

Pressure Control for Superconducting Accelerators at JAERI FEL

N. Kikuzawa, R. Nagai, M. Sawamura, N. Nishimori and E. J. Minehara

Free Electron Laser Lab. / Japan Atomic Energy Research Institute
2-4 Shirakata-Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, Japan, 319-11

Abstract

We have developed a built-in cryogenic system using compact closed-cycle helium gas refrigerators. In order to realize stable operation, it is necessary to keep constant the pressure in liquid helium container of SCA cavity cryostat. Therefore, the pressure is controlled by PID loop. A result of the pressure control tests is reported.

原研自由電子レーザー用超伝導加速器の圧力コントロール

1. はじめに

原研自由電子レーザー用超伝導加速器には、熱シールドを冷却するための GM 冷凍機（シールド冷凍機）と、液体ヘリウムを維持するための JT サイクル冷凍機（4K 小型冷凍機）を個々の超伝導加速器のクライオスタットに組込んでいる¹⁾。超伝導主加速器の断面図を図 1 に示す。シールド冷凍機により熱シールドを直接冷却するため、液体窒素などを使う必要がない。また、4K 冷凍機によりクライオスタット内で液体ヘリウムの再凝縮を行っているため、液体ヘリウムの移送の必要がなく、施設が簡

便ですむ利点がある。

クライオスタット内の圧力変動や機械的な振動などは超伝導空洞を変形させて共振周波数の変動などの影響を及ぼす。このため、冷凍機の振動を抑えるとともに、冷凍機の冷却能力や超伝導加速空洞の熱負荷による圧力変動を抑える必要がある。

本研究会では、PID ループ制御によりクライオスタットの圧力調節を行なった結果について報告する。

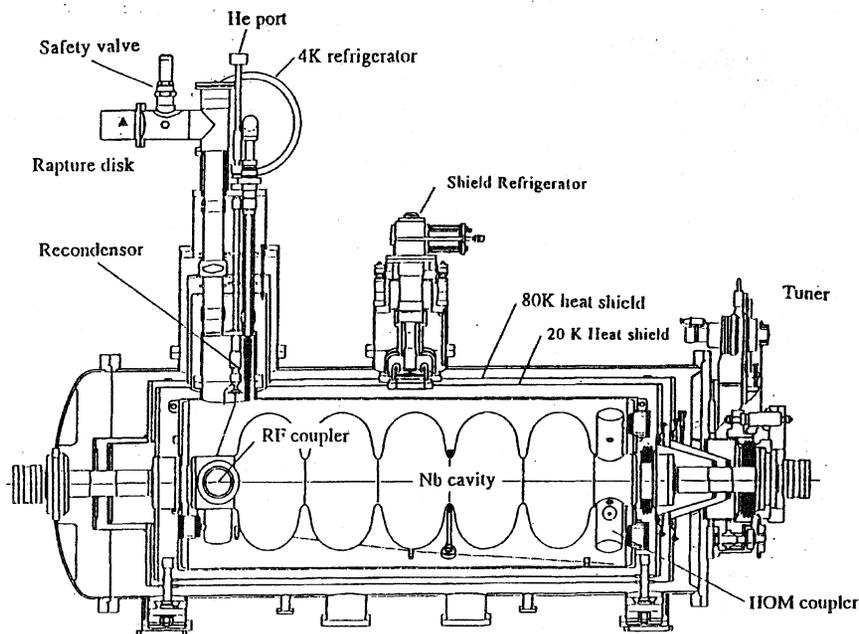


図 1. 超伝導主加速器の断面図

2. 冷却系

二重の熱シールドを冷却するシールド冷凍機の冷却能力は 80K で 120W、20K で 20W の 2 段の冷却能力が得られる。

4K 冷凍機の熱交換器の部分はクライオスタット内部に挿入され、蒸発した液体ヘリウムをクライオスタット内部で再凝縮する。4K 冷凍機の冷却能力は 4.5K で約 11.5W である。クライオスタット内部で冷却するため、液体ヘリウムの移送系が不要であり、液体ヘリウムの流量調整弁などの機械的制御も行っていない。

クライオスタットの侵入熱量の測定結果は 3.5W であった²⁾。また、高周波は 3% duty のパルスモードで運転されるため、超伝導空洞の表面での高周波損失は約 1.5W である。このため、4K 冷凍機の冷却能力で液体ヘリウムを維持することは可能である。

3. 圧力調節

各クライオスタット独立に液体ヘリウム槽内の圧力を測定している圧力計からの信号により、圧力が一定になるように電気ヒータ出力が PID ループ制御されている。

3.1 定常運転モード

圧力調節用のヒータの電力により冷凍機の余剰冷却能力を知ることができる。4K 冷凍機の冷却能力は JT 弁の調整に大きく依存し、調整が不十分な場合には冷却能力が低くなる。このため、冷却時には手動で JT 弁の調整が必要であるが、ヒータ出力を見ながら調整することによって最適化が可能である。現在、それぞれの 4K 冷凍機の冷却能力にばらつきはあるものの、余剰冷却能力は最大で約 6W が得られており、現在の 3% duty という運転モードに対しては十分な冷却能力が得られている。

3.2 加速器運転モード

加速器の運転による熱負荷の変化により、

ヒータ出力も変化する。主加速器の運転中における圧力とヒータ出力の変化の一例を図 2 に示す。加速器の運転開始時や運転中においても圧力変動は $\pm 0.002 \text{ atm}$ 以下に抑えられている。この発熱量から Q 値を求めると、 $E_{\text{acc}} = 5.1 \text{ MV/m}$ で $Q_0 = 2.3 \times 10^9$ である。このヒータ出力の変化量をモニターすることにより、超伝導空洞の状態を知ることができる。

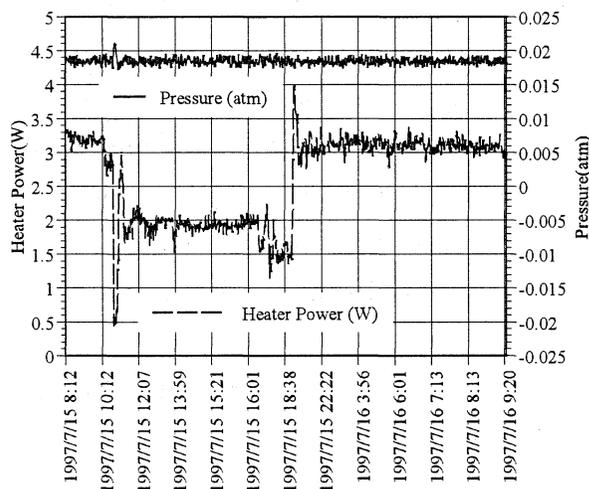


図 2. 超伝導主加速器の圧力とヒータ出力の変化

4. まとめ

圧力計からの信号でヒータ出力を PID ループ制御することにより、運転開始時や運転中の圧力変動は $\pm 0.002 \text{ atm}$ 以下に抑えることができた。

それぞれのクライオスタットに取り付けたヒータ出力をモニターすることにより、冷凍機の冷却能力や超伝導空洞の状態を監視することができた。

参考文献

- 1) N.Kikuzawa et. al., Proc. 14th Int. Free Electron Laser Conf., Kobe, Japan, 1992, Nucl. Instr. and Meth. A331 (1993) 276
- 2) N.Kikuzawa et. al., Proceedings of the 9th Symposium on Accelerator Science and Technology, Tsukuba, Japan (1993) 440