

1. 基本素子

●はじめに: スwitchング電源とは

●パワーデバイス

★スイッチングパワーデバイス

- ・各種スイッチングパワーデバイスの応用システム
- ・各種スイッチング・パワーデバイスの種類と特徴
- ・バイポーラトランジスタ
- ・サイリスタ (GTO: Gate Turn-Off 型)
- ・パワーMOSFET
- ・IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

★ダイオード

- ・PN接合
- ・ショットキー・ダイオード
- ・ファースト・リカバリ・ダイオード

●受動素子

★インダクタ(コイル)

- ・インダクタの概要、自作、表皮効果
- ・使用上の注意

★コンデンサ

- ・パワー用出力コンデンサの種類と特徴/周波数特性



2. DC-DCスイッチング電源技術

●コイル動作の基礎

- ★コイルの働きとスイッチング
- ★インダクタンスの性質
- ★コイルの電流と電圧の関係

●高速スイッチング動作

- ★高速スイッチング時の動作
- ★昇降圧動作の原理

●基本3方式の概要

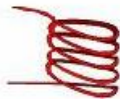
- ★スイッチング電源とシリーズ電源の比較
- ★基本3方式の構成
- ★スイッチング電源の具体例(降圧形電源)
- ★降圧形電源、昇圧形電源、昇降圧形電源(電流計算式 / 電圧変換式: 定常状態)

●スイッチング電源の動作解析

- ★状態平均化法と状態方程式
(状態方程式/降圧形電源/昇圧形電源/昇降圧形電源)

★定常特性

- ・特性方程式
- ・電圧変換率
- ・リップル(出力電圧リップル率/コイル電流リップル/コンデンサ電流リップル)



★動特性

- ・各微小変動分に対する伝達関数 (降圧形 / 昇圧形/昇降圧形)
- ・フィードバック特性 (レギュレーション構成/入出力特性)
- ・電源特性 (定常偏差/出力インピーダンス特性/安定性)

●電流不連続モード

★電流連続モードCCMと電流不連続モードDCM

- ・状態平均化方程式(昇圧形)
- ・リップル率

3. 絶縁型DC-DCコンバータ電源技術

●絶縁型スイッチング電源の概要

★回路方式による分類

- ・基本的な方式/基本構成と特徴

★各種電源方式

●フライバック・コンバータ電源

★基本回路と動作

- ・基本回路構成 (構成上の特徴/トランスの動作)
- ・1次/2次側電圧・電流波形
- ・等価回路

★3次巻線の働き動作

- ・3次巻線の動作 / 2次巻線と3次巻線の電圧関係

★フライバック・コンバータのフィードバック例

- ・2次回路からの負帰還方式 / 3次巻線による負帰還方式

●フォワード・コンバータ電源

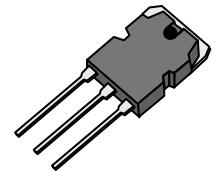
★基本回路と動作

- ・基本回路構成 (構成上の特徴/トランスの動作)
- ・全体回路
- ・1次/2次側電圧・電流波形

★フォワード形電源」と「フライバック形電源」の特徴比較

●その他のコンバータ電源

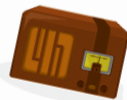
- ★ハーブリッジ型電源(基本構成・動作、1次側サージ電圧の吸収、構成例)
- ★ダブル・フォワード型電源
- ★フル・ブリッジ型電源
- ★プッシュ・プル型電源



4. スwitching電源の基本制御方式

●電圧モード制御と電流モード制御

- ★電圧モード制御 (基本制御構成、電圧フィードバック)
- ★電流電圧モード制御1
- ★電流電圧モード制御2(電圧変動フィードバック)



●制御特性の測定法

- ★ループ伝達特性 (ループ応答特性、測定方法の概要)
- ★出力インピーダンス: $Z_o(s)$

●性能改善案

- ★安定性
 - ・LPF(位相遅れ補償)による安定化
 - ・位相進み補償による安定化
- ★出力リップル
 - ・PWMスイッチングによるリップル
 - ・等価直列抵抗ESRの影響
 - ・L、Co、F_{pwm} などの影響

5. スwitching電源の効率

●損失の種類

- ★損失の種類と概要
 - ・損失の種類
 - ・降圧形電源の損失解析
- ★スイッチング素子の損失
 - ・MOSFETの一般的特徴
 - ・N-MOSとP-MOSの比較
 - ・スイッチング損失
- ★ダイオード、同期整流MOSの損失
 - ・ダイオードの特性
 - ・同期整流方式
 - ・同期整流方式の損失
- ★インダクタンスの損失(自作の場合)

●負荷電流と効率の関係

- ★電流不連続モードと同期整流方式
 - ・電流不連続モードの動作確認
 - ・対策案
- ★低負荷時の効率改善
 - ・パワーMOSのゲート容量と損失
 - ・パワーMOSゲート容量損失の改善(低負荷時の効率改善案)
 - ・スイッチングロスとPFM: (Pulse Frequency Modulation)



6. スwitching電源の実測(降圧形電源)

●特形式と実測

- ★定常特性
 - ・電圧変換式
 - ・定常リップル
 - ・入力電圧と出力リップル
 - ・出力インピーダンス
- ★動特性(負荷応答特性)
 - ・電流ステップと電圧ドロップ
- ★伝達関数
 - ・オープン(開)ループ特性とクローズド(閉)ループ特性
 - ・実測結果

●安定性と位相補償

- ★ESRと安定性・定常電圧リップル・・・ESRと安定性・出力リップル[pp]の関係
 - ・初期状態
 - ・変更1: 低ESRコンデンサによるリップル低減
 - ・変更2: 更なるリップル低減に挑戦
- ★位相補償による安定化・・・ESRと位相進み補償の関係
 - ・初期状態: 発振(不安定)
 - ・対策
 - ・対策結果: 特性図
- ★サーボアナライザの使用方法
 - ・伝達特性
 - ・インピーダンス

●性能検討

- ★スイッチング・ノイズ
- ★レイアウトと出力リップル
- ★入力コンデンサとノイズ
- ★負荷電流と効率



7. スwitching電源の実測2(昇圧形電源)

●特形式と実測

- ★定常特性・・・電圧変換率/定常リップル/入力電圧と定常リップル
- ★動特性・・・電流ステップと電圧ドロップ/入力電圧vs 負荷応答リップル
- ★ループ特性・・・閉ループ伝達関数/ESRと伝達関数

●性能検討

- ★スイッチング・ノイズ・・・SW-ON時に共振/リップル低減検討
 - 入力Cと電源ノイズ/インダクタンスとノイズ
- ★効率:Lの違いによる効率変化