

# Xバンドクライストロン用ブルームライン型パルス電源の R&D

小林靖雄<sup>1,A)</sup>、今久保知史<sup>A)</sup>、萬代新一<sup>A)</sup>、徳本修一<sup>B)</sup>、門倉英一<sup>B)</sup>、松本修二<sup>B)</sup>、明本光生<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> 石川島播磨重工業(株)

〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1番地

<sup>B)</sup> 文部科学省 高エネルギー加速器研究機構

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

## 概要

PPM収束Xバンドパルスクライストロンのドライブ用に使用しているブルームライン型パルス電源の R&Dを行った。

その電源の構成、特徴(通常のPFN型と比較しての有利な点、不利な点の評価。またPFN充電方式にインバータ電源方式を採用した紹介、及びその制御システムの特徴等)について報告する。

## 1. はじめに

現在、高エネルギー加速器研究機構(以下 KEK)で JLC (Japan Linear Collider) 用の PPM 収束 Xバンドクライストロンの開発を行っており、そのドライブ用に IHI で製作したブルームライン型 PFN で構成されたパルス電源を使用している。

'91年に製作してから現在まで、仕様の変更、改良により以下の箇所を変更してきた。

パルストランス部(昇圧比 1:7 から 1:8 へ)、PFN部(パルス巾フラットトップ部 1.5 μsec にするため段数を 40 段×2 並列化)、リバース回路部(シミュレーションでの解析を行い、使用素子・定数の最適化)、サイラトロン部(異常放電時の目視可能な構造への改造)、充電器部(サイリスタ整流直流電源を用いた共振充電方式からインバータ方式への置換え)、制御盤(リレーシーケンス方式からシーケンスを用いたタッチパネル操作化)を行ってきたが、1つのシステムとして完結してきているので紹介する。

## 2. 電源仕様

現在の電源の主な構成は、インバータ方式充電器部、サイラトロンスイッチ放電部、ブルームライン型 PFN 部、リバース回路部、パルストランス部、制御監視装置の 6 部であり、昨年、充電器部と制御監視装置を新規製作した。

主な仕様について以下にまとめ、装置の写真、概略配置図、回路図及び充電器の特徴について紹介する。

### 2.1 電源仕様

以下、表 1 にまとめる。

表 1 ブルームライン型パルス電源仕様

項目	仕様	
出力	パルス電圧 (パルストランス1次側)	70kVmax
	パルス巾 (フラットトップ部)	1.5 μ sec
	繰返し周期	50p/s
充電器	電源容量	34kW
	入力電圧	3 ,420V
	充電電圧	70kVmax
	平均充電電流	1.2A
PFN	キャリア周波数	10kHz
	インピーダンス	17.4
	PFN 段数(片側)	20 段の 2 並列
パルストランス	PFN 定数(コイル,コンデンサ)	1.06 μ H,3.5nF
	昇圧比	1:8

### 2.2 装置写真及び概略配置図

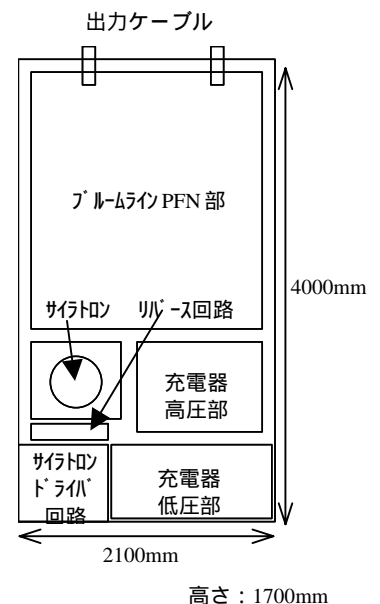
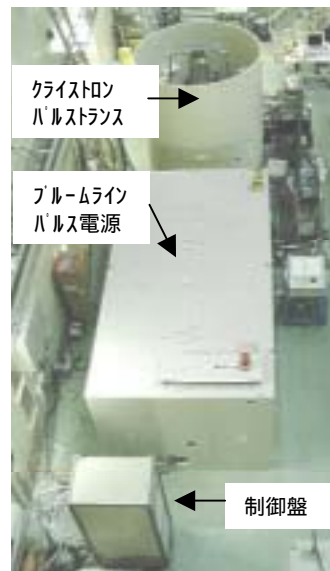


写真 1 装置写真

図 1 ブルームラインパルス電源概略配置図

<sup>1</sup> E-mail: yasuo\_kobayashi\_1@ihi.co.jp

## 2.5 装置概略回路図

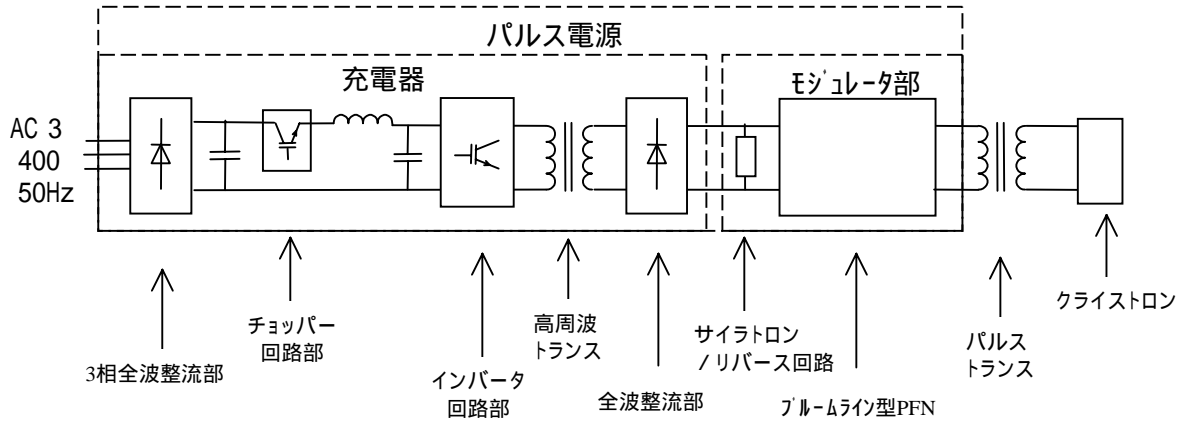


図2：装置概略回路図

## 3 .通常の PFN 型と比較したブルームライン型の特徴

以下に通常の PFN 型を基準に比較した時の有利な点、不利な点について表にまとめる。

表2 有利な点、不利な点

	条件	内容
有利な点	PFN への充電電圧を同値にした場合	パルストランスの昇圧比低くできる 出力パルス電圧の立上り、立下り時間が短い
	パルストランスの昇圧比を同値にした場合	PFN への充電電圧を半分にする
不利な点		パルストランス1次側両端子に電圧がかかるので片側を接地できない
		PFN のコンデンサーの充電電圧が反転するので寿命に影響する

また、この電源出力条件での従来型 PFN とブルームライン型 PFN におけるクライストロンへの出力電圧波形の比較をシミュレーションにて解析を行い、上記の特徴を確認した。シミュレーション条件を表3に、結果を図3に示す。

表3 シミュレーション共通条件

共通条件	出力波形仕様	
パルス巾(フラットトップ)	1.5	Usec
1次 PFN 充電電圧	70	KV
PFN インピーダンス(1段当り)	17.4	
クライストロンインピーダンス	1114	

表4 シミュレーション各条件

各条件	従来型	ブルームライン型
パルストランス昇圧比	1:16	1:8
PFN 段数	20 段 (4 並列)	ブルームライン PFN 20 段 (2 並列)

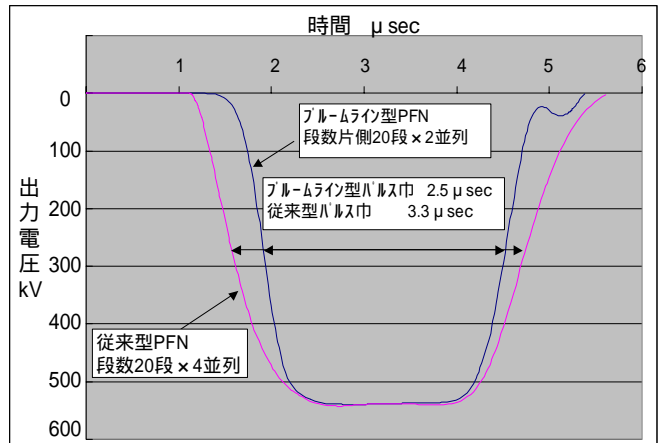


図3 シミュレーション結果

## 4 .充電器の特徴

従来方式（整流、共振充電）にて運転を行ってきたが、昨年新規にインバータ方式の製作を行い現在この方式で運転中である。特徴について説明する。

- (1) 従来方式のように平滑用の大容量のコンデンサ、共振充電を行うための共振充電用チョーク、デスピカ等が不要になり、小型化が行える。
- (2) インバータ方式により小容量の電荷を高周波で PFN へ充電するため充電を細かく制御可能となり、充電電圧の安定度を高精度に行うことが可能となる。

- (3) チョッパー回路によりインバータ側の充電電圧をコントロールしているため、給電用の商用電圧が変動してもパルス電源の出力パルス電圧にその変動分の影響を受けない。
- (4) チョッパー回路により出力設定値とインバータ側の充電電圧値を比例の関係で充電させているため、PFN への充電時間が充電電圧値にかかわらず常に一定にできる。  
そのため、コマンドチャージ方式にした場合、どの電圧値においても、チャージ動作終了後からサイラトロン放電までの時間が一定となり、パルスの繰返しが高いときの PFN 充電電圧の漏れ電流による電圧効果の影響がなくなるので、設定値を固定させ、繰返し時間を変化させたときの出力値の変動が生じないという利点がある。図 4 参照

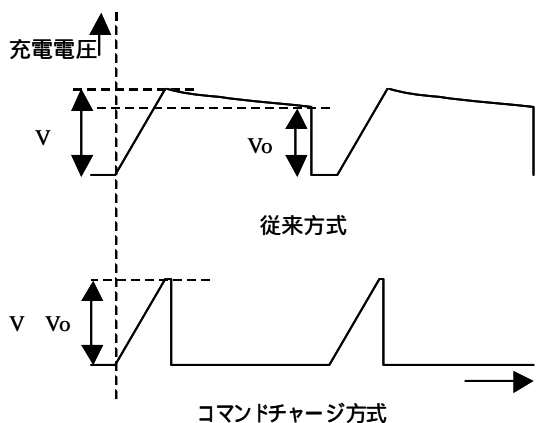


図 4: 従来方式とコマンドチャージ方式の比較

- (5) コマンドチャージ方式の運転動作タイミングについて以下に記載する。  
10V、2  $\mu$  sec のマスタパルス信号を基準に充電器、モニタに対して同期を取り運転し、サイラトロン動作タイミングを遅延回路により遅らせて動作させることでコマンドチャージ

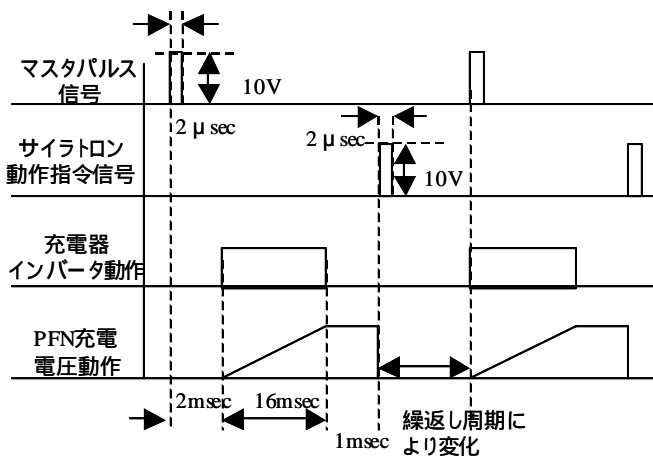


図 5: コマンドチャージ方式の電源動作タイムチャート

を行っている。図 5 にコマンドチャージ方式の電源動作タイムチャートを示す。

## 5. 充電電圧の安定性能

充電電圧 45kV、50Hz 運転で繰返し PFN 充電電圧の再現性安定度の測定を行った。その結果、45kV  $\pm$  0.18%の変動であることを確認した。従来方式の充電方式（サイリスタ整流+共振充電）では充電電圧に対する変動が数%程度であったのに対して 1/10 程度改善することができた。

実際のクライストロン定格電圧運転時の PFN 充電電圧波形及び電源出力パルス波形を図 6、7 に示す。

## 6. 課題

コマンドチャージ方式での運転時の課題として、マスタパルス信号に対してのサイラトロン動作指令信号のタイミングが変動（delay 回路部の IC のジッターによる）し、運転に影響するので、その対策を検討中である。

## 7. 謝辞

一連の研究開発を行う上で常に新しいアイデアとご指導頂いている高エネルギー加速器研究機構の諸先生方に心から感謝いたします。

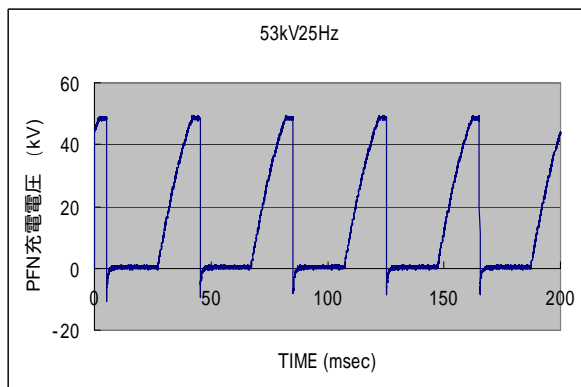


図 6: PFN 充電電圧波形 (実波形)

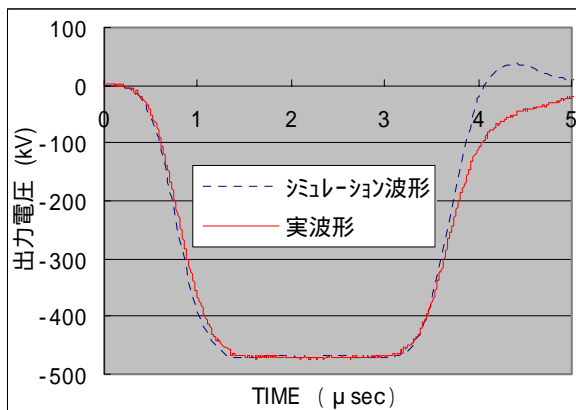


図 7: 電源出力パルス波形