

# 応用電力変換工学

舟木剛

第4回 本日のテーマ

直流-直流変換

バック・ブーストコンバータ

2005年11月03日

# バックブースト(Buck-Boost)コンバータ

出力電圧は入力電圧の大小どちらも可

- バックコンバータの回路図 絵
  - オン・オフ時各々の等価回路図
  - Cはローパスフィルタのために使用
- 動作解析
  - 仮定
    - 定常状態
    - スイッチング周期 $T$ , デューティ比 $D$
    - $L$ の電流は連続
    - $C$ は十分大きく, 電圧が $V_O$ に一定に保たれる
    - 理想素子

# バックブーストコンバータ・スイッチON時

- Lを含む経路に対するKVLより

$$v_L = V_S = L \frac{di_L}{dt}$$

– 電源電圧は一定より

- 電流は一定の割合で増加

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_S}{L}$$

– スイッチオン時に増加する電流は

$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_S DT}{L}$$

# バックブーストコンバータ・スイッチOFF時

- スwitchOFFの瞬間, スwitch電流がダイオード電流に転流

– この時のKVLより

$$v_L = V_o = L \frac{di_L}{dt} \quad \Rightarrow \quad \frac{di_L}{dt} = \frac{V_o}{L}$$

– Cが大きく $V_o$ が一定の仮定より

- 電流は一定の割合で減少

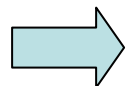
$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = \frac{V_o}{L}$$

– スwitchオフ時に増加する電流は

$$\Delta i_{L,off} = \frac{V_o(1-D)T}{L}$$

# バックブーストコンバータの出力

- 定常状態ではLに流れる電流は一周期後に同じ値となる  $\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0$

 
$$\frac{V_s DT}{L} + \frac{V_o(1-D)T}{L} = 0$$

- 出力電圧  $V_o = -\frac{D}{1-D}V_s$ 
  - 極性が反転
  - $D > 0.5$  で出力電圧は入力より大となる
  - $D < 0.5$  で出力電圧は入力より小となる
- Lに印加される電圧の平均

$$V_L = V_s D + V_o(1-D) = 0$$

波形の絵

# バックブーストコンバータ・Lに流れる電流

- 電源が負荷に直接接続される経路が無い
  - Lに溜まったエネルギーを負荷に供給
  - 間接型という。バック及びブーストコンバータは直接型
- 出力電力
  - Cの電圧一定の仮定  $P_o = \frac{V_o^2}{R}$
- 入力電力
  - 入力電流平均値はオン時のLに流れる電流の平均値と同じ  $P_s = V_s I_s = \frac{V_o^2}{R}$

$$I_s = I_L D \qquad \frac{V_o^2}{R} = V_s I_L D$$

- Lに流れる平均電流は

$$I_L = \frac{V_o^2}{V_s R D} = \frac{P_o}{V_s D} = \frac{V_s D}{(1-D)^2 R}$$

# バックブーストコンバータ・Lに流れる電流

- 最大・最小電流値

$$I_{\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} + \frac{V_s D T}{2L}$$

$$I_{\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} - \frac{V_s D T}{2L}$$

- 電流が連続となる限界

$$I_{\min} = 0 = \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} - \frac{V_s D T}{2L} \quad \Rightarrow \quad \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} = \frac{V_s D T}{2L} = \frac{V_s D}{2Lf}$$

－Lの最小値

$$L_{\min} = \frac{(1-D)^2 R}{2f}$$

# バックブーストコンバータ・出力電圧脈動

- 電流の計算はC= と仮定
- 電流値とCを用いて電圧脈動を評価

– オン時の放電電荷

- 出力電圧一定の時, 負荷電流=Cの電流  $I_C = -\frac{V_o}{R}$

- 電圧変化を  $V_o$ とすると  $|\Delta Q| = \left(\frac{V_o}{R}\right)DT = C\Delta V_o$

$$\Delta V_o = \frac{V_o DT}{RC} = \frac{V_o D}{RCf}$$

- 電圧脈動は  $\left|\frac{\Delta V_o}{V_o}\right| = \frac{D}{RCf}$  ブーストコンバータと同じ



# 宿題

- バック・ブーストコンバータの回路シミュレーション
  - 定常状態における理論値比較
    - 昇降圧比の限界
    - ターンオン・オフ時の境界値
    - リプル率
    - 連続導通・不連続導通
    - 効率(入出力電力比)
    - 昇圧比の限界
  - 過渡応答
    - コンバータ起動
  - 設計条件
    - 入力電圧 10V, 10W
    - スイッチング周波数 10kHz, デューティ比0.5ぐらい
    - フィードバック制御を入れる
      - 指令値/負荷変更しても, 出力電圧が追従するようにする