

キャパシタフォーラム

# パワーエレクトロニクス基礎講座

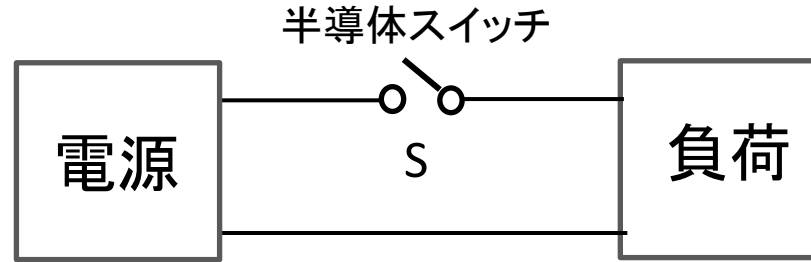
木下 繁則

第2回 (2018-8-3)

パワーエレクトロニクスの基本技術

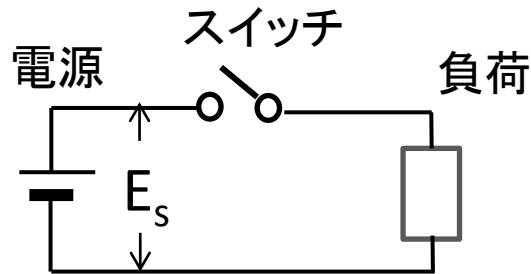
# パワエレの基本技術

パワエレの基本技術は電力回路のスイッチングです。



(半導体スイッチについては次回以降で解説します。)

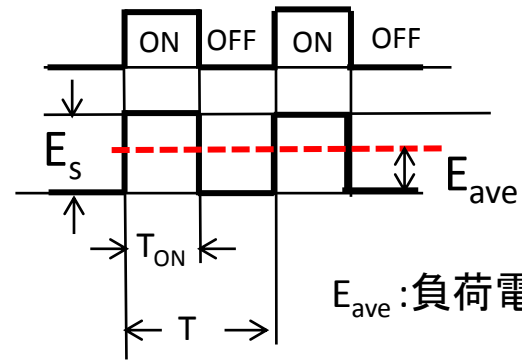
## 電気回路



## 動作

スイッチ動作

負荷端子  
電圧



$$E_{ave} = T_{ON}/T \cdot E_s$$

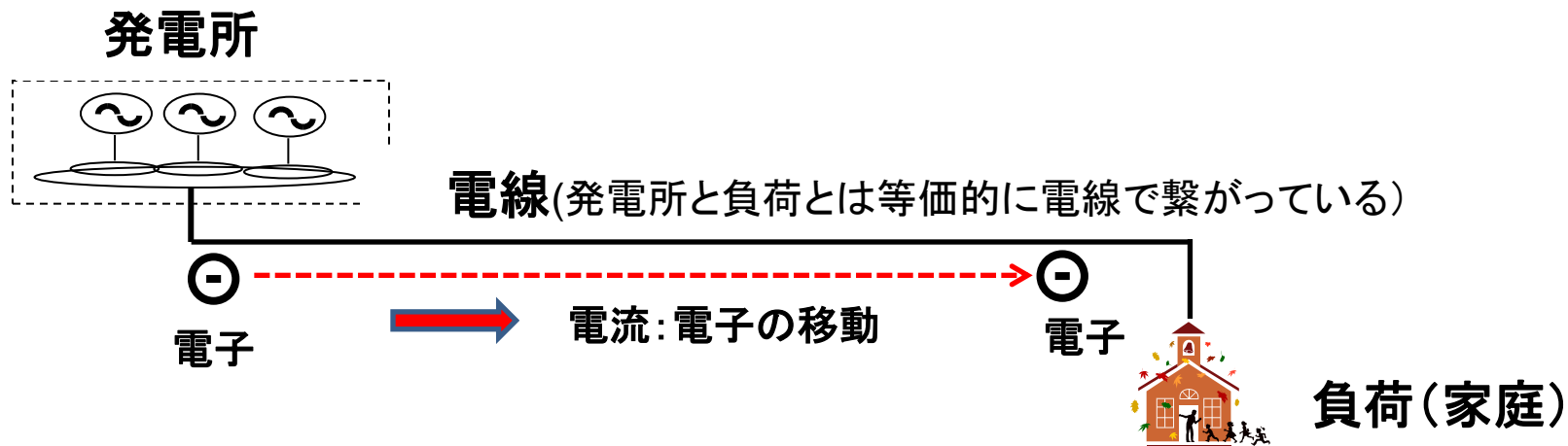
(キャンパス基礎講座(第1回(2015-10-16)の資料(P8)再掲)

# 電気エネルギーの流れの基本

電気の流れ



銅線(アルミ線)の中の電子の流れ



- ・発電所では電線の電圧を高めて、電子を送り出し、且つ送り続ける。
- ・発電所で発生した電子の流れは負荷までの電線の中を流れ続ける。
- ・発電所で発生した電子の量と負荷で受け取る電子の量は同じ。
- ・発電所での発生電力 = 負荷での吸収電力

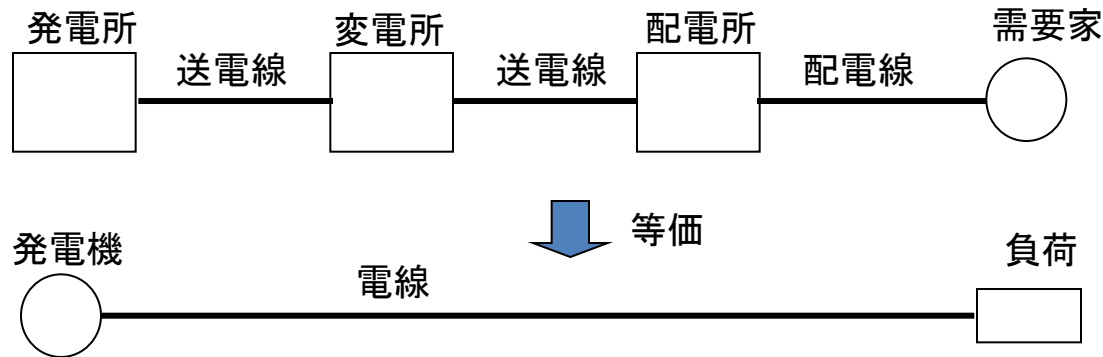
(キャパシタ基礎講座(第1回(2015-10-16)の資料(P9)再掲)

# 電気エネルギーの特徴

## (商用電力網の場合)

### 1. 電気エネルギーは一瞬たりとも停電は許されない。

発電機と負荷とは等価的に電線で結ばれているので、発生電力(W)と消費電力(W)は常に一致(中間の蓄電装置がない場合)。

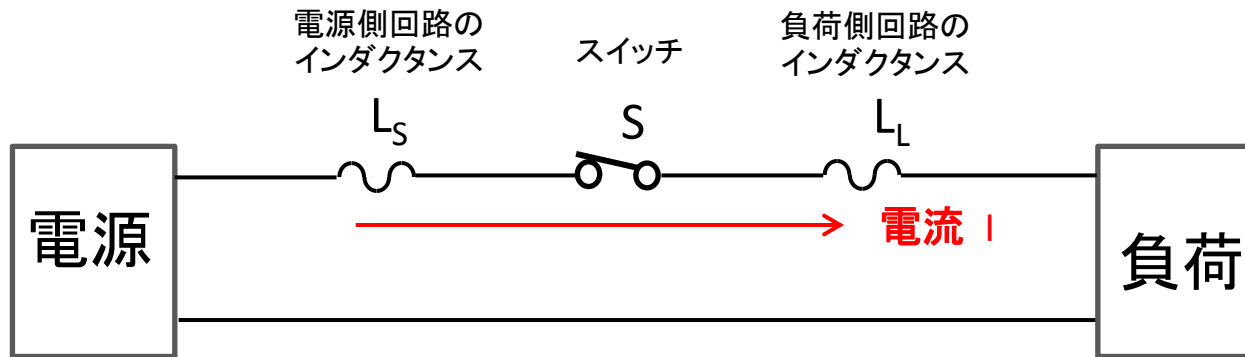


### 2. 発電電力(W)と消費電力(W)は常に同じである。

発電機と負荷とは等価的に電線で結ばれているので、電線を切ること(停電)は許されない(中間の蓄電装置がない場合)。

**発電電力と消費電力は同時・同量であること**

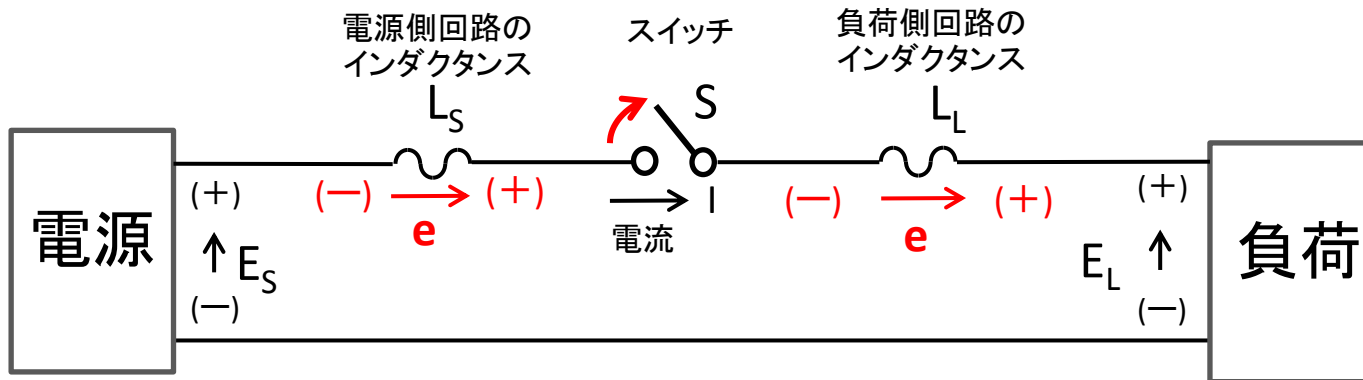
# 電力回路のスイッチングの基本(1)



回路に電流  $I$  が流れるその回路のインダクタンス  $L$  にエネルギー  $Q=LI^2/2$  が蓄えられます。

電気回路にも“エネルギー保存の法則”が適用されます。

# 電力回路のスイッチングの基本(2)

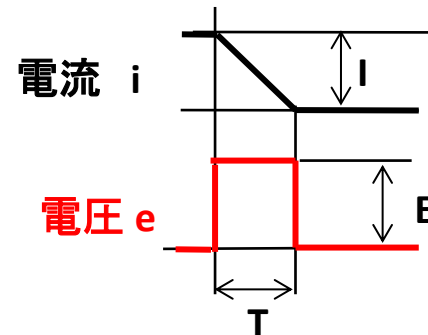


回路に流れていた電流  $I$  をスイッチで遮断すると回路のインダクタンス  $L$  に蓄えられていたエネルギー  $Q$  が電流を流れ続けさせようと、図示の極性の電圧  $e$  が発生します。

**$L$  に発生する電圧  $e = L \cdot I / T$**

このアーク電圧 ( $2e$ ) がスイッチ  $S$  の極間に印加され、アークを発生させる。半導体スイッチの場合、過電圧となり破壊に至ります。

このアークでインダクタンスのエネルギーが消費され、電流は減少して行く。アークの発生がなくなった時点で電流零となります。



## 電力回路のスイッチングの基本(3)

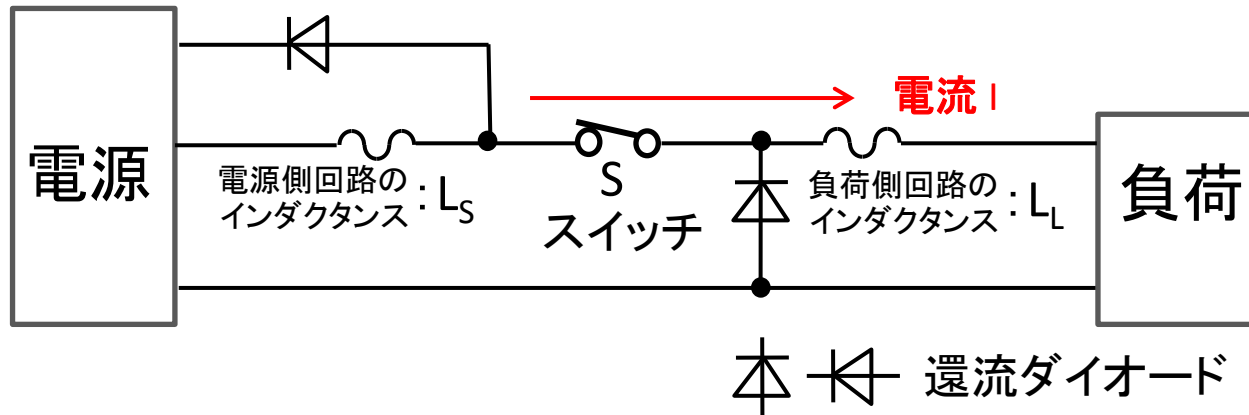
電流が流れている回路は  
遮断できません。



遮断したら遮断した回路の電  
流を還流させます。(電流を流  
れ続けさせます)。

# 遮断回路電流の還流方法(1)

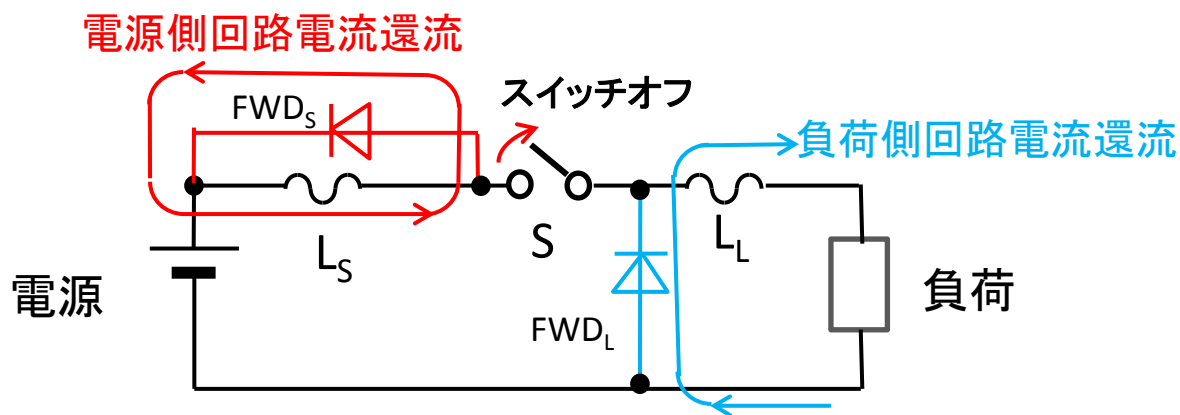
電源側と負荷側に還流ダイオードを接続する方法です。





# 還流方法(1)の電流還流回路と動作(1)

## スイッチオフ後の電流動作



### 電源側回路

電源側回路に流れていた電流は還流ダイオード( $FWD_S$ )に転流し、流れ続けます。

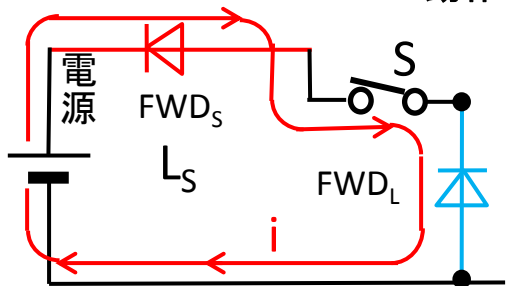
### 電源側回路

負荷電源側回路に流れていた電流は還流ダイオード( $FWD_L$ )に転流し、流れ続けます。

# 還流方法(1)の電流還流回路と動作(2)

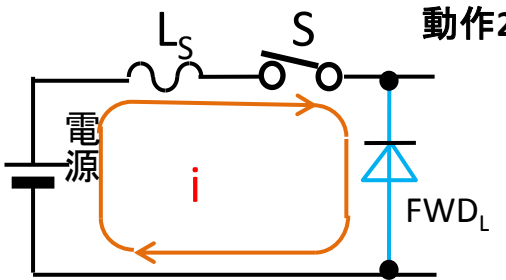
## スイッチオン時の電流動作

動作1



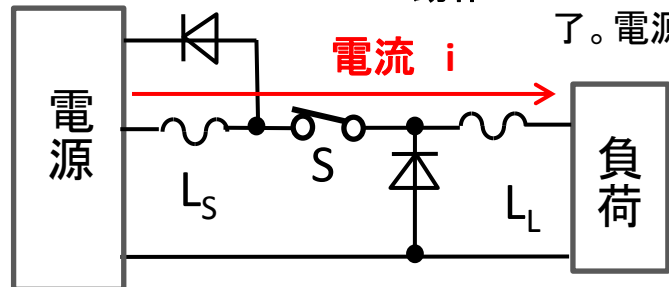
スイッチSのオン直前に二つの還流ダイオードには電流が還流しています。スイッチSをオンすると、電源-FWD<sub>S</sub>-FWD<sub>L</sub>-電源の回路が短絡され(朱線回路)、短絡電流  $i$  が流れ始め、増加して行きます。(通常  $I_S \neq I_L$ 、 $I_S < I_L$ )  
 FWD<sub>S</sub>とFWD<sub>L</sub>の電流はともに減少して行きます。通常  $I_S < I_L$  )であるので、FWD<sub>S</sub>が先にT<sub>2</sub>でゼロになりオフします。

動作2

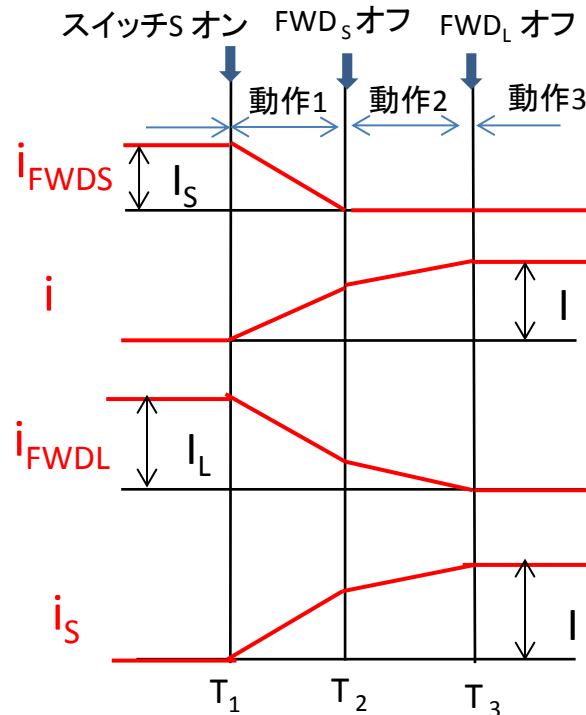


電源側回路のFWD<sub>S</sub>がオフした後は、電源-L<sub>S</sub>-FWD<sub>L</sub>-電源の短絡回路となり(橙色回路)、短絡電流は上層続け、FWD<sub>L</sub>の電流は更に減少して行き、T<sub>3</sub>でゼロになりオフします。電源電流I<sub>S</sub>は負荷電流I<sub>L</sub>と同じになります。

動作3

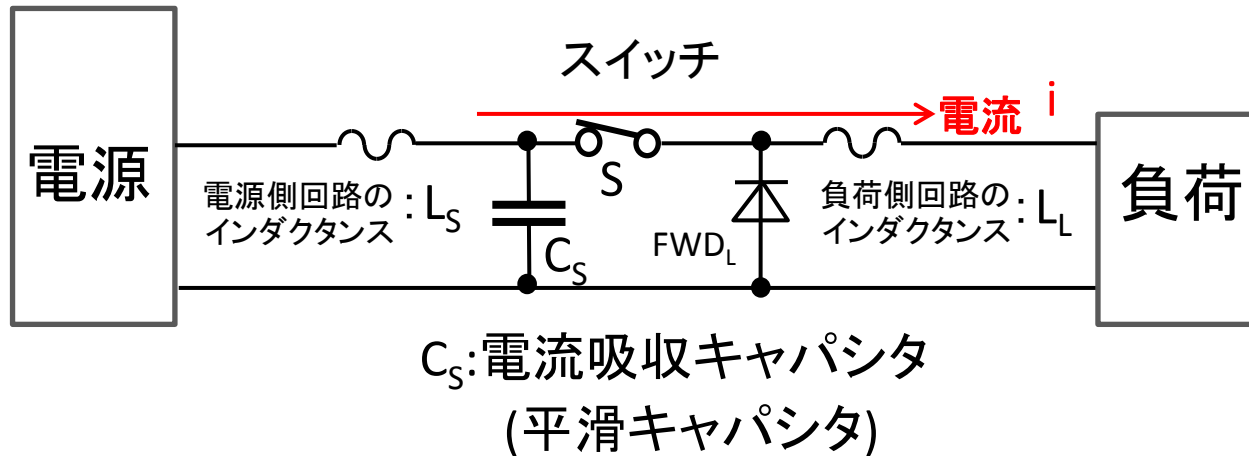


スイッチSのスイッチオン動作が完了。電源から負荷へ電流*i*が流れます。



# 遮断回路電流の還流方法(2)

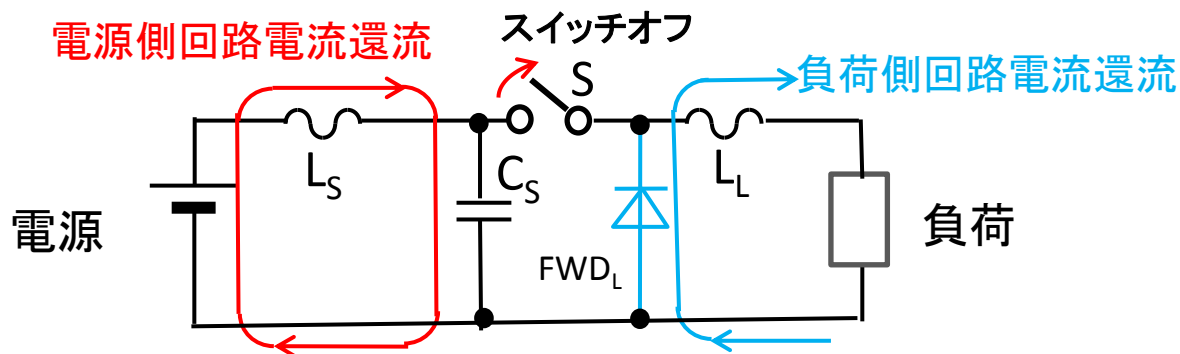
電源側にキャパシタを接続する方法です。



要注意:  $L_S$ と $C$ との共振現象

# 還流方法(2)の電流還流回路と動作(1)

## スイッチオフ後の電流動作



### 電源側回路

電源側回路に流れていた電流は平滑キャパシタ( $C_S$ )に転流し、流れ続けます。

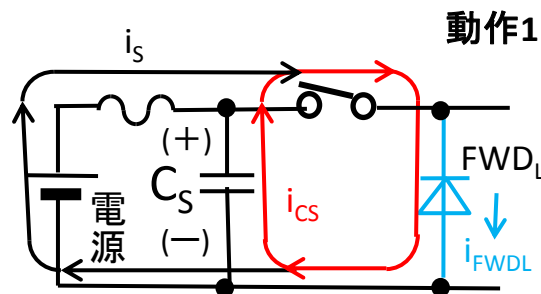
### 電源側回路

負荷電源側回路に流れていた電流は還流ダイオード(FWD<sub>L</sub>)に転流し、流れ続けます。

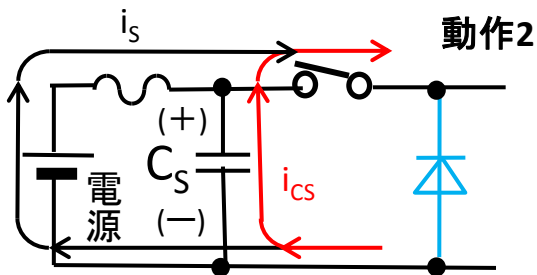
(還流方法(1)と同じです)

# 還流方法(2)の電流還流回路と動作(2)

## スイッチオン時の電流動作

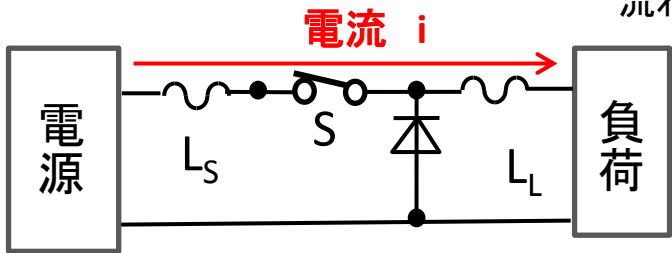


スイッチSをオンするとキャパシタ  $C_S$  の放電電流  $i_{CS}$  と電源から放電電流  $i_S$  が重なった短絡電流が還流ダイオード  $FWD_L$  に流れます。短絡電流は増加して行く。  $FWD_L$  の電流は減少し、  $T_2$  で  $FWD_L$  の電流がゼロになりオフします。負荷電流  $i_L$  は電源と  $C_S$  から供給されます。

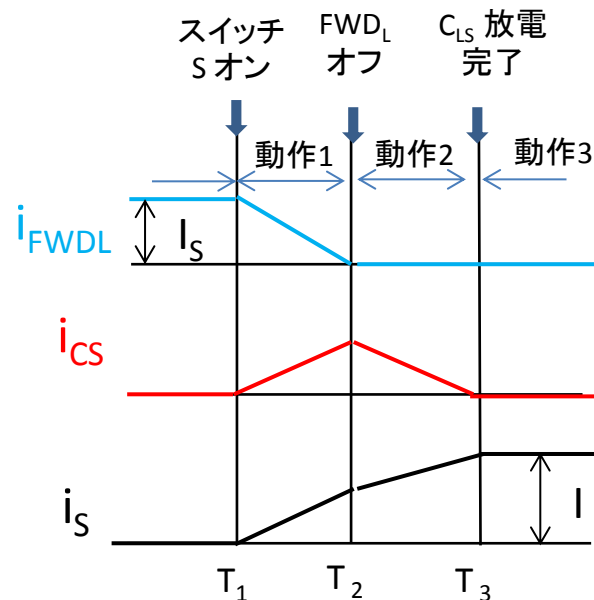


$C_S$  からの電流が減少、電源からの電流が増加して行き、  $T_3$  で  $C_S$  からの電流がゼロとなります。

動作3



スイッチSのスイッチオン動作が完了。電源から負荷へ電流  $i$  が流れる。



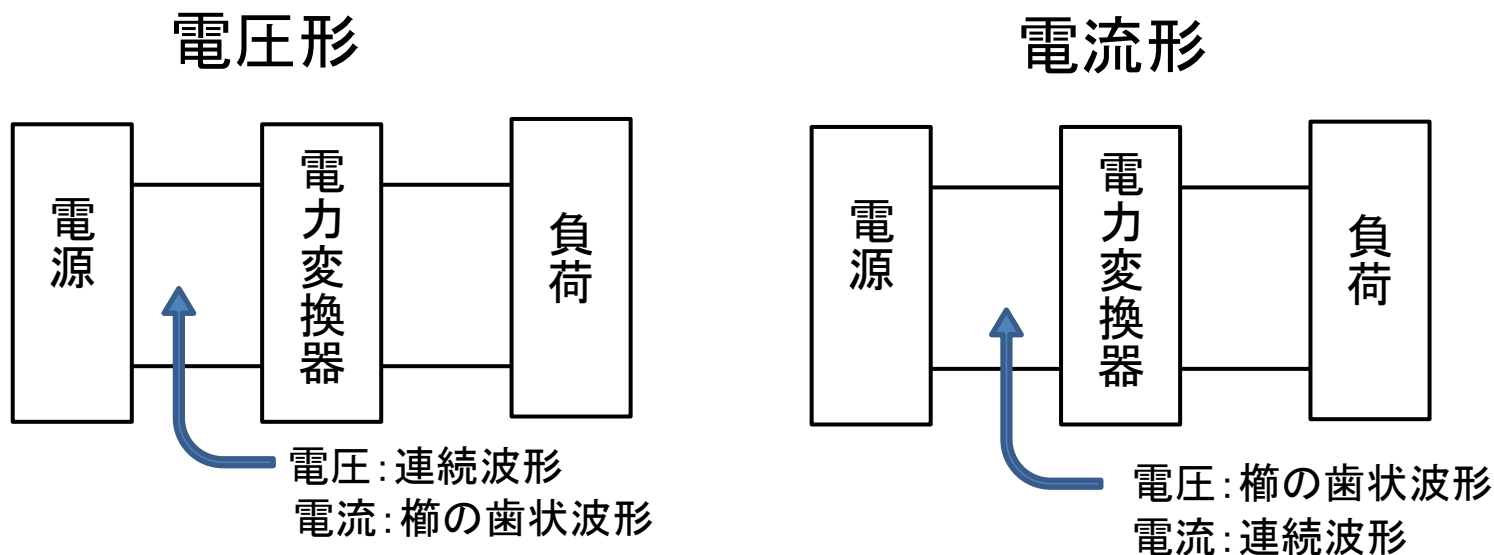
# 電圧形と電流形

## 電圧形

直流回路が電圧源抑制を持つ変換装置。例：電圧形インバータ。  
 電圧源特性は直流キャパシタ(コンデンサ)などによって与えられます。  
 電流は負荷の電力に相当する等価負荷抵抗に対応した電流になります。

## 電流形

直流回路が電流源抑制を持つ変換装置。例：電流形インバータ。  
 電流源特性は直流インダクタ(リアクトル)などによって与えられます。  
 電圧は負荷の電力に相当する等価負荷抵抗に対応した電圧になります。



キャパシタフォーラム

# パワーエレ基礎講座

次回(第3回)内容

開催日(予定) 2018-9-21

## パワーデバイス