

第4章

トライアル&エラーを繰り返しながら
電源回路方式を選定してみる

シミュレータを生かした 回路の構想設計入門

田口 海詩 Uta Taguchi



製品開発の設計プロセスには、企画した製品をどのような方法で実現していくかおおまかに検討する構想設計と、実際の製品を作る上で部品選択や回路定数の設定を行う詳細設計の工程があります。

構想設計段階では、頭の中でひらめいた新しいアイデアを実現するため、回路を検討することがあります。アイデア状態の電子回路を検討する場合、本当に安定的に動作するのか、性能や機能の面でメリットがあるのか、コストの面で問題にならないかなど、あらゆる側面から検討する必要があります。この際に、すぐに試作を行うよりも、まずはシミュレ

ーションを活用して回路の動作や目標とする効果が得られるかどうかを確認の方が良いと思います。

ここでは構想設計段階で新しい回路を考案することを想定し、シミュレータの効果的な活用法について説明します。構想設計段階でシミュレーションを行う際の重要ポイントは、動作検討を行う回路の本質部分に注目してそれ以外の部分はなるべく等価回路を用いるなど簡素化することです。

題材は、高精度で高効率な電磁石用電源回路です。シミュレータにはQSPICEを用いますが、ほかのSPICEシミュレータを利用することもできます。

電源回路方式の考案に シミュレーションを

● 電磁石用の電源回路を例に

高エネルギー物理学研究用や医療用の加速器では、図1に示すような電子ビームの軌道を曲げるための電磁石が用いられています。加速器用の電磁石は1 T^{テスト}程度の磁場強度ですが、安定度が10 ppm以下の高精度が要求される場合があります。

一般に、電磁石(コイル)用の電源の制御方式には、図2に示すように、リニア(シリーズ)方式とスイッチング方式があります。それぞれの電源方式の特徴を表1に示します。電磁石が必要とする設計仕様に合わせて電源回路の方式を選定します。

● リニア方式電源の動作とその問題点

電子ビーム加速器に用いる電磁石の電源は、常に10 ppm程度の精度で高速掃印制御を必要とします。このため、リニア方式を選定するケースが多くなります。しかし、加速器用の電磁石は非常に大型で大電流を必要とするため、リニア方式の電源では電流制御に用いるMOSFETなど半導体デバイスの電力損失が多くなります。

リニア方式の電磁石用電源回路の例を図3に示します。電磁石用電源回路は、

DC電源→電磁石→電流制御MOSFET→電流検出抵抗のループが電磁石に電流を流すメイン回路になります。メイン回路に流れる電流は、電流検出抵抗で検出し、電流設定信号との比較を行う誤差アンプを経由して電

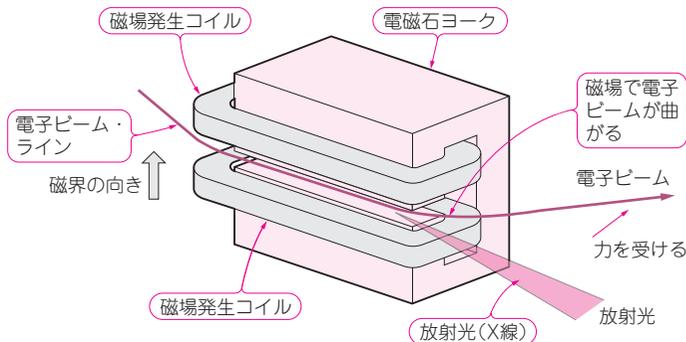


図1 加速器用電子ビーム偏向電磁石
高エネルギー物理学研究や医療用加速器に使用される電子ビーム偏向電磁石の電源は、高精度・高安定が要求される