

PERFORMANSE TEST OF THE PULSE TRANSFORMER FOR 100MW S-BAND KLYSTRON

M. Yoshida

National Laboratory for High Energy Physics
1-1 Oho, Tsukuba-si, Ibaraki-ken, 305 Japan

Abstract

We fabricated a pulse transformer for the ultra high power klystron of Japan Linear Collider, and tested it. Design parameters of the pulse transformer such as a peak voltage, a peak current, the maximum pulse width and the maximum repetition rate are 450kV, 600A, 5.0 μ sec and 200 pps, respectively. Since the step up ratio is 1: 16, the input voltage and current are 28.1kV and 9600A.

The results of the test operation up to 400kV are described in this report. Pulse transformer works well without a problem of noise of in the current monitor.

100MW Sバンドクライストロン用パルストランス試験

1. はじめに

現在、高エネルギー物理学研究所ではリニアコライダー計画 (JLC) の研究開発が進められている。この計画では電子、陽電子の前段加速用に数多くのSバンド (2856MHz) クライストロンが使用される。このクライストロンとして東芝の100MW出力の球 (E3712) が既存するが¹⁾、その為のパルストランスは現在のところSLACの5045用のものを流用している。5045は出力86MWなので、パルストランスをE3712用を使用する場合は定格電圧、電流を大幅に上回って使用することになり長期安定性が保証されない。よって定格電圧、電流が大きく、信頼性のあるE3712専用のパルストランスを製作することにした。

今回は製作したパルストランスの試験結果について述べるが、現在までのところ90%の電圧までの試験を行なった。

2. 設計

5045のパルストランスは2次側の電圧、電流が350kV、414Aとなっている²⁾。一方、E3712は100MW出力の時、電圧電流は450kV、604Aとなる。よって100MWを5045用パルストランスを使って出すのは非常に無理がある。しかし、5045用のパルストランスは、立ち上がり、立ち下がり特性などが良く、その他の点においても良く設計されている。今回のパルストランスは、5045用のものを参考にして製作した。しかし5045のものと同じ方針では無理がある以下の部分について変更した。

2-1. 昇圧比

E3712に450kVもの高電圧を印加しなければならない。しかしモジュレーター側からするとパルストランスの1次側の電圧は30kV以下に押さえる方が信頼性の面から有利である。よって昇圧比を1:16として1次側電圧を28.1kVとした。これはつぎのべる高圧導入部の耐圧の面からも有利である。

2-2. 1次側高圧導入部

モジュレーターからパルストランス1次側への高圧導入は電圧、電流が28.1kV、9664Aにも達するので、国内では、それに対応する2重シールドの高圧ケーブルはない。これを銅パイプなどによるリジットタイプにすることも考えられるが、クライストロンの交換作業が煩雑になりあまり得策でない。一方、5045の高圧導入はケーブルとコネクタで行なわれるが、そのケーブルの定格は35kV、コネクタの定格は32kV、5000Aとなっている。よってE3712用としては、5045用のコネクタを2コ並列に使用して電流容量を稼ぐことにした。図1に高圧導入部を示す。

2-3. その他

パルストランスを入れる容器をなるべくコンパクトにするために、トランスのコイルの巻き方として、2次コイルを1次コイルに重ねて巻くAuto巻きを採用した³⁾。(5045はIso巻き)また2次側電圧モニターも450kV耐圧でコンパクトなものを特注した。図2にパルストランス全体図を示す。

また比較のために、表1にE3712と5045用パルストランスの設計データを示す。

表1 パルストランス設計値

設計パラメータ	E3712 (東芝)	5045 (SLAC)
1次最大電圧	29kV	24kV
1次最大電流	10000A	6300A
入力インピーダンス	2.9Ω	3.8Ω
2次最大電圧	450kV	350kV
2次最大電流	604A	414A
出力インピーダンス	745Ω	845Ω
巻き線比	1:16	1:15
パルス幅 (flat top)	5μsec	5μsec
リップル (flat top)	±0.5%以下	±0.5%以下
ドループ	2%以下	2.5%以下
オーバーシュート	なし	0.5%以下
バックシング	5%以下	?
立上がり時間 (10-90)	0.8μsec以下	0.85μsec以下
立下がり時間 (90-10)	1μsec以下	?
繰り返し周波数	200pps	180pps
コアバイアス	使用	使用
パービアン	2.0	2.0
効率	98%	96%

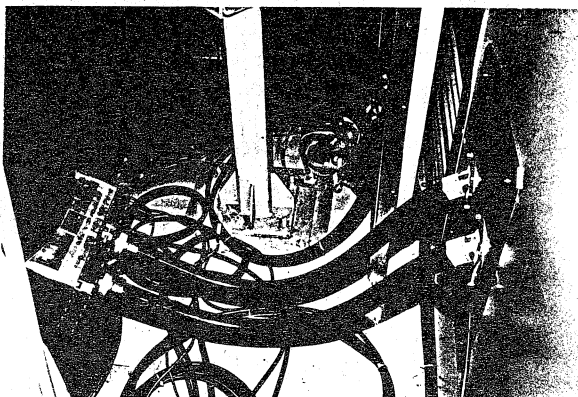


図1 高圧導入部

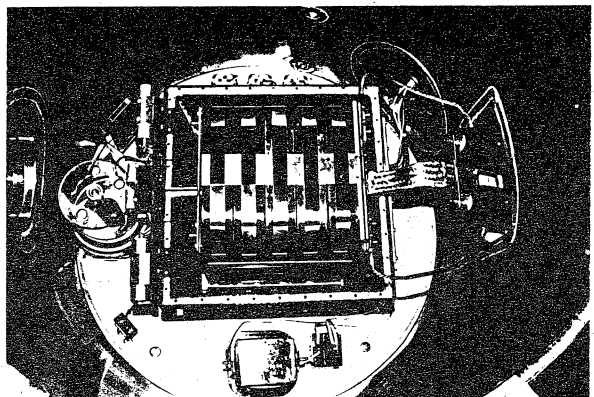
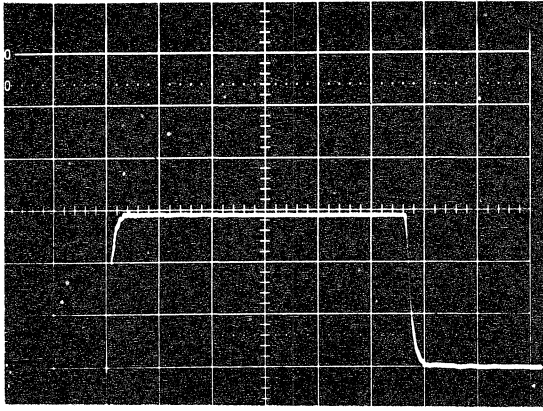


図2 パルストランス全体図

3. 試験

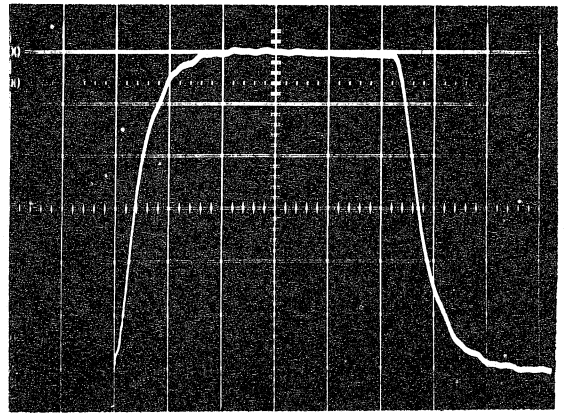
3-1. 低電圧試験 (空气中)

パルストランスの電気的特性を調べるために、パルサーを用いて低電圧試験を行なった。パルサーの出力に整合用の抵抗(2.9Ω)を取付け、パルストランスの2次側にも整合用の抵抗(745Ω)を取付けて入力波形を比べる。これによって立ち上がり、立ち下がり特性、オーバーシュートなどの様子がわかる。(入力電圧はパルストランスに接続した状態で約7.5mVに設定した。)パルサーの出力波形とパルストランス出力波形をそれぞれ図3と図4に示す。



5 mV/div 1 μsec/div

図3 パルサー出力波形



20 mV/div 1 μsec/div

図4 パルストランス出力波形

3-2. 実負荷試験

実際にクライストロンを組み込み、モジュレーターに接続して耐電圧、コアの飽和、電圧、電流モニター性能を調べた。図5に現時点での最大電圧、電流の波形を示す。

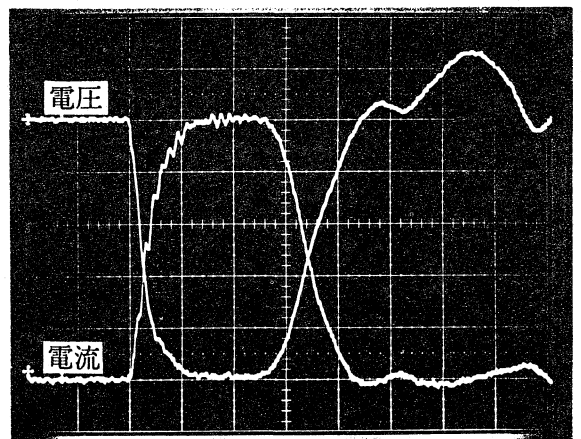
4. 結果

図3、図4よりパルストランスの立ち上がり、立ち下がり設計値とほぼ同じ0.8及び1.0 μsecである。またドループ、オーバーシュートもまったく問題ない。

実負荷による試験では、設計値までの評価は出来なかったが420 kVまでの電圧では高圧導入部、パルストランスの耐圧は問題なかった。図5で電圧のバックスイングが大きいのはモジュレーターとの整合がとれていないせいである。

5. 問題点

図5を見ればわかるように電流モニター (CT) の波形にノイズが乗っている。この波形はロウパスフィルターを通した後のもので、元の波形は非常に見づらい。この原因としては、使用したモジュレーターのサイクロトンのノイズが大きいことと、CTのモニターケーブルのシールドが不足していることが考えられる。後者については早急に対策をする予定である。



電圧401 kV 電流518 A

2 μsec/div 10 pps

図5 実負荷電圧、電流波形

参考文献

- 1) Y.Ohkubo, et al, "100MW S-band Klystron", Proc.of 15th Linac meeting
- 2) Technical Specification, Pulse Transformer and Inductor, PS 238-220-00 R0, SLAC
- 3) 田中治郎、馬場 斉、「大電力パルストランス」、東京大学原子核研究所