

ターボ冷凍機の制御

Control of Centrifugal-refrigerators

大 音 透*
Tôru Ôto

内 容 梗 概

ターボ冷凍機の制御方式は簡単で取扱が容易であるとともに、常に最適の運転状態にあるよう制御して、設備費、運転費ともに低減できるものでなければならない。また、ターボ冷凍機と空気調和装置を一括して集中監視制御することは、大規模なビルディング全体の運転能率の向上、管理費の低減の面から重要である。これらを中心に最近の進歩の概要を述べる。

1. 緒 言

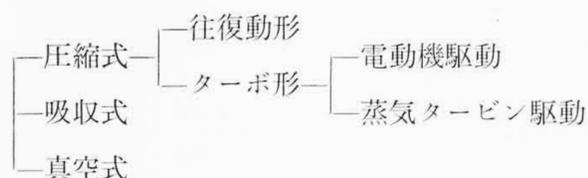
最近のビルディングは内部環境を快適に保ち、在室者の心身両面の能率を向上するため、空気調和装置を設けるのが常識となった。また、生産工場においては、空気調和装置は、製品の品質を均一に保つために重要な役割を果たしている。空気調和装置は、夏季における冷房および減湿、冬季における暖房および加湿はもちろん、室内空気を清浄に保ち、さらに適当な換気を行なうものである。

大規模ビルディング用の大容量空気調和装置は、多数の冷凍機、ボイラ、空気調和器、ポンプ、ファン、圧縮機、弁類などを包括した総合的な熱プラントを形成しており、駆動用電動機も膨大な数に達している。したがってビルディング機械室は、きわめて複雑なものとなっている。これらの機器の機能を十分に発揮させ、設備費を低減するためには性能のよい機器を選定するとともに、機器相互の協調をよく保って、設備全体が調和のとれたものとするのが重要であるが、さらに、適切な自動制御装置を設けて、常に最適の運転状態にあるよう、制御はすべて中央監視制御盤から行なって運転能率を高めるとともに、総合的に経常運営費を低減しなければならない。この熱プラントの中心となるものは冷凍機であって、最近では空気調和装置のみでなく、化学プロセスにも広く適用されるようになってきている。以下最近特に進歩したターボ冷凍機の制御について述べる。

2. ターボ冷凍機

ターボ冷凍機は低温発生プラントとして空気調和装置の中核となるもので、その系統の概略は、第1図に示すとおりである。

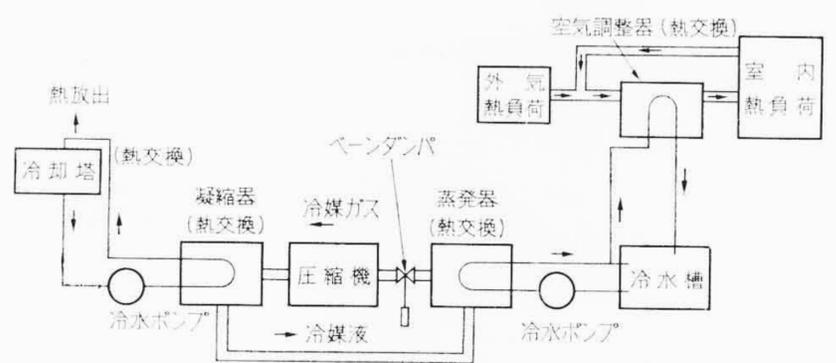
冷凍機には、つぎのような種類があるが電動機駆動ターボ冷凍機がもっぱら採用されている。



従来、ターボ形と往復動形の損益分岐点は 100 RT 付近と考えられていたが、冷媒 R-113 の採用、密閉形の開発、冷媒ガスあるいは、冷媒液冷却形 2 極電動機の開発など、ターボ冷凍機の進歩によって、50-100 RT の範囲の小容量までターボ冷凍機の効率および価格が、往復動形に比肩し得るようになったので、現在では中央式空気調和用としては、もっぱら電動機駆動ターボ冷凍機が採用されている。ターボ形は、

- (1) 大形になるほど効率がよく、価格も低廉である。
- (2) 冷媒圧力が 2 kg/cm² 以下であるから、取扱者は、高压ガ

* 日立製作所国分工場



第1図 ターボ冷凍機系統図

第1表 日立 HCR 冷凍機 標準仕様

項 目	形 式	HCR-4	HCR-3	HCR-2	HCR-1
冷 凍 ト ン	(RT)	100	80	63	50
冷 凍 容 量	(kcal/h)	300,000	240,000	189,000	150,000
冷 水 入 口 温 度	(°C)	9			
冷 水 出 口 温 度	(°C)	5			
冷 水 水 量	(m ³ /h)	75	60	47.2	37.5
冷 却 水 入 口 温 度	(°C)	32			
冷 却 水 出 口 温 度	(°C)	36.5			
冷 却 水 水 量	(m ³ /h)	85	68	53.5	42.5
電 動 機 出 力	(kW)	100	75	60	50
冷 媒		R-113 (C Cl ₂ F-CClF ₂)			

ス取縮法による資格を必要としない。

- (3) 回転形であるから、振動が少なく、信頼度が高いなどの利点を備えている。

アメリカのように、蒸気の一般供給が行なわれその価格も低廉なところでは、蒸気タービン駆動ターボ冷凍機や吸収式冷凍機が広く普及している。しかし、わが国のように蒸気の一般供給が行なわれておらず、ビルディングごとにボイラを設ける場合には、運転費が電動機駆動の場合に比し数倍にも達するから蒸気タービン駆動ターボ冷凍機の例はほとんどない。

ホテルなどのようにボイラを常に運転している所では、吸収式冷凍機は、運転費も低廉となり、また重量も軽く、静止器で騒音がないから、屋上あるいは、各階に設ける例が増加しており、今後の進歩が注目される。

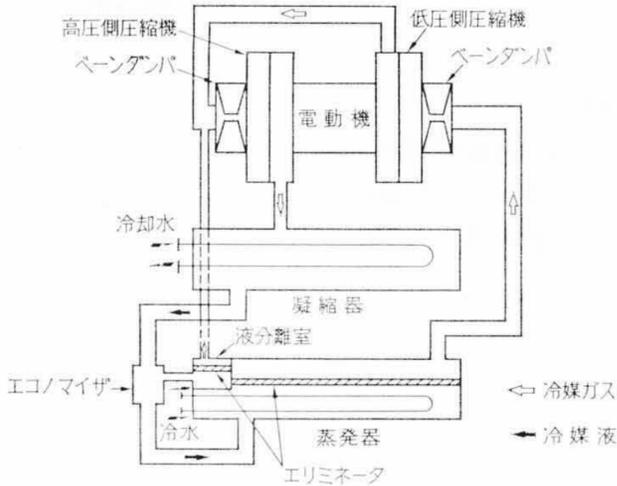
- (1) 日立 HCR 形ハーメチックターボ冷凍機

本ターボ冷凍機は、50~100 RT の中規模用のもので、第1表に示す HCR-1~4 までの4種にわかれている。

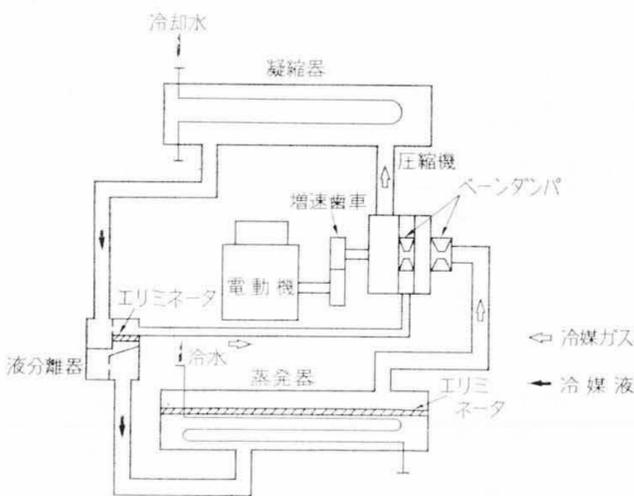
第2図は、冷凍サイクルを示す。

本機は、冷媒ガス冷却形 2 極誘導電動機の両軸に、4 段ターボ圧縮機をオーバハングした構造で、増速歯車を用いず、また軸封の必要もない。冷凍サイクルは完全に密閉され、冷媒漏えい、空気侵入のおそれがない構造となっている。圧縮機の高低圧側入口にはとも

に、ベーンダンパを設けて容量制御を行なっている。圧縮機、電動機、操作盤は、蒸発器、凝縮器の上にすべて一体に取り付けられている、したがって、容量制御範囲が定格の約 20% までと非常に広いこと。装置がコンパクトにまとまり床面積が小さく、据付が簡単で工事期間が短く、容易であるなどの特長を備えている。



第 2 図 日立 HCR 冷凍機の冷凍サイクル



第 3 図 日立 RF 形冷凍機の冷凍サイクル

(2) 日立 RF 形ターボ冷凍機

中規模から、大規模用で、第 2 表に示すように、RF-1~8 までの 8 種にわかれている。

第 3 図は冷凍サイクルを示す。

本機は冷凍機用に特に設計された、4 極巻線形誘導電動機を使用し、2 段ターボ圧縮機の高低圧側入口にはともにベーンダンパを設け容量制御を行なっている、したがって HCR 形と同様、制御範囲が定格の約 20% と非常に広いこと、小形、軽量で、床面積が小さく、据付が容易であるなどの特長をもっている。

第 2 表 日立 RF 形冷凍機 標準仕様

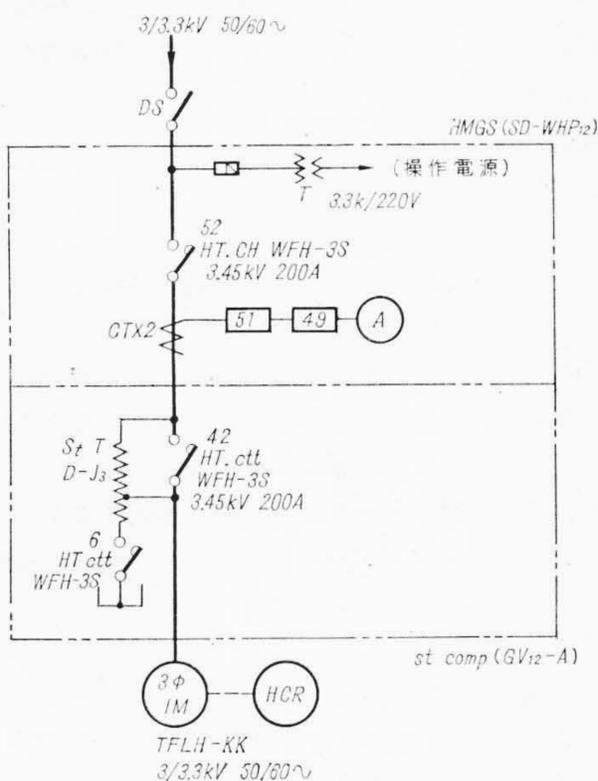
項目	RF-1	RF-2	RF-3	RF-4	RF-5	RF-6	RF-7	RF-8
冷凍 (RT)	125	160	200	250	315	400	450	500
冷水入口温度 (°C)	10							
冷水出口温度 (°C)	5							
冷水水量 (m ³ /h)	76	97	121	152	190	242	272	303
冷却水入口温度 (°C)	32							
冷却水出口温度 (°C)	37							
冷却水水量 (m ³ /h)	95	121	151	190	238	302	340	378
電動機出力 (kW)	125	150	200	250	300	375	425	500
冷 媒	R-11 (C Cl ₃ F)							

第 3 表 日立ターボ冷凍機 標準制御方式

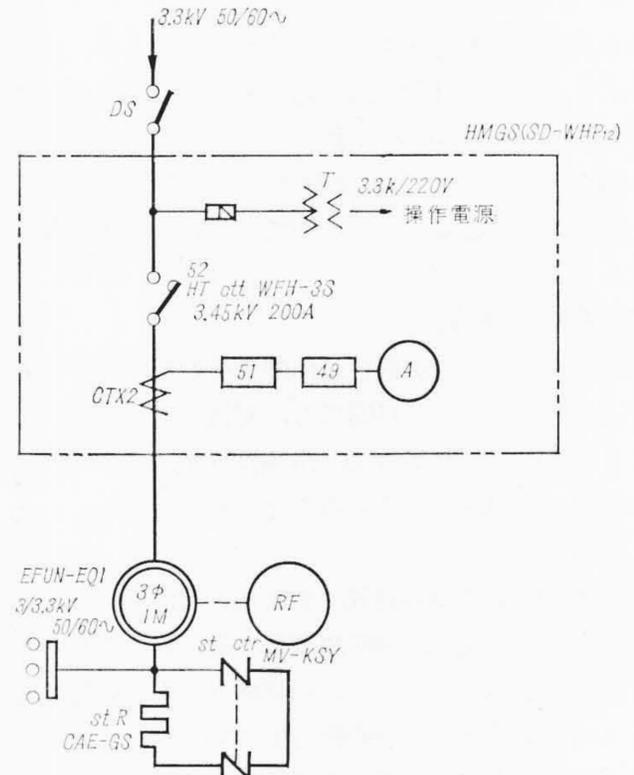
冷凍機の種類	H C R		R F		
	半 自 動	全 自 動	半 自 動	自 動	全 自 動
制 御 方 式	主回路遮断器	操作開閉器により電磁投入遮断	操作開閉器により電磁投入遮断	操作開閉器により電磁投入遮断	操作開閉器により電磁投入遮断
	起動制御器	起動補償器手動操作	起動補償器自動的に電磁操作	制御器手動操作により抵抗器短絡	遮断器投入に連動して制御器電動操作し抵抗器短絡
補機制御方式	電動油ポンプ	起動に先立ち操作開閉器により運転	主操作開閉器を運転にすれば主遮断器投入に先立ち自動運転	起動に先立ち操作開閉器により運転	主操作開閉器を運転にすれば主遮断器投入に先立ち自動運転
	抽気ポンプ	操作開閉器により運転	操作開閉器により運転	操作開閉器により運転	操作開閉器により運転
	電動機用スペースヒータ	—	—	停止中操作開閉器により投入	停止中操作開閉器により投入
	圧縮機用オイルヒータ	停止中油温度により自動投入遮断	停止中油温度により自動投入遮断	停止中油温度により自動投入遮断	停止中油温度により自動投入遮断
容 量 制 御 方 式	電気式無指示比例温度調節計使用冷水温度によりベーンダンパ開度調整	電気式無指示比例温度調節計使用冷水温度によりベーンダンパ開度調整	電子管式無指示比例温度調節計使用冷水温度によりベーンダンパ開度調整	電子管式無指示比例温度調節計使用冷水温度によりベーンダンパ開度調整	電子管式無指示比例温度調節計使用冷水温度によりベーンダンパ開度調整
負 荷 制 限 方 式	—	磁気増幅器により電動機過負荷時容量制御に優先して負荷を制限する	—	磁気増幅器により電動機過負荷時容量制御に優先して負荷を制限する	磁気増幅器により電動機過負荷時容量制御に優先して負荷を制限する
保 護 装 置	電動機過負荷	左記故障のとき自動遮断	左記故障のとき自動遮断	左記故障のとき自動遮断	左記故障のとき自動遮断
	圧縮機油温上昇	ベル警報ランプ表示器に表示する	ベル警報ランプ表示器に表示する	ベル警報ランプ表示器に表示する	ベル警報ランプ表示器に表示する
	凝縮機圧力異常上昇	ランプ断線点検装置内蔵	ランプ断線点検装置内蔵	ランプ断線点検装置内蔵	ランプ断線点検装置内蔵
	圧縮機油圧異常低下	—	—	—	—
	蒸発器冷水断水	—	—	—	—
	凝縮器冷却水断水	—	—	—	—
	冷水過冷却	—	—	—	—
油ポンプ故障	—	—	—	—	

第4表 主回路器具の適用

冷凍機および制御方式 主回路機器	H C R		R F		
	半 自 動	全 自 動	半 自 動	自 動	全 自 動
誘 導 電 動 機	TFLH-KK 2極全閉ガス冷却2重カ ゴ形 100, 75, 60 kW 3/3.3 kV 50/60~, 50 kW 400/440V 50/60~	TFLH-KK 2極全閉ガス冷却2重カ ゴ形 100, 75, 60 kW 3/3.3 kV 50/60~, 50 kW 400/440V 50/60~	EFUN-EQI 4極開放防滴巻線形 サイレンサ付 125-550 kW 3/3.3 kV, 50/60~	EFUN-EQI 4極開放防滴巻線形 サイレンサ付 125-550 kW 3/3.3 kV, 50/60~	EFUN-EQI 4極開放防滴巻線形 サイレンサ付 125-550 kW 3/3.3 kV, 50/60~
主 回 路 遮 断 器	SD-WHP ₁₂ Hマグス (高圧電磁接触器) 3.45kV, 200A, 25MVA	SD-WHP ₁₂ Hマグス (高圧電磁接触器) 3.45kV, 200A, 25MVA	SD-WHP ₁₂ Hマグス (高圧電磁接触器) 3.45kV, 200A, 25MVA	SD-WHP ₁₂ Hマグス (高圧電磁接触器) 3.45kV, 200A, 25MVA	SD-WHP ₁₂ Hマグス (高圧電磁接触器) 3.45kV, 200A, 25MVA
起 動 補 償 器	GH-JI 手動, 起動, 補償器	GV ₁₂ -A 自動, 起動, 補償器	—	—	—
起 動 制 御 器	—	—	VC-SI 手動起動制御器	MV-KSY 電動起動制御器	MV-KSY 電動起動制御器
起 動 抵 抗 器	—	—	CAE-GS グリッド抵抗器	CAE-GS グリッド抵抗器	CAE-GS グリッド抵抗器



第4図 日立HCR冷凍機単線接続図(全自動方式を示す)



第5図 日立RF形冷凍機単線接続図(全自動方式を示す)

3. ターボ冷凍機制御方式

ターボ冷凍機の制御方式には、半自動方式と、全自動方式の二つがある。前者は、監視者が常駐してある程度の手動操作を行なうが、機器設備費は低廉である。後者は機器のイニシャルコストは、多少高いが監視者を常駐させず、機器を自動運転し遠方より集中監視制御して、経常運転費を節減することができる。制御方式としては、操作盤を低廉な価格、優秀な性能のものとするために、標準化することが必要である。

第3表は、日立ターボ冷凍機の標準制御方式を示す。本方式の特長は、

- (1) ビルディング、ブロック方式を採用している。たとえば半自動方式に、機器および配線を追加すれば自動あるいは、全自動方式となる。
 - (2) 使用機器中重要部分を固体化し、小形化して、信頼度の高いものとした。
 - (3) 操作盤を小形化し、コンパクトにまとめている。
- などである。

3.1 起動および補機制御方式

第4表は主回路機器の適用を、第4図はHCR、第5図はRF形の単線接続図を示す。

(1) ターボ圧縮機用電動機

電動機は特に冷凍機用に設計されており、HCR用は冷媒ガス冷却形2極かご形誘導電動機、RF形用は4極巻線形誘導電動機を使用し、GD²の大きいターボ圧縮機起動用として十分なトルクをもたせるとともに、起動電流を極力低くおさえている。HCR用かご形電動機においても起動補償器を採用して起動電流が定格の150%を越えないよう考慮している。また、HCR用ガス冷却形電動機は冷媒ガスに侵されず、絶縁低下のおそれのないよう考慮されている。騒音は低く、85フォン以下となっている。

(2) 主回路器具

主回路遮断器には高圧電磁接触器Hマグスを適用している。これにはPT CT、過電流および過負荷継電器が内蔵され、高ひん度の開閉に耐え、動作は確実である。そのほか、起動用器具もすべて油を使用せず、乾式なので不燃設備とすることができ、小形コンパクトであることと相まってビルディング用として適当である。

(3) 半自動方式

第3表に示すとおり、半自動方式の場合はHCR用起動補償器、RF形用起動制御器とも、手動操作方式を採用しているので、電動機が起動すれば、起動制御器を手動操作し加速する。油ポンプなどの補機は冷凍機起動に先立ち起動し、油圧が上昇しなければ、冷凍機が起動できないようインターロックを施している。万一故障の場合は主回路遮断器を遮断し、冷凍機を直ちに停止するとともに警報表示する。

(4) 自動方式

自動方式は一人制御方式であって、第3表に示すとおり主起動開閉器を起動側に操作すれば、最初に油ポンプが起動し、軸受油圧が規定値になると主回路遮断器が投入し冷凍機は起動する。ついで起動制御器が自動操作され電動機は加速する。このとき、十分加速し起動電流が減少したことを確かめ、順次起動抵抗器を短絡する。停止の場合、主起動開閉器を停止側に操作すれば主回路遮断器は直ちに開路するが、油ポンプはその後5分間運転を継続し、電動機の惰性運転中も強制潤滑を確保することができる。

(5) 全自動方式

全自動方式は第3表に示すとおり冷水温度により、冷凍機を自動起動、停止するほかは自動方式と同じである。冷水出口に後述の温度調節器をそう入し、HCR、RF形とも冷水出口設定温度-1°Cで停止、+8°Cで起動するように調整されている。運転費が大幅に節約でき、かつ監視を必要としないので、全自動方式を採用されることが最近多くなっている。

3.2 容量制御方式

空気調和装置および冷凍機容量は熱負荷の基準設計点より決定されるので、季間中あるいは日間でも、定格容量よりはるかに下で運転することが多い。したがって、冷凍機容量はできるだけ低い範囲まで、効率よく、制御できるものでなければならない。

(1) 操作端

冷凍機本体の機械的調整装置、すなわち操作端はベーンダンパ開度調整、吸込バルブ調整、回転数調整、凝縮器の冷却水量調整など種々の方法があるが、ベーンダンパ調整が最もよい特性を与えている。吸込バルブ調整は、圧縮機吸込側に弁を設け冷媒ガス流量を絞るもので、凝縮器冷却水量調整と同様、容量制御範囲が約65%と狭く、効率も低い。一方、ベーンダンパ開度調整と回転数調整を比較すると、第6図に示したターボ圧縮機特性から明らかとなり、吸込風量は回転数に比例し風圧は回転数の2乗に比例して変化す

る。回転数を減少すれば、曲線Aの特性はB、Cのように変化する。1、2、3点はその回転数におけるサージング点を示し、吸込風量はa、b、c点へと移って行く。1、2、3を結ぶ線とa、b、cを結ぶ線の交点、すなわち定格の約40%まで容量制御を行なうことができる。回転数を一定としベーンダンパ開度を変化した場合の圧縮機特性はB'、C'曲線のようになり、サージング点は2'、3'点へと移って行くから容量制御範囲は約20%となる。

以上のように、ベーンダンパ開度調整は回転数調整に比べても、サージングを起こさず安定して広い範囲にわたり容量を制御できる。また、設備費は回転数調整のほうが高価となるから、HCR、RF形冷凍機ともベーンダンパ開度調整を採用している。

(2) 温度調節計

自動温度調節計はターボ冷凍機制御の心臓部をなすものである。従来、温度調節計にはEOI形、3位置動作、温度指示調節計を適用していたが、今回、全く新たにHCR用として電気式、RF形用として電子管式の無指示比例動作温度調節計を開発した。比例動作温度調節計によりコンタクタサーボ部分を除き無接点化されたから損耗部分がほとんどなくなり長寿命のものとなり、感度は0.2°Cで精度の高い制御ができる。また、トランジスタ増幅器を採用したので、調節計自体が小形になり、ベーンダンパリミットスイッチ、あるいは開度計送信部などをすべてコントロールモータに内蔵したので、冷凍機の周囲は簡潔とすることができた。

(a) 電子管式無指示比例動作温度調節計

125 RT以上の、RF形ターボ冷凍機に適用するもので、第7図はその方式を示す。冷水出口にそう入したC169形サーミスタ温度発信器は、VB51E1形温度調節計内のACブリッジの一边をなしており、冷水温度変化によりサーミスタ抵抗が変化するとき生じる不平衡電流は、トランジスタ増幅器により増幅され、コントロールリレーに加えられる。コントロールリレーの正逆動作によりコントロールモータが回転しベーンダンパを開閉するが、同時に帰還スライドが移動し、

$$\dot{Z}_1 \dot{Z}_4 = \dot{Z}_2 \dot{Z}_3$$

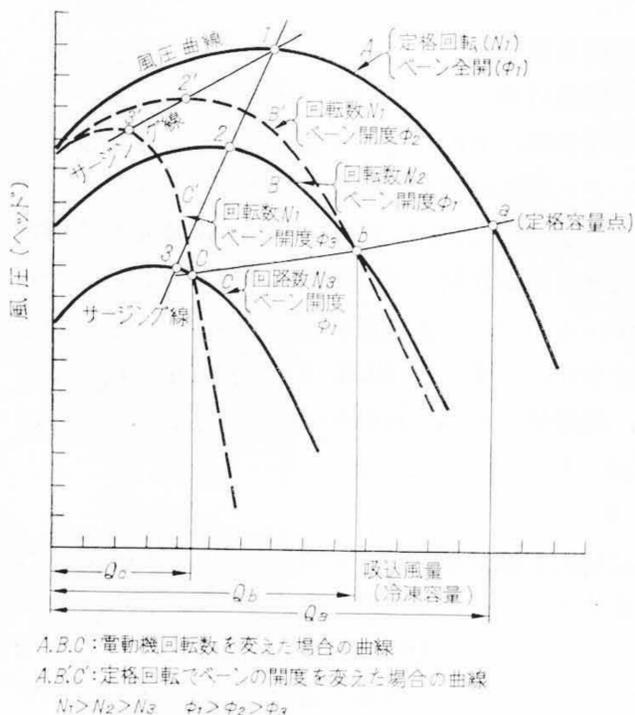
となるよう制御する。

ここで、 \dot{Z}_1 : サーミスタを含む辺のインピーダンス

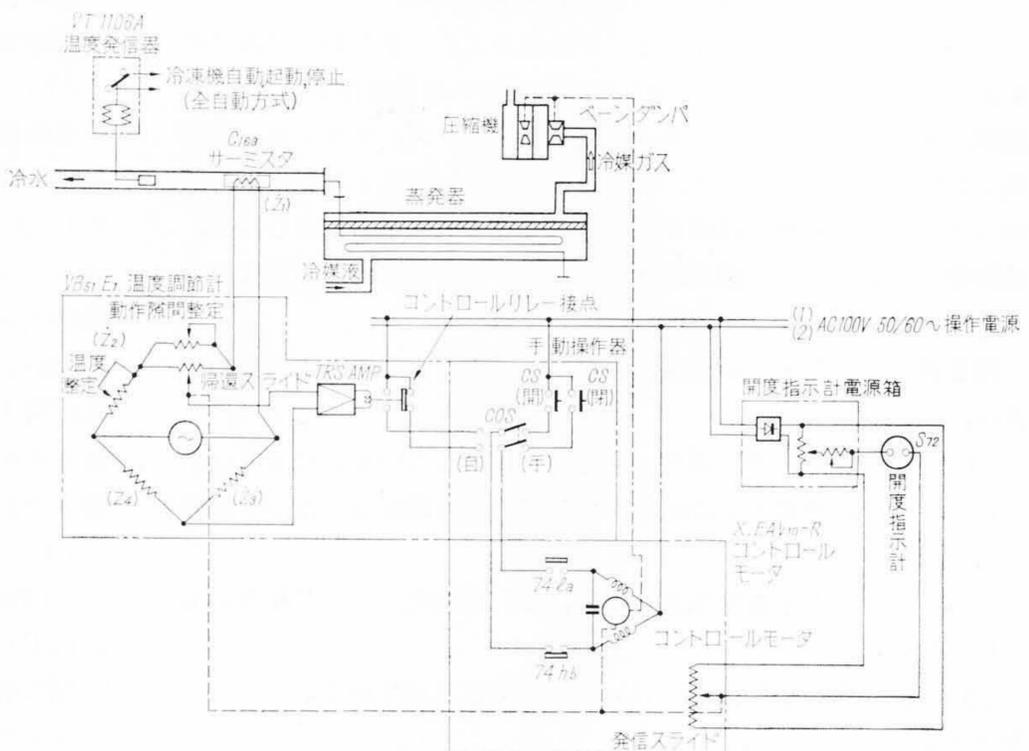
\dot{Z}_2 : 帰還スライドを含む辺のインピーダンス

\dot{Z}_3, \dot{Z}_4 : 固定インピーダンス

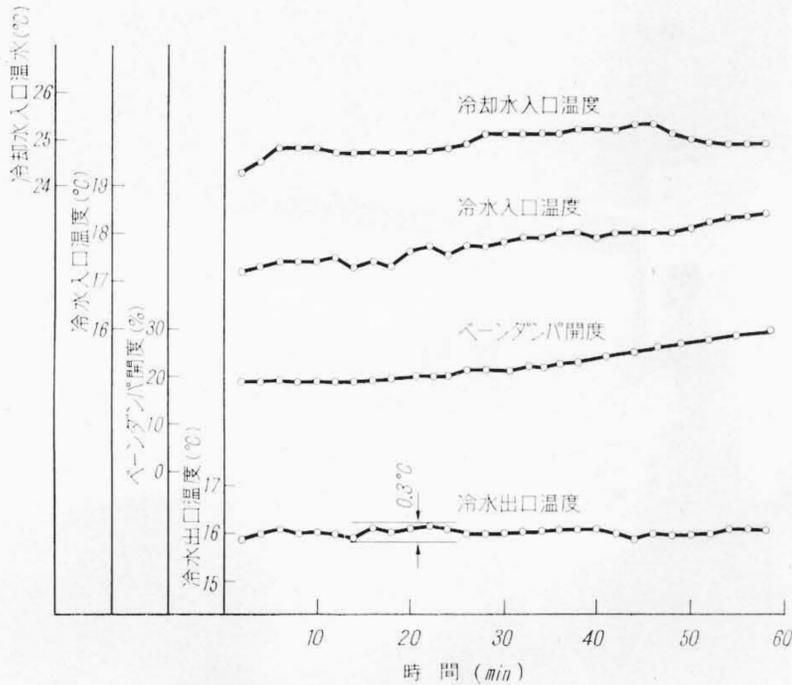
第8図は本調節計の制御結果を示すもので、冷水入口温度約1.5°Cの変化に対し0.3°Cの幅に安定した制御が行なわれていることが



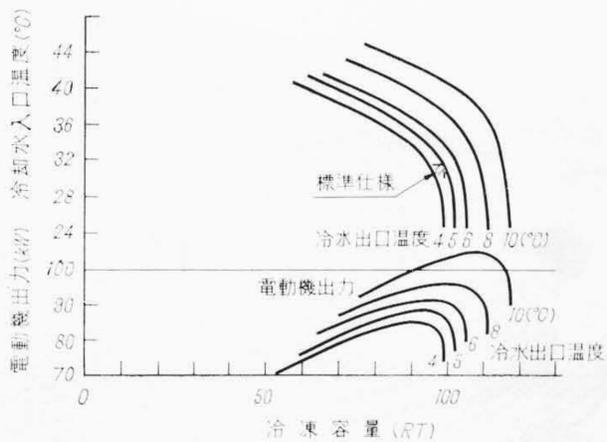
第6図 ターボ圧縮機特性



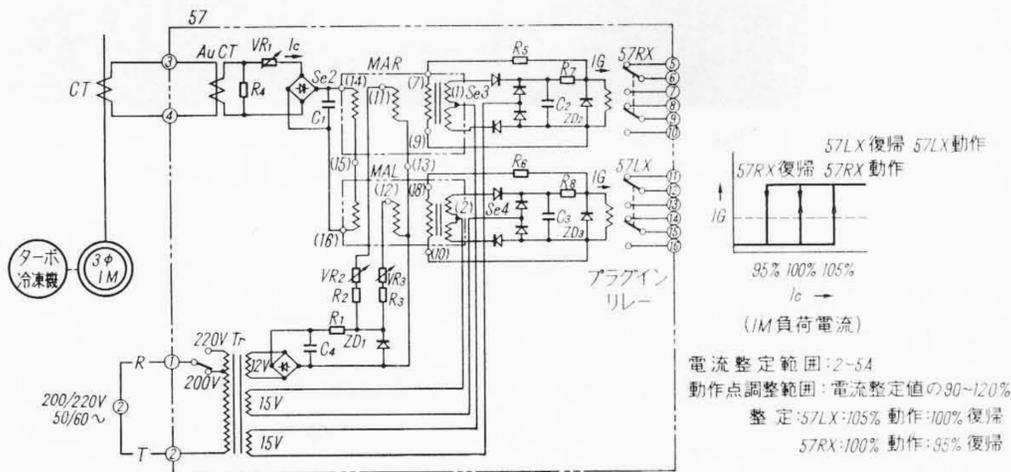
第7図 RF形ターボ冷凍機電子管式無指示比例動作温度調節方式



第8図 VB₅₁E₁形電子管式温度調節計による冷凍機の制御結果



第9図 100RT HCR冷凍機特性

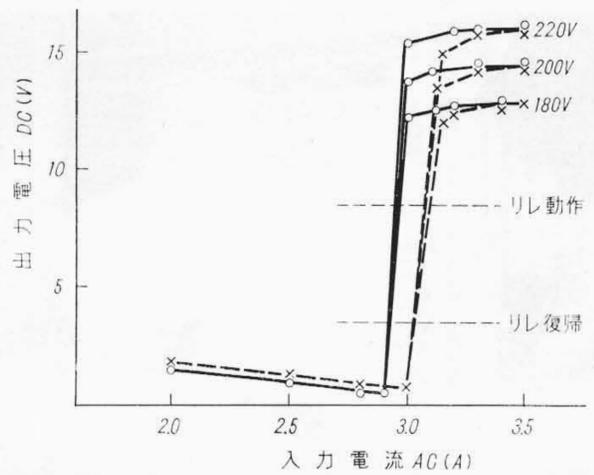


第10図 磁気増幅器形負荷制限装置

わかる。コントロールモータに別に設けられた発信スライドと開度指示計によりベーンダンパ開度を指示しているから、自動調整時の監視、試運転調整の場合の手動調整も開度指示計を監視しながら容易に行なうことができる。調節計は夏、冬、2重目盛を持っている。リミットスイッチは、コントロールモータにすべて内蔵されており、サージングカットおよび、開度制限などのインターロックも夏、冬、切り換えられるよう考慮されている。

(b) 電気式無指示比例動作温度調節計

100 RT 以下の HCR 冷凍機に適用されるもので、冷水出口にそう入した感温部でペローズを伸縮させ、これにスライド抵抗を接続し、冷水温度変化に比例したブリッジ抵抗値の変化を直接得るほかは、電子管式と大差はない。HCR 本体にコンパクトにまとめるため、方式は極力単純化している。



第11図 磁気増幅器形負荷制限装置特性 (3A 整定, 操作電源電圧 200V ± 20V 変動の場合を示す)

3.3 負荷制限方式

第9図に 100 RT の HCR 冷凍機の特性を示す。ベーンダンパ開度が一定で運転している場合でも空気調和装置の熱負荷が大きく、冷凍機容量を超過し、冷水出口温度が上昇するときは、冷媒蒸発圧力が上昇するため電動機負荷は次第に増加してゆく。したがって、起動の最初のように、冷水温度が常温に近い状態においては、電動機は著しく過負荷となる。このとき、冷水温度調節計により自動容量制御を行なうと、ベーンダンパはたちまち全開し、電動機は過負荷のまま運転し過負荷継電器が動作し、遮断停止する恐れを生ずる。これを避けるため自動および全自動方式の場合、磁気増幅器形過負荷制限装置を設けている。本装置は第10図にその接続が示されているように自己飽和形磁気増幅器に正帰還を施して跳躍特性をもたせ、出力側に小形プラグインリレーを接続している。信号巻線に接続した変流器2次電流値が整定値を越えたとき、プラグインリレーが動作するものである。

第11図にその特性を示す。動作は下記のとおりである。

定格電流

- 100%にて、低整定側(57RX)動作: 自動温度調整停止
- 95%にて、低整定側(57RX)復帰: 自動温度調整再開
- 105%にて、高整定側(57LX)動作: ベーンダンパ閉
- 100%にて、高整定側(57LX)復帰: ベーンダンパ閉動作停止

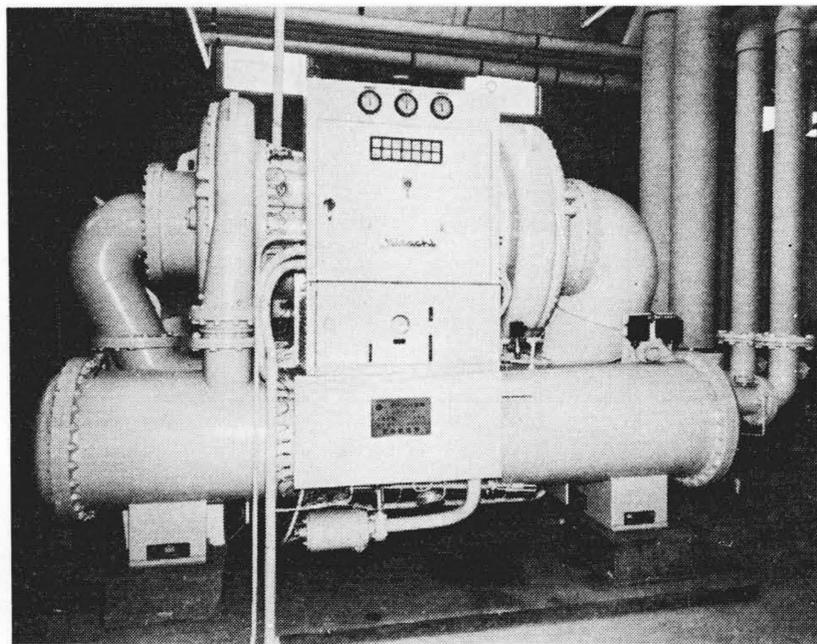
冷水出口温度が高いとき、ベーンダンパの開閉をくり返し、次第に冷水温度を下げて行くもので、電動機過負荷に対し監視を必要とせず容易に運転できるものである。2-5 A の整定範囲に対し、どこに整定しても高整定 105%、低整定 100% 動作となるようバイアス電流値を固定してあるが、必要に応じバイアス電流値を調整すれば整定値の $\pm 20\%$ の範囲まで動作電流値を变化することができる。なお、半自動方式の場合は監視者が監視することを前提としているので、本装置を省略し設備費を低減するようにしてある。

3.4 ターボ冷凍機操作盤

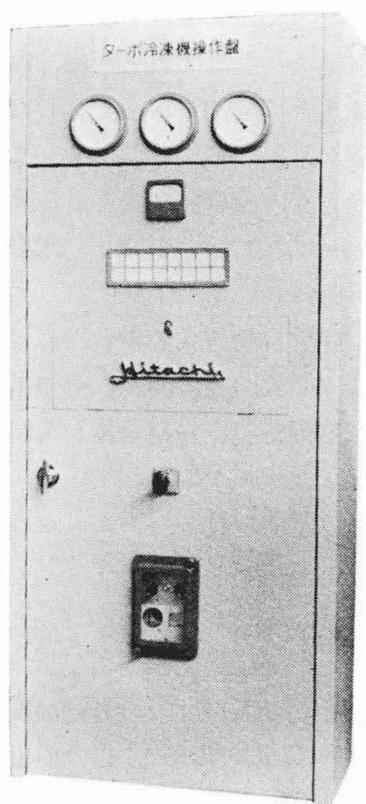
第12図は HCR 冷凍機を示す。操作盤は前述の標準化した制御方式に加え小形器具の採用により幅 800×高 800×奥行 250 の小形キャビネットにすべての器具を取り付け、冷凍機本体へコンパクトに組み込まれている。

第13図は RF 形冷凍機用制御盤を示す。幅 700×高 1,600×奥行 350 の小形自立キュービクルにまとめられている。従来の操作盤に比べ容積で 42.5%、重量で約 60% 低減することができた。

本盤はすでに量産の軌道に乗っており、38年夏季には 100 面以上が運転にはいることとなっている。



第 12 図 日立 HCR 冷凍機



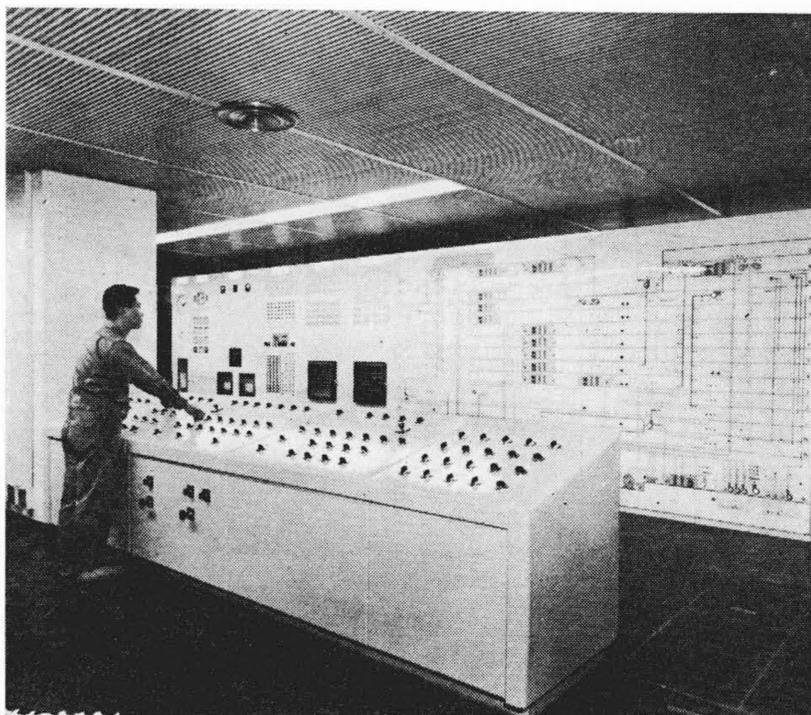
第 13 図 RF 形冷凍機用制御盤

4. 集中監視制御

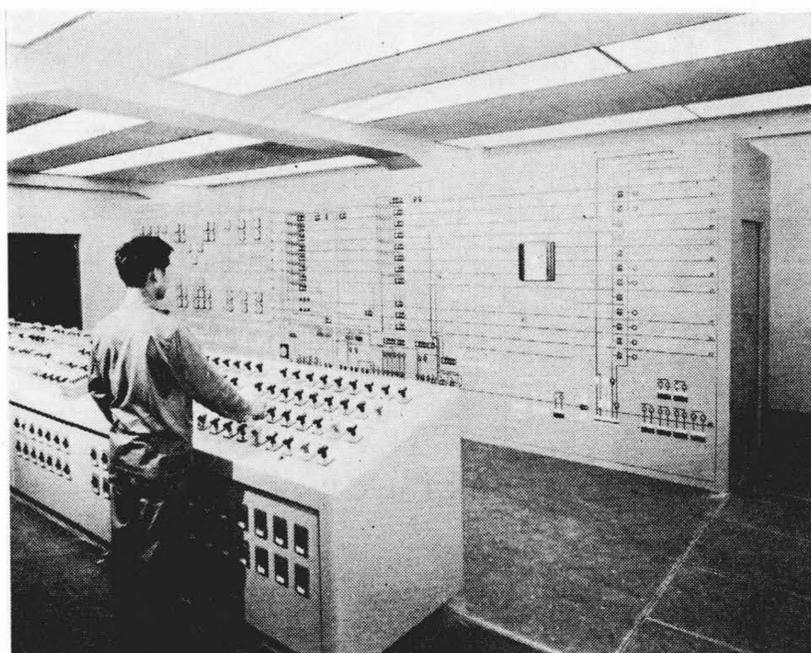
冷凍機、ボイラ、調和器、ファン、ポンプなどビルディング空気調和装置のすべての機器を監視盤から起動、停止し、その運転状態を表示するとともに故障や異常を迅速に発見してこれを除去し、同時に警報表示して監視者に注意を与えるようにすれば少数の監視者で確実に運転、制御できるから、ビル全体の管理費を大幅に低減することができる。

集中監視制御盤はこの目的にそって設置されるもので、監視者は余裕をもって綿密な保守ができるから、故障によるサービスの低下を防ぐと同時に、正確な運転記録が得られるので、このデータを分析して設備の効率低下あるいは運転コストの上昇を迅速に発見して適切な対策を施し、設備全体を合理的に管理することができる。

この集中監視制御盤をグラフィックパネルとして系統を一目でわかるようにし、運転状況を的確には握できるようにするのが最近の傾向である。第 14 図は大阪富士ビルディング、第 15 図は東京建物株式会社新宿ビルディング(小田急デパート)納入のグラフィックパネルを示す。前者は系統をアクリル板に彫刻表示し、後者は鋼板盤にアクリル母線をはり付けて構成しているが、運転表示灯は故障時にはフリッカして故障位置を表示し、水槽シンボルは平常および上下限警報水位に分割し、平常の場合は点灯表示、上下限警報水位に



第 14 図 大阪富士ビルディング納 空気調和装置集中監視制御用グラフィックパネル



第 15 図 東京建物新宿ビルディング(小田急デパート)納受変電、空気調和、衛生設備、集中監視制御用グラフィックパネル

なればフリッカ表示と同時に警報するなど、監視が容易なよう図っている。

空気調和装置のほか、ビル受変電設備、衛生設備などの集中監視制御盤も列盤として設置すれば、ビルの電気および機械設備はすべて一括して管理され、能率はいっそう向上する。新宿ビルは電気、空調、衛生設備の集中監視制御盤を一括して設けた例であって、最新の設備である。

5. 結 言

以上、最近の冷凍機の制御について述べたが、冷凍機は空気調和装置の中核をなす重要な設備であるから、その制御方式は確実に信頼度が高く、取り扱いが容易なよう考慮する必要がある。特にビルディングにおいては、その程度、規模および目的に応じ建築と設備、設備相互および設備と制御がよく調和を保ち、常に最適状態で運転するとともに、設備費、運営費をできるだけ低減しなければならない。今回開発した冷凍機制御装置はその方式、精度いずれの面においてもこの要求に適合したものと信じるが、今後さらに研究を重ね向上に努めたいと考える次第である。