

電力変換回路 (Power Electronics)		4 年・通年・2 学修単位 (β) ・必修 電気工学科・担当 石飛 学
〔準学士課程(本科 1-5 年) 学習教育目標〕 (2)	〔システム創成工学教育プログラム 学習・教育目標〕 D-1(100%)	〔JABEE 基準〕 (d-2a), (d-2b)
<p>〔講義の目的〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現代を支えているパワーエレクトロニクスの必要性和、どこに利用されている技術であるか学び、身近な電気製品等の理解に繋げる。 ・各種電力変換方式の動作解析を通して解析方法を修得し、また、電力のやり取りや転流動作を視覚的に（波形から）理解できる能力を身につける。さらに、これらを通して線形素子をはじめとする回路素子の特性を再確認する。 		
<p>〔講義の概要〕</p> <p>電力形態を変換するための回路方式及び変調方式を中心に講義を行う。前半では、電力回路を理解する上で必須となる微分方程式を用いた過渡回路解析と線形素子の取り扱いを学び、電力変換に用いる半導体デバイスの特性も確認する。後半では、回路シミュレータによる演習を取り入れながら、各種電力変換を行う基本回路の構成、動作及びパルス変調方法を学ぶ。最後に地球環境と共存していくための省エネ技術や高調波障害等についても触れる。大学編入試験にも大きく関わる。</p>		
<p>〔履修上の留意点〕</p> <p>様々な回路における動作を丸暗記せず、シミュレータ等積極的に利用して、手を動かしながら理解すること。また、板書の全コピーを止めて必要な箇所だけメモし（口頭で“重要”と念押しする箇所は特に大事）、できるだけ耳を使って、その場で考えてほしい。一方的な授業はつまらないので、質問攻撃を望む。</p>		
<p>〔到達目標〕</p> <p>前期中間試験 : 1) 定数係数をもつ線形常微分方程式, 2) 線形素子の特性, 3) 微分方程式を用いた過渡解析 前期期末試験 : 1) 微分方程式を用いない過渡解析, 2) 半導体スイッチの理解, 3) パルス変調方式, 4) 平均値・実行値・電力の計算、高調波と力率の導出, 5) ダイオード 後期中間試験 : 1) 各種半導体スイッチ, 2) ソフトスイッチング, 3) AC-DC 変換回路の動作理解, 4) 高調波問題の理解, 5) チョップパ回路の動作理解 後期期末試験 : 1) チョップパ回路の拡張, 2) DC-AC 変換回路の動作理解, 2) モード解析, 3) PWM パルス発生回路, 4) 各種電力変換回路の理解 以上の修得</p>		
<p>〔自己学習〕</p> <p>複合領域の応用分野なので、次の授業に必要な基礎科目を復習（思い出した）の上、授業に望むこと。またシミュレータを用いて、授業で出てきた回路の確認を随時行うこと。</p>		
<p>〔評価方法〕</p> <p>定期試験成績（70%）、課題点（20%）と授業態度（出席及び質問）（10%）の総合評価にて行う。定期試験ごとの達成目標を各々クリアすることで、単位認定の原則とする。</p>		
<p>〔教科書〕 なし</p> <p>〔補助教材・参考書〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・回路解析シミュレータ PSIM, Powersim 社製（国内販売代理店：Myway プラス株式会社） 評価版がフリーでダウンロード可。 ・「スイッチングコンバータ回路入門」、日刊工業新聞社、岡山 努 著 ・「世界を動かすパワー半導体—IGBT がなければ電車も自動車も動かない」、電気学会、児玉 浩憲 著 ・補助教材は適宜準備 		
<p>〔関連科目・学習指針〕</p> <p>複合領域の応用分野なので、全ての電気に関する科目と関連する数学が基礎となる。特に基礎電気回路、電気回路ⅠⅡⅢ、アナログ回路、電子工学および基礎数学の知識が必要。</p>		

講義項目・内容

週数	講義項目	講義内容	自己評価*
第1週	イントロダクション, 3年次微分方程式の確認	まず、本教科のやり方、進め方およびパワエレとは何か?について説明する。続いて、3年次にやってきた常微分方程式の確認を行う。	
第2-4週	常微分方程式	回路の過渡解析に必要な微分方程式の確認+ α (記号法を用いた解法)を行う。4週目に確認テストを行う可能性あり。(編入試験対策としても効果大)	
第5-6週	交流理論から過渡現象へ (+PSIM演習1)	R, RL, RC回路を用いて線形素子の特性を確認し、交流理論の世界から一般的世界への誘導を行う。また、回路シミュレータ (PSIM) の使い方を復習 (スイッチが組み合わさった回路の演習) し、視覚的に過渡現象を確認する。	
第7週	確認と演習	これまで習得した内容の確認と演習を行う。	
前期中間試験			
第8週	過渡現象の確認	まず定期テストの模範解答を行う。次に家電 (例) が単発過渡現象の繰り返しで動いていることを示し、回路動作の要が単発過渡現象にあることを確認する。	
第9-10週	直感的過渡解析 (単エネルギー回路)	初期値をもつRL, RC回路にスイッチ (ダイオードを含む) が組み合わさったものを取り上げ、微分方程式を用いずに過渡解析を行う。(数週間にまたぐ宿題を予定)	
第11-12週	電力制御の基礎 (線形orスイッチング)	トランジスタやサーモスタットによる温度制御から電力変換の基礎を学び、各種パルス変調方式 (PWM, PFM, PAM, PDM, PSM) を理解する。	
第13週	電力等の計算, 理想スイッチと実際	平均値・実行値・電力の計算, THDについて確認する。続いて、理想スイッチと実際のスイッチの違い及び特徴を学ぶ。(夏休みにダイオードに関する復習&調査の宿題を予定)	
第14週	半導体スイッチ1	ダイオードとその高耐圧化, リカバリ電流について解説する。	
第15週	確認と演習	これまで習得した内容の確認と演習を行う。	
前期期末試験			
第16-18週	半導体スイッチ2	サイリスタ (SCR, GTO, トライアック), バイポーラパワートランジスタ, パワーMOS-FET及びIGBTについて解説し、各種半導体スイッチの特性をまとめる。SiCやGaNなどの最新動向は、最前線のエンジニアの方による講演を予定している。	
第19週	各種スイッチの使い方 と注意点等	交流電圧源と抵抗負荷による簡単な回路に各種スイッチを挿入し、その使い方を確認する。次に、スイッチングサージ及び損失について解説し、回路の寄生成分、高周波スイッチングの必要性、半導体スイッチに求められていること等にも触れる。	
第20週	AC-DC変換 (+PSIM演習2)	抵抗負荷をもつ半波及び全波整流回路の確認を行い、誘導性負荷の場合も解説する。ここで環流ダイオードの重要性を取り上げる。次に容量性負荷をもつ整流平滑回路について学ぶ。その中で、入力高調波の問題にも触れる。	
第21-22週	DC-DC変換 (非絶縁型)	降圧, 昇圧及び昇降圧チョップパについて学ぶ。回路動作の理解から入り、定常状態を用いた入出力関係の導出 (状態平均化法を用いた3方式) まで行う。	
第23週	確認と演習	これまで習得した内容の確認と演習を行う。	
後期中間試験			
第24週	DC-DC変換 (進化型)	定期テストの結果をもとに勘違い点, ミスしやすい点を確認する。その後、双方向チョップパ, フォワードコンバータ, フライバックコンバータを紹介する。これらを通して、絶縁の必要性和高周波トランスの難しさについて解説する。	
第25-27週	DC-AC変換1	ブリッジ形インバータ (フルブリッジ, ハーフブリッジ, SEPP) を紹介し、インバータの基本動作を確認する。続いて、LR負荷をもつフルブリッジインバータとSEPPインバータを例にモード解析の演習を行う。デッドタイムの必要性にも触れる。	
第28週	DC-AC変換2	ブリッジ形インバータをPSIMで動かし、各種変調方式とソフトスイッチングについて確認を行う。次に、フルブリッジインバータによる正弦波PWMを学び、PWMパルス発生回路についても触れる。	
第29週	総合演習+確認テスト	総合演習を通して電力変換回路の解析力を磨く。後半、これまでの確認テストを行う。クラスの理解度により演習を延長し、標準の定期テスト期間にテストを移動する。	
第30週	各種電力変換回路, 現代の課題と将来展望	テスト返却後、高周波ACリンクDC-DCコンバータ, マトリクスコンバータ, MPPTコンバータ等を紹介する。また、省エネルギーなどについて認識を深める。	
学力補充期間			

*4: 完全に理解した, 3: ほぼ理解した, 2: やや理解できた, 1: ほとんど理解できなかった, 0: まったく理解できなかった
(達成) (達成) (達成) (達成) (達成)