20年度一次電気電子問題略解

計算問題中心

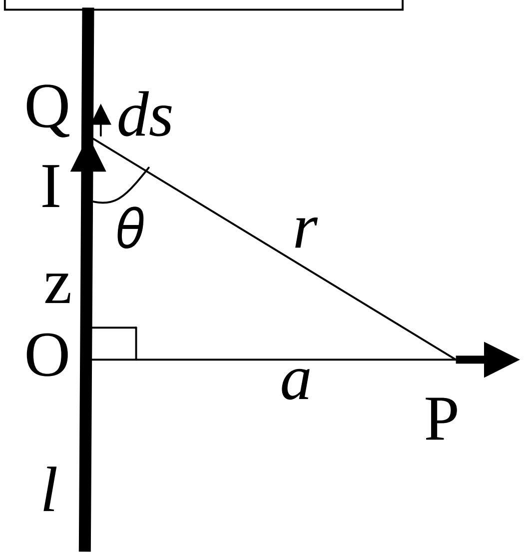
正解番号　*は次ページ以下に計算の解説あり

Ⅳ-1 ⑤
Ⅳ-2 ③
Ⅳ-3 ④ *
Ⅳ-4 ① 電磁波は横波
Ⅳ-5 ④ *
Ⅳ-6 ③
Ⅳ-7 ③
Ⅳ-8 ③ *
Ⅳ-9 ⑤
Ⅳ-10 ③ *
Ⅳ-11 ③ *
Ⅳ-12 ③ *
Ⅳ-13 ① *
Ⅳ-14 ③ *
Ⅳ-15 ② *

Ⅳ-16 ⑤ *
Ⅳ-17 ⑤ *
Ⅳ-18 ② *
Ⅳ-19 ④ 始動は滑り1
Ⅳ-20 ①
Ⅳ-21 ①
Ⅳ-22 ①
Ⅳ-23 ① *
Ⅳ-24 ② *
Ⅳ-25 ④ *
Ⅳ-26 ⑤
Ⅳ-27 ②
Ⅳ-28 ②
Ⅳ-29 ①
Ⅳ-30 ⑤

Ⅳ-31 ④ *
Ⅳ-32 ① *
Ⅳ-33 ② *
Ⅳ-34 ⑤
Ⅳ-35 ④

Ⅳ-3 ④ の計算



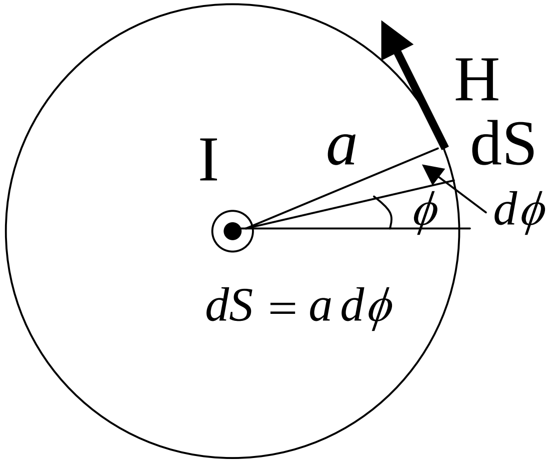
解法１　アンペールの法則を使う方法

この電流は無限長の直線状電流であるので、これによる磁界は半径aの円筒上でz方向及び円周上で一様で、電流に垂直な下図のような成分だけである。したがってアンペールの法則により

$\oint_C H_s dS = \int_A i\, dA$において、$H_s = H,\ dS = a\, d\phi$、右辺は$I$、

$$\therefore \int_0^{2\pi} H\, a\, d\phi = I$$

$$2\pi a H = I,\ \therefore H = \frac{I}{2\pi a}$$



解法2　ビオ－サバールの法則を使う方法

$$dH = \frac{\sin\theta\, I}{4\pi r^2} ds,$$

$r\cos\theta = z, r\sin\theta = a$の微分を取ると、

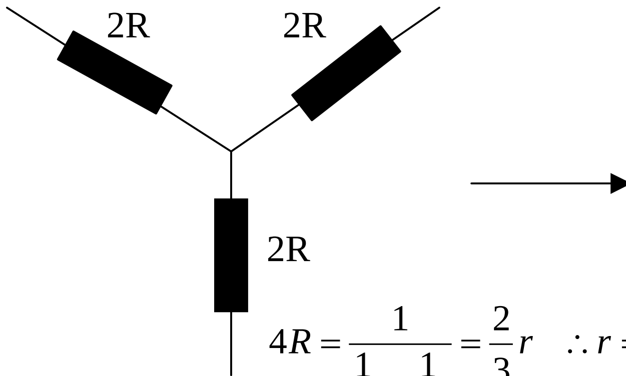
$$\begin{cases} \cos\theta\, dr - r\sin\theta\, d\theta = dz \\ \sin\theta\, dr + r\cos\theta\, d\theta = 0 \end{cases}$$ これから、 $$\begin{cases} dr = \cos\theta\, dz / r \\ d\theta = -\sin\theta\, dz / r \end{cases}$$

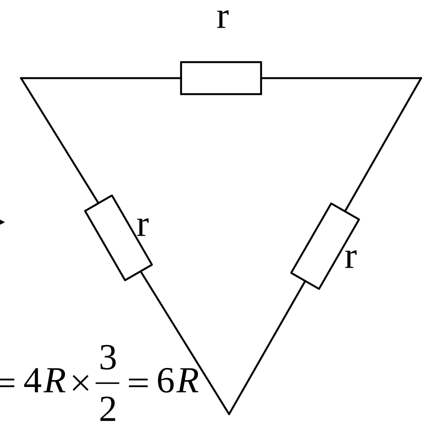
$$\sin\theta\, dz = \sin\theta\, ds = -r\, d\theta$$

$$H = \frac{I}{4\pi}\int_\pi^0 \frac{\sin\theta}{r^2} ds = \frac{I}{4\pi}\int_\pi^0 \frac{1}{r}(-d\theta) = \frac{I}{4\pi a}\int_\pi^0 (-\sin\theta)\, d\theta = \frac{I}{4\pi a}\left[\cos\theta\right]_\pi^0$$

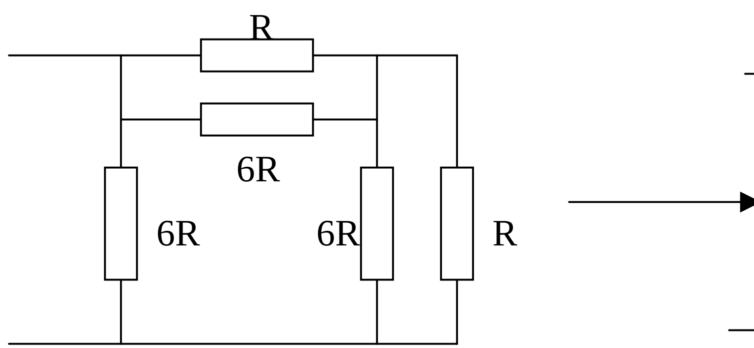
$$= \frac{I}{2\pi a}$$

Ⅳ-5 ④ の計算

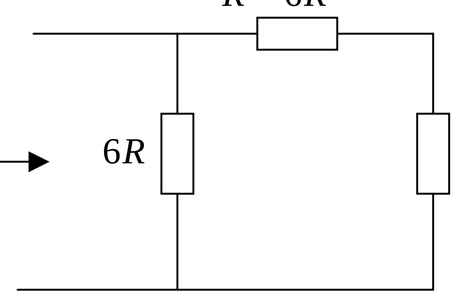




$$4R=\frac{1}{\frac{1}{r}+\frac{1}{2r}}=\frac{2}{3}r \quad \therefore r=4R\times\frac{3}{2}=6R$$



$$\frac{1}{\frac{1}{R}+\frac{1}{6R}}=\frac{6}{7}R$$



$$\frac{1}{\frac{1}{R}+\frac{1}{6R}}=\frac{6}{7}R$$

$$\text{合成値}=\frac{1}{\frac{1}{6R}+\frac{7}{12R}}=\frac{12}{9}R=\frac{4}{3}R$$

Ⅳ-8 の計算

各電源別開放電圧を求め重ね合わせる。無視する電圧源は短絡、電流源は開放

E_1のみがある時、

$$I_1=\frac{E_1}{R_1+\dfrac{1}{\dfrac{1}{R_2}+G_3}}=\frac{E_1}{R_1+\dfrac{R_2}{1+R_2G_3}}=\frac{E_1\left(1+R_2G_3\right)}{R_1+R_2+R_1R_2G_3}$$

$$E_{11}=E_1-I_1R_1=E_1\left(1-\frac{R_1\left(1+R_2G\right)_3}{R_1+R_2+R_1R_2G_3}\right)=E_1\frac{R_2}{R_1+R_2+R_1R_2G_3}$$

E_2のみがある時、

$$I_2=\frac{-E_2}{R_2+\dfrac{1}{\dfrac{1}{R_1}+G_3}}=\frac{-E_2}{R_2+\dfrac{R_1}{1+R_1G_3}}=\frac{-E_2\left(1+R_1G_3\right)}{R_1+R_2+R_1R_2G_3}$$

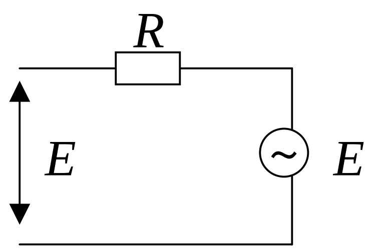
$$E_{21}=-E_2-I_2R_2=-E_2\left(1+\frac{R_2\left(1+R_1G_3\right)}{R_1+R_2+R_1R_2G_3}\right)=-E_2\frac{R_1}{R_1+R_2+R_1R_2G_3}$$

J_3のみがある時、

$$E_{31}=J_3\times\frac{1}{G_3+\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}}=J_3\times\frac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_1R_2G_3}$$

合成開放電圧　E

$$E=E_{11}+E_{21}+E_{31}$$
$$=\frac{E_1R_2-E_2R_1+J_3R_1R_2}{R_1+R_2+R_1R_2G_3}$$



各電源別短絡電流を求め重ね合わせる

E_1のみがある時、

$$I_{s1} = \frac{E_1}{R_1}$$

E_2のみがある時、

$$I_{s2} = \frac{-E_2}{R_2}$$

J_3のみがある時、

$$I_{s3} = J_3$$

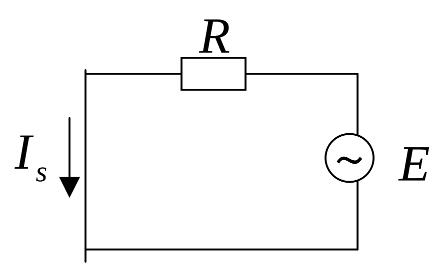
合成短絡電流 I_s は

$$I_s = I_{s1} + I_{s2} + I_{s3} = \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_2}{R_2} + J_3 = \frac{E}{R}$$

$$E = \frac{E_1R_2 - E_2R_1 + J_3R_1R_2}{R_1 + R_2 + R_1R_2G_3}$$

$$\therefore R = \frac{E}{I_s} = \frac{E_1R_2 - E_2R_1 + J_3R_1R_2}{R_1 + R_2 + R_1R_2G_3} / \frac{E_1R_2 - E_2R_1 + J_3R_1R_2}{R_1R_2}$$

$$= \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2 + R_1R_2G_3}$$



Ⅳ-10 の計算

$t=0$ で $i_L=0$

$t>0$ で $i_L+i_G=I\cdots(1)$

i_L と i_G の電圧降下が等しいので

$$\frac{i_G}{G}=L\frac{d\,i_L}{d\,t}\cdots(2)$$

(1)(2)から、$I=GL\dfrac{d\,i_L}{d\,t}+i_L$

ラプラス変換すると、[$i_L(0^+)=0$]

$$\frac{I}{s}=GL(sI_L-i_L(0^+))+I_L=GLI_L\left(s+\frac{1}{GL}\right)$$

$$\therefore I_L=\frac{I}{GLs\left(s+\dfrac{1}{GL}\right)}=\frac{I}{GL}\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{s+\dfrac{1}{GL}}\right)GL$$

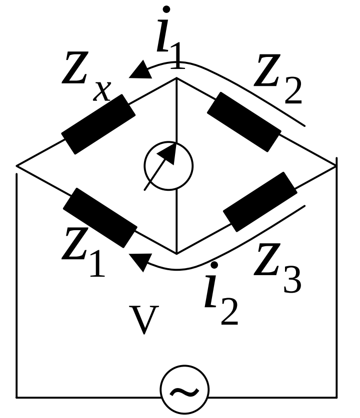
$$=I\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{s+\dfrac{1}{GL}}\right)$$

ラプラス逆変換して、

$$\boxed{i_L=I\left(1-e^{-\frac{t}{GL}}\right)}$$

Ⅳ-11 の計算

検流計に電流が流れないとき、図で電圧降下が等しい条件から



$i_1z_2=i_2z_3,\ i_1z_x=i_2z_1$

これから、

$$\frac{i_2}{i_1}=\frac{z_2}{z_3}=\frac{z_x}{z_1}\rightarrow z_x=\frac{z_1z_2}{z_3}$$

となる。

$$z_x=\frac{z_1z_2}{z_3}=\frac{R_1R_2}{\dfrac{1}{\dfrac{1}{R_3}+j\omega C_3}}=R_1R_2\left(\frac{1}{R_3}+j\omega C_3\right)$$

$$=\frac{R_1R_2}{R_3}+j\omega C_3R_1R_2=R_x+j\omega L_x$$

$$\therefore R_x=\frac{R_1R_2}{R_3},\ L_x=C_3R_1R_2$$

Ⅳ-12 の計算

合成インピーダンスは

$$j\omega L_1+\frac{1}{\frac{1}{j\omega L_2}+j\omega C}$$

$$= j\omega L_1+\frac{j\omega L_2}{1-\omega^2 L_2 C}\cdots(1)$$

$$=\frac{j\omega\{(1-\omega^2 L_2 C)L_1+L_2\}}{1-\omega^2 L_2 C}\cdots(2)$$

ア　電流が 0 になるのは、

(1)の分母が 0 のときで、

$$1-\omega^2 L_2 C=0$$

$$\therefore \omega=\frac{1}{\sqrt{L_2 C}},\ f=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C}}$$

イ　電流が∞になるのは

(2)の分子が 0 になる時で、

$$L_1+L_2-\omega^2 L_1 L_2 C=0$$

$$\omega=\sqrt{\frac{L_1+L_2}{L_1 L_2 C}},\ f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{L_1+L_2}{L_1 L_2 C}}$$

Ⅳ-13 の計算

合成アドミタンスを求めると、図１では、

$$\frac{1}{R_s+\frac{1}{j\omega C_s}}=\frac{j\omega C_s}{1+j\omega C_s R_s}$$

$$=\frac{j\omega C_s(1-j\omega C_s R_s)}{1+\omega^2 C_s^2 R_s^2}$$

$$=\frac{\omega^2 C_s^2 R_s+j\omega C_s}{1+\omega^2 C_s^2 R_s^2}$$

図２では、

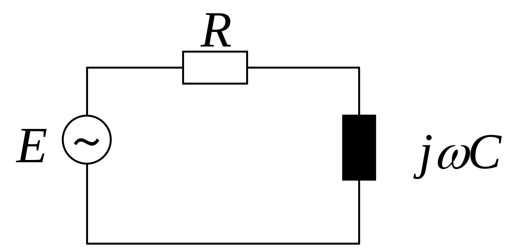
$$\frac{1}{R_p}+j\omega C_p$$

$$\therefore R_p=\frac{1+\omega^2 C_s^2 R_s^2}{\omega^2 C_s^2 R_s}$$

$$=R_s+\frac{1}{\omega^2 C_s^2 R_s}$$

$$C_p=\frac{C_s}{1+\omega^2 C_s^2 R_s^2}$$

Ⅳ-14 の計算



題意により、

$$Z=\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}=7.5$$

$$I=E/Z=150/7.5=20[A]$$

$$P=I^2R=20^2\times 6=2400[W]$$

$$Q=I^2X$$

$$=20^2\times 1/2\pi\cdot 60\cdot 590\cdot 10^{-6}=1798[Var]$$

皮相電力 $=\sqrt{2.4^2+1.8^2}=3[kVA]$

力率 $=2.4/3=0.8$

→③が誤り。

Ⅳ-15 の計算

受電点から見た電源側Zは

$$Z = 4.0 + j(5.0 + 2.3) = 4.0 + j7.3$$

$$|Z| = \sqrt{4.0^2 + 7.3^2} = 8.32[\%]$$

$$P_s = \frac{10}{8.32/100} = \frac{1000}{8.32} = 120[MVA]$$

Ⅳ-16 の計算

有効電力合計

$$= 500 \times 0.8 + 260 = 660$$

無効電力合計

$$= 500 \times \sqrt{1 - 0.8^2}$$

$$= 500 \times 0.6 = 300$$

合成力率

$$= 660 / \sqrt{660^2 + 300^2}$$

$= 660/725 = 0.913$遅れ

Ⅳ-17 の計算

所要出力エネルギーW_oは、$mgh, h = 400[m]$

$$W_o = 9 \times 10^4 \times (410 - 390) \times 10^3 \times 9.8 \times 400[J]$$

所要入力エネルギーW_iは、時間を$H[h]$

として、

$$W_i = W_o / 0.7 = 40 \times 10^4 \times 10^3 \times 3600H$$

$$\therefore H = \frac{9 \times 10^4 \times 20 \times 10^3 \times 9.8 \times 400}{0.7 \times 40 \times 10^4 \times 10^3 \times 3600}$$

$$= \frac{9.8 \times 9 \times 20 \times 400}{0.7 \times 40 \times 3600} = 7$$

Ⅳ-18 の計算

入力Sは

$$S = 3.7 \times 10^3 / 0.8 / 0.83 = 5572$$

$$= \sqrt{3} \times 200 \times I$$

$$\therefore I = 5572/200/\sqrt{3} = 16[A\}$$

Ⅳ-23 の計算、次ページに別解法

$A+\overline{A}=1,\ A(1+B)=A$

を使います。

$F(X,Y,Z,W)$

$=\overline{W}\cdot\overline{Y}\cdot\overline{X}+Z\cdot\overline{Y}\cdot X+W\cdot\overline{Y}\cdot\overline{X}+Z\cdot\overline{X}+Y\cdot\overline{X}$

$=(\overline{W}+W)\cdot\overline{Y}\cdot\overline{X}+Z\cdot\overline{Y}\cdot X+Z\cdot\overline{X}+Y\cdot\overline{X}$

$=\overline{Y}\cdot\overline{X}+Y\cdot\overline{X}+Z\cdot\overline{Y}\cdot X+Z\cdot\overline{X}$

$=(\overline{Y}+Y)\cdot\overline{X}+Z\cdot\overline{Y}\cdot X+Z\cdot\overline{X}$

$=\overline{X}+Z\cdot\overline{Y}\cdot X+Z\cdot\overline{X}$

$=\overline{X}+Z\cdot(\overline{Y}\cdot X+\overline{X})$

$=\overline{X}+Z\cdot(\overline{Y}\cdot X+\overline{X}(Y+\overline{Y}))$

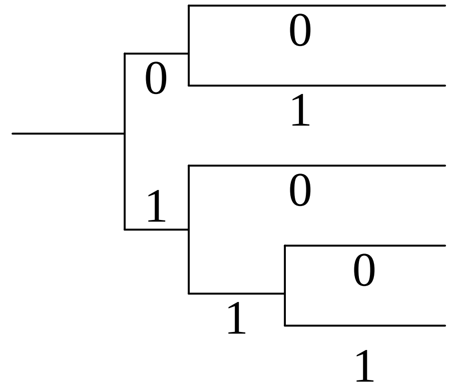
$=\overline{X}+Z\cdot(\overline{Y}\cdot(X+\overline{X})+\overline{X}\cdot Y)$

$=\overline{X}+Z\cdot(\overline{Y}+\overline{X}\cdot Y)$

$=\overline{X}\cdot(1+Z\cdot Y)+Z\cdot\overline{Y}$

$=\overline{X}+\overline{Y}\cdot Z$

Ⅳ-24 の計算



s_1	00	0.3 ×2=0.6
s_2	01	0.3 ×2=0.6
s_3	10	0.2 ×2=0.4
s_4	110	0.1 ×3=0.3
s_5	111	0.1 ×3=0.3
合計		2.2

算出法 **別解法：技術士基礎編 （情報論理）「符号の木」参照**

最下位の２つを括り確率の高い順に左になるように並べ替える。

1回目	2回目	3回目	4回目
s_1 0.3	s_1 0.3	$(s_3(s_4s_5))$0.4	$(s_1s_2)(s_3(s_4s_5))$1.0
s_2 0.3	s_2 0.3	(s_1s_2)0.6	
s_3 0.2	$(s_3(s_4s_5))$0.4		
(s_4s_5)0.2			

上記表現でs_iに到達するのに左に進めば 0、右に進めば 1とする。

結果

s_1 00

s_2 01

s_3 10

s_4 110

s_5 111

Ⅳ-23 の計算、カルノーマップによる別解法、技術士基礎編「カルノーマップと論理演算」参照

WZ＼YX	00	01	11	10
00	1			1
01	1	1		1
11	1	1		1
10	1			1

$\overline{W}\cdot\overline{Y}\cdot\overline{X}$

$Y\cdot\overline{X}$

$Z\cdot\overline{Y}\cdot X$

$Z\cdot\overline{X}$

$W\cdot\overline{Y}\cdot\overline{X}$

$F(X,Y,Z,W)$
$=\overline{W}\cdot\overline{Y}\cdot\overline{X}+Z\cdot\overline{Y}\cdot X+W\cdot\overline{Y}\cdot\overline{X}+Z\cdot\overline{X}+Y\cdot\overline{X}$

(20年度電気電子一次)

カルノーマップは左図のようになる。
これを左下の図のように集約すると
$F=\overline{X}+Z\overline{Y}$ となる。

WZ＼YX	00	01	11	10
00	1			1
01	1	1		1
11	1	1		1
10	1			1

$\overline{Y}\cdot\overline{X}+Y\overline{X}=\overline{X}$

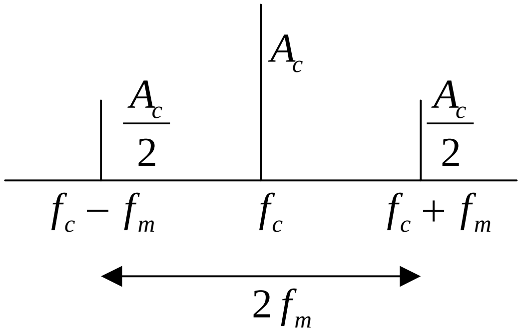
$\left(\overline{W}Z+WZ\right)\left(\overline{YX}+\overline{Y}X\right)=Z\overline{Y}$

Ⅳ-25 の計算

$$g_{AM}(t) = A_c\left(1+\cos(2\pi f_m t)\right)\cos(2\pi f_c t)$$

$$= A_c\cos(2\pi f_c t)+\frac{1}{2}A_c\cos\{(2\pi(f_c - f_m)t)\}+\frac{1}{2}A_c\cos\{(2\pi(f_c + f_m)t)\}$$

ここで、$\cos A\cos B = \dfrac{\cos(A-B)+\cos(A+B)}{2}$を利用した。



帯域幅は、$(f_c + f_m)-(f_c - f_m)=2f_m$,

電力効率は、$\dfrac{(1/2)^2\times 2}{(1/2)^2\times 2+1^2} = \dfrac{1/2}{3/2} = \dfrac{1}{3}$

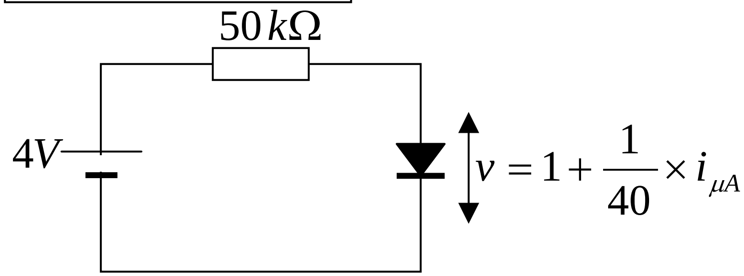
注.

負荷抵抗をRとすれば、

$$電力 = \frac{V^2}{R}の1周期の平均値 = \frac{Vの実効値の2乗}{R}$$

$$電力効率 = \frac{信号波の電力}{搬送波の電力+信号波の電力} = \frac{\left(\frac{A_c}{2\sqrt{2}}\right)^2\times\frac{2}{R}}{\left(\frac{A_c}{\sqrt{2}}\right)^2\times\frac{1}{R}+\left(\frac{A_c}{2\sqrt{2}}\right)^2\times\frac{2}{R}} = \frac{\left(\frac{A_c}{2}\right)^2\times 2}{A_c^2+\left(\frac{A_c}{2}\right)^2\times 2} = \frac{(1/2)^2\times 2}{1^2+(1/2)^2\times 2}$$

Ⅳ-31 の計算

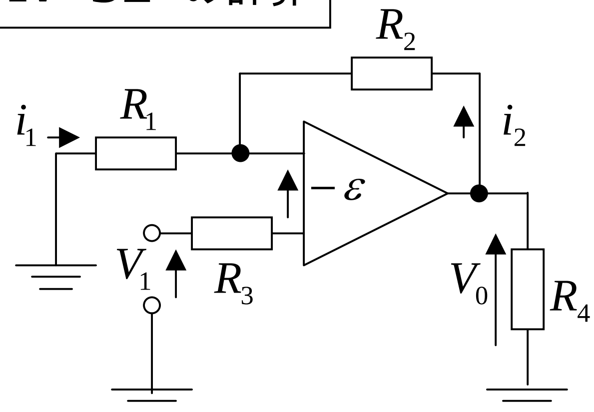


$$50 \times 10^{3} \times i_{\mu A} \times 10^{-6} + 1 + \frac{1}{40} \times i_{\mu A} = 4$$

$$(0.050 + 0.025) \times i_{\mu A} = 3$$

$$\therefore i_{\mu A} = \frac{3}{0.075} = 40$$

Ⅳ-32 の計算



入力 $Z = \infty$なので、 $i_1 + i_2 = 0$

$$i_1 = -\frac{V_1 - \varepsilon}{R_1},\ i_2 = \frac{V_0 - (V_1 - \varepsilon)}{R_2}$$

$\varepsilon \to 0$として、

$$-\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_0 - V_1}{R_2} = 0$$

$$\therefore \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_1}{R_2} = \frac{V_0}{R_2}$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) R_2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Ⅳ-33 の計算

$$v_2 = -Ri_2$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22}(-Ri_2)$$

$$\therefore \frac{i_2}{i_1} = \frac{h_{21}}{1 + h_{22} R}$$

$$v_1 = h_{11} i_1 + h_{12}(-Ri_2) = h_{11} i_1 - \frac{h_{12} h_{21} R}{1 + h_{22} R} i_1$$

$$\frac{v_1}{i_1} = h_{11} - \frac{h_{12} h_{21} R}{1 + h_{22} R} = h_{11} - \frac{h_{12} h_{21}}{h_{22} + \frac{1}{R}}$$