

音響センサによる加速管の放電検出

ACOUSTIC DETECTION OF BREAKDOWN IN ACCELERATING TUBE

荒木田是夫[#], 榎本嘉範, 肥後寿泰, 松本 修二

Yoshio Arakida[#], Yoshinori Enomoto, Toshiyasu Higo, Shuji Matsumoto

Accelerator lab. KEK

Abstract

From the construction of KEK-B, e^+/e^- linac is operating more than two hundred accelerating tubes, past 20years. Depleted component are renewed at any time, but degradation is seen by in general. For operation and maintenance, to listing the breakdown voltage of the tube is requested. Acoustic sensor attached out of vacuum of accelerating tube, wave guide and load, will take acoustic component of anything information cause of discharge. The advantage of acoustic sensor is non-necessary any remove for vacuum system or instruments.

1. はじめに

KEK e^+/e^- Linac はで二百数十本の加速管が使用されている。建設以来およそ 35 年、B factory 改装後から約 20 年が経過し、当然随時更新されているが全般に劣化がみられ、その個々の状況を把握するのが課題となっている。

音響センサによる方法は真空内の放電により発生する音響成分を加速管や導波管等の外壁に付けたセンサにより検出する。特に真空にかかわる部分に手を入れることなく検査することを目的とする。

2. 音響センサによる加速管の放電の検出

2.1 加速ユニットの構造。

加速ユニットは1本のクライストロンの rf 出力をクライストロン ギャラリーで2分し、さらに加速器室トンネル内で2分割して計4本の加速管に供給される。反射等検出はクライストロン出力の rf 電力が分けられる前に置かれている。各加速管に供給された rf 電力はおよそ半分が加速管内で消費され、残りの半分が管を通過して終端抵抗で消費される。構成を Fig. 1 に示す。

2.2 音の発生

Rf 電力は秒で定義され一応 $>10\text{MW}$ 、rf の時間幅は $\sim \mu \text{sec}$ 程度である。終端抵抗に到達する rf 電力は数 Joule/数 μsec 程度となる。終端抵抗内では抵抗体の幾何的に狭い範囲で短時間に熱に変換されるために変形音響成分も発生する。

事前の試験等において終端抵抗は rf 電力の入ることにより音響センサに信号が見られた。カプラーを含む導波管系は元々損失が少なくセンサ出力に rf 有無の差が見られなかった。C-band 標準の加速管本体は水冷ジャケットが周囲にありセンサ取り付けは無理である。

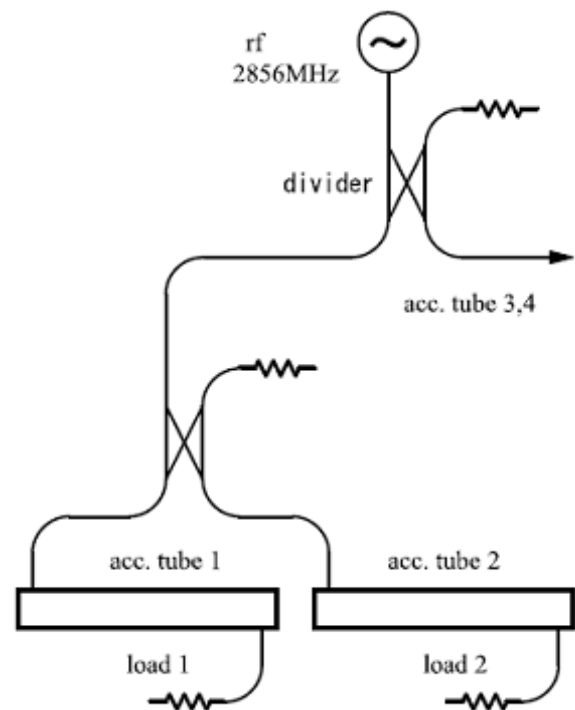


Figure 1: Structure of acceleration unit.

2.3 使用機材について

使用機材のセンサ一式は SLAC からの譲渡品である。センサは圧電素子。直径、長さ共 9.6mm の円筒形。当初はクランプにより、後に専用固定具で円筒平面の検出面を測定対象に軽く押し付けた。

加速器室から測定器までは LAN cable で信号伝送される。信号を受ける点でパルス変換によりインピーダンス整合と不平衡 50Ω 系に変換される。パルス変換の巻き線比 1.5:1 より LAN cable を平衡伝送線として使う意図が読み取れる。受動素子のみの構成で出力は $\sim \text{mV}$ 程度しか期待できない。センサに微小電圧を加えると $100 \sim 200\text{kHz}$ でインピーダンスが緩く高くなるのでそのあたりの周波数帯域を狙い素子を選んだと思われる。

[#] yoshio.arakida@kek.jp

信号は4回路ごと1本の LAN cable で伝送される。Fig. 2 に回路図を、Fig. 3 が使用状態である。

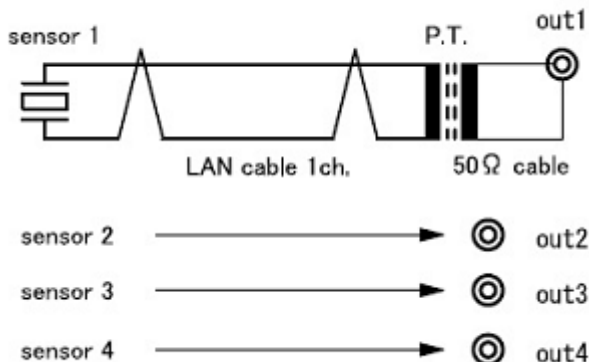


Figure 2: Circuit diagram of acoustic sensor.

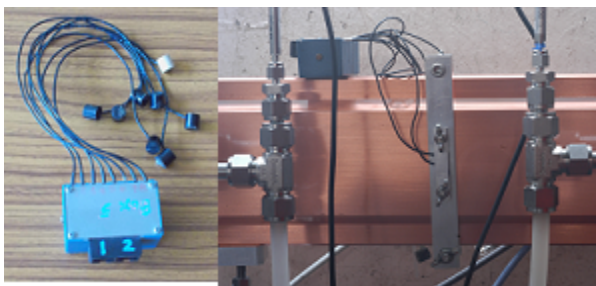


Figure 3: Acoustic sensor & attach to the load.

2.4 音による診断

現機材できることは終端抵抗にセンサを取り付けて rf の到達の有無の検出である。運転に使用されている加速ユニットに手を加えずに終端抵抗外壁からの信号により加速管内の放電の検出に 응용を試みた。

前記のように1本のクライストロンから4本の加速管に rf が供給されている。それら加速管各々の終端抵抗にセンサを付ける。先ず最近の運転で指定されている加速電圧で全体の状況を確認する。それからセンサの波形を確認しつつ徐々に加速電圧を上げてゆけば加速管の状態の悪いものから管内放電が起こり終端抵抗の信号は見えなくなるはずである。

3. 加速管内放電検出の実施例

加速管の放電電圧が低下していると報告のある加速ユニットのうちで Sec.1 - Unit 1 において試みた。ひとつのクライストロンから rf を供給される4本の加速管下流の終端抵抗からの信号を1画面に表示する。

Figure 4 が現状の運転電圧 Es: 33.03kV における終端抵抗のセンサ出力波形上から 1~4 である。電圧を少しずつ上げて Es: 33.97kV にて VSWR インターロックにより停止し Fig. 5 の波形が得られた。

Figure 5 の波形より我々は Sec.1 - Unit 1 の1番管が Es: 33.97kV にて放電し、4本中最も放電電圧が低いと判断した。

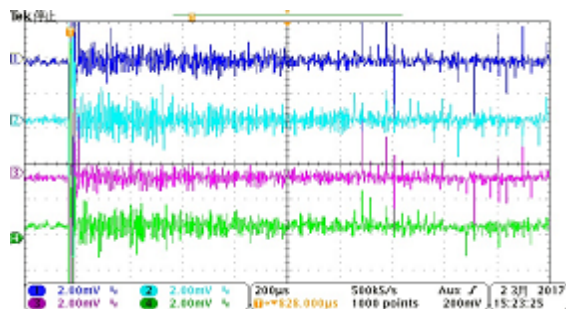


Figure 4: sec.1-1 Es:33.03kV op.

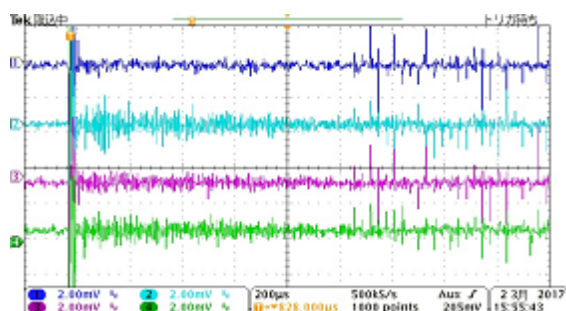


Figure 5: Es:33.97k tube1 discharge.

4. まとめ

4.1 結果

- 加速ユニットの終端抵抗に音響センサを取り付け rf 到達による信号の有無で加速管の放電の検出をした。
- ひとつの加速ユニット4本の加速管と組の終端抵抗に音響センサを取り付け最も低電圧で放電する加速管の特定に 응용した。
- 以上を真空系に手を加えずに実施できるのが利点である。

4.2 課題

- 機材は SLAC からの譲渡品である。特性表や製品の継続入手に難があり自前で選定する必要がある。
- 本稿では論題としなかったが、大電力パルス機器近傍での微小信号の明瞭な検出は難題である。