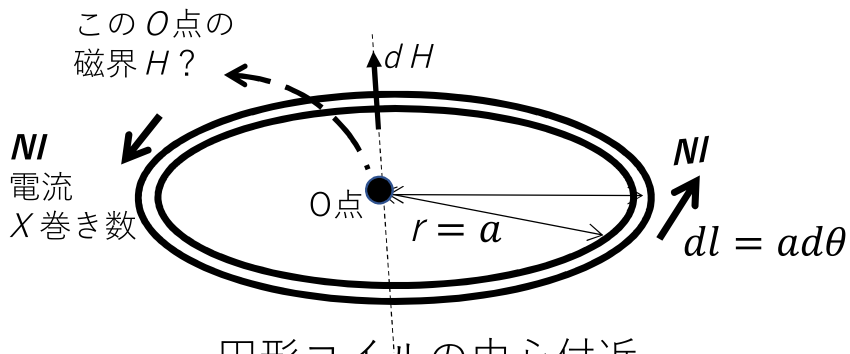
30年度技術士電気電子一次　30-electric1st

2019/ 6 /10,　6/16修正

Ⅲ-1 正答②

選択肢②はスタインメッツの実験式によれば、$P_h = k_h f B_m^{1.6}$、ただし、P_h:ヒステレシス損、f:周波数、:k_h:最大磁束密度、k_h：比例定数、により誤りです。
選択肢①③④⑤は適切。

Ⅲ-2 正答②



円形コイルの中心付近

ビオ・サバールの法則は、 この問題のように、円形コイルの場合は、r $= a, dl = ad\theta$ のとき、中心点$\mathbf{o}$において、

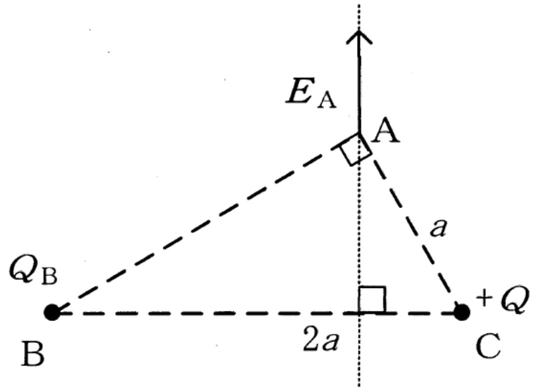
$$dH = \frac{1}{4\pi}\frac{I\ a\ d\theta}{a^2}$$

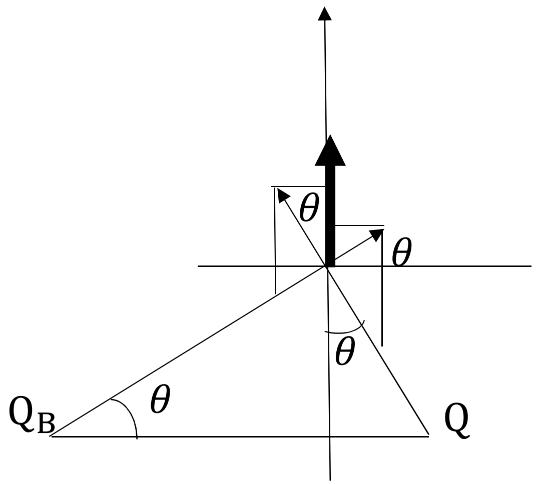
となります。題意により円形コイルでは、θ について360度 x N回相当分を積分して、

$$H = \int_0^{2N\pi} \frac{1}{4\pi}\frac{I\ ad\theta}{a^2} = \frac{NI}{2a}$$

となります。

Ⅲ-3 正答①





*A*点での*QB*による電界の水平成分と*Q*の電界の水平成分は題意により打ち消し合います。
そして、電界の垂直成分だけが残ります。

水平成分 $\frac{Q_B}{4\pi\varepsilon_0(\sqrt{3}a)^2}cos\theta = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}sin\theta$

垂直成分 $\frac{Q_B}{4\pi\varepsilon_0(\sqrt{3}a)^2}sin\theta + \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}cos\theta$

ここで、$cos\theta = \frac{\sqrt{3}}{2}, sin\theta = \frac{1}{2}$ ですから

これと水平成分式から$Q_B = \sqrt{3}Q$ が得られます。

合計電界E_Aは、垂直成分式から $\frac{\sqrt{3}Q}{6\pi\varepsilon_0 a^2}$ が得られます。

点AのQBによる電位ϕ_{AB} は、

$$\int_{-\infty}^{\mathrm{A}} H_{\mathrm{B}}\mathrm{dx} = \int_{-\infty}^{\sqrt{3}a}\frac{\sqrt{3}Q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}dx = -\frac{\sqrt{3}Q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{\sqrt{3}a} - 0\right] = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a}$$

点AのQによる電位ϕ_{AC} は、

$$\int_{-\infty}^{\mathrm{A}} H_{\mathrm{C}}\mathrm{dx} = \int_{-\infty}^{a}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 x^2}dx = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{a} - 0\right] = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a}$$

*A*点の電位は上記2つの和で、 $\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 a}$ となり、正答は①

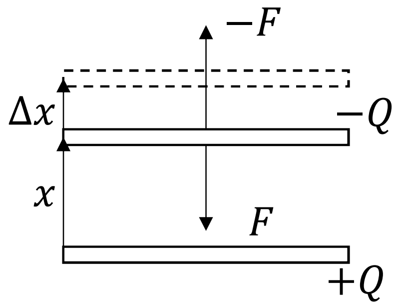
III-4 正答④

光速 $c=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$、$\varepsilon\mu$が大のとき　cは小
一般に、周波数 ×波長＝速度

① 波長×周波数=光速　正
② 真空中電磁波速度 =光速　正
③ ε が小のとき波長は長くなる　正
④ μ が大のとき速さは大きくなる　誤
⑤ ε が大のとき速さは小さくなる　正

III-5 正答②

コンデンサ容量 $C=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$、 d は極板間距離



C の保有エネルギー U は、
$U=\frac{1}{2}QV=\frac{1}{2C}Q^2$(電荷は不変)

$\Delta U=\frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}\Delta x$ 、電荷に働く力をFとして、

$$-F\Delta x=\Delta U,\ \therefore F=-\frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}=-\frac{C^2V^2}{2Cd}$$

単位面積当たりの吸引力 f は, $-f=\frac{CV^2}{2dS}=\frac{\varepsilon_0 V^2}{d^2}$

III-6 正答①

キルヒホッフの法則

1． 複数電源により抵抗に流れる電流は、
個々の電源による電流の和に等しい。
（重ね合わせの理)
2． １点に流入する全電流の総和＝０

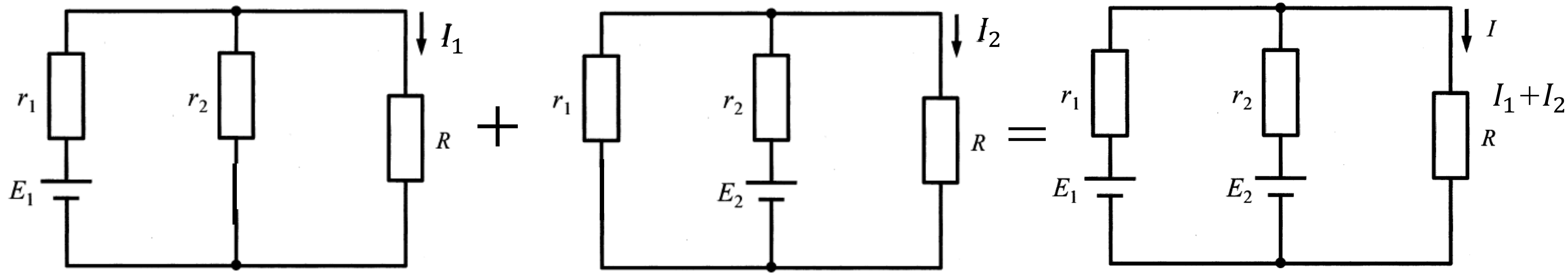
3． 1つのループの全電圧の代数和＝0

アの候補は、電源、電圧源、電流源
イの候補は、電流、磁力線など
ウの候補は、重ね合わせの理

正答
アは電圧源、電流源共通とするため、「電源」
イは「回路を流れる」から「電流」
ウは「重ね合わせの理」

Ⅲ-7 正答⑤

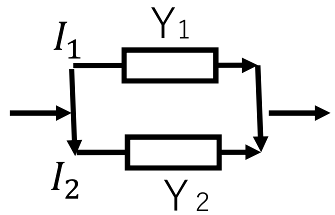
E_1とE_2を個別に接続し電流を重ね合わせます。



電流が電源から出流し二つの抵抗の並列回路で分流します。

$$I_1=\frac{\frac{E_1r_2}{R+r_2}}{r_1+\frac{Rr_2}{R+r_2}}=\frac{E_1r_2}{R(r_1+r_2)+r_1r_2}$$ 、$$I_2=\frac{\frac{E_2r_1}{R+r_1}}{r_2+\frac{Rr_1}{R+r_1}}=\frac{E_2r_1}{R(r_1+r_2)+r_1r_2}$$ 、$$I=I_1+I_2=\frac{E_1r_2+E_2r_1}{R(r_1+r_2)+r_1r_2}$$

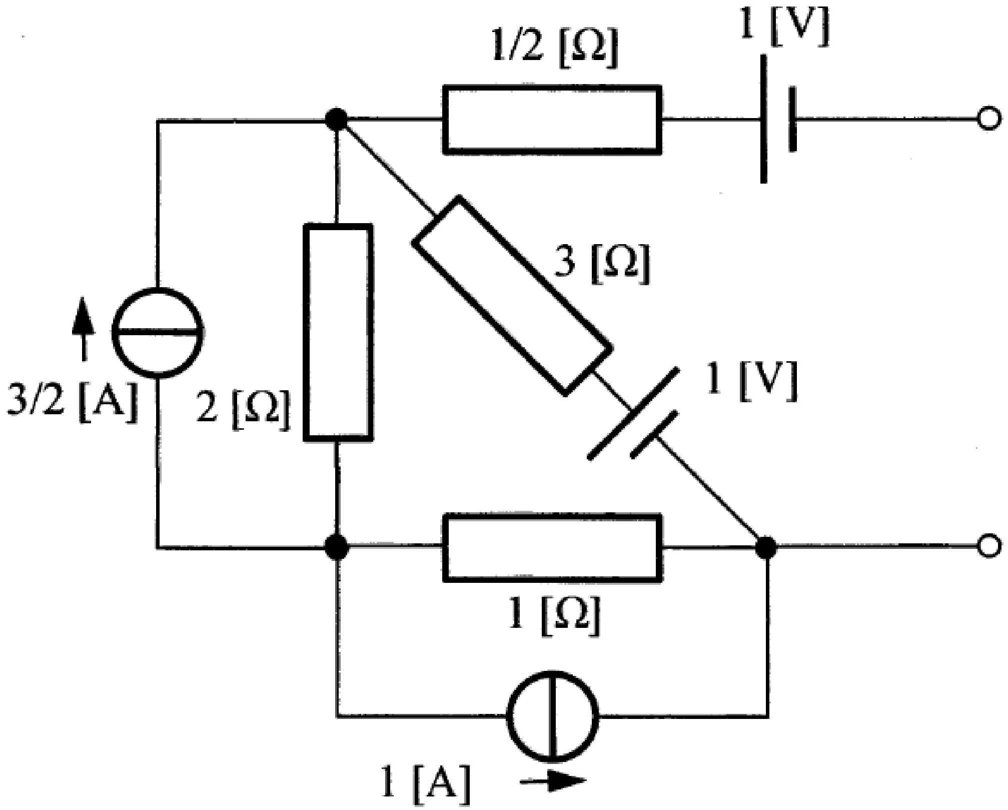
注：並行分流電流は通過するアドミタンスに比例して分流する。



$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{Y_1}{Y_2}$$

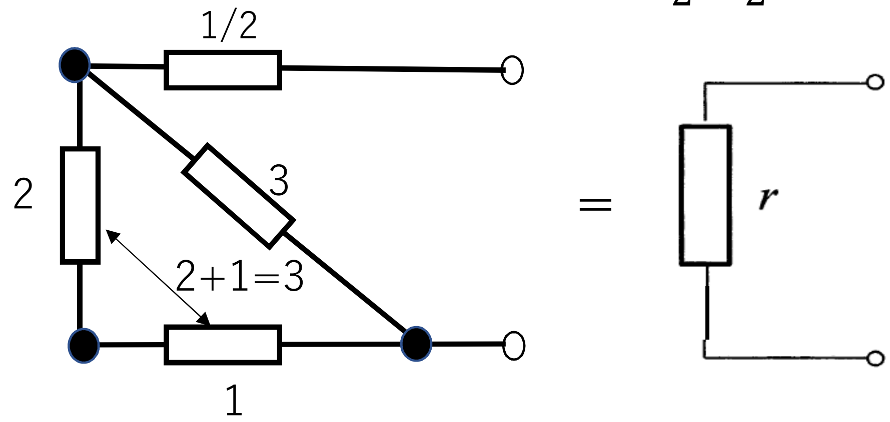
Ⅲ-8 正答②

１．等価内部抵抗 r を求める。

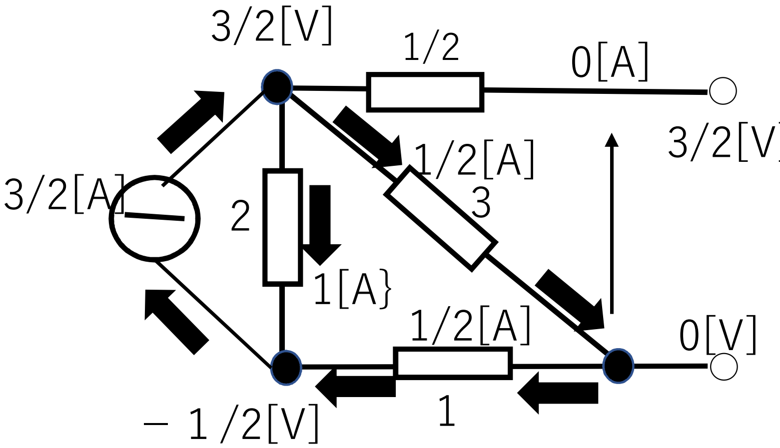


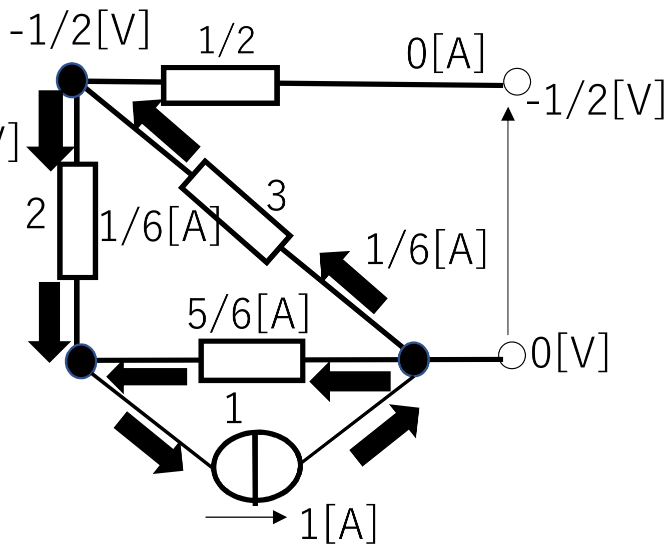
内部電源を取り去るため、電流源２回路を開き、電圧源回路を短絡したとき開放端子（○○）から見た内部インピーダンス r は下図になります。

$$r = \frac{1}{2} + \frac{3}{2} = 2[\Omega]$$

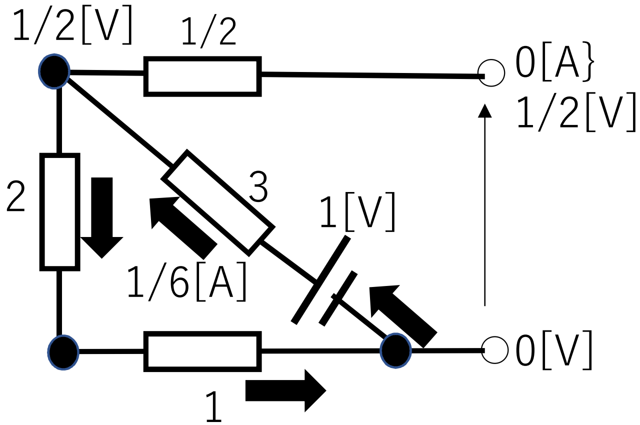


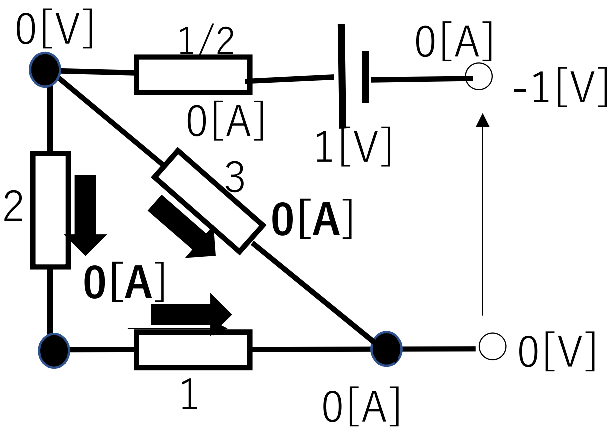
２．各回路に電源が1つだけであるとき、特定端子を設置し0 [V]として電圧・電流分布を求めます。
下図**太線の矢印**が電流の分布を矛盾なく表現しています。次いで重ね合わせの理でVを求めます。



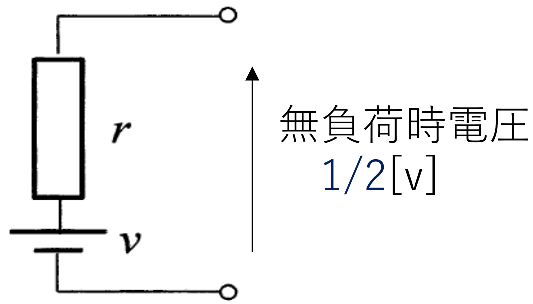


各電圧源と電流源を順次個別に接続し、（○）出力端子の開放時の端子間電圧を求めると2[V]となります。○○間外部端子間インピーダンスは∞とします。それぞれの電源により、太線のような電流が流れます。

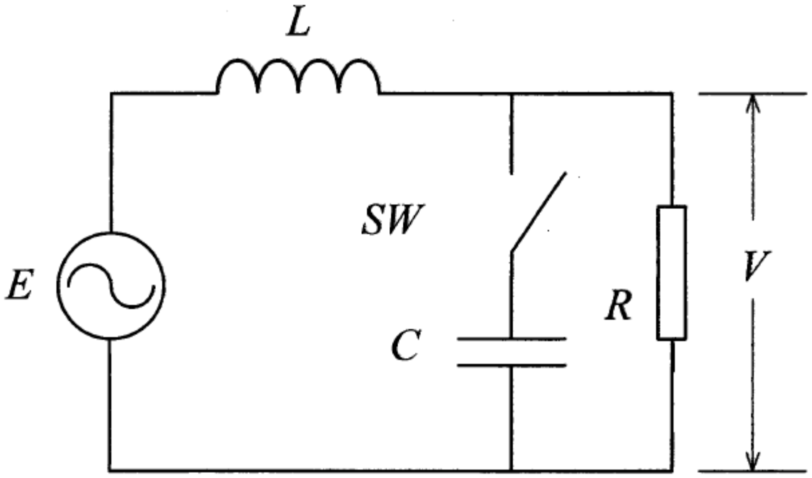




電圧=3/2+(-1/2)+1/2-1=1/2[V]
抵抗=2 「Ω」
正答=②



Ⅲ-9 正答①



ア　SWが開いているときの電圧V

$$\dot{V}=\frac{E}{R+j\omega L}\times R=\frac{R}{R+j\omega L}E$$

電圧の値は　$V=\frac{R}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}E$

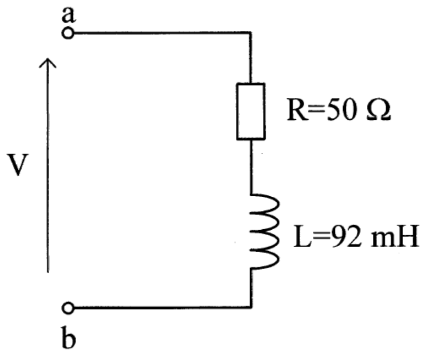
イ　SWが閉じているときの電圧Vは

$$\dot{V}=\frac{E}{j\omega L+\frac{1}{j\omega C+\frac{1}{R}}}\times\frac{1}{j\omega C+\frac{1}{R}}$$

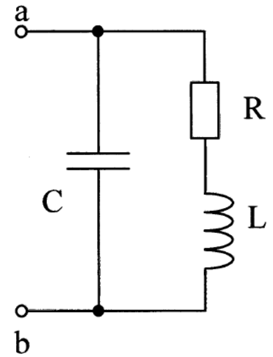
$$=\frac{E}{1+j\omega L(j\omega C+\frac{1}{R})}=\frac{E}{(1-\omega^2 LC)+j\frac{\omega L}{R}}$$

電圧の値は、$V=\frac{RE}{\sqrt{R^2(1-\omega^2 LC)+(\omega L)^2}}$

III-10 正答③



図A



図B

図Aの電流は、$I_A=\frac{V}{R+j\omega L}$,電圧は$V$、従って、電力式は（遅れ無効電力正表示で）

$$S=V\bar{I_1}=\frac{V\bar{V}}{R-j\omega L}=\frac{V^2(R+j\omega L)}{R^2+(\omega^2L^2)}=P+jQ$$

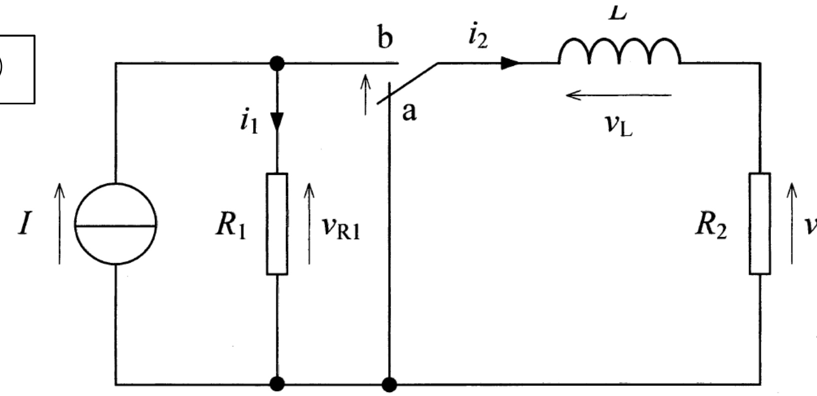
$$R=50,\omega L=2\pi\times 50\times 92\times 10^{-3}=28.9$$

力率は、$\frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}}=\frac{R}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}=\frac{50}{57.75}=0.865$

Lによる無効電力消費量Qと, Cの無効電力発生量が等しくなればよいから、$Q=V^2\omega C=\frac{V^2(\omega L)}{R^2+(\omega^2L^2)}$,

$C=\frac{L}{R^2+\omega^2L^2}$、$\frac{0.092}{57.75^2}=27.6\times 10^{-6}[\mu F]$

III-11 正答②



Lはその特性上、電流の変化を妨げるが、直流が安定する$t\to\infty$では無抵抗、ただの導体になります。その時電流Iは並列であるR_1,R_2に逆比例して流れます。V_{R1}とV_{R2}は、最終的には同じになり、選択肢②と⑤とでV_{R1}は「抵抗×電流」の次元を持つが①③④ではその逆数の次元を持つので②⑤が正しいとがわかります。

②と⑤の比較ではv_Lの中のeの指数部分を見ると②ではLが大きいほど時定数が小で速く収斂するので正しい。よって②が正答。

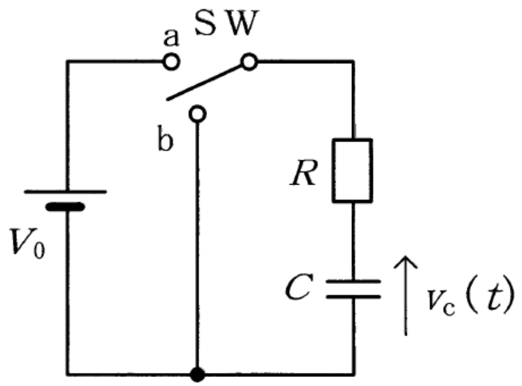
念のため微分方程式をたてラプラス変換して解くと

$L\frac{dI_2}{dt}+R_2I_2=R_1I_1$, $I_1+I_2=I$から

$i_2=\frac{IR_1}{R_1+R_2}\left(1-e^{-\frac{R_1+R_2}{L}t}\right)$、$v_L=L\frac{di_2}{dt}=R_1Ie^{-\frac{R_1+R_2}{L}t}$

が得られます。時定数=$\frac{L}{R_1+R_2}$

Ⅲ-12 正答①



t＞0では、*R,C*とこれに連なる線路だけのシステムで過渡現象が進行します。
振動方程式は
$Ri + \frac{1}{C}\int idt$=0の形になります。

*t ＝ 0*のときCは*100%*に充電されているので電圧は*V_0*になっています。これを*R C* を介して放電すれば、V_0/Rの電流が流れます。時定数は*RC* [s]ですが、選択肢の中でウの欄が*RC*であるのは、①と⑤だけであり、②～④は誤りです。①と⑤では、電流の次元のアに差があり⑤が誤りとわかります。以上から正答は①です。

参考：時定数チェック。時定数 τ の次元は 時間t の次元と同じです

RC回路の時定数の基本形は, τ =RC, 使い方は$e^{-\frac{t}{\tau}}$

LR回路の時定数の基本形は τ =L/R, 使い方$e^{-\frac{t}{\tau}}$

出力は時定数1倍ごとにe^1ずつ変化します。

Ⅲ-1４ 正答①

$0.3 + (1 - 0.3) \times 0.4 = 0.58, \qquad 58\%$

Ⅲ-1５ 正答⑤

損失=鉄損20+銅損60÷4=35[W]
負荷1000×0.5×0.8=400[W]
効率=400/(400+35)=0.920

以下略