

K.Takami, Y.Kimura, S.Yamamoto, T.Kozuka, Y.Fujita
K.Kobayashi, T.Shibata, and I.Toyama*

Kyoto University Research Reactor Institute
*Nichicon Capacitor Ltd.

ABSTRACT

Technical experiences at KURRI-Linac (the electron linear accelerator of the Kyoto University Research Reactor Institute) are reported on i) the design and the performances of the newly-built electron-injector system and ii) the modifications of the modulator associated with the change of the model of the klystron used.

1. はじめに

京大炉ライナックは完成以来、約18年になる。近年では各装置が老朽化し、改良や更新が続いている。ここでは、1980年に行ったインジェクタ電源(電子銃駆動部:以下、INJ電源)の改修と1982年に行ったクライストロンの型式変更について報告する。

オ1表

Specification of Injector Power Supply

- 1) DC High voltage power supply
 - a) voltage : 0~100kV
 - b) current : 5 mA
 - c) polarity : negative
 - d) regulation : 0.2 %
- 2) Gun cathode bias power supply
 - a) voltage : 100~800 V
 - b) current : -10 ~ +10 mA
 - c) polarity : positive
 - d) regulation : 2 %
- 3) Gun filament power supply
 - a) voltage : 0~20 V
 - b) current : 0~20 A
 - c) stability : ±2 %
- 4) Pulsar
 - a) short pulse
 - pulse height : 0~2200 V
 - pulse length : 10~220 nS(step)
 - rise and fall times : 5 nS(at 50 ohm)
 - repetition rate : 0~720 pps
 - b) long pulse
 - pulse height : 0~800 V
 - pulse length : 0.1~4 uS(cont.)
 - rise and fall times : 50 nS(at 50 ohm)
 - repetition rate : 0~180 pps
 - c) stability : ±2 %
 - d) polarity : negative

2. INJ電源の改修

旧INJ電源は、モータ・ジェネレータの振動が大きくなり、故障が多発したため改修した。

新INJ電源は、従来と同じコッククロフト型直流高圧による加速と、増強したカソード(グリッド)パルス(2kV, 40A)に特徴がある。オ1表に全体の仕様を示す。製作は、日本コンテナ工業(KK)草津工場が行った。

カソードパルスは、5nSの立ち上がり・立ち下り時間を目標にし、メーカーと京大側の協力で完成した。このパルスを主に報告する。

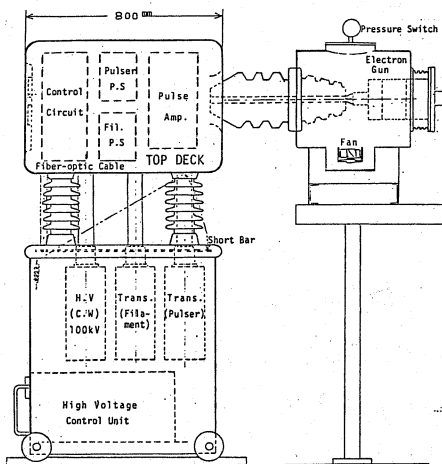
1) INJ電源の構成

オ1図に構成を示す。直流高圧の発生は、サイリスタヒトランジスタで制御・発生した約15kHzの高周波をコッククロフトで昇圧している。

コッククロフト部と充電部は、380×350×160のタンクに収め、φ60×440のブッシングを通し高圧を取出している。トップデッキへ電力(ヒータとパルス)を送る絶縁トランスも同じ形状のタンクである。制御信号、トリガ信号は光ファイバーを使い、全体が静止型の構造になっている。

2) パルス

ショートパルスの発生は同軸ケーブルとアバランシェ・トランジスタ(以下ATR)を使い、パルス中の切換えには、リ-



オ1図

ドリレーを使用している。ATR 1段では、板極管を十分ドライブできないので4段カスケードにし、約170Vを得ている。

板極管は、クライストロンのRFドライブに使用している8533と同一にした。ショートパルス(2kV, 40A)の板極管の構成は、1-3-6本とし、設計上の動作線をオ2図に示す。

最後に立上り特性の改善のために1本追加し、1-1-3-6本となった。段間結合用極性反転パルストランスは、トロイダルコア(H5A T-16-2873)に外径1.2mmの同軸ケーブルを8回巻いた。

50Ωのダミー負荷での波形をオ3図に示す。波形が高速、大電力のため、測定が難しく、綺麗な波形になりにくい。オ4図は実装状態でのCTの波形である。このようにピーク電流を一杯まで上げると主パルス後部にディスタルが現われてくる。

ロングパルスは、制御室からの信号とミラー積分回路の比較でパルス巾を連続可変している。トランジスタでは、SEPP構成で60V、3Aのパルスまで増巾後、オ5図に示すロングパルスの入力部に加えている。ロングとショートパルスの切換えは板極管に加える高圧の切換えで行っている。

3) 結果

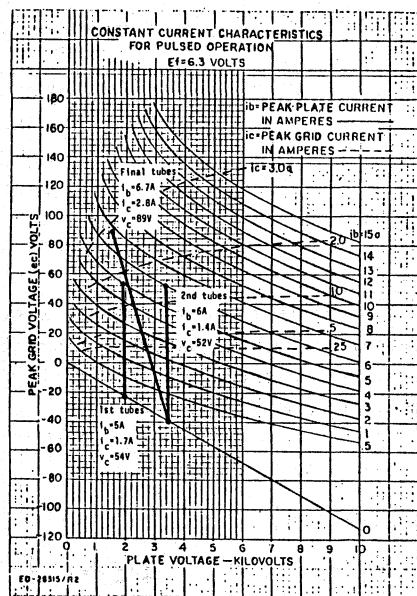
改修の結果、先に述べたような問題もあるが、ショートパルスのターゲット電流は、約6Aと従来の2~3倍になった。

4) 今後の課題

現在、以上のターゲット電流を得るには、入射部のビーム集束系の改善が必要であり、波形の改善には、パルサ系の組立て方法の検討が必要と思われる。

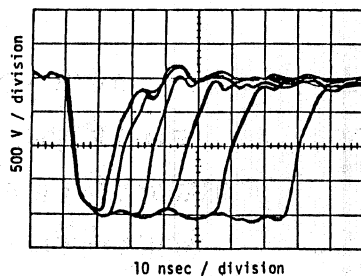
3. クライストロンの型式変更

今まで使用してきた米固リットン社の3661は、価格が高騰し、維持費での購入ができなくなった。そこで、同等の性能を有して比較的安価な仏国トムソンCSFのTV2022に変更することにした。形状、特性の違いからPFN回路を含む周辺回路の多くを変更しなければならない。2本のL3661を使用しているが、まず、No.2から行った。予算が少ないので、所内の工場の協力をえてスタッフが改造した。

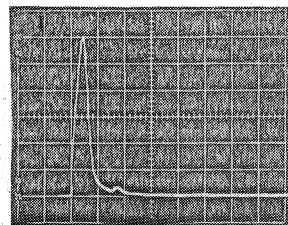


* from MACHLETT technical data
Constant current characteristics

オ2図

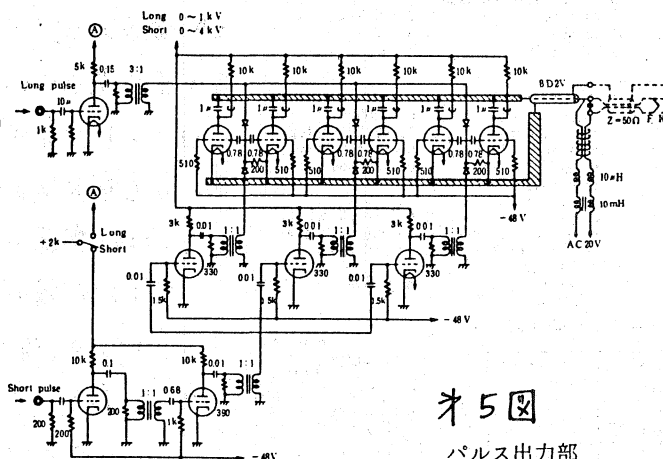


Test data at 50 ohm dummy load



Pulse width : 22 nsec
(4A/div, 50nS/div)

オ3図 ↑ オ4図



オ5図

パルス出力部

1) 構成

旧 PFN は、14セクション3組並列であったが、インピーダンスを高くするため同じコンデンサを2ヶ並列で16セクションとした。EOLクリッパは3kV、12Aのアバランシェダイオード24ヶ、デイスク抵抗ヒツェナ・ダイオードスタック(320V)で構成した。オ2表に仕様を示す。

2) 数値計算による波形応答

クライストロンの電圧波形は原理的な回路では、理解し難い応答になる。そこでサイラトロンやパルストランスも含めた回路の計算をパソコンで試みた。オ6図に実際の波形と数値計算の結果を示す。この計算ではサイラトロンはOFF後もグリッド・カソード間がイオン化されていて正方向電流は流れると仮定した。(クリッパ効果)

大胆な近似であるが、動作の理解を助けまくれる。オ7図に等価回路を示す。

3) 今後の課題

出力上昇のためか約450時間の運転でPFNコンデンサが2度故障し、1度はEOLダイオードスタックを破壊した。

近い将来に PFNコンデンサの更新、EOLダイオードの電流容量アップ等の改造を行うべく検討している。

4. おわりに

INJ電源の改修には同じ電子銃を使用している産研ライナック、レンスラー工科大学等を参考にさせて頂いた。またモテレータの改造には、原研(益子氏)、高エネ研(穴見氏)、電総研(畠増氏他)、阪大産研(津守氏他)の各加速器を参考にさせて頂いた。ここに深く感謝いたします。

- INJ電源に関する他の報告 -

(高見, 技術研究会報告 No.8 (1980.3), 75, 分子科学研究所。
遠山他1名, 子コン車津比= Vol.4 (1980.11), 28, 日本コンテナ工業車津工場。

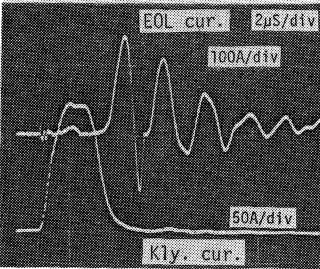
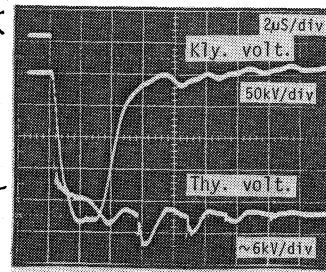
- サイラトロン資料 -

Hydrogen Thyratrons-Preamble, June 1972, English Electric Valve Company Limited

オ2表

Overall specification for design of modulator
(including pulse transformer)

Peak power output (max)	-----	48 Mw
Average power output (max)	-----	110 kW
Output pulse voltage range	-----	180~240 kv
Output pulse current range	-----	130~200 a
Load impedance range	-----	1200~1380 Ohm
Pulse transformer turn ratio	-----	1 : 14
P.F.N capacitors	-----	0.017 x 2 μF
coils	-----	~1.0 μH
characteristic impedance	-----	~5.4 Ohm
section numbers [long]	-----	16
[short]	-----	8
Pulse length flat top [long]	-----	5.0 μS
[short]	-----	2.2 μS
Rise time (10 90 %)	-----	1.0 μS
Fall time (10 90 %)	-----	2.0 μS
Pulse repetition rates [long]	-----	10~240 pps
[short]	-----	20~480 pps



オ6図 実際の波形↑
数値計算の波形↓

オ7図 等価回路↓

