

RF Control System for ETL Storage Ring TERAS

H.Ohgaki, S.Sugiyama, T.Mikado, M.Chiwaki, K.Yamada, R.Suzuki, N.Sei,
T.Noguchi, and T.Yamazaki
Electrotechnical Laboratory
Umezono 1-1-4, Tsukuba-shi305, Japan

ABSTRACT

An RF control system has been modified for a double-cavity operation of ETL storage ring TERAS. The system consists of a main cavity of 171.62MHz and a second harmonics cavity dedicated for the Landau damping, so called a Landau cavity, and their power supplies, and a micro-computer. The computer controls each cavity power to be constant at any beam currents and beam energy. A stable operation has been done by means of this system. Moreover, a longitudinal instability is suppressed with the Landau cavity.

電総研電子蓄積リングTERASのRFコントロールシステム

1. 序

電総研電子蓄積リングTERASは多目的リングとして1980年の建設開始より蓄積電流および蓄積エネルギーを上昇させて現在最大750MeV、200mAを達成し、定常運転を行なっている。この間FEL発振実験のためにRFシステムの変更がなされた。まずハーモニック数を17から18にするために、RFキャビティおよび加速周波数の変更を行なった。更に longitudinal不安定性に起因するビームのエネルギー拡がりを抑えるための第2高調波キャビティ（ランダウキャビティ）を導入した。2空胴システムのRF電源制御は、RF運転パラメータが手探り状態であったため、全くの手動で始められたが、ランダウキャビティの制御が非常に微妙なことで、主キャビティの挙動によってランダウキャビティの状態が大きく変化すること、ランダウキャビティが電力を供給されていない場合でも蓄積ビームに影響を及ぼすこと等の問題点が明らかになった。このために急遽パソコン（PC-9801VX）制御による2空胴コントロールシステムを構築した。制御システムは、主キャビティとランダウキャビティの電界強度を常に一定に保つフィードバックループと、位相を制御するPLLからなる。また、ランダウキャビティを動作させない場合には蓄積電流と蓄積エネルギーに応じた電界をランダウキャビティに励起するようにチューナーを動かすように制御している。

2. RFコントロールシステム

図1にRFコントロールシステムのブロック図を示す。フィードバックループ系はピックアップによりキャビティ内の電界を検出し、ベクトルボルトメーター（VVM）で検波してPCに取り込み、この信号が常に一定になるようにPCでRFアンプのゲインを調整している。このループは、アンプ自身のフィードバックループがアナログAGC回路で形成されているので、時定数を大きく取ってAGCとの干渉

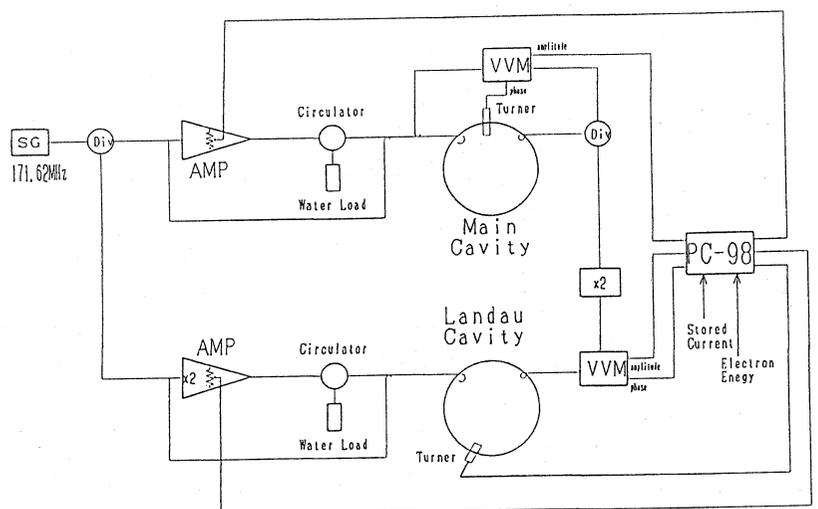


図1. RFコントロールシステムのブロック図

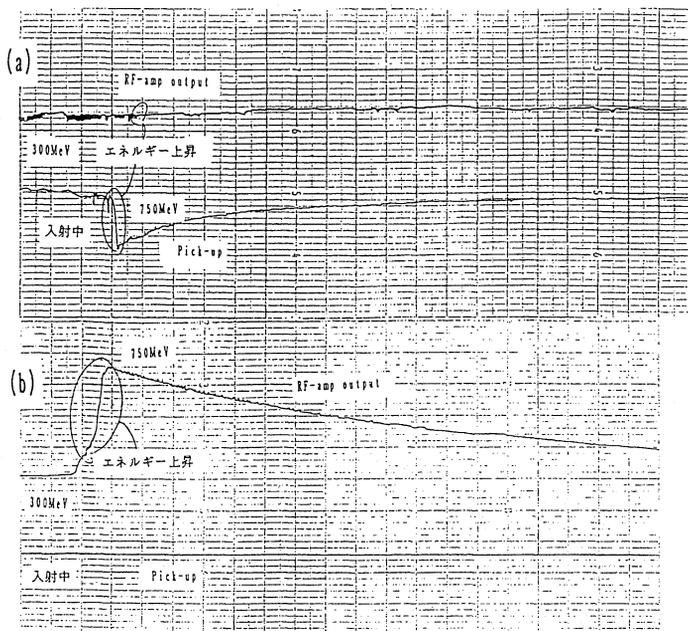


図2. 通常運転時のRF ampの出力と
ピックアップ信号 (蓄積電流120mA)

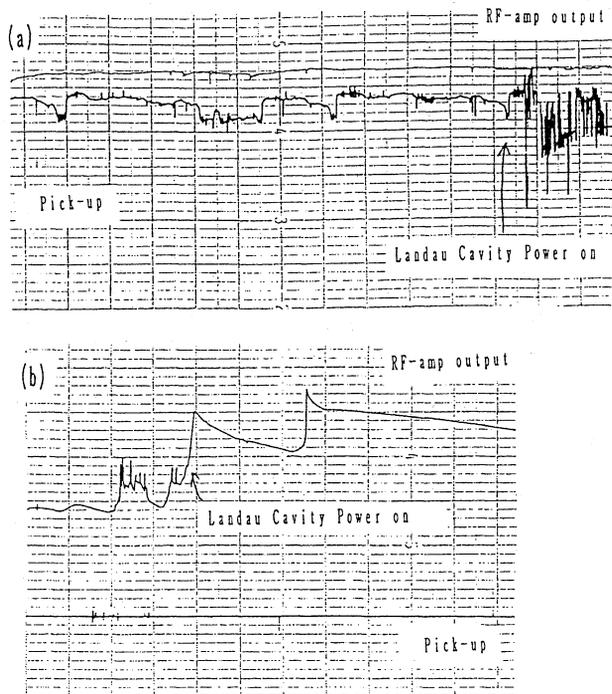


図3. ランダウキャビティ運転時のRF ampの出力
とピックアップ信号

が起きないようにしている。主キャビティのチューナー制御はVVMからの位相信号を用いてアナログ的にロックする旧システムのもをそのまま用いた。また、ランダウキャビティのチューナー制御はこれまで手動で行なわれていたが、PCから自動的に制御するようにした。図2に今回のシステムの導入前後でのRF供給パターンとピックアップアンテナからの出力を示す。この時、ランダウキャビティには電力を供給していない。この図から、キャビティ内に誘起される電界は今回のシステムにより、蓄積電流および蓄積エネルギーに影響されず、その変動はほぼ1%以内に抑えられていることが分かる。図3にランダウキャビティを動作させた場合の主キャビティの電界強度の変化を示す。(a)は今回のシステムを働かせない場合であり、(b)は働かせた場合である。これより、今回のシステムによって主キャビティの変動がかなり抑えられていることが分かる。またこのことは、ランダウキャビティの動作条件を一定にかつ再現性よく保つことが可能になっていることを示している。2空洞間の位相関係は、電子の入射効率や、蓄積電流の減衰率に大きな影響を及ぼす。図4にランダウキャビティの電力を切った場合の蓄積電流の減衰率を示す。(a)はランダウキャビティのチューナーの制御をした場合であり、(b)は制御をしなかった場合である。図には蓄積リングの真空度もプロットしている。両者とも、蓄積エネルギーおよび真空度はほぼ同一条件である。これより、チューナーの制御が蓄積電流の減衰率に大きな影響を与えることが分かる。特にチューナーの制御を行なわない場合には、急激なビームの減衰が起きていることが分かる。この例(b)は、チューナーの設定を注意深く行なった結果であるが、この設定を誤ると、蓄積不能の状態や、蓄積ビームの消失が起きる。なお、(a)(b)ともに不安定性を抑制していない状態であり、スペクトルアナライザでの観測では、両者の間の差異はほとんど見られない。ただし、(a)の制御法として、2空洞間の位相を一定に保つ方法を用いると、エネルギー上昇の途中で不安定性が抑制されるモードに移ってしまうため、蓄積電流の上限値が80mAと低くなってしまふ。このため現在通常運転時には、蓄積電流と蓄積エネルギーに応じた電界をランダウキャビティに励起するようにチューナーを動かす方法を採用している。

3. まとめ

電総研電子蓄積リングTERASでは、longitudinal不安定性に基づく蓄積ビームのエネルギー拡がりを抑えるために、第2高調波キャビティ (ランダウキャビティ) の導入を行

なった。これに伴いパソコンを用いて様々な運転モードに対応できる2空胴RF電力制御システムを構築した。このシステムによって、通常運転時での主キャビティ内の電界を、蓄積ビームの状態によらずに1%以内の変動に押えることが出来た。また、今まで手動では困難であった2空胴の電力制御が可能となった。またランダウキャビティのチューナーを制御することにより、蓄積電流の急激な減衰を抑えることが出来た。また2空胴システムの導入により不安定性の抑制が行なわれた。更に、キャビティの状態が一定に保たれるようになった結果、長時間安定に不安定性の抑制が出来るようになった。図5に longitudinal 不安定性の様子をスペクトラムアナライザで観測した結果を示す。(a)は不安定性が誘起された状態であり、(b)はランダウキャビティを受動的に動作させて不安定性を抑えた状態である。なお、バンチ長の測定により、(b)の場合では蓄積ビームのエネルギー拡がり(a)の場合の約1/3となっている。不安定性の抑制は、ランダウキャビティを能動的に働かせた場合でも同様であり、両者の間に今のところ差異は認められない。また、蓄積可能電流値もほぼ同じで約80mAとなっている。

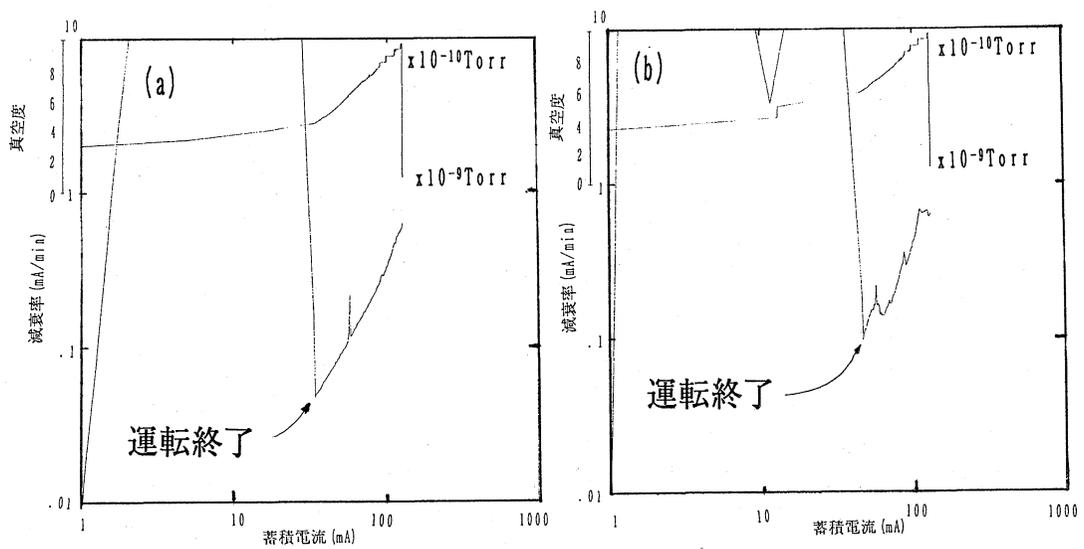


図4. 蓄積電流の減衰

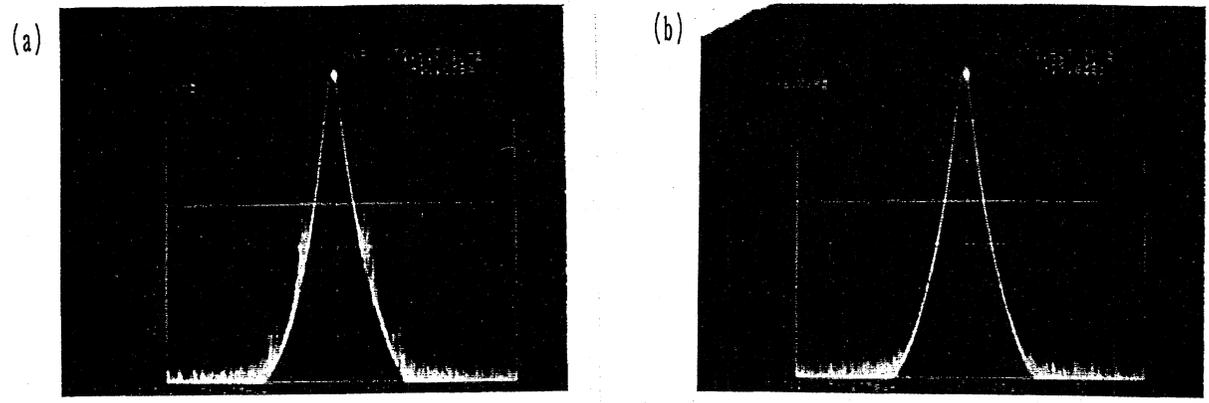


図5. スペクトラムアナライザによる longitudinal instability の観測
中心周波数171.62MHz、スパン500kHz、蓄積電流35mA、750MeV