

電源回路・パルス発生回路の製作およびキャパシタの充放電特性

総合理工学研究科 教授 中野 人志
(東大阪モノづくり専攻 計測・制御分野担当)

1 はじめに

全国の大学を中心とした複数の教育機関において「副専攻制度」が取り入れられている。理工系の大学院では、従来から、担当教員の専門性に強く依存した専門教育を行っているが、このことが専門学位取得後の活躍分野に制限をもたらしていることは否めない。

他の大学で実施されている「副専攻」の制度は専門を Major、副専攻を Minor と位置づけており、副専攻における達成目標は明らかにされていない。東大阪モノづくりイノベーションプログラムでは、副専攻という位置づけではなく「セカンドメジャー」制度を掲げている。参画企業の技術者、専攻の教員そしてシニアサイエンティストおよびシニアエンジニア (SS&SE) が連携して教育を行うことにより、一分野にとらわれない多様な基礎知識と研究能力を養うことができる。博士後期課程においては専門分野以外の修士レベルの知識と研究能力の修得、博士前期課程では学士レベルの知識と研究能力の修得を要求している。

明確な目標設定を受け、博士前期課程の開講科目「東大阪モノづくり特別演習 (計測・制御)」において、電気系における学部レベル基礎技術修得のための授業を計画した。

2 授業計画

化学を専門とする大学院生に対し、セカンドメジャー科目の開講を行った。受講生は平成21年度が4名、平成22年度は3名であった。事前の調査で電気回路学の根幹となる「オームの法則」「キルヒホッフの法則」を理解していない学生の存在を把握した。もちろん、電磁気学の素養もなく、学問的な内容よりも実学的内容を重視した授業内容を計画することにした。

到達目標は以下の5つとした。

1. 「電源」の概念が理解できる
2. 交流から直流へのエネルギー変換を理解できる
3. 接地 (アース) の重要性を理解できる
4. ダイオードおよびトランジスタの役割 (整流、スイッチ、増幅作用) を理解できる

5. 電源回路、パルス発生回路、キャパシタ放電回路を製作することができる

3 実施内容

授業は座学と演習で構成した。

座学では、オームの法則、キルヒホッフの法則の説明の後、生活に身近なところにある「電気」を十分に意識してもらうため、接地 (アース) の概念、交直変換、3P 交流電源の意味、直流電源、直流と交流の使い分け等について講義した。また、学部レベルの電気知識に直結する内容として、電気回路あるいは電子回路図面の読み取りを重要視した。回路図面に拒否反応を示すのではなく、電気系統の理解に努めようとする姿勢、あるいは解析が行える能力は、少なくとも工学系の技術者にとっては必須のものと考えられる。

座学の後半では、回路構成の基本となる線形素子の直並列接続 (分圧、分流の概念)、ダイオード、トランジスタ等の半導体デバイスの役割について講述した。トランジスタ動作は、増幅作用、スイッチング作用の現象論に終始し、デバイスの基本原理に関しては自学自習を促した。

座学の後、演習として、電源回路、パルス発生回路、キャパシタ放電回路の製作を行った。演習実施にあたっては山田誠シニアエンジニアの協力を得た。



Fig.1 演習の風景1

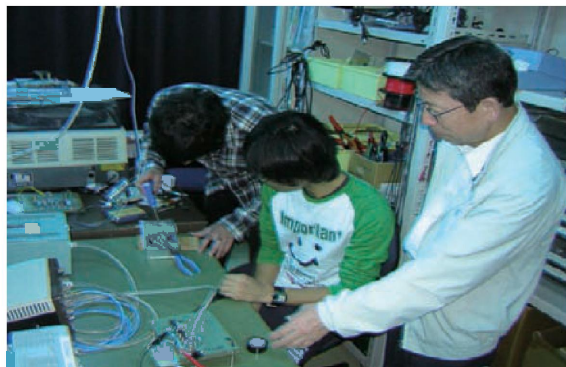


Fig.2 演習の風景2

化学系の学生においては、機械工作ならびに電気工作の経験は中学生以来とのことであった。電気回路図の「直観的理解」には「回路図から実際のモノを製作する」のが一番の早道であり、ハウジングをも含めた回路製作を計画した。到達目標および座学とのつながりを意識し、分圧、分流の概念、接地の概念等を盛り込み、さらにダイオード、トランジスタ等の半導体素子を使用する回路を山田シニアエンジニアが設計した。演習の風景を Fig.1 および Fig.2 に示す。

4 キャパシタの充放電特性

一例として、電源回路を用いたキャパシタ充放電特性の測定結果について紹介する。Fig.3に電源回路ならびにキャパシタ充放電回路を示す。

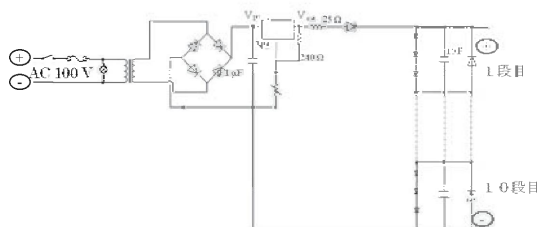


Fig.3 キャパシタ充放電特性の測定

電源部分は、ダイオードブリッジによる整流回路とキャパシタによる平滑回路、ならびに三端子レギュレータで構成され、直流出力が25Vになるように調整されている。充放電対象としたキャパシタは「電気二重層コンデンサ」である。電気二重層コンデンサは、電気二重層と呼ばれる異なる2つの相が接触する界面で、極めて短い距離を隔てて正負の電荷が対抗して配列した界面現象を利用したもので、一般的なコンデンサとは原理が異なる。一般的なコンデンサの静電気容量は数 μF であるが、電気二重層コンデンサは数十Fの電気容量があり、将来的には二次電池に代わるデバイスとして期待されている。主な用途は、メモリIC用の電力供給源としてのバックアップ電源や、アクチュエータやモータの補助電源である。電気二重層コンデンサの

耐圧は低く、通常、1~3V程度となっている。使用した電気二重層コンデンサの耐圧は2.5V、容量は10Fであり、電源電圧と同程度とするため、10個の直列接続を行った。回路系は全て学生が自作した。

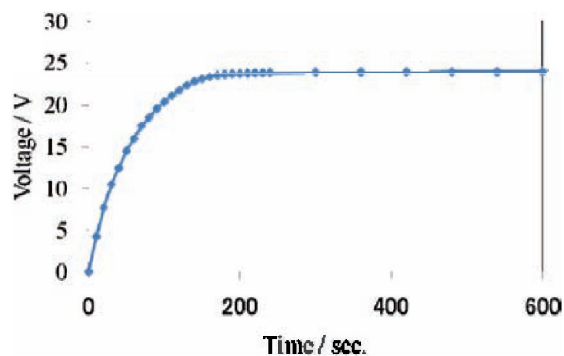


Fig.4 電気二重層コンデンサの充電特性

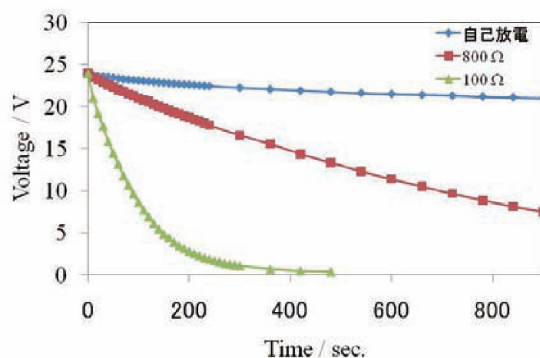


Fig.5 電気二重層コンデンサの放電特性

Fig.4およびFig.5に充電抵抗値が25 Ω のときの充電特性、種々の放電抵抗による放電特性をそれぞれ示す。電気過渡現象の基本となる時定数確認のための実験であり、化学系学生にとっても興味深い内容であったと考えている。

電気電子工学科のレーザー工学研究室ではレーザー用ならびにXeフラッシュランプ用の電源開発として、高電圧パルス発生の研究を行っている。放電の継続時間はミリ秒程度が必要であり、大容量キャパシタの使用を検討している。今回の充放電特性の測定結果を受け、電気二重層コンデンサの直列接続構成による放電回路設計の可能性が高まり、2010年度の卒業研究テーマとして、学部学生が引き続き放電特性把握の研究を行っている。

5 到達度の評価

到達度は口頭試問ならびにレポート提出により行った。概ね課題に沿った適切なレポートが提出され、受講生は到達目標を達成したと判断した。