2 段ヒューズによる小型パルスパワー発生装置の改善

正員 下村 直行 (徳島大)

正員 長田 正義 (徳島大)

正員 秋山 秀典 (熊本大)

Improvement of Compact Pulsed Power Generator by Two-staged Fuse
Naoyuki Shimomura, Member, Masayoshi Nagata, Member (The University of Tokushima),
Hidenori Akiyama, Member (Kumamoto University)

キーワード：パルスパワー，ヒューズ，誘導性エネルギー蓄積，オープニングスイッチ，多段圧縮

1. はじめに

ヒューズをオープニングスイッチとして用いることにより，比較的高性能の誘導性エネルギー蓄積方式パルスパワー発生装置⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾を容易に製作できる。ヒューズを2段階に用いることにより改善された出力を，電子ビームダイオードに印加した報告がある⁽³⁾。しかしながら2段階動作の複雑さのため出力特性は知られていない。本論文では，その出力特性を明らかにするとともに，2本のヒューズを設定する際の基本的な指標について述べる。

2. ヒューズによる2段階パルス圧縮の可能性

十分な性能を有するオープニングスイッチが存在しないため，特性の異なる2つのオープニングスイッチを用意し，互いの短所を補うように接続する。これが2段階パルス圧縮の本質である。通常2つのスイッチには異なるスイッチが用いられる⁽¹⁾が，スイッチ動作そのものの複雑さに加え，2つのスイッチの連携の煩雑さといった問題が存在する。オープニングスイッチとしてのヒューズの利点は，その簡便さにある。これを2つのオープニングスイッチの両方に使用できれば，現行の装置にもう1つのヒューズを加えるだけで，容易に性能を改善できる。

両スイッチにヒューズを用いるには，2本のヒューズの特性を適当に変える必要がある。幸いに，ヒューズはその形状により簡単に特性を変えることが可能だが，問題は出力の改善される組み合わせを現実に設定できるか，またできれば最適な組み合わせをどのように選定するかである。2本のヒューズには，それぞれ大電流を導通できるものと，高電圧の発生に適したものが必要である。これらの条件を満足するヒューズは，一般に前者は大きな断面積で短く，後者は小さな断面積で長いものである。

3. 実験結果と検討

実験に用いたパルスパワー発生装置の回路図を図1に示す。10 μ Fのコンデンサ，84 μ Hの蓄積インダクタおよび二つヒューズからなり，コンデンサの充電電圧は10kV一定とした。ヒューズは銅製ワイヤであり，形状は直径0.05，0.1，0.15mm，長さ5~30cmの範囲で実験を行った。ワイヤの周囲媒質は水とした。1段目と2段目のヒューズの間に接続されたスパークギャップのギャップ間隔は7mm一定とした。

図2にヒューズの設定と出力電圧 V_{2P} の関係を示す。1段目のヒューズ長 l_1 は20cmに固定し，2段目のヒューズ長 l_2 を変化させた。直径0.05，0.1mmの通常の1段ヒューズの結果も合わせ示した。1段ヒューズの最高出力はおおよそ130kVであり，適切なヒューズを2段階に接続することで，2割以上の出力増加が得られている。

図3にヒューズ直径を固定したときのヒューズ長と V_{2P} の関係を示す。図(a)，(b)は，1段目のヒューズ直径 d_1 を0.15mmとし，2段目の直径 d_2 を0.1および0.05mmにしたときそれぞれ得られた。濃淡によって出力電圧を示しているが，その対応は図(a)，(b)で異なっている。実験を行った設定は， l_1 (10,20,30cm)と l_2 (5,10,15,20,25,30cm)のヒューズ長

図1 パルスパワー発生装置の回路

図2 2 段目のヒューズ長と出力電圧の関係

の組み合わせで、 l_1 軸と l_2 軸にそれぞれ付された数字(0を除く)の箇所に存在する。図中の枠で囲まれた2つの領域は、高い発生電圧により1段目もしくは2段目のヒューズが絶縁破壊し、再放電したヒューズ設定である。ヒューズが短ければ絶縁破壊する。1段目のヒューズは、電流の休止期間の存在によって絶縁耐力は通常より大きくなったが、 l_1 が短ければ絶縁破壊は避けられない。1段目のヒューズは太くて短いものが望まれる。太いものを選ぶのは、電流が流れ始めてからヒューズが溶断するまでの時間を、装置により定まるLC共振の4分の1周期に近づけるため、2段目のヒューズに大きな電流を流すのに貢献する。また短ければその抵抗を小さくできる。反面、太くて短いヒューズは絶縁耐力に劣る。さらに2段目の動作時は、2本のヒューズは並列に接続されていることになる。2段目に電流が流れ始めてしばらくは、1段目のヒューズの溶断は停止している。2段目の溶断が進みその抵抗が大きくなると、小さな抵抗の1段目の太く短いヒューズに、2段目に流すべき電流の多くが分流してしまう。2段目のヒューズに要求される性質は高電圧を発生させることであり、絶縁耐力が高く抵抗変化の大きな細くて長いものが適するが、これも過ぎれば1段目のヒューズへ多くの分流を引き起こす。気化時に流れる電流の減少は、気化に伴う抵抗変化を緩やかにし、即、発生電圧の減少につながる。

2段圧縮の本質からすれば、1段目と2段目のヒューズの性質を大きく変える方が望ましいが、実際には両者の相互作用により、2本のヒューズの設定差をあまり大きくすることは許されなかった。そのような設定条件下で出力の改善が可能かどうかだが、今回得られた最大出力電圧は、図2に示されている約160kVであり、1段目に比べ2段目のヒューズが少し長い程度である。直径に関しても0.15と0.05mmといった極端な組合せは許されなかった。

4. まとめ

2つのヒューズによる2段階のパルス圧縮により、誘導

(a) $d_1=0.15\text{mm}$, $d_2=0.1\text{mm}$ (b) $d_1=0.15\text{mm}$, $d_2=0.05\text{mm}$

図3 ヒューズ長の組み合わせと出力電圧の関係

性エネルギー蓄積方式パルスパワー発生装置の出力の改善を試みた。これにより1段のヒューズ単独の場合に比べ、20%を超える出力電圧の改善が得られたが、同時に2本のヒューズの設定には制限が存在し、大きく出力改善をできないことも明らかになった。

(平成7年4月20日受付)

文 献

- (1) N.Shimomura, H.Akiyama and S.Maeda, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **PS-19**, 6, 1991
- (2) I.M.Vitkovitsky: "HIGH POWER SWITCHING", Van Nostrand Reinhold Company, 1987.
- (3) P.Fell, et al., *3rd IEEE Pulsed Power Conf.*, 504, 1981
- (4) 下村, 秋山, 前田, 電学論A, **109**, 323, 1989

下村 直行 (正員) (電学論A, **115**, 4 参照)
 長田 正義 (正員) (電学論A, **115**, 4 参照)
 秋山 秀典 (正員) (電学論A, **115**, 4 参照)