

# コンデンサ充電用インバータ電源

飯田謙二<sup>A)</sup>、北川宜和<sup>A)</sup>、三澤英夫<sup>B)</sup>、箆部亮二<sup>B)</sup>、寺村弘<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> 東芝電波特機株式会社 恵庭工場

〒065-1411 北海道恵庭市恵南 17-1

<sup>B)</sup> 東芝電波特機株式会社 本社

〒212-0001 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地

## 概要

クライストロンパルス変調器電源やレーダ送信機変調器部は、パルス成形回路（以降 PFN と略す）、PFN のコンデンサに共振充電する充電チョークと高圧整流電源から構成されるいわゆる共振充電型ラインタイプパルサー方式が多く採用されてきた。近年、装置の小型・軽量化および高安定度化の要求が高まり、従来の高圧整流電源と充電チョークによる共振充電方式では対応に限界があることが明らかで、インバータ方式高圧電源への移行が強く望まれてきた。10kV、6kJ/s のインバータ電源開発に引き続き、今回、50kV、30kJ/s のインバータ電源を開発、評価した結果、初期設定の性能が実現できた。

## 1. はじめに

マグネトロンやクライストロンを用いたレーダ送信機の変調器部に多く使われる 10kV、6kJ/s 規模のインバータ電源は既に開発を終え、気象レーダ送信機部等として製品化されている。図 1. に 10kV インバータ電源の外観を示す。このインバータ電源での制御方式、絶縁方式の開発成果を基に、加速器変調器電源用としてのインバータ電源の仕様を 1 電源当り、50kV、30kJ/s と設定、開発を進めた。さらに、より以上の大電力要求に対してはインバータ電源を並列接続することで実現できる方式とした。また、出力電圧の高安定度化については独自の工夫を行い要求精度を満足でき、力率・効率に関しても改善の成果が確認された。本稿では 50kV、30kJ/s インバータ電源の性能、基本動作、試験結果等について報告する。



図 1. 10kV 6kJ/s インバータ電源外観

## 2. 構成及び性能

図 2. に 50kV 30kJ/s インバータ電源機能ブロック図を示す。

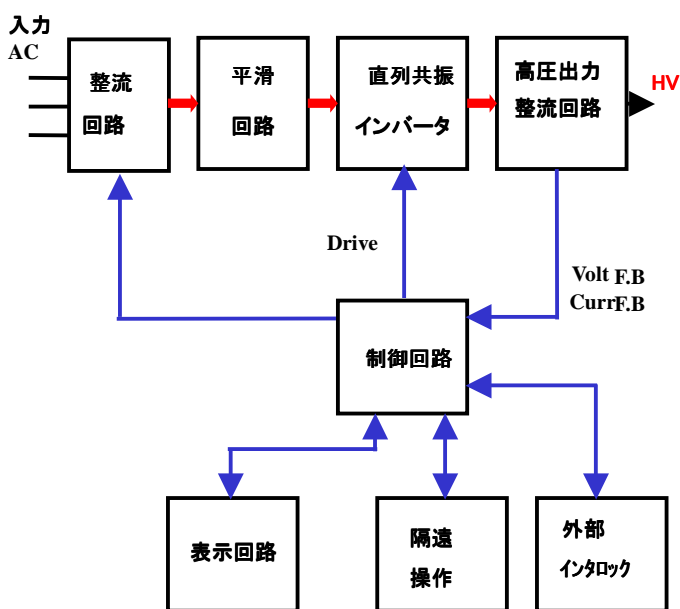


図 2. 50kV 30kJ/s インバータ電源機能ブロック図

420V 3 相 50/60Hz を受電し直流に変換する整流回路、平滑回路、その直流電圧を高周波でスイッチングする直列共振インバータ、50kV まで昇圧し整流する高圧出力整流回路および出力電圧・電流を検出して制御する制御回路から構成されている。3 相入力部には、50pps のような低繰返しの負荷条件においても高力率が維持できるよう力率改善回路を設けている。直列共振インバータは、主スイッチ素子に IGBT を使用したフルブリッジインバータで構成されており、共振用リアクタとコンデンサが高圧インバータトランスを介して PFN のコンデンサと直列に接続され、共振電流で PFN コンデンサに充電する方式とし、直列共振の原理的な定電流性を利用して定電流給電特性としている。また、出力電圧は所定の電圧に到達し

た時、インバータドライブを停止することで安定化を図っているが、特に、高精度の出力安定度を実現するために、充電末期の設定電圧値付近での出力電圧オーバーシュートを発生させないための工夫や、設定電圧到達時からインバータドライブを停止させるまでの即応性の向上、また制御回路の耐ノイズ性強化等の様々な改善がなされている。

表 1. に 50kV 30kJ/s インバータ電源試作機の性能を示す。

表 1. インバータ電源の性能

項目	性能項目	試作電源
1	出力電圧	0.5~50kV
2	出力電流	1.5 A max
3	出力電力	30kJ/sec
4	入力	AC420V±10% 50/60Hz 3相 3線
5	力率	85% 以上 (50 pps)
6	効率	85% 以上 (定格時)
7	安定度	±0.2%以下 @50kV 出力時
8	保護回路	過電圧、過電流、温度異常、ファン異常 入力電圧異常 外部インターロック
9	冷却	水 冷(8L/min 以上)
10	動作温度	4°C~45°C
11	外形寸法	幅482.6mm(19インチ) X奥行 680 mm X高さ 424 mm

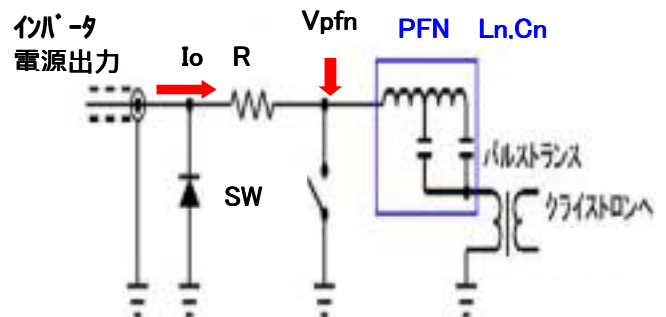
表 1. に示す以外に  
電源前面での操作/遠隔操作のいずれも可能  
並列運転による出力電力の増力が可能  
の機能面での特徴を有している。

図 3. に 50kV 30kJ/s インバータ電源試作機外観を示す。19 インチラック装着構造とし、前面は操作性、視認性向上を考慮した配置としている。

作を繰り返す。



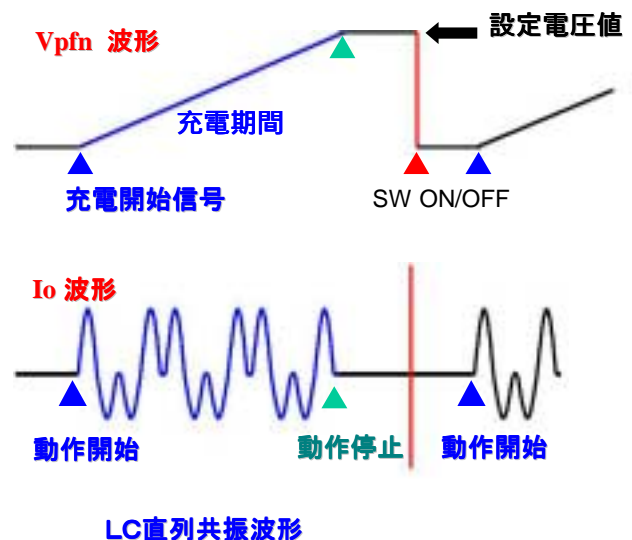
図 3. 50kV 30kJ/s インバータ電源試作機外観



変調器部基本回路

### 3. 基本動作

図 4. にインバータ電源が使用される一般的な変調器部の基本回路、基本動作を示す。インバータ電源の出力は、直列抵抗 R を経て PFN のコンデンサ Cn に接続され、直列共振インバータで定電流 (I<sub>o</sub>) 充電を行う。インバータ電源は電源外部から入力される充電開始信号を受けて充電動作を開始する。PFN のコンデンサ Cn の端子電圧すなわちインバータ電源の出力電圧 (V<sub>pfn</sub>) は、定電流充電のため直線的に上昇する。V<sub>pfn</sub> が設定電圧値まで到達すると制御回路がインバータ電源のドライブ信号を止め、充電を停止させる。その後、SW (サイラトロン等) を ON 動作させ、Cn に蓄積されたエネルギーをパルストランスを経てクライストロンへと伝送する。伝送が完了後 SW が OFF となり 1 サイクルの動作が完了する。次の充電開始信号が入力されると同様な動



LC直列共振波形

図4. 変調器部基本回路、基本動作説明図

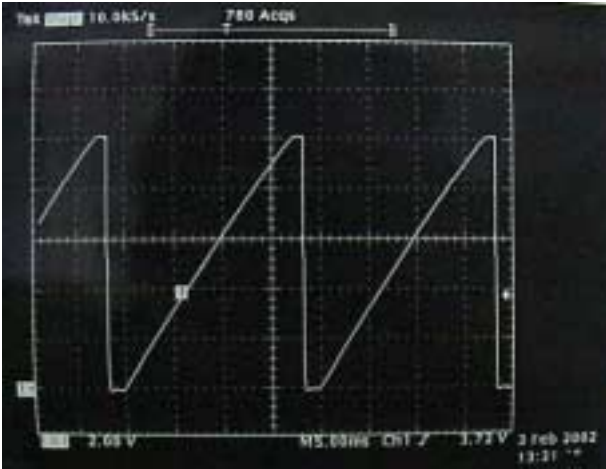
#### 4. 試験および評価

開発した 50kV 30kJ/s インバータ電源試作機の性能評価は、図4. に示した変調器部基本回路を試験回路として、実使用状態に近いパラメータに設定して実施した。ただし変調器部の負荷としてパルストランス部をクライストロンインピーダンスと等価な抵抗に置換している。SW はサイラトロンを使用し、約 7 の特性インピーダンスの PFN を用いた。試験時の動作条件は

- ・ 充電電圧設定値 : 50kV
- ・ 繰返し周波数 : 50pps
- ・ PFN コンデンサ容量 : 0.48 μF
- ・ 負荷抵抗 : 7

とした。

図5. にインバータ電源出力電圧(充電電圧)波形を示す。



縦軸(電圧) : 10kV/div. 横軸(時間) : 5ms/div.

図5. インバータ電源出力電圧(充電電圧)波形

出力電圧は、充電開始から定電流充電により直線的に増加し、約 17ms で設定電圧(50kV)に到達、充電が停止されていることがわかる。充電時の定電流値は、 $I_o = \text{コンデンサ容量} \times \text{充電電圧} / \text{充電時間}$  で計算でき、約 1.4A となっている。また、平均充電電力(Pave)は、

$$Pave = C \cdot V^2 \cdot f / 2$$

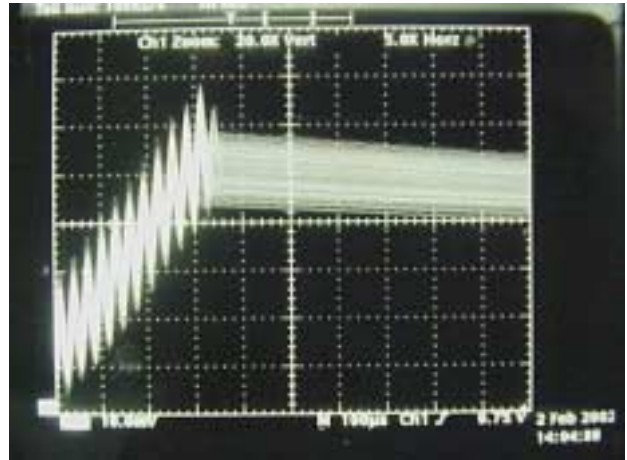
ここで C : PFN のコンデンサ容量

V : 充電完了時コンデンサ端子電圧

f : 繰返し周波数

で表わされるが、今回の試験条件・結果を適用し計算すると  $Pave = 30\text{kJ/s}$  となり開発仕様を満足することが確認できた。

また、繰返しパルス毎の出力電圧安定度を確認するために、充電完了後の出力電圧平坦部の電圧軸感度と時間軸を拡大し、数分間重ね書きをしたデータを図6. に示す。図6. から出力電圧平坦部の変動は約 100V と観測され、出力電圧比で 0.2%p-p と計算される。この出力安定度についても開発仕様を十分に満足するものであることが確認された。



縦軸(電圧) : 50V/div. 横軸(時間) : 100 μs/div

図6. 出力電圧平坦部拡大波形

#### 5. まとめ

今回、開発した 50kV 30kJ/s インバータ電源試作機を試験評価した結果、

・ 力率改善回路により 50pps の低繰返し周波数においても 85% 以上の高力率が実現できた。

・ 出力電圧制御方式の改善により、0.2% の出力電圧平坦部安定度が実現できた。

この試作機の結果を踏まえ、現在、製品化設計・製作中である。今後、更なる性能改善と合わせて出力電力別の製品シリーズ化検討を予定している。

#### 参考文献

[1] Electronic measurements Inc “ 303 Power Supply Manual ”

