

大電力スイッチング電源の開発

DEVELOPMENT OF HIGH-POWER SWITCHING POWER SUPPLY

遠藤治^{A)}, 熊澤伸彦^{A)}, 佐藤和行^{A)}, 篠原己拔^{A)}, 明本光生^{B)}, 設楽哲夫^{B)}, 中島啓光^{B)},
 福田茂樹^{B)}, 本間博幸^{B)}, 道園真一郎^{B)}

Osamu Endo^{#, A)}, Nobuhiko Kumazawa^{A)}, Kazuyuki Sato^{A)}, Kibatsu Shinohara^{A)}, Mitsuo Akemoto^{B)},
 Tetsuo Shidara^{B)}, Hiromitsu Nakajima^{B)}, Shigeki Fukuda^{B)}, Hiroyuki Honma^{B)}, Shinichiro Michizono^{B)}

^{A)} Nihon koshuha Co., Ltd.

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization

Abstract

We report the development of high power switching power supply to charge a PFN for klystron modulator which is used as RF source of the KEK electron/positron injector linac. This power supply has a maximum output voltage of 43 kV and the charging power of 30 kJ/s. It consists of two high frequency inverters, a high frequency transformer, and a diode bridge circuit, and series resonance circuits to charges the PFN. The output voltage stability is less than 0.2 %p-p for 5 % deviation of AC 420 V 3-phase input. Also interlock system for abnormal charging such as miss fire of thyatron. The continuous running test at a rated output power is performed at KEK.

1. はじめに

コンデンサ充電用のスイッチング電源について報告する。この電源は、高エネルギー加速器研究機構(KEK)の電子陽電子入射器で用いられるもので、その高周波源である大電力クライストロン用パルス電源^{[1][2]}のパルス成形回路(PFN)用コンデンサを高速充電するためのものである。

Figure 1 に外観写真を示す。全体のサイズは幅 480mm (19 インチラックマウント)、高さ 680mm (キャスター含む)、奥行き 760mm (端子等の出っ張り含まず)である。正面側には電源スイッチ、リモート/ローカル操作切り替えスイッチ、各種設定を行うためのタッチパネル、モニタ信号出力コネクタを有する。背面側には電源入力端子、高圧出力コネクタ、リモート制御用コネクタ、モニタ信号出力コネクタ、冷却用給排水口がある。

2. 仕様・構造

Table 1 に主な仕様を示す。

Table 1: Specification (for 0.62 μ F load)

Input voltage	AC 420 V \pm 5 % (3-phase)
Charging power	30 kJ/s
Output voltage	43 kV
Average output current	1.6 A
repetition rate	50pps
Output voltage stability	0.2 %p-p (at 43 kV)
Cooling water	5 L/min



Figure 1: Overview of the switching power supply.

3. 回路構成

Figure 2 に模式図を示す。本電源は、整流部、2並列の高速インバータ、高電圧発生部より成る。整流部は入力3相 AC420V 入力を DC に変換する。インバータ部は IGBT を用いた直列共振回路 2 並列となっている。高電圧発生部は、高周波トランスとダイオードブリッジ回路より成り、最大 43kV を出力する。

充電は 2 回路あるインバータ回路を両方使って充電を行い、設定電圧に近くなると片側の回路を止めて 1 回路のみで充電を行う。

充電時間の短縮とピーク電圧安定度 0.2%p-p の精度を両立した。

これにより、高精度の電圧制御が可能である。

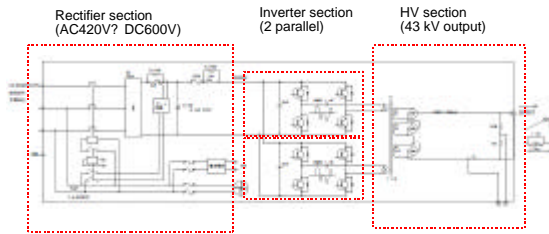


Figure 2: Schematic diagram of the switching Power supply.

4. 試験

波形データを Figure 3 と Figure 4 に示す。

Figure 3 は、繰り返し充電を行った時の充電電圧波形と、ピーク電圧付近の拡大図である。定格の 50 pps で繰り返し充電を行い、ピーク電圧の安定度は 1000 回繰り返し時で 50 Vp-p であった。

Figure 4 は、Figure 3 の 1 サイクルを拡大したものである。充電時間は約 17 ms で、充電開始より約 15 ms 後まではインバータ 2 回路による充電を行い、そこから設定電圧に至るまでをインバータ 1 回路のみにより充電している。1 回路充電時には、2 回路充電時に比べて電圧上昇の傾きが約 15 % と小さくなり、精度の高い電圧制御が可能である。

現在、KEK において定格出力による長時間運転の耐久試験を行っている。Figure 5 は、約 1 週間の連続運転を行った時の、電源が出力するピーク電圧モニタ信号の変動を記録したものである。変動幅は約 0.2%p-p であった。

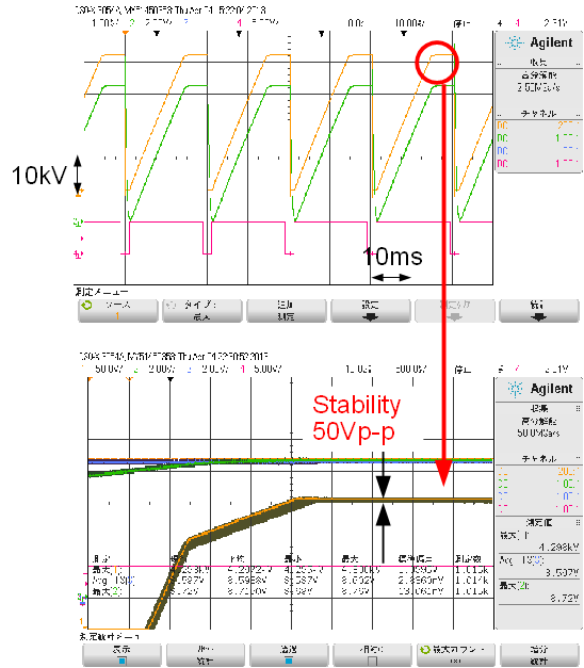
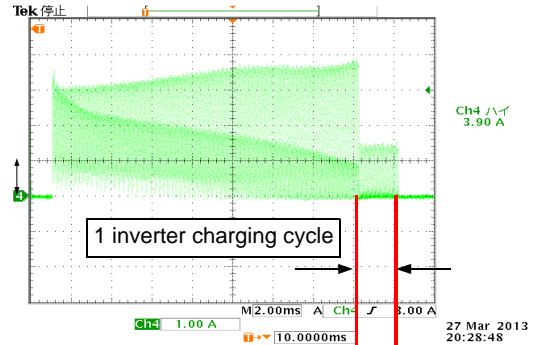


Figure 3: Charging voltage waveform at 43kV, 50pps.

Charging current



Charging voltage

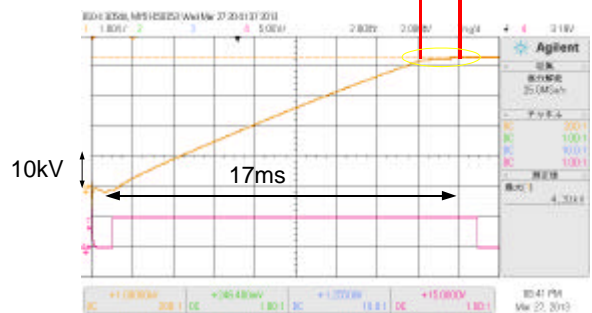


Figure 4: Charging current and voltage waveforms.

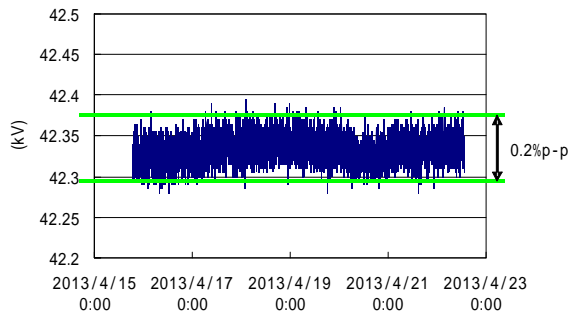


Figure 5: Voltage stability for about 1 week.

5. インターロック

本電源は、負荷や電源自身を保護するための各種インターロック機能を備えており、異常が生じた場合は瞬時に出力を停止しタッチパネルでインターロックの表示を確認できる。Table 2 にインターロック機能の一覧を示す。

Table 2: Interlock list

Power line	入力電圧異常
Over voltage	出力電圧異常
Abnormal charging	異常充電
Under current	充電電流低下
Fan	冷却ファン停止
Temperature	内部温度上昇
Door	メンテナンスパネル開放
Fuse	内部ヒューズ断
External interlock	外部インターロック

異常充電インターロックはサイラトロン誤爆などによって発生するが、クライストロン用パルス電源の運転稼働率を上げるため、一度の異常検知だけでは動作しないように設定することも可能である。

異常検知は、充電ゲート信号終了時に充電完了を示す End Of Charge (E.O.C.) 信号が出ないと異常としている。

正面のタッチパネルより回数を設定して、繰り返し毎に異常充電を監視し、それが設定回数以上に連続して起こった場合のみ出力が停止する。

Figure 6 は、サイラトロンのリザーバ電圧を上げ

て誤爆が起こりやすい状態にし、連続回数設定を 4 回として、インターロックが動作するのを確認した図である。誤爆が起こっているのは、充電電圧が上がりきらず E.O.C. 信号が出ない回で、異常充電 1 回と判定される。3 回までの連続異常では出力は停止せず、4 回連続で異常充電が起こった時に初めて停止している。連続回数は 1~5 回の範囲で設定可能である。

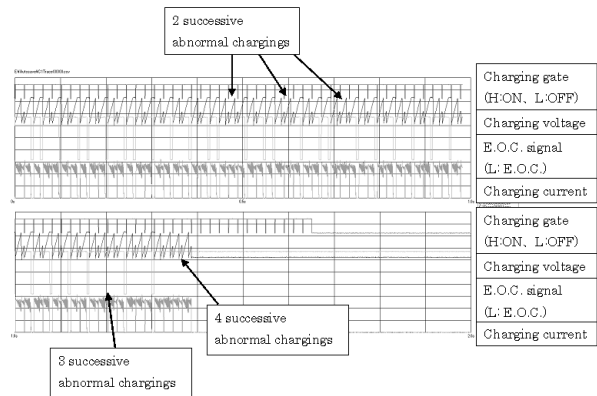


Figure 6: Interlock test for abnormal charging.

6. まとめ

KEK で用いられる、PFN コンデンサ充電用のスイッチング電源を開発した。出力電圧は最大 43 kV、繰り返し 50pps で、ピーク電圧の安定度は 0.2 %p-p である。サイラトロン誤爆による異常充電検知などのインターロック機能を備えている。現在 KEK にて長時間運転試験を行っている。

参考文献

- [1] 中島啓光 他. “小型パルス電源の特性と今後の課題”, Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, pp. 48-50, 2003.
- [2] 明本光生 他. “KEK 電子・陽電子入射器用クライストロン電源の現状”, Proceedings of the 33th Linear Accelerator Meeting in Japan, pp. 892-894, 2008.