

TEST OR DESIGN OF THE HIGH VOLTAGE PULSED SWITCH WITH GTO

T. Takenaka, S. Anami, K. Nanmo and E. Takasaki

National Laboratory for High Energy Physics

Abstract

The model pulse switch with 2-series GTO was constructed to study the characteristics of the GTO switch. In this report, the design of the pulse switch and the results measured with the model switch are described.

1. はじめに

KEK 陽子線形加速器のRCA 4616 rf増幅器の直流陽極電源は電子管4PR1000で安定化している。電子管4616の直流陽極最大電圧は25kVであるが、通常23kVを陽極に印可している。この直流陽極電源の出力電圧22kVでは、ビームローディング時のrf(150kW)を補償するのに、4616増幅器のチューニング、eg1、eg2電圧の調整等、非常に手間が懸かる。そして、eg1、eg2を定格に近づけ4616に印可する為、ig1、ig2の急激な増加をもたらす。これ以上直流陽極電圧を上げることは、4616の寿命にとって好ましくない。以上の様な事から陽極電源をパルス化することを計画した。4616規格表の最大パルス陽極電圧は、15 μ sの中で50kVであるが、今回必要なパルス巾400 μ sでは出力パルス電圧32kVは、充分耐えられるものと思う。32kV、400 μ s、20Hzのパルス電源を、試作、テストすることにした。

最近、大容量のGTO (Gate Turn-Off thyristor) が明電舎により開発されているので、今回の陽極電源のパルス化にGTO (G10D80YNH・明電舎製) を用いる事にした。このレポートでは、GTOを用いた陽極パルス電源について報告する。

尚、大型ハドロン、及びPSの大電力高デューティパルス変調器のパルススイッチには、サイラトロンが使用されているが保守点検等を考えると、パルススイッチにGTO、サイリスターの方が有利と思われるので、これについても半導体スイッチを検討中である。

2. RCA 4616 rf増幅器の陽極電源の現状

既設の陽極電源は、電子管4PR1000で安定化され、直流電圧22kV、負荷電流15A、繰り返し20Hzで稼働している。クローバー動作が不安定な為、クローバー回路を外しており、陽極放電に対する保護はメーターリレーで行なっている。この24kVの直流安定化電源では、ビームローディングに対するRF (コンベンション) を補償するのに十分な高周波出力を得ることが簡単でない。そしてこの電源は16年を経えており、各パーツの劣化による故障も心配される。高圧ケーブルのトリイ放電破壊、4PR1000 Eg 2用高圧トランスの放電破壊、4PR1000用フィラメントトランスの放電破壊等があった。この様な事もあり、今回、大容量の高圧半導体、8kV、1000AのGTOが入手可能となったので、陽極電源をこのGTOを使用し、パルス化することにした。

3. GTO・陽極パルス電源の構成と概要

このパルス電源の簡単な仕様と既設電源の仕様は、表1に示す。ここで計画中のパルス電源の仕様を簡単に述べると、4 kVの1次電圧をパルストランスで32 kVに昇圧(1:8)し、巾400 μ s、繰り返し20 Hzで、最大32 kV、32 Aのパルス出力を得る事を目標としている。現在の使用状態は、表1に示すように22 kV、15 Aなので、この目標で充分といえる。

この電源の主な構成は図1に示す通り、直流電源部、クローバー回路部、GTO(2S)スイッチ部、パルストランス(1:8)、球4616から成る。

ここで使用するGTOは、耐圧8 kV、電流1000 Aと大容量で、 di/dt は4 kV、300 A/ μ sである。

24 kV直流陽極電源を、パルス化し、32 kVに印可電圧を上げることにより、グリッド電圧にも余裕ができる。またGTOをスイッチ素子に用いることにより、4616の陽極が放電したときGTOをOFFすることにより4616の保護ができる。GTOの保護にはクローバー回路、4616の過電圧保護にはクリッパー回路等検討しなければならない。パルス化に伴いEg2電圧が陽極電圧より先に印可することを、避けねばならない。これは、GTOのゲートトリガーを操作することにより可能と思われる。

4. 試作の為のGTOモデルスイッチによるパルステスト

GTOが、陽極電源のパルススイッチとして適当か、またその動作特性を測定する為、10 kVのGTO・モデルスイッチ(図2)を製作した。簡単な回路構成を述べると、-60 kVDC電源(-10 kVに設定)、充電キャパシタンス(6 μ F 10 kV \cdot WV)、GTO \times 2(G10D80YNH)+スナバ回路、保護ダイオード、負荷抵抗(100 Ω)から構成されている。GTOパルステストは、充電キャパシタンスを-10 kVに充電し、GTOのゲートに320 μ s ON-OFFトリガーを1ショットで架け、抵抗に負荷電流を流す。高圧プローブとCTを用いて波形を観測し、320 μ sのパルス出力を得た。出力電流と電圧波形は、130 A、9.6 kVで写真1に示す。 di/dt と dv/dt は、40 A/ μ s、3.2 kV/ μ sで写真2に示す。パルスを正確に途中で切ることが、出来ないこの電源の目的は果たせない。パルスをOFFする時のゲート電流は写真3に示す。今回の計画でパルストランスの1次側には256 A流れるので、約300 AのOFFゲート電流が必要となる。このテストでパルス化する最初の見通しを得た。

謝辞

モデルテストの際には、明電舎の広瀬氏、桑原氏、谷氏に大変お世話になり、感謝をします。

参考文献

- 1) INS-TH-69 大電力パルストランス 田中治郎 馬場 斉

表-1 陽極電源の仕様

	GTO・パルス電源 (計画)	既設DC電源	使用状態
最大出力電圧	32 kV	24 kV	(22 kV)
最大出力電流	32 A*	24 A	(15 A)
パルス巾	400 μ s	400 μ s	
繰り返し	20 Hz	20 Hz	
パルストランス	1 : 8	—	
サグ	3%	0.1% 以下 (フィルター無し)	

*この値はRF実験室の4616高出力のテストのための値である

図1 GTO陽極電源パルススイッチ

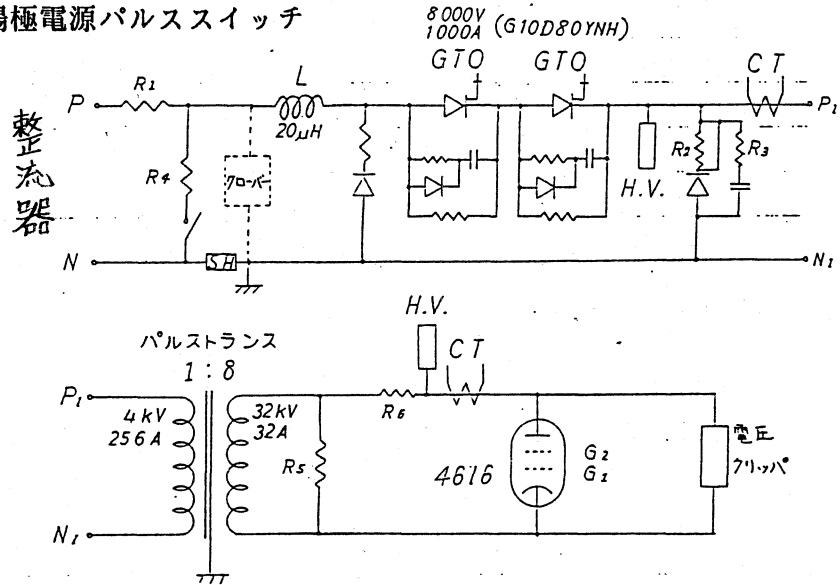


図2 GTOモデルパルススイッチ

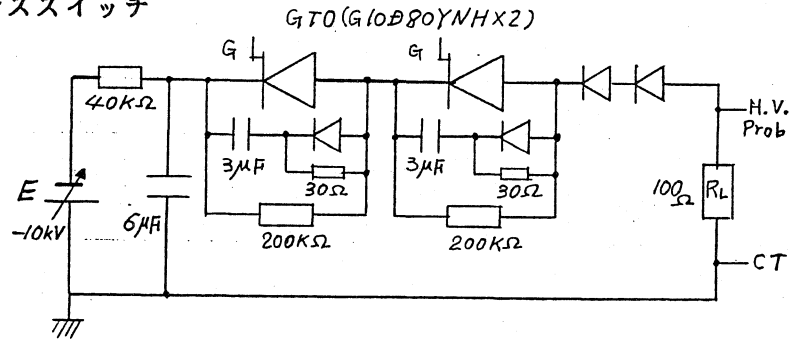


写真1 P_{AN} $\approx 750A/d$
 $100 \mu S/d$ N_{AN} $\approx 2kV/d$

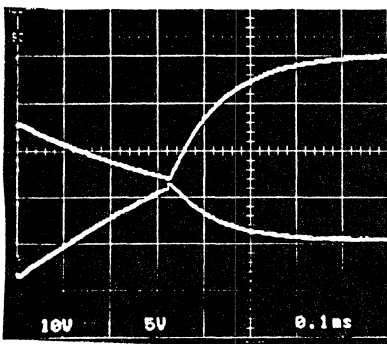


写真2 $-2kV/d$
 $1 \mu S/d$ $50A/d$

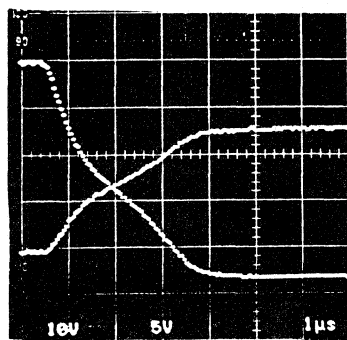


写真3 I_{AN} $\approx 15A/d$
 $1 \mu S/d$ I_G $20A/d$

