

Acceleration cavity tuner controller noise measure

Hiroyuki Suzuki^{1,A)}, Etsuji Chishiro^{A)}, Takashi Ito^{A)}, Hasegawa Kazuo^{A)}, Shozo Anami^{B)}, Seiya Yamaguchi^{B)},
Shinichiro Michizono^{B)}, Zhigao Fang^{B)}, Fujio Naito^{B)}, Hirokazu Tanaka^{B)}

^{A)} Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

2-4 Shirakata-Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1195

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0801

Abstract

The automatic tuner controller in the J-PARC acceleration cavity is a device that controls the resonant frequency by the temperature change. To improve the tuner position fluctuation noise, some measures of this device have been carried out.

加速空洞チューナーコントローラのノイズ対策

1. はじめに

J-PARC用加速空洞自動チューナーコントローラは加速空洞内の共振周波数を調整するための装置で、温度による共振周波数のズレをカップの出し入れによって制御する装置である^[1]。しかしチューナーの現在位置（カップの挿入量）を計測する方法はポテンションメータからのアナログ値をもとに表示させているため、ノイズによる影響が顕著に表れる。そのため、RFの要求スペック324 MHzに対してチューナー感度10マイクロン（位相では0.17 DEG）と言う精度での制御を確保する事が難しいため、チューナーコントローラのノイズ低減対策を施した。

2. 加速空洞自動チューナー

チューナーコントローラと自動チューナーの外観を図1、図2に示す。チューナーの制御にはPLCを使っており、そこで得られた位置情報は本コントローラに設けられた、7セグメントLEDに表示されると同時に、FAリンクによって上位LLRF PLCとの通信を行うようになっている。実際のチューナーの位置の検出には、J-PARCリニアック棟地下2階に設置された、加速空洞の自動チューナーのポテンションメータから出力される、アナログ電圧値を1階に設置されているコントローラ側で計測し本装置のディスプレイに、表示している。尚ポテンションメータからコントローラまでのケーブル長は、最大で60mにも及ぶ。本装置の特徴としては、1台の親機に専用の光ファイバケーブルを通して子機を3台接続す

る事ができ、子機3台の制御は親機のPLCのCPUモジュールが一括して行っている。接続図3に示す。

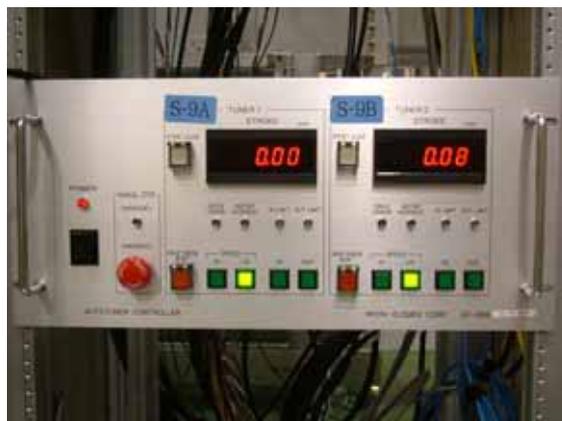


図1：チューナーコントローラ外観図

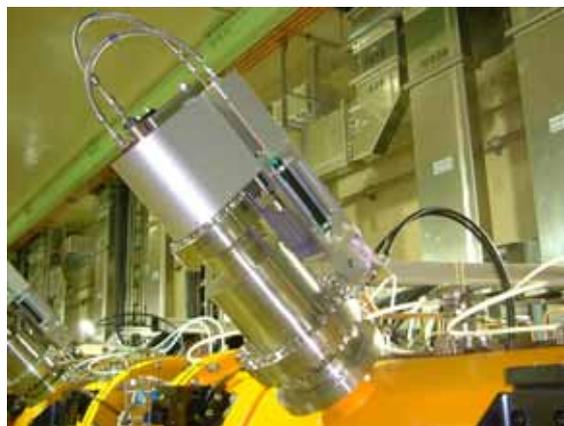


図2：自動チューナー外観図

¹ E-mail: suzuki.hiroyuki65@jaea.go.jp

また、コントローラ 1 台に対し自動チューナー 2 台を、単独で駆動出来るようなシステムになっている。

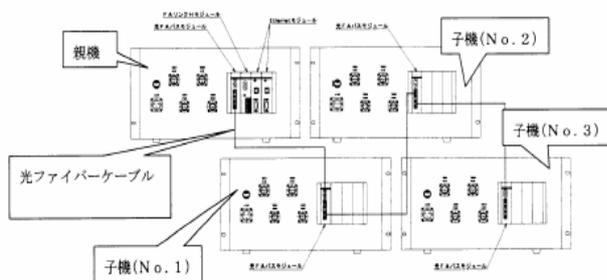


図3：親機～子機間接続図

温度による空洞の共振周波数のズレはコントローラ自身には検出するものを持っていないため、F Aリンクにより繋がれた上位のL L R FのP L Cとシリアル接続されたc P C Iが通信を行うことによりその機能を補っている。c P C IにあるD S Pで空洞への入力電圧位相と空洞内加速電圧との位相差を検出し共振のズレ（位相のズレ）をチューナーコントローラへ位置情報として送り込み空洞の共振のズレをある一定の範囲内に保つようになっている。^{[2][3]}

3. コントローラ内部のノイズ対策

3.1 コントローラのノイズ調査

コントローラに表示されるチューナーの位置がふらつく原因を調べるために、チューナーコントローラを構成している機器の切り分けを行った。その結果、チューナーを駆動するパルスドライバーが主なノイズの発生源で、そのノイズが自動チューナーの位置を測定するP L Cのアナログモジュールの入力信号（ポテンションメーター値）に重畳して表示をふらつかせていた事が判った。またコントローラと自動チューナー間の接続ケーブルもノイズを拾う要因になっている事も新たに判明した。

3.2 ノイズ対策

そこで、上記の結果を踏まえ効果を見極めながら以下の対策を行った。

パルスドライバー自身をコントローラ架台から離し絶縁をとった。

パルスドライバーから出力される駆動用信号線にノイズチューブを2重にして装着し他の信号線にノイズが回り込む事を防ぐ処置をした。

パルスドライバーのA Cラインにフェライトクランプを挿入した。

P L Cとパルスドライバー間の制御用信号線にフェライトクランプを挿入した。

P L Cのアナログ入力側にフェライトクランプを挿入した。

自動チューナー側の動力ケーブルがコネクター受け側下部でポテンションメーター類のモニターケーブル類と交差するため、そこにもフェライトクランプを挿入した。

コントローラと自動チューナー間の動力線ケーブル、およびモニター線ケーブルのシールド線をコネクターから外した。

4. ノイズ対策前と対策後の測定

4.1 対策前と対策後のノイズ測定

P L Cのアナログ入力モジュールの入力信号にオシロスコープを繋ぎノイズの量を測定した。図4が対策前の波形、図5が対策後の波形である。

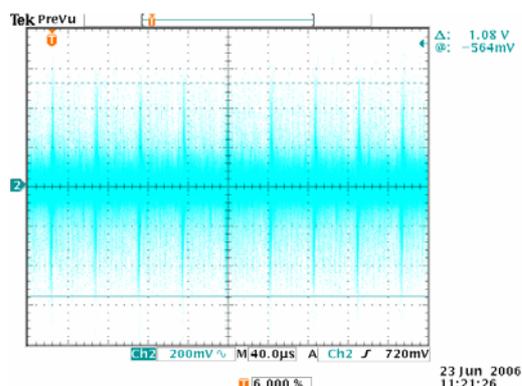


図4：アナログ入力信号波形（ノイズ対策前）

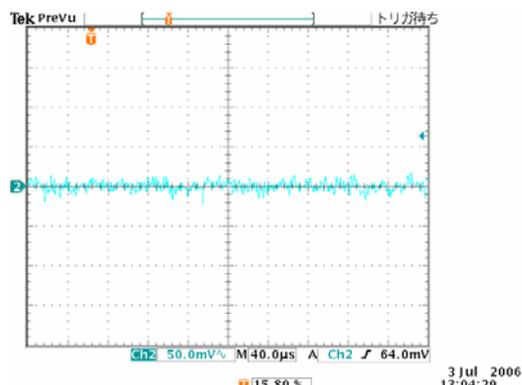


図5：アナログ入力信号波形（ノイズ対策後）

ノイズ対策前は p - p で 500 mV 程あり、対策後のノイズは p - p で 20 mV と大幅に減少している事がわかる。

4.2 PLC に入力される位置情報の変動測定

実際に PLC に入力された、電圧をデジタル化し設定値に対する1分間における位置の変動値を計測した結果を示す。図6がノイズ対策前で図7が対策後になる。

チューナー位置 設定値	MIN値	MAX 値	変動回数
0.00	-0.03	0.03	1594
10.00	9.97	10.02	1922
20.00	19.98	20.04	1576
30.00	29.99	30.04	1452
40.00	39.96	40.03	1579
50.00	49.98	50.03	1917
60.00	59.97	60.03	1836
70.00	69.96	70.04	1490
80.00	79.99	80.03	2432
90.00	89.98	90.04	2052
100.00	99.96	100.03	1518
110.00	109.99	110.05	1818
120.00	119.96	120.03	1527
平均	-0.03	0.03	1747

図6：チューナーの変動（ノイズ対策前）

チューナー位置 設定値 (mm)	MIN値	MAX値	変動回数
0.00	-0.01	0.01	234
10.00	9.98	10.00	423
20.00	19.98	20.01	419
30.00	29.98	30.01	198
40.00	39.98	40.00	324
50.00	49.99	50.02	456
60.00	59.99	60.01	426
70.00	69.99	70.01	316
80.00	79.99	80.02	458
90.00	89.98	90.01	527
100.00	99.99	100.02	432
110.00	109.99	110.01	299
120.00	119.99	120.01	369
平均	-0.01	0.01	375

図7：チューナーの変動（ノイズ対策後）

4.3 c P C I を使った自動チューナー制御

c P C I を使った自動チューナー制御を試みた。図8はノイズ対策前のDATAで収束時間は5分程要しているのがわかる。但しこの時のDATAはc P C I 制御のソフトウェアの完成度も低く、これがすべてチューナーのふらつきによる影響とは考えてははいない。ノイズ対策後はc P C I のLinux版のソフトウェアの完成が間に合わなくDATAとして取得する事が出来なかったが、対策後の時間を計った限りでは1分程で収束しているのを確認している。

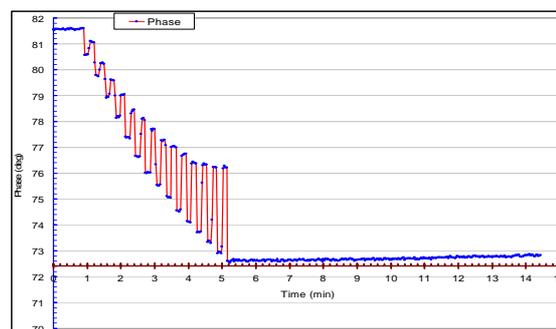


図8：自動チューナー収束の様子
(ノイズ対策前)

5. まとめ

加速空洞チューナーコントローラのノイズ対策を行った結果、対策前は平均で±30ミクロンあった表示のふらつきが、ノイズ対策後は±10ミクロンまで精度を上げる事が出来た。

今後、c P C I を使ったDATAの収集をLinux版で行うと同時に、RFの要求スペックを達成するために、ポテンションメータによるアナログ計測をデジタル化する事も視野に入れて検討する方向でいる。

6. 謝辞

今回のノイズ対策を行う際、RF、DTLの関係者の皆様のご協力のもと成果をあげることが出来ました事を、深くお礼申し上げます。また、コントローラのノイズ対策の改造につきましては日本アドバンステクノジー（株）のご協力のもと無事終了した事に感謝いたします。

参考文献

- [1] T.Ito, et al., "RF measurement of SDTL cavity", Proc of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan Funabashi, (August 4-6, 2004)
- [2] S.Anami, et al., "J-PARC Linac Low Level RF Control", Proc of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan Funabashi, (August 4-6, 2004)
- [3] S.Michizono, et al., "Digital RF Control System for 400-MeV Proton Linac of JAERI/KEK Joint Project", Proc of Linear Accelerator Conference 2002, 2002