

応用電力変換工学

舟木剛

第一回 パワーエレクトロニクス (電力変換)とスイッチ素子

パワーエレクトロニクスを構成する技術

- 回路理論
- 制御理論(工学)
- 電子工学
- 電磁気学
- 計算機工学(制御)
- 熱力学(熱解析)

電力変換の種類

- ac入力/dc出力

- 整流器

- dc入力/ac出力

- インバータ

- CVCF → 出力電圧, 周波数共に固定

- VVVF → 出力電圧, 周波数共に可変

- dc入力/dc出力

- チョッパ

- ac入力/ac出力

- サイクロコンバータ, マトリクスコンバータ



可逆タイプ有り

電力変換に用いるスイッチング素子

- ダイオード 受動素子
- サイリスタ
 - SCR (Silicon Controlled Rectifier)
 - GTO (Gate Turn off Thyristor)
 - MCT (MOS Controlled Thyristor)
 - TRIAC (TRIode AC switch)
- トランジスタ
 - バイポーラ
 - ユニポーラ (電界効果トランジスタ)
 - ハイブリッド (IGBT)

電力変換に用いるダイオード

- PN接合ダイオード
 - 高速スイッチング時に逆回復電流が大きい
- PiNダイオード
 - 漏れ電流が少ない
 - 高耐電圧
 - 電圧降下・逆回復が大
- ショットキダイオード
 - 逆回復電流が無い
 - 漏れ電流が大
- MPS (Merged Pin Shottky) ダイオード

電力変換に用いるサイリスタ

- SCR オン:能動, オフ:受動
 - 水銀整流器に代わる物として登場
 - 動作周波数は数kHz~10kHz程度が限界
- GTO オン:能動, オフ:能動
 - SCRと同様の構成
 - オフ時にはゲート電流が通電電流の1/3程度必要
 - ゲート構造を改良して動作速度を速めたものにGCTがある
- MCT
 - 電圧制御型のサイリスタ。MOSFETでサイリスタを駆動するため、ゲート電流が流れない。
- TRIAC
 - SCRを逆並列に接続したもの
 - 電流を双方向に流す
 - 調光器等に使用

電力変換に用いるトランジスタ

- バイポーラトランジスタ
 - 電流制御 → ベースドライブ回路が複雑
 - 電力用素子は h_{fe} が低い → ダーリントン接続
 - 少数キャリアの蓄積効果 → 動作遅し
- 電界効果トランジスタ
 - 電圧制御素子 → ゲートドライブ回路が比較的簡素
 - JFET → ノーマリオンなので使いにくい
 - MOSFET → ノーマリオフのものが使われる
デバイス構造上逆並列ダイオードが組み込まれる
- IGBT
 - MOSFETとバイポーラトランジスタのハイブリッド構造
 - 電圧制御素子

数値解析でのスイッチ素子の扱い方

- 状態(オン・オフ)表現
 - 理想スイッチ表現
 - オン:閉回路, オフ:開回路
 - 可変抵抗表現
 - オン:低抵抗 $0.001\ \Omega$, オフ:高抵抗 $1\text{M}\ \Omega$
- 数値振動の発生
 - スwitchの動作と回路中に存在するL, Cにおいて実際の回路では発生しない数値振動や発振(発散)が発生
 - スwitch素子を理想状態から遠ざける(損失を与える)
 - スナバ回路を付加する。 → 過電圧・過電流阻止用に回路に使用するスナバ回路と値が異なるので注意