

[P 1-1]

## COMMISSIONING OF MODULATOR SYSTEM IN THE Spring-8

Mizuno A., Hori T., Yoshikawa H., Suzuki S., Kobayashi T., Asaka T., Sakaki H.,  
Fukushima S., Kuba A., Yanagida K., Taniuchi T. and Yokomizo H.  
JAERI-RIKEN SPring-8 Project Team, Kamigori, Ako-gun, Hyogo 678-12, Japan

### Abstract

In the SPring-8 Linac, RF aging began from beginning of the April, and finished by middle of June. In these days, driven time of the modulator was counted up to 800 hours. In this paper, commissioning status of modulators and klystrons are mentioned.

## SPring-8 におけるモジュレータ系のコミッショニング

### 1 はじめに

SPring-8 線型加速器では、本年3月下旬までに各機器の調整を終え、4月初旬より RF エージングを開始し、6月中旬までにほぼ全クライストロンで  $4\mu\text{sec}$ 、80MW 近辺まで達成して終了した [1]。本報告では、主に、エージング中のモジュレータ、及びクライストロンの動作状況について報告する。

### 2 モジュレータ系の概要

クライストロンの構成は、ピーク RF 出力が 80MW の東芝 E3712 が、各加速管用として 13 台、35MW 出力の三菱 PV3035 が陽電子収束システムの加速管用として 1 台、および、プリバンチャ、バンチャ用、かつこれらのクライストロンに RF を供給するための 7MW 出力のブースタークライストロン、三菱 PV2012 が 1 台である。モジュレータはこれらそれぞれのクライストロンに対応し、(株) 東芝製の 190MW 出力モジュレータが 13 台、PV3035 用の三菱電機 (株) 製モジュレータが 1 台、および PV2012 用の三菱電機 (株) 製モジュレータが 1 台である [2]。(株) 東芝製モジュレータとクライストロンのスペックを表 1 に、および代表的出力波形を図 1 に示す。

### 3 モジュレータについて

エージングは、各モジュレータに対応した VME によってモジュレータのシーケンサをコントロールすることにより 2 4 時間連続の自動エージングを行った [3]。エージング開始より 8 月中旬までのモジュレータ高圧動作時間は約 800 時間ほどになる。また、モジュレー

表 1: 190MW モジュレータの主要スペック

入力電力	95kVA
パルス出力電圧	391kV
パルス出力電流	474A
パルス半値幅	$5\mu\text{sec}$
パルス平坦部	$> 2\mu\text{sec}$
パルス平坦度	$< \pm 0.5\%$
de'Qing 率	$> 7\%$
パルストランス昇圧比	1:16
繰り返し	最大 60pps

タ系は、導波管および加速管の真空度をインターロックとして採用しており、本システムではモジュレータの高圧を落とすことにしている。エージング中は頻繁にこの種のインターロックが働くので、モジュレータの初期性能確認としては結果的には都合の良いものとなった。

#### 3.1 サイラトロンについて

190MW モジュレータでは、サイラトロンとして Triton 社製の F-241 改良型の F-351 を採用している [4]。このサイラトロンは Spring-8 用に設計されたもので実際の運転に供するのは初めてであった。12 台の内 1 台について、サイラトロンヒータ通電 589 時間目に連続通弧の現象が生じ、取り替えを行った。その後は 8 月下旬までに 1600 時間ヒータを通電しているが、同様な不具合は起きていない。他の 11 台では、当初心配していた pre-fire のトラブルもなく、ほぼ 2000 時間

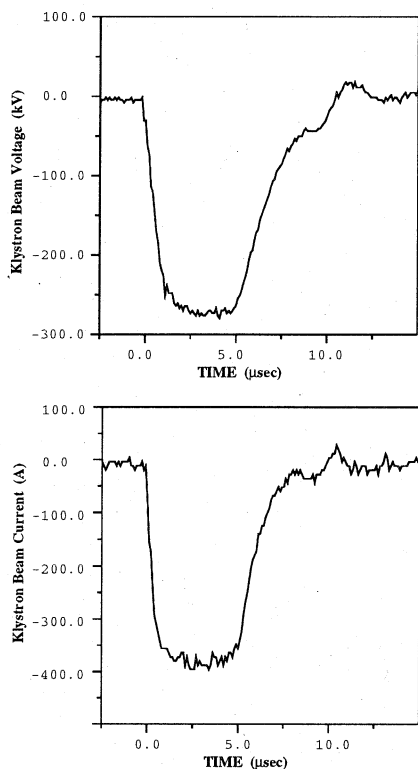


図1: モジュールの代表的出力波形

順調に稼働している。1台だけEEV社製のCX1937Aを用いているが、これについても約2000時間順調に動作している。

### 3.2 ノイズについて

本線型加速器は各モジュールに隣接した19インチラック中に設置したVMEによってコントロールされるので、できるだけノイズの少ないモジュールが要求される。

図2に、一例としてVMEに読み込んだ190MWモジュールのPFN充電電圧のデータを示す。VMEのAnalog Input Boardは、データを0~10Vで読み込むが、その10倍のレンジでも、たまたまサイクロン点弧の時期に重なったピークを除いてはほとんど気になるノイズはない。同様に、図2に190MWモジュール動作中の導波管のイオンポンプ電流値のデータを示す。これらより、ノイズレベルは実用に耐えるものであることが分かった。

その他、パルストランスタック内でのコンデンサ

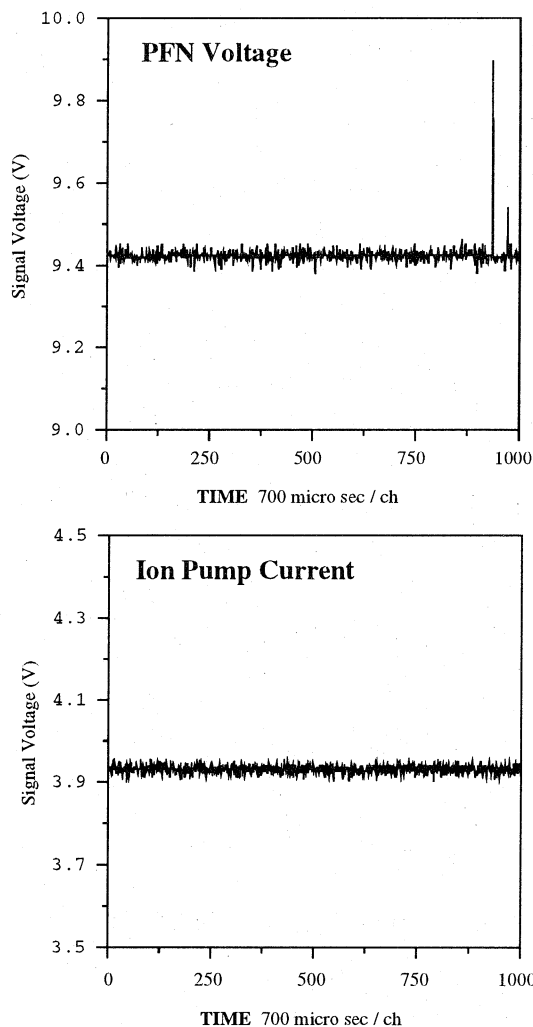


図2: PFN 充電電圧と導波管用イオンポンプ電流値のVMEへの読みとりデータ。モジュールは稼働中である。

分圧器の放電、PFN蓄積電荷放電用高圧リレーの故障など、いくつかの初期トラブルがあったが、ほぼ順調に稼働中である。

### 4 クライストロンについて

E3712クライストロンは、出力が60MW近辺を越えるあたりで管内真空が悪化するものが若干見られ、その内2台は交換した。しかし、エージングが進むにつれて真空悪化もなくなり、8月上旬時点では交換した2台も含めて順調に動作おり、各々のクライストロンのヒータ通電時間は約2000時間である。全てのクライストロンで、繰り返し60pps、RF幅2μsecにおいて、東芝工場内の試験成績データに基づいた、出力80MWに相当するビーム電圧を印可することができ

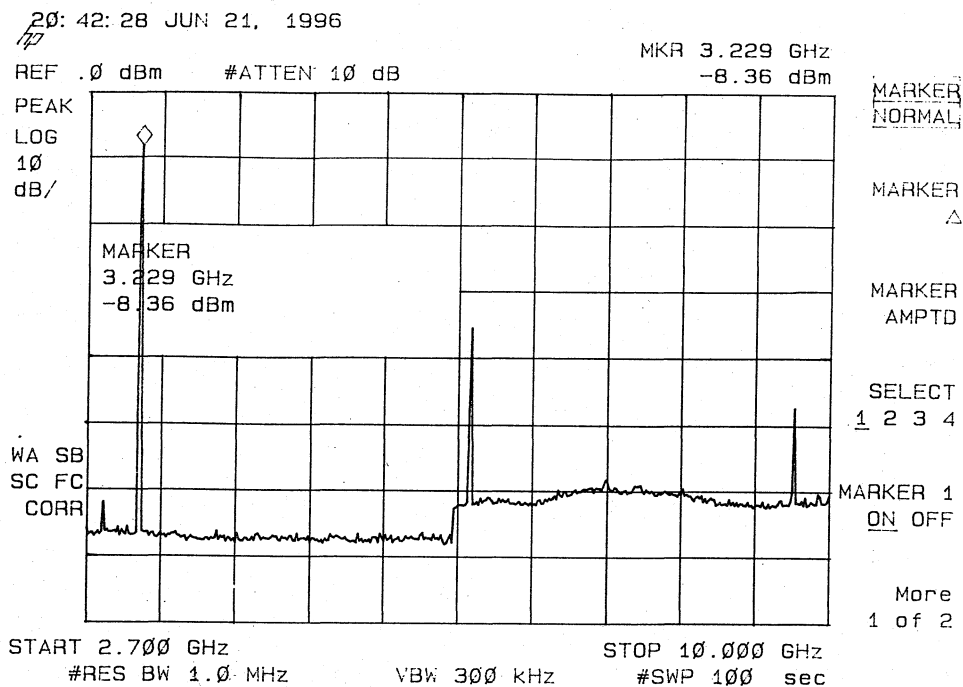


図 3: E3712 クライストロン電子銃部からの発振。パルスランスタックの覗き窓よりホーンアンテナとスペクトルアナライザで測定したもの

た。なお、交換のために外したクライストロンの内1台は、東芝工場内で再エージングを行うことにより管内真空悪化の現象が見られなくなった。

クライストロンのヒータトランスの部分を観察することのできるパルスランスタックの覗き窓より、図3のような発振現象が観察された。約3.23GHzを基本波として、その第2、第3高調波も現れている。この発振はダイオード試験のときもほぼ全数のクライストロンで起こり、そのときのビーム電圧はほぼ160kV~170kVである。ガンオシレーションによる自発発振であると考えられるが、発振は、クライストロン出力ポート直後のベータホールカップラからは観測されず、導波管には出力されていない模様である。エージングの初期段階では、ダイオード試験にもかかわらず、クライストロン出力ポート直後のイオンポンプが真空悪化しインターロックが動作する例があった。エージングが終了した現状では特に問題はないが、電波漏洩の問題もあるのでパルスランスタックの窓は電波吸収体を用いて遮蔽している。

## 5 まとめ

モジュレータ、クライストロンとも順調に稼動している。特にノイズのレベルについては非常に小さくて

きたと考えている。ただ、まだ運転が始まったばかりであり、システムの様子が見えてくるのはこれからだと考えている。

## 6 謝辞

(株)東芝、三菱電機(株)の担当者の方々には大変お世話になりました。深くお礼申し上げます。

## 7 REFERENCES

- [1] A.Asaka et al., "SPRING-8 線型加速器 S-バンド加速ユニットの大電力プロセッシング", Proc. of this meeting
- [2] S.Suzuki et al., "RF system of SPRING-8 Linac", Proc. 10th Symp. Accel. Sci. Technol., Hitachinaka, (1995) Japan.
- [3] H.Sakaki et al., "SPRING-8 におけるモジュレータ系のコミッションング", Proc. of this meeting
- [4] A.Mizuno et al., "Modulators for SPRING-8 Linac", Proc. 10th Symp. Accel. Sci. Technol., Hitachinaka, (1995) Japan.