

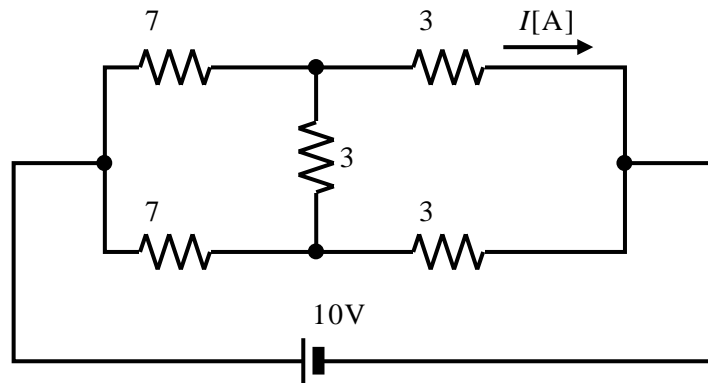
(3) 直流回路

重要事項 (これを理解します)

- 1, キルヒホッフの法則 (第一法則、第二法則)
- 2, 電圧源と電流源の違い
- 3, ブリッジ回路の計算方法

【例題 (よく出る問題)】:

図のような直流回路において、電流 I [A] は、いくらか。



- イ . 0.1 ロ . 0.5 八 . 1.0 二 . 2.0

【解法の準備】

例題を解くために次のことを学びます。

1, キルヒホッフの法則とは

キルヒホッフの法則には、第一法則と第二法則があります。

キルヒホッフの第一法則とは:

キルヒホッフの第一法則は、言葉で説明すると

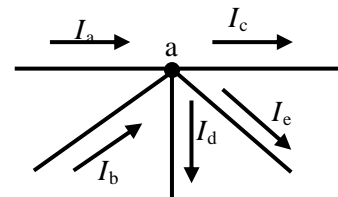
「回路中のある接続点で、その点に流れ込む電流の総和と流れ出す電流の総和は、等しい」

となります。

しかし、言葉で説明してもよく解らないですね。そこで、図で説明しましょう。

任意の回路図に、図のような接続点 a があるとします。

接続点 a に流入する電流 I_a 、 I_b と流出する電流 I_c 、 I_d があります。



この時、次の式が成立ちます。

$$I_a + I_b = I_c + I_d + I_e \quad [A]$$

この式が、キルヒホッフの第一法則と言って、いかなる場合でも成立つ式です。身近なもので考えると、水道管をイメージすればよいですね。水道管の場合でも、接続点で入ってきた水の量と出て行く水の量は、必ず等しいですね。すなわち、電流は、接続点で入ってきた量と同じ量だけ出て行き消えて無くならないということです。

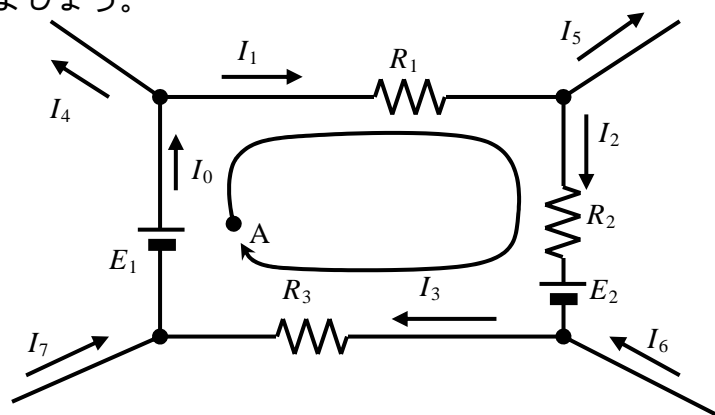
キルヒホッフの第二法則とは：

キルヒホッフの第二法則は、言葉で説明すると

「回路中のある閉回路を一定方向に一周したとき、回路各部の起電力の総和と電圧降下の総和は、等しい」

となります。

第二法則も第一法則と同じように、言葉での説明では、解らないですね。図で説明しましょう。



図のループ A で考えましょう。

起電力の総和から、考えます。ループ A 内にある起電力は、 E_1 と E_2 の 2 個だけです。よって、起電力の総和は、

$$\text{起電力の総和} = E_1 + E_2$$

です。

次に、電圧降下の総和を考えます。ループ A 内にある負荷は、 R_1 、 R_2 、 R_3 の 3 個です。よって、電圧降下の総和は、

$$\text{電圧降下の総和} = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3$$

です。

よって、「起電力の総和 = 電圧降下の総和」ということなので、

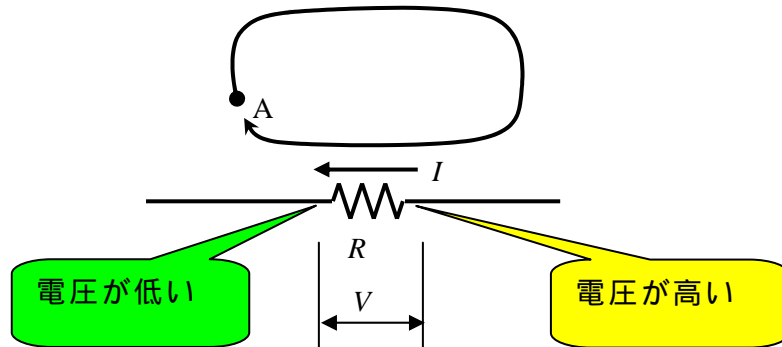
$$E_1 + E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3$$

となります。

ところで、電圧降下の計算は、大丈夫ですか？ 少し心配です。

念のため、電圧降下の計算を説明しておきましょう。

下図の例で考えてみましょう。抵抗 R が有り、そこに電流 I が流れているとします。そして、考えるループは、A です。



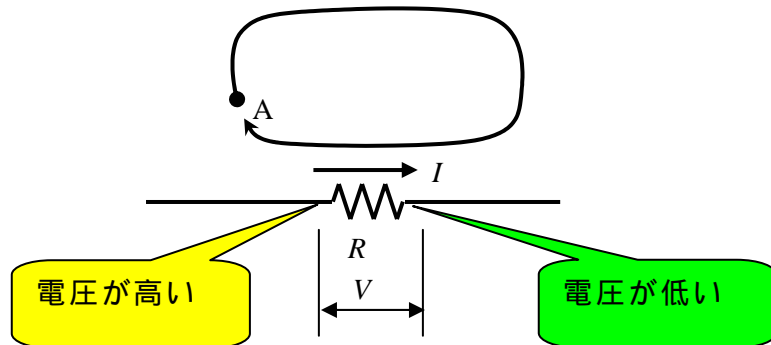
電流は、電圧の高い点から、低い点に流れます。よって、オームの法則から、抵抗 R で電圧降下 V が発生しますね。

電圧降下 V は、

$$V = I \cdot R$$

ですね。

では、電流の流れる向きが、逆だったらどうでしょうか？



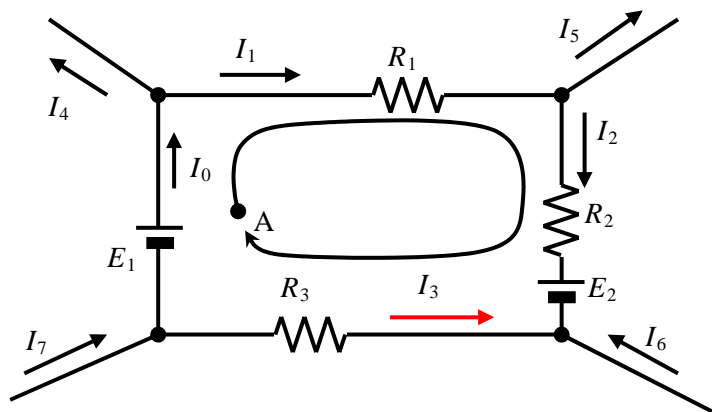
電圧の高い点と低い点が逆転します。

ループ A と電流の流れる向きが逆になっています。この時の電圧降下 V は、

$$V = -I \cdot R$$

と計算します。良いですか？ マイナスが付きましたね。考えるループ A と電流の流れる向きが逆の場合は、マイナスを付けるんです。

さて、それでは、下のように電流 I_3 が逆に流れていた場合は、どうなるか解りますね。



$$E_1 + E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3$$

となります。

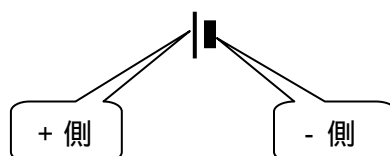
2 , 電圧源と電流源とは

皆さんは、電源と言えば、何を思い出しますか？ 一般には、「乾電池・車のバッテリー・家庭のコンセント」などですね。これらは、負荷をつないでも電圧が変わりません。扇風機をつなごうが、オープンをつなごうが、100V は、100V です。このように、負荷をつないでも電圧値が変わらない電源を電圧源と呼びます。

記号では、下のように書きます。



念のため、直流でプラス側は、細い線のほうですよ。



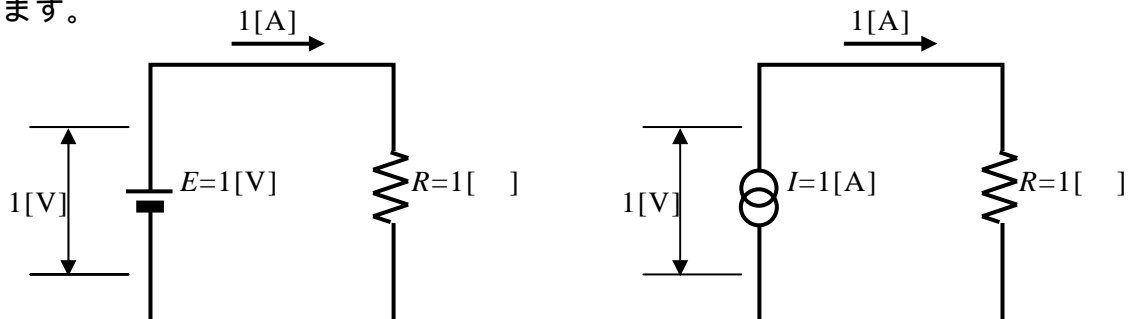
さて、電圧源に対して、電流源という電源があります。電流源は、電圧源と違って流れる電流値が、変わらない電源です。

記号では、下のように書きます。

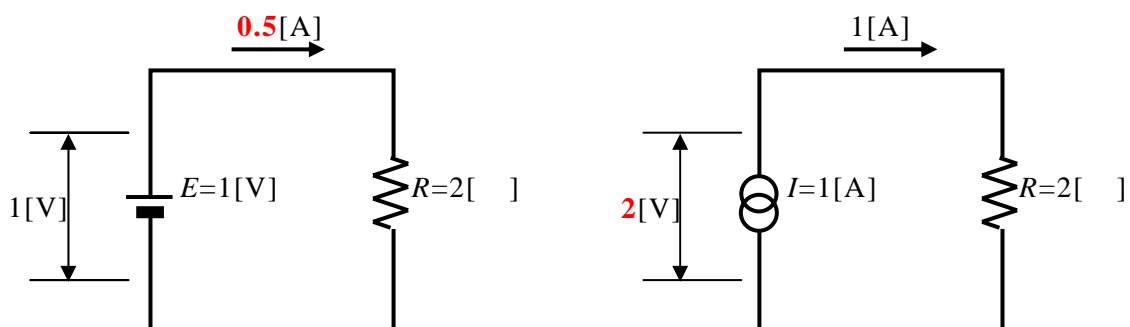


それでは、違いを例で示してみましょう。

$E=1[V]$ の電圧源と $I=1[A]$ の電流源それぞれを $R=1[]$ の抵抗に接続したとします。



さて、次にそれぞれの抵抗を $R=2[]$ にしてみましょう。



抵抗値が変わることによって、変化したところを確認してみてください。

電圧源では、電圧不変で電流値が変わりました。電流源では、電流値不変で電圧が変わりました。

このように、電圧源では、どのような抵抗をつなごうと電圧不変です。電流源は、どんな抵抗をつなごうと電流不変です。理解できましたか？

3 , ブリッジ回路とは

次に、ブリッジ回路という有名な回路を説明します。この回路は、いろいろなところで有効に使われていますので、ぜひ憶えてください。

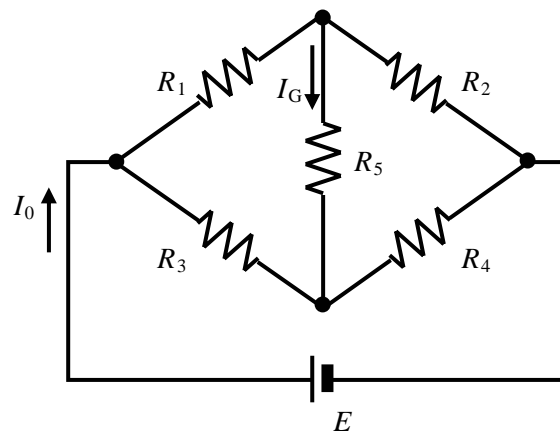
まず、具体的な回路を見せましょう。

さて、ブリッジ回路の特徴的なことは、次の条件が成立つときです。

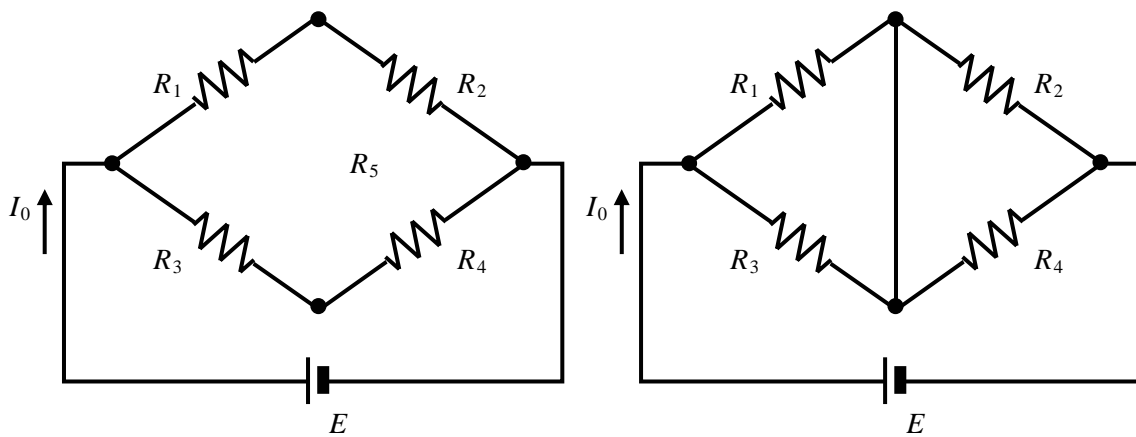
$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

この条件が成立つときは、抵抗 R_5 に電流が流れません。

この条件を、「ブリッジ回路が平衡している」と言います。

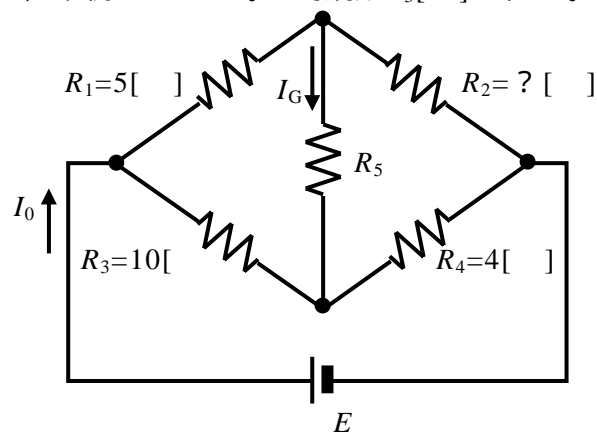


抵抗 R_5 に電流が流れ無いので、抵抗 R_5 を考えなくても良くなります。
 抵抗 R_5 を考えなくても良いと言うことは、次のいずれの回路で計算しても電流 I_0 の値が同じになるということです。



【確認問題 1】

次のブリッジ回路は、平衡している。抵抗 R_3 [] の値は。



イ . 1.0 口 . 2.0 八 . 3.0 二 . 4.0

【確認問題 1 の解説】

平衡条件は、

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

でしたね。

各抵抗に、値を入れてみましょう。

$$5 \times 4 = R_2 \times 10$$

さて、答は、もう分りますね。

抵抗 R_2 []について、解いてみましょう。

$$R_2 = \frac{5 \times 4}{10} = \frac{20}{10} = 2 \quad [\quad]$$

すなわち、 $R_2 = 2$ []ですから、選択肢は、口となります。

【確認問題 1 の回答】口

4 . 重ねの理とは

直流回路で有用な定理で「重ねの理」というのがあります。重ねの理とは、電源がいくつあるときにそれぞれの電源が 1 個だけあるとして計算し、最後に結果を足し算して答を算出する方法です。

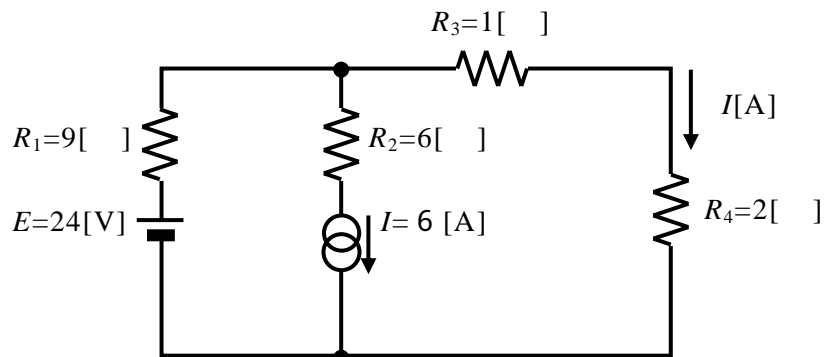
電源を 1 個だけあるとして計算する方法は、次のようにします。

- 1) まず、電圧源は、電源を取除いて短絡する。
- 2) 電流源は、電源を取除いて、開放する。
- 3) 電源が、1 個だけになったら、電流を計算する。
- 4) 上の 1) ~ 3) を繰返して、全ての電源で電流を計算する。
- 5) 計算した電流の向きを考えて足し算する。

では、いつものように例を示して説明しましょう。

【確認問題 2】

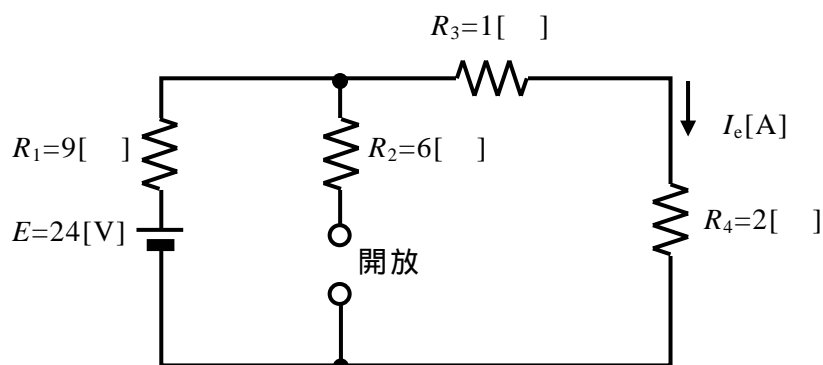
下の回路に流れる電流 I [A]は。



- イ . 2 ロ . 4 . 5 八 . 6 . 5 ニ . 8

【確認問題 2 の解説】

まず、電圧源 E のみがあるとして、電流源 I を取除いて電流を計算します。
 電流源は、電源を取除いて、開放するのですから、回路は、次のようになります。



この回路であれば、電流 I_e [A]は、簡単に計算できますね。

まず、回路の全抵抗 R_e [Ω]は、

$$R_e = R_1 + R_3 + R_4 = 9 + 1 + 2 = 12$$

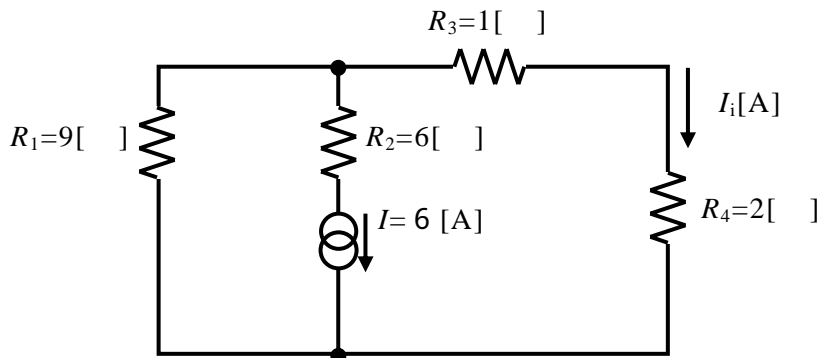
となります。よって、電流 I_e [A]は、

$$I_e = \frac{E}{R_e} = \frac{24}{12} = 2 \text{ [A]} \quad (\text{式 1})$$

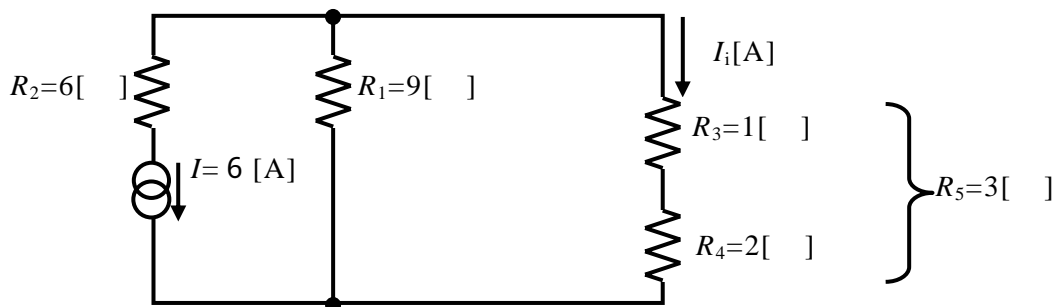
となります。

つぎに、電流源 I のみがあるとして、電圧源 E を取除いて電流を計算します。

電流源は、電源を取除いて、開放するのですから、回路は、次のようになります。



さて、回路図を簡単にするため次のように変形します。



変形した回路図から、回路に流れる電流 I_i [A]は、

$$I_i = 6 \times \frac{9}{9 + (1 + 2)} = 6 \times \frac{9}{12} = 6 \times \frac{3}{4} = \frac{18}{4} = 4.5 \quad [\text{A}] \quad (\text{式 2})$$

となります。

以上から、回路に流れる電流 I [A]は、(式 1) + (式 2) として、

$$I = I_e + I_i = 2 + 4.5 = 6.5 \quad [\text{A}]$$

となります。

よって選択肢は、八となります。

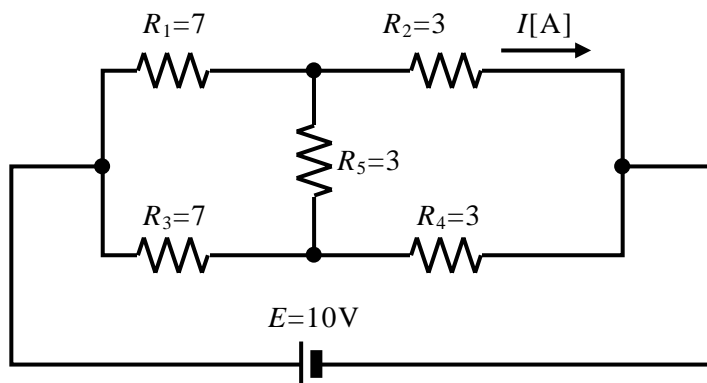
【確認問題 2 の回答】八

キーワード

キルヒホッフの法則、電圧源、電流源、ブリッジ回路、平衡条件

【例題（よく出る問題）の解説】

では、【例題（よく出る問題）】をもう一度見てみましょう。



まさに、ブリッジ回路ですね。ブリッジ回路が平衡しているか確認してみましょう。

平衡条件は、

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

ですね。

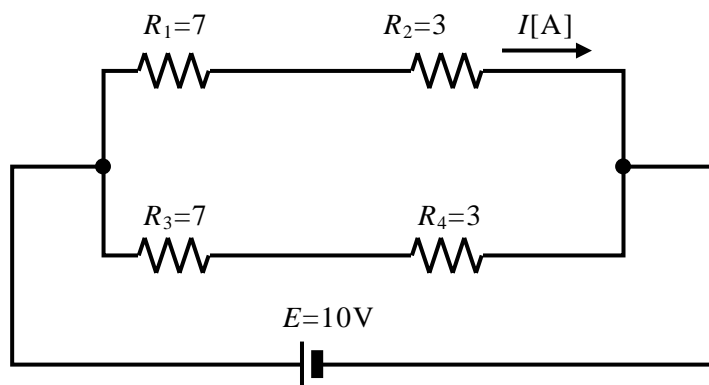
平衡条件から、

$$7 \times 3 = 7 \times 3$$

です。まさに、平衡していますね。

この条件が成立つときは、抵抗 R_5 に電流が流れません。

抵抗 R_5 に電流が流れ無いので、抵抗 R_5 を考えなくても良くなります。



よって、上の図で考えます。

上の図を簡単にします。

抵抗 R_1 と R_2 が直列ですから、その合成抵抗 R_{12} は、

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 7 + 3 = 10 \quad [\quad]$$

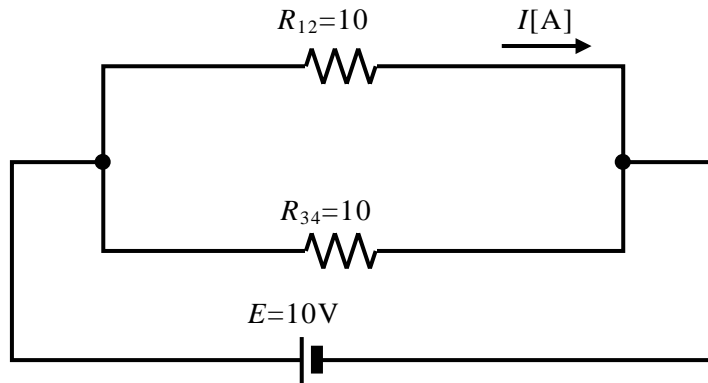
ついでに、抵抗 R_3 と R_4 の合成抵抗 R_{34} は、

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 7 + 3 = 10 \quad [\quad]$$

よって、求める電流 I [A]は、

$$I = \frac{E}{R_{12}} = \frac{10}{10} = 1 \quad [\text{A}]$$

となります。



ゆえに、選択肢は、ハとなります。

【回答】：ハ

これがポイント

コツ1、ブリッジ回路は、平衡条件を確認する。

コツ2、電源が、複数ある場合は、重ねの理で計算する。

コツ3、キルヒホッフの法則は、電流の方向を考えて計算する。

復習

- 1, キルヒホッフの法則で、第一法則と第二法則は、理解できましたか
- 2, 電圧源と電流源は、理解できましたか。
- 3, ブリッジ回路の平衡条件は、理解できましたか。

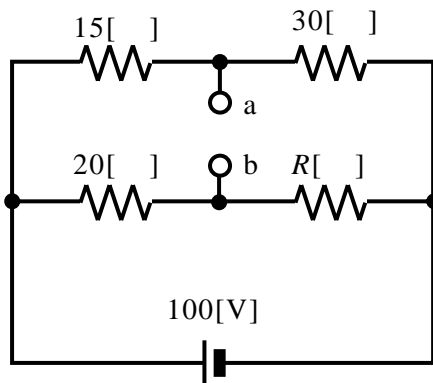
アドバイス

キルヒホッフの第二法則は、必ず憶えてください。

練習問題

【問 1】

図のような回路で、端子 ab 間の電圧 V_{ab} は、0[V]であった。 抵抗 R の値は。



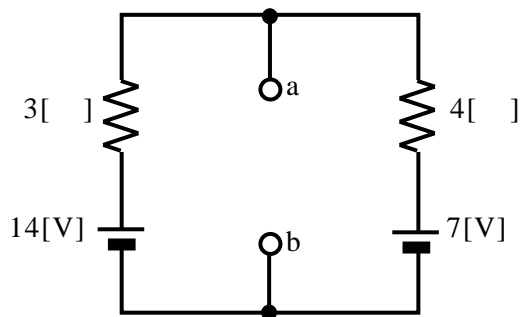
- イ . 15 ロ . 20 八 . 30 二 . 40

ヒント 端子 ab 間の電圧 V_{ab} が、0[V]ということは、ab 間に電流が流れません。
 ブリッジ回路が、平衡条件であるということです。

【回答】：二

【問 2】

次の図において、端子 ab 間の電圧 V_{ab} は。



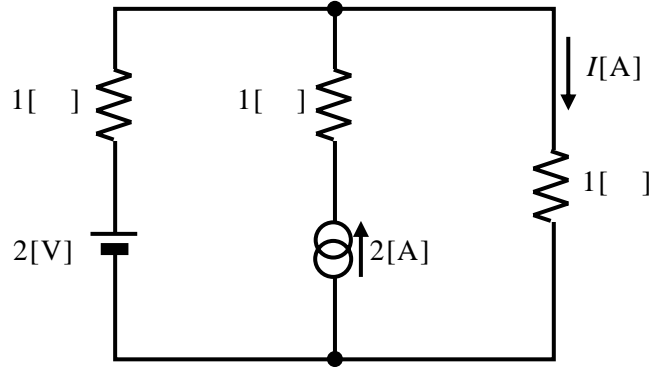
- イ . 11 ロ . 12 八 . 13 二 . 14

ヒント 重ねの理で回路に流れる電流を求めて、電源電圧から抵抗での電圧降下を引算します。

【回答】：イ

【問 3】

回路に流れる電流 I [A]は。



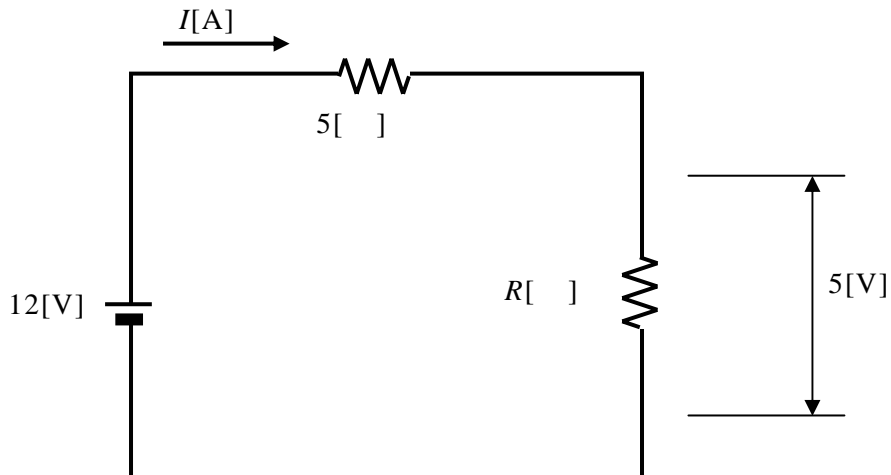
- イ . 2 ロ . 3 八 . 4 二 . 5

ヒント重ねの理で計算してください。

【回答】：イ

【問 4】

図の回路で、抵抗 5 []に流れる電流 I [A]は。



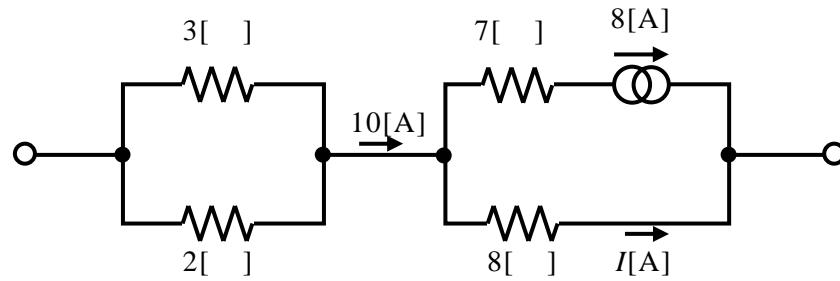
- イ . 1.0 ロ . 1.4 八 . 2.0 二 . 2.4

ヒントキルヒホッフの法則で解きましょう。

【回答】：ロ

【問 5】

図の回路で流れる電流 I [A]は。



イ . 2 ロ . 3 ハ . 4 ニ . 5

ヒントキルヒホッフの法則で解きましょう。

【回答】：イ