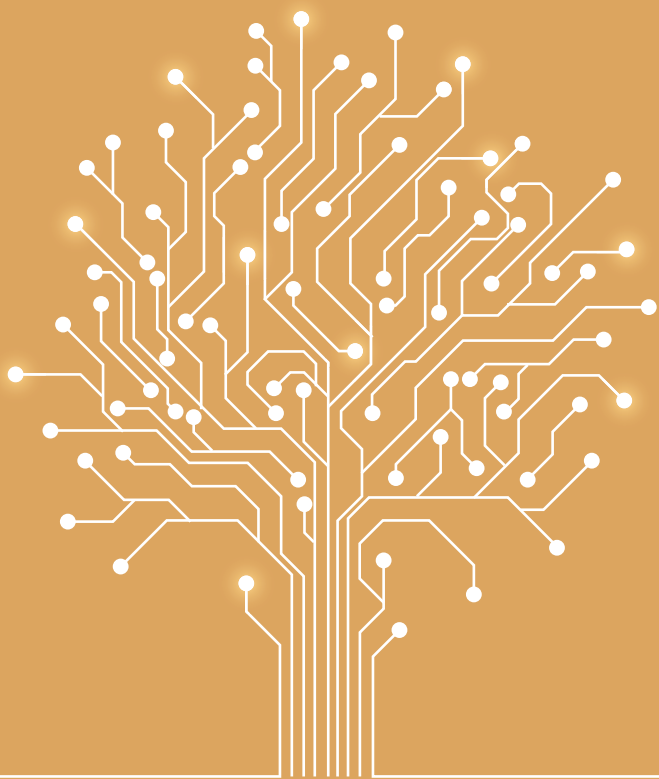


2024年度版
第三種電氣主任技術者

合格講座

理論編①



第1章 直流回路

1-1. オームの法則	6
1-2. キルヒホッフの法則	10
1-3. 抵抗	12
1-4. ブリッジ回路	16
1-5. Δ - Y 変換	20
1-6. 重ね合わせの理	24
1-7. テブナンの定理	28
1-8. ミルマンの定理	32
1-9. 過渡現象	34

第2章 交流回路

2-1. 正弦波交流	40
2-2. 平均値と実効値	44
2-3. コイルとコンデンサ	48
2-4. 交流回路	52
2-5. 共振	60
2-6. 交流の電力	64
2-7. 交流のブリッジ回路	68

第3章 三相交流回路

3-1. 三相交流の表し方	72
3-2. 三相交流の Δ - Y 変換	78
3-3. 三相交流電力計算	82
3-4. V 結線	86

はじめに

電験三種における「理論」科目は 4 科目の中で最も基礎となる科目であり、章構成は以下のようになっています。

第 1 章・・・直流回路

第 2 章・・・交流回路

第 3 章・・・三相交流回路

第 4 章・・・静電気

第 5 章・・・電磁気

第 6 章・・・電子工学

第 7 章・・・電気・電子計測

最も基礎となる理由ですが、例えば、交流回路で登場する力率が理解できなければ、電力科目の同期調相機や電力コンデンサが理解できなくなります。また、三相交流回路や電磁気が理解できなければ、機械科目の誘導機や同期機で出てくる回転磁界が理解できなくなります。そうなってしまうと丸暗記で突破するか、理論科目の勉強に戻ってくるということになりますが、どちらも非効率的です。

このように、「理論」科目は他科目の学習効率に影響する科目であるため、なるべく暗記ではなく理解を中心とした学習を心掛けるとよいかと思います。また、各単元の末尾には基本問題や練習問題を用意していますので、自分自身が単元をしっかりと理解できたかどうかを確認する場として積極的に問題に取り組んでいただければと思います。

それから、本書は別冊「電気基礎」「電気数学」を読了した方を対象として執筆していますので勉強を進める段階で、これらを読了されていない方は、読了した上で学習を進めると効率的に勉強できますので是非ご活用いただければと思います。

また、本書は説明文を可能な限り減らし、「理論」科目の合格に本当に必要なことだけを図などを多く取り入れながら効率的に学べるように執筆致しました。重要な公式や現象がどれか?といった事が一目で分かるレイアウトとしていますが、それを丸暗記するのではなく一度、**現象や公式を自分の頭の中にイメージし、「この現象はつまりこういうことなんだ!」「この公式の言おうとしていることはこういうことなんだ!」という風に自分自身の頭の中に落とし込んでいくようにしてください。**惰性のまま思考せずに勉強していくと、期間が経った後に勉強したことを忘れてしまいやすいので注意してください。

それでは、これから「電験三種」の合格に向けて着実に一步一步踏みしめていきましょう。頑張ってください。

1 章 直流回路

時間が経過しても電流や電圧の方向や大きさの変化がおきないのが直流回路の大きな特徴です。この章で学習する内容が第2章の交流回路や第3章の三相交流回路に発展していき、電力科目や機械科目、法規科目の土台ともなるので、まずはこの章の内容を確実におさえましょう。

● 第1章の学習内容

- 1-1. オームの法則
- 1-2. キルヒホッフの法則
- 1-3. 抵抗
- 1-4. ブリッジ回路
- 1-5. Δ -Y 変換
- 1-6. 重ね合わせの理
- 1-7. テブナンの定理
- 1-8. ミルマンの定理
- 1-9. 過渡現象

1-1 オームの法則

難易度

学習の
ポイント

オームの法則は電気の最も基本となる法則です。抵抗に流れる電流が抵抗にかける電圧に比例するというのを学習しましょう。

オームの法則

1つの抵抗の両端にかかる電圧を2倍、3倍…としていくと、その抵抗に流れる電流も2倍、3倍…となります。このような関係を**オームの法則**といい、**抵抗を流れる電流は抵抗の両端にかかる電圧に比例します**。

オームの法則

$$V = RI \quad I = \frac{V}{R} \quad R = \frac{V}{I}$$

V: 電圧 [V] R: 抵抗 [Ω] I: 電流 [A]

1つの抵抗に着目してオームの法則を適用

図1-1の抵抗に流れる電流 I は、オームの法則を適用して $50 \div 10 = 5\text{A}$ と簡単に求めることができます。しかしながら、闇雲に公式に代入すればいいというわけではありません。

例えば、図1-2の回路図では50Vの電源に10Ωの抵抗を接続していますが、この回路では、電源電圧の50Vが**“抵抗”**にかかり、**“抵抗”**に着目してオームの法則を使うことで、“抵抗”に流れる電流が5Aと求められるので、A点に流れる電流も5Aであるといえます（分岐の無い一本道では電流は変化しないので）。

1つの抵抗に着目するというのがポイントとなります。これが、オームの法則の使い方の1つ目です。

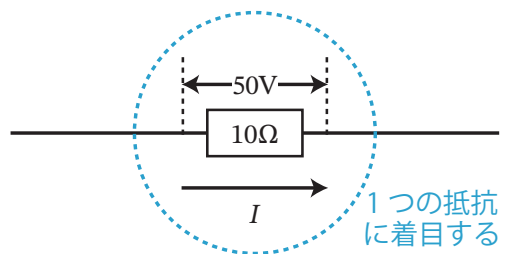


図 1-1

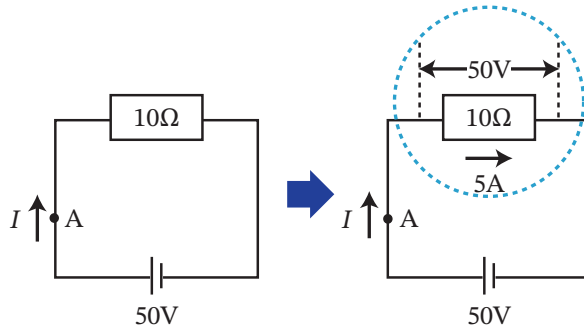


図 1-2

回路全体に着目してオームの法則を適用

オームの法則は「電圧=抵抗×電流」という公式でしたが、これを回路全体に適用すると次のようになります。

$$\text{「電源電圧} = \text{回路全体の抵抗} \times \text{電源を流れる電流} \text{」}$$

回路全体の抵抗というのは図 1-3 のように、回路上の複数の抵抗を合成して 1 つの抵抗に置き換えたときの抵抗のことです。

図 1-4 の例題の場合、2 つの抵抗の各抵抗値は分かりま

せんが、その 2 つの抵抗を合成した抵抗値は、回路全体に着目してオームの法則を適用することで、 $60\text{V} \div 20\text{A} = 3\Omega$ と求めることができます。

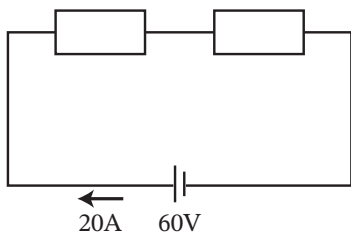


図 1-4

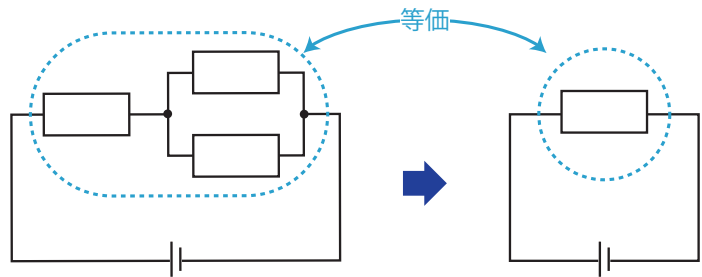


図 1-3 回路全体の抵抗

これを応用して、回路のある一部分にオームの法則を使うこともできますが、まずは

- ① 1 つの抵抗に着目して使う方法
- ② 回路全体に着目して使う方法

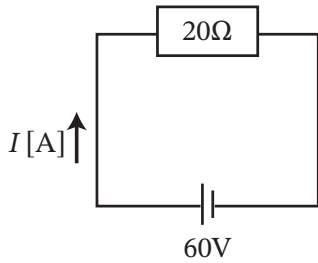
この二つをマスターしてください。

基本問題

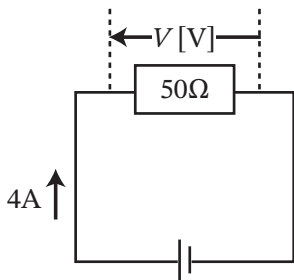
- ① オームの法則における、電流を求める公式を答えよ。
- ② オームの法則における、電圧を求める公式を答えよ。
- ③ オームの法則における、抵抗を求める公式を答えよ。

練習問題

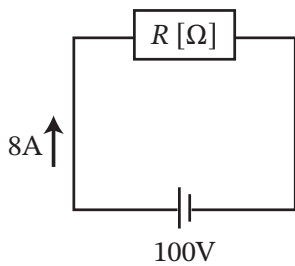
- ① 電流 I の値を求めよ。



- ② 電圧 V の値を求めよ。



- ③ 抵抗 R の値を求めよ。



1-2 キルヒホッフの法則

難易度
★☆☆

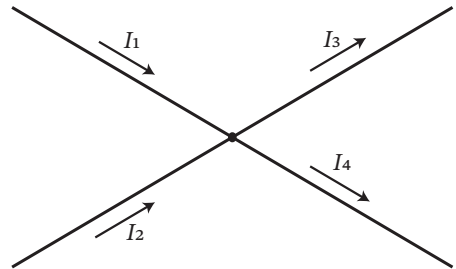
学習の
ポイント

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。前者は電流に関するとても理解しやすい法則です。後者は電圧に関する法則ですが、ここでつまづく方が多いです。ゆっくり丁寧に理解するように心がけてください。

キルヒホッフの第一法則

電気回路の任意の点において、**流入する電流の和と流出する電流の和が等しくなることをキルヒホッフの第一法則**といいます。

すなわち、一本道であれば電流が増えたり減ったりすることは無いともいえます。



$$\underline{I_1 + I_2} = \underline{I_3 + I_4}$$

流入電流の和 流出電流の和

図 1-5 キルヒホッフの第一法則

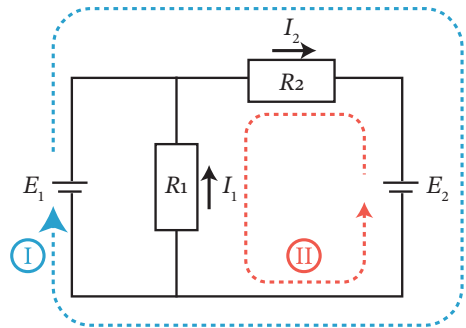
キルヒホッフの第二法則

電気回路の任意の閉回路において、**起電力の和は電圧降下の和に等しくなることをキルヒホッフの第二法則**といいます。

キルヒホッフの第二法則を利用して問題を解くときは以下の手順で解きます。

- ① 任意の閉回路を決める (向きを矢印で書き表す)。
- ② 閉回路に対して方程式を立てる (左辺に起電力、右辺に電圧降下と決めておくとよい)。
- ③ 方程式を解く。

また、②の方程式を立てる際、**起電力や電圧降下の方向**には特に気を付け、符号が間違っていないかに気を配りながら立式するとよいでしょう。



$$\text{I : } E_1 - E_2 = I_2 R_2$$

$$\text{II : } \underbrace{E_2}_{\text{起電力の和}} = \underbrace{-I_2 R_2 - I_1 R_1}_{\text{電圧降下の和}}$$

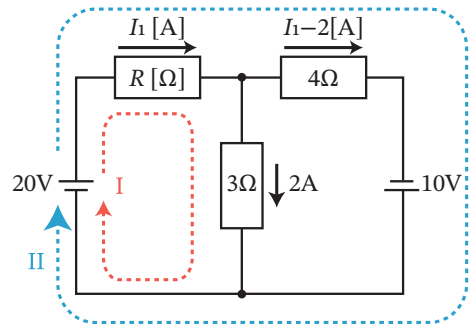
図 1-6 キルヒホッフの第二法則

基本問題

- ①電気回路の任意の点において、流入する電流の和と流出する電流の和が等しくなる法則を何と
いうか。
- ②電気回路の任意の閉回路において、起電力の和は電圧降下の和に等しくなる法則を何と
いうか。

練習問題

キルヒホッフの第二法則を用いて I の経路、II の経路の回路方程式を立てて、連立方程式により I_1 [A] を求めよ。



解答・解説

基本問題

- ①キルヒホッフの第一法則
- ②キルヒホッフの第二法則

練習問題

回路方程式は以下ようになる。

$$I : 20 = RI_1 + 3 \times 2$$

$$II : 20 + 10 = RI_1 + 4(I_1 - 2)$$

これを、式変形して連立方程式を立てると

$$\begin{cases} 20 = RI_1 + 6 \\ 30 = RI_1 + 4I_1 - 8 \end{cases}$$

このようになり、これを解いて

$$I_1 = 6A \quad \dots\dots\dots(\text{答})$$

となる。

1-3 抵抗

難易度



学習のポイント

導体の抵抗値は、その形や材質や温度によって変化します。条件の変化によって抵抗値がどのように変化するかを理解するように心がけましょう。

形や材質の変化

抵抗の大きさは、同じ形で同じ大きさであったとしても材質が違えば異なります。 物質ごとの 1m^3 の立方体あたりの抵抗値を**抵抗率**といい、 ρ (ロー) という量記号で単位は $[\Omega \cdot \text{m}]$ を用います。

物質	抵抗率 ρ [$\Omega \cdot \text{m}$]
銀	1.6×10^{-8}
銅	1.7×10^{-8}
金	2.0×10^{-8}
アルミニウム	2.7×10^{-8}
鉄	9.8×10^{-8}
ビニール	$10^{11} \sim 10^{14}$
ゴム	$10^{11} \sim 10^{16}$

また、**抵抗値は同じ材質であったとしても形や大きさによっても異なります。** 長さが長くなればなるほど抵抗値はそれに比例して大きくなり、断面積が大きくなればなるほど抵抗値はそれに反比例して小さくなります。すなわち、抵抗を小さくしたければ、長さを短くして断面積を大きくしてやるとよいということですね。以上のことより、抵抗値は次の公式で表されます。

抵抗の公式

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

R : 抵抗 [Ω] ρ : 抵抗率 [$\Omega \cdot \text{m}$] S : 断面積 [m^2] l : 長さ [m]

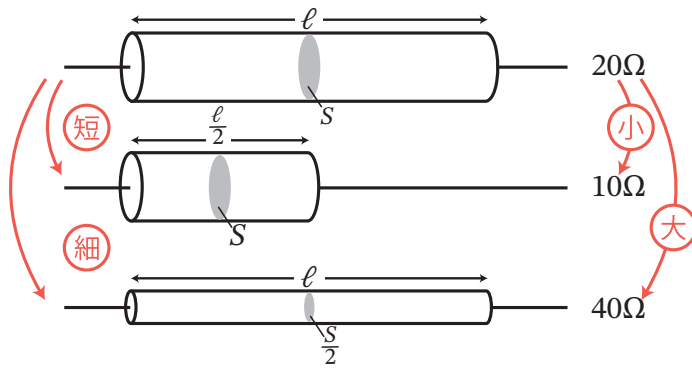


図 1-7 断面積と長さとの抵抗の関係図

コンダクタンスと導電率

抵抗値の逆数のことを**コンダクタンス**といい、単位は [S] (ジーメンズ) を用います。

コンダクタンスの公式

$$G = \frac{1}{R}$$

G: コンダクタンス [S] R: 抵抗 [Ω]

また、抵抗率の逆数のことを**導電率**といい、単位は [S/m] を用います。

導電率の公式

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

σ: 導電率 [S/m] ρ: 抵抗率 [Ω・m]

温度の変化

一般的に抵抗は温度の上昇によって、その抵抗値も上昇します (例外有り)。

そして、ある温度での抵抗値を基準として、温度が 1℃ 上昇したときに変化する抵抗値の割合のことを**抵抗温度係数**といいます。

例えば、 20°C での抵抗温度係数 $\alpha_{20} = 0.05$ の抵抗があったとしましょう。この抵抗が 20°C で 50Ω であったとき、

$$21^{\circ}\text{C} \text{にすると} \Rightarrow 50\Omega \times 1.05 = 52.5\Omega$$

$$22^{\circ}\text{C} \text{にすると} \Rightarrow 50\Omega \times 1.10 = 55.0\Omega$$

$$23^{\circ}\text{C} \text{にすると} \Rightarrow 50\Omega \times 1.15 = 57.5\Omega$$

また、

$$19^{\circ}\text{C} \text{になると} \Rightarrow 50\Omega \times 0.95 = 47.5\Omega$$

$$18^{\circ}\text{C} \text{になると} \Rightarrow 50\Omega \times 0.90 = 45.0\Omega$$

という感じになります。また、抵抗温度係数が 0.05 ということはすなわち 1°C 上昇（下降）あたり 2.5Ω 上昇（下降）すると考えると分かりやすいですね。

以上のことより、 $t_1[^{\circ}\text{C}]$ における抵抗を $R_1[\Omega]$ 、 $t_2[^{\circ}\text{C}]$ における抵抗を $R_2[\Omega]$ 、 $t_1[^{\circ}\text{C}]$ における抵抗温度係数を $\alpha_1 [^{\circ}\text{C}^{-1}]$ とすると、次の公式が成立します。

抵抗温度係数の公式

$$R_2 = R_1 \times \{1 + \alpha_1(t_2 - t_1)\}$$

基本問題

- ①同一材質で出来た円柱状の導体抵抗の断面積を3倍にすると、抵抗値は何倍になるか。
- ②同一材質で出来た円柱状の導体抵抗の半径を3倍にすると、抵抗値は何倍になるか。

練習問題

20°C での抵抗温度係数 $\alpha_{20} = 0.02$ の抵抗がある。この抵抗が 20°C で 10Ω であったとき、 26°C での抵抗値 $R_{26} [\Omega]$ を求めよ。

1-4 ブリッジ回路

難易度



学習のポイント

この単元では、まず最初にブリッジ回路がどのような回路であるかを理解し、その後、ブリッジの平衡条件について理解を深めるように進めていくと良いでしょう。また、交流回路の章でも再度登場しますので、学んだことを忘れないようにしましょう。

ブリッジ回路

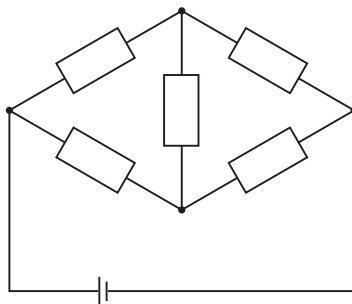


図 1-8 ブリッジ回路

図 1-8 のような回路を**ブリッジ回路**といいます。ブリッジ回路は様々なパターンがありますが試験で出題される代表的なブリッジ回路を図 1-9 にまとめます。いずれも、ぱっと一目でブリッジ回路であると分かるようにしておきましょう。

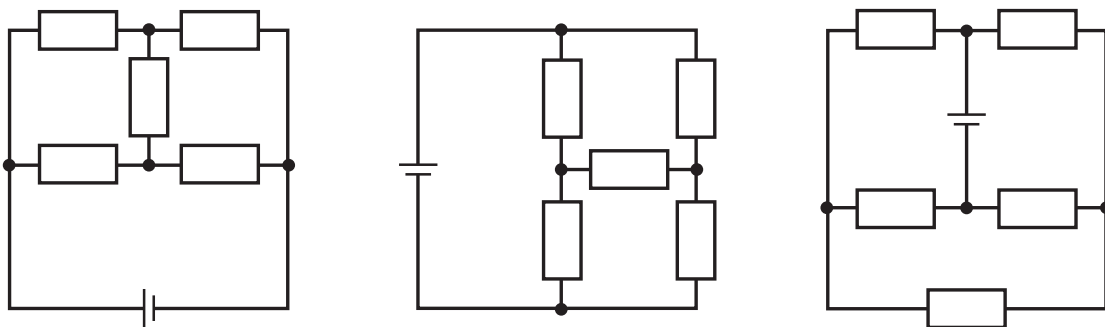


図 1-9 様々なブリッジ回路

ブリッジの平衡条件

ブリッジ回路は図 1-10 のように点 a と点 b の電位が同じとき、検流計には電流が流れません。この状態を**ブリッジが平衡している**といい、向かい合う抵抗の積が等しくなり、以下の公式が成立します。

a 点と b 点は同電位
ⓐは検流計を表しています。

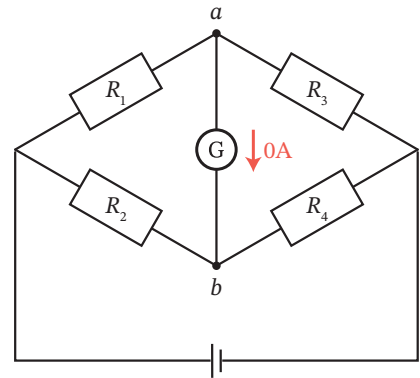


図 1-10 ブリッジ回路の平衡

ブリッジの平衡条件

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

また、ブリッジが平衡しているときは、図 1-11 のように**ブリッジ部分を切り離して接続しても、流れる電流が変化しない**のも重要な特徴です。

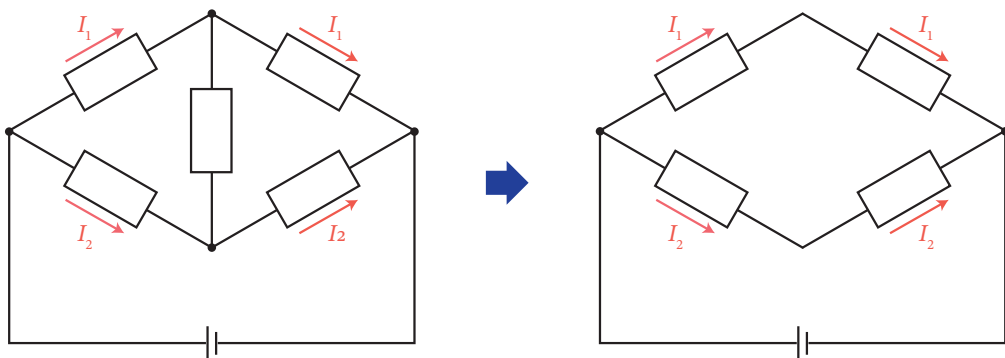
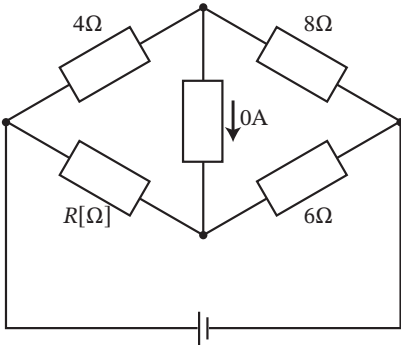


図 1-11 ブリッジ回路の特徴

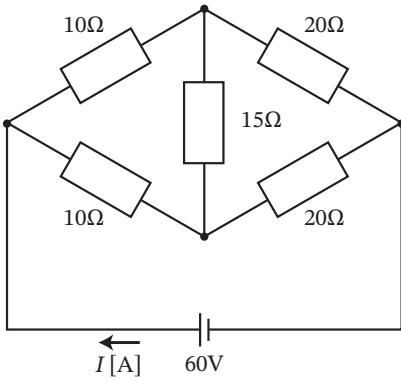
基本問題

抵抗 $R[\Omega]$ を求めよ。



練習問題

電流 $I[\text{A}]$ を求めよ。



解答・解説

基本問題

ブリッジ部分に電流が流れていないことから、ブリッジが平衡しているので、

$$4 \times 6 = 8 \times R$$

$$8R = 24$$

$$R = 3\Omega \quad \dots\dots\dots(\text{答})$$

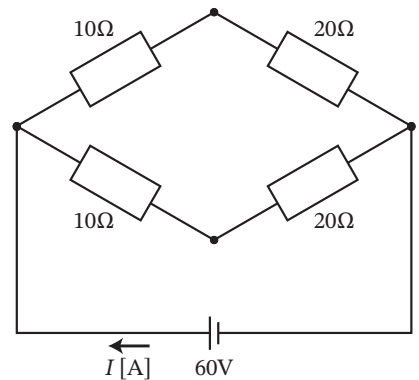
練習問題

$10 \times 20 = 10 \times 20$ より、ブリッジが平衡しているので、

ブリッジ部分を取り除くことができる。

回路全体の抵抗は 30Ω と 30Ω の並列なので、 15Ω となる。

$$\text{よって、} I = \frac{60}{15} = 4\text{A} \quad \dots\dots\dots(\text{答})$$



memo

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1-5 Δ -Y変換

難易度

学習の
ポイント

Δ -Y変換は三相交流回路でも使用する大切な単元です。覚える公式がややこしいので、しっかりと時間をかけて覚えましょう。また、どういった場合に Δ -Y変換を使うべきか、という視点で考えながら学習を進めていきましょう。

Δ 結線とY結線

Δ 型に結線したものを **Δ 結線**、Y型に結線したものを**Y結線**といいます。

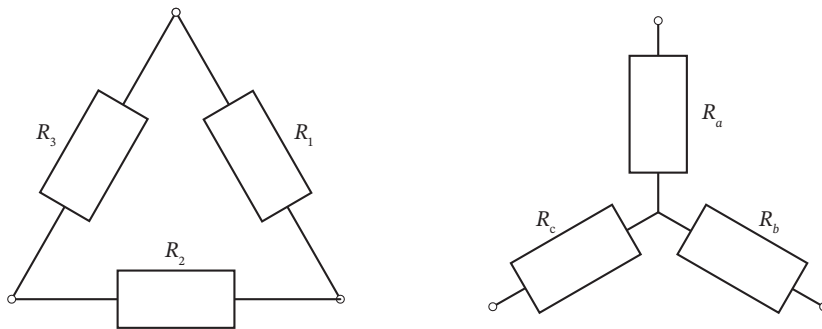


図 1-12 Δ 結線とY結線

$\Delta \rightarrow Y$ 変換

Δ 結線とY結線はそれぞれ互いに変換することができます。直流回路では Δ 結線があると回路計算が難しくなるため、 Δ 結線をY結線に変換する機会が多いのでまずはこれを覚えましょう。

$\Delta \rightarrow Y$ への変換公式は**和分の隣積**で覚えましょう。隣積というのは隣あう抵抗同士を掛けるという意味です。例えば R_a は上部にあるので、上部にある R_1 と R_3 を掛けたものを分子におきます。

$\Delta \rightarrow Y$ の変換公式

$$R_a = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_c = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$