


 卷 頭 言
 

「加速器とパワー半導体デバイス」


 馬場 齊
 Hitoshi BABA

20世紀初頭に現れた真空管や放電管はパワーエレクトロニクスの原点でありました。その後1940年代には、ガス放電現象を利用した大容量の水銀整流器が実用期に入り、大電力を扱うようになりました。1947年にはトランジスタが発明され、それ以来、半導体エレクトロニクスは20世紀最大の技術革新の担い手となり、あらゆる分野に浸透し、今日の社会を築いてきましたことは周知の事実であります。

20世紀後半からは、電気エネルギー科学分野において、パワー半導体デバイスは次のような来歴で実用化され市販されるようになりました。即ち、①整流ダイオード (rectifier diode) は1950年に、②サイリスタ (thyristor・別名シリコン整流器 (SCR)) は米国のGE社より1956年に、③高耐電圧大電流で自己ターンオフ機能を持つGTO (gate turn off thyristor) は1980年代前半に、④三端子スイッチング素子で、高耐電圧大電流形で、バイポーラトランジスタと同じような、入力信号でオン・オフできる自己消弧形スイッチング素子であるIGBT (insulated gate bipolar transistor) は1980年代半ばに、⑤自己消弧形で基本的にIGBTと同種のIEGT (injection enhanced gate transistor) は近年開発された実用化スイッチング素子であります。

米国のフェルミ国立加速器研究所の500 GeVPSは、交流ラインから直流に変換するのにSCRを用い、商用交流ラインの電圧変動を防ぐために、機械エネルギーの代わりにコンデンサーに蓄えた電気エネルギーに置き換えた、SCR制御による静止形無効電力補償装置が採用されている。これとハイブリッドフィルタを組み合わせた構成で主リング電磁石電源がつけられている。パワー半導体デバイスを利用した世界で最初の電磁石電源でありました。後に完成した高エネルギー物理学研究所 (KEK) の12 GeVPSや、電子・陽電子衝突形のKEKトリスタンの主リング電磁石電源は同じ方式でありました。

欧州原子核研究所 (CERN) のLEPの高電圧電磁石電源は、SCRのような強制転流回路を必要としない、GTOスイッチング素子が用いられた一例であった。

1/4縮小案で1970年頃にスタートしたKEK 12 GeVPSは、2005年度3月末をもって35年間の研究歴を樹立し廃止され、次の担い手であるKEKと日本原子力研究開発機構の共同によるJ-PARCの略称のもとで、大強度の主リング電磁石電源は現在建設中である。新しいスイッチング素子であるIEGTやIGBTをパルス幅変調器 (PWM) モードで、速いスイッチング周波数のデジタル制御で駆動することで、ほぼ力率1に近い、小形化されたリップル成分の少ない直流出力が得られる。これとハイブリッドフィルタとを組み合わせることで、装置の大容量化と高性能化を図った主リング電磁石電源が建設され、現在稼動試験を待つ状態であります。その反面、IEGTやIGBTをPWMで高いスイッチング周波数で駆動する時、 $\sim 10^3$ 倍くらいまでの高周波ノイズがスイッチング素子自身で発生する。無視し得ないノイズ電力レベルによって、電磁石電源自身の構成素子であるアブゾーバー素子の焼損事故を、現在稼動中のKEKのPF-AR 6.5 GeVの電磁石電源で体験したことに鑑み、高周波ノイズの低減対策に、企業の技術者や研究所の担当研究者が一体となって努力している。このことはJ-PARC主リングにおいても問題化が予想され、建設を担当している研究者はひとしく、ノイズ低減策に没頭している。成功裏に完成の域に達した時は、その努力と喜びは本学会誌を賑やかにすることでありましょう。

研究用加速器は企画時の社会状況や半導体エレクトロニクスの状況に左右されざるを得ないでありましょう。少子高齢化の日本社会の中で、大学では若き加速器の研究者や技術者を育てることが困難になっていると聞く。本学会誌が若者にたいして、良き啓蒙の誌とならんことを、期待したい。