

ISOLATION TRANSFORMER FOR NANOSECOND PULSES USING PARALLEL
BAR TRANSMISSION-LINE

Akira Homma, Hatsuo Yamazaki and Shin'ichi Yamaki*

Department of Nuclear Engineering, Hokkaido University
Sapporo 060, Japan

Abstract

A new type isolation transformer was constructed for a trigger system in an electron linear accelerator. Its structure and the transmission-line analysis for the design of this transformer are described. The typical features of this transformer are small rise time degradation (about 5%), small insertion loss (less than -2dB) and high isolation voltage (over d.c.100kV).

—はじめに—

ナノ秒パルス電子銃のトリガー信号伝送のための素子としては、パルス伝送特性の良いこと、すなわち立上がりの劣化が小さいこと、波高減衰の少ないこと、タイムジッターのないこと、かつ絶縁耐力の大きくとれること(100 kV以上)が要求される。今回、このような要求を実現するために、平行平板形伝送線路による高速パルス技術を応用して表題のトランスを試作したので、その動作原理、並びに結果を報告する。

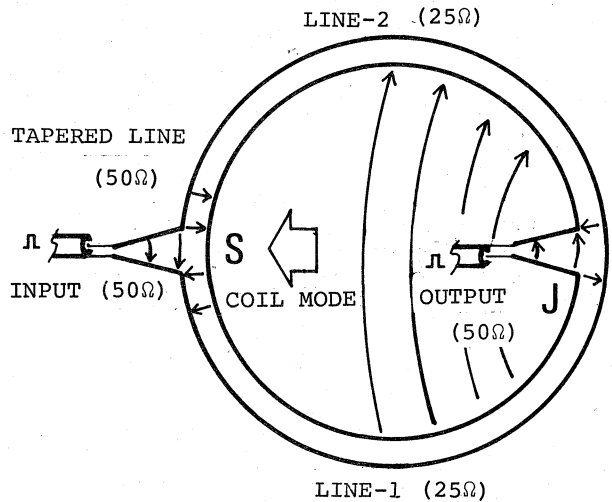


Fig.1. Schematic of the isolation transformer using parallel bar transmission-line.

—試作トランスの構造—

試作したトランスの基本構造を Fig. 1. に示す。1次巻線に相当する外側導体と2次巻線に相当する内側導体(直径300mm)は各々平板(幅75mm)でできており、ポリエチレンをはさんで平行に配置されている。(間隙7.5mm) これにより、1次巻線と2次巻線は平行平板型伝送線路を構成し、信号はこの空間を伝播する(図の矢印は正の電場を示す)。入-出力は、ケーブルの寸法に近づけるため、かつ50Ωの特性インピーダンスを維

*Present Address: Muroran Plant, Japan Steel Works, Ltd., Muroran 051, Japan.

持するようテーパ線路となつてゐる。また、高耐圧を得るために、種々の放電対策を施し、さらに絶縁オイルを満たしたケースに収納されてゐる。

—動作原理 (the transmission-line analysis) —

このような構造をもつトランスの動作原理は4ポートジャンクションに対するS-matrixを用いた解析¹⁾、あるいは3ポートに縮約された分岐線路の asymptotic な解析²⁾ があるが、ここでは前者を用い、このトランスのステップ応答を求めてみる。

Fig. 1. で入力インピーダンス Z_0 (50Ω) の波源から進行してまた波頭はS点で $Z_0/2$ のインピーダンスに分割される。この波はJ点で再び合流し出力信号 (Z_0 ; 50Ω) となる。しかし2次巻線内部導体それ自身が短絡された線路 (coil mode line; C.M.L.) を構成してゐて、出力信号はさらにこの線路を伝播し (coil mode signal)、S, J間を往復し入出力に短絡の影響を生じせしめる。解析を容易にするために C. M. L. のインピーダンスを一定なものとし、これを αZ_0 とすると、出力部分は Fig. 2. の4ポートジャンクションに置き換えられる。ここでポート1, 2は入力からの伝送線路、3は出力、4は C. M. L.、

矢印は正の電場を示す。i番目のポートに入射する波を e_i^+ 、反射する波を e_i^- とする。縦ベクトル e^+ (成分 $e_1^+, e_2^+, e_3^+, e_4^+$) と e^- (成分 $e_1^-, e_2^-, e_3^-, e_4^-$) を導入すると、これらの間には、

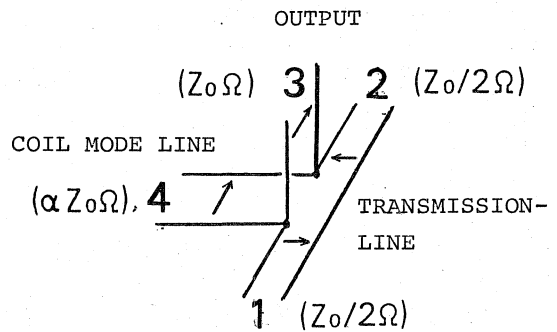


Fig. 2. Four-port junction of this transformer.

$$e^- = Se^+ \quad (1)$$

が成立する。ここで S は散乱行列であり、次のように求められる。

$$S = \frac{1}{2\alpha + 1} \begin{pmatrix} \alpha & -(\alpha + 1) & \alpha & 1 \\ -(\alpha + 1) & \alpha & \alpha & 1 \\ 2\alpha & 2\alpha & -1 & 2 \\ 2\alpha & 2\alpha & 2\alpha & -(2\alpha - 1) \end{pmatrix}. \quad (2)$$

coil mode の影響を見るために $t=0$ でポート1, 2に Step 電圧 $V/2$ を加えてみる。C. M. L. は短絡端反射であるから、これを往復するのに要する時間を T とし、 $t < 0$

で $e_4^-(t) = 0$ に注意すれば、入射波に対して

$$e^+(nT) = \begin{pmatrix} V_0/2 \\ V_0/2 \\ 0 \\ -e_4^-[(n-1)T] \end{pmatrix}, \quad \begin{array}{l} n \text{ is zero or a} \\ \text{positive integer.} \end{array} \quad (3)$$

が得られる。これを(1)に代入すると、出力信号は nT ごとに階段状に減衰することが導かれる。そこで連続関数に近似した出力 $\tilde{e}_3^-(t)$ を求めてみると

$$\tilde{e}_3^-(t) = KV_0 e^{-t/\tau}, \quad (4)$$

ここで

$$K = 2\alpha / (2\alpha + 1),$$

$$\tau = T(\alpha + \frac{1}{2}).$$

のように Step 応答が求められる。K は波高の減衰率を表し、 τ は等価的な時定数を表すものである。よってこのようなトランスの設計にあたっては、 α を大きくすること、つまり C.M.L. のインピーダンスを大きくすること、また T を大きくすることが望まれる。

—結果—

試作トランスの伝送特性を Fig. 3. に示す。波高減衰率は -2 dB 以下、立ちあがりの劣化は 5% と測定された。耐圧は D.C. 100kV を十分に維持している。また、能動素子に生ずるジッタが、本器にはないこと等、本器はナノ秒領域のトリガ—伝送素子として優れた性能を有しているといえる。



Fig.3. Input pulse(lower trace) and output pulse(upper trace) of this isolation transformer (H:5ns/div, V:20/div).

—References—

- 1) Hatsu Yamazaki, Akira Homma and Shin'ichi Yamaki, Rev. Sci. Instrum. 55(5), (1984) 796.
- 2) Akira Homma, Report of Meeting on Intense-beam Short-pulse Electron Gun and its Related Technology, The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, March(1984).