



港 灣 技 研 資 料

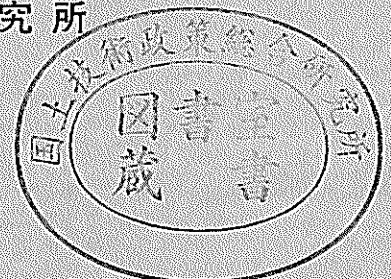
TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 113 Mar. 1971

作業船用電氣量自動計測装置の試作と実用試験

木 原 純 孝
津 村 悦 夫

運輸省港湾技術研究所



作業船用電気量自動計測装置の試作と実用試験

目 次

要 旨	3
1 ま え が き	3
2 電気量自動計測装置の測定原理と構成	3
2.1 電気量トランスデューサ	4
2.2 本装置の構成	5
2.3 小型打点式記録計	6
3 本装置の性能試験	6
3.1 電気量トランスデューサの性能試験	6
3.2 記録計の性能試験	7
4 本装置の実用試験	9
4.1 試験概要	9
4.2 試験装置および計測機器	10
4.3 試験結果および考察	11
5 結 論	16
6 あ と が き	17
参 考 文 献	17
附 録	18

On the development of the automatic electricity
quantity recorder for dredger

Sumitaka KIHARA *

Etsuo TSUMURA **

Synopsis

We produced by way of experiment the automatic electricity quantity-recording meter which converted the quantity of electricity (voltage, current, power etc.) into the proportionate direct current output by the transducers and recorded it in the portable recorder.

This report described the principle and organization of the measuring apparatus.

Finally, we tested the instrument for development and compared the measured value of the standard meter with the recorded value of the measuring apparatus.

Consequently, we made sure of that this measuring apparatus was practicable enough.

* Member of Fluid Transportation Laboratory, Machinery Division

** Member of Working Craft Development Laboratory, Machinery Division

作業船用電気量自動計測装置の試作と実用試験

木原 純 孝*

津村 悦 夫**

要 旨

作業船や港湾用機械をはじめとする港湾用電気設備の電力負荷時諸特性を究明するため、電圧、電流、電力等の電気量を電気量トランスデューサで比例した直流出力に変換し、小型打点式記録計に測定記録する方式の電気量自動計測装置を試作し、その原理と構成を述べた。最後に、本装置の実用試験を行い、標準計器の値と装置の記録値を比較して誤差を求め、本装置が実用上十分に使用できることを確かめた。

1. ま え が き

浚渫工事は、作業の特殊性から気象、海象による作業上の制約、作業対象が海中であるための作業の困難性、海上で作業を行うことによる作業環境の不良等により、浚渫装置の操作の自動化のみならず、測深、測位と連動し、無線遠隔操縦方式を利用した浚渫船の無人運転化へ移行する必要性が将来の課題として生じてきている。

最近の浚渫船は、動力利用形態から言えば浚渫機械の運転制御の容易な電動力を使用したものが多い。電動機は他の動力に比べて効率がよく、特に小形のもので経済性があるなど長所が多いので浚渫船の動力は一部を除いてほとんど電動機が使用されている。特に最近では自動制御技術の発達と制御方式や制御用機器の新しいものの考案によって電動力応用技術は一段と進歩発展の道をたどっている。現在、港湾工事に活躍している浚渫船のほとんどが電気を動力として運転されているといっても過言ではない。

このように浚渫船において、電気が多方面に使用されているにもかかわらず一部の浚渫船を除いて浚渫稼働中の電力需給の実態を把握したデータがほとんど見あたらないようである。その一因として、電力需給の状況を確実に記録する自動記録装置が未だ開発されていないためであると考えられる。また、前述したように、浚渫ポンプや掘削機械等の浚渫装置等の自動制御や、将来の開発の最終目標の一つである浚渫船の自動操縦に必要な制御用電子計算機へ電気信号に変換して情報を投入するためのトランスデューサの開発が今後の研究課題として取上げられるものと思われる。

今回、電気量自動計測装置を試作した目的は、第1に作

業船や港湾用各種機械における電気設備の電力負荷時諸特性を究明するため、電流、電圧、電力、力率、周波数等の電気量を自動的に測定しうる計測器を開発することである。第二に前述したように、作業船自動化のための検出器、すなわち電気量トランスデューサを開発することである。

本報告はこの測定器の原理と構造、および本測定器を用いた実験の概要、最後に本器の応用例について二、三の考察を記述した。

2 電気量自動計測装置の測定原理と構成

一般に、交流の電圧、電流、電力等の電気量を測定記録するには、交流の測定量を抵抗箱等に通して、その振幅を小さくして電磁オシログラフ等の記録器に記録するのが普通である。しかしながらこの方式では、記録された波形が正弦波として記録され、幅が同寸法の記録紙を使用した場合、直流現象を記録する場合のほとんどの現象しか記録できず、記録紙の有効利用が期待できない。また、電圧、電流の測定記録は上記の方法で行いながらも、電力、力率、周波数の諸量を上記方法で直接測定記録することは不可能である。

そこでこの対策として考えられるのが、交流の測定値をその測定量に比例した直流出力に変換するトランスデューサを使用して測定記録することである。なお交流の測定量を直流に変換するトランスデューサを用いる方式のもう一つの利点としては、トランスデューサを設置した現場から直流で送れるので、テレメータリングや集中制御、計算機制御が容易に行い得ることである。

このようなことから交流現象を直流出力に変換するトラ

* 機材部 流体輸送研究室

** 機材部 特殊作業船開発室

ンスデューサ方式について内外の文献を調べた結果、次の方式のトランスデューサを利用することにした。

次に、これら各種の電気量トランスデューサについて測定原理の概要を述べる。

2.1 電気量トランスデューサ

電気量トランスデューサには、電圧、電流、電力、位相、周波数、無効電力等6種類あるが、無効電力は電力または位相が測定出来れば算出できるので、無効電力を除外した5種類のトランスデューサを本装置に設置することにした。

(1) 交流電圧用トランスデューサ

図-1は、交流電圧トランスデューサの回路図で、100Vの交流入力力で5Vの直流出力が得られる。これは実効値

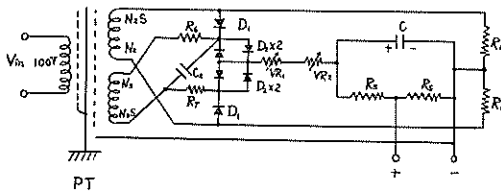


図-1 電圧用トランスデューサ回路図

整流方式のトランスデューサで正弦波の実効値が平均値と波高値の間にあることに注目し、整流回路の抵抗とコンデンサの充電時の時定数と放電時の時定数との比を適当に選ぶことにより、その平均値を入力交流の実効値に近似させようとしたものである。

(2) 交流電流用トランスデューサ

図-2は交流電流トランスデューサの回路図で、5Aの

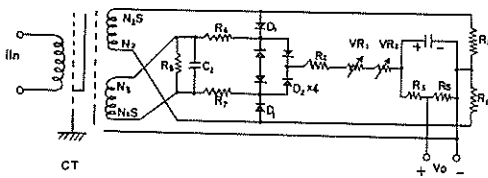


図-2 電流用トランスデューサ回路図

交流入力力で10mVの直流出力電圧が得られる。これも電圧トランスデューサと同様、実効値整流方式を用いたトランスデューサである。

(3) 交流電力用トランスデューサ

交流電力を直流出力に変換するトランスデューサとしてサーマルコンバータやホールコンバータがあるが、しかし、これらはいずれも過負荷に対して弱く、応答も遅いなどの欠点がある。以下に述べる交流電力トランスデューサは、抵抗とダイオードの組み合わせにより2乗素子回路を実現し、1KWの入力に対し10mVの直流出力を得るようにしたものである。図-3はゼナーダイオードと抵抗を組み合わせ

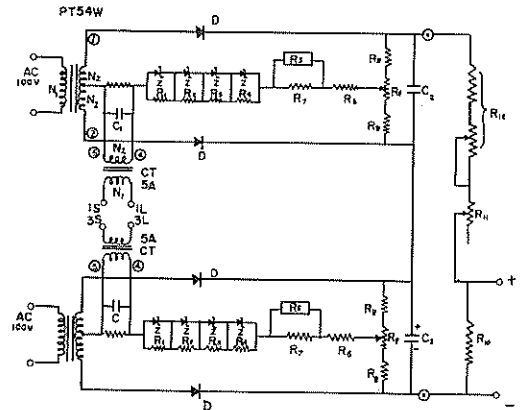


図-3 電力用トランスデューサ回路図

せて、折線関数回路とし、2乗特性に近似させた $1/4$ 自乗差方式電力トランスデューサの回路図であって、1KWの入力に対して出力直流電圧が10mV程度得られるものである。

(4) 力率(位相)用トランスデューサ

図-4にゼナーダイオードを用いた一種の位相弁別回路より、電圧、電流の位相角に比例した直流出力を得る位相

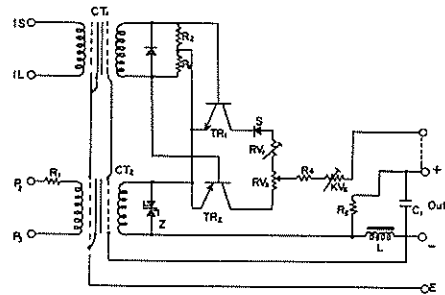


図-4 位相用トランスデューサ回路図

トランスデューサの回路図を示す。

第1相電流と第2、第3相間の電圧を用いて、位相角に比例した直流出力電圧を得るようにしたもので、直流出力電圧は進相、遅相により $\pm 600\text{mV}$ 得られるものである。

(5) 周波数用トランスデューサ

周波数用トランスデューサは、種々の方式が考案され、実用化されているが、この装置に使用したトランスデューサはきわめて簡単な回路で構成され、しかも高性能が得ら

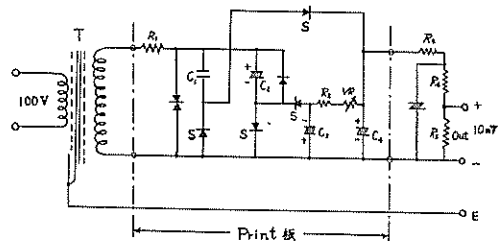


図-5 周波数用トランスデューサ回路図

れるものである。図-5に周波数トランスデューサの回路図を示す。

いま、入力電圧 e をゼナーダイオードでクリップして方形波の一定電圧とし、これをコンデンサ C に加える。電圧 e の波高値を E とし、 CS および記録計 M よりなる回路の抵抗を R とすると、記録計 M を流れる電流 i は、

$$i = \frac{2E}{R} e^{-\frac{t}{CR}} \quad (1)$$

で示される。放電時定数 CR を $1/f$ に比べてじゅうぶん小さく選べば、平均電流 \bar{i} はつぎのようになる。

$$\bar{i} = \frac{1}{1/f} \int_0^{1/f} i dt = 2fCE \quad (2)$$

したがって C 、 E を一定とすれば、平均値を示す可動コイル形計器 M は周波数 f に比例して指示を示す。このトランスデューサの直流出力電圧は、交流入力周波数が45~55Hzの範囲内で10mV得られるようになっている。

2-2 本装置の構成

本装置を試作するにあたり、下記のような点に留意した。

- (1) 可搬形の計測器を作ること。すなわち小型軽量であること。
- (2) 長時間連続的に自動記録や、指示値の直読が可能で監視計器として使用でき、記録指示共に簡単に操作し得ること。
- (3) 記録計を簡単に本体から取り外し出来、必要によっては他の記録装置(例えば電磁オシログラフ等)に接続が可能であること。
- (4) 本装置の電気量トランスデューサが作業船のシステム制御やテレメタリングの一次変換器として使用出来ること。
- (5) 被計測値の電気量にトランスデューサ、記録計共に追従性が良好であること。
- (6) トランスデューサと記録計とのインピーダンスマッチングが良好であること。

上記のような点を考慮して本装置の構成は、図-6に示すように、被測定回路の計器用変成器の二次側出力を電気量トランスデューサで直流出力に変換し、その出力を小型打点式記録計で自動記録する方式とした。トランスデューサは、電圧、電流、電力の3つを携帯用ケース組み込みとし、それぞれアクセサリユニットを介して専用の記録計に入るようになっている。あとの位相および周波数の2個のうち、位相は電力トランスデューサによって算出出来るので、また周波数は変動が少ないことを考慮してチェック程度として切替スイッチにより、それぞれ記録計に接続出来るようにした。電圧はテストレコーダユニットに、電流、電力は高感度記録計ユニットに、位相は切替スイッチによ

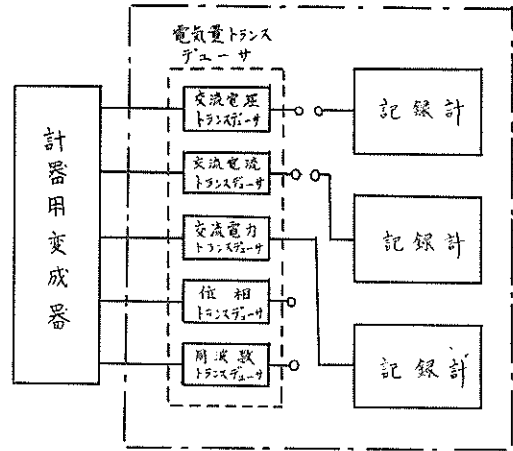


図-6 本装置の構成

り電圧測定用テストレコーダを併用し、また周波数は切替スイッチにより、電流測定用高感度記録計ユニットで測定出来るような構成になっている。テストレコーダユニットと高感度記録計の性能は次のようである。

(1) テスタレコーダ

- a) 測定レンジ: DC 1, 2.5, 10, 25, 100, 250, 500(V) 7レンジ, DC 0.05, 0.1, 0.25, 1, 5, 25, 100, 250, 1,000 (mA) 9レンジ, AC 10, 25, 100, 250, 500(V) 5レンジ, AC 1mA 1レンジ

b) 記録精度

- DC電圧、電流: 最大目盛値の±3%
AC電圧、電流: 最大目盛値の±3.5%

c) 回路定数

- 直流電圧の内部抵抗 20kΩ/V
直流電流の端子電圧降下 250mV以下
交流電圧の内部抵抗 1kΩ/V

(2) 高感度記録計

- a) 測定レンジ: DC 10, 25, 50, 100, 250mV
DC 1, 2.5, 5, 10, 25V
- b) 記録精度: 最大目盛値の±3%以内
- c) 温度特性: 最大目盛値の±0.1%/°C以下
- d) 使用温度範囲: -10°C ~ +40°C

写真-1には本測定器の外観を示し、図-7には接続図を示す。なお本装置の外形寸法、重量は下記の通りである。

- a) 外形寸法 幅40×高さ40×奥行37.3 (cm)
- b) 重量 約18.7Kg

次に電気量トランスデューサで測定した値を自動記録する記録計について述べる。

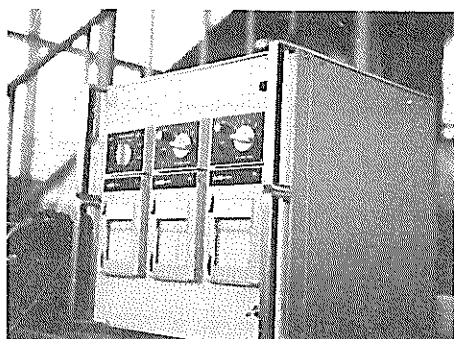


写真-1 電気量自動計測装置の外観

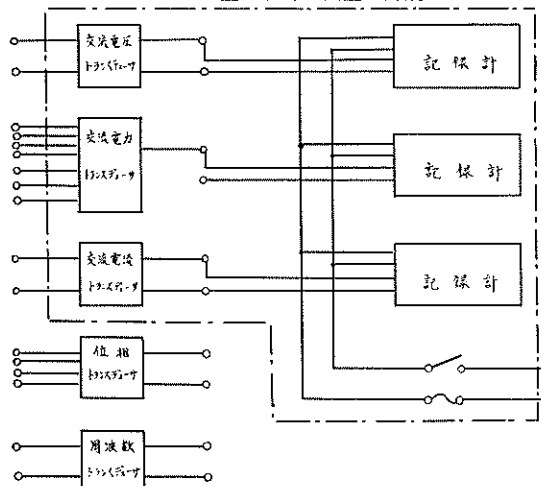


図-7 本装置の接続図

2-3 小型打点式記録計

電気量トランスデューサの直流出力を精度よく確実に長時間連続的に測定記録する記録計を市販品の中から選んで次のような記録計を本装置に採用することとした。

- (1) 名称：小型打点式記録計
- (2) 記録方式：可動コイルにより指示：記録は感圧紙に打点
- (3) 測定範囲：DC0～50 μ A
- (4) 記録精度：最大目盛値の $\pm 2.5\%$
- (5) 記録紙送りの速度：18、180mm/Hの2段
- (6) 打点間隔：3秒
- (7) 内部抵抗：4K Ω \pm 30 Ω
- (8) 電源：AC100V、50Hz
- (9) 外形寸法：幅11×高さ6×奥行16 (cm)
- (10) 重量：約1.1Kg

本記録計の特徴として次のようなことを挙げる事が出来る。

- (1) 重量が約1.1Kg、外形寸法が幅11×高さ6×奥行

16 (cm) で小型軽量である。

- (2) 間欠式の打点で1ヵ月以上続けて現象を記録することが出来る。
 - (3) 記録紙への記録方式が打点式のためインキを使用する必要がなく保守に便利である。
 - (4) 他の装置の中に組み込みやすい構造となっている。
- なお、本記録計にアクセサリユニットを付ければ測定範囲を拡大して記録することが出来る。

3 本装置の性能試験

本電気量自動計測装置の製作完了後、トランスデューサ部、記録部にわけてそれぞれ性能試験を行ったので次にその概要を記述する。

3-1 電気量トランスデューサの性能試験

表-1～5は各種電気量トランスデューサの性能を試験した結果である。いずれも規定の電気量をトランスデュー

表-1 電圧用トランスデューサ性能試験結果

定格一次入力 [V]	定格二次出力 [V]	計器指示 [V]	誤差 [%]
100	5	4,997	-0.06
80	4	4,000	± 0.00
60	3	3,003	+0.10
40	2	2,007	+0.35
20	1	1,009	+0.90

表-2 電流用トランスデューサ性能試験結果

定格一次入力 [A]	定格二次出力 [mV]	計器指示 [mV]	誤差 [%]
5	10	10.00	± 0.00
4	8	8.00	± 0.00
3	6	5.99	-0.17
2	4	4.00	± 0.00
1	2	2.00	± 0.00

サの一次側に加え、二次側の出力電圧を標準計器で測定したものである。

なお上記試験結果は、出力抵抗に100K Ω 抵抗を用いて行ったものである。これらの表から、各トランスデューサ共、誤差は定格値附近で0.2%以下で非常に高い精度であることがわかった。その他、直流500Vメガーを用いた絶縁抵抗試験や交流2000Vを1分間印加する耐電圧試験を各トランスデューサ毎に行ったが結果は良好であった。

表-3 電力用トランスデューサ性能試験結果

定格 一次入力 〔W〕	定格 二次出力 〔mV〕	計器指示 〔mV〕	誤差 〔%〕
937.5	10	10.01	+0.10
750.0	8	8.00	±0.00
562.5	6	6.01	+0.17
375.0	4	3.97	-0.75
187.5	2	2.02	+1.00

表-4 位相用トランスデューサ性能試験結果

入力位相角 φ 〔°〕	入力率 $\cos \varphi$ 〔%〕	二次出力 〔mV〕	計器指示 LEAD 〔mV〕	誤差 〔%〕	計器指示 LAG 〔mV〕	誤差 〔%〕
60°	0.5	±600	+606	+1.00	-599	-0.17
45° 34'	0.7	±455	+460	+1.10	-455	±0.00
25° 51'	0.9	±260	+268	+3.07	-259	-0.38
0	1.0	±0	±0	±0.00	±0	±0.00

表-5 周波数用トランスデューサ性能試験結果

定格 一次入力 〔Hz〕	定格 二次出力 〔mV〕	計器指示 〔mV〕	誤差 〔%〕
55	10	10.02	+0.20
54	9	9.01	+0.11
53	8	8.00	±0.00
52	7	7.01	+0.14
51	6	6.00	±0.00
50	5	5.00	±0.00
49	4	4.00	±0.00
48	3	2.99	-0.33
47	2	1.99	-0.50
46	1	0.99	-1.00
45	0	0.00	±0.00

3-2 記録計の性能試験

表-6は小型打点式記録計の性能を試験した結果である。いずれも規定の電圧、電流を入力端子に入れ、記録計の指示を読みとって入力値と記録指示値の誤差を求めたものであるが、この誤差は記録計読み取りの際の読み取り誤差を含んだ総合誤差である。

(1) 記録精度試験

標準電圧発生器、または電流発生器にて、直流の標準電圧電流を発生させ、それをレコーダに入れて、各レンジ毎の記録値を読みとり、標準値と比較した。

交流電圧、電流は、トランス、スライダック等を使用し

て電圧を発生させ、それをレコーダに入れて、計器で読み取った値と、レコーダに記録された値を比較して誤差を求めた。

(2) 絶縁抵抗試験

下記のような方法で行い全て良好であった。

使用メガー 500Vメガー

a) 電源コンセント

○アース——端子 ① ∞

○アース——端子 ② ∞

b) 入力端子① アース間 ∞

c) 入力端子②—アース間 ∞

d) 入力端子③—アース間 ∞

e) メータ ①—アース間 ∞

f) メータ ②—アース間 ∞

g) メータ ③—アース間 ∞

表-6 記録精度試験結果

(1) テスタレコーダ

a) 直流電圧

レンジ (DC.V)	入力電圧 (DC.V)	記録電圧 (DC.V)	誤差 (%)
1.0	1.0	0.985	-1.5
2.5	2.5	2.500	±0.0
10	10.0	10.0	±0.0
25	25.0	25.0	±0.0
100	100	100.0	±0.0
100	20.0	20.0	±0.0
100	50.0	50.8	+1.6
100	70.0	71.4	+2.0
100	90.0	90.9	+1.0

b) 直流電流

レンジ (DC.mA)	入力電流 (DC.mA)	記録電流 (mA)	誤差 (%)
100	100	100.0	±0.0
100	80	80.8	+1.0
100	60	61.2	+2.0
100	40	40.2	+0.5
100	20	20.0	±0.0
25	25	25.0	±0.0
25	12.5	12.7	+1.6
5	5	4.98	-0.4
5	2.5	2.53	+1.2

レンジ (DC.mA)	入力電流 (DC.mA)	記録電流 (mA)	誤差 (%)
1	1	0.990	-1.0
1	0.5	0.505	+1.0
0.25	0.25	0.251	+0.4
0.25	0.125	0.127	+2.0
0.1	0.10	0.100	±0.0
0.1	0.05	0.051	+2.0
0.05	0.05	0.050	+0.5
0.05	0.025	0.0255	+2.0

c) 交流電圧

レンジ (ACV)	入力電圧 (ACV)	記録電圧 (ACV)	誤差 (%)
500	500	502.5	+0.5
500	250	250.0	±0.0
250	250	251.2	+0.5
250	125	124.7	-0.2
100	100	100.0	±0.0
100	50	50.0	±0.0
25	25	24.9	-0.4
25	12.5	12.3	-1.6
10	10	9.90	-1.0
10	5	4.90	-2.0

d) 交流電流

レンジ (ACmA)	入力電流 (ACmA)	記録電流 (mA)	誤差 (%)
1	1	0.990	-1.0
1	0.5	0.492	-1.5

(2) 高感度記録計 (電流用)

レンジ (DC.mV)	入力電圧 (DC.mV)	記録電圧 (mV)	誤差 (%)
10	10	9.92	-0.8
10	5	5.00	±0.0
10	2.5	2.49	-0.4
10	4	4.00	±0.0
10	6	6.00	±0.0
10	8	8.02	+0.3
25	25	25.17	+0.7
25	12.5	12.50	±0.0
50	50	49.5	-1
50	25	25.0	±0.0

レンジ (DC.mV)	入力電圧 (DC.mV)	記録電圧 (mV)	誤差 (%)
100	100	98.8	-1.2
100	50	50.0	±0.0
250	250	245.5	-1.8
250	125	124.7	-0.2
1.0	1.0	0.992	-0.8
1.0	0.5	0.5	±0.0
2.5	2.5	2.48	-0.8
2.5	1.25	1.25	±0.0
5.0	5.0	4.96	-0.8
5.0	2.5	2.5	±0.0
10	10	9.85	-1.5
10	5	5.00	±0.0
25	25	24.55	-1.8
25	12.5	12.47	-0.2

(3) 高感度記録計 (電力用)

レンジ (DC.mV)	入力電圧 (DC.mV)	記録電圧 (DC.mV)	誤差 (%)
10	10	10.04	+0.4
10	5	5.10	+2.0
25	25	25.13	+0.5
25	12.5	12.75	+2.0
50	50	50.30	+0.6
50	25	25.50	+2.0
100	100	100.4	+0.4
100	50	51.00	+2.0
250	250	250.8	+0.3
250	125	127.5	+2.0
1.0	1.0	0.985	-1.5
1.0	0.5	0.500	±0.0
2.5	2.5	2.510	-0.4
2.5	1.25	1.26	+0.8
5.0	5.0	5.00	±0
5.0	2.5	2.54	+1.6
10	10	10.00	±0.0
10	5	5.05	+1.0
25	25	25.02	+0.1
25	12.5	12.72	+1.8

(3) 耐圧試験

下記のような装置と試験法により行い、全て良好であった。

試用試験機: MODEL 872A PUNCTURE

TESTER

印加電圧：AC 1KV

印加時間：1分間

メーター、アース間全て良好

(4) 記録紙繰出し速度の精度試験

PM 5:00~A.M 9:00までの16時間、連続運転してその記録紙の長さを測って誤差を出す方法を用いた。

(5) 温度上昇試験

2時間レコーダを動作させ、記録紙繰り出し用モータの温度をサーミスタ温度計で連続的に計測した。

その結果、温度上昇限度は30℃以下であった。なお室温は平均約10℃であった。

以上の試験の結果、記録精度試験ではテストレコーダおよび高感度記録計とも誤差2%以下であって実用上差し

支えないものであると考えられる。絶縁抵抗試験では、500Vメガーを使用して行ったが各記録計3個とも良好であり、AC1000V1分間で行った耐圧試験もすべて異常がなかった。その他記録紙繰出し速度の精度試験も誤差±3%程度であり、温度上昇も約30℃以下(室温約10℃)であった。

4. 本装置の実用試験

本装置製作完了後、当所において実用試験を行ったので次にその概要を記述する。

4-1 試験概要

試験は、測深用水槽の攪拌用電動ポンプ装置で行われた。

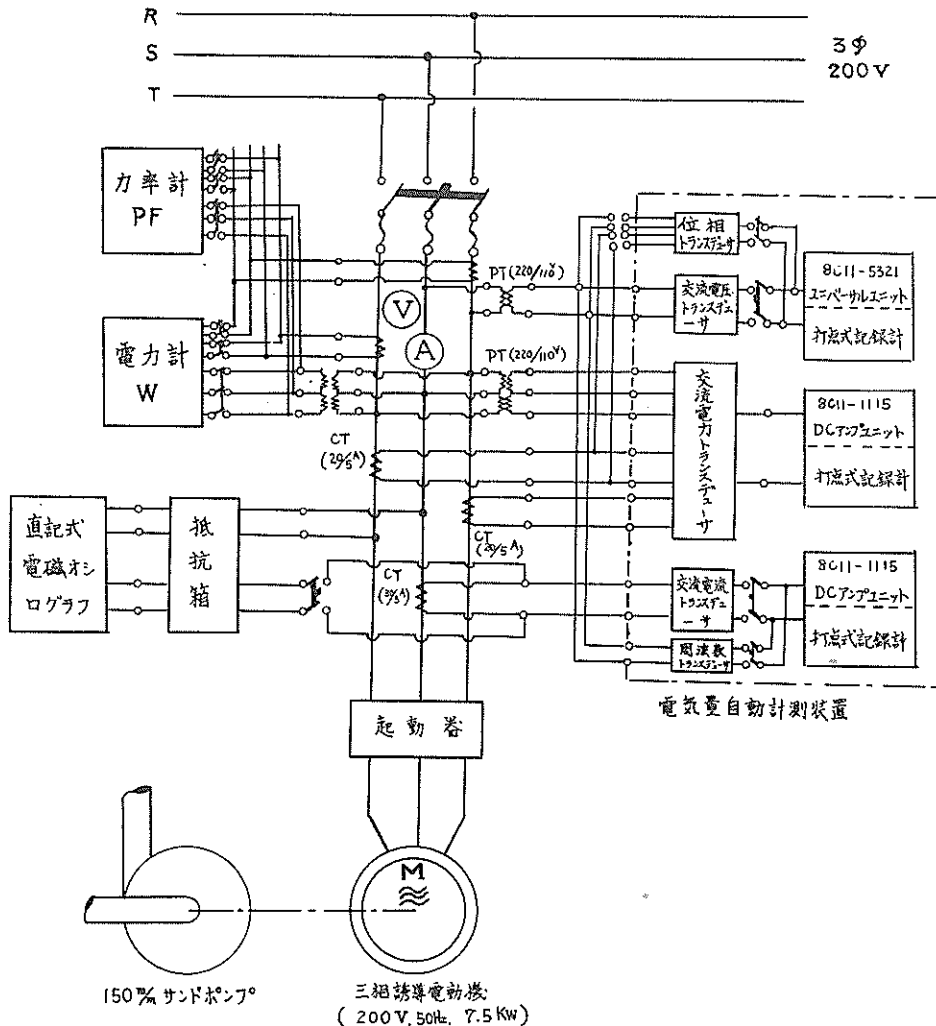


図-8 ポンプ用電動機負荷特性試験接続図

図-8はポンプ用電動機負荷特性を試験するための接続図である。

電圧測定記録には、電動機入力母線（3相200V）の2線間に計器用変圧器（220/110V 15VA）をつなぎ、その2次側出力端子を交流電圧トランスデューサの1次入力に接続した。電流測定記録には、電動機入力母線の1線に計器用変流器（30/5A 15VA）をそう入し、その出力端子を電流トランスデューサの1次入力端子に接続した。

電力測定には、電動機入力母線の3線間にV結線した2個の計器用変圧器の2次側出力端子を電力トランスデューサの1次入力端子の電圧端子に接続し、電動機入力母線の2線にそれぞれそう入された計器用変流器（20/5A）の2次側出力端子を電力トランスデューサの入力電流端子にそれぞれ接続した。

位相および周波数の測定には、開閉器を用いて、位相測定では電圧測定と、周波数測定では電流測定というふうにそれぞれ切替えて使用できるよう接続した。

なお、計測装置の指示値をチェックするために、回路に電圧計、電流計、電力計、力率計各1個を接続した。

その他、電動機の起動の際の過渡特性を記録するために、電動機入力母線の電圧、電流を記録する直記式の電磁オシログラフを使用した。

試験はまずポンプを無負荷にしたときの電動機入力を測定した。そのあとポンプを全負荷にした際の電動機入力を計測装置と各計器で測定した。なお、無負荷、全負荷ともに、すべりを測定した。すべりSの測定には、ストロボスコープ法を用いた。この方法は電動機の極数と同じ白黒の色わけを白黒で回転部につけ、電動機と同一電源のけい光灯で照らし、色わけされた模様1分間の回転数を測定し、同期速度で割ればすべりSが求まる。

写真-2は試験の状況を示したものである。写真-3は供試ポンプを示す。

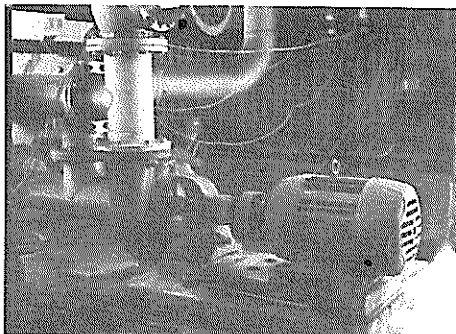


写真-2 ポンプ用電動機特性試験実験状況

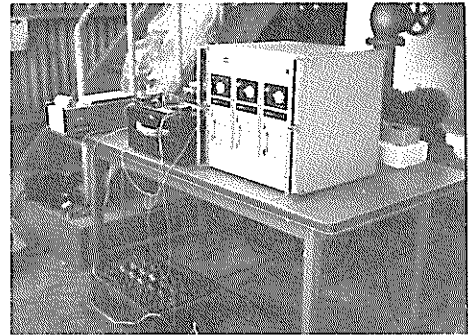


写真-3 供試ポンプ用電動機

4-2 試験装置および計測機器

(1) 試験装置の概要

本装置の実用試験を行うため、電動ポンプの特性試験に本測定装置を使用した。ポンプおよび電動機の要目は次の通りである。

ポンプ

呼び径： 150mm
 吐出量： 2.7 m³/min
 揚程： 11m
 回転数： 1450rpm
 動力： 7.5kW

電動機

形式： 三相かご形誘導電動機
 電圧： 200V
 電流： 29A
 出力： 7.5kW
 周波数： 50Hz
 極数： 4極
 回転数： 1420rpm

(2) 計測機器

本試験に使用した計測機器は次の通りである。

a) 携帯用三相電力計

形名： DPW-3
 階級： JISC-1102 0.5級
 外形寸法： 約320×190×195mm
 測定範囲： 電流2.5Aで1200W
 電流5Aで2400W

b) 携帯用万能力率計

形名： DPPU
 階級： JISC 1102 携帯用
 外形寸法： 約320×190×195mm
 目盛区分： Lead50-100-Lag50,

c) 交流電圧計

形名: SPF3R
 階級: 0.5級
 測定範囲: 75/150/300V

チャンネル数: 6点

光学系の長さ: 10cm

最高記録線速度: 150m/s (2.4KHz, peak to peak 20mm)

d) 交流電流計

形名: SPF4R
 階級: 0.5級
 測定範囲: 5/20/50/100A

その他、計器用変圧器 20/5A用2個、30/5A用を1個使用した。計器用変圧器は220/110V用を2台使用し、それぞれ電圧測定用、電力測定用として用いた。

e) 直記式電磁シログラフ

形名: ビジグラフPR-101形

4-3 試験結果および考察

表-7に電動機を無負荷にした場合の自動計測装置の記

表-7 電動機無負荷の場合の計測値

計測番号	自動計測装置の記録値					計器の指示					
	電圧 (V)	電流 (A)	力率 (%)	有効電力 (一次入力) (kW)	周波数 (Hz)	電圧計 (V)	電流計 (A)	力率計 (%)	電力計 (kW)	周波数計 (Hz)	回転数 (rpm)
1	198	10.1	42	1.49	49.7	199	10.2	43	1.51	50.0	1496
2	199	10.0	41	1.45	49.7	200	10.1	42	1.47	50.0	1495
3	198	10.1	42	1.49	49.6	199	10.3	43	1.52	50.0	1496
4	199	10.0	41	1.45	49.6	200	10.0	42	1.45	50.0	1497
5	200	9.9	42	1.41	49.6	200	10.0	43	1.45	50.0	1495
6	200	9.9	41	1.41	49.6	200	10.0	42	1.45	50.0	1496
7	200	9.9	42	1.41	49.6	200	10.0	43	1.45	50.0	1495
8	199	10.0	42	1.45	49.6	200	10.0	43	1.49	50.0	1496
9	198	10.1	43	1.49	49.6	199	10.3	42	1.49	50.0	1495
10	200	9.9	41	1.41	49.6	200	10.0	42	1.45	50.0	1496
平均値	199.1	9.99	41.9	1.446	49.62	199.7	10.09	42.5	1.477	50.0	1495.7

録値と計器の指示を示す。この場合の無負荷というのは、水槽内およびポンプ内の水を空にし、電動機とポンプ本体とを直結して空転した状態をいう。

測定時間は100分で、10分毎の測定値の平均値をピックアップして表に示したものである。回転数の測定には、光電式回転計を用いた。図-9に無負荷時の記録の一例を示

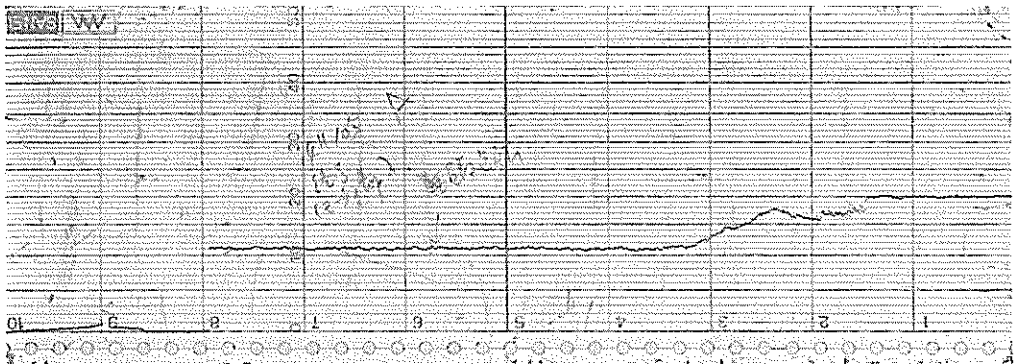


図-9-a 無負荷のときの電流の記録

す。

表-8は、水槽を満水にし、ポンプを全負荷で運転した場合の自動計測装置の記録値と計器の指示を示す。測定方

法は、上記無負荷の場合と同様である。図-10に全負荷の場合の記録の1例を示す。

表-9は、ポンプ吸込弁の開度を種々変えて、ポンプに

表-8 電動機全負荷運転中の計測値

計測番号	自動計測装置の記録値					計器の指示					
	電圧 (V)	電流 (A)	力率 (%)	有効電力 (一次入力) (KW)	周波数 (Hz)	電圧計 (V)	電流計 (A)	力率計 (%)	電力計 (KW)	周波数計 (Hz)	回転数 (rpm)
1	198	20.2	77.0	5.32	49.6	199	20.1	78.0	5.40	49.9	1467
2	198	20.0	77.0	5.32	49.7	198	20.2	77.5	5.35	49.8	1466
3	198	20.1	77.0	5.32	49.6	198	20.1	78.1	5.37	50.0	1467
4	199	20.0	77.1	5.32	49.6	199	20.1	77.6	5.38	49.9	1468
5	200	19.9	77.2	5.32	49.7	199	20.0	77.4	5.32	50.0	1466
6	198	20.1	77.0	5.40	49.6	198	20.2	77.3	5.35	50.0	1467
7	198	20.2	77.1	5.32	49.6	198	20.1	77.7	5.35	50.0	1467
8	199	19.9	77.2	5.40	49.7	199	20.1	78.0	5.40	49.9	1468
9	198	20.1	77.0	5.32	49.6	198	20.2	77.7	5.36	49.9	1466
10	198	20.1	77.0	5.32	49.6	198	20.0	78.1	5.33	50.0	1466
平均值	198.4	20.06	77.06	5.336	49.63	198.4	20.11	77.74	5.361	49.94	1466.8

表-9 負荷を変化させた場合の計測値

吸込弁開度 (ハンドル回転数)	自動計測装置の記録値				
	電圧 (V)	電流 (A)	力率 (%)	有効電力 (KW)	周波数
1回転	198	19.3	76.8	5.08	49.6
2 "	198	19.2	76.7	5.05	49.7
3 "	198	19.1	76.6	5.01	49.6
4 "	198	19.0	76.5	4.98	49.6
5 "	198	18.9	76.4	4.95	49.7
6 "	198	18.8	76.2	4.90	49.7
全閉	198	15.6	72.5	3.87	49.6
1回転	198	19.3	76.5	5.06	49.7
2 "	198	19.4	76.6	5.10	49.6
3 "	198	19.5	76.8	5.13	49.7
4 "	198	19.6	77.0	5.18	49.6
5 "	198	19.7	77.2	5.22	49.7
6 "	198	19.7	77.2	5.22	49.6
全開	198	19.8	77.5	5.25	49.7

かかる負荷を変化させた場合の自動計測装置の記録値と計器の指示を示す。吸込弁の開度は弁のハンドルの回転数で表わし、表で上から6行目までは弁をしめる操作を、9行目以下は弁を開く操作を示している。

この吸込弁開度と電力、電流、力率の関係をグラフに示したのが図-11である。この図からわかることは全閉か

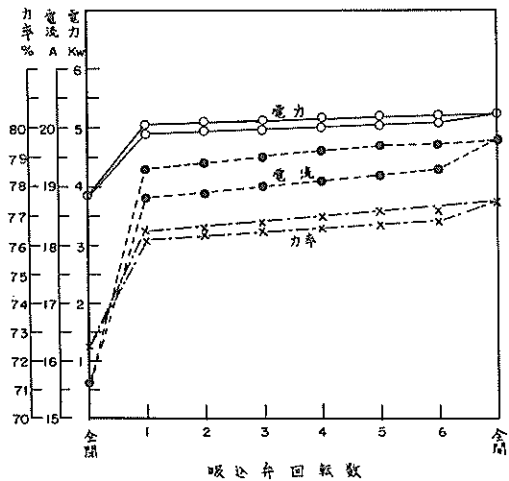


図-11 吸込弁回転数と電気量の関係

ら弁を1回転するまでが電力等の変化が大きくその後徐々に変化していくことがわかる。また弁を開いていく操作の方が弁を閉じていく操作に比べると、弁を開く方が電力、電流、力率ともに大きいということがわかった。

図-12に吸込弁のハンドル回転数を変化させたときの記録の一例を示す。また図-13は吐出弁を開けてポンプを回転させたときの記録の一例を示す。これから本装置が非常に現象に追従性があることがわかる。

以上、表-7、8、9の結果によってポンプ電動機の負

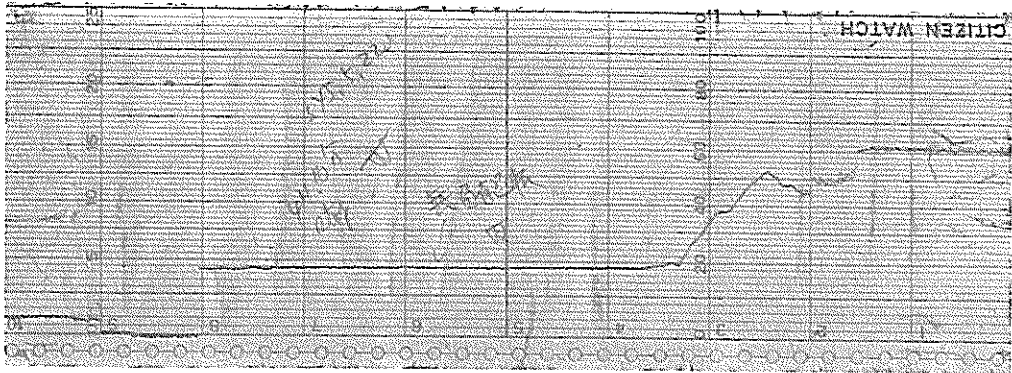


図-9-b 無負荷のときの電力の記録

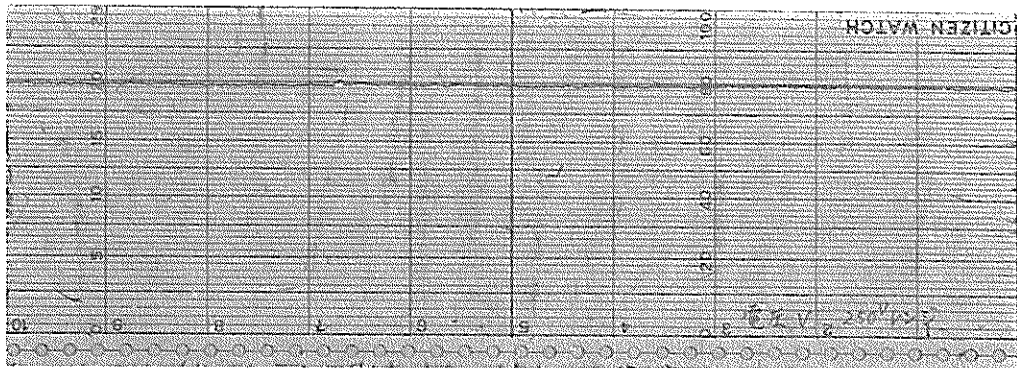


図-10-a 全負荷のときの電圧の記録

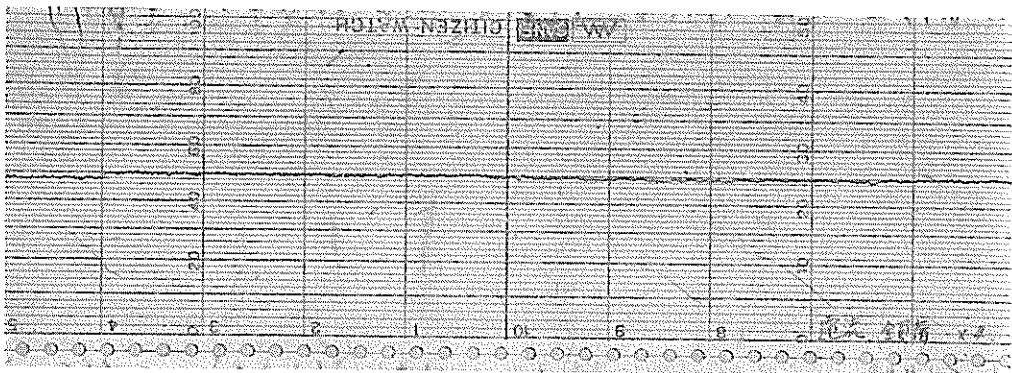


図-10-b 全負荷のときの電流の記録

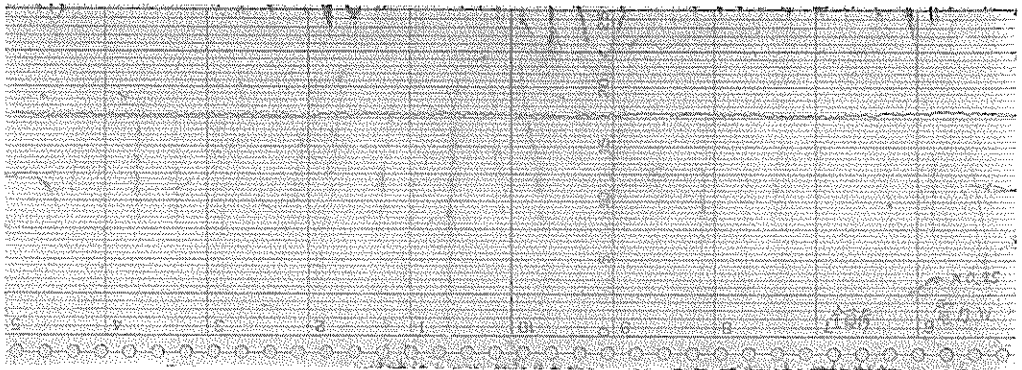


図-10-c 全負荷のときの電力の記録

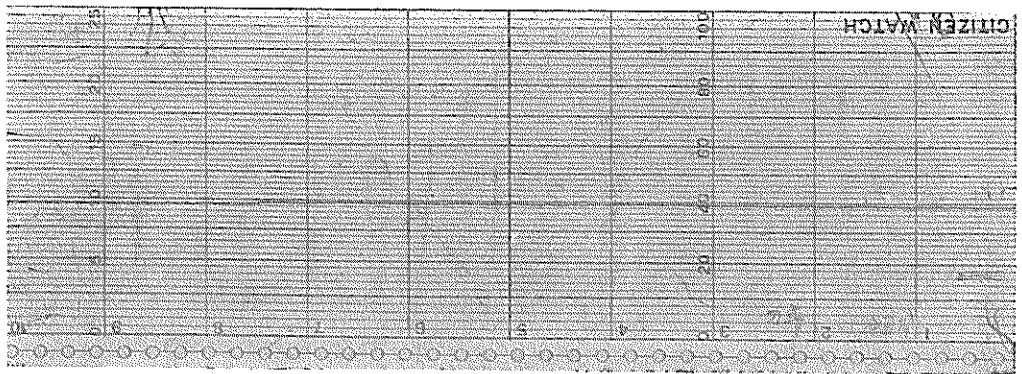


図-10-d 全負荷のときの位相（力率）の記録

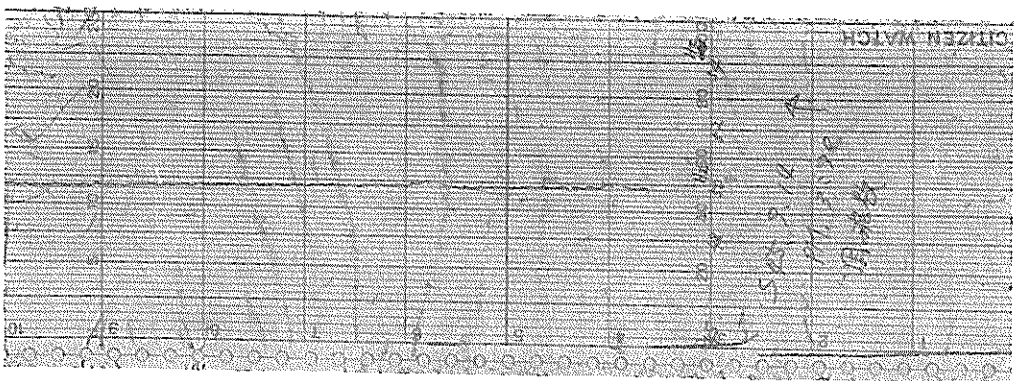


図-10-e 全負荷のときの周波数の記録

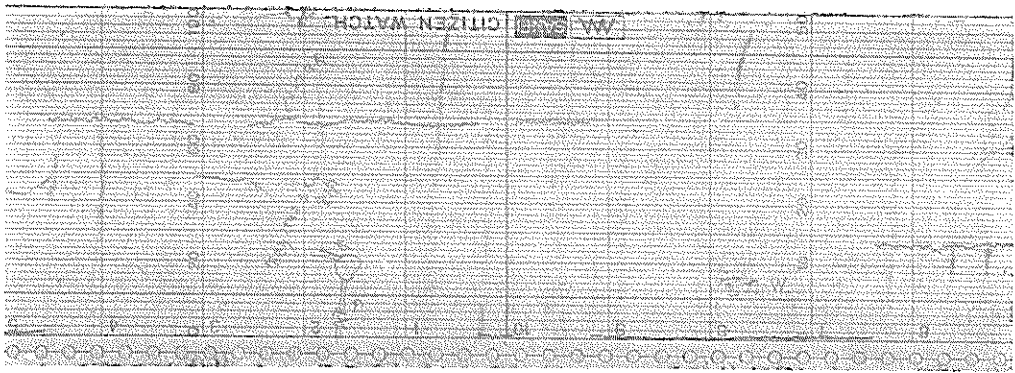


図-12 吸込弁全閉したときの記録

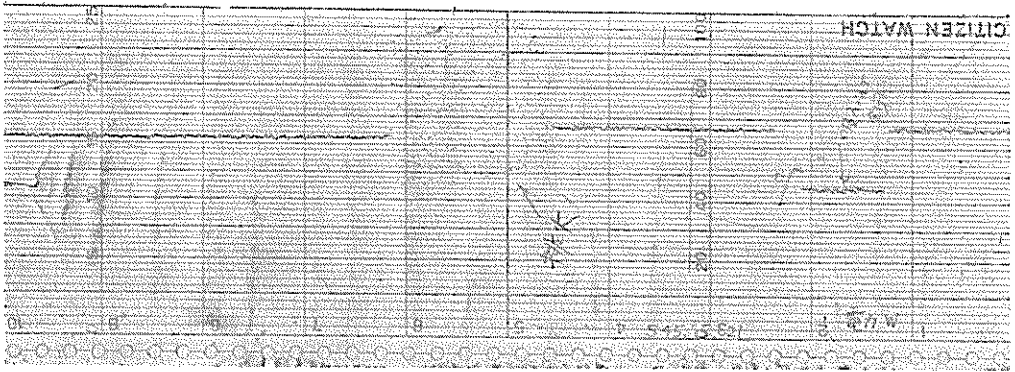


図-13 排水しながらポンプを運転したときの記録

荷特性曲線を作成したのが図-14である。この図で実線は電動機の試験成績表から求めたものであり、○印でプロ

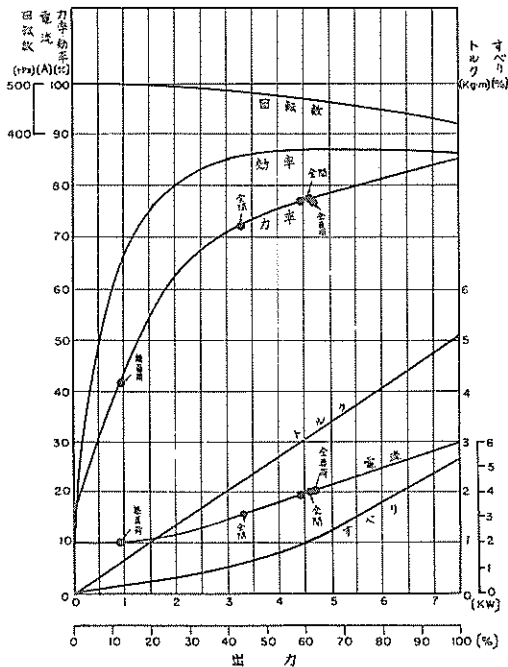


図-14 ポンプ用電動機負荷特性曲線

ットしたのが実験で求めた値である。この図から自動計測装置で求めた値と試験成績表から求めたものとほぼ一致することがわかる。

また図-15は、横軸に計器の指示をとり、縦軸に装置

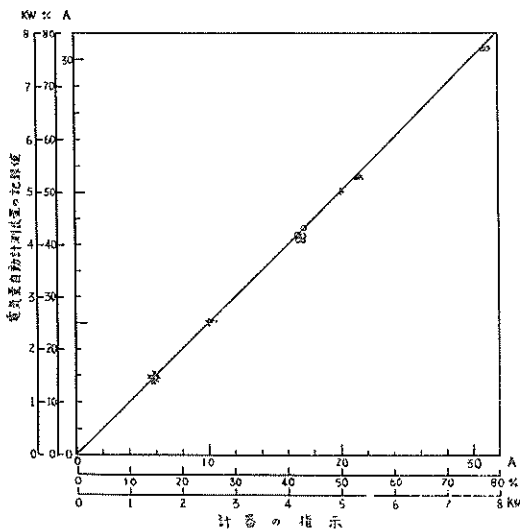


図-15 電力量自動計測装置の精度

の記録値をとって、プロットしたものである。45度の角度で引いた実線は誤差が零のときの値である。この図からも本装置の精度が良いことがわかる。表-10は計器指示を標準とした場合の装置の誤差を示す。この表から平均最

表-10 電力量自動計測装置の誤差

計測番号	電圧 (%)	電流 (%)	力率 (%)	有効電力 (%)	周波数 (%)
1	-0.50	-0.98	-2.33	-1.32	-0.60
2	-0.50	-0.99	-2.38	-1.36	-0.60
3	-0.50	-1.94	-2.33	-1.97	-0.80
4	-0.50	±0.00	-2.38	±0.00	-0.80
5	±0.00	-1.00	-2.33	-2.76	-0.80
6	±0.00	-1.00	-2.38	-2.76	-0.80
7	±0.00	-1.00	-2.33	-2.76	-0.80
8	-0.50	±0.00	-2.33	-2.68	-0.80
9	-0.50	-1.94	+2.38	±0.00	-0.80
10	±0.00	-1.00	-2.38	-2.76	-0.80
平均値	-0.30	-0.99	-1.83	-1.84	-0.80

計測番号	電圧 (%)	電流 (%)	力率 (%)	有効電力 (%)	周波数 (%)
1	-0.50	+0.50	-1.28	-1.48	-0.60
2	±0.00	-0.99	-0.65	-0.56	-0.20
3	±0.00	±0.00	-1.41	-0.93	-0.80
4	±0.00	-0.50	-0.64	-1.12	-0.60
5	+0.50	-0.50	-0.26	±0.00	-0.60
6	±0.00	-0.50	-0.39	+0.93	-0.80
7	±0.00	+0.50	-0.77	-0.56	-0.80
8	±0.00	-1.00	-1.03	±0.00	-0.40
9	±0.00	-0.50	-0.90	-0.75	-0.60
10	±0.00	+0.50	-1.41	-0.19	-0.80
平均値	±0.00	-0.25	-0.87	-0.47	-0.62

大誤差が1.8%であり、本電力量自動計測装置が十分に実用に供しうるものであることがわかった。

5. 結 論

1) 電力量トランスデューサを用いて交流の電圧、電流、電力、力率、周波数等の電力量をこれに比例した直流出力に変換し、記録計を接続することによって自動的に電力量を計測記録することができる。

2) 本装置の性能試験の結果、電力量トランスデューサの誤差は定格値附近で0.2%以下で非常に高い精度であることがわかった。また、記録計の誤差は2%以下であって

十分実用しうるものであることがわかった。

3) 電動ポンプの特性試験に本測定装置を使用して行った実用試験では、自動計測装置で求めた記録値と電動機の試験成績表から求めた値とほぼ一致し、本装置が十分に実用に供しうるものであることが立証された。

6. あとがき

今回行った実験は1種類のポンプ用電動機であり、しかも測定時間が比較的短かったため、本装置の性能を十分に試験したとはいえないが、少なくとも本装置が電氣量を精度よく計測記録し、十分に実用性のあるものであることは立証できたと思われる。

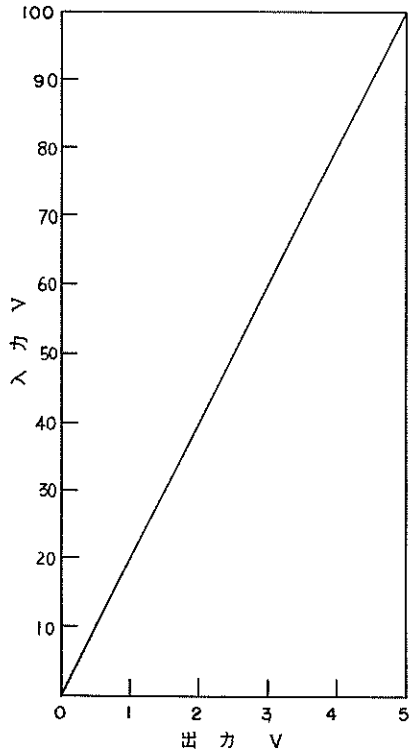
本装置の電氣量トランスデューサはデジタル電圧計や記録計とともに用いて、電力監視記録や集中制御に、また各種電氣機器の特性試験に使用できる。さらに圧力計や流量計等の工業量のトランスデューサとともに用いて、浚渫

船等の作業船のシステム制御やテレメータリングの一次変換器としても応用でき、作業船の省力化、自動化に利用することができよう。

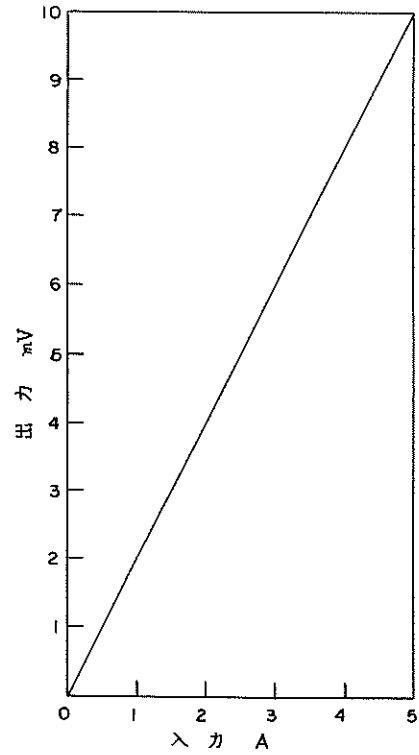
終りに、本装置の試作にあたり、電氣量トランスデューサ関係の製作に協力していただいた横河電機株式会社、記録計関係の製作に協力していただいた三栄測器株式会社の関係者各位に謝意を表する次第である。また、本資料作成上、種々の御助言を戴いた、松田機材部長、八木流体輸送研究室長をはじめ、機材部の方々に感謝する次第である。

参 考 文 献

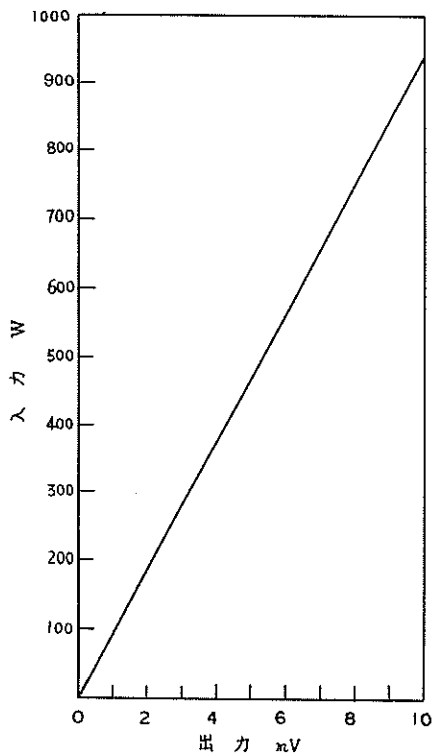
- 1) 電氣学会編 : 「電氣工学ハンドブック」 電氣書院 昭和42年
- 2) 坪島茂彦 : 「電氣機器の据付・試験・保全」 電氣書院 (1970. 12. 24 受付)



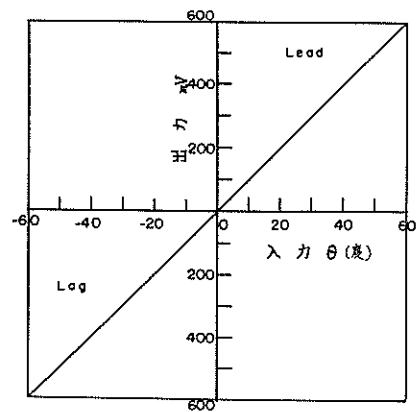
附図-1 電圧用トランスデューサ出力特性



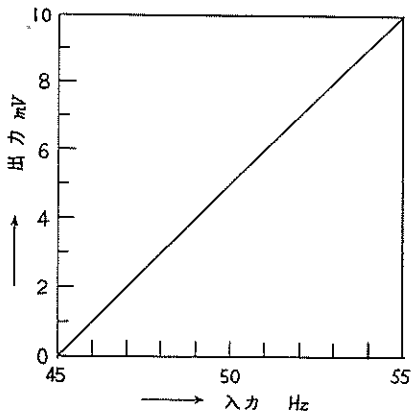
附図-2 電流用トランスデューサ出力特性



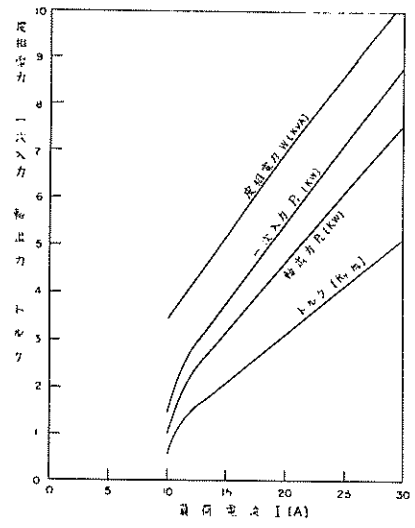
附図-3 電力用トランスデューサ出力特性



附図-4 位相用トランスデューサ出力特性



附図-5 周波数用トランスデューサ出力特性



附図-6 負荷電流と出力の関係

港 灣 技 研 資 料 No. 113

1971・3

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発 行 所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印 刷 所 株式会社 東京プリント
東京都港区西新橋3-24-9 飯田ビル

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.