

# 第6章

## 物理量の測定方法

### 6.1 直流電流の測定

#### ● 測定要領

電流計は、原則として測定する回路に対して図6.1(a)のように直列に接続します。これは、回路に対して並列に接続すると、電流計に直接高い電圧が加わり、大きな電流がテストに流れることによって、破損することがあるためです。

測定レンジを選ぶ際は、計算などにより、あらかじめ概略値を求めておく必要があります。概略値を求められない場合は、最大測定レンジで概略値を求めてから、順次最適レンジへと切り替えます。一般的に、測定範囲内でできるだけ大きな指示となるレンジのことを、最適レンジといいます。デジタル・マルチメータの場合、オート・レンジのテストでは自動的に最適レンジが選択されます。

0.25/2.5/25/250mA レンジをもつテストで、図6.2(a)に示すようなコレクタ電流の測定を考えてみます。

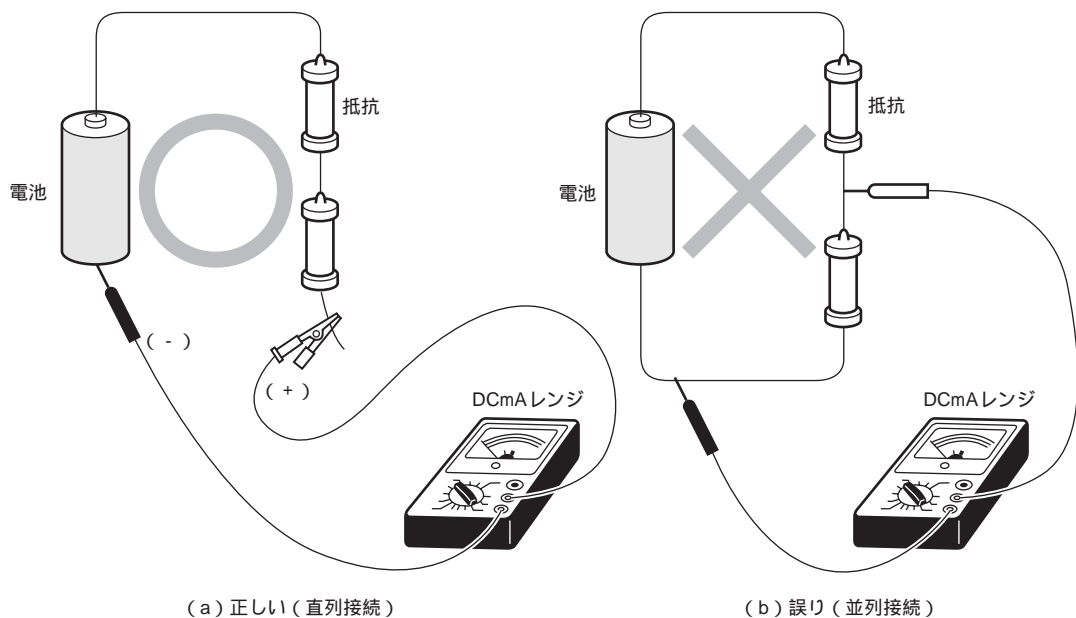


図6.1 電流計の接続

回路の電源スイッチをOFFにして×印部分を切り離し、その間に電流計を接続します。トランジスタの型(PNP, NPN)によってコレクタ電流の向きが逆になるので、注意が必要です。PNP型ではコレクタ側に電流計の(+ )を接続します。

コレクタ電流が1mA前後であれば、2.5mAレンジが適当です。0.25mAレンジでは指針が振り切れ、25mAレンジでは振れが小さいため、正しく読みとれません。

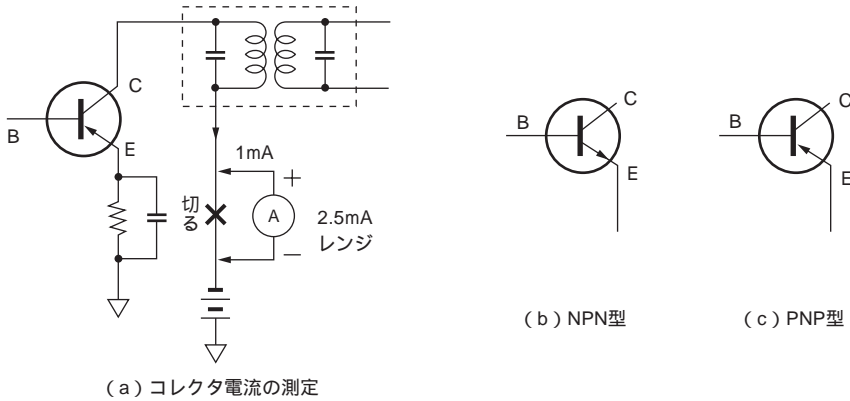


図6.2 コレクタ電流の測定

### ●電流計の内部抵抗の影響

電流計の内部抵抗の大きさは、テスタの種類やレンジによってさまざまです。およその目安は、次のとおりです。電圧降下に直すと、アナログ・テスタでは0.1～0.5V、デジタル・マルチメータでは0.2～0.4V(最大表示時)のものが多くあります。

|           |          |
|-----------|----------|
| 0.5mA レンジ | 200～1000 |
| 5mA レンジ   | 20～100   |
| 50mA レンジ  | 2～10     |
| 500mA レンジ | 0.2～1    |

テスタを測定回路に接続すると、これらの内部抵抗によって回路電流が実際より減ってしまいます。図6.3を例にとって、計算から回路電流*I*を求めると、

$$I = \frac{1.5V}{3k} = 500 \mu A$$

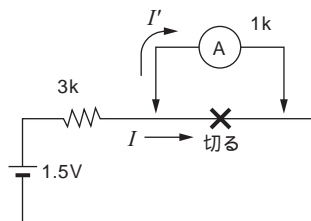


図6.3 回路電流の計算値と測定値の違い

となります。

ここで、×印の部分に内部抵抗1k の電流計を接続して測定すると、回路電流は減少して電流計の指示 $I'$ は、

$$I' = \frac{1.5V}{(3 + 1)k} = 375 \mu A$$

となり、実際の動作状態より125  $\mu A$  (25%)程度低い指示値になります。

次に、電流計の内部抵抗が200 と小さい場合について計算すると、約31  $\mu A$  (6.2%)程度のマイナス誤差になります。テストに限らず、電流計の精度に関係なく発生するこのような測定誤差は、理論誤差と呼ばれています。このことから、同じ大きさの電流レンジであれば、内部抵抗の低いほうが有利になります。

### ● 電源の内部抵抗の影響

電流計の内部抵抗と同様に注意が必要なのは、電源の内部抵抗です。こちらは大きな値ではありませんが、低抵抗大電流の回路ではやはり問題になります。

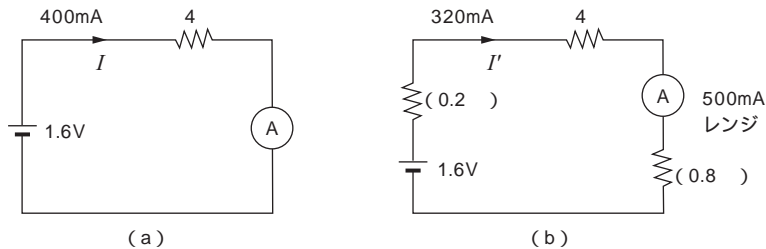


図6.4 電源の内部抵抗の影響

図6.4(a)の計算から求めた電流 $I$ は400mAで、これは理想的な回路の測定値です。しかし、実際には同図(b)に示すように、電源にも電流計にも内部抵抗があります。一般によく使われている単1型(R20)~単4型(R03)乾電池は、新しいものでも0.3~1 の内部抵抗があります。電流計の抵抗(たとえば、0.8 )も含めて計算すると、回路電流 $I'$ は、

$$I' = \frac{1.6}{4 + (0.3 \sim 1) + 0.8} = 314 \sim 276mA$$

となり、非常に大きな誤差が生じてきます。

### ● 電圧計を利用して電流を測定する方法

電流計による電流測定では、回路を測定するごとに切断して電流計を接続する、というわずらわしさがあります。回路電流が大きく、あまり正確さが要求されない測定の場合、図6.5に示すように回路を切断せずに、電圧計を利用して計算から電流を求めることができます。

たとえば、抵抗3k の両端の電圧の測定値が60Vであったとすると、オームの法則から抵抗器に流れている電流 $I$ は、次のように算出することができます。

$$I = \frac{E}{R} = \frac{60V}{3k} = 20mA$$

ただし、電圧計の内部抵抗  $r$  が既知抵抗  $R$  の値より十分大きくないと(数十倍以上)、測定誤差が大きくなります。この方法は、抵抗器の値が正しければ、前項のような抵抗回路にも応用して、より正確な電流測定が期待できます。

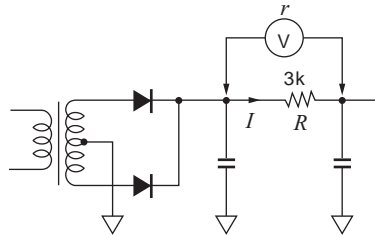


図6.5 電圧降下法による電流の測定

## 6.2 交流電流の測定

一般的に、数 mA 以上の商用周波数(50/60Hz)の交流電流が、測定対象になります。

### ● トランスを使用した整流器型電流計

アナログ・テスタの場合、交流電流レンジは整流器の非直線性の弊害を避けるためにトランスを使用します。トランスには、次のような性質があります(図6.6)。ただし、デジタル・マルチメータの場合は、電流を抵抗(シャント抵抗)に流し、その電圧降下を測定する方式なので、感度が高いためトランスが不要になります。

$$\frac{n_2}{m_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

この関係から、 $n_1$  を少なく  $n_2$  を多く巻き、一次側に大きな電流  $I_1$  を流すと、二次側では  $I_1$  に比例した高い電圧  $V_2$  を取り出すことができます。この電圧を内部抵抗の高い電圧計で測定すると整流器の影響が少なく、よい結果が得られます(図6.7)。

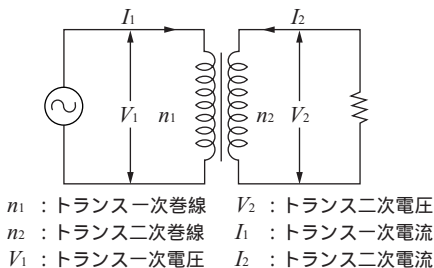


図6.6 トランスの性質

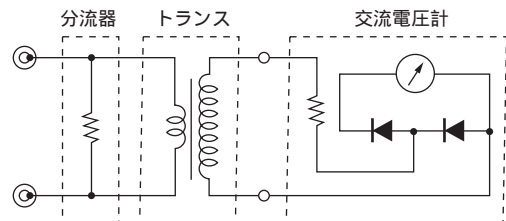


図6.7 トランスを使用した電流計