第 *1* 章　電気理論

第１節 直流回路

１－１　オームの法則

図１－１の回路で、R [Ω]の抵抗に V [V] の電圧を加えると抵抗 R には I [A] の電流が流れる。これを数式で表すと、

$$V = RI \qquad (1-1)$$

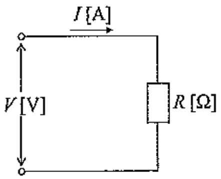


図1－1 オームの法則

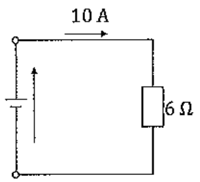
となる。この式（１－１）がオームの法則と呼ばれ、直流回路を計算する時の最も重要な基本法則である。（１－１）式を変形して、

$$I = \frac{V}{R} \qquad (1-2)$$

$$R = \frac{V}{I} \qquad (1-3)$$

例１－１

図の回路で抵抗 R を 6 Ω とすると、この回路に 10 A の電流を流すには、何 V の電圧を加えれば良いか。



解

(1-1) 式より

$$V = RI = 6\ \Omega \times 10\ \mathrm{A} = 60\ \mathrm{V}$$

１－２　抵抗の直列接続

図１－２のように抵抗 R_1 と抵抗 R_2を直列につないだ回路にV [V]の電圧を加えると、$I = \frac{V}{R_1+R_2}$の電流が流れる。R_1 に流れる電流と R_2 に流れる電流は同じ

でR_1 の両端の電圧 V_1 は$V_1 = R_1 I$、R_2の両端の電圧V_2は$V_2 = R_2 I$となる。したがって、

$$V = V_1 + V_2 = R_1 I + R_2 I = (R_1 + R_2) I$$

$$\therefore\ R = R_1 + R_2 \qquad (1-4)$$

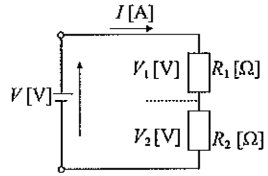


図1－2 抵抗の直列接続

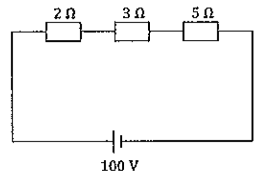
となる。多くの抵抗が直列接続されている場合は

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots\cdots \qquad (1-5)$$

となる。

例１－２

図の回路において、各抵抗の端子電圧はいくらか。



解

（１－５）式より$R = 2\ \Omega + 3\ \Omega + 5\ \Omega = 10\ \Omega$

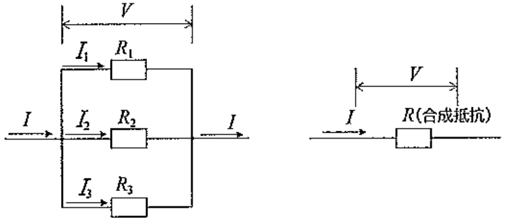
（１－２）式より

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100\mathrm{V}}{10\Omega} = 10\ \mathrm{A}$$

$V_{2\Omega} = 2\ \Omega \times 10\ \mathrm{A} = 20\ \mathrm{V}$、$V_{3\Omega} = 3\ \Omega \times 10\ \mathrm{A} = 30\ \mathrm{V}$、

$V_{5\Omega} = 5\ \Omega \times 10\ \mathrm{A} = 50\ \mathrm{V}$

1－3 抵抗の並列接続



(a)抵抗の並列接続　　(b)抵抗の等価回路

図1－3 並列接続

図１－３(a)のように３つの抵抗が並列に接続された場合、図１－３(b)の等価回路はつぎのように計算される。図１－３(a)の各抵抗R_1、R_2、R_3の端子電圧はすべてVなので、各抵抗に流れる電流をI_1、I_2、I_3とすると

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad I_2 = \frac{V}{R_2} \quad I_3 = \frac{V}{R_3}$$

となる。全電流IはI_1、I_2、I_3の和であるため、

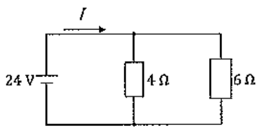
$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)V$$ となる。

一方、等価回路(b)において、 $I = \frac{V}{R}$なので、合成抵抗Rは

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad (1-6)$$ となる。

例１－３

4Ωと6Ωの抵抗を並列接続した回路に24Vの直流電圧を加えると、この回路に流れる全電流はいくらか。

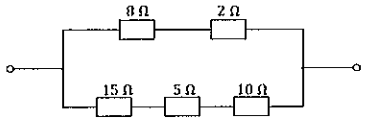


解　合成抵抗をRとすると式（１－６）より

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{3+2}{12} = \frac{5}{12} \quad R = \frac{12}{5}\ \Omega \quad I = \frac{V}{R} = \frac{24}{12/5} = 10\ \mathrm{A}$$

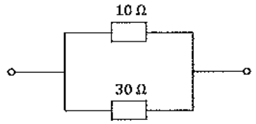
例１－４

図の合成抵抗はいくらか。



解

まず直列抵抗を計算すると、下図の回路となる。



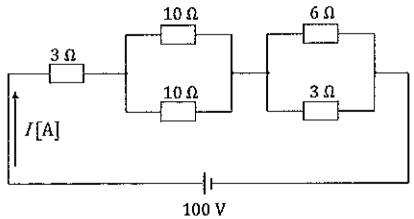
上記回路の合成抵抗は

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{30} = \frac{3+1}{30} = \frac{4}{30}$$

$$\therefore\ R = \frac{30}{4} = 7.5\ \Omega$$

例１－５

図の回路に流れる電流はいくらか



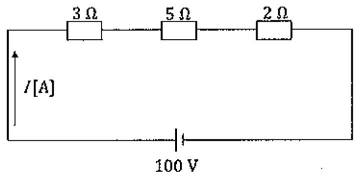
解

先ず並列抵抗分を合成抵抗で表す。

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} \qquad R_1 = 5\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \qquad R_2 = 2\ \Omega$$

図に表すと右の回路となる。



したがって。

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{3+5+2} = \frac{100}{10} = 10\ \mathrm{A}$$

1－4 キルヒホッフの法則

図１－４に示すような多くの電源や抵抗などが繋がっている複雑な回路の電流はオームの法則だけで求めることが困難である。このような回路ではキルヒホッフの法則を用いる。キルヒホッフの法則とは(1)電気回路において任意の節点に流れ込む電流の総和に関する法則と(2)任意の閉回路の電圧の総和に関する法則である。

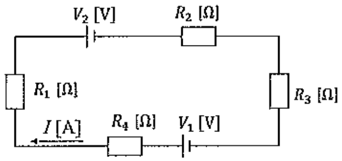


図1－4 複数電源、抵抗のある回路

(1) キルヒホッフの第一の法則（電流に関する法則）

電気回路中の任意の接続点に流入する電流の総和は、流出する電流の総和に等しい。

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 \qquad (1-7)$$

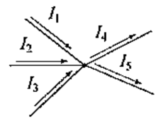


図1－5 キルヒホッフ第一の法則

(2) キルヒホッフの第二の法則（電圧に関する法則）

電気回路の任意の閉回路を一定方向にたどると、その閉回路における起電力の総和は電圧降下の総和に等しい（任意の閉回路において起電力の総和と電圧網の総和の合計は０である）。

経路１

図１－６(a)の経路１において、右回りを正とする。起電力をEとすると、起電力Eは経路において右回りに電流を流そうとし、電位を上昇させるから、$+E$となる。次に抵抗R_1は電位を降下させるから、$-R_1I_1$、抵抗R_2も電位を降下させるから、$-R_2I_2$となる。つまり、

$+E - R_1I_1 - R_2I_2 = 0$ となり、$E = R_1I_1 + R_2I_2$ が成立する。

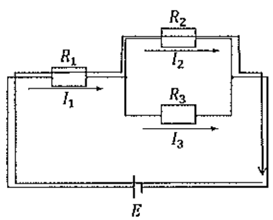


図1－6(a) キルヒホッフ第二の法則 経路1

経路２

図１－６(b)の経路２において、キルヒホッフ第二の法則の式は

$+E - R_1I_1 - R_3I_3 = 0$となり、$E = R_1I_1 + R_3I_3$

が成立する。

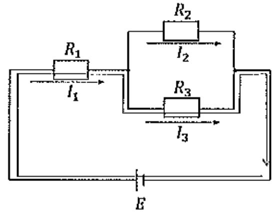


図1－6(b) キルヒホッフ第二の法則 経路2

経路３

図１－６(c)の経路３においても、キルヒホッフ第二の法則の式が成り立つ。右回りを正とする。この経路では起電力はなく、I_3の向きは右向きなので

$R_2I_2 - R_3I_3 = 0$ となる。

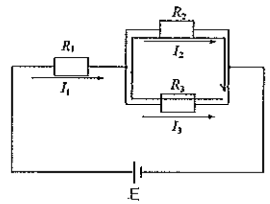
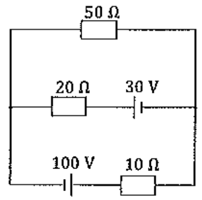


図1－6(c) キルヒホッフ第二の法則 経路3

例１－６

図の回路において50Ωの抵抗に流れる電流はいくらか。また電流の方向を矢印で記入しなさい。



解

まず２つの閉回路を考え、電流I_1、I_2、I_3を図のように仮定する(右回りを正)。

① の閉回路式 $\quad 30 = 50I_2 - 20I_3$ ・・・・・・①

② の閉回路式 $\quad -100 - 30 = 20I_3 + 10I_1$ ・・・・・②

キルヒホッフの第一法則により、

$I_1 = I_2 + I_3$ ・・・・・・③

I_1を②に代入して、式を整理すると

$-130 = 20I_3 + 10I_2 + 10I_3$

$= 10I_2 + 30I_3$ ・・・・・④