

# フォトンファクトリー入射器用

## クライストロン・モジュレータ電源

高エネルギー研

福田茂樹, 児見昌三, 設楽哲夫, 田中治郎

日本原子力研究所

益子勝夫

放射光入射器の30MWクライストロンモジュレータの試作機は、54年3月末に東芝によって10KV迄のパルステストを行って、納入された。その後23.5KVフルパワーテスト、de-Q'ing回路テスト、安定性、今後の改良点と量産に向けての検討等を進めて来た。以下それらの概要について述べる。

表1に30MWクライストロンモジュレータの仕様及びパルス波形について示す。又図2は本電源の回路図概略を示す。本電源の特長としては電源の昇降はI.V.Rで行われるが、これはde-Q'ing回路と連動している事である。I.V.Rコントローラの切換えにより任意のde-Q'ing量がかけられるが通常は自動モードによりde-Q'ing量が5%になるように制御されている。de-Q'ing回路は安定度を得るために必要である。充電モードは十分検討して設計された。7次側インダクタンス35H、巻数比20:1でありリレーインダクタンスは7%となっている。

表1

パルス出力特性

尖頭出力電力	84 MW
平均出力電力	14.7 kW
出力電圧範囲	0 - 23 kV
出力電流	3650 A max
負荷インピーダンス	6.3 Ω
出力インピーダンス	6.0 Ω
パルス幅	2.3 μs以上
立ち上がり時間	0.5 μs以下
立ち下り時間	0.8 μs以下
繰返し	50 pps
パルス平坦度	0.1%以下
パルス安定度 (短時間)	0.2%以下
(長時間)	0.5%以下/R

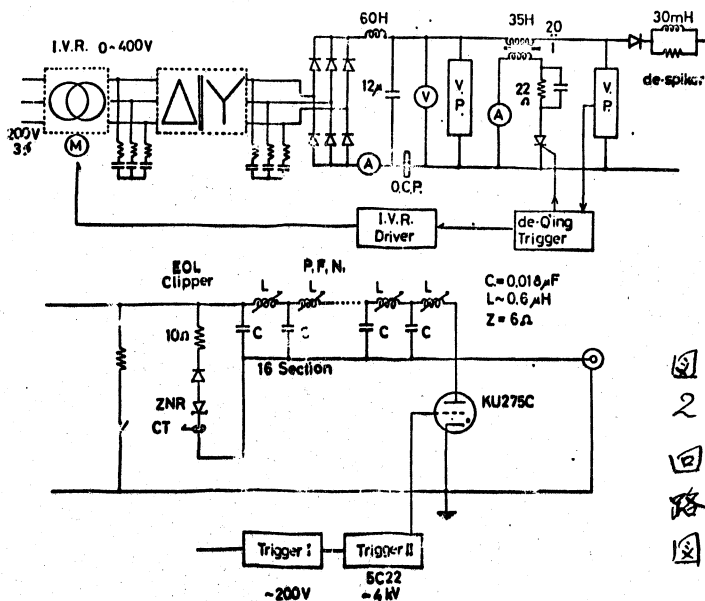


図2 回路図

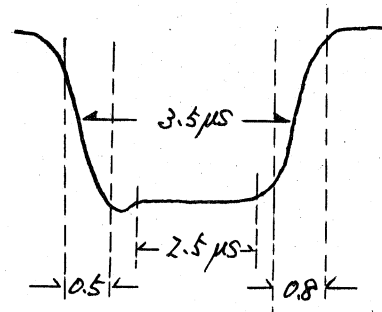


図1 パルス波形

PFN回路は16段で構成され、PFNコンデンサはリードインダクタンスを極力小さくするため両端が電極であり、硝子を用いない型にした。又パルス平坦度の調整は高圧印加時でも出来るようにPFNコイルは可変の構造となっている。サイラトロンはITT社KD275Cを用いたがアノード遅延時間及びジッターを極力小さくするために、そのトリガー(トリガーII)は最大4kVのパルスを用いた。実測の結果トリガー電圧は2kV~4kVで、ジッター等々差はなかった。同じ目的で補助電極にはキーアップ電圧とプレートリガもかけている。負荷の短絡時にサイラトロンへ過大逆電圧がかかるのを防ぐ保護回路としてはEOLクリッパー方式を採用した。図3は負荷をミスマッチさせた時のEOL回路を流れる電流である。EOL抵抗は電力容量の点から若干高インピーダンスにしているの、この回程の反射をくり返して減衰しているのがわかる。EOL回路は現在負荷の異常時に正常に動作している。

パルス回路で生ずる速い成分を防ぐディスパイク回路も又正常に動作している。図4はディスパイク回路の前後での電圧波形であるが、約3μs程度のスパイクが吸収されている。

本電源のフルパワーテストは最初抵抗負荷で行った。パルス平坦度はPFNの調整で0.3%迄達成したが、負荷抵抗の温度係数や、500Wの抵抗を40本使用したための誘導容量等に帰因すると思われる問題が生じた。図5はPFN回路を改善した後の、クライストロン負荷時のパルス波形であり、2次側で最大270kV、パルス平坦度は粗調整のみであるが0.3%以下となっている。

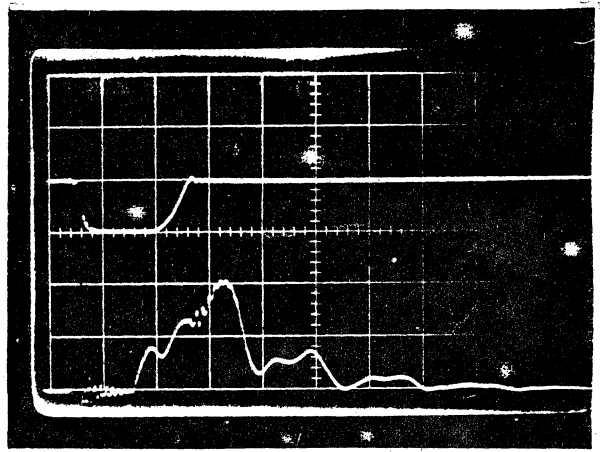


図3, 上:パルス波形, 下:クリッパー電流  
横軸:2μs/div, 縦軸:arbitrary, 負荷3.5Ω

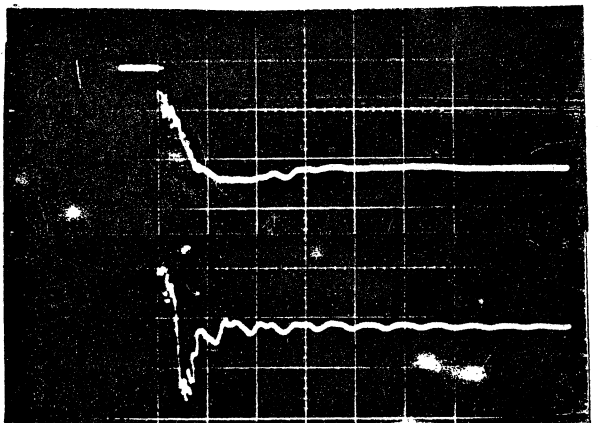


図4, ディスパイク前後の電圧波形  
上:充電回路側, 下:放電回路側  
5μs/div

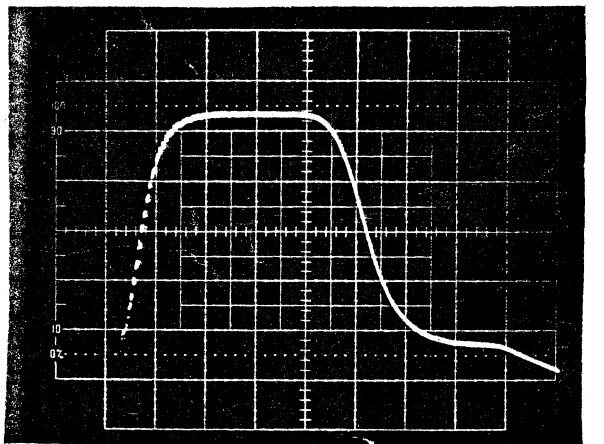


図5 出力パルス波形, 270kV  
1μs/div (1μs/div  
=2次側波形)

パルス安定度は重要な問題であるので特に良く調べた。様々なテストした環境は悪く、陽子シンクロトロン全体のリングの影響で常時、電源変動が3%以上ある。そのため de-Q'ing 回路が安定に働く事が絶対の条件である。充電トランスの L と PFN コンデンサーから決まる充電時間は 10ms である。PFN にかかる電圧を高圧 1 $\mu$ -1 (2000:1) で分圧し、de-Q'ing トリガー回路で基準電圧と比較し SCR のトリガーを発生している。高圧 1 $\mu$ -1 はせいぜい 50ns 以下、又トリガー回路もせいぜいナノジッター等十分検討を加え、固定遅延時間は 7 $\mu$ s 以下である。de-Q'ing 回路の R 及び C を変え de-Q'ing のされがどうなるか、又次のサイクル迄 de-Q'ing 電流が流れたらどうなるか、安定度がどうなるかを調べた。最初は S L A C の針算式<sup>1)</sup>に従って R=22 $\Omega$ , C=70pF であるが、C を省略した場合、R=12 $\Omega$  の場合ともに安定度には大差がなかった。安定度は短時間で容易に 0.1% 以下が達成できた。図 6 は R=12 $\Omega$  の時の de-Q'ing on-off 時の充電電圧波形、図 7 は二次側を流れる de-Q'ing 電流波形である。図 8 は de-Q'ing トリガーに同期させた時の PFN にかかる電圧 (de-Q'ing on と off) である。高圧 1 $\mu$ -1 の帯域調整の問題も含めて、トリガー回路から SCR 点弧迄 5 $\mu$ s 程度に固定時間遅れを印している。

以上の結果、ほぼ仕様を満足する結果を得ている。今後は量産に向けて、回路の過減化、複雑の簡素化、制御系等の改良等を目標としている。

文献 1) The Stanford Two-Mile Accelerator, edited by R.B. Neal, Chap.13.

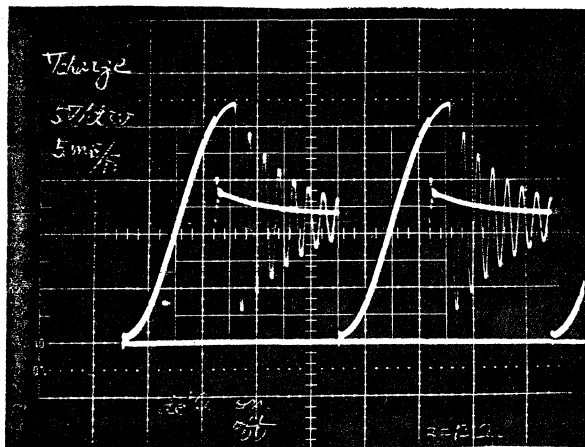


図 6 de-Q'ing ON, OFF 時の充電電圧  
R=12 $\Omega$ , C 1 $\mu$ , 5ms/div

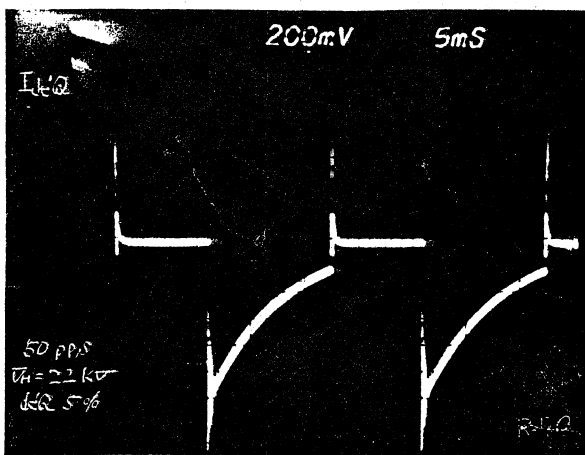


図 7 de-Q'ing 二次側電流波形

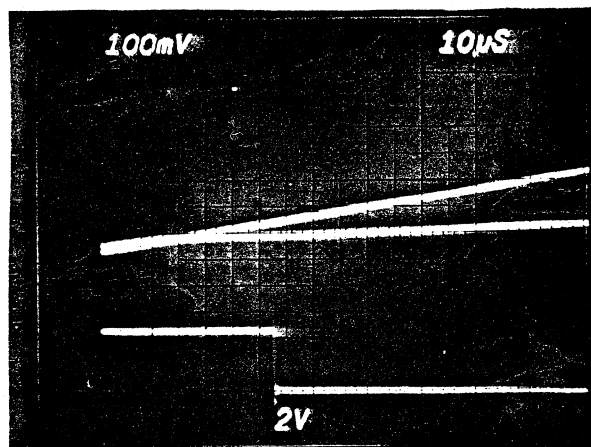


図 8 上: PFN 電圧 (de-Q' off)  
中: " (de-Q' ON)  
下: de-Q'ing トリガー信号