

## 2. 電流の熱作用

### 2.1. 電流による発熱

抵抗に電流が流れると熱が発生し、電気エネルギーが熱エネルギーに変換されることは、日常生活で経験上知っている。これはこみ合っている中で、人を押しのけて無理に通ろうとすると身体が熱くなるのに似ていて、まさつ抵抗があるためである。

この現象を理論的にまとめた人が、イギリスの物理学者 J・P ジュールである。ジュールは 1840 年に実験の結果より次のことを発見した。

導体を流れる電流によつて単位時間に発生する熱量は、電流の 2 乗と抵抗との積に比例する。

この法則をジュールの法則という。ジュールの法則によれば、 $I$  [A] の電流が  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗に単位時間 (1 秒間) 流れると、発生する熱量  $H$  は、次式で表わされる。

$$H \propto I^2 R$$

いま 1 A の電流が 1  $\Omega$  の抵抗に 1 秒間流れるとエネルギーの単位で 1 ジュール (単位記号 J) の熱が発生する。ゆえに  $t$  秒間には、上のジュールの法則より、次式の熱が発生する。

$$H = I^2 R t \text{ [J]} \quad (2-1)$$

熱の単位は一般にカロリー<sup>①</sup> (単位記号 cal) で表わすので、1 ジュールをカロリーに換算すると、実験結果よりほほ次の関係にある。

$$1 \text{ J} = 0.24 \text{ cal} \quad (2-2)$$

よつて、

$$H = 0.24 I^2 R t \text{ [cal]} \quad (2-3)$$

となる。

この電流による発熱作用は、電燈や電熱装置として、照明や、物体の加熱、乾燥、溶解等に広く利用されている。

① 1 カロリーとは、水 1 g の温度を 1  $^{\circ}\text{C}$  上昇させるに必要な熱量である。

〔問 2-1〕 100V, 3A の電熱器を 30 分間使用したときの発熱量は何  
カロリーとなるか。

## 2.2. 電力量と電力

### 電 力 量

抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] に電流  $I$  [ $A$ ] が  $t$  秒間流れたとき発生する熱量は、式 (2-1) から、

$$H = I^2 R t \text{ [J]}$$

である。一方、オームの法則より、 $IR = V$  であるから上式は、 $H = V I t$  となる。ところで、これは熱 (仕事) が  $V$ 、 $I$  という電気の量で書き表わされることを示している。この場合は電気エネルギーが熱エネルギーに変換されたのであるが、エネルギーは相互にいろいろな形に変換され得るものであるから、電気エネルギーによってなされた仕事という意味で、上式の  $H$  を  $W$  と置き換えて、次式で書く。

$$W = V I t \text{ [J]} \quad (2-4)$$

そして、このような電気の仕事を電力量と呼ぶことにする。

### 電 力

上 (2-4) 式で、 $t = 1$  秒とおくと単位時間当りにする仕事に費やされる電気エネルギーとなる。これは単位時間当りに費やされるエネルギーの大小の目安となるもので、電力と呼び、記号  $P$  で表わす。

電力の単位は、1 秒間に 1 J の仕事をする割合を単位とし、これを 1 ワット (単位記号  $W$ ) という。したがって、電力  $P$  は

$$P = V I \text{ [W]} \quad (= I^2 R = V^2 / R) \quad (2-5)$$

または次式で表わす。

$$P = \frac{\text{電力量 } W \text{ [J]}}{\text{時間 } t \text{ [S]}} \text{ [W]} \quad (2-6)$$

また、式 (2-6) より逆に、電力量  $W$  は

$$W \text{ [J]} = P \cdot t \text{ [WS]} \quad (2-7)$$

とも書ける。

大きな電力量を表わす単位には、ワット時(記号はWh)あるいはキロワット時(KWh)を用いる。1[wh]とは、1Wの電力を1時間消費したときの電力量、1[kwh]とは、1kwの電力を1時間消費したときの電力量のことで、1Kwh=1000Whの関係がある。

[問2-2] 20Ωの電熱線に100Vを加えて5Aが流れたときの電力[W]はいくらか。

[問2-3] ある抵抗に20Aの電流を通じたとき1Kwの電力を消費した。このときの抵抗は何オームか。

[例2-1] 定格が100V, 500Wの電熱器を90Vの電圧で使くと、そのときの消費電力[W]はどうか。ただし、電熱器の抵抗値は変わらないものとする。

[解] 定格電圧100Vで使用すれば500Wの電力を消費するわけであるから、このときの電熱器の抵抗値を求めると、式(2-5)の $P = V^2/R$ より、

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{500} = 20\Omega$$

この抵抗Rの値は90Vで使用するときも不変であるから、そのときの消費電力を $P'$ とすれば、前式(2-5)より、

$$P' = \frac{V'^2}{R} = \frac{90^2}{20} = \frac{8100}{20} = 405W$$

となる。

[注] これを、定格電圧で使用した場合の電流値Iを式(2-5)の $P = VI$ より求め、

$$I = \frac{P}{V} = \frac{500}{100} = 5A$$

この電流Iの値でもって、 $P'$ を次のように計算するのは誤りである。

$$P' = V' \cdot I = 90 \times 5 = 450W$$

なぜならば、定格で使用しているときに流れていた電流Iは、電圧値が90V

になったときは、抵抗が一定であるため、減少して、5 A ではないからである。

[問 2-4] 白熱電球定格 100 V, 60 W を 110 V で使用すれば消費電力 [W] はどうなるか。

[問 2-5] 電熱器の端子にかかる電圧が 10 % 上昇すれば、消費される電力の増加は何パーセントか。

[例 2-2] 500 W の電熱器を毎日 2 時間ずつ使うとき 30 日間の使用電力量 [Kwh] はいくらか。

[解] 30 日間の使用時間  $t$  は、 $t = 30 \times 2 = 60$  時間  
一方式 (2-7) より、 $P = 500 W$  であるから、

$$W = p t = 500 \times 60 = 30.000 Wh = 30 Kwh$$

[問 2-6] 3 Kw の電熱器を 2 時間、150 W の電球 2 個を 4 時間使用したときの電力量 (Kwh) は。

[問 2-7] つぎのような電気器具を、家庭で 1 日当たり下表のような時間で使用すると、1 箇月の消費電力量はいくらになるか。ただし、一箇月は 30 日として計算せよ。

| 品 名    | 台 数 | 消費電力[W] | 使用時間[h] |
|--------|-----|---------|---------|
| 洗 たく 機 | 1   | 80      | 1       |
| テレビジョン | 1   | 140     | 5       |
| けい光燈   | 5   | 47      | 6       |

[問 2-8] 100  $\Omega$  の抵抗線に 5 A の電流が 30 分間流れたときの消費電力量は何 Kwh か。

### 練 習 問 題

- (1) 1 kwh  $\doteq$  860 kcal となる。これを証明せよ。
- (2) 図(2)の回路で 4  $\Omega$  の抵抗に消費される電力 (kw) はいくらか。
- (3) 中性線が X 印で断線した  $a b$ ,  $b c$  間の電圧は何ボルトか。
- (4) 図(4)の回路で、中性線電流  $I$  は何アンペアか。
- (5) 100 V, 300 W の電気アイロンを 2 時間使用したときの消費電力量

を kwh と J とで示せ。

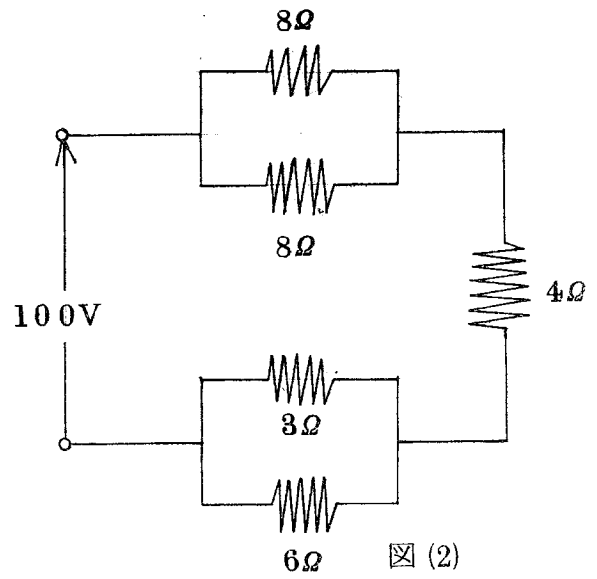


図 (2)

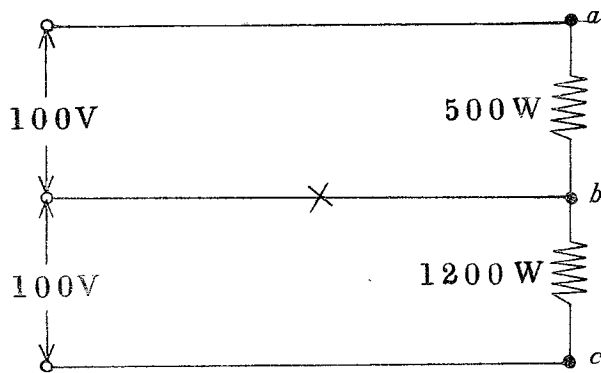


図 (3)

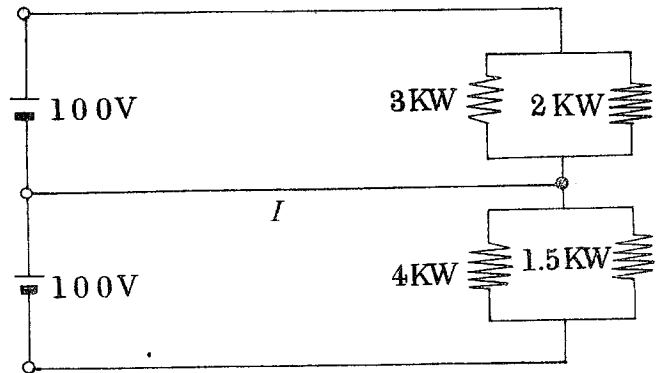


図 (4)