

[P7-26]

Development of Long-Pulse, High-Frequency Pulse Modulator for S-band Klystron

K.Sato, M.Shinohara, H.Baba, K.Shinohara, A.Yoshizumi *, N.Hisanaga *, Y.Kamino *

NIHON KOSHUHA Co.,LTD

1119 Nakayama-cho, Midori-ku, Yokohama, 226-0011, Japan

* MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD NAGOYA AEROSPACE SYSTEMS

* 10, Oye-cho, Minato-ku, Nagoya, 455-8515, Japan

Abstract

In March 1999, we delivered the new concept of klystron modulator, which will be applied an electron beam sterilization facility for the medical application such as sterilize the operation wears. To increase the availability and maintainability, we originally developed the IGBT circuit for the high voltage switch system and introduced the DC-high-voltage inverter power supply to make down size of the modulator. It was successfully operated 18-usec voltage pulse width at 22kV of PFN voltage and 570pps of repetition rate powered by five DC-high-voltage inverter power supplies (22kV and 37.5kJ/sec for each). From this experiment, we confirmed that the IGBT type high voltage switch system can be used instead of the existing thyatron tube for the medical applications.

高デューティークライストロンモジュレータの開発

1. はじめに

滅菌用のパルスモジュレータは、パルス幅が長く、高繰り返しで長時間安定に動作すること、及び、産業用として、限られたスペース、予算の中で設備するため小型、高効率であることが必要不可欠である。

今回開発した Pulse Modulator はレーザー用電源として実績のある「Inverter Power Supply」の採用、及び Thyatron に代わる「高電圧大電流半導体スイッチ」を開発し、採用したことにより小型化、高信頼性等のさまざまな問題を解決し、容積率は従来のタイプに比べ約1/2となった。このレポートでは主な特徴について述べる。

Pulse Modulator のブロック図を Fig.1、概略スペックを Table.1に示す。

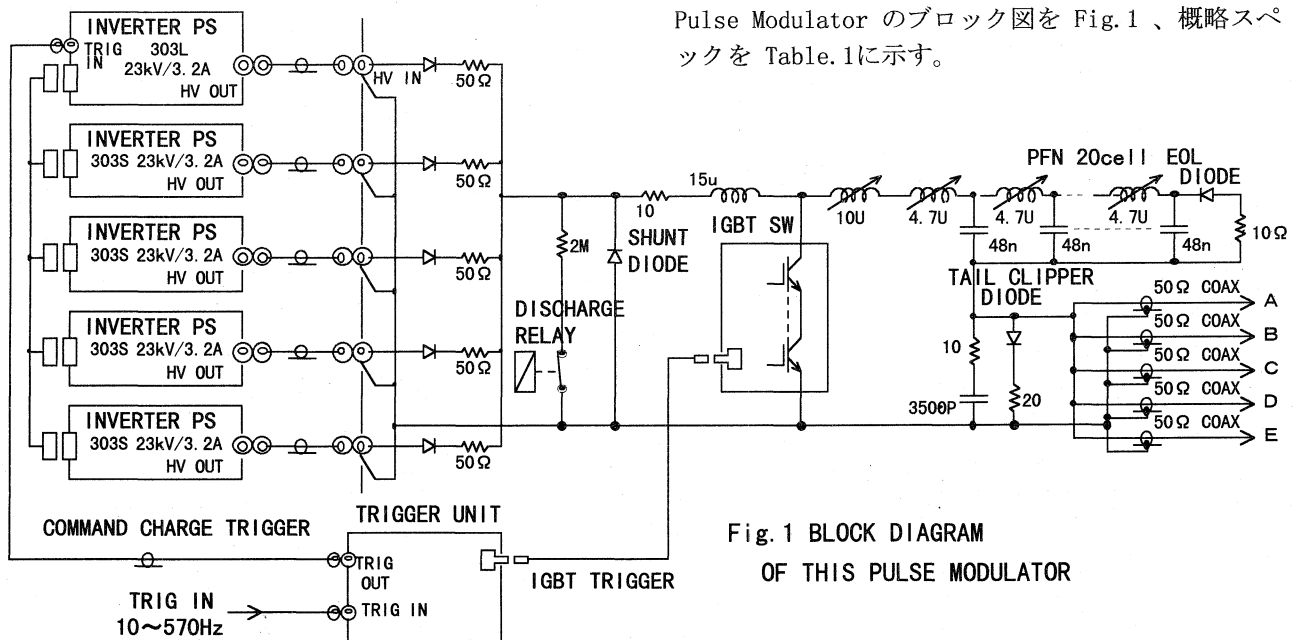


Fig.1 BLOCK DIAGRAM OF THIS PULSE MODULATOR

Table 1
PARAMETER OF PULSE MODULATOR

Klystron beam voltage [kV]	118
Klystron beam current [A]	80
Electron Injector Gun	
voltage [kV]	145
current [A]	0.4
Pulse width [μ S] for flat top	18
-3dB	21
Pulse stability and flatness [%]	± 2
Pulse repetition [ppS]	10-570
Maximum average output power [kW]	109

2. 特徴

2.1 高電圧半導体スイッチ

Pulse Modulator に使用される高電圧大電流用のスイッチはサイラトロンが一般的だが、寿命の点で問題があるので、長寿命を目的とした半導体スイッチ (IGBTスイッチ) を開発し採用した。半導体スイッチは $V_{CES}=2500V$, $I_{cp}=2000A$ の IGBT を使用し、直列接続することにより、Pulse Modulator の仕様である 充電電圧 22kVp ; パルスピーク電流 1400A の仕様を満足した。

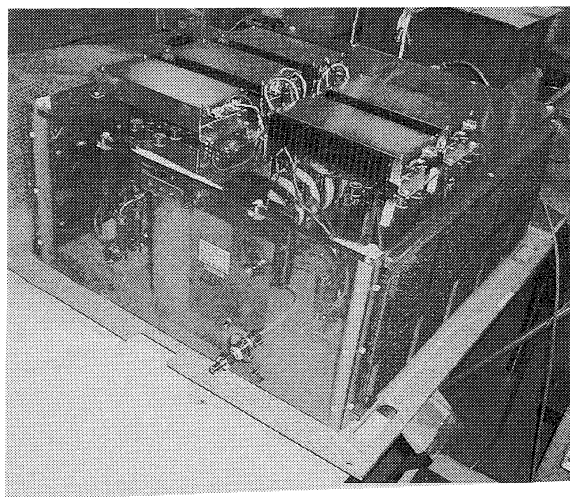


Photo. 1 IGBT SWITCH UNIT

IGBTの最大の利点はスイッチの ON/OFF コントロールを低レベルの信号で確実にコントロールできることである。Thyratron、サイリスタ、GTOに共通して言えることは、これらのスイッチを Line Type Pulse

Modulatorに使用した場合は、ON 信号を与えればあとは素子に流れる電流がなくなるまでON状態であり、電流が 0 になった時点で Turn offとなる。このため、Long Pulseの Pulse Modulator の場合、PFNにたくわえられているエネルギーがすべてはき出される前にスイッチが OFF となるため、反射が大きくなり、Klystron cathode に Beam電圧に相当する Back電圧が発生する。これを吸収するために Tail Clipper Diode を入れてあるが IGBT を使ってスイッチの ON時間を可能な限り長くすれば Tail Clipper Diode の負担を軽減することができる。

2.2 INVERTER POWER SUPPLY の採用

装置の小型化を図るためには、従来の IVR - 高圧トランス - チャージングチョークを使用した共振充電方式では限界があるため、既に レーザー用の電源として実績のある Charging Rate 37.5kJ/S の性能を有する「Inverter Power Supply」を採用することにした。

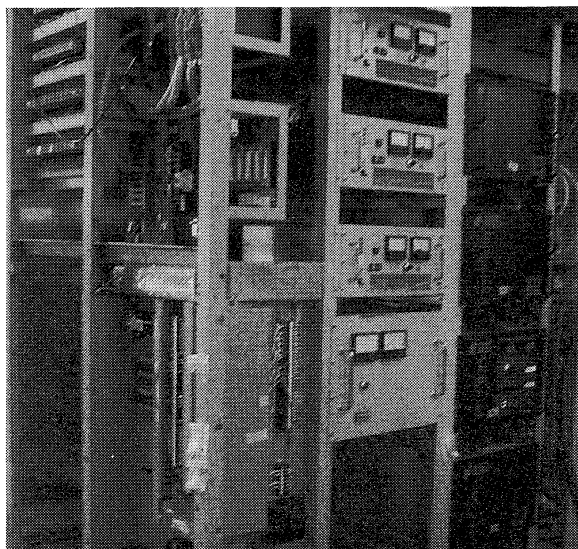


Photo. 2 INVERTER POWER SUPPLY etc

この電源はサイズがW482.6×D558.8×H311.2mm とコンパクトであり 又 1台あたりの電圧/電流は23kV / 3.2Ap であるので、5台並列接続して Total電流 16Apを確保した。これにより従来タイプのIVR、高圧トランス、チャージングチョークに相当する部分が、Inverter PS 5台分となり、実装上 制御回路の一部として考えたため、大幅な小型化につながった。欠点は電源のロスで、定格運転時(パルス繰り返し500Hz)の発熱は、冷却水流量 12L/min の場合ケース温度で約48℃まで上昇するので、冷却について充分考慮した実装とする必要がある。

2.3 高性能パルストランス

パルストランスは、クライストロン用と電子銃用の巻き線を共通化した。これにより、インピーダンスのまったくちがうクライストロンビーム電圧波形と電子銃用の電圧波形を一致させることが出来た。

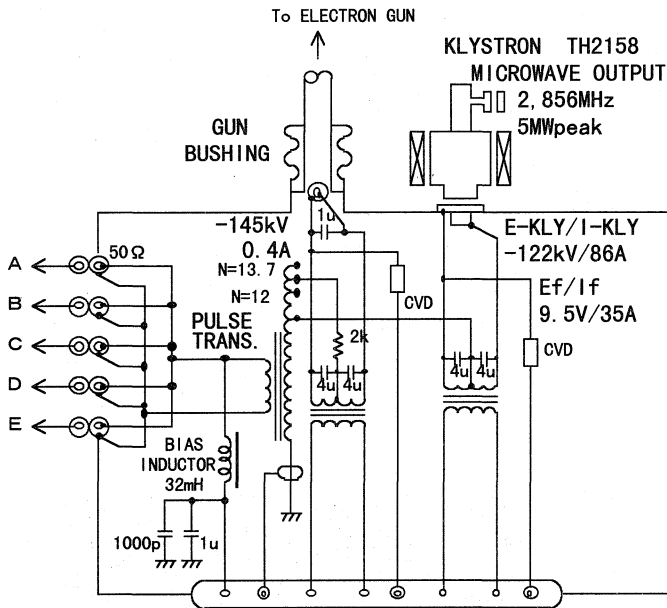
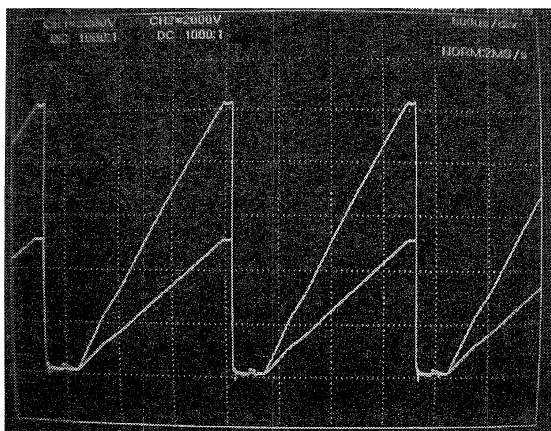


Fig. 2 PULSE TRANSFORMER TANK ASSY

3. 各部の波形

以下の3枚の波形写真は、パルス繰り返し 570Hz で動作したときのものである。

3.1 CHARGING VOLTAGE WAVE FORM

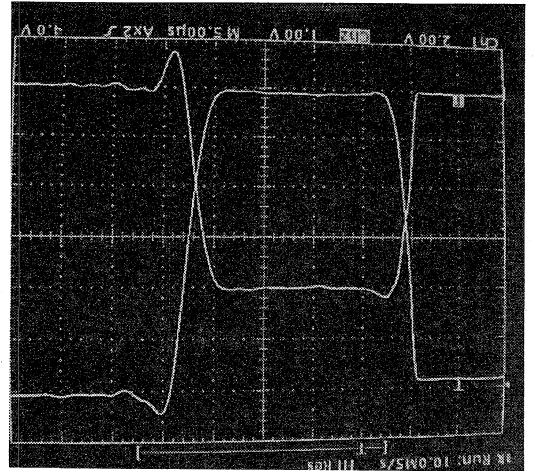


V:4kV/div H:500uS/div

Ch. 1 ; CHARGING VOLTAGE 波形

Ch. 2 ; IGBT STACK の CENTER の波形

3.2 KLYSTRON BEAM VOLTAGE/CURRENT

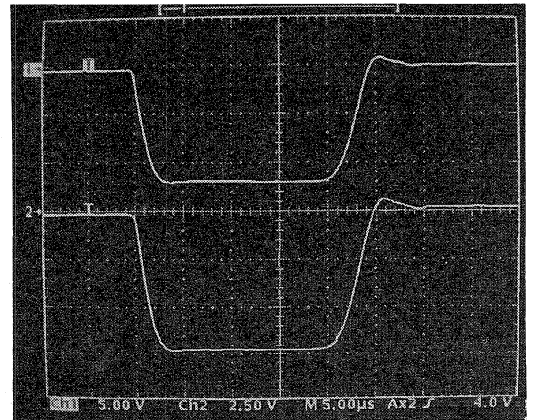


Ch. 1 KLYSTRON BEAM VOLTAGE 118kVp 20kV/div

Ch. 2 KLYSTRON BEAM CURRENT 80Ap 20 A/div

H: 5uS/div

3.3 KLYSTRON BEAM VOLTAGE & ELECTRON INJECTOR GUN VOLTAGE



Ch. 1 KLYSTRON BEAM VOLTAGE 118kVp

Ch. 2 ELECTRON INJECTOR GUN VOLTAGE 145kVp

V:50kV/div H:5uS/div

4. まとめ

本装置は海外向けということもあって、設計から完成まで約10ヶ月の時間が得られたため、設計検討時間を十分にとることが出来、またテストでは、時間の許す限り、パルス繰り返し500Hzで連続運転し、長時間運転時に発生する熱的な事象を含め、問題のないことを確認する事が出来たため、装置の完成度を高めることが出来た。現在は滅菌装置の一部として据付調整中である。