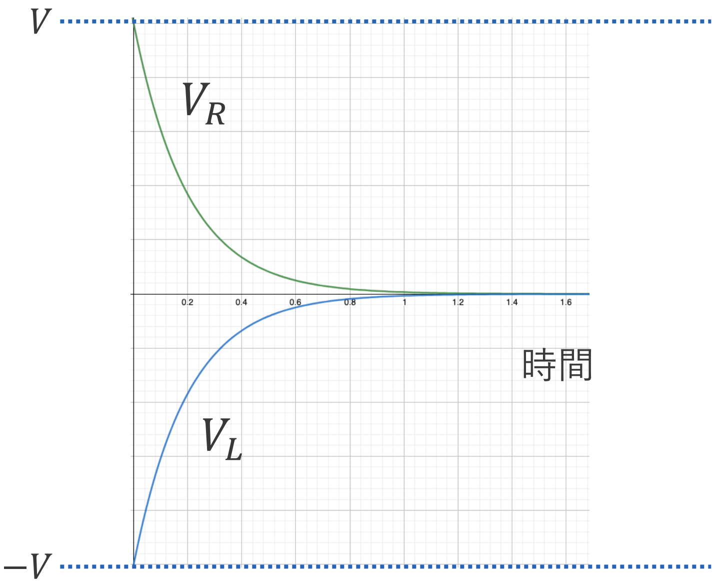


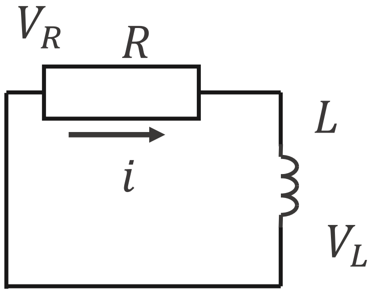
資格試験内で計算は不可能だから，時定数はL/Rと覚える．

電圧の時間変化もよく出ているので，余裕がある人はV_Lの式も覚える．覚えられない人は指数関数的に変化することを覚えておく．

■ 過渡現象（オフ）

- 抵抗とコイルに加わる電圧は図のように変化する．
- コイルはスイッチがオフになった途端誘導起電力を生じるが，時間とともに指数関数的に減衰していく．
- 抵抗の電圧は，コイルによりもたらされるので，V_Lとともに0に近づく．



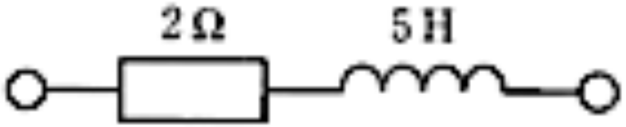


コンデンサの逆

- コイルの過渡現象はコンデンサの逆だと覚えておく．
- しかし時定数が違う
  - コンデンサ：CR
  - コイル：L/R

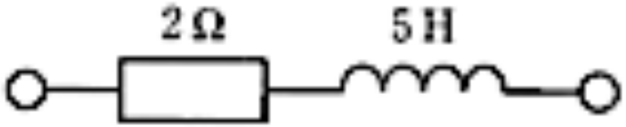
問題

- 図に示す回路の時定数[s]を求めよ．（国家試験26）



問題

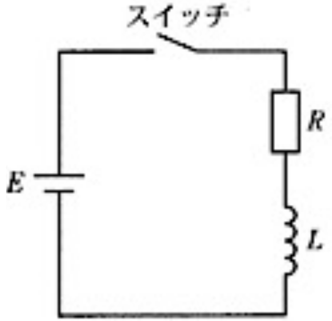
- 図に示す回路の時定数[s]を求めよ．（国家試験26）



$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{5}{2} = 2.5s$$

問題

- 図の回路において$t = 0$でスイッチを入れた．正しいのはどれか．（国家試験27）

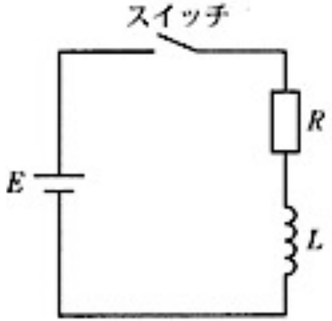


1. 時定数はLRである．
2. 直後に抵抗にかかる電圧はEとなる．
3. 直後に流れる電流は$\frac{E}{R}$となる．
4. 時間が十分に経過すると抵抗にかかる電圧は$\frac{E}{2}$となる．
5. 時間が十分に経過すると抵抗で消費される電力は$\frac{E^2}{R}$となる．

問題

- 図の回路において$t = 0$でスイッチを入れた．正しいのはどれか．（国家試験27）

1. 時定数はLRである．
2. 直後に抵抗にかかる電圧はEとなる．
3. 直後に流れる電流は$\frac{E}{R}$となる．
4. 時間が十分に経過すると抵抗にかかる電圧は$\frac{E}{2}$となる．
5. 時間が十分に経過すると抵抗で消費される電力は$\frac{E^2}{R}$となる．



1. 時定数はL/Rである． これは間違い．
2. 直後に抵抗にかかる電圧は0である． これは間違い．
3. 直後に流れる電流は0である． これは間違い．
4. 時間が十分に経過すると抵抗にかかる電圧はEである． これは間違い．
5. 時間が十分に経過すると抵抗にかかる電圧はEなので，抵抗で消費される電力は

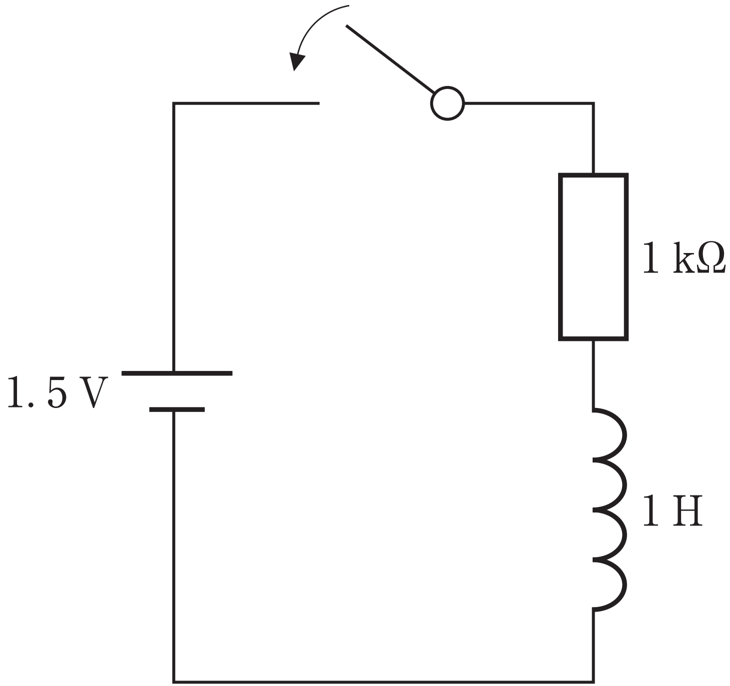
$$W = IV = E^2/R$$

なので，これが正解．

問題

- 図の回路でスイッチを閉じてから1ms後にインダクタの両端にかかる電圧[V]に最も近いのはどれか．ただし，自然対数の底eは2.7とする．

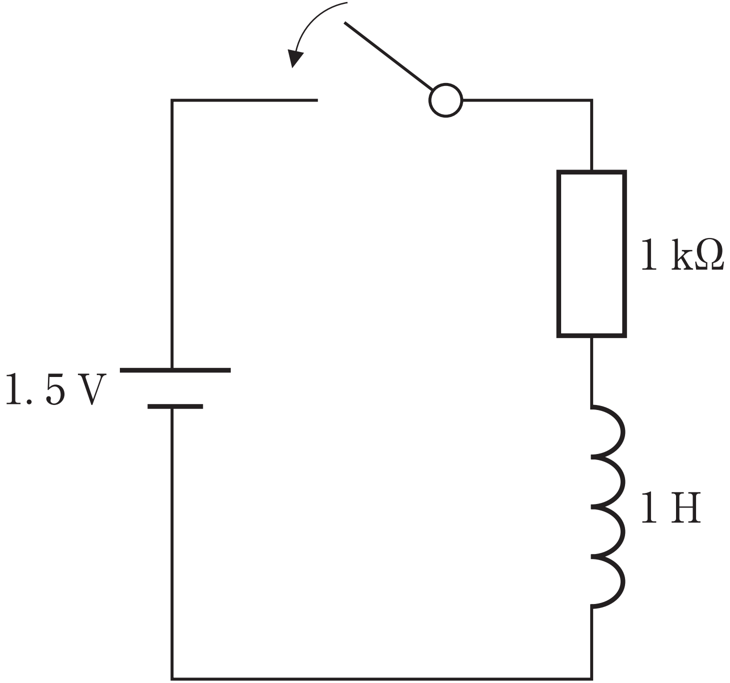
1. 1.5
2. 1.2
3. 0.9
4. 0.6
5. 0.3



問題

- 図の回路でスイッチを閉じてから1ms後にインダクタの両端にかかる電圧[V]に最も近いのはどれか．ただし，自然対数の底eは2.7とする．

1. 1.5
2. 1.2
3. 0.9
4. 0.6
5. 0.3



インダクタはコンデンサと特性が逆なので，スイッチをオンにするとインダクタにかかる電圧は指数関数的に減衰していく．つまり，$V_L = V_i e^{-t/\tau}$．時定数はL/Rである．
よって

$$V_L = 1.5 \times 2.7^{-\frac{0.001\mathrm{s} \times 1000\Omega}{1\mathrm{H}}} = 1.5 \times 2.7^{-1} \approx 0.56$$