

Design of Cooling-Water System with a High Precision Temperature Control

A. Suyama, K. Wachi and M. Akemoto*

Sou Engineering Co. Ltd.

484-6 Maegasaki, Nagareyama, Chiba 270-01, Japan

*KEK, National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

ABSTRACT

In order to study a cooling-water system with a high precision temperature control, we have fabricated a simple system consisting of a three-way valve, a heat exchanger, a pump, a tank and a heater; moreover its performance tests have been carried out. The controls of both the three-way valve and the heater are performed by a PID control. In particular, the high-speed control of the three-way valve is effective for the stable operation of this system.

温度高安定度冷却システムの設計

1. はじめに

加速管等を安定した運転を行うには、高精度に温度制御した冷却水例えば、0.1度の安定度が要求される¹⁾²⁾。一般にこのような要求をみたす冷却システムは高価で大型なものとなる。そこで、熱交換器、三方弁、及びヒータといった簡単な構成機器をもとに、PID制御を使用した冷却システムの開発を行った。ここでは、その設計方法、及び温度制御の安定化に大きく寄与する三方弁制御に関する実験を行ったので報告する。

2. 冷却システムの設計

ここで考える冷却システムは、図-1に示す様な、熱交換器、三方弁、及びヒータといったごく一般的な構成機器を使用した、PID制御による冷却システムである。このシステムの特徴は、三方弁(MV)による熱交換器出口温度(T_2)の制御、タンクヒータ(TH)による負荷入口温度(T_3)の制御、と2段階制御を行い、かつ負荷入口温度の設定を可変型としていることである。

システムの設計条件として、1)一次冷却水の流量、温度、圧力、2)負荷の熱量、3)負荷の入口及び出口の温度差、の3条件が与えられる。

この条件から、システムに使用する機器の仕様が、以下の様に決定される。熱交換器(HEX)の伝熱面積、サイズは、条件1)の一次冷却水の流量、温度、及び条件2)負荷熱量によって決定される。三方弁(MV)の口径は、条件1)の流量、圧力によって決定される。冷却水送水用ポンプ(P0)の流量、圧力は、熱交換器の一次側冷却水との関係より圧力が、条件2),3)によって流量が決まる。タンク容量は通常は負荷への流量の約3分間分の容量を確保する(条件2)及び3)によって選択されたポンプP0によって決まる)。タンク内循環用ポンプ(P1)はタンク内の水の温度を均一化する為のもので、タンク容量及び負荷冷却水流量によって決まる。温度補正用ヒータ(TH)は、立ち上げ時間の短縮を考えれば、大

きい程良いが補正用としては負荷への流量に対して、+0.3℃位の容量があれば十分である。なお、水の負荷による温度上昇は、負荷1kWに対し、1l/min.の水は約14.3℃上昇するとして計算する。

以上の指針に従って設計された冷却システム的具体例として、クライストロン電源用水抵抗模擬負荷用冷却装置がある³⁾。仕様を表-1に、フローシートを図-1に示す。

配管口径	50A
一次冷却水流量	150l/min.
一次冷却水温度	30℃(Max)
負荷熱量	100kW
負荷冷却水 入口-出口 温度差	約4.8℃
HEX 熱交換器 交換熱量	86,000Kcal/Hr
MV 三方流量制御弁口径	50A
負荷冷却水流量	300l/min.
T3 負荷冷却水温度	35℃~45℃可変
TANK タンク容量	500l
TH タンクヒータ熱容量	5kW
P0 ポンプ	2.2kW/50Hz
P1 ポンプ	0.75kW/50Hz
T1~T5	温度センサー
FG1.FG2	フローリレー

表-1 クライストロン電源用水抵抗模擬負荷用冷却装置の仕様

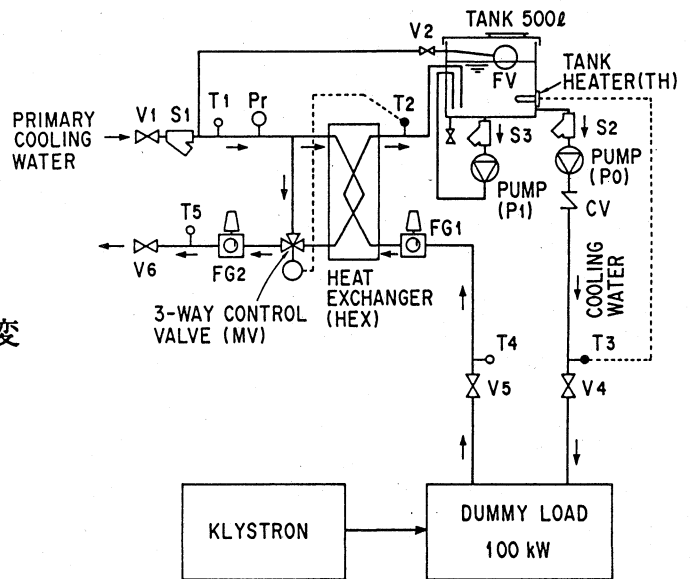


図-1 クライストロン電源用水抵抗模擬負荷用冷却装置のフロー図

3. 性能試験

このシステムで、温度制御に関して一番重要である三方弁の、駆動モータを通常のもの(全開~全閉 60秒)と、2倍のスピードのもの(全開~全閉 30秒)の2種類を用意し、性能を調べる為、模擬負荷用冷却装置を使用して、各流量、タンク容量、タンクヒータ容量を表-2の様に最小限にして、試験を行った。負荷冷却水の、温度変動の要因である負荷の変動をステップ的に与えた時の、熱交換器出口温度(T2)、負荷入口温度(T3)の温度安定度を測定した。T2,T3の温度が十分安定したことを確認したのち3分後に負荷をいれた。

一次冷却水温度	30℃(Max.)
一次冷却水流量	50l/min.
タンク(TANK)容量	70l
タンクヒータ(TH)熱容量	0.5kW
負荷熱量	10kW
負荷冷却水設定温度	35℃
負荷冷却水流量	50l/min.
負荷冷却水入口-出口温度差	約2.9℃

表-2 試験条件

4. 結果と考察

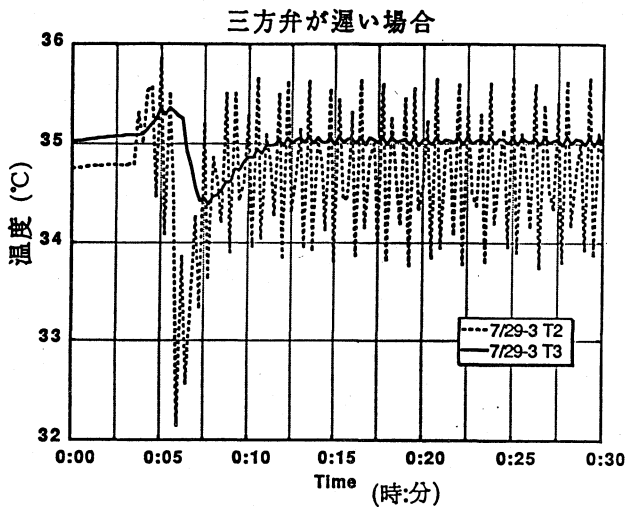


図-2

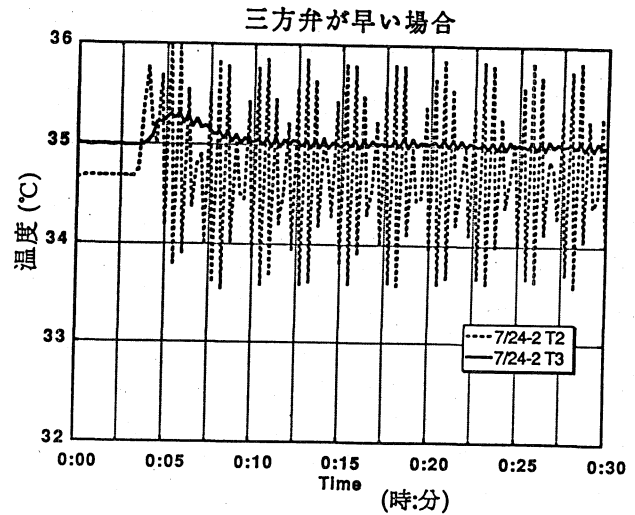


図-3

三方弁の動きが遅い場合の結果を図-2に示す。三方弁の動きが早い場合の結果を図-3に示す。三方弁の動きが遅い場合、T3が安定するまで約10分程度かかり、変動も最大+0.3°C~-0.5°Cであった。一方、三方弁の動きが早い場合、T3は約7分で安定し、変動も最大+0.3°C~-0°C位におさまった。従って、負荷の急激な変化に対しては、三方弁の動きが遅いと初期の追従性が悪いが、三方弁の動きが早いと追従性がよく、T3温度が安定するまでの時間が短かくてすむ。

但し、この試験中、一次冷却水温度T1の変化は±0.5°Cと安定した状態で測定した。

5. まとめ

温度高安定冷却システムの設計を行った。三方弁については高速モータを使用したほうが、より安定した制御が行える事が確認出来た。

参考文献

- 1) Y. Nishinomiya et al., Proc. of the 15th Linear Accelerator Meeting in Japan, (1990)190.
- 2) A. Suyama et al., Proc. of the 16th Linear Accelerator Meeting in Japan, (1991)312.
- 3) S. Yoshimoto et al., Proc. of the 16th Linear Accelerator Meeting in Japan, (1991)40.