

POWER TEST OF THE POWER DISTRIBUTION SYSTEM FOR KEK STF

Tateru Takenaka^{1,A)}, Katsumi Nakao^{A)}, Hiromitsu Nakajima^{A)}, Mitsuo Akemoto^{A)}, Toshihiro Matsumoto^{A)}, Yoshiharu Yano^{A)}, Shinichiro Michizono^{A)}, Hiroaki Katagiri^{A)}, Hiroyuki Honma^{A)}, Mitsuhiro Yoshida^{A)},
Tetsuo Shidara^{A)}, Shigeki Fukuda^{A)}, Shuichi Aizawa^{B)}
^{A)}High Energy Accelerator Research Organization(KEK)
1-1,Oho,Tsukuba,Ibaraki,305-0801,Japan
^{B)}Nihon Koshuha Co.,LTD
1119,Nakayama-cho,Midoriku,Yokohama,Kanagawa,226-0011,Japan

Abstract

A klystron and a pulse modulator for STF is installed at the klystron gallery. Waveguide (WR-650) power-distribution system is assembled in order to carry out the high power tests of klystron itself and two input couplers for the STF cavities. The conversion of the waveguides can be replaced easily by using U-type waveguides. This enables us to check the performance of the klystron in a short time even during the input coupler test. The experiences during high power tests are summarized.

超伝導テスト装置における電力分配系の電力試験(KEK STF)

1. はじめに

今回は、STF計画におけるLバンド導波管の構成およびコンポーネントについて報告した。今回は STF棟のクライストロンギャラリーにクライストロンなどの高周波電源と電力分配系のWR-650導波管[写真1]を設置した。この導波管の設置後に高周波電力試験も行っているがその時の導波管に起こった放電などの故障についてもあわせて報告する。

STF計画^[1]で、最終的には超伝導空洞に高周波を供給する必要があるが、今回はその前段階としてクライストロン自身の試験と空洞用カプラの試験ができるように配置されている。

高周波電源は周波数1300MHz、最大出力2MW、パルス幅1.5ms、繰り返し5Hzで、2つの空洞グループがRFカップラの電力試験を行っている^{[2][3][4]}。

2. 導波管の構成

導波管は2箇所のカプラ試験とクライストロンの大電力試験が評価できるように設置されている。図1にシステムの概略を示す。この経路の切り替え

はU型導波管の接続変更により行い、レイアウトの1,3はカップラの試験電力ラインで、2は高周波電源試験用のラインである。

導波管系は直管、フレキシブル導波管、H・Eバンド、60dB方向性結合器、5MWサーキュレータ、ピュウポート付バンド、RF窓、導波管切り替え部、可変短絡板、5MWウォータロードなどで構成されている。さらにこの導波管系にはガスおよび冷却水のインタロックとアークセンサなどが取り付けられている。クライストロンの出力を60dB方向性結合器でモニタし、5MWサーキュレータの放電を監視するためサーキュレータの前後に覗き窓付きのHバンドを置きアークセンサを取り付けた。

5MWサーキュレータおよびクライストロン出力口はSF₆ガスで運転することが求められており、また、カプラ部分の導波管は空気環境での試験を行うことになっていた。このため、カプラ部分とサーキュレータの間にSF₆ガスを充填するためのRF窓を配置した。RF窓の下流側には高周波電力の切り替えが行えるように導波管のUリンク部[写真2]を設けてある。2箇所はカップラ試験用、1箇所はRF試験

用である。切り替え部の後には方向性結合器とカップラ試験用で全反射が可能な可変短絡板を置き、5MWのウォータロードで終端している。導波管系の組み立

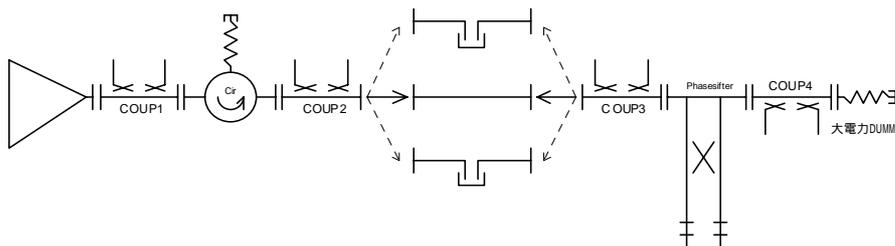


図1:導波管関係のレイアウト

¹ E-mail: Tateru.Takenaka@kek.jp

ては寸法の記入された立体図面に基づき位置決めを行った。最初にモジュレータ電源とパウンサ電源を配置した後にクライストロンを設置した。次に、サーキュレータ架台、切り替えSW架台を順番に設置し、最後に5 MWウォータロード接続した。5MWサーキュレータには冷却水配管やSF₆ガス配管も行っている。冷却水配管については、水漏れを防



写真1:STF高周波電源とWR-650導波管

ぐためにサーキュレータ付属のコネクタから信頼性の高いスウェジロックタイプに改修している。

3. 大電力試験

クライストロンおよび導波管の初期の高周波電力試験では大半のフランジで高周波漏れとそれに関連する放電が生じ、アークセンサが作動して高周波出力が止まった。また、同時にクライストロンギャリリの煙探知器がこの高周波漏れのために発報した。

フランジ部にアルミテープを巻きつけ、またフランジの増し締めにより、高周波漏れは減少したが、高周波出力の増加につれ放電と高周波漏れは再び顕著となり、煙探知器も誤報を繰り返した。最初に反応したアークディテクタの位置から高周波窓の放電を疑いピュウポートから高周波窓の方を覗くと放電



写真2:STF導波管-電力切り替え部

が起き発光が目視で観測できた。しかし、高周波窓

をはずして確認をしたが窓には放電の痕跡がないのでもとに戻した。

その後も放電と漏れは284kW(高周波の漏れ5 mW/cm²)以上で起こったが、フランジの一部に放電発光を発見した。このためフランジを取りはずして確認したところ、フランジ接合面(写真3)の外側に集中した放電痕が見つかった。この放電痕はボルト周辺にも見つかった。

ガスを封入するために溝付きフランジとフラットフランジにゴムのOリングガスケット(断面円弧)を挟んで使用しているが、ゴムの厚みが大きく10本M8(規格)のボルトではフランジ溝の内側まで充分接触せず間隙が残る。また、ゴムの材質もかなり硬かった。放電を起こしたフランジの溝の深さは1.5mmで幅は7.1mmに対してOリングの寸法は厚さ2.6mmで幅、7.24mmである。片方がフラットフランジなので締め代は1.1mm以上ある。フランジの外周をかなりきつく締めると隙間がなくなるが、内周は隙間があり、放電を起こしたものと思われる。

Oリングを使用しているフランジを確認したところ全てに放電痕が見られた。ゴムのOリングはすべて外し、また、SF₆ガスを封入している部分についてはフランジを全てフラットフランジに加工し、フランジ間にトムソン製のゴムのOリング付きアルミガスケット(TH20748)写真4を使用することにした。

これらの対策で放電や高周波漏れがなくなり、煙探知器が稼動することもなくなった。

また、この放電対策が功を奏したころ、10数年前に使用していた5MWウォータロードから水漏れが発生した。分解し原因を調査したら水圧かかりすぎ、シール溝に遊びがあり、汚れのこびりついていた場所までOリングが移動し水漏れを起こしたことがわかった。また、Oリングが硬化し弾力性がなくなり、Oリングのフラットな当たり面にフライス加工の筋が放射状にあった。このような原因で水漏れを起こしたものと考えられる。改修は溝の清掃、加工痕跡



写真3:フラットフランジとOリングフランジ放電痕面の研磨とOリング交換を行った。



写真4:不採用Oリングとトムソン製ガスケット

4 . サークュレータなどの高周波特性

今回の導波管組み立てでは導波管全体のVSWRや各パーツの高周波特性も測定した。中型ダミーロードの一部は周波数特性がずれVSWRが1.2と高かったため改修を行った。冷却水のコネクタなどについても一部に互換性が無く改修を行い、輸入した製品の冷却水コネクタは竹の子タイプが使用されていたので、現在水漏れの少ないスウェジロックタイプに改修している。

導波管全体を通しての特性はVSWR1.075、挿入損失は大電力移相器のVSWRを最小とした時に0.5dB程度である。測定方法は図1に示してある。5MWサーキュレータの特性は表1、中型サーキュレータの特性は表2、図2に示してある。

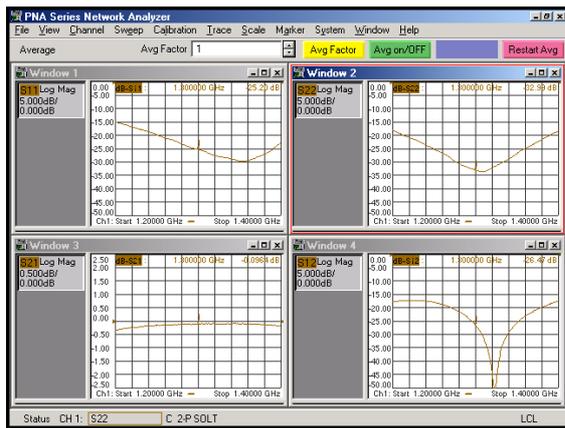


図2:中型サーキュレータの特性

表1:5MWサーキュレータ特性

入力側VSWR	1 . 0 4
出力側VSWR	1 . 0 3
挿入損失	0 . 1 9 dB
ISOLATION	2 3 . 4 dB

表2:中型サーキュレータ特性

	入力 VSWR	出力 VSWR	挿入損失 (dB)	Isolation (dB)
No1	1.09	1.03	0.09	33.4
No2	1.11	1.05	0.10	26.5
No3	1.14	1.06	0.11	26.9
No4	1.11	1.07	0.12	26.8

5 . おわりに

カップラの電力試験が終了すると地下にある超伝導空洞まで導波管を組み立てて高周波電力を超伝導空洞に送る準備に入る。空洞には均等のRF (500KW) を供給する必要があり、3dBハイブリッドの組み合わせで電力を分配する方法と比例配分的結合度を持つTESLA方式などを採用し評価をする予定である。

2MW (パルス幅1.5ms、繰り返し5Hz) までの高周波電力で導波管は冷却水を流さない場合も温度上昇は小さかった。Oリングの選定ミス以外には放電も起きていないのでSF₆ガスの加圧等を行わずに済む可能性も高い。

地下のビームラインの空洞まで高周波電力を給電するには長い配管が必要になり、放電が生じた場合対応も大変なので、導波管は全てアルコール等で清掃し、窒素ガスで埃を取り、以前の使用で生じた放電等の突起を除去した物を使用する予定である。

3dBハイブリッドの機械精度、結合度、位相ずれなども測定して今後の据え付けの準備を行っている。Uリンクの手動によるパワーの切り替え部は労力が必要で各空洞の電力試験をするときにはさらに効率が悪くなるよう簡略化を検討している。

現在、地下部に配管する長い導波管の製造を行い、製品の比較検討を行うため中型サーキュレータの輸入と国内製造を行っている。

参考文献

- [1] H.hayano, 他“ILC用超伝導RF施設 (STF) の状況”, 本研究会
- [2] M.Akemoto, 他“STFにおける長パルスモジュレータの開発”, 本研究会
- [3] T.Mtsumoto, 他“KEK-STFでのLLRFの現状”, 本研究会
- [4] S.Fukuda, 他“超伝導RF試験装置 (STF) の現状”, 本研究会