

[P 30– 8]

## Calibration of the Klystron Applied Voltage in the Large-scale Linac

K.Nakao, S.Michizono, Y.Saito, S.Fukuda and S.Anami

National Laboratory for High Energy Physics (KEK)

Oho1-1, Tsukuba city, Ibaraki, 305 Japan.

### Abstract

A capacitive divider (CD) is very common equipment to measure a high voltage applied to the klystron. Although an actual precise-measurement is difficult due to the coupling between CD and the stray capacitance in the pulse transformer circuit, the calibration for CD is strongly required in the large-scale linac system in order to understand the performance of many klystrons in the gallery. Recently a resistive load for calibrating a CD at the high voltage of higher than 200 kV was developed and found to be very useful. This report describes the calibration system of the klystron applied voltage.

### 大規模リニアックにおけるクライストロン印加電圧の測定

#### 1. はじめに

高エネルギー物理学研究所の放射光実験施設ではKEK-Bの建設によりライナックのエネルギーは2.5GeVから8.0GeVに増強され[1]、使用するクライストロンも約40台から約60台の増設となる。大電力クライストロンの性能を向上させ、かつ安定した稼働を行うには、クライストロンの印加電圧を正確に測定する必要がある。これまでは一般に用いられている容量分割器(CD)でこの測定を行ってきた。しかしながら、CDはその分割比が個々に異なり、クライストロンパルススタック内に設置するために周囲との電気的な位置関係により大きく影響をうけ、製造元のカタログ値とは異なる。パルススタック内に設置した状態でCDの分割比を校正するために、パルス電源の出力と整合するような抵抗負荷に基準CDを組み込んだ装置を製作した。

この装置は抵抗負荷であるため広範囲な電圧にわたりPFNとのマッチングがよく、正確なCD波形が測定できる。今回はこの装置を用いて行った測定の結果について報告する。

#### 2. 容量分割器による印加電圧測定の現状

現在 KEK では増設に伴いクライストロンの印加電圧が300kV以上になるので、これまで用いていたピアソン社製のCD (VD-305A、最大耐圧300kV) をスタンガニス社製のCD (CVD-350、最大耐圧350kV)に変更した。図1にパルススタック内に配置されたCDの概念図を示す。分割比は $C_1/(C_1+C_2)$ で与えられる[2]が、実際のクライストロンの運転に際しては浮遊容量 $C_s$ や $C_s'$ のために計算上の分割比と実際の分割比は一致しない。ま

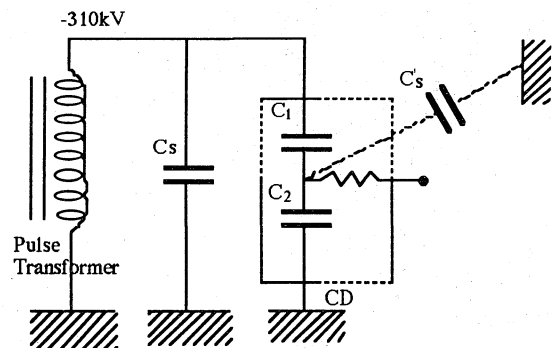


図1. パルススタック内のCDの概念図

たスタンガニス社製の CD はガード電極が不完全でCsの影響を受けやすく、実体配置で分割比が変化すると言われている[3]。より正確な電圧測定にはCDの校正を実体配置で行うということが重要であり、これらの事を考慮してCD校正器を製作した。CDは、C1の片側の電極がガード電極ではさまれており、Csの影響を受けにくい構造となっているピアソン社のものを用いた。

### 3. CD校正器

図2にCD校正器の概略図を示す。これはステンレス製のタンクの中にエレマ抵抗を3本並列にしたものを2組直列につなぎ、その下部に大電力クライストロンの電子銃部分を取り付けたものである。これによりタンク内のソケットにそのままクライストロンと磁石の組み合わせたものかわりに本校正器を置きすぐに高電圧で校正が出来る。全体の抵抗値は310kVにおけるクライストロンの動作インピーダンスと同じ855Ωを選んだ。校正器の抵抗の定格から10ppsで270kVまで印加可

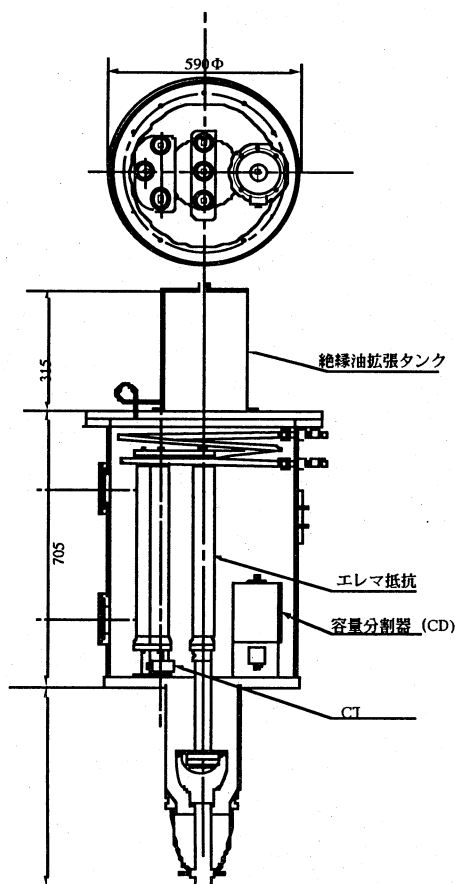


図2 CD校正器概略図

能となっている。我々はこの装置を実際にクライストロンに電圧を印加するパルストランス上に設置し抵抗にかかる電圧を校正器内のCDで、抵抗を流れる電流を校正器内のCT (current transformer)で測定した。またパルストランスのCD、CTにより同様の測定を行い、両者を比較する事で校正を試みた。

### 4. 測定結果

測定した波形を図3に示す。上がCD校正器内の波形で下が実際にクライストロンを使って高圧試験を行ったときのパルストランス内の波形である。それぞれ上がCD、下がCT波形である。クライストロンを使用した場合、主パルスの後にインピーダンスが整合していないことによる反射が見られるのに対し、CD校正器の場合は抵抗負荷であるために、インピーダンスマッチングがとれているため良好な波形が得られた。図4に校正器内のCDによる測定電圧 (Vcal) とパルストランス内のCDによる測定電圧 (Vpt) の関係を示す。校正器内、パルストランスのCD共に、装置に組み込み後の分割比の絶対値は前述のようにカタログ値とは異なると考えられるが、比例関係はあることがわかる。また、インピーダンス整合状態で精密な

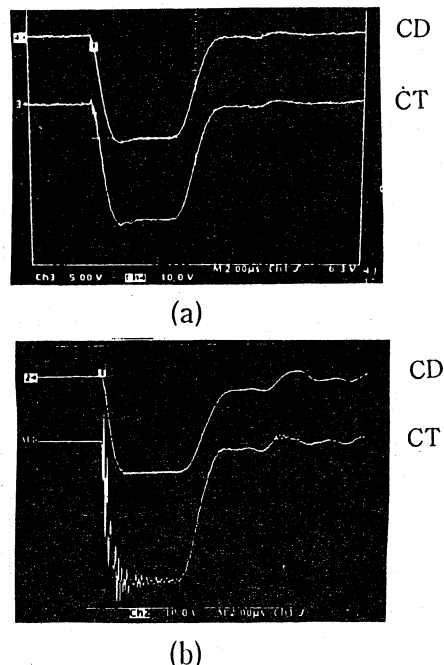


図3. パルス電流波形 (CT) 及びパルス電圧波形 (CD). (a); CD校正器、(b); 負荷がクライストロンの場合。

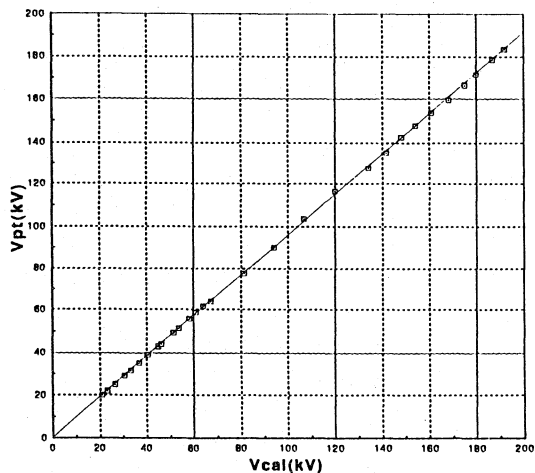


図4. 校正器のCD電圧とタンク内のCD電圧の関係

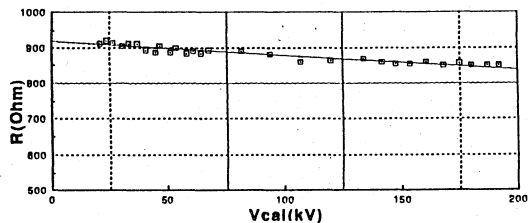


図5. 校正器内に取り付けたエレマ抵抗の抵抗値の電圧との関係

測定を行うには抵抗の温度係数や電圧係数も考慮にいれなければならない。図5に校正器の抵抗を示す。これから導き出された電圧係数は30kVの時6%で製造元での公称値とほぼ一致する。

最終的には校正器のCD分割比を決定する必要がある。今回は、測定に使用したクライストロンの製造元である東芝のデータをもとにして、パルストランス内のCDの値を決め、その値を利用して図4の関係からCD校正器内のCDの分割比を求めた。その結果算出されたCDの分割比はパルス

トランス内のCDが7400(カタログ値7500)となり、校正器のCDが4700(カタログ値5000)となった。このようにして一つの基準で校正器のCDの分割比が決まれば今後のパルストランス内のCDの分割比を一義的に定めることができ、電圧校正が容易に出来るようになる。

## 5. 結論

上記の測定試験の結果をまとめると以下のようになる。

- インピーダンスマッチングがとれているために反射波形が現われず、そのためにより正確な測定が出来るようになった。
- 実体配置ができるために実際のクライストロンの高圧試験と同じ条件での測定が可能となった。
- 抵抗の電圧及び温度係数はほぼ製造元での値に等しくCD校正器の抵抗値は当初の目標を満足するものとなった。

これらの点からこのCD校正器は充分使用可能であることが判明し、校正器内のCDの分割比を決めた後は、このタンク内のCDの分割はかなり正確な値に校正出来るものと思われる。

## References

- [1] I. Sato and injector group, "The Status of PF Injector Upgrade for KEKB", Proc. of the 20th Linear Acc. Meeting in Japan, Osaka, Japan (1995)
- [2] W. R. Fowkes and R. M. Rowe, "Refinements in Precision Kilovolt Pulse Measurements", IEEE Trans. on Instr. and Measurement, Vol. IM-15 (1966)
- [3] S. Gold in SLAC, private communication.