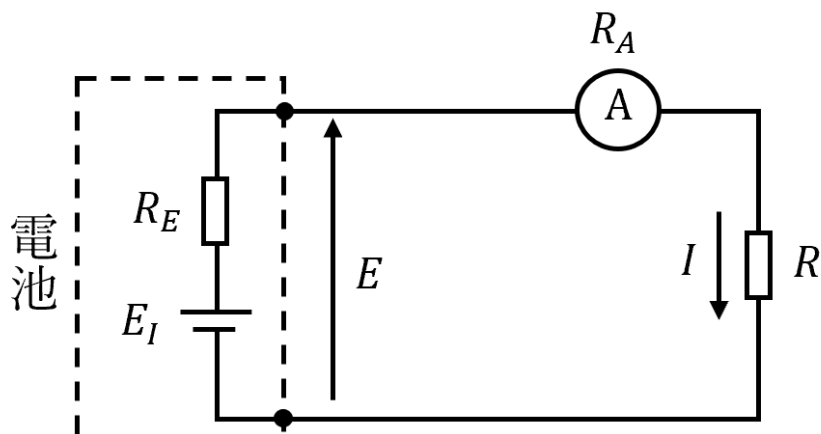


問1 内部抵抗を有する電池を抵抗 $R = 10 \Omega$ に接続し、電流計により電流を測定することを考える。各問について答えよ。(小問各10点)



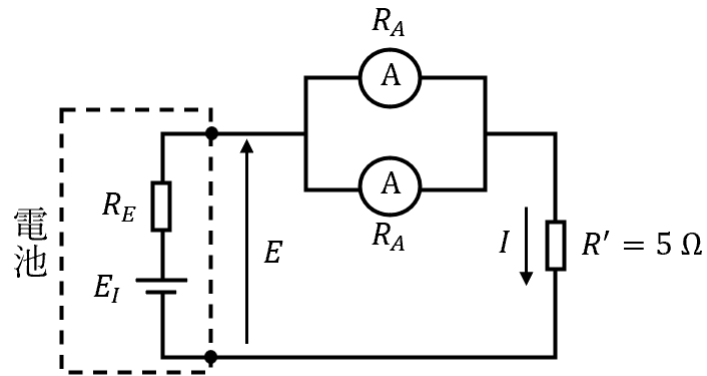
(1) 電流計の指示値が 0.5 A であった。このとき、電池の端子電圧は $E = 6.5 \text{ V}$ であった場合、電流計の内部抵抗 $R_A[\Omega]$ の値を求めよ。

$$\begin{aligned}
 E &= R_A I + RI \rightarrow R_A I = E - RI \\
 R_A \times 0.5 &= 6.5 - 10 \times 0.5 = 1.5 \\
 R_A &= \frac{1.5}{0.5} = 3 \Omega
 \end{aligned}$$

(2) 小問(1)において電池の内部抵抗が $R_E = 2 \Omega$ であった。このとき電池の内部起電力 $E_I[\text{V}]$ の値を求めよ。

$$E_I = E + R_E I = 6.5 + 2 \times 0.5 = 7.5 \text{ V}$$

(3) 電池に接続する抵抗を $R' = 5 \Omega$ に変更した。このとき回路に流れる電流は電流計の最大値を超えてしまうため、性能が全て等しい電流計をもう一台用いて、回路に流れる電流を計測する。このとき回路に流れる電流 $I[\text{A}]$ の値を求めよ。



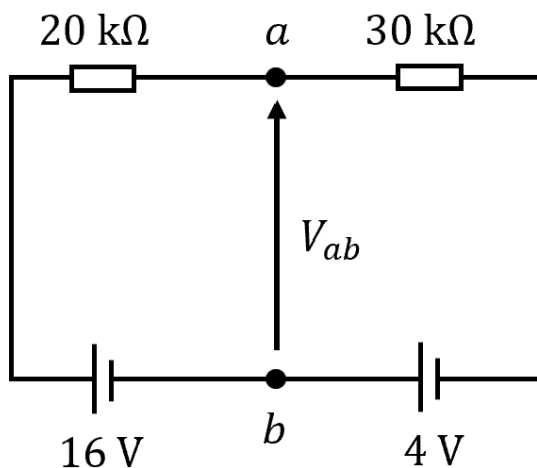
電流計の最大電流以上の電流を測定する場合は、電流計を並列に接続する。

このとき、回路全体の抵抗 R_{all} は

$$R_{all} = R_E + \frac{R_A \times R_A}{R_A + R_A} + R' = 2 + \frac{3 \times 3}{3 + 3} + 5 = 2 + 1.5 + 5 = 8.5 \Omega$$

$$I = \frac{E_I}{R_{all}} = \frac{7.5}{8.5} = \frac{15}{17} = \frac{15}{17} = 0.88 \text{ A}$$

問2 各問について答えよ。(小問各 10 点)



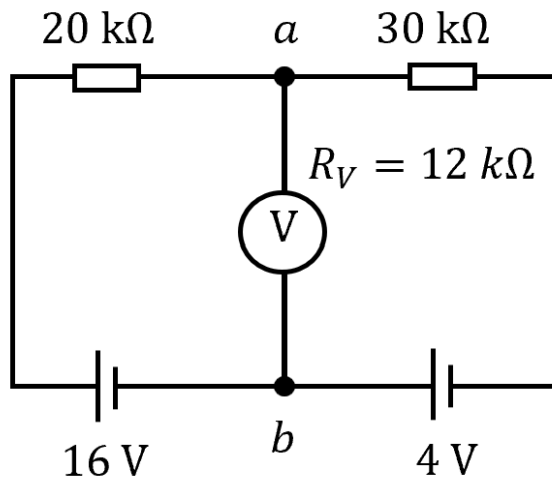
(1) 図の回路の a-b 間の電位差 V_{ab} [V] の値を求めよ。

$$I = \frac{16 + 4}{20\text{k} + 30\text{k}} = \frac{20}{50\text{k}} = 0.4 \text{ mA}$$

$$V_{ab} = 16 - 20\text{k}\Omega \times 0.4\text{mA} = 16 - 8 = 8 \text{ V}$$

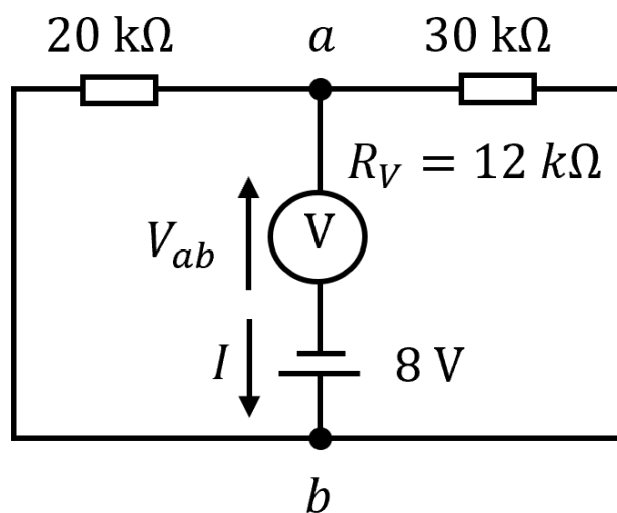
(2) 小問(1)図の回路の a-b 間に電圧計を接続し、電位差 V_{ab} を測定する。この電圧計の内部抵抗が $R_V = 12 \text{ k}\Omega$ のとき、電位差 V_{ab} [V] の値を求めよ。

電圧計を接続すると以下のような回路になる。



テブナンの定理を用いると、以下のような等価回路になる。

ここで電源電圧の 8V は小問 (1) の $V_{ab} = 8\text{V}$ と一致する。



この回路の電流 I は

$$I = \frac{8}{12\text{ k} + \frac{20\text{ k} \times 30\text{ k}}{20\text{ k} + 30\text{ k}}} = \frac{8}{12\text{ k} + 12\text{ k}} = \frac{8}{24\text{ k}} = \frac{1}{3}\text{ mA}$$

従って、電圧計の指示値 V_{ab} は、

$$V_{ab} = R_V I = 12\text{ k}\Omega \times \frac{1}{3}\text{ mA} = 4\text{ V}$$

問3 最大目盛 100A、内部抵抗 $R_1 = 3 \Omega$ の電流計 A_1 と最大目盛 300A、内部抵抗 $R_2 = 1.5 \Omega$ の電流計 A_2 がある。各問について答えよ。

(小問 (1)、(2) 各 10 点、小問 (3) 回路図 10 点、抵抗値 10 点)

(1) 2つの電流計を直列につないだとき、測定できる最大電流の値[A]を求めよ。

電流計を直列で接続する場合、測定できる電流値は最大電流が小さい電流計で決まる。従って、100A が最大電流となる。

(2) 2つの電流計を並列につないだとき、測定できる最大電流の値[A]を求めよ。

並列接続の場合、それぞれの電流計に同じ電圧が印加される。

従って、内部抵抗×最大電流＝許容電圧の関係から得られる許容電圧が小さい電流計で最大電流が決まる。

電流計 A_1 の許容電圧 V_1 は

$$V_1 = R_1 \times 100 \text{ A} = 3 \times 100 = 300 \text{ V}$$

電流計 A_2 の許容電圧 V_2 は

$$V_2 = R_2 \times 300 \text{ A} = 1.5 \times 300 = 450 \text{ V}$$

従って、許容電圧 $V_1 = 300 \text{ V}$ で最大電流が決まる。

電流計 A_1 に許容電圧 V_1 を印加すると、電流計 A_1 に流れる電流 I_1 は、

$$I_1 = 100 \text{ A}$$

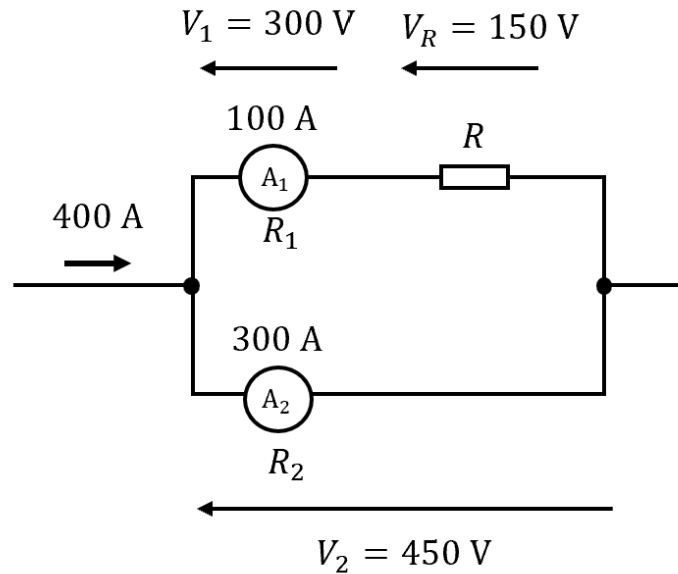
電流計 A_2 に許容電圧 V_2 を印加すると、電流計 A_2 に流れる電流 I_2 は、

$$I_2 = \frac{V_1}{R_2} = \frac{300}{1.5} = 200 \text{ A}$$

以上から最大電流は、

$$I_1 + I_2 = 100 + 200 = 300 \text{ A}$$

(3) 2つの電流計に加え抵抗器 R を用いて、最大電流 400A を測定したい。このときの回路図を描き、抵抗 $R[\Omega]$ の値を求めよ。



電流計 A_2 に 450V 印加したときに、電流計 A_1 に 300V しか加わらないように、電流計 A_1 に直列に抵抗 R を接続する。

抵抗 R の両端電圧が $V_R = 150\text{ V}$ となればいいので、

$$R = \frac{V_R}{100\text{ A}} = \frac{150}{100} = 1.5\ \Omega$$

となる。