



群馬大学

講義補足資料

スイッチと電力損失

群馬大学 電気電子工学専攻
小林春夫



理想スイッチは電力損失がゼロ

- 電力損失 $P = V I$
- スイッチオフのとき
 $I = 0$, したがって $P = 0$



- スイッチオンのとき
 $V = 0$, したがって $P = 0$





群馬大学

ゼロ電圧スイッチング (Zero Voltage Switching : ZVS)



● スイッチ OFF 時

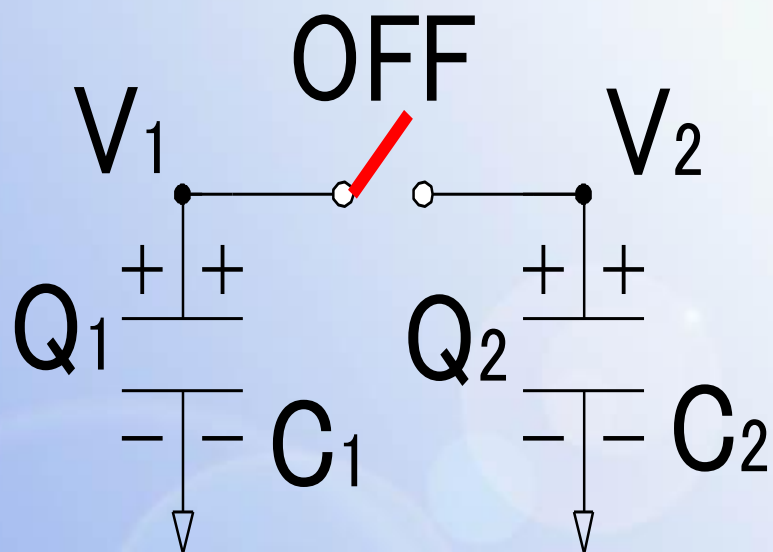
電荷：

$$Q_1 = C_1 \cdot V_1$$

$$Q_2 = C_2 \cdot V_2$$

エネルギー：

$$E = \frac{1}{2} C_1 \cdot V_1^2 + \frac{1}{2} C_2 \cdot V_2^2$$





● スイッチ ON 時

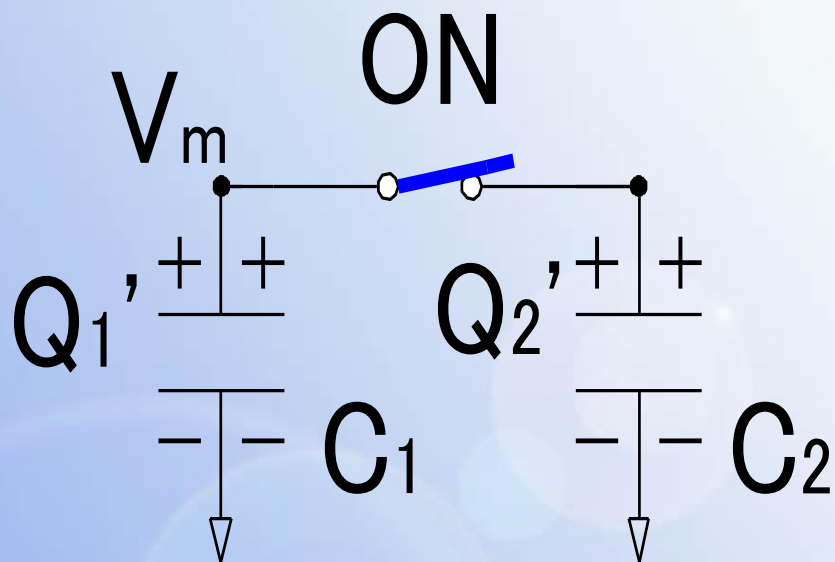
電荷：

$$Q_1' = C_1 \cdot V_m$$

$$Q_2' = C_2 \cdot V_m$$

エネルギー：

$$E' = \frac{1}{2} (C_1 + C_2) V_m^2$$





- 電荷保存則

SW OFF 時の電荷 $Q_1 + Q_2$

ON 時の電荷 $Q_1' + Q_2'$

$$\therefore V_m = \frac{1}{C_1 + C_2} (C_1 \cdot V_1 + C_2 \cdot V_2)$$

- SW OFF 時と ON 時の蓄積エネルギーは異なる。

SW ON時のスイッチでのエネルギー・ロス

$$\begin{aligned} E_{loss} &= E - E' \\ &= \frac{1}{2} \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} (V_1 - V_2)^2 \end{aligned}$$

- $V_1 = V_2$ のとき、SW ON → ゼロ電圧スイッチング

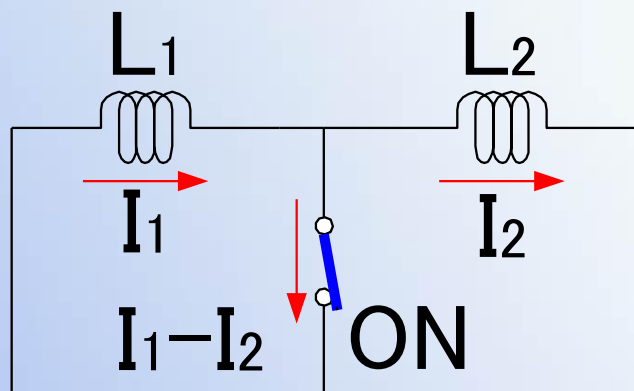
→ スイッチ・エネルギー・ロス $E_{loss} = 0$



群馬大学

ゼロ電流スイッチング (Zero Current Switching: ZCS)

ゼロ電圧スイッチングの双対問題



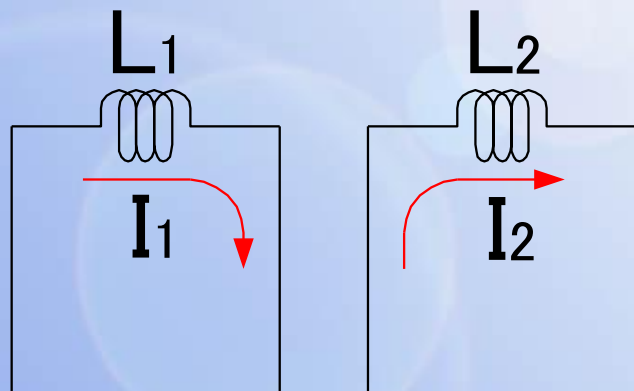
● スイッチ ON 時

磁束：

$$L_1 \cdot I_1 + L_2 \cdot I_2$$

エネルギー：

$$E = \frac{1}{2} L_1 \cdot I_1^2 + \frac{1}{2} L_2 \cdot I_2^2$$





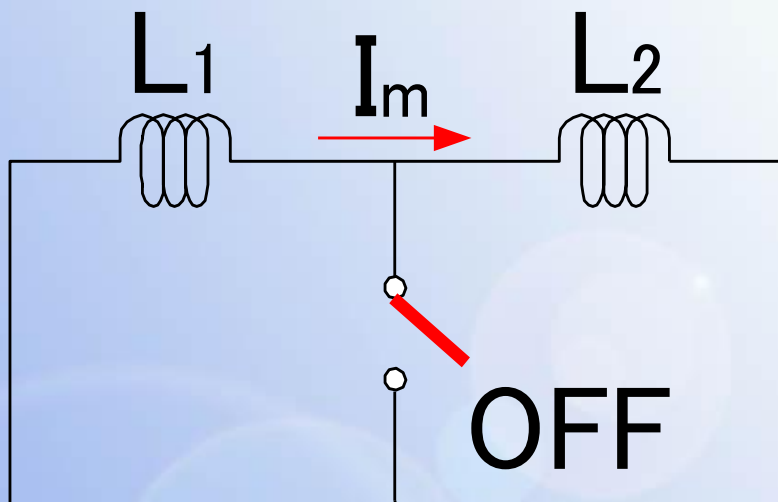
● スイッチ OFF 時

磁束 :

$$(L_1 + L_2)I_m$$

エネルギー :

$$E' = \frac{1}{2} (L_1 + L_2) I_m^2$$



●磁束保存則

SW ON 時の磁束 $L_1 \cdot I_1 + L_2 \cdot I_2$

OFF 時の磁束 $(L_1 + L_2)I_m$

$$\therefore I_m = \frac{1}{L_1 + L_2} (L_1 \cdot I_1 + L_2 \cdot I_2)$$

● SW ON 時と OFF 時の蓄積エネルギーは異なる。

SW OFF 時のスイッチでのエネルギー・ロス

$$\begin{aligned} E_{loss} &= E - E' \\ &= \frac{1}{2} \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} (I_1 - I_2)^2 \end{aligned}$$

● $I_1 = I_2$ のとき、SW OFF → ゼロ電流スイッチング

→ スイッチ・エネルギー・ロス $E_{loss} = 0$

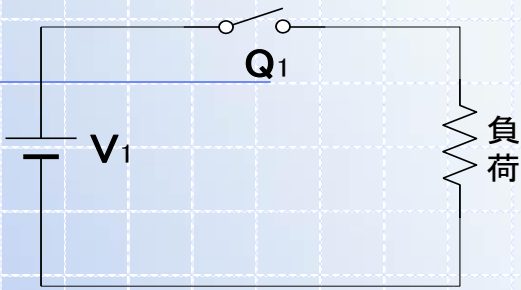


群馬大学

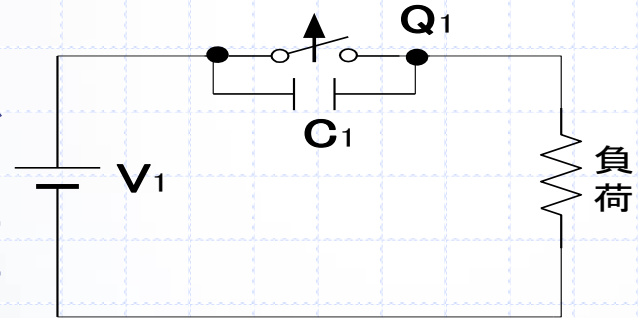
ソフトスイッチング

ソフトスイッチの概念(1)

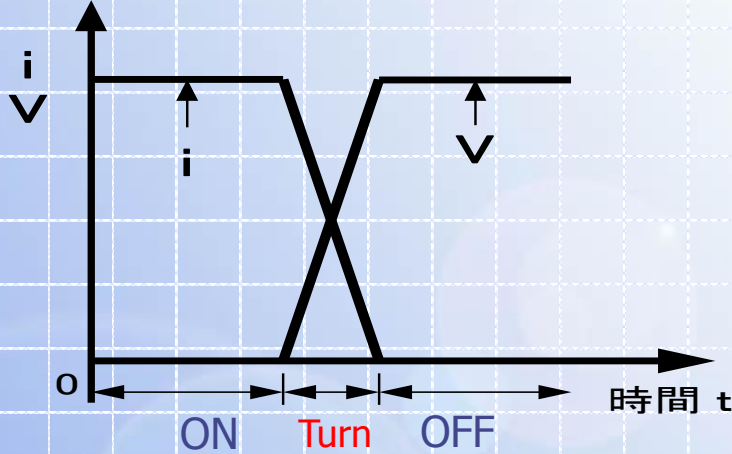
スイッチ回路



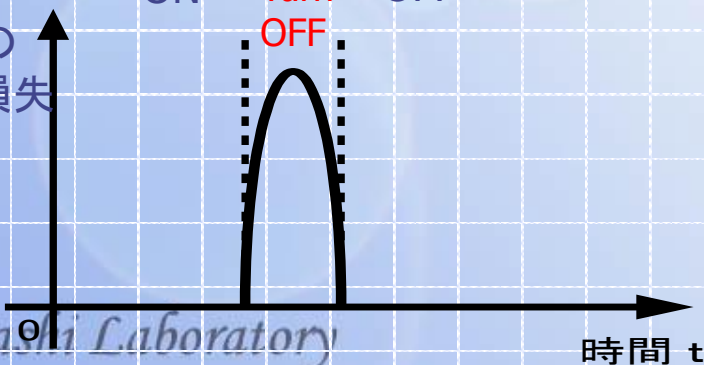
コンデンサ付
スイッチ回路



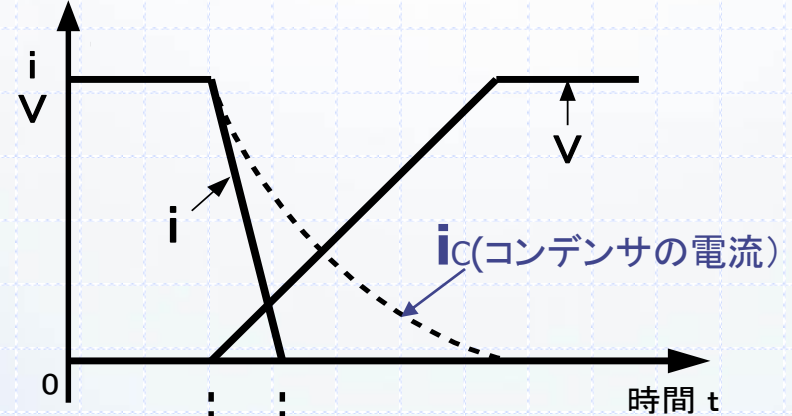
ターンオフ時のQ1の電流と電圧



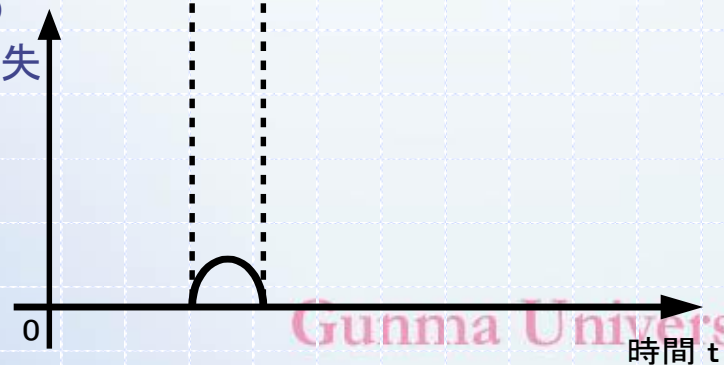
Q1の
電力損失



ターンオフ時のQ1の電流と電圧

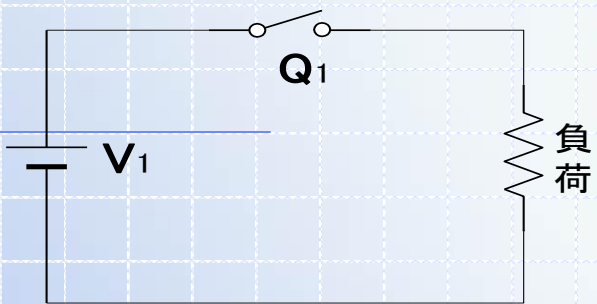


Q1の
電力損失

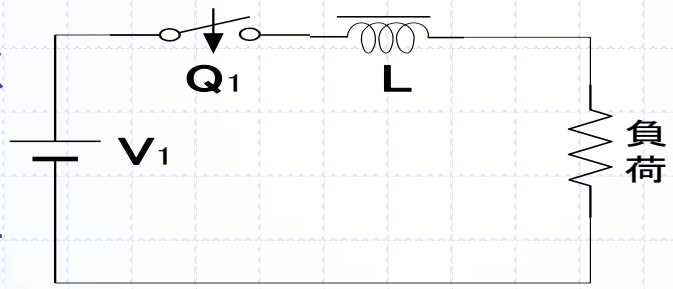


ソフトスイッチの概念(2)

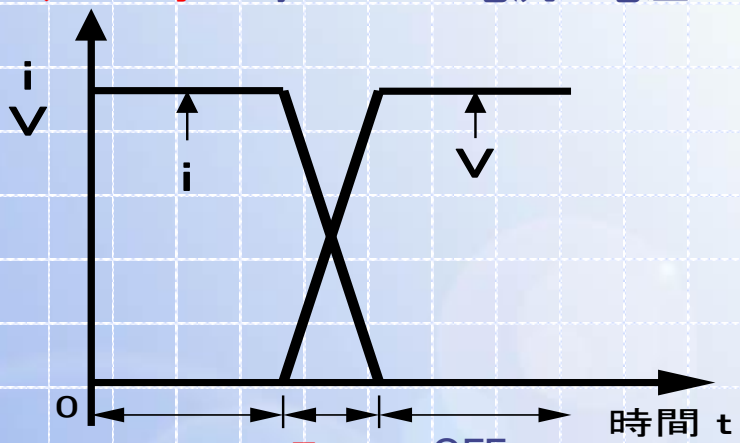
スイッチ回路



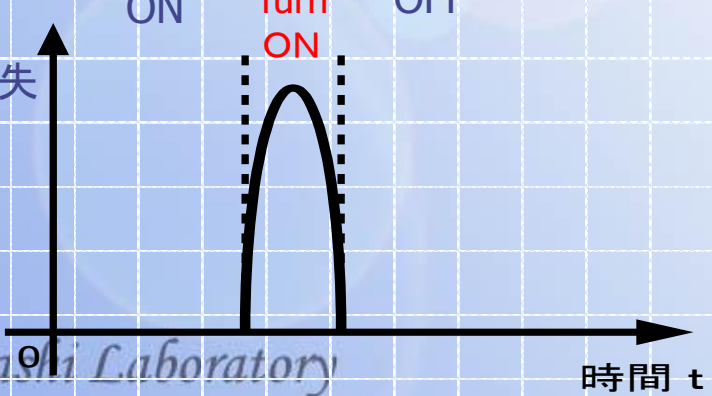
インダクタ付
スイッチ回路



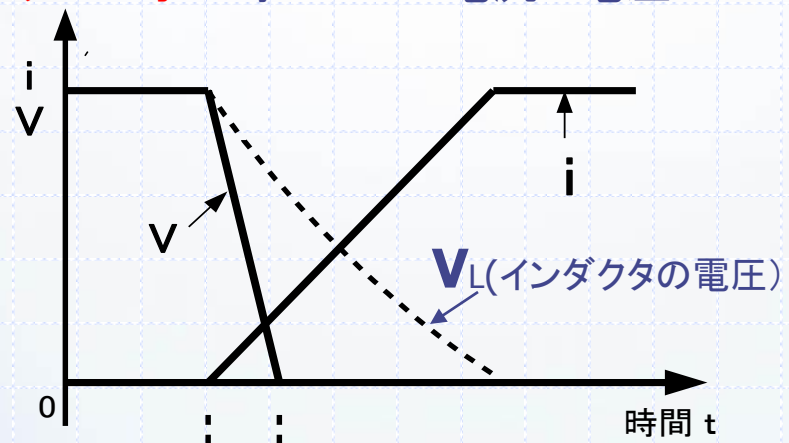
ターンオン時のQ1の電流と電圧



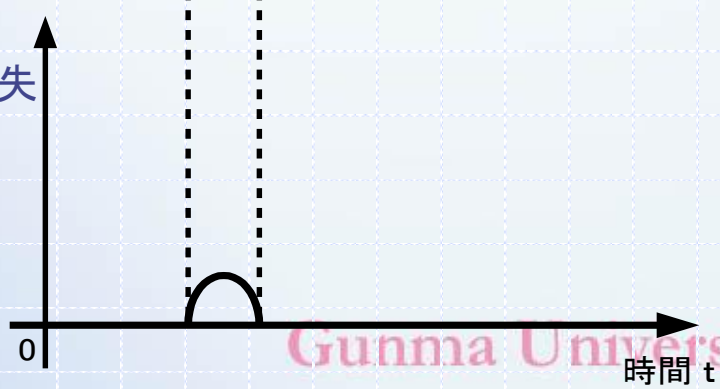
Q1の
電力損失



ターンオン時のQ1の電流と電圧



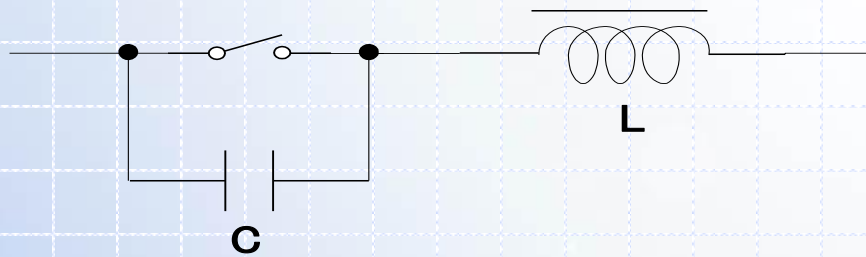
Q1の
電力損失





ソフトスイッチの基本接続

ZVS(ゼロボルトスイッチ):



ZCS(ゼロカレントスイッチ):

