電験どうでしょう管理人

KWG presents

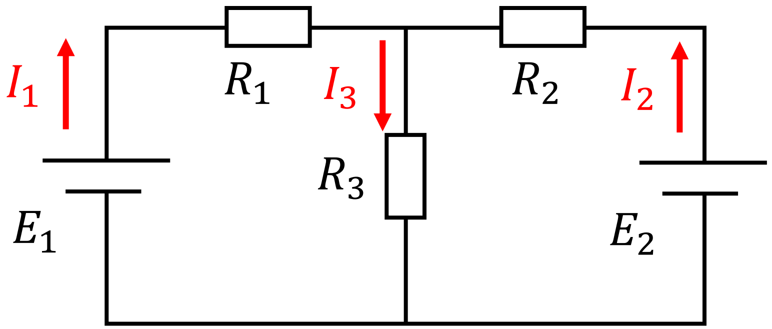
電験オンライン塾

第6回　直流回路

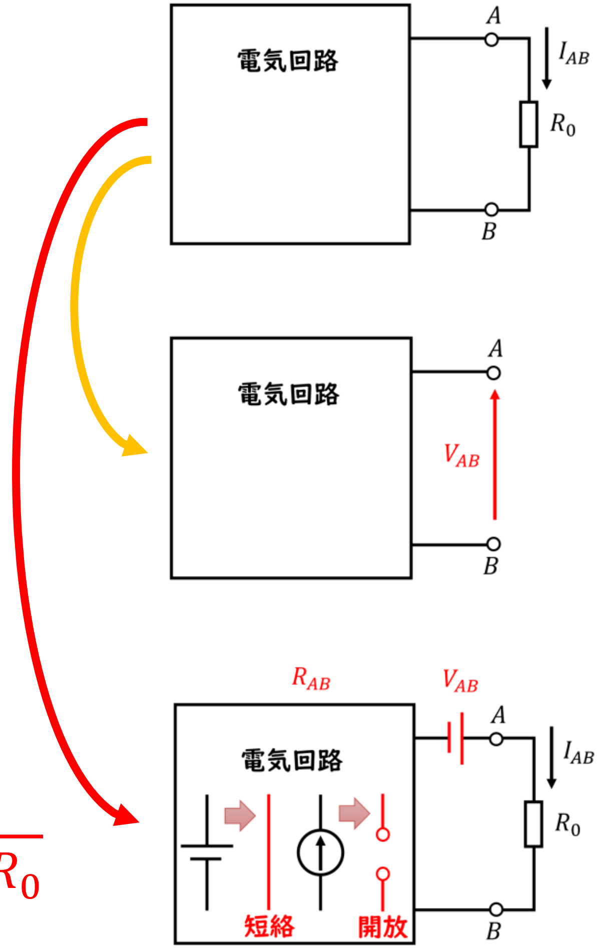
~テブナンの定理~

2021.10.09 Sat

複数の電源を含む場合



複数の電源を含む回路の計算を行う場合
・キルヒホッフの法則（電流則/電圧則）
・重ね合わせの理
・テブナンの定理
　などを用いて計算を行う



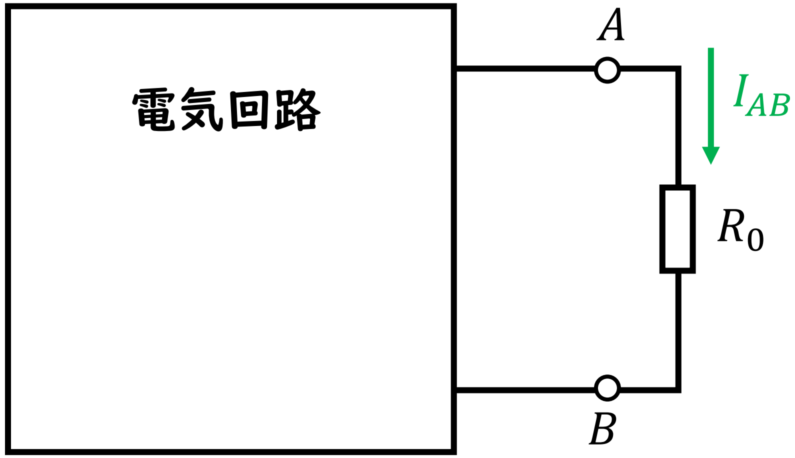
テブナンの定理

複雑な電気回路に負荷を接続したときに得られる電圧や負荷に流れる電流を、単一の内部抵抗のある電圧源に変換して求める方法

→回路中の抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を導出するために有効な計算方法

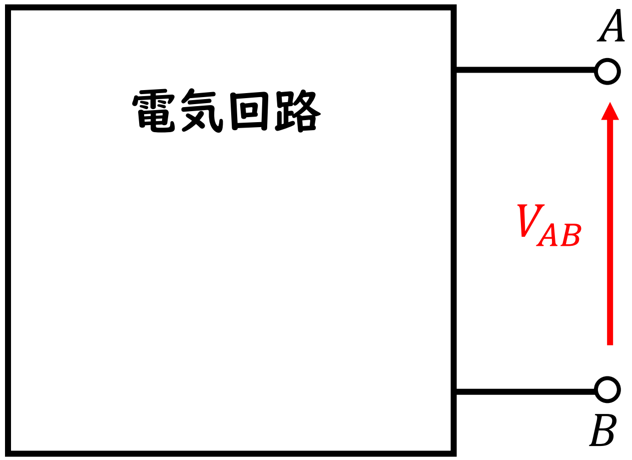
$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{R_{AB} + R_0}$$

テブナンの定理（計算手順）



抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を求める

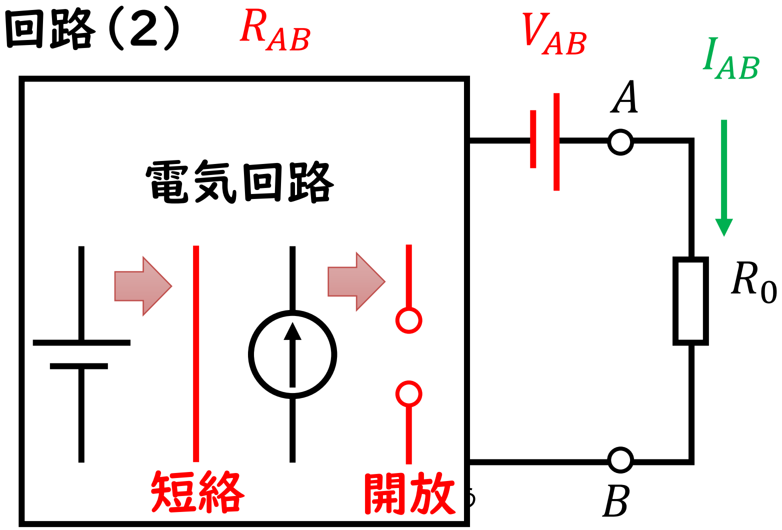
回路（1）



手順①
抵抗R_0を外した回路（1）の
端子間ABの電圧V_{AB}を求める

電源の向きに注意！
電圧V_{AB}により電流I_{AB}が流れる向きを
意識して電源の向きを決める

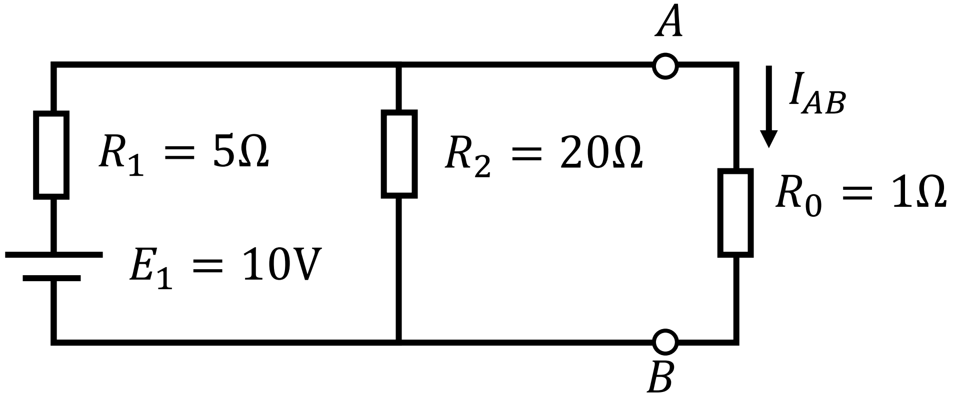
回路（2）



手順②
電圧源V_{AB}を接続し、その他の電源
はなくした回路（2）より抵抗R_0の
電流を求める。
（電圧源は短絡、電流源は開放）

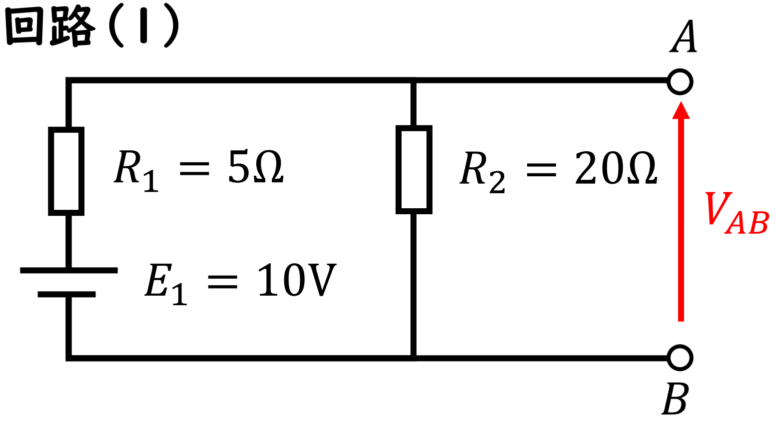
$$I_{AB}=\frac{V_{AB}}{R_{AB}+R_0}$$

例題１



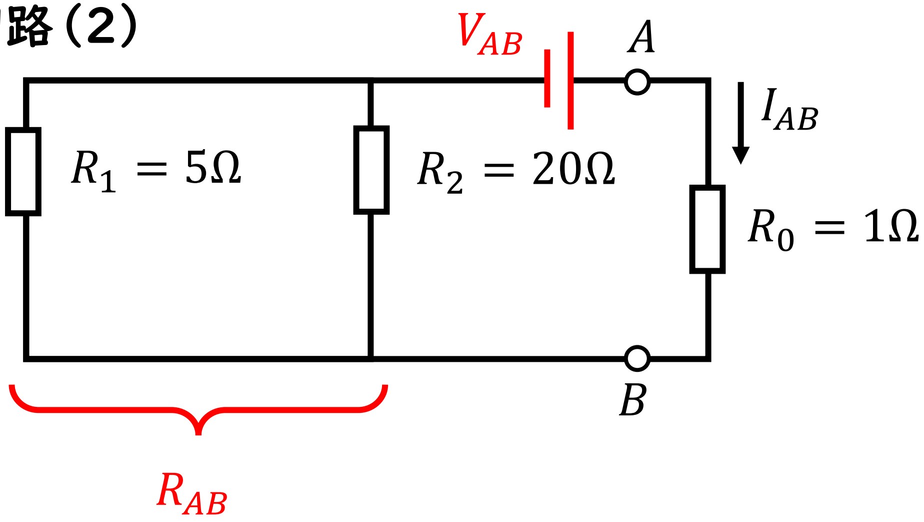
抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を求めよ。

回路（１）



$$V_{AB} = \frac{E_1}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \frac{10}{5+20} \cdot 20$$
$$= \frac{10}{25} \cdot 20 = 8\text{V}$$

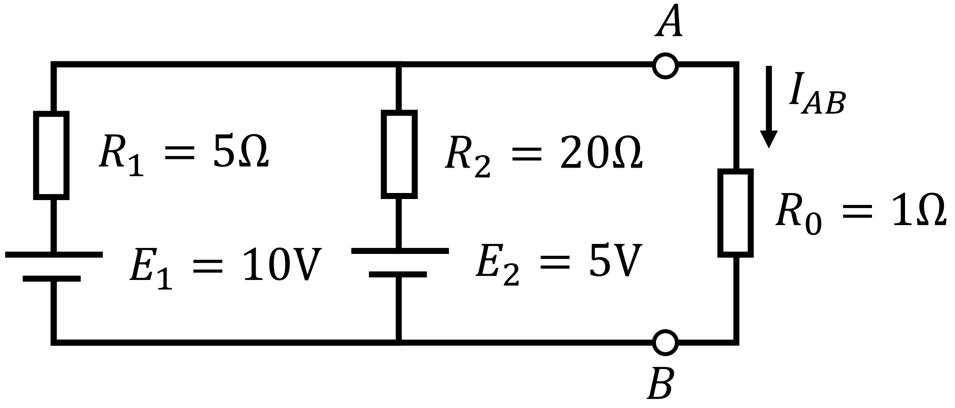
回路（２）



$$R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$
$$= \frac{5 \cdot 20}{5+20} = \frac{100}{25} = 4\Omega$$

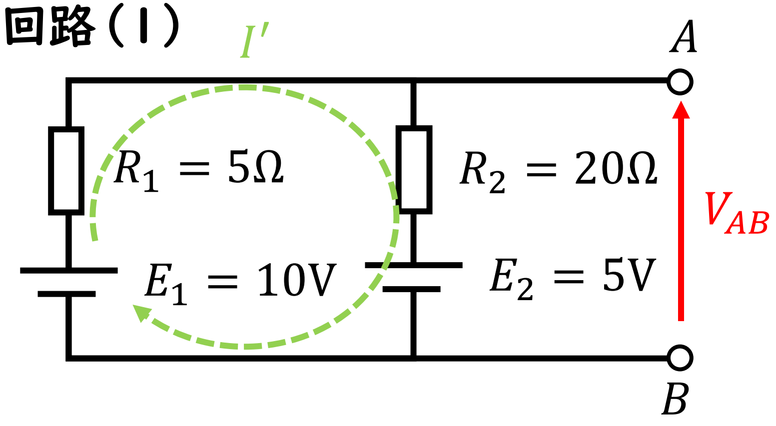
$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{R_{AB} + R_0}$$
$$= \frac{8}{4+1} = \frac{8}{5}\text{A}$$

例題2



抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を求めよ。

回路(1)

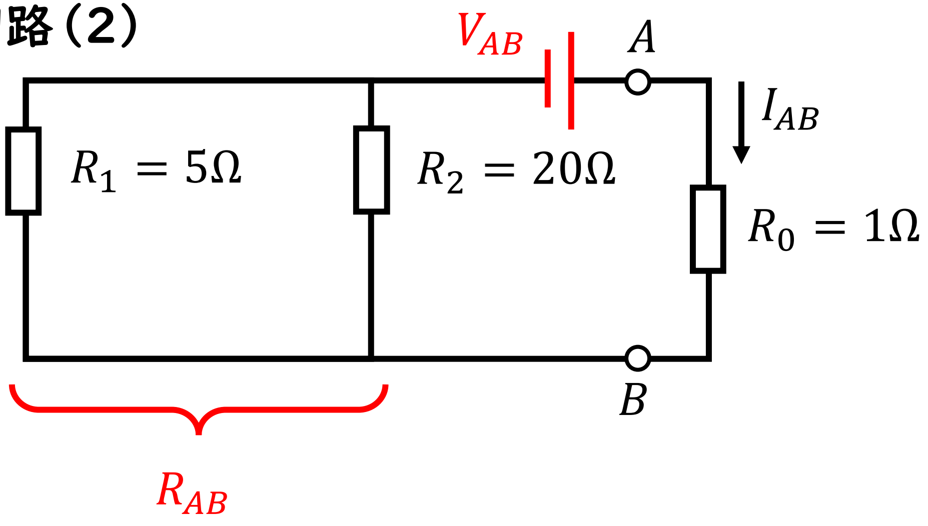


$$E_1 - E_2 = R_1 I' + R_2 I'$$

$$I' = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 - 5}{5 + 20} = \frac{5}{25} = \frac{1}{5}$$

$$V_{AB} = R_2 I' + E_2 = 20 \cdot \frac{1}{5} + 5 = 9\text{V}$$

回路(2)

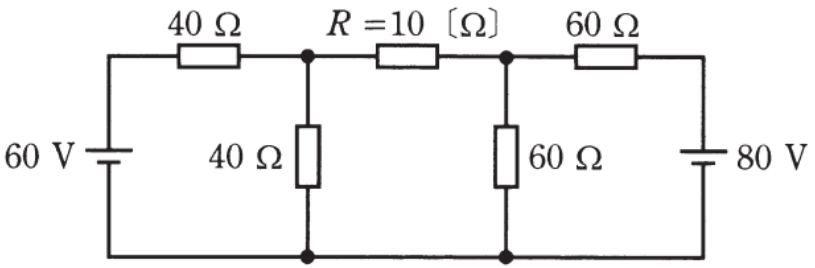


$$R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \cdot 20}{5 + 20} = \frac{100}{25} = 4\Omega$$

$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{R_{AB} + R_0} = \frac{9}{4 + 1} = \frac{9}{5}\text{A}$$

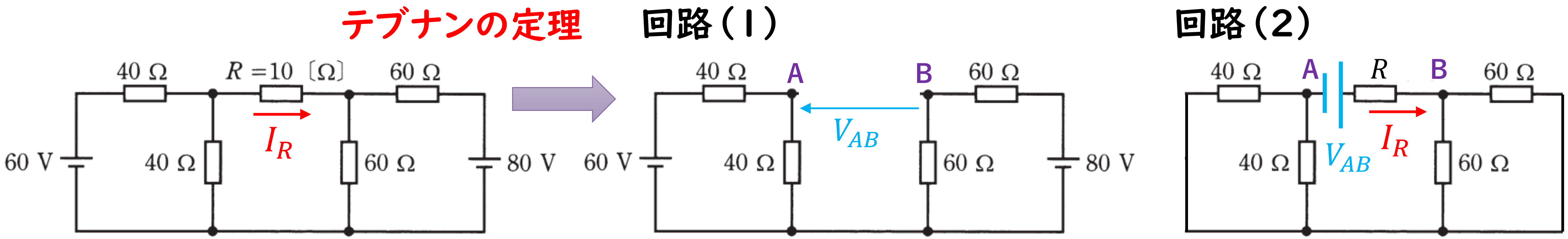
H25 問6

問６　図の直流回路において，抵抗 $R=10$〔Ω〕で消費される電力〔W〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　0.28　　(2)　1.89　　(3)　3.79　　(4)　5.36　　(5)　7.62

導出のポイント



回路（1）よりV_{AB}を求める

$$V_A = \frac{40}{40+40} \times 60 = 30\ \mathrm{V}$$

$$V_B = \frac{60}{60+60} \times 80 = 40\ \mathrm{V}$$

$$V_{AB} = 30 - 40 = -10\ \mathrm{V}$$

回路（2）よりI_Rを求める

$$V_{AB} = \left(R + \frac{60}{60+60} + \frac{40}{40+40}\right) \cdot I_R$$

$$-10 = (10 + 30 + 20) \cdot I_R$$

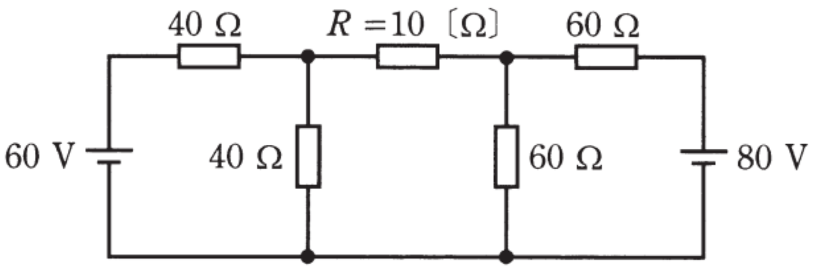
$$I_R = \frac{-10}{60} = -\frac{1}{6}\ \mathrm{A}$$

$$P = 10 \times \left(\frac{1}{6}\right)^2$$

$$= \frac{10}{36} = 0.28\ \mathrm{W}$$

H25 問6

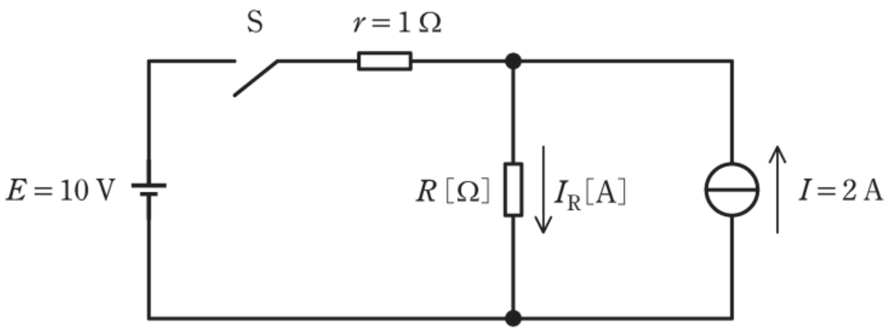
問６　図の直流回路において，抵抗 $R = 10$〔Ω〕で消費される電力〔W〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 0.28　(2) 1.89　(3) 3.79　(4) 5.36　(5) 7.62

H30 問7

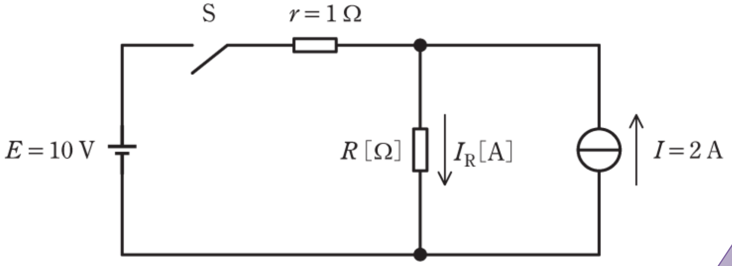
問 7　図のように，直流電圧 $E=10\,\mathrm{V}$ の定電圧源，直流電流 $I=2\,\mathrm{A}$ の定電流源，スイッチ S，$r=1\,\Omega$ と $R[\Omega]$ の抵抗からなる直流回路がある。この回路において，スイッチ S を閉じたとき，$R[\Omega]$ の抵抗に流れる電流 I_R の値[A]が S を閉じる前に比べて 2 倍に増加した。R の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



（1）2　（2）3　（3）8　（4）10　（5）11

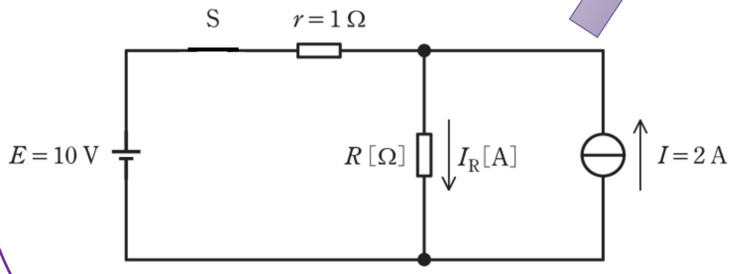
導出のポイント

スイッチ：開



$I_R = I = 2\ \mathrm{A}$

スイッチ：閉

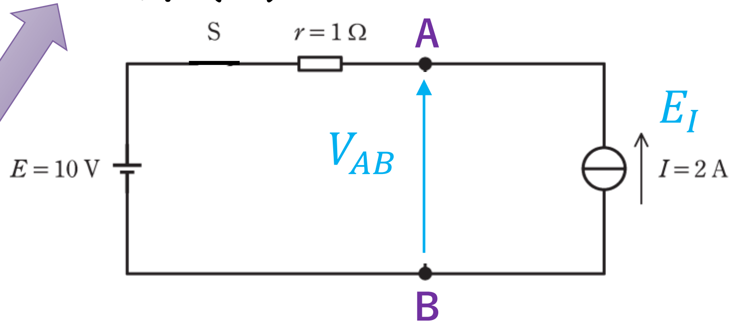


$I_R = 4\ \mathrm{A}$

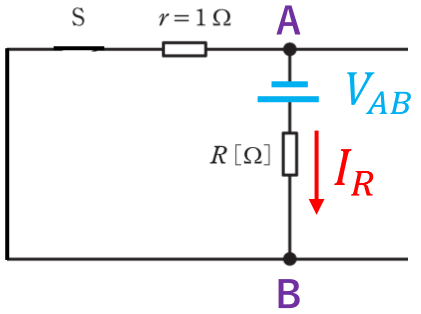
スイッチを閉じるとI_Rが2倍

テブナンの定理

回路（1）



回路（2）



回路（1）よりV_{AB}を求める
電流源により回路に流れる電流は
$I=2\ \mathrm{A}$となるように電流源は動作する。
この時の電流源の電圧をE_Iとすると、

$$E_I - E = rI$$
$$E_I - 10 = 1 \times 2$$
$$E_I = 10 + 2 = 12\ \mathrm{V}$$

ここで$E_I = V_{AB}$より

$$V_{AB} = 12\ \mathrm{V}$$

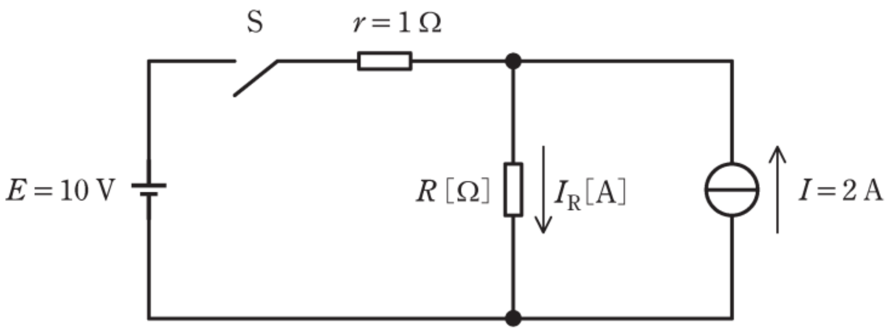
回路（2）より

$$V_{AB} = (r + R)I_R$$
$$\frac{V_{AB}}{I_R} = r + R$$
$$\frac{12}{4} = 3 = 1 + R$$

$$R = 2\ \Omega$$

H30 問7

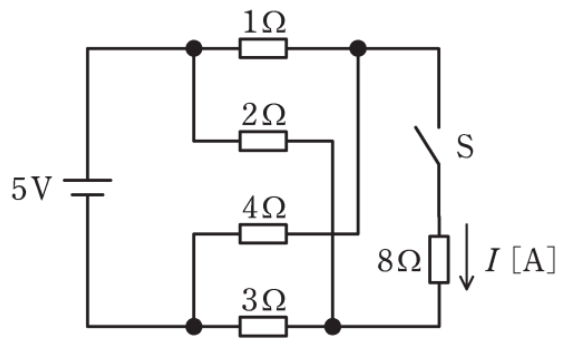
問７　図のように，直流電圧 $E = 10\,\mathrm{V}$ の定電圧源，直流電流 $I = 2\,\mathrm{A}$ の定電流源，スイッチ S，$r = 1\,\Omega$ と $R[\Omega]$ の抵抗からなる直流回路がある。この回路において，スイッチ S を閉じたとき，$R[\Omega]$ の抵抗に流れる電流 I_R の値[A]が S を閉じる前に比べて 2 倍に増加した。R の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 2　　(2) 3　　(3) 8　　(4) 10　　(5) 11

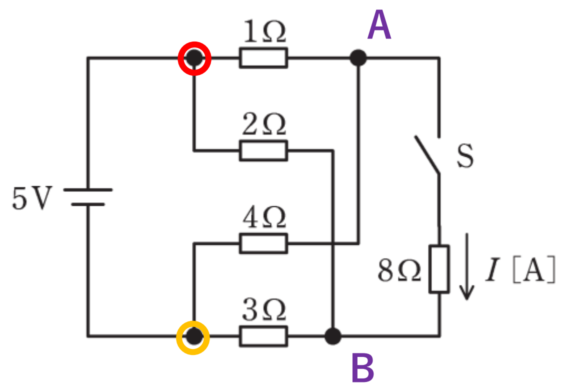
R02 問7

問７　図のように，直流電源にスイッチ S，抵抗 5 個を接続したブリッジ回路がある。この回路において，スイッチ S を開いたとき，S の両端間の電圧は 1 V であった。スイッチ S を閉じたときに 8 Ωの抵抗に流れる電流 I の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

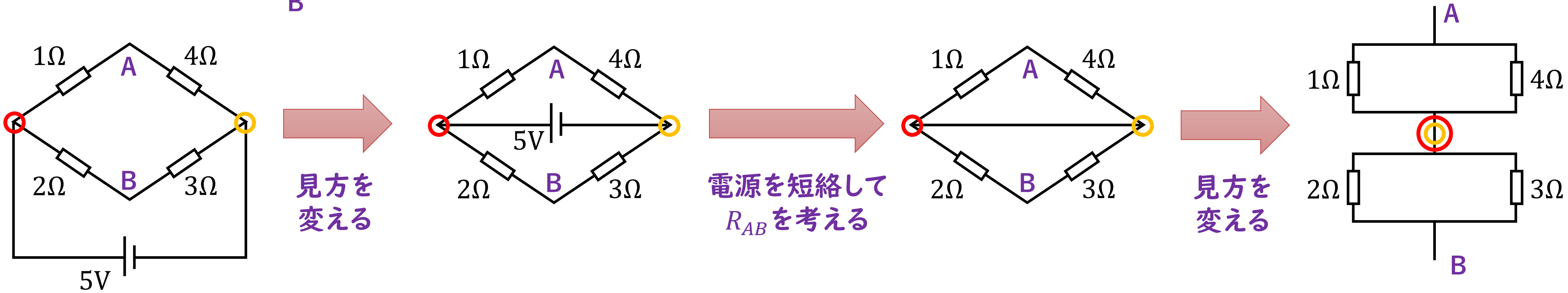


（1）0.10　（2）0.75　（3）1.0　（4）1.4　（5）2.0

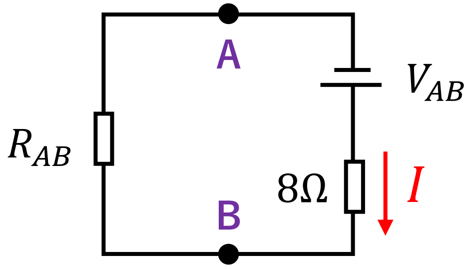
導出のポイント



スイッチを開いたとき、スイッチの両端電圧が1 V
→$V_{AB}=1\text{ V}$であることを意味する



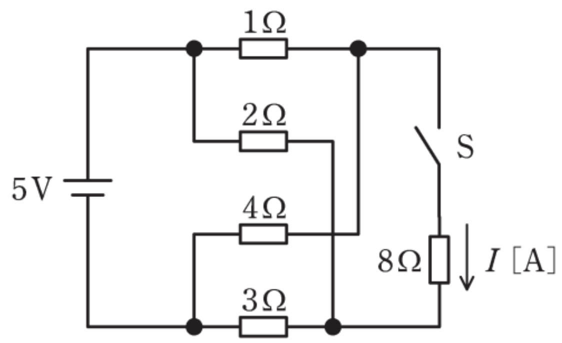
$$R_{AB}=\frac{1\times 4}{1+4}+\frac{2\times 3}{2+3}=\frac{4}{5}+\frac{6}{5}=2\,\Omega$$



$$I=\frac{V_{AB}}{8+R_{AB}}=\frac{1}{8+2}=\frac{1}{10}=0.1\text{ A}$$

R02 問7

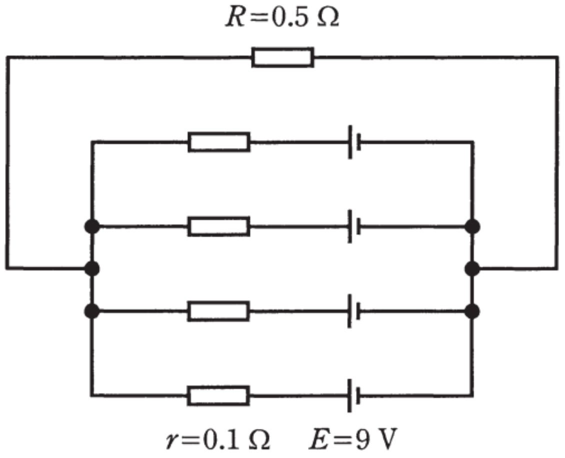
問７　図のように，直流電源にスイッチ S，抵抗 5 個を接続したブリッジ回路がある。この回路において，スイッチ S を開いたとき，S の両端間の電圧は 1 V であった。スイッチ S を閉じたときに 8 Ωの抵抗に流れる電流 I の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 0.10　　(2) 0.75　　(3) 1.0　　(4) 1.4　　(5) 2.0

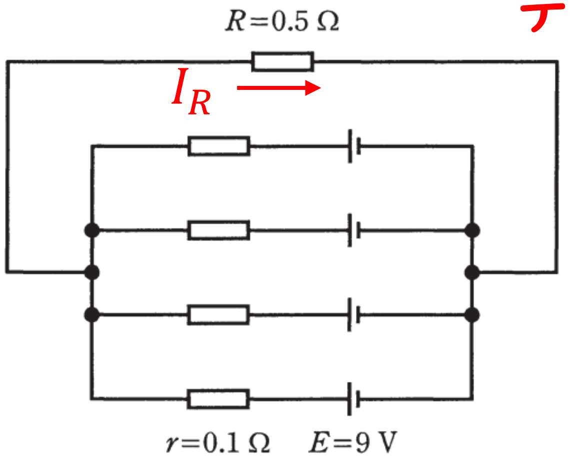
H28 問5

問５　図のように，内部抵抗$r=0.1\ \Omega$，起電力$E=9\ \mathrm{V}$の電池４個を並列に接続した電源に抵抗$R=0.5\ \Omega$の負荷を接続した回路がある。この回路において，抵抗$R=0.5\ \Omega$で消費される電力の値[W]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



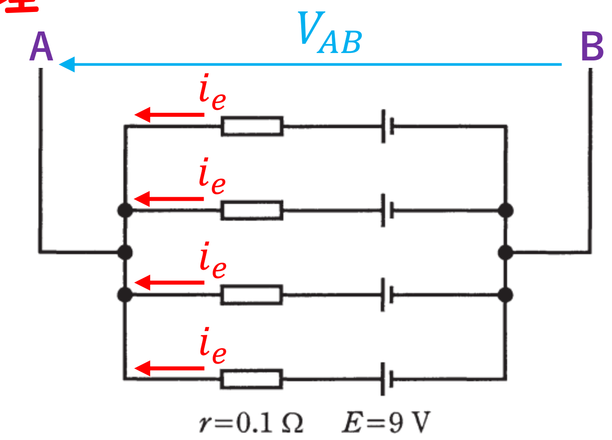
(1)　50　　(2)　147　　(3)　253　　(4)　820　　(5)　4 050

導出のポイント

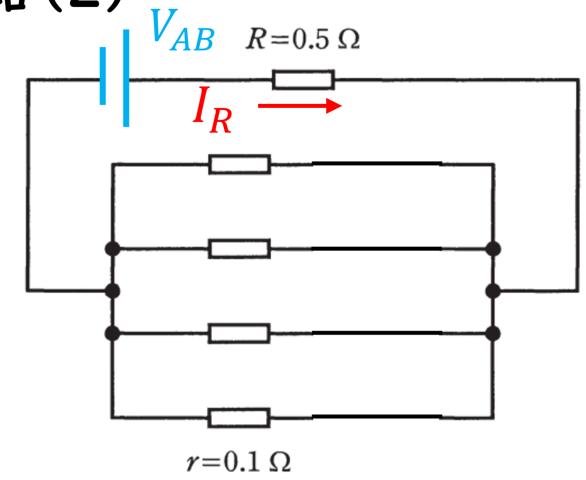


テブナンの定理

回路(1)



回路(2)



回路(1)よりV_{AB}を求める

$$V_{AB} = ri_e + E$$

ここで各電池の起電力と内部抵抗は等しく、電池間で電流は流れないと考えることができ、

$$i_e = 0\ \mathrm{A}$$

従って、$V_{AB} = E$

回路(2)より

$$V_{AB} = \left(R + \frac{r}{4}\right) \cdot I_R$$

$$9 = \left(0.5 + \frac{0.1}{4}\right) \cdot I_R$$

$$9 = 0.525 I_R$$

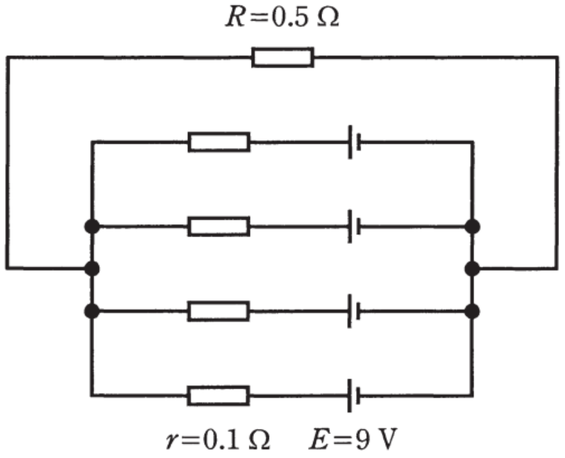
$$I_R = \frac{9}{0.525}\ \mathrm{A}$$

$$P_R = RI_R^2 = 0.5 \times \left(\frac{9}{0.525}\right)^2$$

$$P_R = 147\ \mathrm{W}$$

H28 問5

問５　図のように，内部抵抗$r=0.1\,\Omega$，起電力$E=9\,\mathrm{V}$の電池４個を並列に接続した電源に抵抗$R=0.5\,\Omega$の負荷を接続した回路がある。この回路において，抵抗$R=0.5\,\Omega$で消費される電力の値[W]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　50　　(2)　147　　(3)　253　　(4)　820　　(5)　4 050

ご聴講ありがとうございました!!