

[F17p08]

High-Power Klystron Test in the New Test Hall of the KEKB 8GeV Linac

K.Nakao, T.Matsumoto, S.Michizono, S.Fukuda and S.Anami

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
Accelerator Laboratory

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken305-0801, Japan.

Abstract

The 8GeV electron acceleration was successfully achieved at the KEKB linac. Fifty-eight high-power klystrons were used. Prior to the installation of klystrons in the gallery, all tubes are tested and necessary data are taken at the klystron test hall, which is newly developed at the southern end of the klystron gallery. This report describes the system of this new klystron test hall, a layout and an rf driver system. Details of the high-power klystron are also reported in this paper.

KEKB 8GeV ライナックの新テストホールに於ける大電力 クライストロンテスト

1.はじめに

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) における KEKB ライナック (電子、陽電子ライナック) では、当所の目標であったビームエネルギー8GeV のビーム加速を達成した [1]。それに要する高周波源として 58 台の大電力クライストロン (周波数 2856MHz, 運転最大パルス出力46MW, 平均パルス出力 41MW, RF パルス幅 4μ S, 繰り返し 25~50pps) が使用されている。ライナックの効果的な運転のためにはクライストロン動作が安定でかつ効率の良い事が要求される。そのために全クライストロンは種々の検査や試験を、クライストロンテストホールと呼ぶ場所で行い、クライストロンギャラリーに設置し稼働させている。KEKB の為のクライストロンギャラリー拡張に伴い、今までクライストロンギャラリーとは別にあったクライストロンテストホールをギャラリー内の南端に移設した。今回はこの新テストホールの配置及び受け入れ検査から高圧試験までの内容について報告する。

2.クライストロンテストホール配置及び rf 励振系

図 1 にクライストロンテストホールの配置を示す。a,b がクライストロンの高圧テストベンチ、c がクライストロン低圧試験装置、d が大電力クライストロンの励振用のサブブースタである。

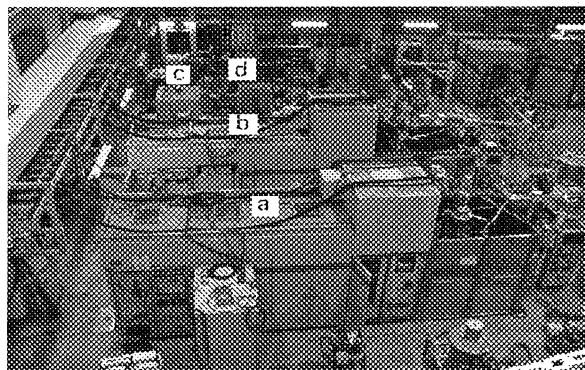


図 1 クライストロンテストホール配置

図 2 に装置全体の系統図を示す。クライストロンへの励振入力には N 型ケーブルにより、サブブースタクライストロンからクライストロン高圧テストベンチの中の電気的可変減衰器を通して供給される。また図中には示されていないが幾つかの箇所ではパワーメータにより高周波電力の監視を行い、出力の変動等をモニタしている。

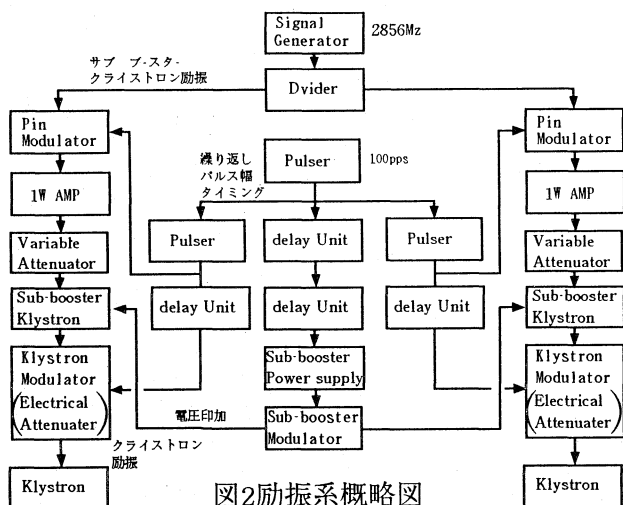


図2励振系概略図

3 クライストロン各種テスト

図3にクライストロンの納入からギャラリへ設置するまでの検査および試験の手順を示す。それぞれの項目について以下に詳細を述べる。

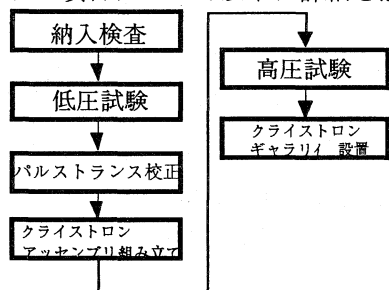


図3クライストロン準備室での作業

3-1) 納入検査

クライストロンがメーカーから納入された時に行うもので、主にヒータの導通とクライストロンの内部真空の検査を行っている。このほかにも入力接栓部の傷の有無の確認、クライストロンの高周波窓の目視検査、セラミック碍子の傷の検査などを行っている。

3-2) 低圧試験

クライストロンの電子銃に異常がないか確かめ、測定したデータをメーカーからの試験成績表や、他のクライストロンの試験結果と比較する。このために、ヒータ特性とエミッション電流特性の二つの試験を行っている。まずヒータ特性は、1kVのDC印加電圧のもとでクライストロンカソードに電圧を印加し、エミッション電流のヒータ電力に対する肩特性を求める。またエミッション電流特性はヒータ電

圧一定のもとで電圧3kVまで印加し、電圧対エミッション特性及び低電圧でのパービアンスを測定する。クライストロンギャラリで稼働中のクライストロンに異常が生じた場合、このクライストロンに再び低圧試験を実施し最初の試験結果と比較することにより故障原因の判定材料としている。なおこの試験はLab Viewによりすべて自動で行っている。

3-3) ヒータトランス校正

我々のクライストロンヒータの定格は18A,18Vである。この電力の供給はパルストランスタンク内のヒータトランスを通して行っている。その校正の為に、パルストランスタンクと同じ構造のテストステーションにおいて一次側と二次側の電圧、電流値を直接測定している。

3-4) クライストロンアッセンブリ

上記のクライストロン、ヒータトランス、パルストランス、パルストランス用タンク、集束用電磁石を組み立てる(クライストロンアッセンブリ)。パルストランスは高圧絶縁油の中で使用される。またクライストロンの高周波窓やコレクターなどは放射線遮蔽用の鉛を取り付けている。

3-5) 高圧試験

テストベンチでクライストロンアッセンブリに高圧を印加して高周波特性試験を行う。これはクライストロン自身のコンデショニングを行い、クライストロンギャラリでの運転の前にクライストロンの各種動作及び性能の確認のために行っている。図4に高圧試験の手順を示す。

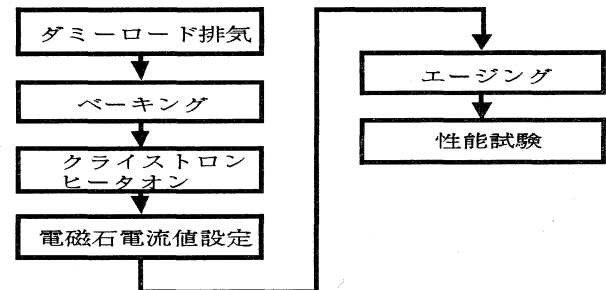


図4高圧試験

3-5-1) ダミーロード排気及びベーキング

クライストロンの高周波出力は水負荷に吸収させ、入水と出水の温度差から求めている。その水負荷を取り付けたダミーロードを図5に示す。このダミー

ロードを排気し真空圧力 10^{-8} Torr 以下になったのち、十字管、イオンポンプ、ターボポンプのバルブ、クライストロンの窓などを 120°C で6時間ベーキングして 10^{-9} Torr 以下にしている。このベーキングはクライストロンのコンデショニング時間の短縮に非常に効果があり、以前ベーキングを実施しないで、行っていた約半分の時間でコンデショニングを終えることができるようになった。現在ではクライストロンギャラリイにおいても、設置したクライストロンは必ずベーキングを行うようにしている。

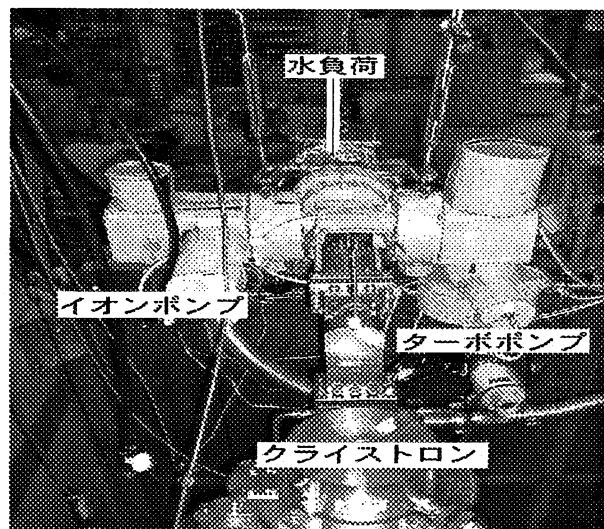


図5 ダミーロード

3-5-2) ヒータオン及び電磁石電流値設定

クライストロンのヒータに電圧を掛ける。その値はヒータ校正の項で述べたようにして設定する。電磁石の電流値はメーカーでの推奨値に設定する。なお使用する電磁石は予めホール素子を組み込んだ磁場測定器により各コイル毎の測定を行い磁場に異常がないか確認している。

3-5-4) コンデショニング及び性能試験

クライストロンのギャラリイへの設置前に、所定の性能を満たしているかどうか確認する為に、性能試験を行う。その際、クライストロンの性能判定の為に必要なパラメータとしてクライストロンに印加する電圧と電流、高周波出力、励振電力がある。またクライストロンやダミーロードの安全の為にクライストロン内部及びダミーロードの真空、高周波窓の温度、クライストロン内のビームの透過率を監視している。なおこの透過率はクライストロンの冷却水の入口と出力空洞付近に温度センサーを取り付け、

その温度差によって算出するものである。電圧と電流はパルストランスの中にある容量分割器 (CD)、電流トランス (CT) 値を読み取り、それにそれぞれの係数を掛けて求める。容量分割器を利用する場合には、校正に十分な注意が必要である [2]。高周波出力は、前述したように水負荷の出入水の温度差によって算出する。励振入力は予め校正しておいた値を用いる。まず繰り返し 20pps でコンデショニングを開始するが、これはクライストロンの保護のためであり最終的には 50pps で性能試験を行う。最初に低い印加電圧でコンデショニングを行い、徐々に電圧をあげる。その際高周波出力、利得、効率などを監視し、所定の性能を満たしていない場合は、電磁石の電流値やクライストロンのヒータ電圧などの調整により所定の性能になるように努力している。次に繰り返しを 50pps に上げ同様のコンデショニングを行いデータ取りを行う。全数、高周波出力 46MW を確認し、その時の入出力特性及び電圧、電流対出力特性を記録している。同時に高周波窓の温度やビームの透過率のデータも取っている。このデータはギャラリイでのクライストロンの運転の目安となる [3]。

3-5-5) クライストロンギャラリイ設置

クライストロンアセンブリは準備室での性能試験の後、専用の治具を用いて、ギャラリイに設置されリークテスト、ベーキングの後、使用される。

4. 終わりに

新クライストロンテストホールにおいても、励振系、低圧試験、高圧試験、各種モニタ類など従来のテストホール同様順調に稼働している。今後テストホールにおいては、測定精度の向上、各種試験の効率化、などを進めて行く予定である。

References

- [1] N.Akasaka et. al., "Comissioning of the KEKB 8GeV $e^-/3.5\text{-GeV } e^+$ Injector Linac", Stockholm, Sweden, 22-26 June, (1998).
- [3] K.Nakao et. al., "Calibration of the Klystron Applied Voltage in the Large-scale Linac", Proc. of the 21 st Linear Acc. Meeting in Japan, Tokyo, Japan, (1996).
- [2] T.Matsumoto et. al., "Status of High-Power RF sources in KEKB 8GeV Linac", presented in this meeting.