

タンデム加速器加速高電圧の安定化

若狭湾エネルギー研究センターでは、加速器の性能/安定性の向上をめざして、加速器技術の開発研究を行っています。すべての実験に用いられるタンデム加速器の加速原理は、「荷電粒子は通過した電位差に比例するエネルギーを獲得する」という簡単なものです。できるだけ高い加速電圧を安定に発生させ、維持することが要求されます。加速高電圧の安定化への取り組みを紹介します。

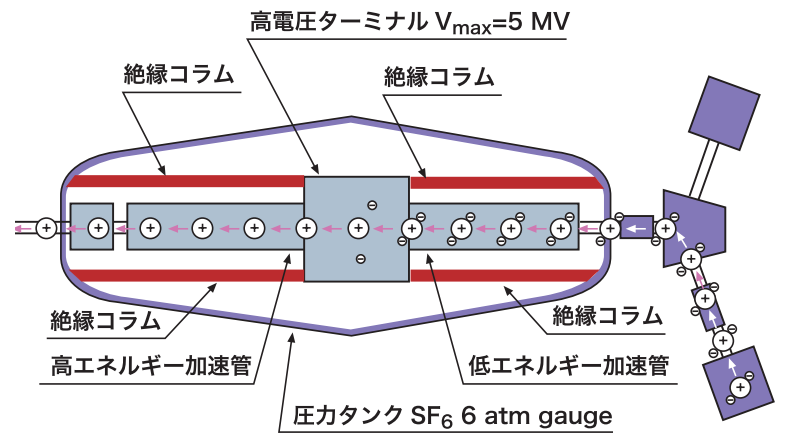
耐高電圧性能の向上

荷電粒子を加速するための高電圧ターミナルや加速された粒子が走る加速管は圧力タンクの中の絶縁コラムと呼ばれる樹脂製の構造物により支持されます。さらに圧力タンク内には絶縁性能に優れる6フッ化イオウ(SF₆)ガスが6気圧(ゲージ)で封入されます。

真空に排気されている加速管の内側は、SF₆中のものに比べ耐高電圧性能は劣ります。

ある電圧まで印加することができたとしても、例えば実験のため、低い電圧で用いたり、停止(0V)したりすると、耐電圧性能はその低い電圧に向かって劣化します(デコンディショニング)。デコンディショニングを抑えるためには、最高電圧の維持のための発電(コンディショニング)が必要となります。実験のないときは、可能なかぎり加速管のコンディショニングにつとめています。

SF₆中にある絶縁コラムも加速管内でビームによる電位の変化などの影響を受け放電を起こすことがあります。また、表面状態の変化により、沿面放電を起こすこともあります。長年の使用により、絶縁体内部の損傷や沿面の放電痕のため、絶縁性能が劣化してきました。2010年に絶縁コラムを全て交換し、5.5MV以上の耐圧を復活しています。さらに、全ての加速管の修理調整を経て、2012年に加速管を含めた全システムを構築し直し、5.1MVの耐圧を達成しています。



発電機構の安定化

他励発振器と共振トランスで発生させた高周波を多段倍電圧整流回路(シェンケル回路)を用いて整流、蓄電することにより加速高電圧を得ます。共振特性の変化の監視を常に行っています。発振管のB電源には交流安定化電源を用い、共振トランスの1次側の電圧変動を抑えています。

加速高電圧は、電圧測定値の設定値からの偏差を発振器に帰還することで制御を行っています。電圧測定は回転発電電圧計(Generating Voltage Meter)を用いているので、GVMフィードバックと呼ばれています。

GVMは回転子が電界を周期的に遮蔽することで、固定子上にターミナル電圧に比例する強度の交流電流を発生させます。回転子の接地方法を改良することで、電圧測定値の変動をおさえることができ、GVMフィードバックの精度を向上させました。

新しい加速電圧のフィードバック制御法として、米国NEC社製のビームプロファイルモニターBPMをビームエネルギー(すなわち加速電圧)の測定に用いる方法、BPMフィードバックを考案しました。マイクロビームコース利用時の電圧制御に用いられています。

さらに、バックアップとして絶縁コラムの分割抵抗を流れる電流により電圧制御を行うコラム電流制御を追加しました。

