

テレパーム電磁流量計

矢 田 悠* 松 下 重 忠*
Hisashi Yada Shigetada Matsushita

TELEPERM Electromagnetic Flowmeter

Synopsis

The magnetic flowmeter for conducting liquids, in principle, is very simple and this instrument has many advantages, such as obstructionless flow measurement, few limitations in practical use and troublefree application due to possessing no moving parts. Recently, TELEPERM electromagnetic flowmeter has been developed and manufactured, which also has more advantages than described above, for example the compensating circuitry of amplifier for the voltage variations. In this paper the TELEPERM electromagnetic flowmeter is introduced especially concerning the following points.

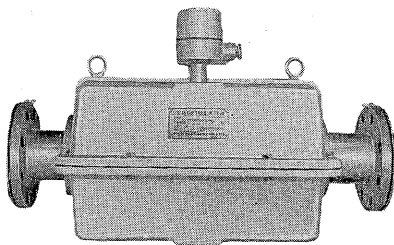
- I. General description of equipment.
- II. Electronic measuring system.
- III. Construction of the transmitter.
- IV. Considerations for practical use.

I. ま え が き

当社では昭和 39 年 8 月画期的な新テレパーム工業計器の発表と同時にその一環としてテレパーム電磁流量計をあわせ発表した。以来多数の電磁流量計をあいついで納入し、現在好評裡にか動している。電磁流量計開発に関する当初の目標を達成することができたといえる。すなわち流量計における多年の実績と経験に加えて、電磁流量計に関する国内外の技術的成果をじゅうぶんに消化し小形で高性能の発信器と取扱いの容易な独特の補償回路を具備した増幅器とからなるテレパーム電磁流量計を完成した。そのすぐれた測定原理と高い利用価値のためにとくに化学、パルプなどのプラント計装においてその偉力を発揮するものと期待されている。以下ここに第一報として確立した技術的成果の概要、とくに

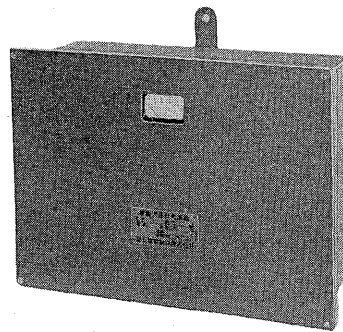
- (1) 装置の概要
- (2) 発信器の構造
- (3) 増幅器の構成

について紹介し、需要家各位の参照に供したいと考え



第 1 図 テレパーム電磁流量発信器 (形式 E-FTEM)
Fig. 1. TELEPERM electromagnetic flow transmitter
(Type, E-FTEM)

* 東京工場



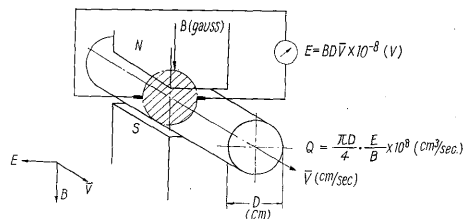
第 2 図
増幅器 (形式 E-EMT)
Fig. 2. Amplifier
(Type E-EMT)

る。第 1 図、第 2 図にテレパーム電磁流量発信器、および増幅器の外観をあげる。

II. 測 定 原 理

1. 測定原理と構成

電磁流量計は電磁誘導の法則を測定原理とする。第 3 図は原理を示す図である。導電性の液体が内部を平均流速 $\bar{V}$ (cm/sec) で流れている直径 D (cm) のパイプを均一磁界 B (gauss) 内に、その流れの方向が磁界と直角な位置に配置する。そのとき磁界と流れのおおのに直角な中心線上のパイプ壁に起電力 E (V) が発生する。その大きさは



第 3 図 測 定 原 理

Fig. 3. Principle of electromagnetic flowmeter

$$E = B \cdot D \cdot \bar{V} \times 10^{-8} \dots \dots \dots (1)$$

で与えられる。軸対称な流速分布をしていれば、式(1)で $\bar{V}$ として平均流速をとってもよいことは、Kolin, Thürlemann によって理論的に証明されている。すなわち平均流速は次式で示される。実験的にも種々の流れの

$$\bar{V} = \frac{4 \int_0^{D/2} 2\pi r f(r) dr}{\pi D^2} \dots \dots \dots (2)$$

状態のもとで、この理論式が正確に成立することが証明されている。さらにこの原理にもとづく検出器には流速分布を乱すような突出物などないので軸対称流速分布の条件も実現されやすいので式(1)は正確に成立するとみてよい。たとえば検出器の入口フランジ部に管路断面の 87.5% をおおう盲板をそう入しても、0.5% 以内の精度を保ちうる事が示されている。

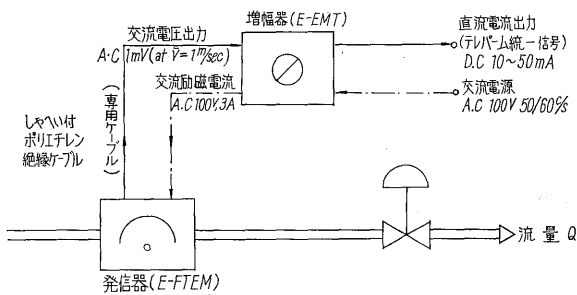
式(1)から流量 Q (cm³/sec) は $Q = \pi/4 \cdot D^2 \bar{V}$ の関係から

$$Q = \frac{\pi D}{4} \cdot \frac{1}{B} \cdot E \times 10^{+8} \dots \dots \dots (3)$$

となり、 $1/B$ を一定にすることができれば、 E を測定して Q を知ることができる。

以上の測定原理からあきらかなように、電磁流量計は圧力、温度、濃度、レイノルズ数などの影響を考慮する必要がない。絞り機構にみられるような流量増加にともなう圧力損失の増大はまったくない。測定範囲も原理的にはパイプ径に制限はなく、フルスケールにわたり直線性をもち、精度を $\pm 1\%$ に保つことができる。

発信器は均一磁界を形成するための励磁巻線、鉄心、流路の一部となる導管部、その中心に設けられた一対の検出電極などからなり、これらは第3図の原理を実現するよう配置される。起電力出力が電気的に短絡されるのを防ぐため電極はパイプより絶縁し、パイプ内壁には絶縁物ライニングを施す。発信器は100V 商用電源を用いて交流励磁をおこなう。直流励磁では熱起電力や、電極における分極作用に基づく電気化学的電位が障害となり正確な測定ができないため、容易に入手できる交流電



第4図 テレパーメ電磁流量計の構成

Fig. 4. System of TELEPERM electromagnetic flowmeter

源として商用周波数を用いるのである。増幅も比較的簡単である。しかしながらその反面交流励磁を採用すると種々の困難が伴う。

- (1) 励磁に相当の電力を要し、一定磁界をうることがむずかしくなり、増幅器において E/B の比率演算が必要となる。
- (2) 電極からの信号線が高い磁界中にあるので、磁束と鎖交し、信号とは 90° 位相の異なるノイズが重畳する。しかものちにのべるように信号レベルがきわめて低いので、 90° 位相ノイズが増幅器を飽和させてしまい支障をきたすおそれがある。
- (3) 商用周波数の電流はいたる所に漏えいしており、検出器などから信号に入り込むおそれがあり、そのため検出器の構造、取扱などに特別の注意を要することなど、である。

発信器の出力は流速 1 m/sec のフルスケールでせいぜい 1.5 mV である。のちにのべるように測定液の導電率が小さいときは発信器内部インピーダンスも非常に高くなるので高感度高入力抵抗増幅器が必要となる。さらにコモンモードノイズを除去するため差動増幅でなければならない。増幅器はこの

- (1) 高入力抵抗差動増幅
- (2) E/B 比率演算
- (3) 同期検出による 90° 位相ノイズ除去
- (4) DC 10~50 mA 統一信号発信

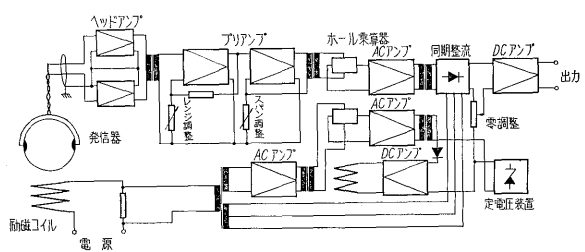
の四つの主な目的をもつものである。

増幅器(形式 E-EMT)でフルスケール数 mV の発信器出力はテレパーメ統一信号 10~50mA に変換され受信計器群に信号伝送される。テレパーメ電磁流量計の構成を第4図に示す。

2. 増幅器の原理

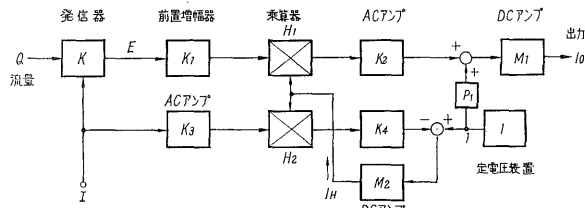
原理構成とそのブロック線図を第5図、第6図に示す。増幅器は大別して入力部、演算部、出力部の三つの部分からなる。

入力部は高入力インピーダンス差動増幅器と交流電圧



第5図 テレパーメ電磁流量の原理図

Fig. 5. Principle of TELEPERM electromagnetic flow measuring system



第6図 ブロック線図

Fig. 6. Block diagram

増幅器とからなる．数mVの発信器出力はここできかなる測定範囲でもフルスケールで約2Vに定倍増幅される．負帰還電圧増幅器のフィードバック量をかえてこれからのちの回路を測定範囲によらず共通のものにしているのである．つづいてこの入力部出力を一入力とし，のちにのべる演算器出力 I_H を他の入力としてホール乗算器に与える．演算器出力 I_H は式 (3) の磁束密度の逆数 $1/B$ に比例しているので，それぞれの入力の積からなるこの出力は磁束密度 B に関係せず，流量のみに比例する．

ホール乗算器からの交流電圧出力は，出力部に導入しまず適当な大きさに増幅したのち 90° 位相の異なる雑音を除去するため同期整流して直流電圧になおす．これに零点の 10 mA に相当する直流基準電圧を加えてのち電流増幅器でテレパーム統一信号に変換するのである．

ホール乗算器は磁路の一部にホール係数の大きい半導体のホール素子をそう入したもので，乗算器として最も高い精度をもっている．ホール起電力 e_H は制御電流 i_c と素子に直角に加えられた磁界の磁束密度 B_H に比例する．磁路が飽和していなければ B_H は界磁電流 i_F に比例するから

$$e_H = H \cdot i_c B_H = H \cdot i_c \cdot i_F$$

となる．ここで H は感度を示し，温度によってわずかな変化するが，その値はきわめて安定している．

つぎに演算部すなわち電源変動などの影響を除去するために必要な $1/B$ 信号をうる回路について説明しよう．これは基準電圧，直流増幅器，もう1個のホール乗算器， B に比例した電流発生回路，整流回路からなる．これらで，図に示すような負帰還ループを形成すると乗算器の出力 I_H は図の記号によってつぎのように示される．

$$I_H = (1 - K_3 K_4 H_2 \cdot I \cdot I_H) M_2 \dots\dots\dots (4)$$

$$\therefore I_H = \frac{M_2}{1 + M_2 H_2 K_3 K_4 I} \dots\dots\dots (5)$$

ループゲイン $M_2 H_2 K_3 K_4 I \gg 1$ とすると

$$I_H \doteq \frac{1}{H_2 K_3 K_4 I} \dots\dots\dots (6)$$

発信器では励磁電流に磁束密度が比例するから

$$I = K_a B \dots\dots\dots (7)$$

すなわち $1/B$ に比例した信号をうることができる．

$$I_H \doteq \frac{1}{H_2 K_3 K_4 K_a B} \propto \frac{1}{B} \dots\dots\dots (8)$$

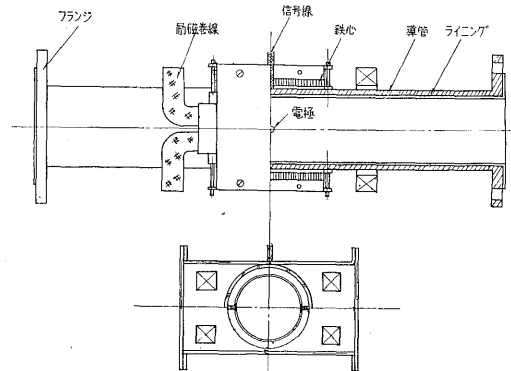
さらに増幅器の最終出力 I_0 は次式で表わされる．

$$I_0 = K Q I K_1 H_1 I_H K_2 M_1 + P_1 M_1 \\ = \frac{H_1}{H_2} \cdot \frac{K K_1 K_2 M_2}{1 + K_3 K_4 M_2} \cdot Q + P_1 M_1 \dots\dots\dots (9)$$

K, K_1, K_2, K_3, K_4 は充分安定されており，出力の変動はホール素子の感度の比 H_1/H_2 にのみ関係するから，互に補償し合い誤差を軽減することができる．

III. 発信器の構造

第7図に発信器の内部構造図をあげる．まず両端にフランジを取り付けた18-8ステンレス鋼の管があり，その内壁は絶縁物でライニングしてある．管の中央に相対する一対の検出電極が，管から絶縁して設けてあり，管の上下に配置された馬鞍形の励磁巻線の外側を鉄心ブロッ



第7図 発信器の構造

Fig. 7. Construction of main parts of transmitter

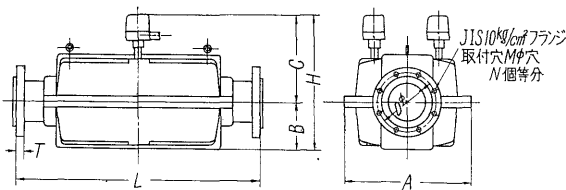
クで取り囲み，管軸と電極方向に直角な方向に一樣な磁界が形成される．電極からの信号線は中心部の管壁を沿って最短距離で外部に引出され，全体の外側を防滴のため耐食アルミニウム合金鋳物製外箱でおおう．構成材料を第1表に，外形寸法を第8図に示す．

管は平等磁界中におかれるので，磁束をよく通し，かつうず電流に基づく損失をできるだけ軽減するものであることを必要とする．そのため金属材料を使用するときは非磁性で比抵抗が高く，薄肉でもじゅうぶんの強度をもっているものが採用される．ここでは非磁性，耐食性，機械的強度においてすぐれ，高い比抵抗をもつ 18-8 ステンレス鋼管を使用している．肉厚は約 4 mm である．

ライニングは起電力が管壁を通して短絡されるのを防ぐ目的で施工されるのであるが，電極材料と同じように測定液の種類，温度などの使用条件に合致したものを選

第 1 表 構 成 材 料
Table 1. Component materials

部	材	料
導 管	薄肉不銹鋼管 (SUS 27)	
ライニング	ネオプレンゴム, Kel-F コーティング, テフロンスリーブライニングなど	
電 極	ステンレス鋼 (SUS 32), チタニウム, 白金など	
励磁巻線	ポリエステル絶縁電線, 耐熱ワニス含浸	
鉄 心	けい素鋼板 (T 120), エポキシ樹脂接着	
外 箱	アルミニウム合金鋳物 (AC 7 A-F)	
信 号 線	しゃへい付テフロン電線	



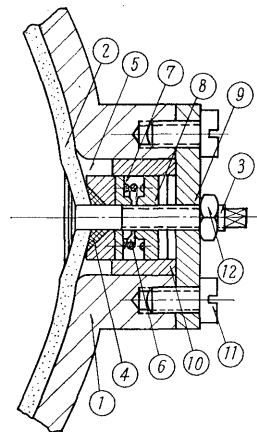
口 径	A	B	C	L	H	T	D	M	φ	N 個	単位 mm
25A	290	110	235	450	345	15	90	18		4	
50A	290	110	235	450	345	17	120	18		4	
80A	345	135	260	650	395	19	150	18		8	
100A	345	135	260	650	395	19	175	18		8	
150A	410	195	320	900	515	23	240	21		8	
200A	410	195	320	900	515	23	290	21		12	

第 8 図 外 形 寸 法
Fig. 8. External dimensions of transmitter

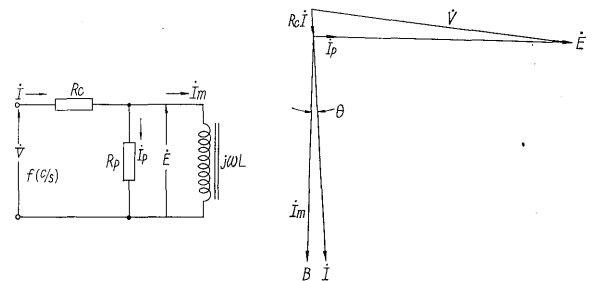
定する。選定にあたってはまた、とくに耐食性、機械的耐摩耗性の必要の有無、スチームページなどの条件を考慮に入れる。ライニング材料としてネオプレンゴム、三弗化エチレン樹脂、テフロンスリーブ、ガラスライニングなどを使用する。

電極としては非磁性で耐食性のすぐれたオーステナイトステンレス鋼 SUS 32, チタニウム, 白金イリジウムなどを使用条件により使い分ける。電極部はライニング材料により多少異なるが、第 9 図に図示するように絶縁物で管壁と絶縁し、O リングを用いて漏れ止めしている。電極付近は励磁電力のため温度差が生じ、露を結びやすいので特に吸湿性の少ない絶縁物を使用する。

励磁コイルは B 種相当の絶縁を施し万全をきしている。小口径では円形コイル、それ以外は馬鞍形である。銅抵抗に基づく損失が 35W 以下になるような線径の絶縁電線を用い、必要な磁束密度をうるため口径によって巻回数をかえる。大口径ほど巻回数は少ない。磁束を導びいて必要な磁界を必要な位置に形成するように積層けい素鋼板製の鉄心を強固に固定する。のちにのべるように鉄損は測定精度に関係するので、どの口径のものでも鉄心の平均最大磁束密度を 3.5 k gauss 以下に制限して



第 9 図 電 極 部 構 造
Fig. 9. An example of electrode sealing



第 10 図 発信器の等価回路とベクトル図
Fig. 10. Equivalent circuit and vector diagram of transmitter

いる。

出力信号が微弱で静電あるいは電磁誘導を受けやすいので電極からの信号線はよくシールドし、その配線位置を注意深く調整し固定する。

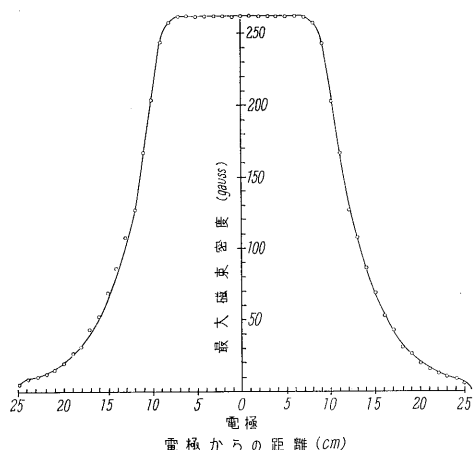
発信器の等価励磁回路とそのベクトル図を第 10 図に示す。図において R_c は巻線の銅抵抗であり、この値が大きいと銅損が増大して好ましくない。 R_p はパイプおよび鉄心中の損失分の等価抵抗でできるだけ大きいことが必要である。さきにのべたように磁束密度 B に比例するものとして励磁電流 I を使用するが、実際は R_p のため実物とは位相差 θ だけずれる。 θ が大きいと R_p が温度とか電圧とかの変動したとき θ の変動も大きくなり測定誤差の原因となるからである。一例としては径 100A の発信器の等価回路定数の測定計算結果を第 2 表にあげる。

テレバーム電磁流量発信器は各口径とも (1) 磁束密度は流速 1 m/sec のとき 1.5 mV の起電力を誘起する大きさである。たとえば 25A のものは約 1,000 gauss である。(2) 磁界の分布は上流, 下流側に 0.75D だけ平等磁界である。(3) 巻回数を適当に選んで励磁電流を 3.2A (50%) に設計してある。磁界の軸方向分布の測定結果を第 11 図に示す。

第2表 口径100A 発信器の電气的特性 (25℃)

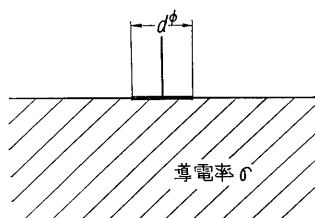
Table 2. Electric properties of 100 A transmitter (at 25℃)

項 目		摘 要	
記 号	名 称	単 位	数 値
V	励 磁 電 圧	V	100
f	周 波 数	Hz	50
E	等 価 励 磁 電 圧	V	98.58
R_c	銅 抵 抗	Ω	3.19
R_p	等 価 損 失 抵 抗	Ω	321
ωL	鉄心インダクタンス	Ω	32.0
I	励 磁 電 流	A	3.10
I_m	磁 化 電 流	A	3.08
I_p	損 失 電 流	A	0.307
θ	位 相 角	°	$5^\circ 40' 3''$
B_m	形成磁束密度波高値	gauss	262
P	励 磁 皮 相 電 力	VA	310
W	全 損 失	W	59.5
W_c	銅 損 失	W	30.7
W_p	パイプおよび鉄心損失	W	28.8



第11図 口径100A 発信器の軸方向磁束密度分布

Fig. 11. Distribution of magnetic flux density in flow tube



第12図 円板の接地抵抗

Fig. 12.

Model of liquid resistance between electrode

つぎに電極間抵抗値についてのべる。第12図のように円板状の導体が導電率 σ の媒体に接しているときの接地抵抗 R_e' は

$$R_e' \approx \frac{1}{2d\sigma} \quad (10)$$

である。電磁流量計の場合パイプ円径が電極の径にくらべて充分大きいとすると抵抗 R_e は上の2倍になり

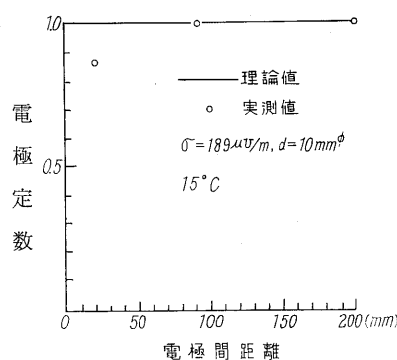
$$R_e \approx \frac{1}{d\sigma} \quad (11)$$

電極間抵抗と導電率の積分電極定数 C とすると、これ

は幾何学的構造のみに依存する値となる。

$$C \approx \frac{1}{d} \quad (12)$$

実測値を第13図に示すように、小口径ではパイプ口径が電極の径にくらべて無視できない効果が表われているが理論値とよく一致している。



第13図

電極定数

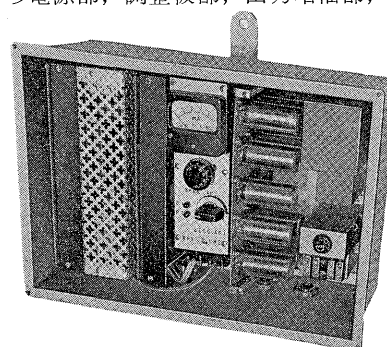
Fig. 13.

Electrode cell constant versus electrode distance

したがって $d=10$ mmであるからたとえば $40 \mu\text{S}/\text{cm}$ の電極間抵抗すなわち発信器の内部インピーダンスは $25 \text{ k}\Omega$ である。

IV. 増幅器の構成

E-EMT 増幅器前面を第14図に示す。図において右から電源部、調整板部、出力増幅部、入力増幅部、演算



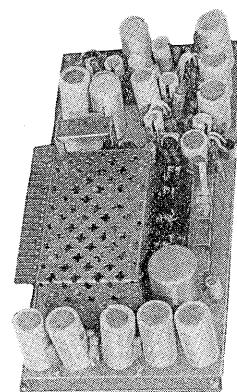
第14図

増幅器前面図

Fig. 14.

External shape of amplifier E-EMT

部を収納し、回路部品は4枚のプリント板に組み込まれている。初段以外は全トランジスタ式で各増幅器はすべて

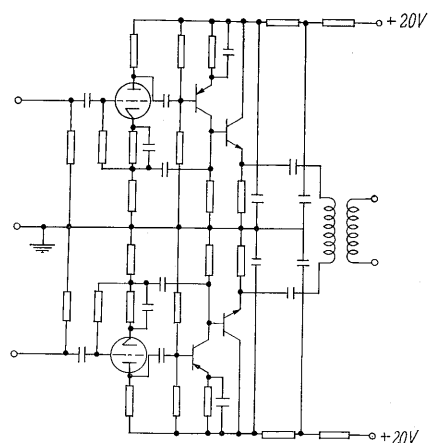


第15図 プリント板組立

Fig. 15. One of the printed circuit board

てじゅうぶんに負帰還をかけて、位相推移や利得の変動をおさえている。入力増幅部のプリント板を第15図に示す。

入力増幅部の差動増幅回路図を第16図に示す。初段管としてヒータ電圧、プレート電圧にいずれも20Vで動作する小形電子管20DL5を使用している。ヒータは直流点火する。プレー

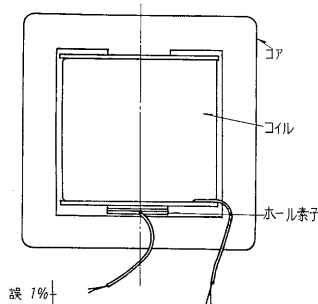


第 16 図
差動増幅回路図
Fig. 16.
Differential amp-
lifier circuit

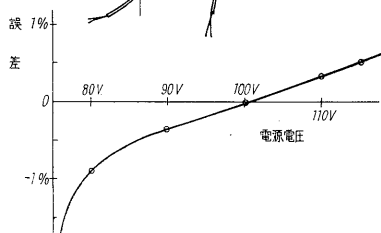
ト電圧はトランジスタ回路と共通な電源から供給し、増幅率 μ が低いので 2 段目増幅器から大きく帰還をかけ、総合利得 1 で入力インピーダンス $20\text{ M}\Omega$ の回路を形成している。差動増幅器はプリント板上に対称的に配置し、静電誘導をさけるためシールドケースをおおう。

2 個のホール乗算器が必要であるが第 6 図からも明らかなように一入力が共通になっているのでホール乗算器の界磁電流 I_H を共通信号としその磁路の一部に 2 個のホール素子を入れている。だいたいの外形構造を第 17 図に示す。起電力 $2.5 \frac{\text{mV}}{\text{K} \cdot \text{G} \cdot \text{mA}}$ の n 形ゲルマニウムホール素子を使用している。 I_H が直流信号となるよう回路を構成しているので励磁コイルは線径 $0.34\phi\text{mm}$, $2,000$ ターンと小形になっている。しかしながら演算部のホール電圧出力は交流となるので整流して基準電圧とつき合せている。

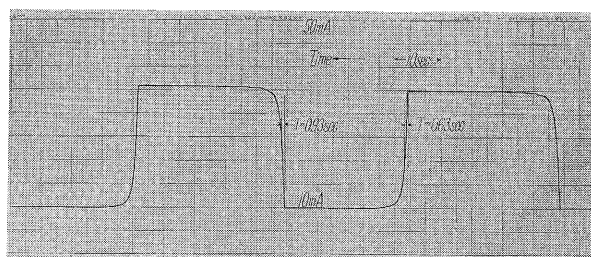
調整板部のスライドスイッチをチェック側に投入すると、入力増幅部の出力と切り換わって磁束密度 B にのみ比例した信号が入り、増幅器 E-EMT の電源変動特性と、増幅器の入力増幅器を除いた部分の動作状況とをチェックできる。第 18 図に電源変動特性を示す。100V の +10



第 17 図 ホール乗算器
Fig. 17. Hall multiplier



第 18 図
電源変動特性
Fig. 18.
Compensating
characteristics for
voltage variation



第 19 図 流量変動に対する応答特性
Fig. 19. Transient response of flowmeter due to
flow rate variation

V, -15V の変動に対して $\pm 0.5\%$ の精度を保っている。

測定原理上から検出部に指示遅れはまったくない。この流量計の応答時間は主として増幅器 E-EMT の出力増幅部同期整流回路で決まる。時定数をだいたい 0.3 sec にしている。高速しゃ断弁で流量を急速したときの指示応答を第 19 図に示す。これには当然弁および管路からなる系の動特性を含んでいる。

発信器は種々の原因によって信号と同位相の雑音を生ずる。種々の方法により取り除くが、それでも残る部分は零点調整で打ち消す。出力増幅部の電流増幅器の入力側で 10 mA のベース分に相当する直流電圧を加えるが、これを可変にして零点調整している。

V. 電磁流量計適用上の諸問題

1. 液体仕様と測定限界

電磁流量計が測定上制約を受けるのは導電率だけである。導電性がある程度ある液体でないと測定できない。しかしながら導電率が測定に関係するのは低いと単に発信器の出力抵抗が高くなり、増幅器の入力抵抗に比して無視できなくなるだけのためであり、ある程度以上あればいくら変動しても指示には関係しない。限界導電率は精度 0.2% として $25\text{ }\mu\text{S/cm}$ である。努力すれば少しは下げられるが、電磁流量計がその特徴を発揮するのは導電率の高いものに対してであり、これくらいで充分である。したがって気体や油、高級アルコールは測定できないが有機物でも水を含んだものはたいてい測定できる。

温度の上限はライニング材料でさまる。現在はせいぜいテフロンスリーブが耐える温度、約 130°C が限度である。磁器を使えば少しは高い温度に使えるであろう。

圧力は電極部の封止機構によって制限される。たいていのプラントで 10 kg/cm^2 を越えることは少ない。ライニング材料によっては 30 kg/cm^2 くらいのももできる。

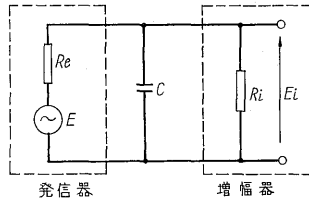
精度 1% を保持する最小定格流速はフルスケール 0.5 m/sec である。発信器における、磁界の不均一、幾何学的の不对称、電極表面の形状、汚れ、液温の変化など原因

となって出力信号と同位相の雑音が変動し、そのドリフトが無視できなくなるからである。増幅器の雑音も原因となる。したがってこれより低い流速のものを測定するときは口径を絞って流速を上げるか、測定精度をおとす以外にはない。検出部は単に直管部のみからなっているので口径を絞っても圧力損失はない。流速の上昇について流量計の制限はない。むしろプラントの経済性からきまる。

2. 精度、導電率とケーブル長の関係

発信器の出力信号は微弱で静電的あるいは電磁的誘導を受けやすいことや、商用周波数の電流はいたるところに迷走しているため発信器のできるだけ近くに増幅器を設置するのが望ましいが、さらにケーブル長が長くなると発信器の出力抵抗にくらべて、ケーブルの静電容量が無視できなくなり精度が落ちる。ケーブルの静電容量のため増幅器の入力抵抗が実質的に低下したことになるのである。測定液の導電率、ケーブル長と精度との関係についてのべる。

発信器と差動増幅器の入力端子間の信号についての等価回路を第 20 図に示す。図において



第 20 図 信号ケーブル等価回路

Fig. 20. Equivalent circuit of amplifier input

E : 発信器起電力
 R_e : 発信器出力抵抗
 C : ケーブル静電容量
 E_i : 増幅器入力端子間にあられる電圧
 R_i : 増幅器入力抵抗
 この等価回路から E_i は

$$E_i = \frac{R_i}{R_e + R_i} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{R_e R_i}{R_e + R_i} \omega C} E \dots (13)$$

E と 90° 位相の異なる成分は同期整流回路で除去され E と同位相分 $E_{i\perp}$ だけ実際の入力となる。

$$E_{i\perp} = \frac{K}{1 + (K R_e \omega C)^2} \cdot E \dots (14)$$

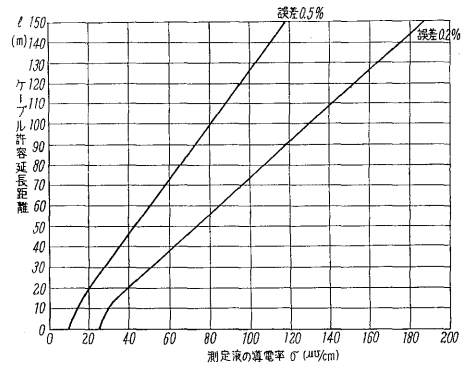
ただし $K = R_i / (R_e + R_i)$ である。 C および R_i を接続することによる誤差を $\alpha\%$ 以下とするには次式を満足すればよい。

$$\frac{E_{i\perp} - E}{E} \leq \frac{\alpha}{100} \dots (15)$$

この式を解いて

$$C \leq \frac{1}{\omega K R_e} \left(\frac{K}{1 - \alpha/100} - 1 \right)^{1/2} \dots (16)$$

1 m 当たりの静電容量を C_0 (pF) とし、 R_e として式 (12) の結果を代入すると許容ケーブル長 l はつぎのように



第 21 図 ケーブル許容延長距離

Fig. 21. Permissible cable length versus liquid conductivity

なる。

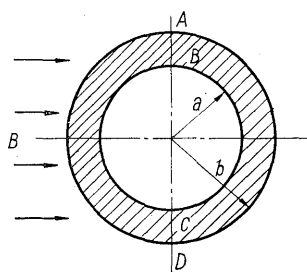
$$l = \frac{\sigma}{\omega K C_0 d} \cdot \left(\frac{K}{1 - \alpha/100} - 1 \right)^{1/2} \dots (17)$$

本器に使用する専用ケーブル C_0 は約 160 pF/m である。 C_0 を 160 (pF/m) としたときの計算結果を第 21 図に示す。この許容範囲内で使用する限り、たとえ導電率が変化しても指示は 0.2% あるいは 0.5% にとどまる。

3. 液体中に混入する夾雑物の影響

流体中に均一に混入物があるときには電磁流量計はこれらを一緒に含めたものを測定する。最も問題となるのは液体中に気泡を含む場合である。正確な流量測定を期するには配管中に気泡抜きを設置する必要がある。

また測定液中に混入物があるとき水平取り付けをしてその混入物が、たとえば管路の下半分の部分のみ流れるようなときには、場合によっては誤差がふえるので注意しなければならない。流速分布がかたより、電極付近の流れの効果が大きく効くためである。とくに、異物が沈着しやすいときには、誤差もより大きくなりやすい。したがって著しい混入物があるときはこれらの理由を考え合わせて発信器は管が垂直な位置に取り付け、管内が空にならないように液を下から上に流すのがよい。



第 22 図
管壁の円心状付着

Fig. 22.
Inside of flowtube stuck with solid material

管壁に異物が付着してもその厚さが一様であれば誤差は無視できる。いま第 22 図に示すように一様な厚さの付着物のため、はじめ半径が b であった管路が a になったとすると電極間電圧 E_{AD} はつぎの式で示される。

$$E_{AD} = 2bB\bar{V} \cdot \frac{2a^2}{(a^2 + b^2) + (K/\sigma)(1 + \sigma z/a)(b^2 - a^2)} \dots\dots\dots (18)$$

ここで b : 導管の半径 a : 異物付着後の半径
 σ : 流体の導電率 K : 付着物の導電率
 z : 接触抵抗

この式によるまでもなく付着物と流体の導電率が同じならば、軸対称流速分布であるから正しい流量を示す。実用上はほとんどこのケースであると考えてさしつかえない。沈着物の導電率の方が高いときは指示が小さく、低いときは指示が大きくなる。たとえば沈着物と液の導電率の比が 0.9 で半径が 10% 狭くなったときの誤差は 0.5% である。

VI. 特長と仕様

テレパーム電磁流量計には測定原理に固有なものも含めてつぎのような特長がある。

- (1) 液体の温度、圧力、粘度、密度、レイノルズ数、流れの状態などの影響を受けない。
- (2) 絞り機構がないので圧力損失がない。
- (3) 従来測定不能であった腐食性液、高粘性の液、砂や固形物の混入したもの、スラリー液も測定できる。
- (4) 流量と出力信号とが直線関係にあり、可動部分が全くないので高精度の測定ができる。
- (5) 発信器の励磁電力がすくなく、それに基づく誤差が少ない。
- (6) 増幅器は初段以外はすべてトランジスタ化され、増幅器の各部はプラグインになっていて、高い信頼性を有している。
- (7) ホール乗算器を用いた独特の電源変動補償回路を具備しており、この回路のみ単独でチェックできる。
- (8) 測定範囲は連続可変である。
- (9) 出力信号としてテレパーム統一信号を採用しているので、計装に有利である。

標準仕様を下に示す。

口 径 : 25A, 50A, 80A, 100A, 150A, 200A

測定範囲 : 各口径とも流速で 0~1 ないし 10 m/sec

(第 23 図参照)

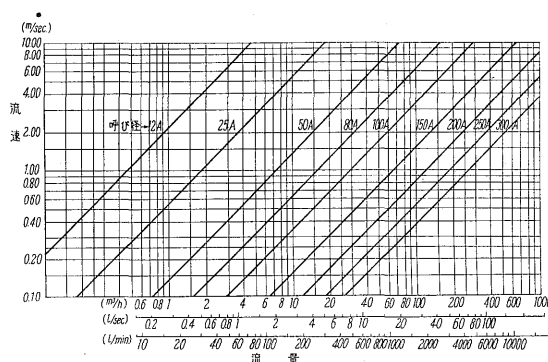
測定液体の最小導電率 : 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$

最高使用圧力 : 10 kg/cm²

最高使用温度 : 測定液の特殊性によるが一般にはつぎのとおりである。

ネオプレンゴムライニング……………65℃

三弗化エチレン樹脂ライニング……………90℃



第 23 図 測定範囲

Fig. 23. Measuring range of electromagnetic flowmeter

テフロンスリーブライニング……………120℃

電極材料 : SUS 32, チタン, 白金

接続フランジ : JIS 10 kg/cm² フランジ

外形寸法 : 発信器……………第 8 図

増幅器……………390×280×146

電 源 : 100V 50/60 %

消費電力 : 450VA 以下 (発信器消費電力 350VA を含む)

増幅器周囲温度 : -10~45℃

出力電流 : DC 10~50mA (テレパーム統一信号)

精 度 : ±1 %

電源変動特性 : 100V $\pm 10V$ / $\pm 15V$ $\pm 1\%$ に対してフルスケールの ±1 %

応答時間 : 時定数 0.3 秒

付属専用ケーブル : 標準 5m シャヘイ付ポリエチレン絶縁ケーブル

VII. む す び

以上テレパーム電磁流量発信器について紹介した。紙面の都合で測定精度に関する検討など割愛せざるをえなかった。電磁流量計が国内において使用されはじめてからほぼ 10 年を経過した。しかしながら電磁流量計に関してその適用性など、なお多数の検討されるべき点を残していると考える。とくに電磁流量計は電磁誘導の法則という旧知の事実を測定原理とするものであるにもかかわらず、最近におけるエレクトロニクスの著しい成果によってのみ完成された工業計器である。今後ともこの分野における技術的進歩は不断にこの電磁流量計のうちに反映されそのようすをかえていくであろう。

これまでの貴重な製作経験を生かし、新しい技術を積極的に採り入れてより完全なものをめざして努力する所存である。ますます広く需要家各位のご支援を得たい。



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。