

特別講演の内容

講義と演習でパワーデバイスの物性から使い方・選定までを徹底理解する（講師：東京工科大学 高木茂行）

【講演の特徴】

データシートを見ても、パワーデバイスの使い方がイメージできない、回路に適したパワーデバイスが選べない、といった声を耳にします。それは、(1)パワーデバイスの基礎となる半導体物性が理解できていない、(2)パワーデバイスを使いこなす・選定するというノウハウが掴めていない、ことに起因しています。

この特別講演では、(1)の半導体物性からスタートし、(2)の実用的ノウハウまで、パワーデバイスの本質を1日かけて習得します。また、演習問題には、パワーデバイスの使いこなしに重要な式を取り上げ、実践力を高めるため、

【講演の内容】

1. パワーエレクトロニクスとパワーデバイスの概要
 - 1.1 パワーエレクトロニクスの概要
 - 1.2 パワーデバイスの概要
2. ここだけは抑えておきたい半導体物性
 - 2.1 バンドギャップの正体とバンド図
 - 2.2 金属, 半導体, 絶縁体とフェルミレベル
 - 2.3 純粋な Si の真正半導体と混ぜ物が主役を果たす n 型, p 型
 - 2.4 電子・ホール密度の定量的扱い
 - 2.5 デバイスの動作速度も支配する移動度
3. パワーダイオードの耐圧と回復時間
 - 3.1 パワーダイオード
 - 3.2 pn 接合型ダイオード(耐圧)
 - 3.3 ショットキーダイオード
4. 電気自動車にもっとも重要な MOSFET と IGBT
 - 4.1 パワーMOSFET
 - 4.2 低出力用途の横型(プレーナ型) 構造、電気特性
 - 4.3 高出力用途の縦型 MOSFET
構造と動作原理、ボディ・ダイオード、縦型 MOSFET の抵抗、縦型 MOSFET の容量
縦型 MOSFET のスイッチング動作(ミラー効果)、実際のスイッチング波形
 - 4.4 IGBT
構造と動作原理、トランジスタ部分の特性、IGBT の動作特性
実際のスイッチング波形
5. パワーデバイスのゲート回路とデバイスの選定
 - 5.1 パワーデバイスの動作点
 - 5.2 パワーデバイスの損失
 - 5.3 パワーデバイスのゲート回路
 - 5.4 パワーデバイスの選定・確認
 - 5.5 パワーデバイスの発熱
 - 5.6 ハイブリッドカーのパワーデバイスユニット

電気自動車におけるインバータ制御（講師：長岡モーターディベロップメント株式会社 佐藤大介）

【講演の内容】

1. モーター制御の基本（なぜ、インバータが必要なのか？）
 - 電気自動車の駆動に使われるモーターの特徴
 - 制御システム

2. 電圧形インバータの動作（どのようにインバータを動かせばよいか？）

直流から交流への変換方法

PWMによる電圧振幅の調整方法

スイッチングパターンの決め方

3. インバータの実際

変調方式

デッドタイム

電気自動車に使われる受動部品 インダクタ (講師: 名古屋大学 今岡淳)

【講演の内容】

1. パワーエレクトロニクス回路に使用される磁性体コアの種類と基本的な特徴
2. 電力変換器上でのインダクタと高周波動作とサイズ
スイッチング周波数とインダクタサイズの関係について解説します
3. 磁気回路法を使って電気自動車用インダクタを設計する
インダクタやトランスを設計する際に活用される磁気回路法の基本とその理論を用いた設計手法・実験結果
4. 磁気回路法を応用した磁気設計技術
磁気回路法を活用した応用磁気設計技術について解説します

電気自動車に使われる受動部品 キャパシタ (講師: ルビコン株式会社 向山大素)

【講演の内容】

1. コンデンサ基本原理(静電容量と誘電損失)
2. コンデンサのインピーダンス特性
 - ・コンデンサの等価回路
 - ・ESR(等価直列抵抗)の構成要素とその特性
3. パワエレ主回路に用いられる各種コンデンサについて
4. コンデンサ設計
 - ・発熱量計算(リップル電流からの損失計算)
 - ・コンデンサの熱等価回路モデルと素子温度推定
5. 電気自動車主回路用フィルムコンデンサについての解析

<キーワードとポイント>

ポイント①:コンデンサの誘電損失についての解説

- ・誘電体の $\tan\delta$ とは？
- ・誘電損失と ESR の関係は？

ポイント②:コンデンサの ESR 近似式の解説

- ・ESR の近似式とその構成要素
- ・内部電極の抵抗と ESR の関係は？
- ・ESR の温度依存性

ポイント③:負荷電流(リップル電流)からのコンデンサ素子温度推定

- ・何故素子の温度推定が必要か？
- ・リップル電流からの発熱量推定

・コンデンサ熱等価回路モデル

ポイント④: 車載主回路用フィルムコンデンサの解説

・なぜ P.P.(ポリプロピレン)フィルムコンデンサが採用されるのか?

・蒸着 P.P.フィルムの耐圧向上手法

-セルフヒーリング、ヘビーエッジ、パターンニング

・低 ESL の重要性について

電気自動車に使われる受動部品 抵抗 (講師: KOA株式会社 平沢 浩一)

【講演の内容】

実は知っているようで知らない抵抗器の「定格」。まずは抵抗器の「定格」の表す意味についてお話します。パワエレでは「定格」に現れない特性が抵抗器選定の要になります。抵抗器のパワエレ回路での用途に合わせて、特に重要な特性や抵抗器活用上のポイントについてお話します。

また、本講演会では紙面の都合で書籍では割愛したセメント抵抗器(リート付き抵抗器)と表面実装抵抗器の熱設計上の相違点※についてもお話します。

1. プリチャージ抵抗と急速放電抵抗

・瞬間的な大電力を受け止める耐性: ワンパルス限界電力に注意。

2. 常時放電抵抗

・比較的大きな電力を常に消費させる: 熱設計が活用の決め手。大形抵抗器の単独使用かチップ表面実装抵抗器の分散使用か、スペースに応じて使い分ける。

※大気放熱型部品と基板放熱型部品: 熱設計の指針である温度コントロール部位の違い

3. ゲート抵抗

・平均電力は小さいが繰り返しのピーク電力は大きい: 連続パルス耐性に注意。

4. スナバ抵抗

・寄生インダクタンス: 巻き線抵抗体なら無誘導巻きを選択し、表面実装抵抗器ならパターンでインダクタンスを相殺する。

5. 電流検出抵抗器

・パターンとの相性で性能が変わる: 実装するパターンの電流の流れ方によって抵抗値や T.C.R.が変化し、電圧検出パターンの引き回しが実効的なインダクタンスを変える。ゼロインダクタンスや負のインダクタンスも作り出せる。

6. 差動増幅回路のフィードバック抵抗

・相対精度: 電動パワステなどに使用される高精度差動増幅器には相対精度を追求したシリコンウエハベースの薄膜抵抗器も多用されている。

GaN デバイス、インバータ実測 (講師: 岩崎通信機株式会社 長浜竜)

【講演の内容】

1. パワーエレクトロニクスの実測に使われるプローブ

1) 電圧プローブ

・用途に応じて、最適なプローブを選択する方法

・波形ひずみは、なぜ発生するか?

・プロービングすると、回路動作が変わる

2) 電流測定用センサ

・間接測定方式プローブの特性

定番の貫通型、クランプ式電流プローブは簡単電流測定を実現

外部電磁界の影響と、検出部の低インダクタンス化

・直接検出方式のプローブ特性

広帯域測定可能な、シャント抵抗方式
アイソレーションされた検出と低インダクタンス化

2. パワーエレクトロニクスの測定項目と測定事例

1) 電圧・電流波形を測定する

- ・SiC/GaN デバイスの瞬時電力測定方法
プロービングによって電力損失が変わる
安心してプロービングする方法とは？

2) 電力を測定する

- ・パワーアナライザによる電力測定
電力計の精度の考え方
ISO17025 UKAS 校正の実例

3) 受動部品の特性を測定する

- ・インピーダンスアナライザを利用した測定例
インダクタンスの特性と測定上の課題
キャパシタンスの特性と測定上の課題
- ・B-H アナライザによる磁性体材料試験
低力率のコアロス試験例

4. 実際の波形を測ってみると～高速パワーデバイス GaN のスイッチング～

- ・GaN 評価基板のデモンストレーション
測定上の注意点を紹介しながら解析
- ・電流プローブと電圧プローブの位相差による損失の違いを実測する
- ・更なる改善で、電流測定をより確実にしたい方必見

5. 実際の波形を測ってみると～ハイブリッド車のインバータと双方向チョップ～

- ・プリウスインバータの測定
電圧センシングの注意点
電流センシングの注意点
測定結果