

応用電力変換工学

舟木剛

第6回 本日のテーマ 直流-直流変換 チュックコンバータ

2005年11月08日

スイッチング動作と同期整流 の残り

- スイッチング動作の種類
- 消流
- 転流
 - 他励式
 - 電源転流
 - 負荷転流
 - 自励式
 - デバイス転流
 - 自己消弧
 - インパルス転流
 - 強制(補助)転流回路
 - 共振転流
 - 自己消弧素子のZVS,ZCS
- 同期整流の理解のために…

チュック(Cuk)コンバータ

- チュックコンバータの回路図 絵
 - オン・オフ時々の等価回路図
 - 出力電圧は入力電圧の大小どちらも可
 - 出力電圧の極性反転
 - Cは入力のエネルギーを出力に転送する役割
 - 入力と出力が直接つながらない間接型
- 動作解析
 - 仮定
 - 定常状態
 - 2つのLは十分大きく、電流が一定に保たれる
 - Cは十分大きく、電圧が一定に保たれる
 - スイッチング周期T, デューティ比D
 - 理想素子

チュックコンバータ・C1に流れる電流

- C1を含む経路に対するKCLより
 - オン時, L2の電流と等しい $i_{C1,on} = -i_{L2}$
 - オフ時, L1の電流と等しい $i_{C1,off} = i_{L1}$
- 電源電力と負荷電力は等しい
$$-V_o I_{L2} = V_s I_{L1}$$
- 定常状態ではCに流れる電流は一周期後に同じ値となる

$$I_{C1,on}DT + I_{C1,off}(1-D)T = 0$$

$$-I_{L2}DT + I_{L1}(1-D)T = 0$$

$$\text{入出力電流比} \quad \frac{I_{L1}}{I_{L2}} = \frac{D}{1-D}$$

チュックコンバータ・出力

- 入力電力と出力電力同じ

$$P_s = P_o$$

$$\begin{aligned} V_s I_{L1} &= -V_o I_{L2} \\ \frac{I_{L1}}{I_{L2}} &= \frac{-V_o}{V_s} \end{aligned}$$

- 入出力電圧比 $\frac{V_o}{V_s} = -\frac{I_{L1}}{I_{L2}} = -\frac{D}{1-D}$

- L2より負荷側を見るとバックコンバータと同じ
 - L2,C2,Rから成る回路

- 出力電圧リップル率

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1-D}{8L_2C_2f^2}$$

チュックコンバータC1での脈動

- 定常状態ではC1がオン中に放電する電荷とオフ中に充電する電荷と同じ値となる
 - i_{L1} 一定の仮定より

$$\begin{aligned} \Delta v_{c1} &= \frac{1}{C_1} \int_{DT}^T I_{L1} dt = \frac{I_{L1}}{C_1} (1-D)T \\ V_s I_{L1} &= -R I_{L2}^2 \quad I_{L2}^2 = \left(\frac{1-D}{D} \right)^2 I_{L1}^2 \quad \Rightarrow \quad I_{L1} = \left(\frac{D}{1-D} \right)^2 \frac{V_s}{R} \end{aligned}$$

- C1の電圧脈動成分

$$\Delta v_{c1} = \frac{D^2 V_s T}{R C_1 (1-D)} = \frac{D^2 V_s}{R C_1 f (1-D)} = \frac{D V_o}{R C_1 f}$$

宿題

- チュックコンバータ回路の設計と回路シミュレーションによる評価
 - 設計条件
 - 出力電圧リップル率5%
 - 動作解析
 - 定常状態
 - 過渡状態
- チュックコンバータとバックブーストコンバータの双対性についての考察
 - チュックコンバータのエネルギー蓄積要素はコンデンサである
 - バックブーストコンバータのエネルギー蓄積要素はリアクトルである
 - 電圧・電流の観点で考察してみてほしい