

誘導加熱反応装置

Electric Induction Heated Reaction System

長 友 克 明* 久 富 重 信*
Katsuaki Nagatomo Shigenobu Hisatomi

後 藤 篤** 助 川 二 朗**
Atsushi Gotô Jirô Sukegawa

内 容 梗 概

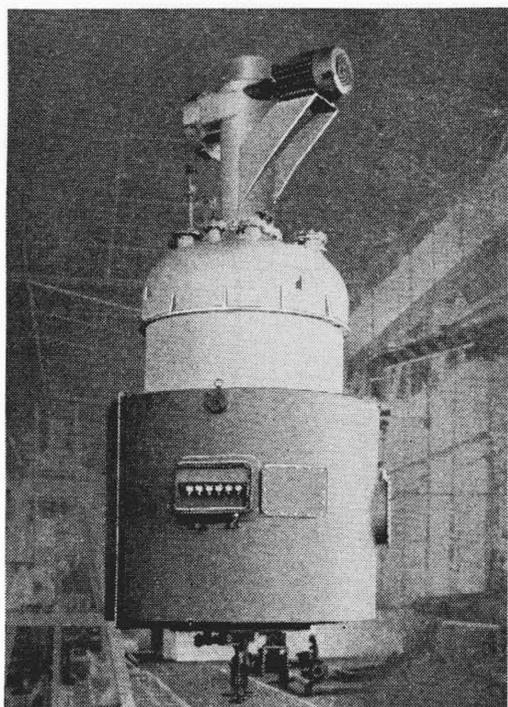
商用周波による三相誘導コイルを使用して缶壁を発熱させて内容物質を反応させる、張込容量 3,000 l の攪拌(かくはん)機付反応缶を試作完了したので、その原理、構造、仕様、性能試験結果などについて記述する。

誘導加熱には電気的、磁気的および熱的な諸量が相互にからみ合っているので、計算のみではとうてい設計することもできず、諸特性の推定も困難である。われわれは小形の実験装置により基礎的な設計資料を得、それを基に、今回実際スケールの反応装置一式を試作し、設計値を十分満足する性能を得たので、その概要を述べる。

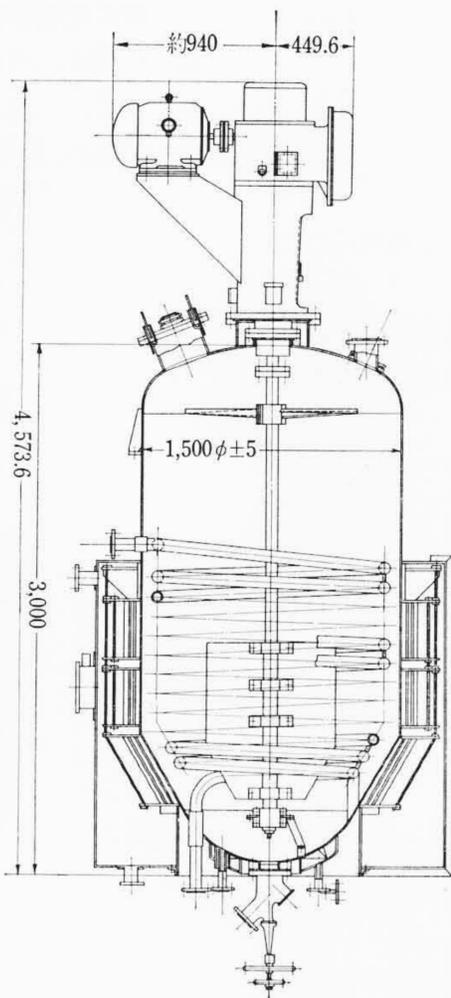
1. 緒 言

化学工業において、アルキッド樹脂塗料など各種の合成樹脂工業において 200~300°C の温度に加熱して反応を行なわせる反応器が広く使用されている。従来この加熱には、ジャケット付反応器に熱媒蒸気または液を循環させる方法が一般的であった。しかしこの方式は加熱、冷却の際の余熱の損失が大きく、温度制御が複雑となり、熱媒による金属の腐食が大きく、かつ不便な点も多々見られた。しかるに近年、この加熱に商用周波の電気誘導加熱を利用した直接的加熱方法が研究され、諸外国ではすでに商品化されている。

誘導加熱方式は、温度制御、熱効率、運転操作、保守点検などの面で熱媒方式に比べて多くのすぐれた特長を持っている。日立製作所でもこの方式の反応装置を商品化する目的で、基礎的研究を重ね、一応基礎的な設計資料を得た。そこでさらに実際の設計の詳細な資料を得るため、今回、実装置として作業容量 3,000 l の反応装置の試作を完成した。ここにその原理、構造、仕様、性能試験結果について述べる。第 1 図に本装置の外観を、第 2 図に反応缶の内部の概略を示す。



第 1 図 誘導加熱反応装置



第 2 図 誘導加熱反応装置

2. 誘導加熱反応装置の特長

2.1 原 理

従来使用されている化学反応装置においては、化学反応に必要な熱エネルギーはおもに反応器の外部から与えられ、熱源から被加熱物に与えられる熱量 Q は次式であらわされる。

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t \dots\dots\dots (1)$$

ここで U : 伝熱係数
 A : 伝熱面積
 Δt : 熱源と被加熱物との温度差

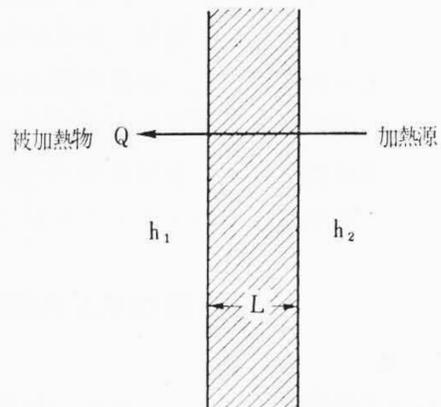
特に第 3 図で示されるような、面を通しての熱伝導については伝熱係数 U は次式で示される。今、面を反応器の壁と見ると、

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_2} + \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h_1} \dots\dots\dots (2)$$

ここで h_2 : 熱源から缶壁間の境膜伝熱係数
 L : 缶壁の厚み
 λ : 缶壁の熱伝導率
 h_1 : 缶壁から被加熱物間の境膜伝熱係数

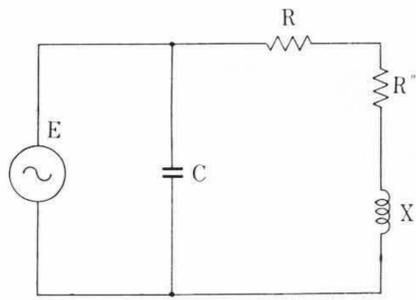
(2)式において、 h_1 は被加熱物の状態および性質によって、 L/λ は缶壁の材質、温度、形状によって定まる。 h_2 は加熱方法によって大きく変化する。そこで、缶壁自身に熱を発生させれば、 $1/h_2$ の項は存在しなくなるので、 U は缶壁外から加熱する場合に比べて必ず大きくなり、誘導加熱が伝熱の上からも有利であることがわかる。

誘導加熱反応装置は誘導コイルに、ある周波数の交流を通電し、電磁誘導作用により反応缶壁に発生した渦電流を利用して加熱する



第 3 図 反応缶壁における熱移動

* 日立製作所笠戸工場
** 日立製作所国分工場



第4図 誘導加熱反応装置等価回路

ものであり、渦電流により反応缶壁に発生する熱エネルギー P は、コイルにより作られる磁界を H 、反応缶壁の固有抵抗を ρ 、透磁率を μ 、加熱周波数を f とすると

$$P = KH^2 \cdot \sqrt{f\mu\rho} \dots\dots\dots (3)$$

で与えられる。

ここで K は反応缶自体の形状あるいは物理的性質により定まる定数である。

(3)式から明らかなように発熱量は磁界の強さの2乗に比例し、周波数の平方根に比例するが、金属溶解に使用されているルツボ形誘導炉とは異なり、強磁性体での誘導加熱であるので、必要なエネルギーは商用周波でも十分に与えることができる。

誘導加熱反応装置の等価回路を第4図に示す。等価回路に示される R' 、 R'' 、 X はそれぞれコイル、反応缶の実効抵抗および反応缶のリアクタンスであり、反応缶の実効抵抗 R は次式となる。

$$R = R' + R'' \dots\dots\dots (4)$$

したがって反応缶への入力 P_{in} 、無効電力 P_{rea} はそれぞれ(5)、(6)式で与えられる。

$$P_{in} = \frac{E^2 \cdot R}{R^2 + X^2} \times 10^{-3} \text{ (kW)} \dots\dots\dots (5)$$

$$P_{rea} = \frac{E^2 \cdot X}{R^2 + X^2} \times 10^{-3} \text{ (kVar)} \dots\dots\dots (6)$$

ここで E は加熱コイルの端子電圧を表わす。

また誘導加熱反応装置は一般に漏えい磁束が大きいため力率が悪く、これを改善するため、コイルと並列にコンデンサを接続している。このコンデンサの容量 C は

$$C = \frac{E^2 \cdot X}{R^2 + X^2} \times 10^{-3} \text{ (kVA)} \dots\dots\dots (7)$$

で与えられる。

2.2 特 長

誘導加熱反応装置は下記のような特長を持っている。

- (1) 反応缶の缶壁自体が発熱源となるから、均一な加熱が行なわれ、缶内物質の反応が均一に進行する。
- (2) 発熱源になる缶壁の熱容量が小さいので、温度制御の遅れがなく、正確に行なわれ、熱損失が少なく急速に昇温または冷却することができ、熱効率がよい。
- (3) 缶の上中下に取り付けられたコイルはおのおの独立に温度制御ができるので、精密な温度制御ができ、なお缶内物質の張込みを3段階に変えて運転することができる。
- (4) エネルギー源は電気であるから、運転方法が簡単で、自動化が容易であり、摩耗や腐食を起こす部分がないので保守の手間がほとんどかからない。
- (5) 誘導加熱コイルを保温カバーで包み、カバー内を空気による内圧防爆構造とすることができる。

3. 誘導加熱反応装置の説明

3.1 仕 様

この反応装置はアルキッド樹脂の合成を目的として次のような仕様で試作された。

3.1.1 反応缶および機械部品

反応缶は第2図のような構造を持ち、その仕様は下記のとおりである。

全 容 量	4.4 m ³
張 込 量	3 m ³
設 計 温 度	300°C
設 計 圧 力	3 kg/cm ² (G)～完全真空
冷却蛇管伝熱面積	11 m ²
攪 拌 回 転 数	57 rpm
攪 拌 用 電 動 機	7.5 kW 6極 誘導電動機
減 速 機	日立直交軸攪拌機
軸 封 装 置	日立ユニットメカニカルシール
材 質	缶 体 SUS 32 クラッド鋼
	接液部 SUS 32
	その他 SS 41

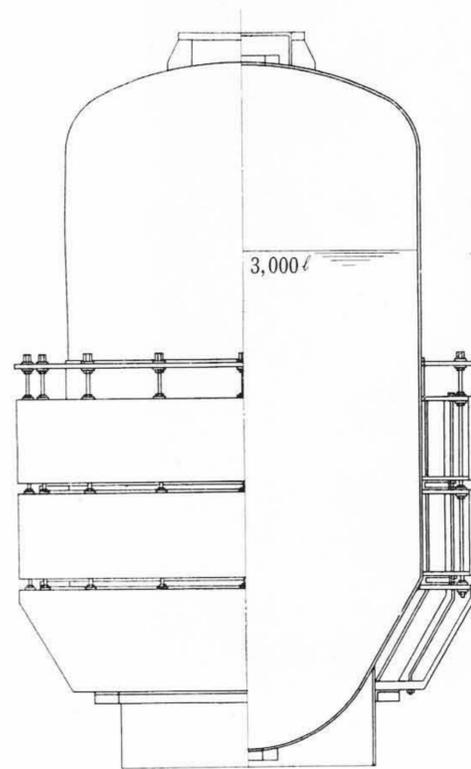
3.1.2 電機品仕様

誘 導 コ イ ル	50 kW×3相 500 V
受 電 用 高 圧 盤	電 源 3,000/3,300 V
	3φ 50/60~
	遮断容量 100 MVA at 7.2 kV
三 相 変 圧 器	1 次 側 3,000/3,300 V
	2 次 側 500 V
制 御 盤 (防 爆 形)	200/220 V 3φ
	温度指示記録計 切換開閉器
	表示灯 故障表示器取付
低 圧 盤 (電 磁 開 閉 器 内 蔵)	220/200 V 3φ
力 率 調 整 用 コ ン デ ン サ	

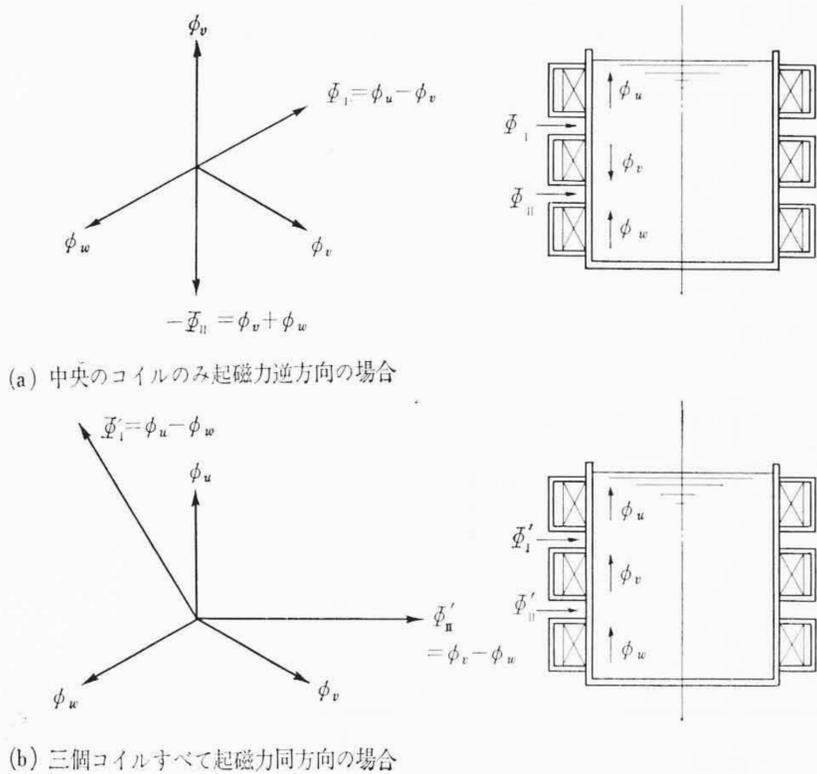
3.2 誘導加熱コイル

誘導加熱コイルは大電流が流れるので、普通コイル冷却のために中空導体の水冷式コイルを使用するが、本装置では反応缶の熱効率を向上させるために風冷式コイルとし、三相誘導加熱装置とした。この方式では、コイルの耐熱性と各相コイルの磁氣的干渉の防止が必要である。

一般に電気機器に使用されている平角銅線は300°C以上で連続運転した場合、導体表面より酸化をおこし、徐々に消耗する欠点を持っている。一方、アルミニウム線は高温のもとでは表面に酸化被膜を生ずるが、この被膜は比較的硬度が大で、絶縁性、断熱性がすぐれ



第5図 3,000 l 誘導加熱反応缶誘導加熱コイル断面図



第6図 ベクトル図

ているので、本コイルには軟平角アルミニウム線を採用した。

第5図に誘導加熱コイルの断面図を示した。三相誘導加熱コイルは反応缶の形状により、第5図に示すように2個の円筒形コイルと1個の円錐形コイルとした。この加熱コイルに使用されている電気絶縁物は、耐熱性の面からすべてC種絶縁物を使用した。

この誘導加熱コイルは、缶体に容易に取り付けることができるように、コイル巻型に巻かれている。この巻型は、鋼板とステンレス鋼板でつくられているが、磁束の通路となる部分はすべて鋼板製である。これは各相コイルによって生ずる磁束間の相互干渉およびコイル中に存在する漏えい磁束を減少させるためである(特許出願中)。

コイル結線方法は巻型部分の磁束密度を減少させるため、V相コイルのみ他のU、W相コイルと起磁力が反対となるように接続されている。これは第6図のベクトル図から明らかのように、コイル間に存在する巻形中の磁束は、3個の加熱コイルの起磁力が同方向の場合の $1/\sqrt{3}$ となるためである。

第7図は反応缶に対するコイルの取付構造を示している。3個の誘導加熱コイルは反応缶に設けられたフランジにロッドを介してつり下げ、コイル間は保守点検を容易にするため、U字形の鋼板製のリングにより缶体に固定されている。

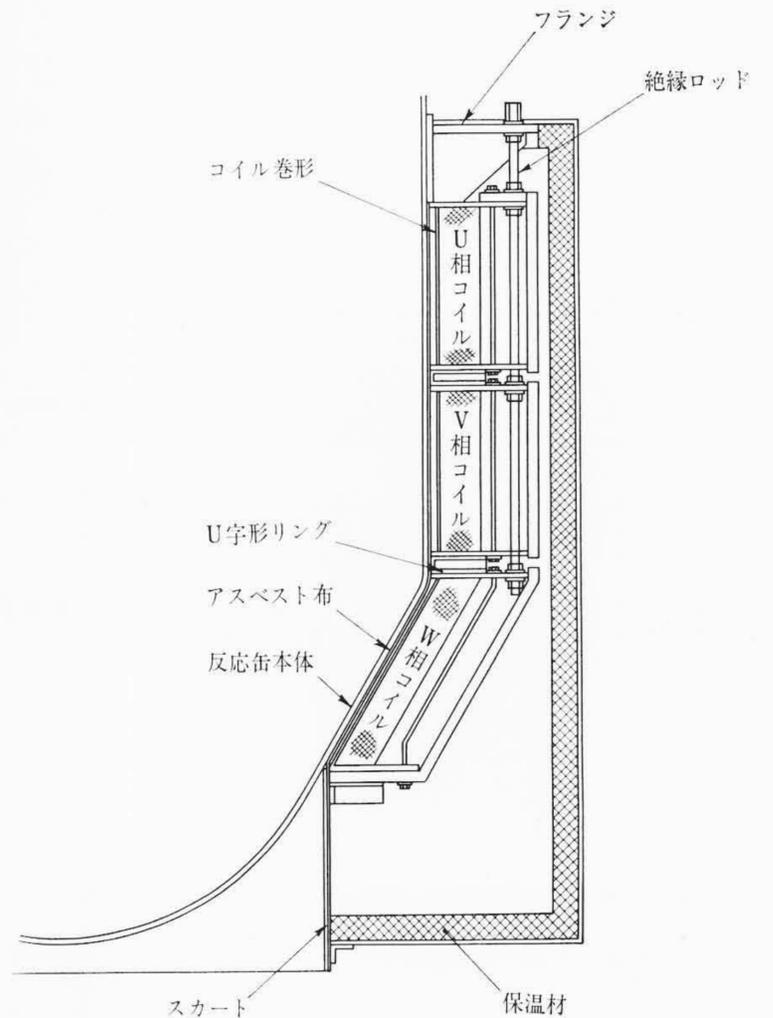
3.3 電源設備

第8図に3,000 l 誘導加熱反応装置の主回路接続図を示す。電源設備は電源変圧器、コンデンサ、制御盤、電磁接触器盤、高圧受電盤からなりたっている。

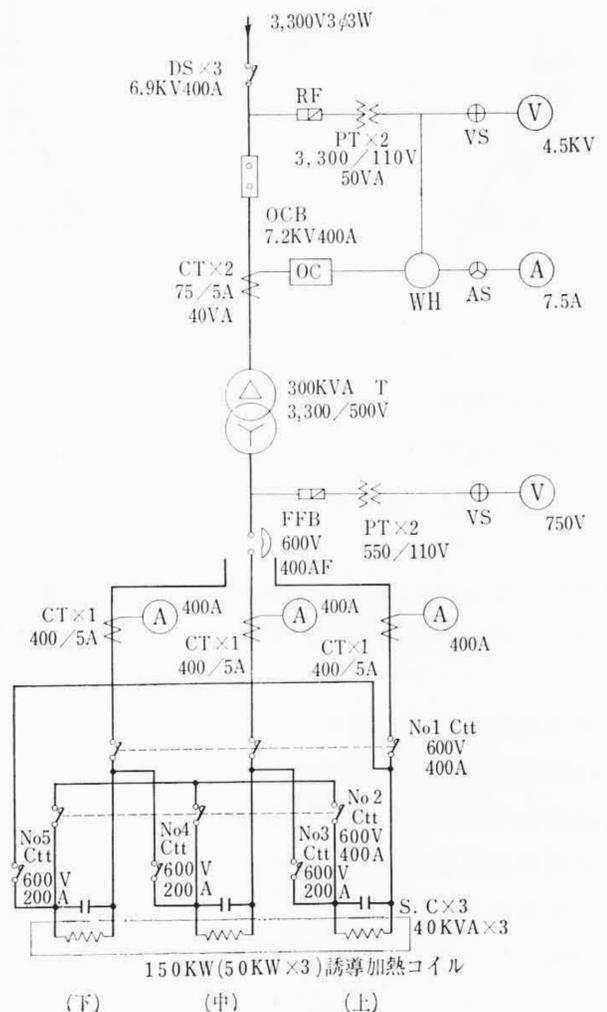
本装置の入力は150 kWであるが、将来2基並列運転ができるように変圧器容量は300 kVAである。また変圧器2次電圧は生成物の種類、加熱条件により加熱速度が加減できるように、定格電圧500 Vのほか550 V、450 Vのタップが設けてある。

本装置は強磁性体の誘導加熱であるので、力率は70~75%と比較的良好であるが、さらにこれをほぼ100%にするため、加熱コイルと並列に40 kVAのコンデンサを接続している。

誘導加熱反応装置の制御は主として発熱量の制御および温度管理である。発熱量を制御する方式としては、誘導加熱コイルの端子電圧を変化させて入力を変える方法および三相コイルの場合は、コイル結線を三角結線あるいは星形結線として入力を変える方法があるが、本装置には後者を採用した。3個の誘導加熱コイルはキュービクルに内蔵された5個の電磁接触器を介して、電源変圧器に接続されており、この5個の電磁接触器を自動操作あるいは手動操作によ



第7図 コイル取付構造図

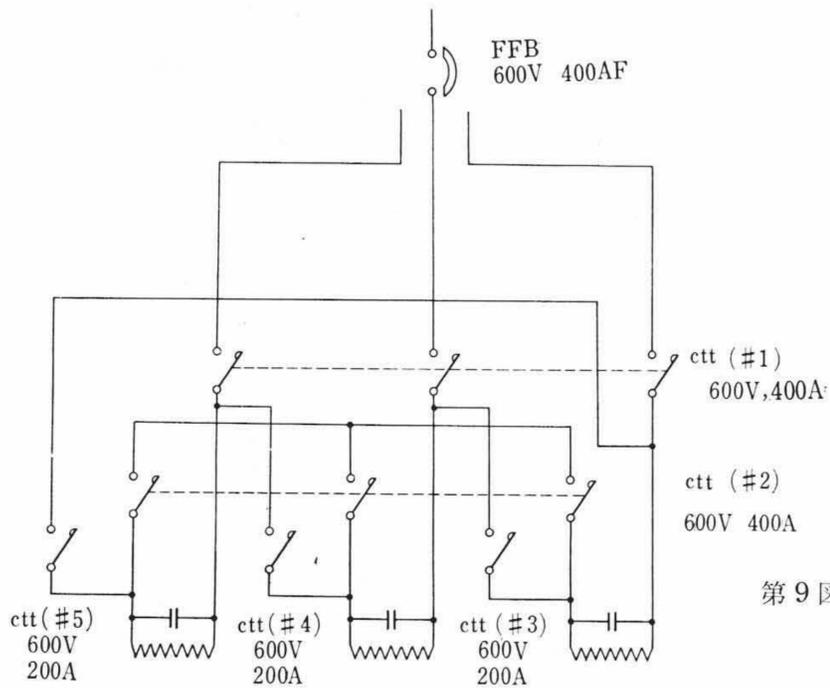


第8図 誘導加熱反応装置主回路接続図

って開閉して入力を変化させ、液温に応じて発熱量の制御を行なった。第9図にコイル結線と使用する電磁接触器の関係を示す。

液温、壁温、コイル温度は打点式自動記録計に記録して温度管理され、さらに液温測定用熱電対は温度調節計を介して電磁接触器と接続され、自動的に温度の制御が行なわれている。温度検出位置を第10図に示す。

上記の制御を行なう制御盤は誘導加熱コイルと同じ理由により、



連動表

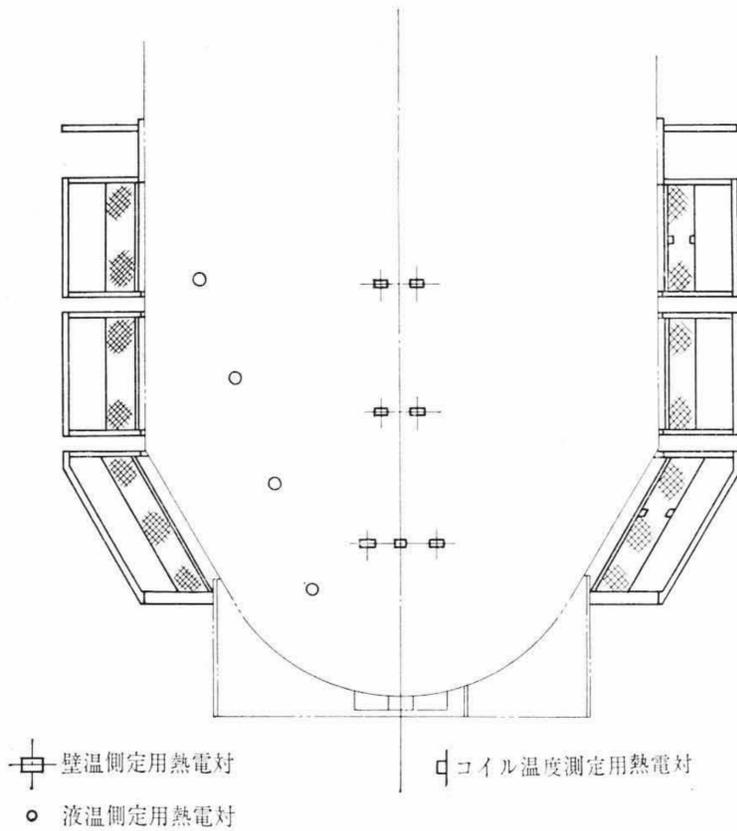
手動自動切換	手動					自動											
	切	単相	V	Y	Δ	切	単相	V	Y	Δ	Δ-Y	①	②	③			
結線切換																	
温度状態 ⁽²⁾						①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
ctt (#1)	×	○	○	○	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	○	×
ctt (#2)	×	×	×	○	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	○	○
ctt (#3)	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×
ctt (#4)	×	×	○	×	○	×	×	○	○	×	×	○	○	○	○	×	×
ctt (#5)	×	○	○	×	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○	○	×	×

注：(1) ○は電磁接触器の閉路の状態，×は開路の状態を示す。
 (2) 注温度状態は下記のとおりとする。
 ①：設定下限温度より低い場合
 ②：設定下限温度と上限温度の間の場合
 ③：設定上限温度より高い場合

第9図 コイル結線を使用する電磁接触器

第1表 コイル結線とアマニ油量の関係

コイル結線	アマニ油張込量 (l)	使用コイル		
		上部	中央	下部
Δ	2,000	○	○	○
Y	2,000	○	○	○
V	1,500		○	○
S	700			○



第10図 熱電対取付図

内圧防爆構造としてある。またこの制御盤は運転に必要な各種の補機モータのコントロールスイッチと次のような故障表示装置を備えている。

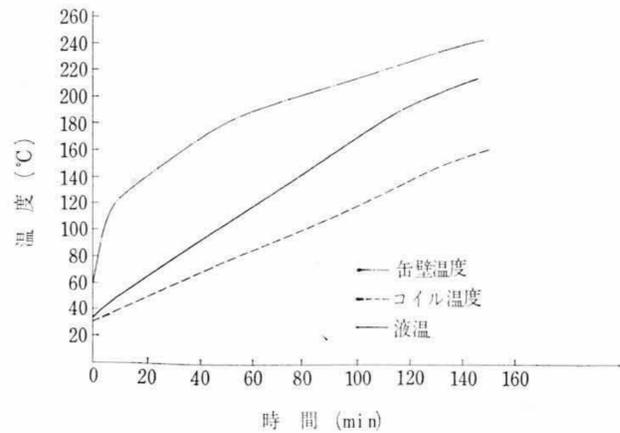
- (1) コイル冷却用ブロワの圧力低下
- (2) 内圧防爆形制御盤用ブロワの圧力低下
- (3) 反応缶壁温度上昇
- (4) 反応液液温温度上昇
- (5) コイル温度上昇
- (6) 主回路フリーズフリー遮断器の自動遮断

4. 性能試験結果と検討

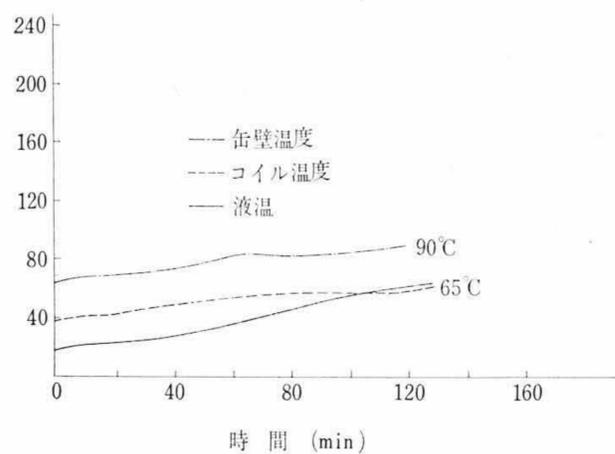
試作装置の特性を把握すると同時に、反応装置としての設計資料を得るために、加熱、冷却、自動制御試験を行なった。試験は、被加熱物として、アマニ油を使用し、攪拌状態で行なった。

4.1 誘導加熱による加熱試験結果

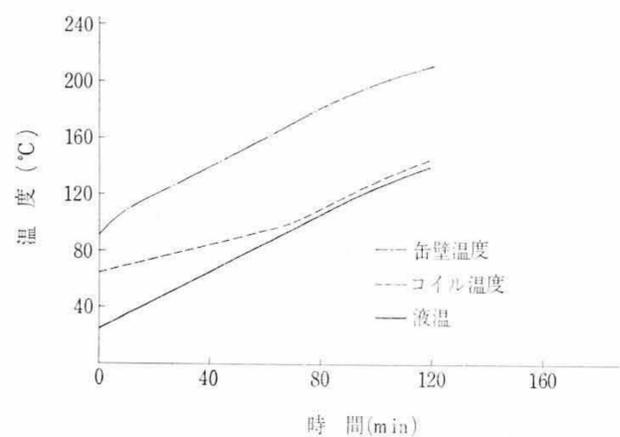
缶内にアマニ油を張り込み、コイル結線、Δ、Y、V、Single、おのおのについて加熱試験を行ない、電気的諸量（電圧、電流、電力）、温度（液温、壁温、コイル温度）の測定を行なった。このとき、コイル結線に応じて、アマニ油量を変化させた。この関係を第1表



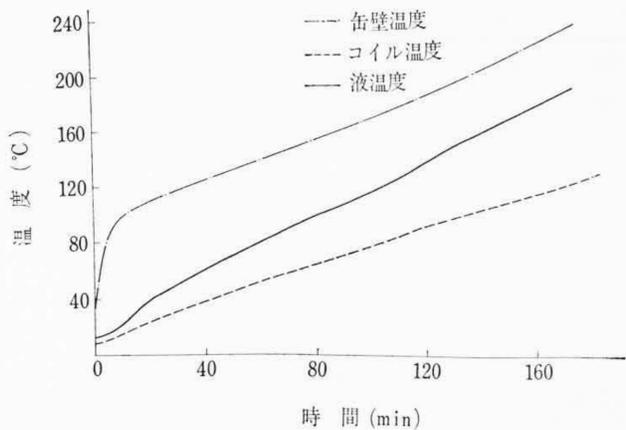
第11図 Δ結線による昇温試験結果



第12図 Y結線による昇温試験結果



第13図 V結線によるコイル昇温試験結果



第14図 Single 結線による昇温試験結果

第2表 入力 の 比較 表

	設計値	実 測 値 (kW)				
		△ (60)	△ (50)	Y (60)	V (60)	Single (60)
上部コイル	50.4	48.2	55.0	12.9	—	—
中央コイル	50.4	50.0	56.8	13.5	53.0	—
下部コイル	50.0	55.9	65.0	14.9	49.0	56.0
	150.8	154.1	176.8	41.3	102.0	56.0

カッコ内の数値は周波数を表わす

に示す。加熱試験結果をそれぞれ第11~14図に示す。

4.2 誘導加熱試験結果の検討

(a) 入力について

第2表に本試験の各結果の入力についての比較表を示す。ここで、入力は△, Y, V, Single 結線, それぞれコイル端子電圧500Vに換算した。この結果からわかるように、入力は△, V, Single, Y 結線の順序に小さくなっている。普通、インピーダンスが一定であるときは、Y結線は△結線に比べて、入力が1/3となり、Single結線の入力と等しくなるが、誘導加熱装置の場合は、Y結線ではコイルのアンペアターンが減少する結果、μの値が大きくなり、坩埚自身のインピーダンスが増加し、電流が少なくなると、炉入力が入らなくなった。これに反して、V, Single結線は、コイル端子に500Vかかっているため、△結線に比較して、それぞれ2/3, 1/3と入力が減少している。また温度上昇するにつれて、入力が入りにくくなるのは固有抵抗が増加することにより、坩埚自身のインピーダンスが大きくなったためである。

(b) コイル力率について

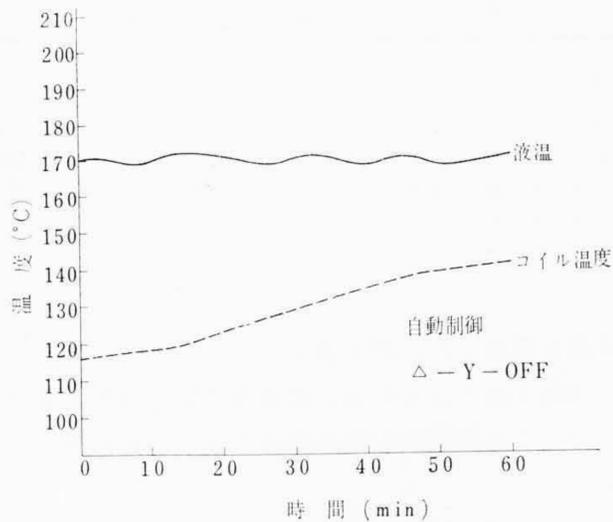
誘導加熱反応装置においては、入力と同様にコイル力率についても重要な意味をもっている。第3表に本試験において測定した力率を示す。この表より、設計値に対して実測値の力率が良くなっていることがわかる。これは設計にあたり、コイル相互間の磁束の相互干渉を防止するため設けた磁気シールドの影響と考えられる。すなわち設計において無限長中空円筒をチャージとした有限長ソレノイドに対して、実測においては磁気シールドを設けているため、漏えい磁束により起こる漏えいリアクタンスが減少しているためである。

一般に、誘導加熱は温度上昇するにつれて電流浸透深さが増す結果、漏えいリアクタンスが増加し、力率は徐々に悪くなる。し

第3表 コイル力率

コイル	電 圧 (V)	電 流 (A)	入 力 (kW)	力 率 ⁽¹⁾ (%)	力 率 ⁽²⁾ (%)
上コイル	500	136	49.0	72.0	58.0
中コイル	510	116	41.6	70.4	58.0
下コイル	505	137	48.6	70.4	57.2

注：(1) 実測値 (液温150°C, 各コイル単独)
(2) 設計値



第15図 温度制御試験結果

かるに誘導加熱反応坩は、温度上昇するにつれて徐々に良くなる傾向にある。これは反応坩の坩体の厚みが一定であるため、電流浸透深さが大きくなり、坩体に流れる電流が徐々に平等分布に近づき、漏えいリアクタンスは、温度上昇するにつれてあまり大きくなり、これに反して実効抵抗は徐々に増加するからである。このため力率はよくなっていると考えられる。

4.3 自動制御試験結果

反応装置として使用する場合、所定の反応温度に数時間保持することが要求され、その精度は反応生成物の品質に重大な影響を及ぼす。本試作装置でも温度制御装置一式を備え、その性能試験を行なった。

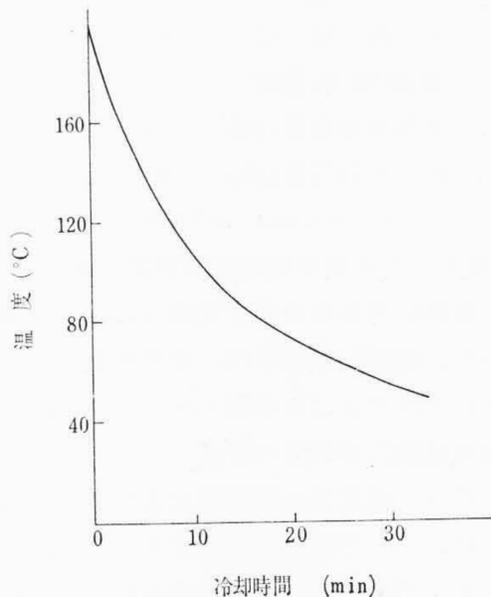
アマニ油のみの加熱では、熱消費がなく自動制御試験を円滑に行ないにくい。そこで、本試験では坩内の蛇管(だかん)に冷却水を通して、熱消費させながら行なった。制御方式は坩内液温を検出し、入力の調整を△-Yの結線切換によった。その結果を第14図に示す。

4.4 自動制御試験結果の検討

第15図からわかるように、液温は、設定温度範囲±2°C以内におさまっており、良好な結果と考えられる。

4.5 冷却試験結果

所定の反応が終了したとき、それ以上に反応が進むことを防ぐために、反応物をすみやかに冷却することが必要になる。その冷却性能の良否は、製品の品質に影響することはもちろん、経済的な面でも重要な意味をもっている。そこで本装置の冷却特性をは握するために、本試験を行なった。試験の際は加熱昇温後、蛇管に冷却水を通してアマニ油を冷却する。測定量は、アマニ油温度変化、冷却時間、冷却水流量、冷却水入口温度で、これらの値から冷却の場合の



第16図 冷却試験結果

第 4 表 試 験 結 果

測定値	張込量	(イ) 2,000 l	(ロ) 1,500 l
冷却時間 (h)		0.5	0.5
温度変化 (°C)		160~54	140~42
冷却水流量 (kg/h)		22,800	31,800
入口水温度 (°C)		9.5	9.5
冷却面積 (m ²)		11	7

総括伝熱係数を算出した。第 4 表はその結果を示したものである。第 16 図は 2,000 l 張り込みの場合の冷却時間と温度の関係である。

なお、このような非定常伝熱の場合の総括伝熱係数は次式により算出される。

$$l_n \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1} = \frac{\omega C'}{MC} \left(\frac{K_2 - 1}{K_2} \right) \theta \dots\dots\dots (7)$$

$$K_2 = \exp \left(\frac{UA}{\omega C'} \right) \dots\dots\dots (8)$$

	(イ) の 場合	(ロ) の 場合	
U: 総括伝熱係数			(kcal/m ² ·h·°C)
M: 被冷却物重量	1,860	1,400	(kg)
C: 被冷却物比熱	0.46	0.46	(kcal/kg·°C)
ω: 冷却水流量	22,800	31,800	(kg/h)
C': 冷却水比熱	1	1	(kcal/kg·°C)
A: 蛇管伝熱面積	11	7	(m ²)
θ: 冷却時間	0.5	0.5	(h)
T ₁ : 被冷却物温度 (初)	160	140	(°C)
T ₂ : 被冷却物温度 (終)	54	42	(°C)
t ₁ : 冷却水入口温度	9.5	9.5	(°C)

これらの値から U を算出すると、(イ) の場合 200、(ロ) の場合 260 (kcal/m²·h·°C) となった。

4.6 水蒸気加熱による昇温試験結果

実用的には 100°C 前後までの加熱には水蒸気を併用し、それ以後を誘導により加熱するのが、有利とされている。そこで缶内にアマニ油 2,000 l を張り込み、蛇管に水蒸気を通し、その凝縮熱により加熱する試験を行なった。測定量は、アマニ油温度変化、加熱時間、水蒸気流量で、これらの測定値から加熱の場合の総括伝熱係数を算出した。その結果を第 5 表と第 17 図に示す。このような非定常伝熱の場合の総括伝熱係数は次式により算出される。

$$U = \frac{MC}{A\theta} l_n \frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2} \dots\dots\dots (9)$$

U: 総括伝熱係数		(kcal/m ² ·h·°C)
M: 被加熱物重量	1,860	(kg)
C: 被加熱物比熱	0.46	(kcal/kg·°C)
A: 伝熱面積	11	(m ²)
θ: 加熱時間	0.4	(h)
T ₁ : 加熱媒体温度	138	(°C)
t ₁ : 被加熱物温度 (初)	50	(°C)
t ₂ : 被加熱物温度 (終)	104	(°C)

これらの値から、U は 200 (kcal/m²·h·°C) と計算された。

4.7 冷却試験および水蒸気加熱試験結果の検討

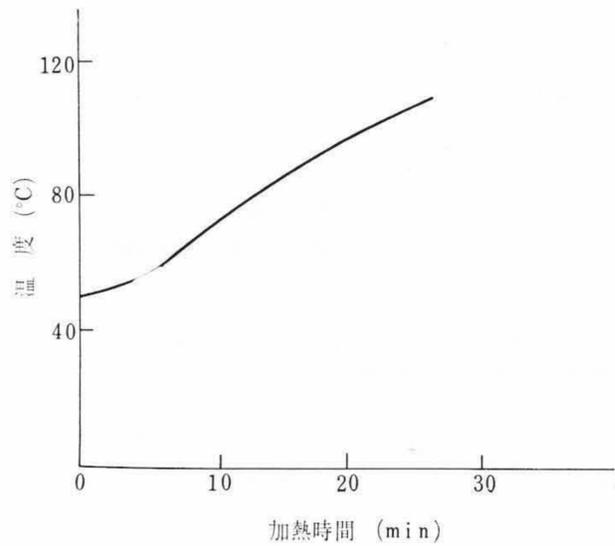
試験で求めた総括伝熱係数の値を文献にある実験式より計算した値と比較してみた。総括伝熱係数は、攪拌液側および蛇管内側の境膜伝熱係数とそれぞれのよごれ係数とから求められる。

(a) 攪拌液側境膜伝熱係数の計算

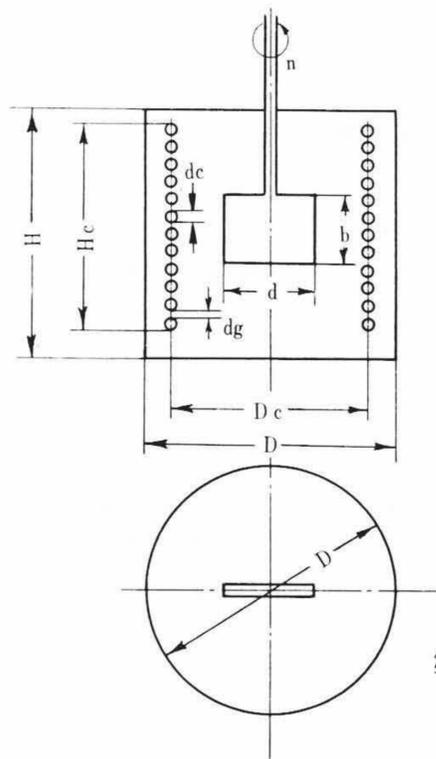
攪拌槽の伝熱は、槽形状、攪拌機および内部付属物 (コイル、バッフルなど) によって複雑な変化をするから、ある特殊な形状についてのみに適用できる実験式が提示されている。本試作装置の形状に、もっとも近似している実験装置により得た Pratt らの実

第 5 表 試 験 結 果

加熱時間 (h)	0.5	水蒸気量 (kg/h)	450
温度変化 (°C)	40~104	水蒸気温度 (°C)	138



第 17 図 水蒸気による昇温試験結果



第 18 図 Pratt らの実験槽

第 6 表 数 値 表

項 目	数 値	項 目	数 値
k (kcal/m·h·°C)	0.144	n (rph)	3,420
C _p (kcal/kg·°C)	0.46	d _g (m)	0.034
μ (kg/m·h)	18	H _c (m)	1.377
ρ (kg/m ³)	920	b (m)	0.9
D (m)	1.5	d _c (m)	0.076
d (m)	0.75	D _c (m)	1.32

験式を用いて計算した。

Pratt らの式

$$\left(\frac{h_c \cdot D}{k} \right) = 34 \left(\frac{d^2 n \rho}{\mu} \right)^{0.5} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{0.3} \left(\frac{d_g}{H_c} \right)^{0.8} \left(\frac{b}{d_c} \right)^{0.25} \left(\frac{d^2 D}{d_c} \right)^{0.1} \dots\dots\dots (10)$$

使用記号のうち、装置に関するものは第 18 図に示されている。物性に関するものは下記のとおりである。

- h_c: 境膜伝熱係数
- C_p: 液の比熱
- ρ: 液の密度
- k: 液の熱伝導度
- μ: 液の粘度

本試験において、物性値、装置形状を示す値は第 6 表に示す。これらの数値から h_c は 350 (kcal/m²·h·°C) と計算される。

(b) 蛇管内側境膜伝熱係数の計算

蛇管分に冷却水を通した場合の境膜伝熱係数は、一般的に次式で計算される。

$$h_i = 1.2 \times 3,100 (1 + 0.015 t) u^{0.8} / (d')^{0.2} \dots\dots\dots (11)$$

h_i : 境膜伝熱係数 (kcal/m²・h・°C)

t : 平均水温 20 (°C)

u : 水の流速 1.8 (m/s)

d' : 管の内径 7.1 (cm)

これらの数値から h_i は 5,200 (kcal/m²・h・°C) と計算される。

(c) 総括伝熱係数の計算

総括伝熱係数と境膜伝熱係数、汚水係数の間の関係は次式で表わされる。

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_c} + \frac{1}{h_i} + \lambda_1 + \lambda_2 \dots\dots\dots (12)$$

λ_1 : 攪拌液側よごれ係数 0.0006 (m²・h・°C/kcal)

λ_2 : 蛇管内側よごれ係数 0.0002 (m²・h・°C/kcal)

これらの値は、それぞれ植物油、工業用水の場合の値である。これから U を算出すると 260 (kcal/m²・h・°C) となった。この値を実験値と比べた場合、実験精度を考慮すれば妥当な値と思われる。なお、水蒸気凝縮伝熱の場合も、ほぼ同程度の値である。したがってこの試作装置の伝熱計算には Pratt の式を適用してよいと思われる。

4.8 誘導加熱コイルの耐熱試験

この装置に使用される誘導加熱コイルは最高温度 300°C の条件で使用されるので、誘導加熱コイルに対する温度の影響を調べるために恒温槽を使用し、加熱温度 300°C で 24 時間の連続耐熱試験を行った。絶縁抵抗測定には 500V メガーを、コイル巻わく間耐圧試験

には 2,000V AC 50 \sim を使用した。

この試験の結果は

絶 縁 抵 抗	耐 圧 試 験
上 段 コ イ ル-巻 わ く 間	合 格
中 段 コ イ ル-巻 わ く 間	
下 段 コ イ ル-巻 わ く 間	

この結果、使用温度 300°C を十分満足することが確認された。

5. 結 言

容量 3,000 l の実装置で性能試験を行なった結果、設計値を十分満足する性能を示すことがわかった。

今後なお経済性と性能の向上を図り、より高温で使用できる装置とするため、絶縁物およびコイル材料などについての開発研究を行っている。

最後に、本報告を終わるにあたり、試験にご協力いただいた、国分工場の佐藤変製部長、宮沢課長、藤課長、並びに笠戸工場検査一課大喜多課長、そのほかのかたがたに厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) Simpson: Induction Heating
- (2) 北村: 電試彙 20, 302 (昭 31-4)
- (3) 北村: 電試彙 20, 410 (昭 31-6)
- (4) 北村: 電試彙 21, 257 (昭 32-4)
- (5) Baker: TAIEE II 76, 31 (1957-3)
- (6) : Metal Hand Book
- (7) 電気学会: 変圧器 (昭 26)
- (8) Kern: Process Heat Transfer
- (9) Trans. Inst. Chem. Eng. (London) 25, 163 (1947)
- (10) Schörg: VDI 91, 277 (Juni 1949)



新 案 の 紹 介

登録新案第717023号

谷 口 俊 昭

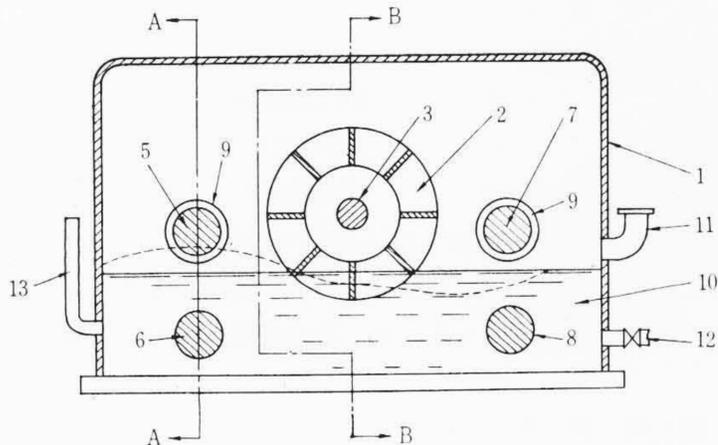
回 転 速 度 開 閉 器

第1図は回転速度開閉器の縦断面図、第2図及び第3図は第1図のA-A線及びB-B線に沿う断面図を示す。

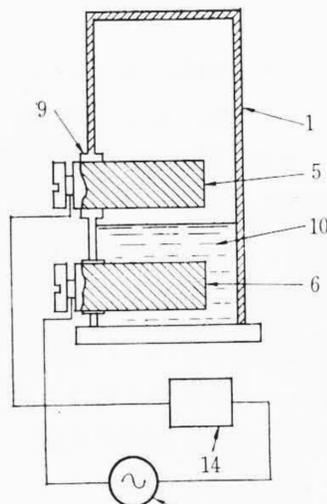
この考案は、導電性液体と回転羽根車との組み合わせによって、羽根車の特定回転速度において開閉操作されるようにしたもので、密閉された開閉器函1内にプーリ4を介してベルト連結されて回転する羽根車2を軸3によって支持させるようにして配置させると共に電極5、6及び7、8を上下対向させて設け、この一方の電極は絶縁体9で開閉器函1と電気的に絶縁し、各電極には継電器回路を

形成するように電源15及び継電器14が接続されている。また開閉器函1には、液体注入口11、排出口12及び液面計13が設けられ、内部には静止液面が常に上方の電極5、7の下方にあって羽根車2に接するように導電性液体10を封入している。

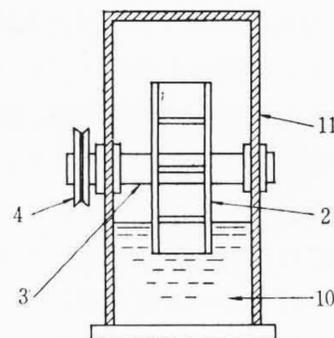
このようにすれば、羽根車が回転することによって第1図に破線で示すように、導電性液体の一方が高く、他方は低くなるから、ある特定速度に達すると液面は電極に接し、上下電極間を短絡し、継電器回路を形成して継電器を作動させることができる。(白 土)



第 1 図



第 2 図



第 3 図