

技術開発レポート

大強度陽子加速器用共振型電磁石電源システムの開発

1. はじめに

大強度陽子加速器計画は、J-PARC(Japan Proton Accelerator Research Complex)の愛称で呼ばれ、MW 級の
大強度陽子ビームを作り出すプロジェクトである。建設は、
日本原子力研究開発機構と高エネルギー加速器研究機構と
の共同で、茨城県東海村の原子力科学研究所内に 2001 年
から進められている。図 1 に J-PARC の全景を示す。リニ
アック(長さ 330m)、3GeV シンクロトロン(周長 350m)、
50GeV シンクロトロン(周長 1500m)と、3つのビーム利
用施設から構成されている。

3GeV シンクロトロンは、ビームパワーを稼ぐため、繰り
返し周波数を通常のシンクロトロン(~1Hz 程度)よりも大
きな 25Hz にしている。このため、加速器の構成要素には繰
り返しを速くするための特別な技術が必要となる。ここで
は、ビームの軌道半径を一定に保つための電磁石電源シ
ステムについて紹介する。



図 1 建設中の J-PARC(平成 18 年 10 月現在)

2. 高精度動磁場測定

大強度ビームを軌道半径一定に保ちつつ安定して加速さ
せるためには、ビームを偏向させるための偏向電磁石と、
収束させるための四極電磁石の磁場波形を高い精度で一
致させる必要がある。電磁石には非線形性があるため、あ
らかじめ磁場測定を行って電流に対する磁場関数を求めてお
き、磁場を一致させるように電流制御を行う。従来は、直
流磁場の元で磁場測定を行って励磁関数を求めていたが、
25Hz の磁場変化に伴う渦電流により生じる磁場の遅れが
電磁石種類ごとに異なることから、25Hz の運転パターンの
元で動磁場を測定することにより磁場関数を高精度に同定
するシステムを開発した。図 2 に磁場測定中の四極電磁石
を示す。



図 2 磁場測定中の四極電磁石

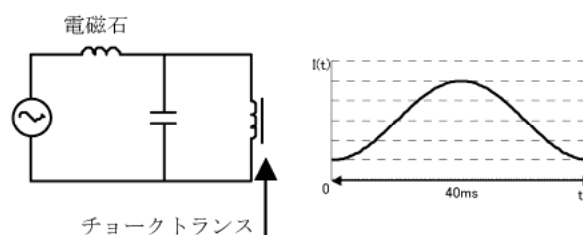


図 3 共振型電磁石電源の等価回路と電磁石電流波形

3. 共振型電磁石電源

電磁石は大きなインダクタンスを持つため、直接電源から
25Hz の電流を供給しようとするとならざるを得ない電源容量が
必要となる。そのため、図 3 に示すように、コンデンサとチ
ョークトランスから構成される共振回路を介して、電磁石
に直流電流が重畳した 25Hz の正弦波交流電流を励磁する。

3GeV シンクロトロンでは、リング一周に偏向電磁石 24
台と、四極電磁石 60 台を配置している。偏向電磁石は 24
台の電磁石を直列接続して 1 台の電源で励磁し、四極電磁
石は 60 台を 7 種類に分けて 7 台の電源で励磁する。電源に
は、IGBT を用いたスイッチング電源を採用し、電源容量は
偏向電磁石電源で 7.7MW、四極電磁石電源は 7 台合計で
4.5MW になる。

4. まとめ

現在、電磁石及び電源とも据付工事はほぼ完了し、11 月
から通電試験を行う予定である。また、3GeV シンクロト
ロン全体では、平成 19 年 9 月からのビームコミッショニング
に向けて調整を進めている。(<http://www.j-parc.jp/>)

渡辺 泰広(日本原子力研究開発機構)
(平成 18 年 11 月 14 日受付)