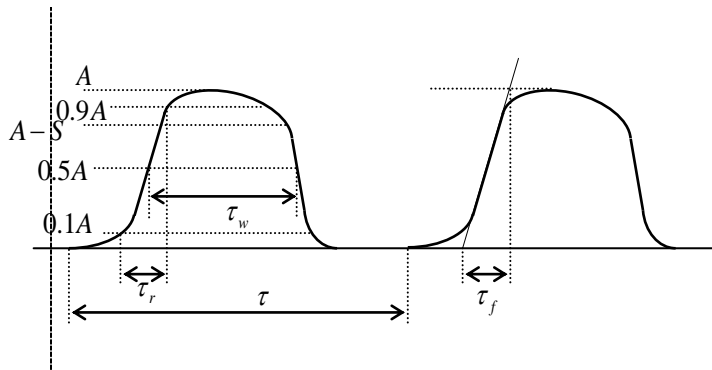


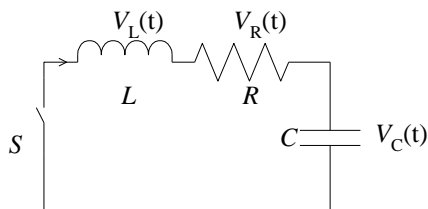
### 第3章 パルス発生回路

#### 3.1 パルス波形の表し方

- (1) 10%-90% 立ち上がり時間  $\tau_r$
- (2) 波頭長  $\tau_f$
- (3) パルス幅  $\tau_w$  (半値全幅)
- (4) サグ  $(S/A) \times 100\%$
- (5) 繰り返し周期  $\tau$  ( $\tau = 1/f$ )
- (6) デューティ比  $D = \tau_w / \tau$
- (7) オーバーシュート, アンダーシュート



#### 3.2 CLR 回路



- (1) 減衰振動  $\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2 > 0, \left(\sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{R}{2}\right)$

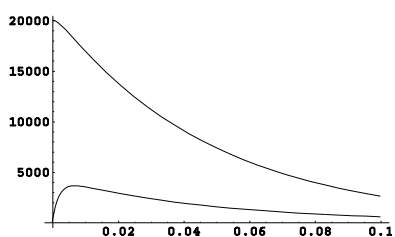
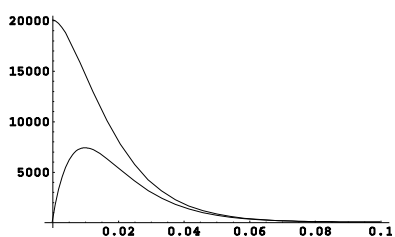
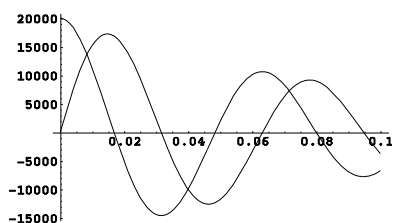
$$i(t) = \frac{V_0}{\omega_0 L} e^{\frac{-R}{2L}t} \sin \omega_0 t, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$

- (2) 臨界制動  $\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2 = 0$

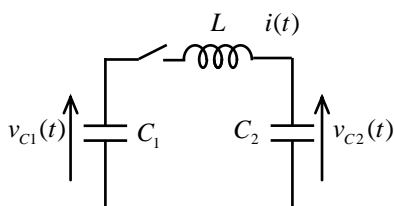
$$i(t) = \frac{V_0 t}{L} e^{\frac{-R}{2L}t}$$

- (3) 過制動  $\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2 < 0$

$$i(t) = \frac{V_0}{\omega_0 L} e^{\frac{-R}{2L}t} \sinh \omega_0 t, \quad \omega_0 = \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$



#### 3.3 CLC 回路 (容量移行型回路)



$$v_{C1}(t) = V_0 \left[ 1 - \frac{C_2}{C_1 + C_2} (1 - \cos \omega_0 t) \right]$$

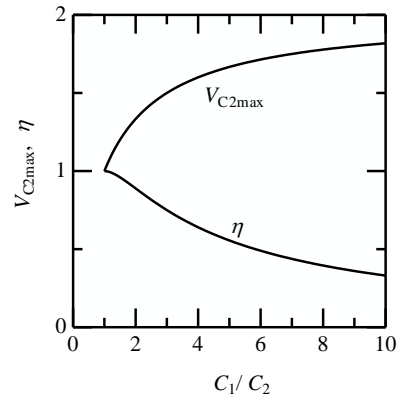
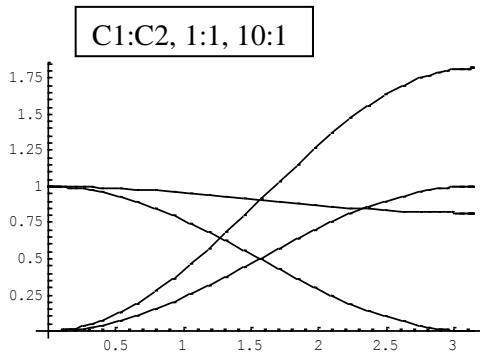
$$v_{C2}(t) = V_0 \left[ \frac{C_1}{C_1 + C_2} (1 - \cos \omega_0 t) \right]$$

$$i(t) = \frac{\omega_0 V_0}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \sin \omega_0 t,$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L} \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)}$$

$$v_{C_2 \max} = \frac{2V_0}{1 + \frac{C_2}{C_1}} \quad (\text{導出は各自})$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} C_2 v_{C_2 \max}^2}{\frac{1}{2} C_1 V_0^2} = 4 \frac{C_2 / C_1}{\left( 1 + C_2 / C_1 \right)^2}$$



$C_1 = C_2 = C$  とすると

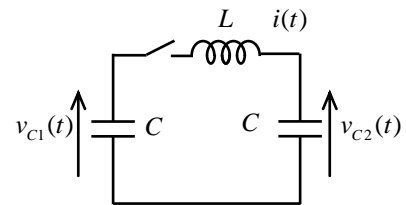
$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L} \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)} = \sqrt{\frac{2}{LC}} = \frac{\pi}{T/2} = \frac{\pi}{\tau}$$

$$i(t) = \frac{\omega_0 V_0}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \sin \omega_0 t = \frac{\pi}{\tau} \frac{C V_0}{2} \sin \frac{\pi}{\tau} t = \sqrt{\frac{C}{2L}} V_0 \sin \frac{\pi}{\tau} t$$

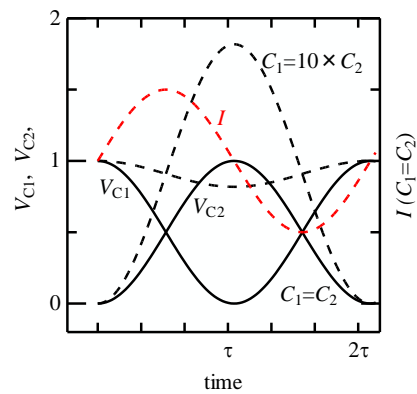
$$v_{C_1}(t) = V_0 \left[ 1 - \frac{C_2}{C_1 + C_2} (1 - \cos \omega_0 t) \right] \\ = \frac{V_0}{2} (1 + \cos \omega_0 t) = \frac{V_0}{2} \left( 1 + \cos \frac{\pi}{\tau} t \right)$$

$$v_{C_2}(t) = V_0 \left[ \frac{C_1}{C_1 + C_2} (1 - \cos \omega_0 t) \right] \\ = \frac{V_0}{2} (1 - \cos \omega_0 t) = \frac{V_0}{2} \left( 1 - \cos \frac{\pi}{\tau} t \right)$$

$$v_{C_2 \max} = \frac{2V_0}{1 + \frac{C_2}{C_1}} = V_0$$



$$\eta = \frac{\frac{1}{2} C_2 v_{C_2 \max}^2}{\frac{1}{2} C_1 V_0^2} = 4 \frac{C_2 / C_1}{\left( 1 + C_2 / C_1 \right)^2} = 1$$



### 3.4 PFN 回路(パルス整形回路, LC ラダー回路)

$L$ : 1段あたりのインダクタンス

$C$ : 1段あたりのキャパシタンス

$n$ : 段数

パルス幅:  $\tau_p \approx 2n\sqrt{LC} = 2nC\sqrt{\frac{L}{C}} = 2nCZ$

PFN の特性インピーダンス:  $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$

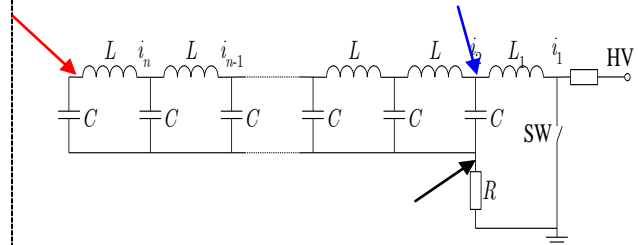
出力電圧:  $V_{\text{out}} = \frac{R}{Z+R} V_0$

整合負荷では,  $V_{\text{out}} = \frac{1}{2} V_0$

出力電流:  $I_{\text{out}} = \frac{V_0}{Z+R}$

$Z$  と  $\tau_p$  が与えられると,

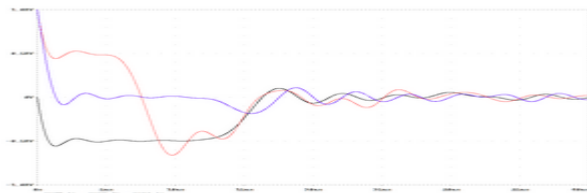
$C = \frac{\tau_p}{2nZ}, L = \frac{\tau_p Z}{2n}$  となる。



パルス立ち上がり時間:  $\tau_r \approx \frac{\pi}{2\sqrt{\frac{1}{L_1 C} - \frac{R^2}{4L_1^2}}}$

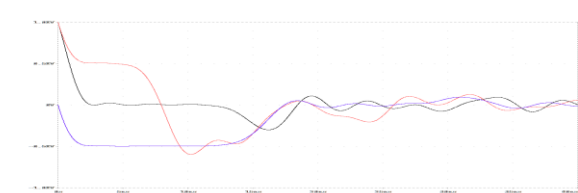
出力波形が平坦になる目安:  $n = \frac{\tau_p}{\tau_r}$

7 段の計算例 (1  $\mu\text{F}$ , 1  $\mu\text{H}$ , 1  $\Omega$ )

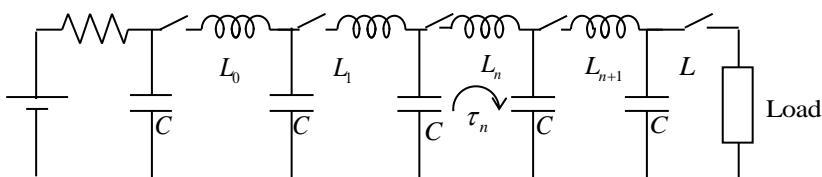


計算ツール (1) PSpice (2) Scilab

7 段の計算例 (1  $\mu\text{F}$ , 1  $\mu\text{H}$ , 1  $\Omega$ ,  $L_1$ : 1.9  $\mu\text{H}$ )



### 3.5 パルス圧縮の原理



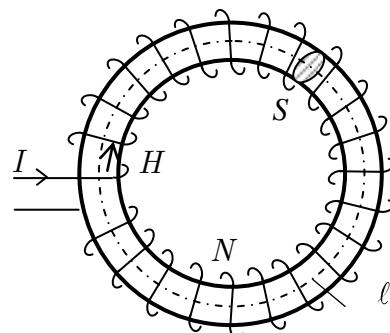
$C_0 = C_1 = C_n$  とする。

$L_0$  はスイッチの自己インダクタンス: 絶縁距離を確保するため, 小さくできない。  $L_1$  はパルス電圧が加わるため, 絶縁距離は短くできる (パルス絶縁に於ける  $V-t$  特性) によってスイッチの大きさは小さくできる。 によって  $L_0 > L_1 > L_n$  とできる。 各段にスイッチが必要だがパルス圧縮可能,

### 3.6 磁気パルス圧縮回路

#### 磁気スイッチの動作原理

磁気スイッチまたは過飽和リアクトル: 磁性体の飽和と非飽和の状態変化を利用  
磁性体内の磁束



$$\Phi = B \cdot S = \int V_p dt$$

巻線に加えたパルス電圧と磁束変化量の関係

$$\Delta B = \frac{1}{NS} \int_0^{t_p} V_p dt = \frac{V_p t_p}{NS}$$

磁束が飽和するまでの時間

$$t_s = \frac{\Delta B NS}{V_p} = \frac{(B_{sat} \pm B_r) SN}{V_p}$$

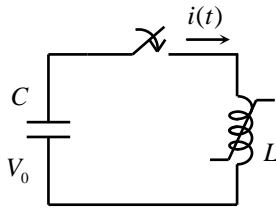
リアクトル非飽和時のインダクタンス

$$L_{unsat} = \mu_r \mu_0 \frac{SN^2}{\ell} \text{ (トロイダル形状)}$$

リアクトル飽和時のインダクタンス

$$L_{sat} = \mu_0 \frac{SN^2}{\ell}$$

両者の比は:  $1/\mu_r$



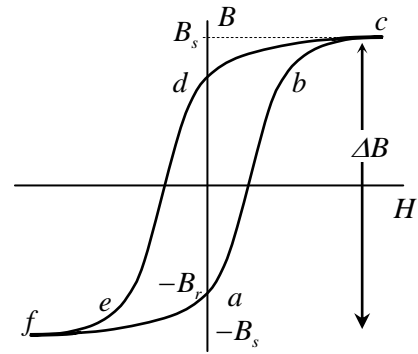
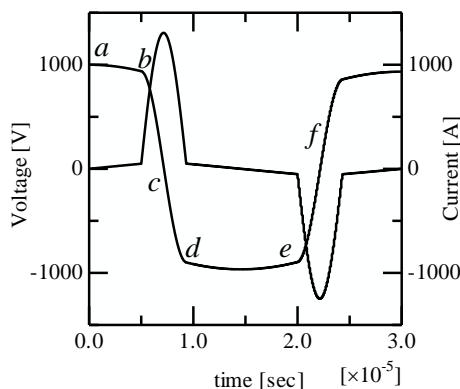
過飽和リアクトルの動作説明回路

コンデンサ放電を考える

(1) コンデンサ  $C$  の初期電圧:  $V_0$

(2) 時刻 0 でスイッチ ON

過飽和リアクトル  $L$  のコア (磁性体) は非飽和状態



$B-H$  カurve

\*  $a$  からスタートするようにリセット動作を行う。

$a-b$  間の傾きは磁性体の比透磁率  $\mu_r$  を示す

回路電流の時定数:

非飽和時のインダクタンス  $L_{unsat}$  と  $C$  容量値

回路電流値

$$I = V_0 \sqrt{\frac{C}{L_{unsat}}} \text{ より小電流}$$

(3) 過飽和リアクトル  $L$  が飽和状態に変化

回路電流の時定数:

飽和時のインダクタンス  $L_{sat}$  と  $C$  容量値

回路電流値 ( $V_0'$  は飽和時の電圧)

$$I \approx V_0' \sqrt{\frac{C}{L_{sat}}} \text{ より大電流}$$

(4) 回路電流が反転し, コアは非飽和

(1)  $B-H$  カurve 上の  $a$  からスタート

(2)  $b$  に進む

(3)  $b-c-d$  間は過飽和リアクトルが飽和:

$$\mu_r \rightarrow 1, L_{unsat} \rightarrow L_{sat}$$

(4)  $d$  より非飽和,  $e$  に進む

左図: 電流, 電圧波形