

第5章

スイッチング素子やダイオード/コイル/コンデンサを使って電圧を上げ下げする

PWMからコンバータまで… 電気制御のモデル設計

新井 正敏

● モデルベースの強みである「制御」にトライ

これまでOPアンプやフィルタなどSimscapeを使ってモデルを設計してきました。

正直、これらの設計であればSPICEなどの回路シミュレータと電卓を使えば十分です。本章では、MBEの強みである制御について扱います。

● 本章でやること…電圧を変換する「コンバータ」をモデル化

本特集は、最終的にブラシレスDCモータの制御まで体験できますが、一足飛びに制御を理解するのは難しいと思います。システムに制御モデルを入れるだけでは、思い通りに制御できません。例えば、モータに回転速度(角速度： ω)を指示値として出して、あとは「頑張れ頑張れ! できるはず」と見守るだけではだめです。指定した回転速度が実現できるようにモータに電圧変換した適切な電圧を与えなくてはなりません。

少し砕けた言い方ですが、あるプロジェクトを任せられ、予算無しで何とか気合で頑張れと不条理なことを言われても、何もできないのと相通じるところがあります。

本章では、DC(直流)電圧から任意のDC電圧に変換するDC-DCコンバータのモデルを設計して、これを第7章のモータ制御に使います。本特集ではACを交流として、ACからDCに変換するシステムをコンバータ、DCからACに変換するシステムをインバータ(逆変換)と呼ぶことにします。

電力を制御する回路を設計するには、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)などの電気スイッチが必要です。なぜならば、人力によるスイッチON/OFFは低速で実用的でないためです。ここでは、電気スイッチの種類や、ON/OFF信号の入力モデルも示していきます。

5.1 電気制御の基本要素…パワー半導体とPWM制御

パワー半導体とPWM制御

● パワー半導体の基礎知識

図1に電気素子(パワー半導体)の回路記号を示します。また、表1にそれぞれの機能を示します。

▶ (1) 整流素子

図1(a)のダイオードと図1(b)のサイリスタは、アノードからカソードの1方向にのみ電流を流す電気部品です。逆向きには電流を流しません。整流素子と呼ばれています。整流素子は交流を直流に変換するAC-DCコンバータに使います。AC-DCコンバータは、次章で具体的にモデルを設計します。なお、サイリスタはゲート端子が付いています。ゲートからカソードにゲート電流を流すことで、アノード-カソード間を導通させる整流素子です。

▶ (2) スwitchング素子

図1(c)のパワー・バイポーラ・トランジスタ、図1(d)のIGBT、図1(e)のパワーMOSFETは、電気的なスイッチの機能を持つスイッチング素子と呼ばれています。スイッチを電氣的にON/OFFするには、ベース電流やゲート電圧を操作します。これらのスイッチング素子は、直流から交流の変換を行うDC-ACインバータに使われます。次章で具体的にモデル設計を行います。本章では、直流から直流の電圧変換(DC-DCコンバータ)について説明します。

図2に示すのは、パワー半導体の位置付けです。これは周波数と使用するパワーの関係を示しています。本特集では、EVなどで用いられているIGBT部品を使います。