

TEST OF THE 4KV PULSED SWITCH WITH GTO

T. Takenaka, K. Nanmo, E. Takasaki

National Laboratory for High Energy Physics

Abstract

The 4kV pulse switch with 2-series GTO was constructed to study the characteristics of the GTO switch. In this report, the characteristics of the pulse switch and the results measured with the 4kV pulse switch are described.

4 k V - G T O パルススイッチのテスト

はじめに

GTOはターンオフによってパルス電流をオフ制御する事が可能な半導体素子である。この性質を用いGTOを4kVの陽極パルス電源に使用する。

今回のGTOパルススイッチのテストは、図-1に示す回路で行なわれた。特に、2直列GTOの電圧分担の適否、ターンオン及びターンオフの時間的バラツキ、GTOオン・オフ時の現象及びパルストランス負荷時に付いて調べた。その結果を報告する。

1. ターンオン中の動作

通常GTOは、ターンオン後スナバー回路の定数及びGTOの特性（電流拡散速度）により決まる時間内にターンオフ信号が印加されると、スパイク電圧がGTOに架かり、破壊される。これを防ぐため、ゲート回路は、 $3R_sC_s$ の時間内ではオフゲートが発生しないように工夫された。そのため、負荷が突然短絡した場合でも、GTOが破壊されないように、電流を限定する抵抗を取り付ける。

2. ターンオフ時におけるスパイク電圧

なぜこのスパイク電圧についてこだわるか。GTOがオフ状態になった時スナバー回路のコンデンサー側に電流が急峻に流れる。そのためスナバー回路の浮遊インダクタンス（配線）により、スパイク状の電圧が発生する。この電圧を低く抑えるために出来るだけ浮遊インダクタンスを小さくする必要がある。

このスパイク電圧（写真-1）はスナバー用コンデンサーの電圧に上乗せされるため、GTO素子間の電圧が破壊電圧を越えないようにしなければならない。

4kV GTOパルススイッチのスパイク電圧は、充電電圧4kV、パルス電流720Aの時、550V、400Vであった。スパイクの電圧の許容値700VはGTO素子によって異なっているが、今回、パルス電流1000Aに対して、スパイク電圧を700V以下にするように、浮遊インダクタンスを減らした。

3. ターンオフ後の過電圧

この過電圧は、スナバー回路のコンデンサー充電過程で生ずる。即ち、主回路のインダクタンスとスナバー回路のコンデンサーで起る共振である。

過電圧を低く抑えるには、スナバー回路のコンデンサーはGTO電源の仕様に

よる定数なので、主回路のインダクタンスを選ぶことにより過電圧を低く抑えるしかない。この過電圧もGTO素子の破損もしくは短寿命につながる。

過電圧を調べるため、Lを5種類用意し、テストした。テスト回路の条件は、負荷インピーダンス5.4Ω、直流電源500V、パルス電流92Aで行なった。

測定結果を、図-2に示す。これは、パルストランスを電源回路に組み込んだ場合、パルストランスのリーケージインダクタンス(80μH)が、過電圧をどの位出すか、又はどう対策するかを目的としている。

パルストランスのリーケージインダクタンスを80μHとして、図-2の楕円で示してる過電圧を換算すると、過電圧ΔVは、150Vになる。実際使用するパルス電圧は4kVなので、1200Vとかなり大きな過電圧となることが予想される。またインダクタンス166μHのとき、過電圧対策用のダイオードを逆向きに挿入する事により、過電圧は防ぐことが出来た。ダイオード挿入前の過電圧の写真-2とダイオード挿入後の過電圧対策の写真-3を示す。

この過電圧は素子の破壊にもつながるし、ノイズの原因にもなるので、対策として、ダイオードを入れるとか、抵抗を入れてピーク電流を抑える必要がある。

4. その他の特性

GTO素子を直列で使用する場合、ターンオン・ターンオフの時間バラツキは動作の遅れた素子の方に過渡電圧が架かり素子が破損しやすく、同様にGTO間の電圧分担も、分担率が悪いと素子の破損につながる。以上の様なことからオン・オフの時間バラツキ、電圧分担率を調べた。またパルス応答特性(di/dt)は110A/μsであり、充分使用出来るものであった。

4-1) GTOオン時間のバラツキは~0.2μs以内であり、GTOオフ時間のバラツキは~0.5μsであった。

4-2) GTO1・GTO2間の電圧分担は、直流時の分担率5%、パルス時の分担率3%であった。

5. パルストランス負荷テスト

図-1に示したテスト回路で、パルストランス負荷時の特性をそくていした。

写真-4にGTOの電流、GTO1の電圧、パルストランス1次電圧、ゲート電流、パルストランス出力を示す。今後、パルストランス負荷時の特性を更に調べる予定である。

スナバー回路のコンダンサーと
メイン回路のインダクタンスで起きる過電圧

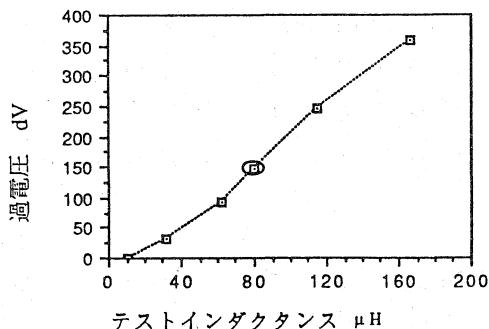


図-2 Lに対する過電圧

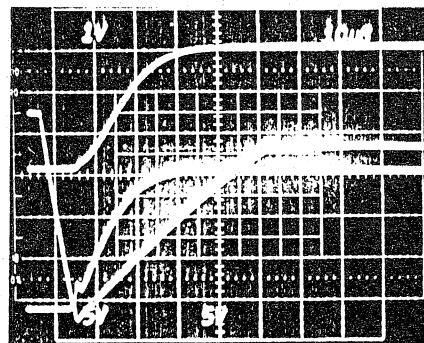
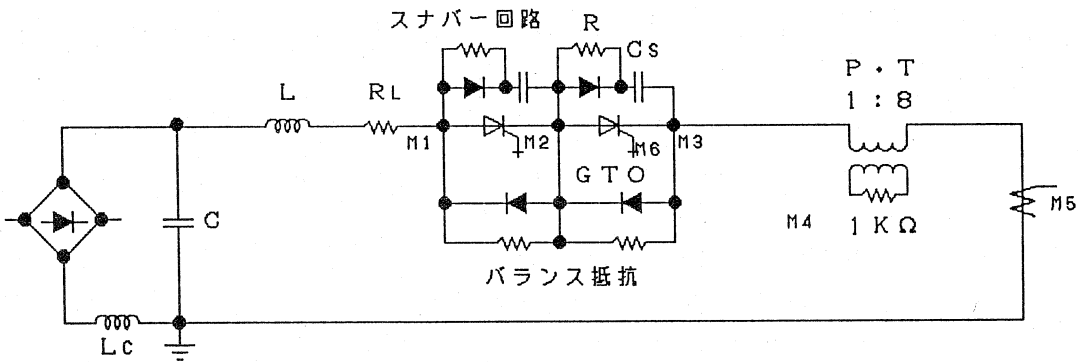


写真-1 スパイク電圧

出力電流
5V/div
ゲート電流
5V/div
GTO電圧
1V/div



M1: 1/1000V M2: 1/1000V M3: 1/1000V
M4: 1/2000V M5: 0.025V/A M6: 0.1V/A

GTO: G10D80YNH RL: 5.4Ω (P.T、負荷の時1.8Ωとする)
Cs: 3.6μF L: 11.1μH 過電圧テスト時にインダクタンス
Rs: 20Ω 挿入。またP.Tをはずし短絡した。

図-1 4kV GTOパルススイッチのテスト回路

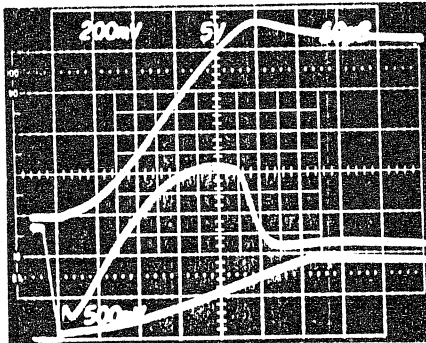


写真-2 L = 166 μH時の過電圧

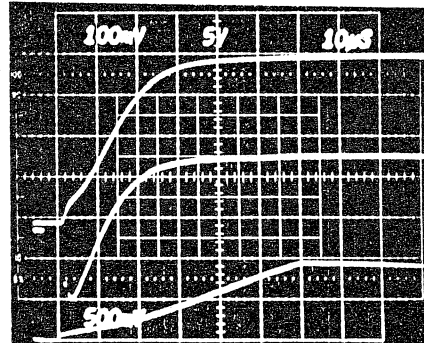


写真-3 ゲート挿入の電圧

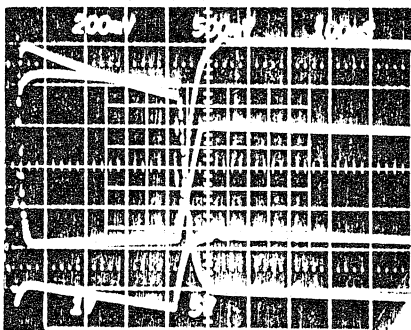
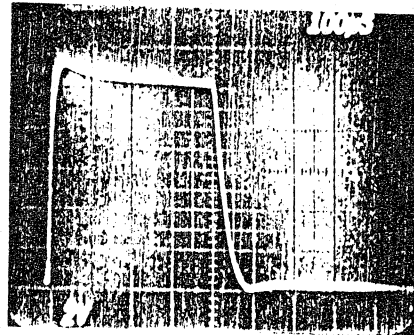


写真-4 パルストランス負荷テスト



パルストランス出力電圧

謝辞

明電舎の桑原氏、広瀬氏に大変お世話になり、感謝をします。

参考文献

最新パワーデバイス活用読本 オーム社