

合点！電子回路入門

石井 聡
Satoru Ishii

第12回

回路の時間変化の
俊敏さ/緩慢さを示す時定数【後編】



図12-1 コイルは「違いに対して反応する」

前回に引き続き、^{じていすう}時定数を説明します。時定数は、ある回路での電圧/電流の大きさが切り替わったとき、その回路内部の変化状態(過渡現象)の「俊敏さ/緩慢さ」を指し示す数値です。

教科書や参考書では「スイッチON!(OFFもあるが)」の過渡現象を考えています。しかし本稿では電子回路らしく、電圧/電流の大きさが変化するときの過渡現象を考えます。

今回は、より深く時定数を理解するために必要なことについて引き続き説明していきましょう。

コイルの場合の過渡現象のふるまい

今回は電子回路設計現場で実際によく出くわす、コンデンサと抵抗の回路について説明してきました。しかし一部とはいえ、コイルと抵抗を使った回路も当然ながら存在します。

そこで、ここでは簡単に、コイルと抵抗の回路での過渡現象のようすと、その時定数の考え方を簡単に紹

介しておきます。

● コイルと抵抗の回路の時定数は $\tau = L/R$

コンデンサと抵抗の回路の時定数 τ [sec] は、 $\tau = CR$ でした。コイルと抵抗の回路の時定数は $\tau = LR$ ではなく、次のようになります。

$$\tau \text{ [sec]} = \frac{L}{R} \dots\dots\dots(12-1)$$

ここで、 L [H] はインダクタンスです。抵抗 R [Ω] が分母になります。これは注意してください。

▶ コイルに流れる電流の変化量でコイルの端子電圧が決定する

コンデンサでは「だんだんと、おなががいっぱいになってくる」と説明しました(前回の図11-7参照)。コイルの動きは(同じリアクタンスを発生させる素子でありながら)、コンデンサとはまったく正反対なのです。

図12-1を見てください。コイルは、コイルに流れる電流の変化量でコイルの端子電圧が決定します。

伝達関数 ▶ 回路への入力信号が回路内部で増幅されるなりして変換され、出力に出てくるとき、入力対出力の周波数特性を関数の形で表したもの。

「コイルは違いに対して反応する」と言えるでしょう。この動きが図12-2以降の動きの基本になっています。

▶ 立ち上がりがダラダラとしていく電圧波形

コイルと抵抗の回路の場合、図12-2の立ち上がり部分のような波形は、図12-3(a)の回路で見られます。これと同じ波形になるコンデンサと抵抗の組み合わせは、図12-3(b)の回路です。コイル/コンデンサと抵抗の位置が逆ですね。

また、図12-2の波形が現れる端子は、図12-3(a)の抵抗Rの端子電圧であり、同図(b)のコンデンサの場合と異なります。一方で、図12-3(a)のコイルLの端子電圧を測定すると、これも同図(b)の抵抗Rの端子電圧と同じなのです。

コイルとコンデンサは、それぞれリアクタンスになる素子ではありますが、ふるまいが異なるためです。しかし、素子の種類と配置位置にこそ違いはあれ、それぞれの出力端子で同じ電圧/電流の波形カーブになるように動いていることは、とても面白いことです。

時定数 τ は、図12-2の矢印で示す時間長になります(電圧の大きさが最終の電圧値の63%になるまでの時間)。この波形 $v(t)$ を数式で表すと、次のようになります。

$$v(t) [V] = V(1 - e^{-t/\tau}) \dots\dots\dots (12-2)$$

式(12-2)は、前回の式(11-4)と同じです。なお、 $\tau = CR = L/R$ であれば、図12-2の波形は図12-3

(a)でも(b)でもまったく同じ時間軸になります。

▶ 立ち下がりがダラダラとしていく電圧波形

図12-2の立ち下がり部分のような波形も、図12-3(a)の回路で見られます。ここでも、矢印で示す時間長が時定数 τ になっています。電圧の大きさが、最終の大きさの37%になったところが時定数 τ になります。変化するカーブの進み具合で考えれば、63% (100% - 37% = 63%) なわけですね。

ここでも、時定数 $\tau = L/R$ です。この波形を数式で表すと、次のようになります。

$$v(t) [V] = Ve^{-t/\tau} \dots\dots\dots (12-3)$$

式(12-3)は、前回の式(11-5)と同じですね。

▶ 立ち上がりが急峻で、それからダラダラしていく電圧波形

図12-4のような波形は、図12-5(a)のような回路で見られます。この波形を「微分波形」と呼びます。コンデンサと抵抗の組み合わせの場合は同図(b)の回路になります。これも抵抗の位置が逆ですね。

ここでも図12-4のように、矢印で示す時間長が時定数 τ になっています。最終の電圧値の37%、進み具合で63%なのは先ほどとまったく同じです。

時定数も $\tau = L/R$ です。この波形を数式で表すと、式(12-3)と同じになります。

また、この波形の場合は図12-4のように、立ち下がり方向の波形になる場合もあります。これはプラス

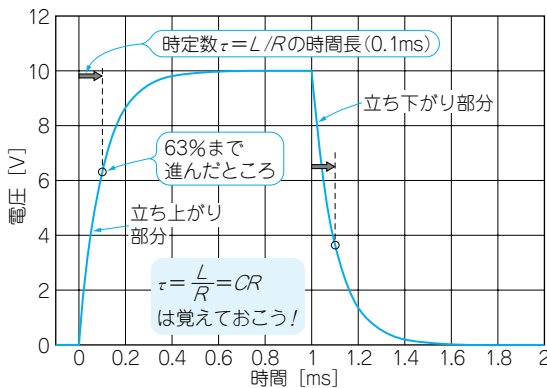


図12-2 立ち上がり/立ち下がりがダラダラとしていく電圧波形 (V = 10 V, L = 1 mH, R = 10 Ω)

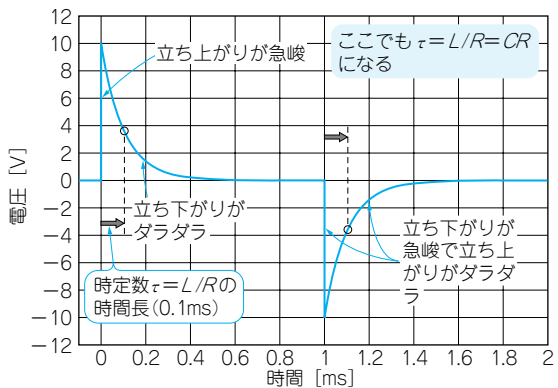


図12-4 立ち上がり/立ち下がりが急峻で、それからダラダラしていく電圧波形 (V = 10 V, L = 1 mH, R = 10 Ω)

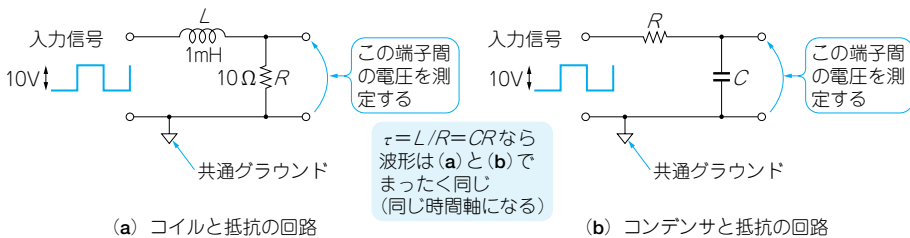


図12-3 図12-2の波形になる回路の例