27年度一次電気電子問題略解

計算問題中心

問題分野と正解番号

Ⅲ-1⑤	電磁力に関する穴埋め
Ⅲ-2③	点電荷に働く力の均衡点
Ⅲ-3①	接続方法による合成インダクタンスの差からMを求める
Ⅲ-4①	正電場のガウスの法則に関する穴埋め
Ⅲ-5④	消費電力が最大になる抵抗負荷の値
Ⅲ-6①	直流抵抗回路で電流を求める
Ⅲ-7④	３つのコンデンサを並列接続したときの静電エネルギー
Ⅲ-8②	LR回路の過渡現象の電流値を表す式の計算
Ⅲ-9②	RC回路に交流課電するときの電圧の計算
Ⅲ-10②	RLC回路に交流課電するときの電圧計算
Ⅲ-11①	RL直列回路の等価並列回路を求める
Ⅲ-12①	RL回路に交流課電するときの電流値と無効電力の正誤
Ⅲ-13④	発電所の電圧調整時の力率、無効電力の変化
Ⅲ-14④	再生可能エネルギーの系統連系、制御等
Ⅲ-15④	電気機器に関する記述の正誤
Ⅲ-16②	変圧器の負荷を遮断した時の電圧変動率
Ⅲ-17②	ダイオード、C、交流電源からなる回路の充電後電圧
Ⅲ-18①	三相サイリスタブリッジ整流回路の特定点の電位の変化

Ⅲ-19③	高電圧計測用球ギャップ間の火花電圧に関する穴埋め
Ⅲ-20③	高電圧計測に関する正誤
Ⅲ-21④	ブロック線図で与えられた回路のステップ応答
Ⅲ-22②	オペアンプ回路の電圧
Ⅲ-23③	MOS-FET回路の電流計算
Ⅲ-24④	任意の論理回路を実現するゲートの種類の選択
Ⅲ-25④	スタティックCMOS論理回路の補完
Ⅲ-26⑤	瞬時復号可能な符号の選択
Ⅲ-27②	情報エントロピーに関する記述の穴埋め
Ⅲ-28①	フーリエ変換
Ⅲ-29④	論理式の簡略化
Ⅲ-30②	アナログ・ディジタル変換に関する穴埋め
Ⅲ-31③	インターネットのプロトコルに関する記述の正誤
Ⅲ-32④	ディジタル変調方式に関する記述の正誤
Ⅲ-33①	pMOSトランジスタに関する記述の正誤
Ⅲ-34②	集積回路および半導体に関する記述の穴埋め
Ⅲ-35②	ヒートポンプに関する穴埋め

Ⅲ-1⑤

フレミングの力に関する法則は左手であり、起電力に関する法則が右手であることを記憶しよう。

Ⅲ-2③

各電荷に働く電磁力　＝電荷×電界

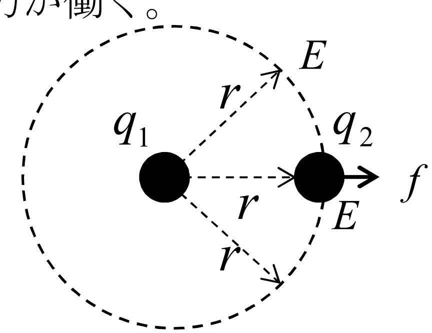
方向は電界に平行、向　きは電荷が正のとき電界に一致。

一つの電荷が作る電界　は球面状にでき

電荷 q_1が作る電界の強さは、　$E = \dfrac{q_1}{4\pi\varepsilon r^2}$

そこに電荷 q_2 を置くと

$f = q_2 E = \dfrac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon r^2}$ の力が働く。



電荷 q_Aに働く力は、

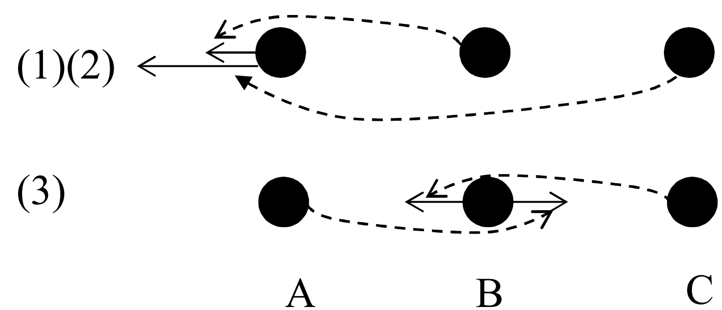
$$f_A = -\frac{q_B q_A}{4\pi\varepsilon r^2} - \frac{q_C q_A}{4\pi\varepsilon (2r)^2} \quad (1),$$ 同様に

$$f_C = \frac{q_A q_C}{4\pi\varepsilon (2r)^2} + \frac{q_B q_C}{4\pi\varepsilon r^2} \quad (2)$$

$$f_B = \frac{q_B q_A}{4\pi\varepsilon r^2} - \frac{q_B q_C}{4\pi\varepsilon r^2} \quad (3)$$

(3)から、 $q_A = q_C$

(1)から、 $q_B = -q_C / 4 = -q_A / 4$



Ⅲ-3①

コイルを直結するので二つのコイルには、
同方向の電流（ケース１）か、または、
逆向きの電流（ケース２）が流れる。
鉄心の磁気抵抗をRとする。
巻き数をそれぞれN_1, N_2とすれば、
ケース1では巻き数が両コイルの和になり、
ケース2では巻き数が両コイルの差になった
ものとみなせるので、

(ケース1) では、$L_1 = \dfrac{(N_1 + N_2)^2}{R} = 16H$ (1)

(ケース2) では、 $L_2 = \dfrac{(N_1 - N_2)^2}{R} = 4H$ (2)

題意により、(1)(2)の差を作ると、

$\dfrac{4N_1N_2}{R} = 12H, \quad \therefore M = \dfrac{N_1N_2}{R} = 3H$ を得る。

Ⅲ-4①

これはマクスウェルの電磁方程式
のうちのガウスの法則に関する
問題である。
ガウスの法則は、$divD = \rho$
その積分形は、次式になる。

$$\int_S D \cdot ndS = \int_S \rho dV,$$

または、

$$\varepsilon \int_S E \cdot ndS = \int_S \rho dV$$

Ⅲ-5④

負荷が内部抵抗に等しいとき供給電力は最大になることを覚えて置くと良い。

負荷電流Iは､起電力をE,内部抵抗をR_Gとすれば $I=\dfrac{E}{R_G+R_L}$ となる。

消費電力 P は、

$$P=I^2R_L=\left(\frac{E}{R_G+R_L}\right)^2R_L,$$

$R_L=\left(\sqrt{R_L}\right)^2$と書き直して

$$P=\frac{E^2}{\left(R_G/\sqrt{R_L}+\sqrt{R_L}\right)^2}$$

この式の　分子は一定。分母の第1項と第2項を見るとその積は、

$R_G/\sqrt{R_L}\times\sqrt{R_L}=R_G$ で、一定である。

2項の積が一定のとき2つの項の和が最小になるのは二つの項が等しいとき、すなわち

$R_G/\sqrt{R_L}=\sqrt{R_L}$,のとき、

これから、$R_L=R_G$

(長方形の面積が一定の時、辺の和が最小になるのは、その長方形の2辺の長さが等しいとき、すなわちそれが正方形のとき)

分子が一定で、分母が最小のとき、全体は最大になる。

この問題はPをR_Lで微分して 0 とおくことによっても得られる。

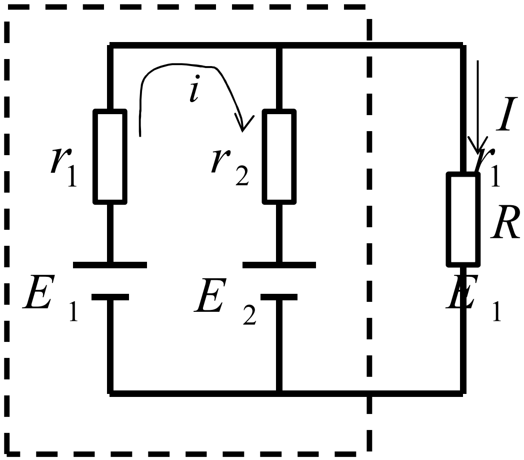
$$P=\left(\frac{E}{R_G+R_L}\right)^2R_L,$$

$$\frac{dP}{dR_L}=\left(\frac{-2E^2}{(R_G+R_L)^3}\right)R_L,+\left(\frac{E}{R_G+R_L}\right)^2$$

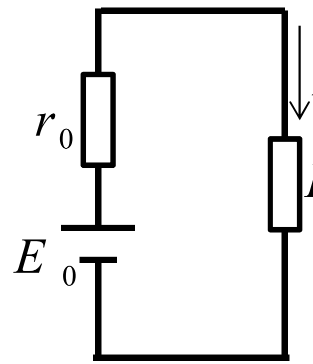
$$=E^2\left(\frac{R_G-R_L}{(R_G+R_L)^3}\right)=0$$

$\therefore R_L=R_G$のとき P は最小になる。

Ⅲ-6 ①



図a



図b

図aの回路を、図bのように
1個の等価電源E_0と1個の等価内部抵抗R_0
を持つ回路に変換してみる。
無負荷電圧は、無負荷時の内部循環
電流を i とすれば、

$$E_0 = E_1 - ir_1 = E_2 + ir_2$$

$$i = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2}$$

$$E_0 = E_1 - ir_1 = \frac{E_1(r_r + r_2)}{r_r + r_2} - \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2} r_1$$

$$= \frac{E_1 r_2 + E_2 r_1}{r_r + r_2}$$

r_0 は、すべての電源を取り去り、
端子から見た内部抵抗で、

$$r_0 = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

以上から、I は、

$$I = \frac{E_0}{R + r_0} = \frac{\dfrac{E_1 r_2 + E_2 r_1}{r_r + r_2}}{R + \dfrac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}} = \frac{E_1 r_2 + E_2 r_1}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2}$$

この問題はミルマンの定理によっても
求められる。

ミルマンの定理では、$r_0 = \dfrac{1}{\sum_k \dfrac{1}{r_k}}, E_0 = \dfrac{\sum_k \dfrac{E_k}{r_k}}{\dfrac{1}{r_0}}$

以下同様

Ⅲ-7 ④

初めに蓄えられた電荷Q_0は

$$Q_0 = CV = 2\times 1 = 2$$

3つのコンデンサを並列接続し十分時間がたつと、電圧が同じになる。Vとする。電荷は保持されるので,

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

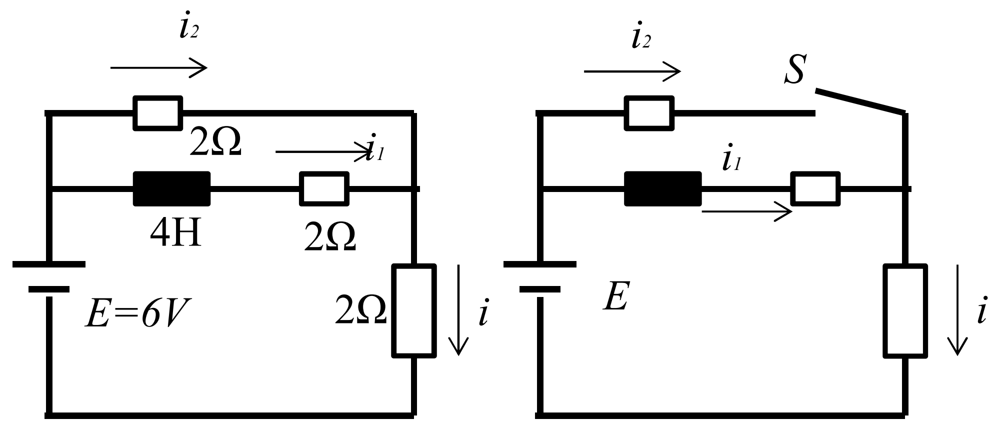
$$= V(2+1/2*2) = 2$$

$$\therefore V = 2/3$$

エネルギーは

$$\sum \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\times 3\times\left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{2}{3}[J]$$

Ⅲ-8 ②



直流回路中のインダクタンスは電流が安定化した後の電圧降下が0になっている。$\left(\frac{di}{dt}=0 \text{ のとき}, L\frac{di}{dt}=0\right)$

したがって、電流が安定化した状態ではLを無視して計算した直流電流が流れる。

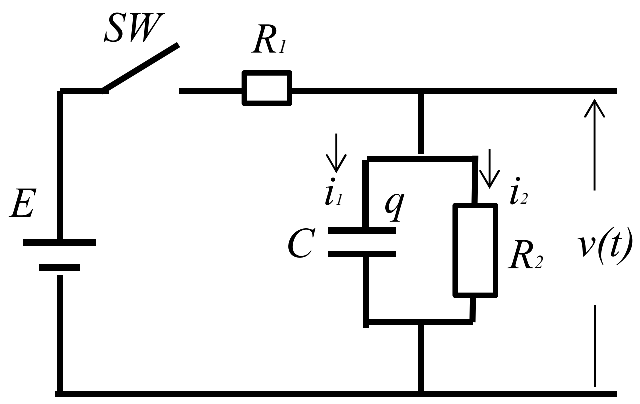
切断直後では、Lには切断直前と同じ電流が流れる

$$i_1(0+) = \frac{E}{2(R/2+R)} = 1[A] = a$$

$t=\infty$ では、$i_1 = \dfrac{E}{R+R} = 1.5[A] = b$

切断後の L,Rによる時定数は $L/2R = 4/2\times 2 = 1 = \alpha$

Ⅲ-9 ②



SW投入後の回路方程式は、

$$E-v=(i_1+i_2)R_1,\ ,i_1=\frac{dq}{dt}=C\frac{dv}{dt}$$

$$v=\frac{q}{C}=R_2 i_2, \rightarrow i_2=\frac{v}{R_2}$$

$$E-v=\left(C\frac{dv}{dt}+\frac{v}{R_2}\right)R_1,\quad v(0+)=v_0$$

以上から、$E-v=\left(C\dfrac{dv}{dt}+\dfrac{v}{R_2}\right)R_1$

整理して、

$$\frac{dv}{dt}+\frac{1}{C}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)v=\frac{E}{CR_1}$$

ラプラス変換すると、

$$sV-v_0+KV=JE/s$$

$$K=\frac{1}{C}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right),J=\frac{1}{CR_1}$$

$$(s+K)V=v_0+JE/s$$

$$V=\frac{v_0}{s+K}+\frac{JE}{s(s+K)}=\frac{v_0}{s+K}+\frac{JE}{K}\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{s+K}\right)$$

$$=v_0\exp(-Kt)+\frac{JE}{K}(1-\exp(-Kt))$$

$$=(v_0-\frac{R_2}{R_1+R_2}E)\exp\left(-\frac{R_1+R_2}{CR_1R_2}t\right)+\frac{R_2}{R_1+R_2}E$$

Ⅲ-10 ②

SWが開いているとき、

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

$$|V| = E \times \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

SWが閉じているとき、 Vは、

V = Lの電流でRに分流する分 $\times R$ なので、

$$|V| = \left| \frac{E}{\left(j\omega L + \frac{1}{1/R + j\omega C} \right)} \times \frac{1/R}{1/R + j\omega C} \times R \right|$$

$$= \left| \frac{E}{(-\omega^2 LC + j\omega L / R + 1)} \right|$$

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

なお、問から、$|V| = V, \ |E| = E$ と表現する。

Ⅲ-11 ①

図Aと図Bの負荷アドミタンスが 等しいと置いて、

$$\frac{1}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{j\omega L'}$$

$$左辺 = \frac{R - j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

$$右辺 = \frac{1}{R'} - j \frac{1}{\omega L}$$

両辺の比較から、

$$\frac{1}{R'} = \frac{R}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

$$\omega L = 2\pi \times 50 \times 31.8 \times 10^{-3} = 9.990$$

$$1/\omega C = 1/(2\pi \times 50 \times 1.59 \times 10^{-3}) = 2.002$$

$$\therefore R' = \frac{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}{R}$$

$$= \frac{25 + (9.990 - 2.002)^2}{5} = \frac{89}{5} = 17.8$$

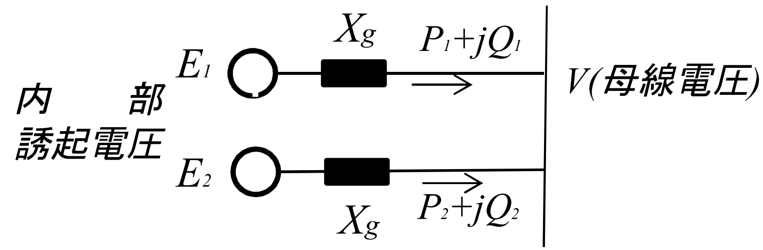
Ⅲ-12①

$$\dot{I} = \frac{V_m}{R + j\omega L} \quad \text{から} \quad I = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

$$P + jQ = V_m I^* = \frac{V_m^2}{R - j\omega L} = \frac{V_m^2 (R + j\omega L)}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$\text{従って、} Q = \frac{V_m^2 \omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

Ⅲ-13④



図のように、はじめ 2台の発電機は同一電圧、同一電流で 並列運転している。この状態で 1号機の界磁電流を増加 させると1号機の内部誘起電圧が 、2号機のそれよりも高くなり、1号機から2号機内部に向かって誘起電圧の差を 発電機内部リアクタンスの和で割った値 に相当する電流が流れる。この電流は誘 導性リアクタンスを流れるから電圧差よ り90度遅れる。このため、1号機の力率は遅相側に 、2号機の力率は進み側に変化 する。

Ⅲ-14 ④

① は正しい
② は正しい
③ は正しい
⑤ は正しい

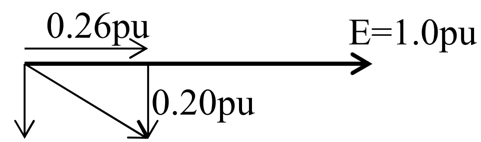
④ 大容量化のメリットはある。

Ⅲ-15 ④

① は正しい
② は正しい
③ は正しい
⑤ は正しい

④ 突極機が低速

Ⅲ-16 ②



15kVAを基準容量にとると、

負荷 5kVAは 33% = 0.33 pu

変圧器リアクタンス＝0.03pu

90度遅れ電流は、$0.33\times0.6=0.20\,pu$

電圧降下pu値は、一般には

電圧と同相の電流を i_p,90度遅れ分

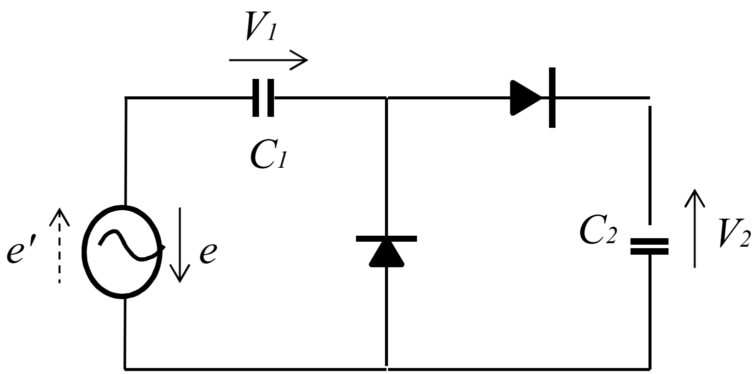
をi_qとすれば、

$\Delta V=i_pR+i_qX$であるが$R=0$から」、

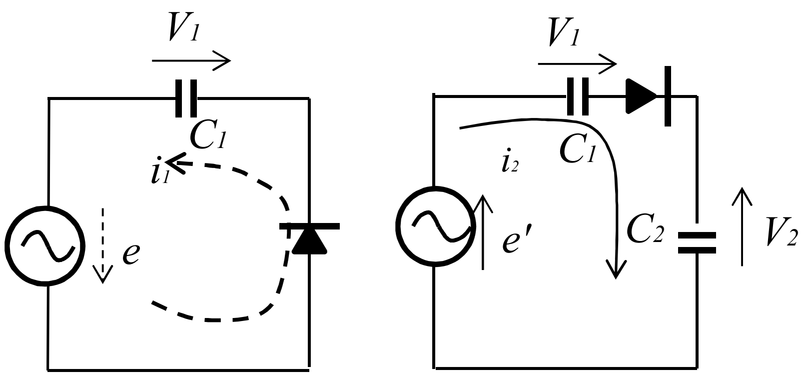
変圧器リアクタンス ×90度遅れ電流

$=0.03\times0.20\,pu=0.60/100\,pu=0.6\%$

Ⅲ-17②



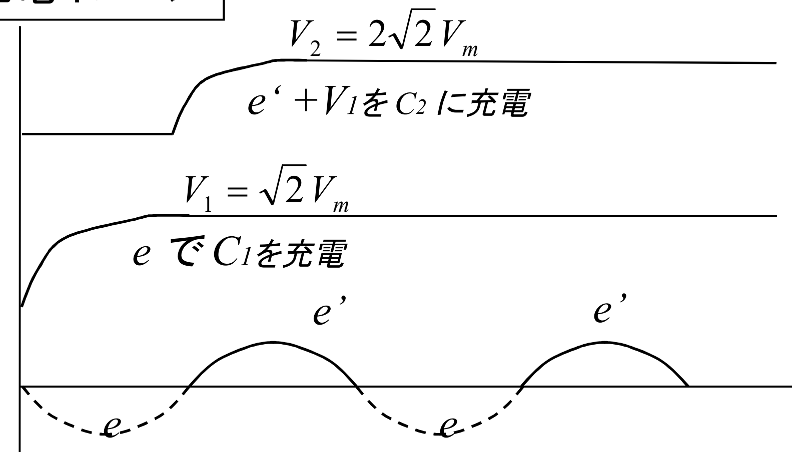
まず、電源電圧が e で下向きが正の時、A,図において、V_1 は、電流 i_1 により最終的に、e の最大値、$\sqrt{2}V_m$ まで直流で充電される。このとき図 B を合体しても e からの電流は C_2には流れない。つぎに、A, B を合体させ、電源電圧 が上向きが正の e' になると、e' とV_1 が直列に加算されて 電流 i_2 が流れ C_2 を充電する。したがって, C_2 は最終的には、$2e$の最大値すなわち、$2\sqrt{2}V_m$ まで充電される。



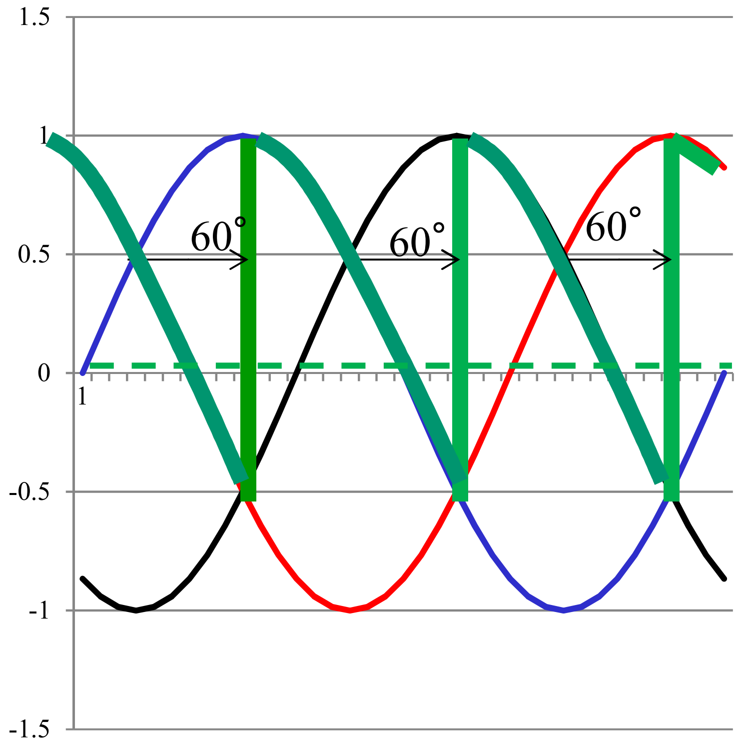
(A)　(B)

交流電源の電圧をeとe'とに分けて検討する。下向きが正の部分をe, 逆向きをe'とする。また、回路図をA, B 図のように左右を分けて考える。

充電イメージ



Ⅲ-18 ①

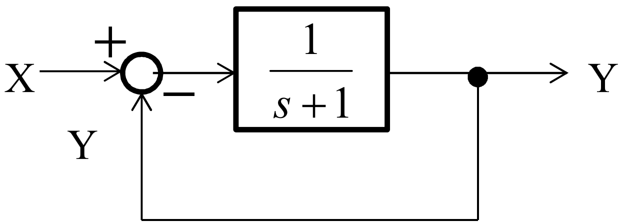


制御遅れ角60° の場合のP点の電位は左図の緑色太線のようになる。

Ⅲ-19 ③

Ⅲ-20 ③

Ⅲ-21 ④



伝達関数 G は、

$\left(X-Y\right)\times\frac{1}{s+1}=Y$ から、

$X-Y=(s+1)Y$

$Y(s+2)=X$

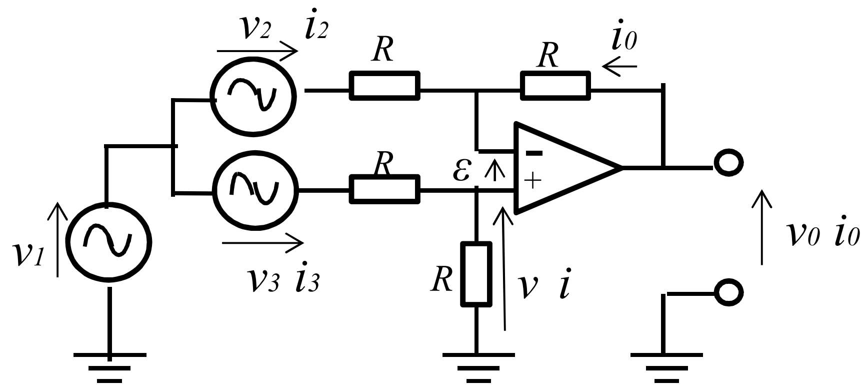
$G=Y/X=\frac{1}{s+2}$

単位ステップ応答は、

$G\times 1/s=\frac{1}{s(s+2)}=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{s+2}\right)$

$y(t)=\frac{1}{2}(1-\exp(-2t))$

Ⅲ-22 ②



電流、電圧を図のように名づけると、理想オペアンプの特性およびキルヒホッフの法則から、次式が成り立つ。

$v_1+v_2=i_2R+\varepsilon+i_3R=(i_2+i_3)R\ \ (\varepsilon\to 0)$ (1)

$v_1+v_3=i_3R-iR=2i_3R$ (2)

$v_0-i_0R=v_1+v_2-i_2R$ (3)

$i_0+i_2=0$ (4)

(1)から、$i_2+i_3=\frac{v_1+v_2}{R}$, (2)から、$i_3=\frac{v_1+v_3}{2R}$

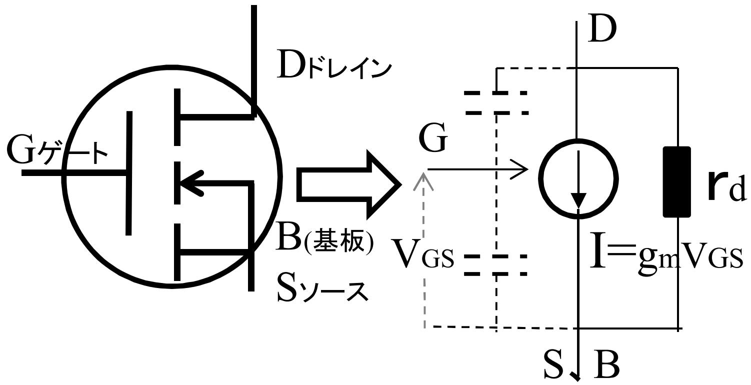
$\therefore i_2=\frac{v_1+v_2}{R}-\frac{v_1+v_3}{2R}=\frac{v_1+2v_2-v_3}{2R}=-i_0$ (5)

(3), (5)から、

$v_0=i_0R-i_2R+v_1+v_2=v_1+v_2-2i_2R=$

$=v_1+v_2-(v_1+2v_2-v_3)=-v_2+v_3$

Ⅲ-23 ③



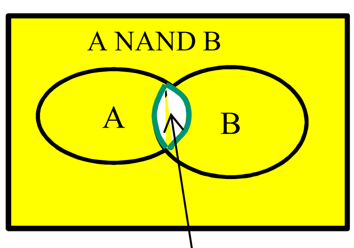
MOS-FETは右上図のように、$I=g_m V_{GS}$というV_{GS}に比例する電流源の等価回路で表せる。この問題では2つのMOS-FETの特性が同じなのでM_1，M_2のゲート電圧V_{GS}が等しいとき、両者の電流は等しく、$I_1=I_2$ となる。

Ⅲ-24 ④

A NAND **B** = NOT (AB)= NOT **A** OR NOT **B** である。

A	B	A NAND B
F	F	T
F	T	T
T	F	T
T	T	F

真理値表



A NAND B=(A B)*=A*+B*

ベン図

NAND によって任意の論理回路を実現できる(下記の例参照)よって、次に各選択肢の要素でNANDが得られるかどうかを調べてみる。
(表記法に関する注、 XY =X AND Y, X*=NOT X)。

例

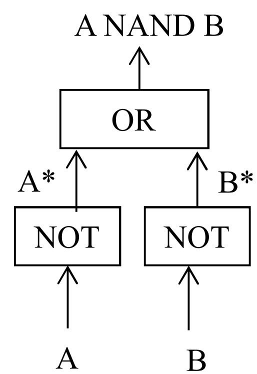
1 NOT　(**A** NAND **A**)=**A***+**A***=**A***=NOT **A**

2 AND　NOT (**A** NAND **B**) = ((AB)*)*
=A AND B (NOT は、上記 1 による。以下同じ)

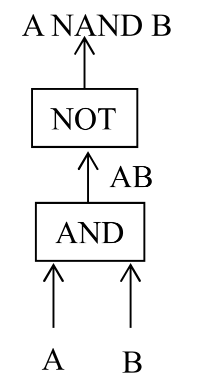
3 OR　**A*** NAND **B*** =(A*B*)*=A+B=A OR B

4 NOR　(A* NAND B*)*=((A*B*)*)*=(A+B)*=A NOR B

各選択肢の検討



①NOT+OR



②NOT+AND

選択肢 ③,⑤は
NANDを含むので○

選択肢④はOR と
ANDだけでNOTがない
のでNANDが作れない×

23年度　電気電子一次問題　No. 4　に類似問題あり。

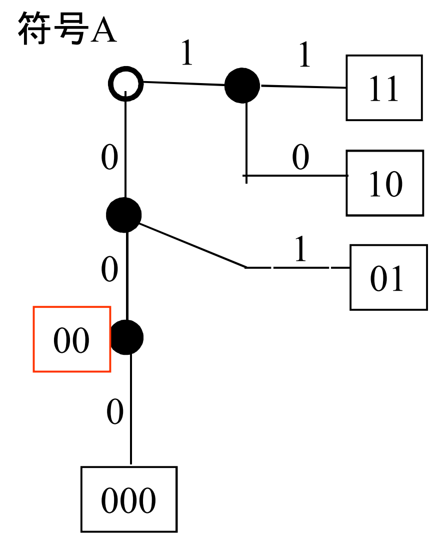
Ⅲ-25 ④

（ア）はその上の部分の否定であるから、

$$\overline{(\overline{A}+\overline{B})\times\overline{C}+\overline{D}}=\overline{(\overline{A}+\overline{B})\times\overline{C}}\times D$$

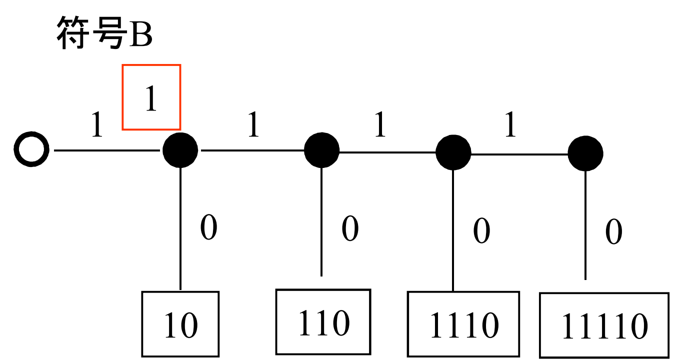
$$=(\overline{\overline{A}+\overline{B}}+C)\times D=(A\times B+C)\times D$$

この条件を満たすのは④である。

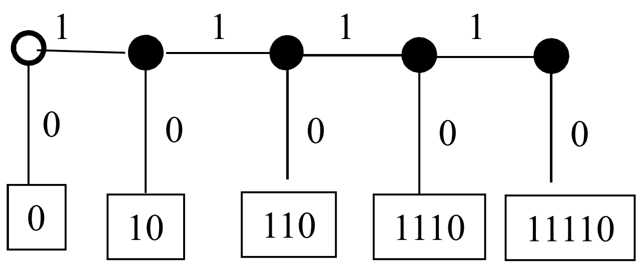


Ⅲ-26 ⑤

符号A:X:00は000と00部分が同じであり、00の切れ目が次の0を受信しないとわからない。
符号B:X;1と10では11の次の符号を受信するまでわからない。
符号C:〇:0が来ればそこが切れ目とわかる。
符号D:〇:1または4桁受信で切れ目とわかる。
符号E:X:0と01、01と011など切れ目が不明
なお、符号の木を参考に示す。

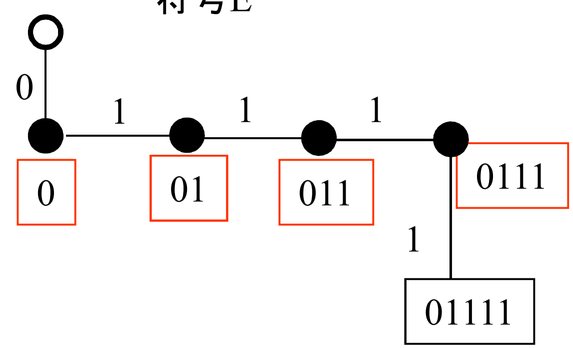


符号C

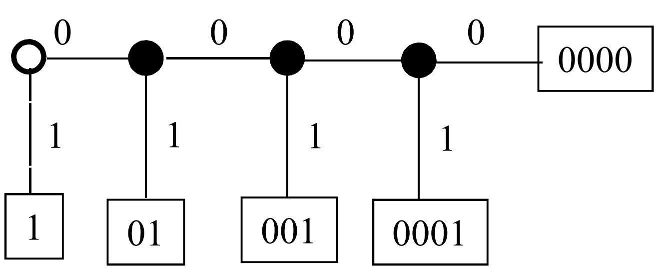


赤枠で示した部分が
符号の木の葉の部分
にあり、次の符号を見
ないと切れ目が不明

符号E



符号D



Ⅲ-27 ②

アは、頭に　負符号をつけてある。

イは、p_i がすべて1より大きくないことからその対数は負になる.それに「マイナス」がつくのでエントロピーは負にはならない。

ウは、M×（$\log_2$M）/M=$\log_2$M

Ⅲ-28 ①

$$X(k)=\sum_{n=0}^{N-1}x(n)e^{-j\frac{2\pi k}{N}}\ (k=0,1,....N-1)$$

$$X(k)=e^{-j0}+e^{-j\frac{2\pi k}{N}}+e^{-j\frac{2\pi(N-1)k}{N}}$$

$$=1+e^{-j\frac{2\pi k}{N}}+e^{j\frac{2\pi k}{N}+j2\pi k}=1+2\cos\frac{2\pi k}{N}$$

Ⅲ-29 ④

（カルノーマップ利用例）

$$A\cdot\overline{C}+\overline{A}\cdot\overline{C}\cdot D+A\cdot B\cdot C\cdot\overline{D}+\overline{A}\cdot\overline{B}\cdot\overline{C}\cdot\overline{D}$$

AB ＼ CD	00	01	11	10	00 再掲
00	1	1			
01		1			
11	1	1		1	1
10	1	1			
00(再掲)	1	1			

問題の式をカルノーマップに書き込むと「１」で表示したようになる。赤字は青字からの再掲で第１列、または第１行と同じである。

集約の方法は複数あるが、問題の選択肢をみると、

$A\cdot B\cdot\overline{D}=11(0+1)0=1100+1110$

が共通に入っているので、赤い破線で示すように、これを先取りして他の集約案を図の破線で描かれた楕円のように括ってみる。

4コマのものとして、

$\overline{C}\cdot D$の縦１列$=(00+01+11+10)\cdot 01$

$=0001+0101+1101+1001$

$\overline{B}\cdot\overline{C}$の正方形$=(10+00)\cdot(00+01)$

$=1000+1001+0000+0001$

がある。

以上から、求める論理式は、

$\overline{B}\cdot\overline{C}+\overline{C}\cdot D+A\cdot B\cdot\overline{D}$

となる。

括りの数としては３つで、２つ以下への集約は困難であるから。これが答えとなる。

Ⅲ-30 ②

アは標本化（ここではサンプリング）
イは量子化（ディジタル化）
ウは符号化
エ、オは2倍より大（シャノンの標本化定理）

Ⅲ-31 ③

TCPはコネクション型である。

Ⅲ-32 ④

Ⅲ-33 ①

Ⅲ-34 ②

Ⅲ-35 ②