

INRUSH INVESTIGATION OF MAGNET POWER SUPPLIES AT J-PARC MR FROM THE VIEW OF HARMONICS AND VOLTAGE FLUCTUATION

Katsuya Okamura, Kazuaki Niki, Hisashi Akikawa, Shu Nakamura, Ryota Takai
High Energy Accelerator Research Organization
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801

Abstract

We have investigated the inrush impact and power fluctuation of the magnet power supplies to the electric power line at J-PARC. Issues were voltage fluctuation caused by inrush-current of the main transformer, connection of the AC filter equipment and pattern operation of the magnet power supply. Harmonics caused by the magnet power supply operation were also outstanding issue. Test results showed no harmful phenomena and now we are executing conditioning operation toward beam accelerating commissioning in Dec. 2008.

高調波・電圧変動の観点からみたJ-PARC MR電磁石電源投入時のインパクト調査

1. はじめに

J-PARCMRの電磁石は97台（内1台は基準電磁石）の変更電磁石、11ファミリー216台の四極電磁石、3ファミリー72台の六極電磁石により構成されており[1]、これらの電磁石を励磁するための電磁石電源の電力は60MW（40GeVパターン運転中のピーク）に達する。

電磁石電源はJ-PARC MRの特高変電所に設置された50MVAのトランスによって66kVから22kVに降圧された後MS系と呼ばれる専用系統を通じてD1、D2、D3の各電源棟に分岐している。また、D2電源棟には電磁石電源から流出する高調波を吸収する高調波フィルターが接続されている。電磁石電源の主変圧器（50MVA）、高調波フィルター（6.5MVAR）は原科研の受電容量（110MVAトランス×2台）に対して大きな割合を占めており、それぞれの投入時に起きる過渡現象が周辺設備に及ぼす影響が懸念されたため、これらの設備投入時の他系統の電圧変動を調査することになった。また、3GeV→30GeVのパターン運転も実施し、電力変動の影響も調査した。本論文ではこれらの調査結果について報告する

2. 電源系統

J-PARCはJAEA東海研究開発センターの敷地内にあるため電源もJAEAの既設電源に追加した形となっている。JAEAの東電からの受電は154kVであるが、J-PARC MRはそれを66kVにステップダウンした母線から分岐し、電磁石電源系統（MS系、22kV）、その他の装置系統（S1系、6.6kV）、物質生命系統（S2系、6.6kV）、一般負荷（S3系、6.6kV）に分けて50GeV変電所より給電している。電磁石電源はD1、D2、D3の各電源棟に分散して設置され、高調波フィルター設備はD2電源棟に設置されている。表1に電磁石電

源の一覧を図1に所内の電源系統図を示す。

3. 結果

3.1 電磁石電源主変圧器投入の影響

電磁石電源主変圧器は50GeV変電所に設置されており、容量が50MVAで66kVを22kVに降圧する。主変圧器用の遮断器を投入したときの励磁突流を図2に、中央変電所、リニアック変電所、50GeV変電所の各所の電圧変化の様子を図3に示す。ピーク900Aの励磁突流が流れ、その影響で電圧が3~4%低下することがわかった。但し、励磁突流900というのは定格比で2倍に過ぎないので測定しなかった他相においてもっと大きな電流が流れていたのではないかと推察される。

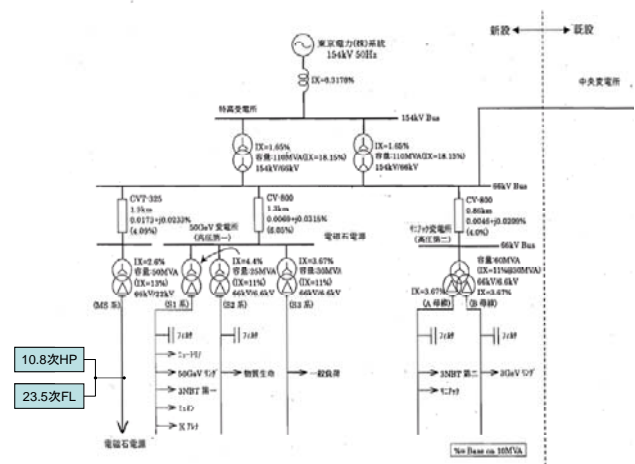


図1 所内電源系統図

表1 電磁石電源の一覧

項目	電源棟	受電電圧	ピーク電 力	直流電圧 (kV)	直流電流 (A)	主変換デバイス	変換器 ブリッジ構成
B電源 (偏向電磁石)	BM1	D3	22kV	7.5	4.5	2186 IEGT(4500V-2100A)	2直列
	BM2	D3	22kV	7.1	4.2	2186 IEGT(4500V-2100A)	2直列
	BM3	D1	22kV	7.1	4.2	2186 IEGT(4500V-2100A)	2直列
	BM4	D1	22kV	7.1	4.2	2186 IEGT(4500V-2100A)	2直列
	BM5	D2	22kV	7.1	4.2	2186 IEGT(4500V-2100A)	2直列
	BM6	D2	22kV	7.1	4.2	2186 IEGT(4500V-2100A)	2直列
Q電源 (四極電磁石)	QFN	D2	22kV	3.5	3.5	1038 IEGT(4500V-2100A)	2直列
	QFX	D3	22kV	2.9	3.0	1038 IEGT(4500V-2100A)	2直列
	QDN	D2	22kV	4.0	4.2	1038 IEGT(4500V-2100A)	2直列
	QDX	D3	22kV	2.1	2.1	1038 IEGT(4500V-2100A)	2直列
	QFR	D1	6.6kV	0.81	0.80	1038 IGBT(1700V-600A)	2直列 × 2並列
	QFS	D1	6.6kV	0.44	0.43	1038 IGBT(1700V-600A)	2並列
	QFT	D1	6.6kV	0.51	0.48	1082 IGBT(1700V-600A)	2並列
	QFP	D1	6.6kV	0.45	0.42	1082 IGBT(1700V-600A)	2並列
	QDR	D1	6.6kV	0.57	0.56	1038 IGBT(1700V-600A)	2並列
	QDS	D1	6.6kV	0.62	0.57	1123 IGBT(1700V-600A)	2並列
QDT	D1	6.6kV	0.56	0.52	1082 IGBT(1700V-600A)	2並列	
S電源 (六極電磁石)	SFA	D1	6.6kV	0.34	0.67	517 IGBT(1700V-600A)	2直列
	SDA	D1	6.6kV	0.34	0.67	517 IGBT(1700V-600A)	2直列
	SDB	D1	6.6kV	0.37	0.72	517 IGBT(1700V-600A)	2直列

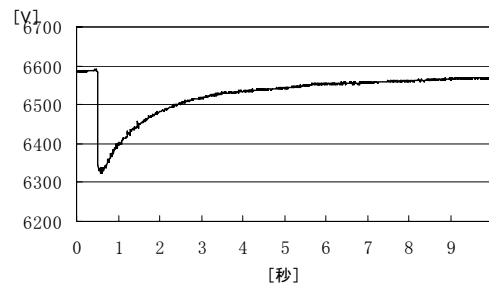
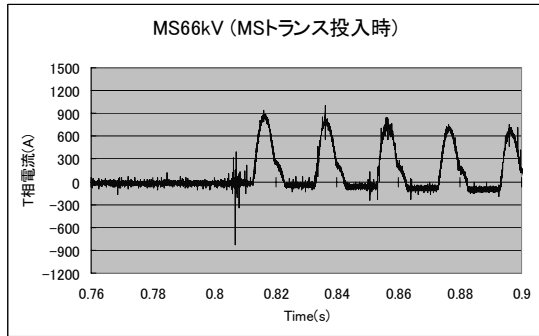


図2 50MVA主変圧器の励磁突流

3.2 高調波フィルター投入の影響

電磁石電源は電流型の変換器を採用しているために大きな高調波電流が流出する。これを吸収するために10.8次以上の高調波を吸収する4.5Mvarのローパスフィルターと22.5次を選択的に吸収する2Mvarの同調フィルターが設置されている。このような設備ではフィルター容量を1Mvar程度を単位に分割し、負荷状況に応じて分割投入するのが通常であるが、本設備では22kVの特別高圧の系統に接続されるためスイッチギアを簡略化するために6.5Mvarの一括投入しかできないためその影響が懸念された。今回の調査ではフィルターを試験のために分割し、22.5次(2Mvar)のみ、10.8次(4.5Mvar)のみ、全体一括(6.5Mvar)の3段階に分けてその影響の大きさを調査した。リニアック変電所における2Mvar、4.5Mvar、6.5Mvar投入時の電圧変化はそれぞれ、300V(0.5%)、550V(0.8%)、800V(1.2%)であったが、これは上位のトランスのタップで吸収可能な変化である。

また、フィルター投入を投入した瞬間の電磁石電源系統の電圧波形の変化を図4にEMTP(Electro Magnetic Transient Program)を用いたシミュレーションと比較して示す。スパイク電圧の波高値は投入前の161%に達している。これは値、波形共にシ

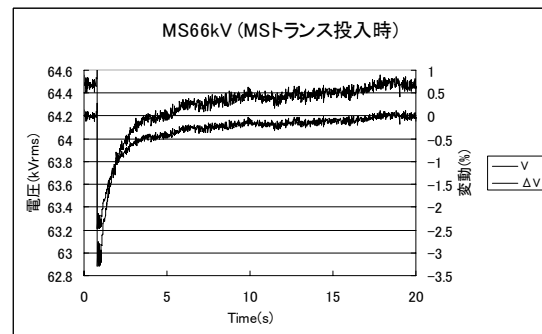
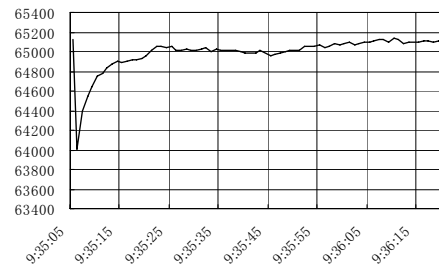


図3 50MVA主変圧器等投入時の各部電圧変化
(上)中央変電所
(中)リニアック変電所
(下)50GeV変電所

ミュレーションとよく一致した。

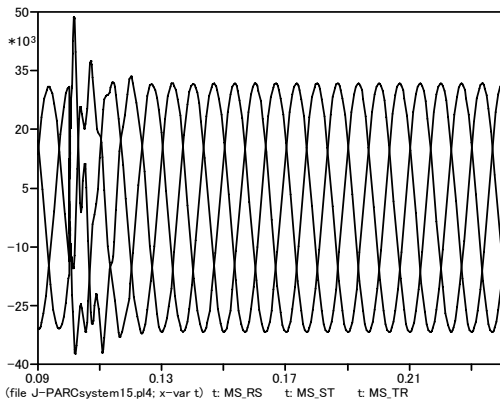
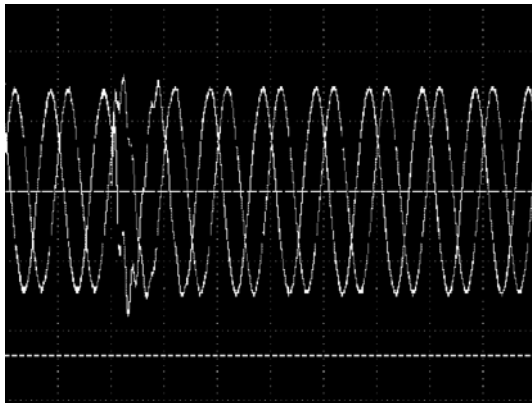


図4 6.5Mvar投入時の電圧波形歪み
(上) 実測
(下) シミュレーション

3.3 電磁石電源パターン通電の影響

電磁石電源がパターン運転を行うと加速時にはマグネットにエネルギーを蓄積し、リセット時にはそのエネルギーを放出するので電力系統との間で大きなエネルギーのやり取りを行うことになる。MRの当初エネルギーは30GeVであるので、今回30GeVまで加速した場合を想定して電磁石電源を運転し、系統に与える影響を調査した。図5に30GeVまでの運転を3.64秒周期で行ったときの電磁石電源の電力を示す。正負の電力ピークはそれぞれ30MW、-20MWであり、電力振幅としては50MWに達していることがわかった。このうちの80%は偏向電磁石電源が占めていると考えられる。

また、この時のMS系の電圧歪み率の変化を図7に示す。電圧の全高調波歪み (THD) が1.7%に達しているが、測定系の残留分が1%程度あるため、実際に発生する歪みは0.7%程度と考えられ、ガイドラインとしている1%以下となることがわかった。

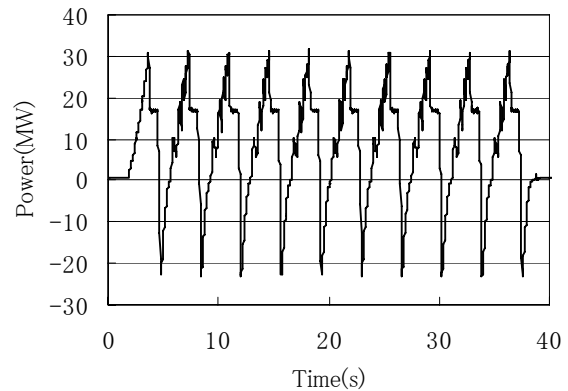


図5 30GeVパターン運転中の電磁石電源系統
電力変動

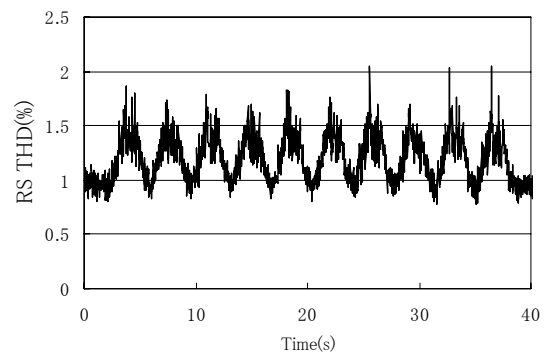


図6 30GeVパターン運転中の電磁石電源系統
電圧歪み (THD)

4. おわりに

MR電磁石電源を通電するにあたり懸念された電源投入が電源系統に与える影響を調査した。その結果高調波フィルターの投入、電源のパターン運転ともに影響は許容できる範囲にあることが確認できた。電磁石電源は2008年12月のビーム加速運転に向けて調整中である。

参考文献

[1] Y. Yamazaki et al., "Accelerator Technical Design Report", KEK Report 2002-13