

# 将来計画用小型パルス電源

中島 啓光<sup>1)</sup>、本間 博幸、明本 光生、設楽 哲夫、福田 茂樹  
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

KEKB 計画では、ルミノシティ  $10^{35}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  を目指したアップグレード計画 (Super KEBK) の検討が進められている。Super KEBK では、陽電子のエネルギーを 3.5GeV から 8GeV にするため、リニアックの増強が必要となる。

リニアックの増強は、既存の 24 の S-band 加速ユニットを C-band に変更することが検討されている。各ユニットには、2 本の C-band 50MW クライストロンが必要となるため、既存の 1/3 の寸法にした新規電源を検討している。本稿では、新規電源の構成、仕様について報告する。

## 1. はじめに

KEKB リニアックでは、現在 59 の S-band 加速ユニットで電子 8GeV、陽電子 3.5GeV のビームを KEBK リングに入射している。Super KEBK では、ルミノシティ  $10^{35}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  を目指し、電子 3.5GeV、陽電子 8GeV とすることが検討されている。Super KEBK のためには、KEKB リニアックでも陽電子のエネルギーを 3.5GeV から 8GeV にするための増強が必要となる。リニアックの増強は、後半の 24 の加速ユニットを C-band に変更し、1 ユニット当り S-band 50MW クライストロン 1 本であるマイクロ波源を C-band 50MW クライストロン 2 本として、陽電子のエネルギーを 8GeV にすることが検討されている。それに伴い、現在の 1 ユニットのスペースに 2 台のクライストロン及びクライストロン用パルス電源が必要となるため、パルス電源の小型化が要求される。

新規電源では、スペース的な問題からその大きさを既存の電源の 1/3 程度にする必要がある。電源を小型化するために、充電方式はインバーター充電方式とした。また、保守、予算などの面から、できる限り既存の電源と同じものを使用する方針で検討され、組み込みユニット、放電回路部は、ほぼそのまま使用し、インバーター電源を含めた制御回路部のみ新たに設計するものとした。そうすることで、24 台の電源については新規製作となるが、残りの 24 台の電源については、インバーター電源を含めた制御回路部のみ新規製作とすることができる。

現在、2002 年 11 月の完成を目標に小型パルス電源の製作を進めているので、以下にその構成及び仕様について報告する。

## 2. 新規電源の仕様

### 2.1 新規電源の仕様

表 1 は、新規電源の電氣的仕様を示したものである。これらの仕様は、クライストロンに要求される出力電力によって決められる。

表 1：新規電源の電氣的仕様

尖頭出力電力	109MW (max)
平均出力電力	23kW (max)
出力電圧範囲	10 ~ 47kV
出力インピーダンス	4.8Ω
負荷インピーダンス	5.0Ω
パルス幅 (半値幅)	4.3μs
パルス幅 (平坦部)	2μs 以上
パルス立ち上がり時間	1.0μs 以下
繰り返し	10~50pps
パルス平坦度 (p-p)	0.3% 以下
パルス電圧安定度 (短時間)	0.2% 以下
パルス電圧安定度 (長時間)	0.5%/H 以下

### 2.2 インバーター電源の仕様

インバーター電源の電氣的仕様を表 2 に示す。インバーター電源の仕様で、電氣的仕様はもちろん重要だが、ここでは、その大きさも重要となる。電源を設置するスペース的な問題から、その幅は 19 インチラックに収まるようにし、高さも制御回路部の高さを抑えるため、600mm 以内とした。また、電源故障時の交換作業を考慮して、取り外しを容易にするような構造にすることとした。

表 2：インバーター電源の電氣的仕様

最大充電電圧	50kV
充電電流 (ピーク)	1.5A
定格充電電力	30kJ/s
充電可能周波数	50pps
トリガー信号	システムトリガー
	CHAGE GATE
充電電圧設定電圧	10V (50kV)

<sup>1</sup> E-mail: hiromitsu.nakajima@kek.jp

インバーター電源の内部インターロックは、電源を保護することは当然のこととし、外部にもインターロックの出力を取り出せるようにする。それによって、遠隔操作としたときにも、インバーター電源の内部インターロックが働いたことを確認できる。また、充電電圧の設定、内部インターロックのリセットについても外部から行えるようにして、完全に遠隔操作できるようにする。

### 2.3 PFN の仕様

PFN のコイルのインダクタンスは、負荷側（クライストロン）のインピーダンスにより  $1.55\mu\text{H}$  となる。新規電源に求められる基本性能は、フラットトップ  $2.0\mu\text{s}$  以上のパルスである。そのために必要な PFN は、コイルのインダクタンスとコンデンサーの容量から 14 段 2 並列となる。図 1、図 2 は、14 段 2 並列の PFN でシミュレーションを行った回路とその結果である。シミュレーションは、パルストランスの一次側におけるクライストロンのインピーダンスを  $5.0\Omega$  として行った。また、充電電圧は  $50.0\text{kV}$  とし、サイクロトロンの変わりに電圧制御式のスイッチを使用した。

シミュレーション結果から、PFN を 14 段 2 並列としたときに得られるパルス幅は、半値幅で  $4.8\mu\text{s}$ 、フラットトップで  $2.0\mu\text{s}$  であることが確認できる。

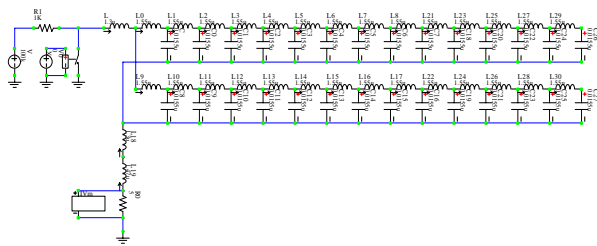


図 1 : PFN シミュレーション回路

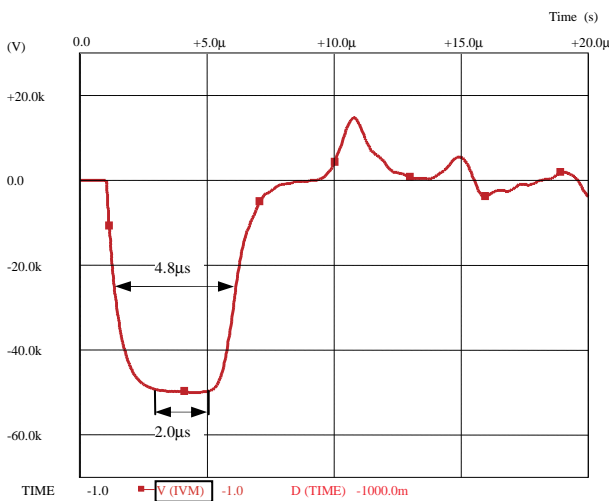


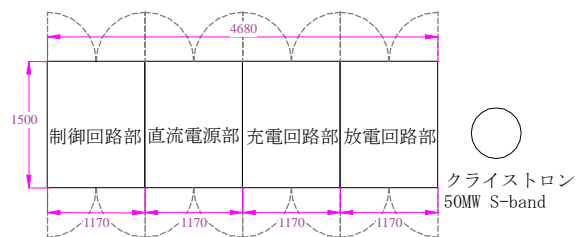
図 2 : PFN シミュレーション結果

## 3. 新規電源の構成

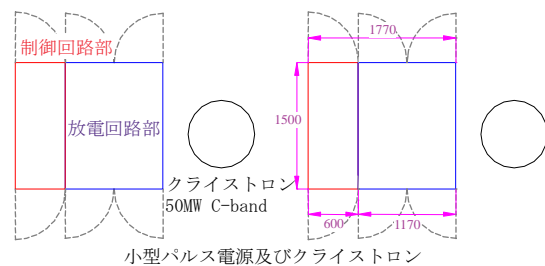
### 3.1 パルス電源の小型化

現在の電源は、制御回路部 (A 筐体)、直流電源部 (B 筐体)、充電回路部 (C 筐体)、放電回路部 (D 筐体) で構成されており、それぞれの筐体間は、切り離すことができるようになっている。この電源では、チョークトランスを使った共振充電方式を採用しているために、IVR (A 筐体内)、高圧整流トランス (B 筐体内)、充電チョークトランス (C 筐体内) のトランス類が電源のサイズを大きくしている。

新規電源では、共振充電方式からインバーター電源を使用したインバーター充電方式とする。それにより、トランス類が必要なくなるため、A 筐体が半分になり、B 筐体、C 筐体が完全に必要なくなる。さらに、インバーター電源を制御回路部に収容することによって、現在の電源の 1/3 程度の大きさに小型化することができる。パルス電源を小型化することにより、図 3 に示すように現在の 1 ユニットのスペースとほぼ同じ広さに、2 台のパルス電源とクライストロンを設置することができる。また、各筐体間が切り離せる構造になっているため、現在の D 筐体は、そのまま使用することができる。



現在のパルス電源及びクライストロン



小型パルス電源及びクライストロン

図 3 : 小型パルス電源配置図

### 3.2 制御回路部

制御回路部は、19 インチラック幅とし、前面と後面を使用して表 3 に示すパルス電源のコントロール回路、メーター等の他にインバーター電源も収容する。コントロール回路やメーター等のモニター類は、前面にあることが望ましいため、それらを前面に配置するようにした。その結果、図 4 のように前面にユニットが集中する形になってしまう。

新規電源では、現在使用している組み込みユニットの内、IVRの制御をしているIVRコントローラーユニット、充電電圧安定化のためのDe-Qingトリガーユニットが必要なくなる。さらに、制御回路部の高さを抑えるために、現在4ユニットあるアナログメーターパネルユニットをデジタルメーターを用いて1ユニットにする。また、BNCモニターユニットを小型化することも検討中である。

インバーター電源を前面に収容しているのは、インバーター電源の重量が150kgあるため、電源故障時の交換作業を考慮したためである。

表3：新規電源制御回路部の組み込みユニット

ユニット名	機能
メーターパネル	各種メーター
VSWRメーター	RFモニター
コントロールI	制御回路
コントロールII	遠隔操作(PLC)
オシロスコープ	モニター信号測定用
BNCモニター	モニター信号
IφA	RF制御用
電磁石コントローラー	Kly電磁石電源の制御用
トリガーI	トリガー信号の増幅
コントロール用電源	コントロールIの電源
制御器ユニット	ブレーカー等

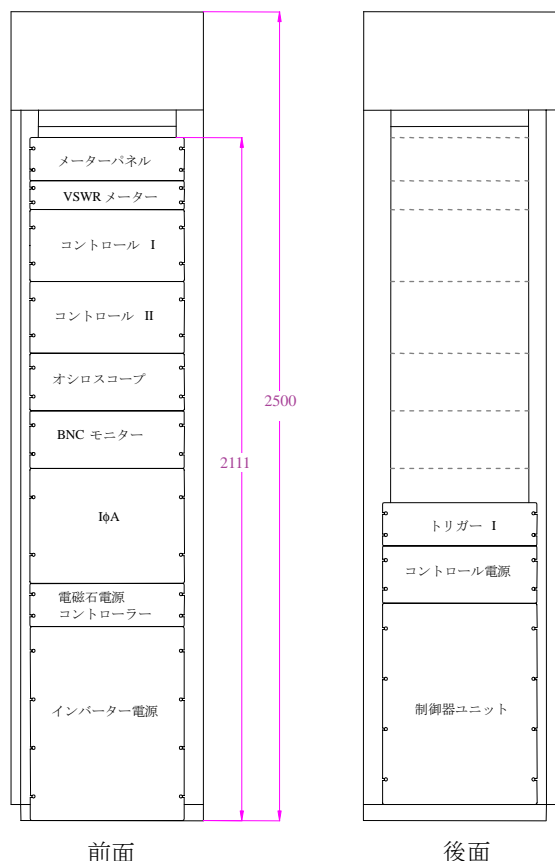


図4：制御回路部組み込みユニット配置図

現在の制御回路部には、側面に端子盤が設置されており、修理、点検が容易に行えるようになっている。新規電源でも、同じように1個所にまとめた端子盤を側面あるいは後面に設置することを検討している。

### 3.3 放電回路部

放電回路部は、PFN、サイラトロン、ディスプレイ回路、シャント回路等で構成されている。また、組み込みユニットは、サイラトロン用、クライストロン用のものがあるが、現在のものをそのまま使用する。現在の電源と大きく異なる点は、PFNである。現在のPFNは、0.0155μFのコンデンサーと1.3μHの可変式コイルを20段2並列としている。新規電源では、これが14段2並列となりコイルも1.55μH(可変式)となるため、コンデンサーはそのまま使用できるが、コイルとPFNの架台については新規製作となる。ただし、コイル、架台とも形状は現在のものをベースとする。

現在D筐体の高さは、3000mmあるが、新規製作分では、制御回路部と同じ2500mmにできると考えている。図5は、新規電源の完成イメージである。

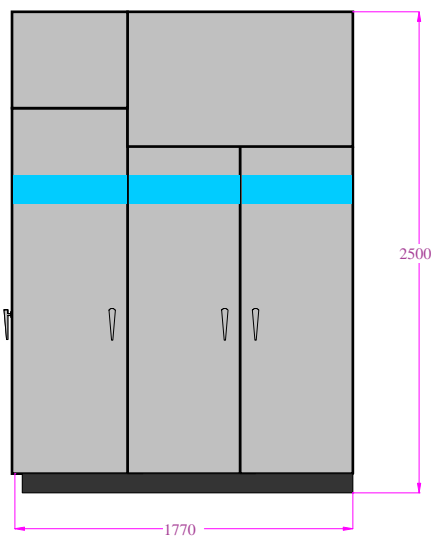


図5：新規電源の完成イメージ図

## 4. 今後の予定

試験用の新規電源を2002年11月までに製作し、その後、電源の試験を数週間程行い、電源のランニング試験をかねてC-band 50MWクライストロンの試験、加速管の試験に用いる。来年度には、KEKBリアックにC-band用の加速管をいれ、実際のビーム加速に使用する。このため、クライストロン試験用の電源の他にもう一台小型の電源を製作あるいは改造を行う予定である。

## 参考文献

- [1] T. Kamitani et al., in these proceedings.