

## IMPROVEMENTS IN THE KLYSTRON MODULATORS OF THE PF LINAC

H. Honma, S. Anami, S. Fukuda, T. Shidara, Y. Saito, H. Hanaki,  
N. Matuda, K. Nakao, H. Katagiri and G. Horikoshi  
National Laboratory for High Energy Physics

### ABSTRACT

In the period between October 1986 to July 1987, the microwave system had been stably operated with a total operating time of about 4,000 hours. The major troubles were failures in the trigger pulsers (TRIG-II) for driving the main thyratrons and capacitor breakdowns in the pulse forming networks (PFN). The TRIG-II thyratrons were replaced with SCR's which were expected to have longer life. The PFN circuit was slightly modified to suppress the unwanted high-frequency components of the current.

### 放射光施設入射器高周波源の高圧電源における改造

#### 1. はじめに

放射光施設入射器高周波源は、86年夏より87年夏まで約4000時間運転された。またこの期間中に、これまで運転、メンテナンス上問題となっていた低電力電源高圧回路スイッチング素子の大型化、大電力パルス電源メインサイラトロンドライバー(トリガーII)におけるスイッチング素子の半導体化、同じくPFN構造の改造を行なった。本報告ではこの内、TRIG IIに於けるスイッチング素子の半導体化とPFN構造の改造について述べる。

#### 2. トリガーIIスイッチング素子半導体化

放射光施設入射器の大電力パルス電源のトリガー系、トリガーIIのスイッチング素子には、従来より真空管(5C22)を使用してきたが、86年春迄に、40本以上の交換を余儀なくされ、メンテナンス上問題となっていた。そこで、86年夏より、素子の高寿命化を図る為にサイリスター化の検討が始まった。スイッチング素子を、サイリスター化するにあたっては、その耐圧が真空管に比べて低いので、以下の二つの問題点がある。

1) 同じ直流電圧で、使用するなら、直列に何本かのサイリスターを使用せざるを得なくなり、それらの間の電圧のバランスをとることが難しくなる。

2) 直流電圧を下げると、同じ出力電圧を得る為に、出力トランスの昇圧比を上げることになり、このことは出力パルスの立上がりを遅くし、メインサイラトロンの導通開始時間にジッターを生じる。

今回の改造では、ある程度のジッターは覚悟して、出力トランスの昇圧比を従来の、1:1から1:2にし、耐圧が1.6kVのサイリスターを二本直列に使用する方法を探った。

図1は改造後の回路である。高圧トランス(PT1)の前段にオートトランス(PT2)を設けて直流電圧を半分になっている。またサイリスターユニット部分は取り外し可能であり、メンテナンスが容易である。

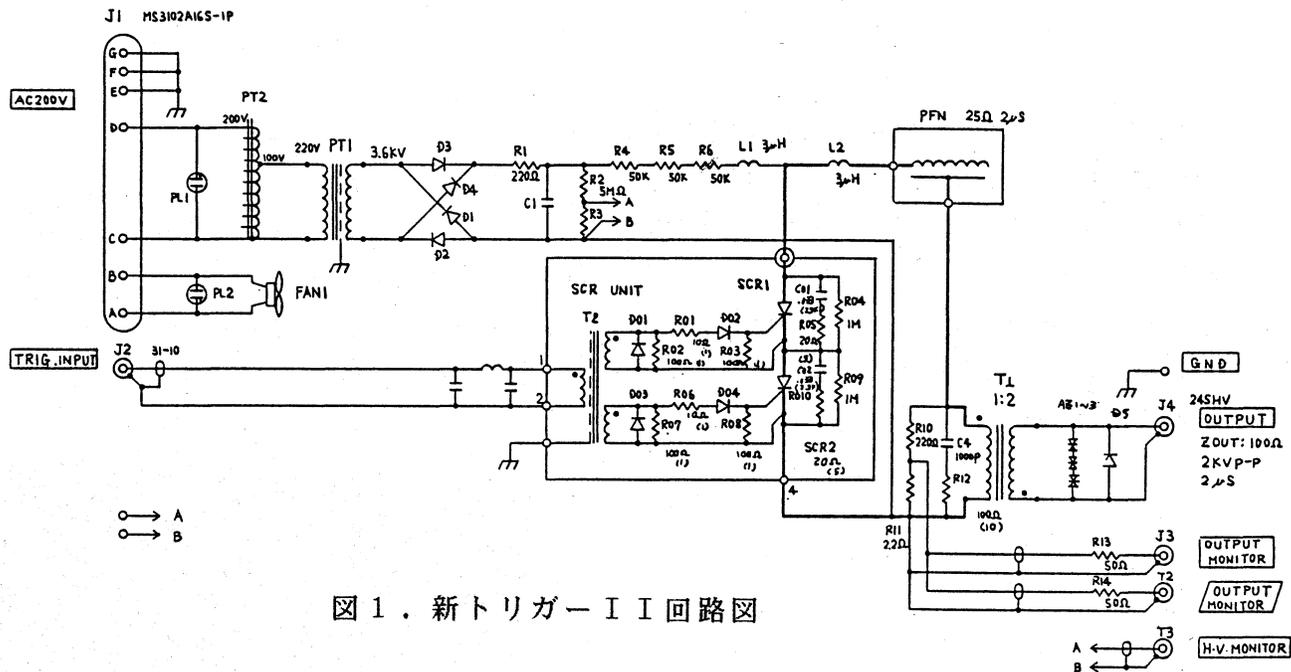
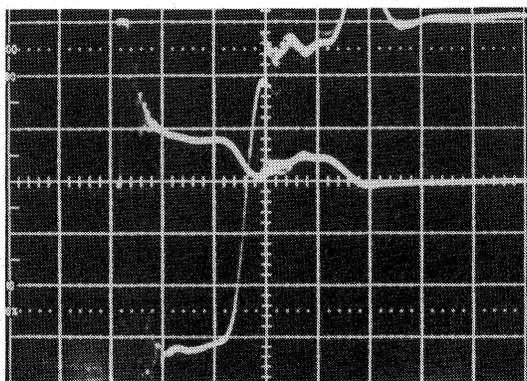
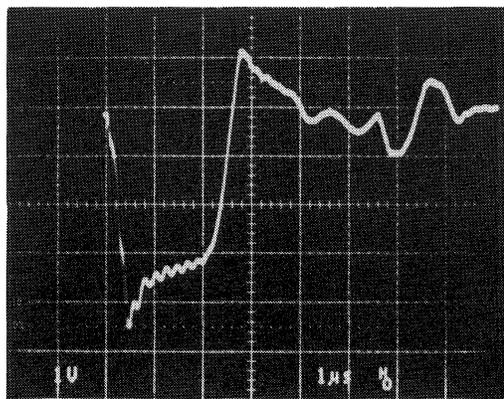


図 1 . 新トリガー II 回路図

図 2 は従来のトリガー II の出力波形とサイリスター化したものの出力波形との比較写真である。これらの出力をメインサイラトロンに供給したところ、従来のトリガー II を使用した場合の  $10\text{ nsec}$  のジッターに対してサイリスター化したものを使用した場合には  $20\text{ nsec}$  と少し大きくなった。加速マイクロ波位相の平坦な部分は約  $1\text{ }\mu\text{sec}$  あるから、ビームのタイミングをこの部分の中央に合わせればジッターがビームエネルギーの拡りの原因になることはないと考えられる。以上のようにサイリスター化したトリガー II の性能は、従来のトリガー II の性能に比べてほぼ同じといえる。尚、交換は今年の夏中に、全数終わる予定である。



5 C 2 2



サイリスター

図 2 . トリガー II 出力波形

今後の課題として、素子の遅延時間のばらつきが、5C22 に比べて幾分大きく、運転中に遅延時間が大幅に変動したり、トリガー II 出力のジッターが繰り返し周波数によって変動した例が二、三見られたので、これらに対して、サイリスターゲート回路定数の見直しを行なうことが必要だと考えられる。

### 3. PFN 構造の改造

マイクロ波源に於ける最近の問題として、PFN のコンデンサーの破損も挙げられる。86 年夏から 87 年夏にかけて 11 個のコンデンサーが破損した。現在のところ破損の原因を推定する

ことは難しいが、PFN放電時の電流の立上りを遅くすることは、コンデンサーのパルス的な負担を軽減することにつながり、それはPFN構造の初段の構造を改めることにより可能なので、そのテストを行なった。図3に従来の初段の構造とその定数、図4に出力パルス波形を図5に初段のインダクタンスを大きくした構造とその定数、図6にその出力パルス波形を示す。最終的には、メインサイクロトロンの上に1.5  $\mu$ Hのコイルをつけ、インダクタンスを従来の3倍の組と2倍の組に分け、放電電流の立上りを遅くした図7のような構造とした。この時、インピーダンスの値を従来の6.3オームにする為に、コンデンサーも容量3倍の組と2倍の組にわけて接続している。

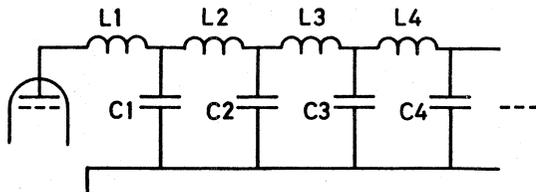


図3 . P F N 構造 ( 改造前 )

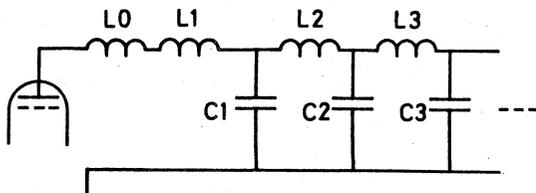


図5 . インダクタンスを大きくした  
P F N 構造

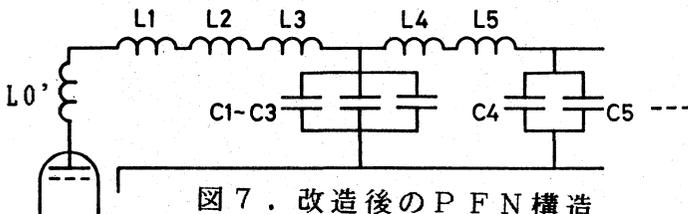


図7 . 改造後の P F N 構造

$C1 \sim C5 = 0.0146 \mu F$        $L0 = 0.96 \mu H$   
 $L1 \sim L5 = 0.6 \mu H$          $L0' = 1.5 \mu H$

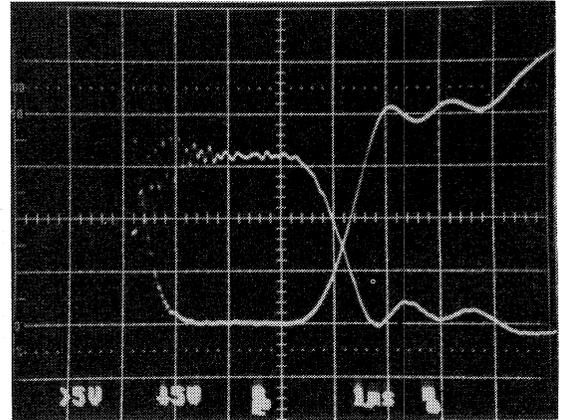


図4 . 出力パルス波形 ( 改造前 )

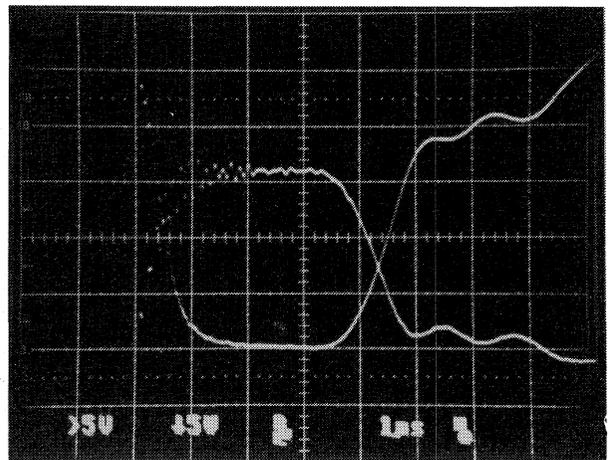


図6 . 出力パルス波形 ( 図5 の場合 )

改造は86年夏に全電源について行なったが、その後もコンデンサーの破損が続いた。このため、PFN用コンデンサーそのものの、基本設計を見直すことが急がれ、86年秋より日本コンデンサーと双信電機の2社とのR&Dが始まり、87年6月より日本コンデンサーのテストコンデンサーの加速テストが2台のパルス電源で継続中である。

謝辞

トリガーII回路の改造にあたり、資料を提供してくださった原研の益子氏に、感謝致します。