

# WIDENING PULSE-WIDTH OF THE L-BAND KLYSTRON MODULATOR

M. Kawamura , S. Anami , M. Ono , K. Kudo , T. Kubo , C. Kubota , E. Takasaki ,  
T. Takenaka , and M. Kihara

KEK , National Laboratory for High Energy Physics  
1-1 Oho , Tsukuba-shi , Ibaraki-ken , 305 , Japan

## ABSTRACT

As a prototype for the JHP 1-GeV proton linac , the long-pulse and high-duty klystron modulator had been fabricated. Recently the PFN was extended , and the output pulse width was achieved to  $600 \mu\text{s}$ . The pulse width of  $600 \mu\text{s}$  is the final objective. Now the modulator is used for the high-power test of ACS cavities and for the development of klystron. In this report , the measuring parameters and waveforms of the modulator are described.

## LバンドクライストロンモジュレータのPFN増強

### 1. はじめに

JHP 1 GeV 陽子リニアック用のLバンド・クライストロン・モジュレータは88年度に試作<sup>(1)</sup>され、当初はパルス幅 $200 \mu\text{s}$  (PFN17段)でPFNの放電スイッチにサイラトロンを用いた。以後、本装置は市販クライストロンの大電力テスト<sup>(2)</sup>やクライストロン用テストダイオードの電圧エージング<sup>(3)</sup>、更にACS型空洞<sup>(4)</sup>や高周波窓<sup>(5)</sup>の大電力テスト等に使用され、装置自体にもパルス幅の拡張 ( $200 \mu\text{s} \rightarrow 400 \mu\text{s}$ 、PFN17段  $\rightarrow$  35段)<sup>(6)</sup>やPFN放電スイッチの変更 (サイラトロン  $\rightarrow$  普通サイリスタ)<sup>(7)</sup>などの改良を行なってきた。今回、PFNを新たに15段追加 (図1参照)して合計50段となり、最終性能であるパルス幅 $600 \mu\text{s}$ を達成した。

### 2. 現在の運転状況

負荷としてパルストランス (昇圧比1:7)を通したテストダイオードを用い、テストダイオードのカソードに最大定格である $140 \text{kV}$ 、 $600 \mu\text{s}$ 、 $50 \text{pps}$ のパルス電圧 (これはモジュレータ出力の最大定格でもある)を印加した時の出力波形を図2に、モジュレータのパラメータを表1に示す。 $600 \mu\text{s}$ 達成後現在までの総運転時間は約130時間である。

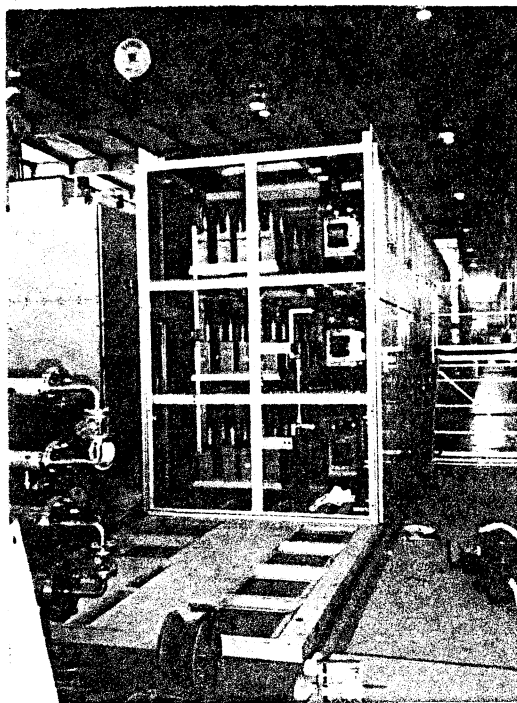


図1. PFN増設工事

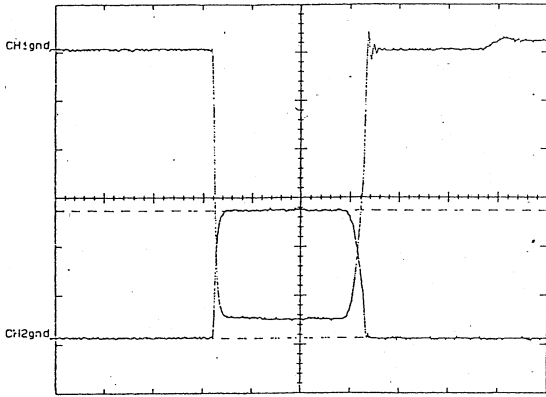


図 2.

CH1: ダイオード印加電圧 (25 kV/div.)

CH2: ダイオード印加電流 (40 A/div.)

200 μs/div.

### 3. サイリスタスイッチについて

サイリスタスイッチの回路図を図3に示す。この装置の仕様は“定格電圧45 kV、定格電流750 A、最大出力15 MW、平均出力450 kW”である。各部出力波形を図4～図7に示す。この時の運転条件はPFN充電電圧35.7 kV、モジュレータ出力電圧17.9 kV、クローバ遅延時間620 μs、繰り返し50 ppsで、負荷としてパルストランスを通したテストダイオードを用いている。図4でモジュレータ出力電流とサイリスタカソード電流とを比較すると、後者の立ち下がり部分が前者では無くなっているが、これは図5に示すようにクローバサイラトロンをサイリスタスイッチトリガー後620 μsで導通させパルス出力回路を短絡するためであり、その結果サイリスタアノード電圧波形で示されるように負電圧が誘起され、サイリスタに逆電圧がかかる。逆電圧のかかる時間はサイリスタに必要なリカバリングタイム(300 μs)以上であり、全てのサ

表 1.

日付 920529 記録者 S.Fukuda	
繰返し: 50 pps	<サイリスタ>
<高圧部>	カソード電流: 22.8 A
交流電圧: 8.2 kV	<クローバサイラトロン>
交流電流: 38.5 A	カソード電流: 1.8 A
<制御部>	リザーバ電流: 0.64 A
交流電圧: 201 V	ヒータ電流: 2.7 A
交流電流: 20 A	キープアライブ電流: 0.5 A
<直流部>	<ダイオード>
高圧直流電源電圧: 20.1 kV	カソード電圧: 140.0 kV
電流: 2.2.8 A	カソード電流: 104.4 A
デキューイング電流: 37 A	絶縁油温度: 50 °C
EOLクリップ電流: 11 A	
<パルス部>	
PFN充電電圧 (ピーク): 38 kV	高圧ON時間: 1161.6 時間
出力パルス電流 (ピーク): 740 A	

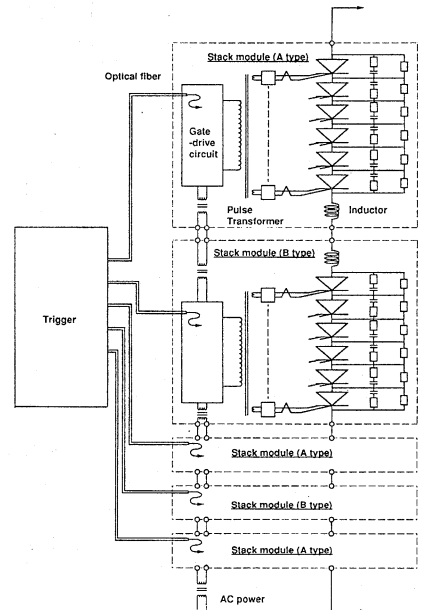


図 3.

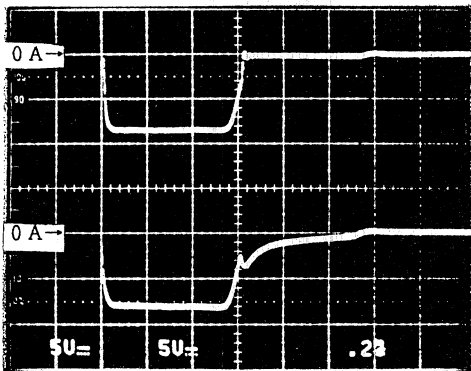
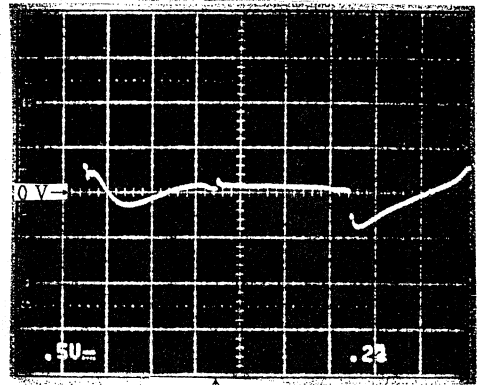


図 4.

上: モジュレータ出力電流 (400 A/div.)

下: サイリスタカソード電流 (400 A/div.)

200 μs/div.



クローバ動作時

図 5.

サイリスタアノード電圧 (1 kV/div.)

200 μs/div.

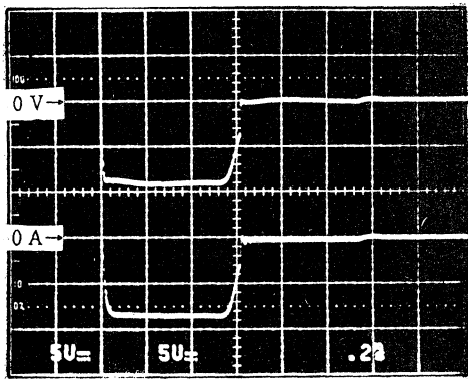


図 6.

上:モジュレータ出力電圧 (10 kV/div.)  
 下:モジュレータ出力電流 (400 A/div.)  
 200 μs/div.

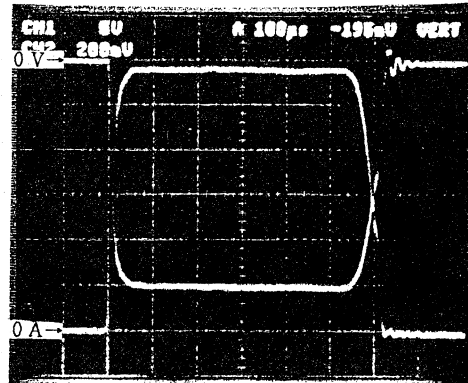


図 7.

上:ダイオード印加電圧 (25 kV/div.)  
 下:ダイオード印加電流 (16 A/div.)  
 100 μs/div.

イリスタが確実にターンオフされる。

#### 4. その他

パルストランス1次側のインダクタンスは0.36 Hであり、充電トランス(2 H)に対して無視できないくらいに大きく、その結果PFN充電時に充電電圧が安定せずデキューイングがかからなくなる。このことを避けるためにバイパス用にダイオードと抵抗を入れている<sup>(8)</sup>。抵抗はシミュレーションによりパルストランス1次側とダイオードとに流れる電流のバランスをとってコアの磁束をリセットするような値を検討し、25 Ωとした。ところで現在のパルストランスの仕様はタンク内のスペースや油の冷却能力などによりパルス幅400 μs、繰り返し30 ppsであり、パルス幅が600 μsになると抵抗による発熱損失が大きくなって抵抗が破損する恐れがあるため、15 Ωに変更して運転を行なってみた。その結果パルストランスが飽和し出力波形のフラットトップの最後の部分が減少するという現象が見られた。また25 Ωの抵抗を目視で点検したところ、油中で使用していたために気中での使用に比べ発熱容量も大きくなっているためか、破損している様子が見られなかった。したがって現在は25 Ωのまま運転している。

#### 5. まとめ

本クライストロンモジュレータは最終性能であるパルス幅600 μsを達成した。現在までにACS型空洞の大電力テストやテストダイオードの電圧エージング<sup>(9)</sup>に使用されており、今後も多くの用途での使用が期待されている。

#### 参考文献

- (1) E.Takasaki et al., 第13回本研究会予稿集, (1988), p. 263
- (2) K.Kudo et al., 第14回本研究会予稿集, (1989), p. 281
- (3) S.Fukuda et al., 第15回本研究会予稿集, (1990), p. 306; 同第16回, (1990), p. 84
- (4) T.Kageyama et al., 第16回本研究会予稿集, (1991), p. 190
- (5) Y.Takeuchi et al., 第16回本研究会予稿集, (1991), p. 78
- (6) T.Takenaka et al., 第14回本研究会予稿集, (1989), p. 54
- (7) S.Anami et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A316(1992) p.105; M.Kawamura et al., 第16回本研究会予稿集, (1991), p. 81
- (8) T.Kubo et al., Particle Accelerators vol.32(1990) p.45
- (9) S.Fukuda et al., 本研究会