

AN OPERATION OF 600PPS AT THE JAERI LINAC

K. Mashiko, Y. Nobusaka, N. Akiyama, N. Ishizaki, T. Shoji, Y. Kawarasaki
Japan Atomic Energy Research Institute

Abstract

Increase of the LINAC repetition rate is very effective for improving the efficiency in the neutron time-of-flight experiment. After the two month test operation of 450 pps (Dec. 1983~Jan. 1984), stationary operation of 600 pps was started in April 1984. The LINAC has run satisfactorily with an average beam current of $53\mu\text{A}$ at a pulse width of 30 ns. This report will describe the modification of the main pulse modulation, the effect due to the selection of the modulator pulse width and the operational experience of 600 pps.

はじめに

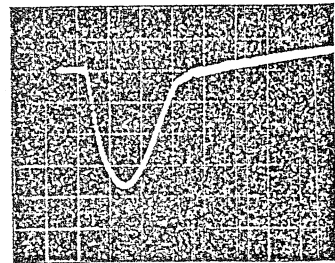
原研では、TOF法による中性子核データの測定能率を向上させるため、加速ビームのパルス繰返しを従来の300ppsから600ppsに上げることを計画して、主パルス変調器を改修し、マスタートリガー発生器及びディレー回路(*1)、大型サイラトロンSCRドライバー(*2)などの改良を行った。昭和58年12月から450ppsの試験運転を2月間行い、600pps運転の見通しを得た。昭和59年4月からは、600ppsでパルス幅30ns、平均電流 $53\mu\text{A}$ のビームを加速している。このパルス高繰返し運転に伴うパルス幅の選択、装置の改修、運転経験などについて報告する。

1. パルス幅の選択と450pps運転

リニアックの加速管は、バンチャーは0.68m、第1~第2加速管は2.198m 2本、第3~第5加速管は2.98m 3本で構成されている。加速管のフィリングタイムは、3m加速管が最大で $0.58\mu\text{s}$ である。加速ビームは、5~30nsの短い時間幅なので、RFパルス幅は $0.6\mu\text{s}$ 以上あれば損失なく加速できる。原研では、パルス変調器のPFNは12段($0.02\mu\text{Fx}12$, $1\mu\text{H}\times 12$)で、300pps運転のとき、主クライストロンのパルス幅は $3.2\mu\text{s}$ 、RFの出力幅は $2.5\mu\text{s}$ でクライストロンの規格値通りに設計している。この値をTable-1のduty factor (以下d·f)の規格値に示す。

| KLYSTRON | DUTY FACTOR 規格値 | 600pps 計算値 | 600pps 換算値 |
|--------------------------|-----------------|------------|------------|
| KLYSTRON IIT-8568 | | | |
| BEAM VOLTAGE | 0.0012 | 0.00064 | 0.00108 |
| RF POWER | 0.0009 | 0.00048 | 0.00072 |
| BOOSTER KLYSTRON TH-2346 | | | |
| BEAM VOLTAGE | 0.001 | 0.0009 | 0.00108 |
| BOOSTER KLYSTRON 4KP3SV | | | |
| BEAM VOLTAGE | 0.0025 | 0.0009 | 0.00108 |

Table-1 パルス繰返し600ppsのDUTY FACTOR



$1\mu\text{s} / \text{div}$
Voltage waveform

Fig. -1 of klystron

リニアックの最終目標としているパルス繰返し900ppsを想定すると、規格値と同等のd·fを得るためには先にあげたパルス幅を1/3にする必要がある。この1/3の条件でのクライストロン電圧のパルス幅は、 $1.06\mu\text{s}$ 、RFの出力幅は $0.8\mu\text{s}$ となる。この計算上のd·fをTable-1の600pps計算値に示す。計算値に示すd·fとするために、従来のPFNの段数の1/3の4段($0.02\mu\text{Fx}4$)とした。この条件で、S58年12月からS59年1月の間に450ppsでの試験運転を行った。この時のクライストロンの電圧幅を測定した一例がFig. -1に示してある。この結果を用いて600ppsにおけるd·fに換算し直したのがTable-1の600pps換算値である。その結果は、パルス変調器のPFN4段($0.02\mu\text{Fx}4$, $1\mu\text{H}\times 4$)の時、600PPSの繰返し運転を行ってもd·fはクライストロンの規格値内であることを確認した。この450pps試験運転の時のリニアックの加速性能はビームパルス幅30nsで平均電流 $42\mu\text{A}$ を得た。

2. 主パルス変調器及び付属回路の改修

主パルス変調器及び付属回路の改修後の概要図をFig. -2に示している。主な改修部分は、充電ダイオード回路とリバース回路(*3)、サイラトロンとその補助回路及びマスタートリガー発生器とディレー回路である。充電ダイオード回路とリバース回路は、従来はそれぞれ別なきょう体に収容して使用していた。欠点として放熱が不十分なことと高電圧導入の同軸ケーブル処理金具の絶縁が劣化して放電する故障が多かった。

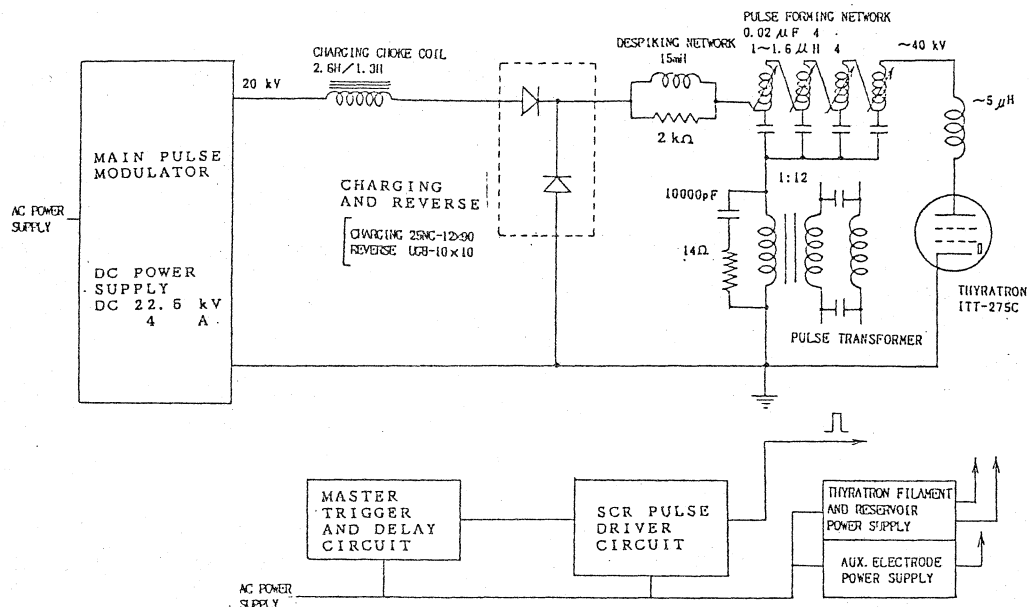


Fig. -2

主パルス変調器及び付属回路 (改修後)

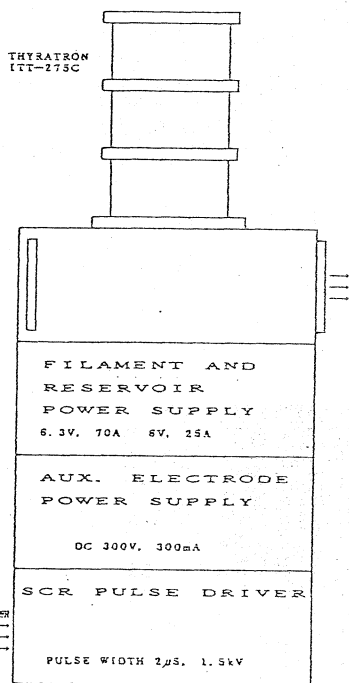


Fig. -3 Thyatron mount

今回は、新たなきょう体を薄いアルミ板(3t)で製作し両回路を一体化した絶縁油封じとし、高電圧碍子1個節約した。サイラトロンと補助回路は、パルス変調器内で別々な位置にあったものを1台のきょう体に収容し、その上にサイラトロンをマウントする構造に集約した。これは、補助回路のアース電位をサイラトロンのアース電位と同じにするため、アース電位の違いによるノイズの発生や故障を防止するためである。この構成図をFig. -3に示している。収容した回路は、フィラメント及びリザーバー電源回路(電圧調整はマニュアル)、補助電極電源回路、SCRドライバー回路である。他には、マスタートリガー発生器及びディレー回路を半導体素子化回路に改良した。この回路は、パルスのディレー時間を $10\mu\text{s}$ の中で $0.1\mu\text{s}$ 刻みで変化させることができる。又、この系を自動化する制御系を取付けている。

3. パルス繰返し600pps運転経験

S 59年 4月より1週間、600ppsの試験運転を行い、その後定常運転に入り300時間を経過している。加速ビームは、パルス幅30nsで平均電流53 μA を得ている。この値は、450pps運転時の1.33倍より若干少ない値であった。リニアック600pps運転中の各部波形をFig. -4に示す。

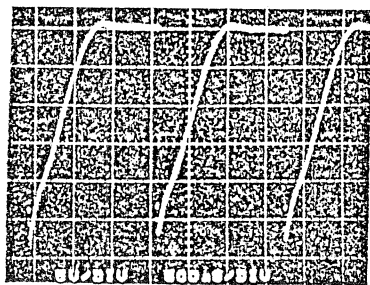
試験運転の時の一週間内に主パルス変調器のPFNコンデンサー1個が絶縁破壊を起こした他は、回路上の大きな故障は起きていない。高周波雑音も300pps運転時と比較して変わらない。コントロール室内では、TTLレベルの各種測定器、制御回路、マイクロコンピュータなども異常なく動作している。従来は、インターホーン設備にパルス繰返しに相当する雑音が大きく入っていたが、今回、マイクロホン回路全部の配線を2芯シールド線と置き換えたことで、雑音はほとんど入らなくなった。

4. 600pps運転における問題点

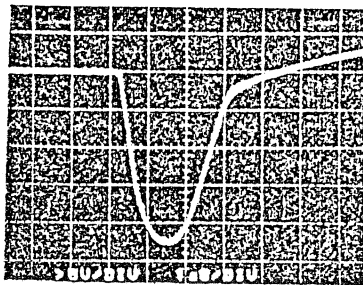
600ppsの定常運転に大きな障害とはなっていないが、次のような問題点が起こっている。試験運転時に、第2パルス変調器PFN3段目のコイルが 120°C 以上に過熱され、調整スラグの絶縁物が溶けてコイルにショートした。6台のパルス変調器全部に 50°C ~ 120°C まで測定できるサーモテープを貼って温度を測定した結果をTable-2に示す。

第2パルス変調器以外でも、第2~第3段コイルは他のコイルより温度が高いことが判明した。第2パルス変調器の第1コイルで充電電圧波形を観測した写真がFig. -5である。この高周波の振動は、700~800kHzに相当している。

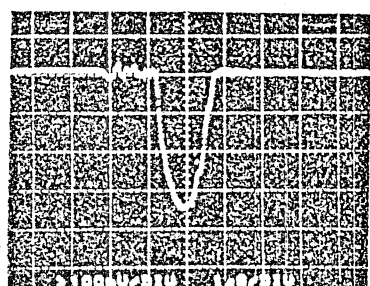
振幅は、PFN充電電圧の約8~10%程度と測定された。現在は、この対策の検討を行っているが、リニアックは定常運転が続けられている。



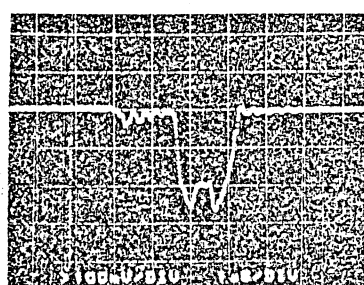
500 μ s / div
Charging waveform
of pulse modulator



1 μ s / div
Cathode voltage waveform
of No. 1 klystron



1 μ s / div
RF output waveform
of No. 1 klystron

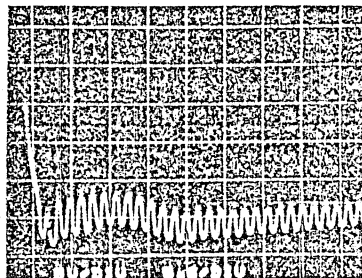


1 μ s / div
Beam loading waveform
of No. 3 accelerator tube

Fig. -4 リニアック運転中の各部波形

| Coil | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|-----|----|------|-----|
| Buncher | 68 | 75 | 75 | 53 |
| No. 1 | 50 | 75 | 95 | 55 |
| No. 2 | 53 | 93 | >120 | 90 |
| No. 3 | <50 | 58 | 55 | <50 |
| No. 4 | <50 | 68 | 95 | 68 |
| No. 5 | 50 | 65 | 95 | 63 |

Table-2 モジュレーター PFNコイルの温度(°C)



5 μ s / div
Charging waveform
No. 2 modulator

Fig. -5 No. 2 modulator

パルス繰返し600pps運転の経験から、クライストロン電圧のパルス幅と波形を改良するためにパルス変調器のPFN段数を増加させること。クライストロンパルストランスの立上がり時間を半分程度に短縮することの技術的に改善する必要があると思われる。

(*1) (*2) (*3)

第8回リニアック研究会報文集

昭和58年 7月25日 p.9 ~ p.10

原研 益子 他