

Design and Construction of a prototype of Power Supplies for UHF Klystrons

M. Kawamura, S. Anami, M. Ono, K. Kudo, T. Kubo, C. Kubota,
E. Takasaki, T. Takenaka and M. Kihara
National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

Modulating-anode type UHF klystrons will be used as an rf power source for an RFQ linac and a drift-tube-linac (DTL) in the JHP. We designed and constructed a prototype of the power supplies which provide high-voltage pulse power to the klystrons.

In this report, we describe the design considerations and basic construction of the power supply.

UHFクライストロン電源の設計と製作

1. はじめに

JHP 1GeV 陽子リニアックのうちRFQ リニアック、ドリフトチューブリニアック (DTL) 用RF源としてUHF帯のモジュレーションアノード型クライストロンが採用される⁽¹⁾。我々のグループはそのクライストロンに高圧パルス電力を供給する電源を開発した。電源に要求される能力は、ピーク電力, 5.5 MW × 2 回路、出力パルス幅, 650 μs、繰返し, 50 pps、である。モジュレーションアノード (以下“M アノード”とする) 型クライストロン電源はクライストロンのカソード電極に直流電圧を、M アノード電極にパルス電圧をそれぞれ印加する⁽¹⁾。その全体回路図を図1⁽²⁾に、全体写真を図2、図3に示す。

2. カソード電源部⁽²⁾

基本的な設計はトリスタンのCWクライストロン用高圧直流電源を手本としている⁽³⁾。この部分に要求される能力は、直流出力電圧, 最大 110 kV (負荷時)、ピーク電流, 最大 46 A × 2 (M アノードの電源の 1 A を含む)、平均直流電流, 最大 1.5 A × 2、パルス負荷時のサグ, 5%、である。大きく分けて高圧受電盤、電圧制御部、昇圧整流部、コンデンサバンク部、クローバ回路部の5つの部分で構成され、前四者をまとめた直流電源の仕様は、6.6 kV 受電、サイリスタ点弧位相角制御による1次電圧制御、2次ダイオード整流12相方式、となっている。平滑コンデンサの容量はクライストロン2本を負荷としたときにカソード電圧のサグが5%以下になるように10.8 μFとしている。

クローバ回路部はクライストロンが短絡したときにそれを保護するためコンデンサに蓄積されているエネルギーを極めて速やかにバイパスさせる働きを持つ。クローバの仕様は、出力電圧 110 kV で動作中にクライストロンが短絡した時、6 μs 以内に動作を開始し、クライストロン負荷への注入エネルギーは 10 J 以下、クローバ動作頻度は毎分 0.3 回以下、毎年 100 回以下、総計 1000 回以下、としている。クローバスイッチ用素子としてはイグナイトロン (NL-35391, Richardson Electronics) を採用した。上記注入エネルギーを減少させるため、クローバをクライストロンに近付けクローバ～クライストロン間の電流制限抵抗をクライストロンタンク内に入れて、クローバ～クライストロン間の配線キャパシタンスに蓄えられたエネルギー、および電流制限抵抗～クライストロン間の回路の大地に対する分布容量からの放電

エネルギーの低減を図っている。

実際に製作したクローバ装置の負荷短絡試験の結果を図4に示す。

3.M アノード電源部⁽²⁾

M アノード電源の方式はいくつか考えられるが、結局カソード電源を利用し電子管でスイッチする方法が技術的に最も確実性があると思われたので採用した。電子管は四極管のTH5188 (Thomson, X線発生用) を用いる。この電子管およびクライストロン電子銃部は油中で使用されるが、ノイズの発生およびプッシング数の過多をさけるため電子管補助電源を含めすべて一つのオイルタンクに収納している。

TH5188の最大プレート電圧は120 kVであり、カソード電源の最大出力が110 kVで最大定格ぎりぎりとなるため、直流クランプ電源を用いて耐圧を確保している(図5参照)。クランプ電源容量は-60 kV, 50 mAとし、クランプ電圧の調整によってパルス電圧を変えることができる。図5中の各素子の値はクライストロンおよび電子管の定格、またクランプ電圧調整範囲確保(図6参照)等を検討した結果、 $R_d = 1.2 \text{ M}\Omega$, $C = 0.68 \mu\text{F}$, $R_s = 30 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ とした。図5中の C_{s1} , C_{s2} はそれぞれ各箇所の分布容量を表したものであり、 $C_{s1} = 820 \text{ pF}$, $C_{s2} = 75 \text{ pF}$ と概算される。

実際に製作したMアノード電源の試験結果を図7に示す。

参考文献

- (1) 大型ハドロン計画推進作業部会編、「大型ハドロン計画陽子リニアックワーキンググループ報告I」第8章、JHP-10, KEK-INTERNAL 88-8, 1988
- (2) 大型ハドロン計画推進作業部会編、「大型ハドロン計画陽子リニアックワーキンググループ報告II」第6章7節、JHP-14, KEK-INTERNAL 90-16, 1990
- (3) 同上、第6章2節

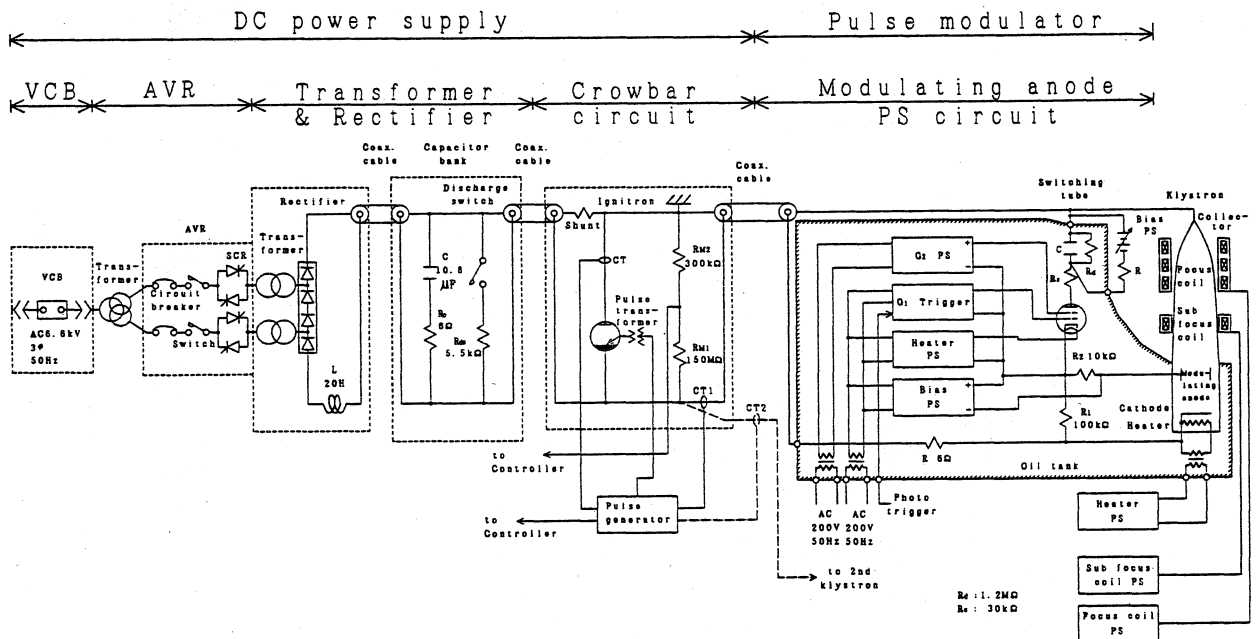


図1. 全体回路図

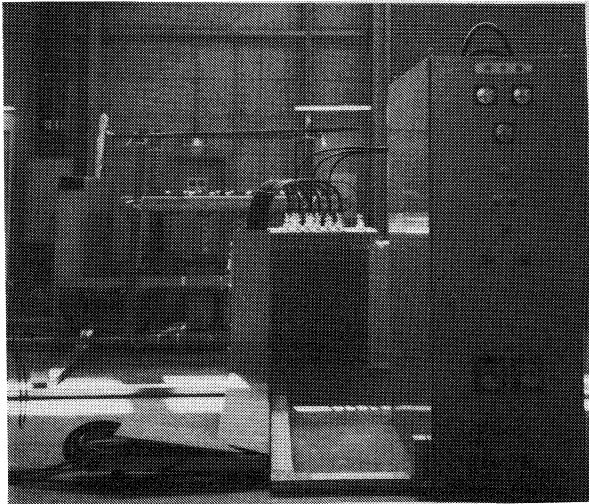


図2. コンデンサバンク、降圧変圧器、高圧受電盤 (左より)

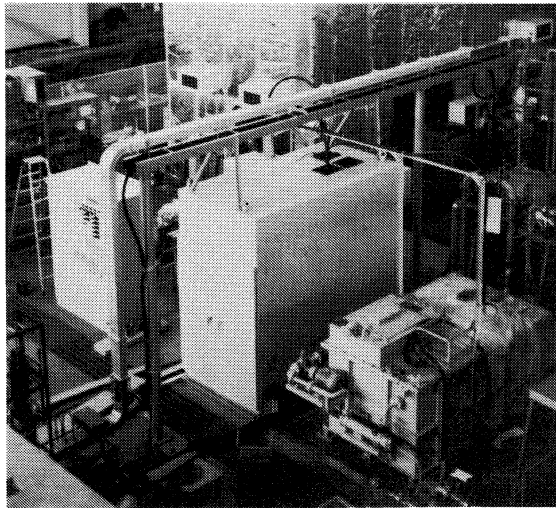
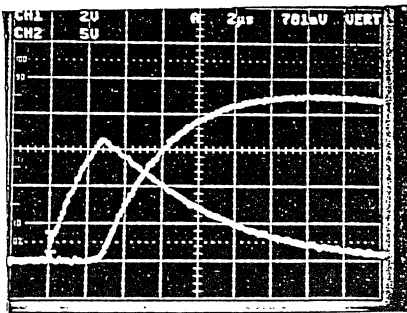


図3. 制御盤、クローバ部、Mアノードタンク (左より)

DC110kV充電後に負荷短絡し、6 μ S以内にクローバ動作が開始し、0.35 ϕ ×200mmの銅線が溶断しないこと。

試験結果 3 μ S以内にクローバが動作し、 ϕ 0.32銅線が溶断しなかった。



クローバ電流
4 kA/div
短絡電流
1.6 kA/div
2 μ S/div

図4. クローバ装置負荷短絡試験結果

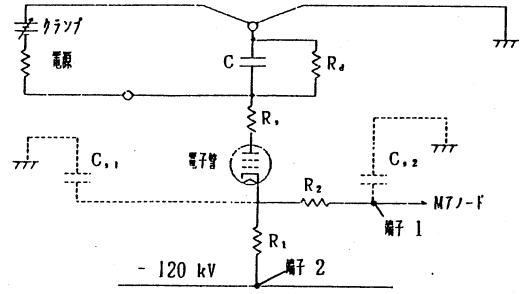


図5. クランプ回路図

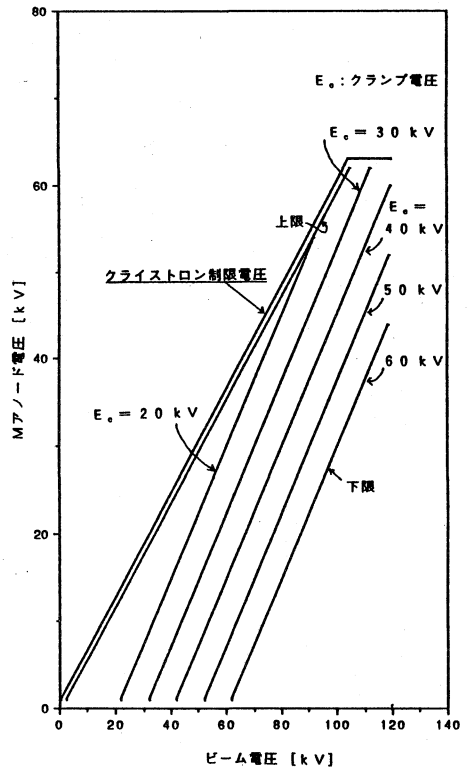


図6. クランプ電圧調整範囲

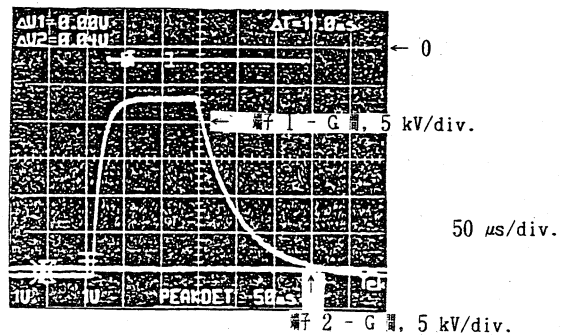


図7. Mアノード電源試験結果 (端子1、2は図5参照)