

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OŚRODEK RUCHU I CZASU

Handwritten signature

BE 10

Główny wykonawca dr inż. Edward Golonka

Wykonawcy inż. Z. Bojar, mgr inż. M. Muter, mgr inż. L. Nowakowski

Konsultant

Nr zlecenia 1020B

Opracowanie i wykonanie serii prototypowej oraz pomoc merytoryczna przy wdrożeniu do produkcji czuj. strunowych do pom. ciśnienia o b. wysokiej rozdzielczości /2cm sł. wody/ zawierających w sobie wzmacniacze elektroniczne.
Zadanie wdrożeniowe IPBR 11.3.13.
Etap 7 - Nadzór autorski i merytoryczny nad badaniami eksploatacyjnymi tych czujników.

Zleceńodawca KONSULTEX

Pracę rozpoczęto dnia 1990.06.30

zakończono dnia 1990.11.30

Główny Wykonawca

Signature
Z-ca DYREKTORA
d/s AUTOMATYKI I POMIARÓW
dr inż. E. Golonka

Kierownik Ośrodka

Signature
mgr inż. A. Cybulski

dr inż. T. Gałazka

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron

Egz. 1 BOINTE

rysunków

Egz. 2 KONSULTEX

fotografii

Egz. 3 ORC-PIAP

tabel

Egz. 4 KONSULTEX

tablic

Egz. 5 KONSULTEX

załączników

Egz. 6 ORC-PIAP

Nr rejestr. 6535

Analiza deskryptorowa APARATURA POMIAROWA, APARATURA KONTROLNO-POMIAROWA BUDOWLI WODNYCH, APARATURA STRUNOWA, AUTOMATYZACJA POMIARÓW BUDOWLI WODNYCH.

CZUJNIK STRUNOWY, URZĄDZENIA POMIAROWE, WODA

Analiza dokumentacyjna APARATURA KONTROLNO-POMIAROWA OPARTA NA METODZIE STRUNOWEJ /TENSOMETRIA STRUNOWA/ PRZEZNACZONA DO ZDALNYCH POMIARÓW BUDOWLI WODNYCH.

Tytuły poprzednich sprawozdań

- Nr rej. 6095 - Zadanie wdrożeniowe CPBR 11.10.13.2 Etap 1 Rozeznanie patentowe
- Nr rej. 6125 - Zadanie wdrożeniowe CPBR 11.10.13.2 Etap 2 Badania laboratoryjne modeli czujników strunowych
- Nr rej. 6299 - Zadanie wdrożeniowe IPBR 11.3.13 Etap 4 Wykonanie 32 szt prototypów czujników strunowych SCC-05
- Nr rej. 6368 - Zadanie wdrożeniowe IPBR 11.3.13 Etap 5 Badania laboratoryjne prototypów czujników.

621.3.08

Przyrządy pomiarowe

UKD

2

SPIS TREŚCI

1.	SPRAWY FORMALNE	3
1.1	Przedmiot pracy	3
1.2	Zamawiający	3
1.3	Podstawa wykonania pracy	3
1.4	Zakres pracy	3
2	NADZÓR AUTORSKI I METYTOTYCZNY NAD BADANIAM I EKSPLOA- TACYJNYMI TYCH CZUJNIKÓW	3
2.1	Cel nadzoru i sposób jego realizacji	3
2.2	Opis przeprowadzonych prac i udzielonych konsultacji ...	4
3	WNIOSKI	5

Załączniki

1. Opis konstrukcji i działania czujników strunowych o podwyższonej rozdzielczości do pomiarów ciśnienia słupa wody w piezometrach zapór.
2. Instrukcja /DTR/ obsługi i użytkowania czujnika SCC-05 o podwyższonej rozdzielczości.
3. Instrukcja /DTR/ miernika cyfrowego typu SMB-01-V₄ do pomiaru częstotliwości drgań struny tego czujnika.

1. SPRAWY FORMALNE

1.1 Przedmiot pracy.

Przedmiotem pracy tego etapu był nadzór autorski i merytoryczny nad badaniami eksploatacyjnymi tych czujników.

1.2 Zamawiający.

Praca została zamówiona przez Przedsiębiorstwo Usług Konsultingowych KONSULTEX Sp. z o.o. w Warszawie.

1.3 Podstawa wykonania pracy.

Praca została wykonana na podstawie umowy 413/88 z dnia 29.11.88 z późniejszymi aneksami i protokołami rozbieżności do nich, zawartej między P.U.K. KONSULTEX i MERA-PIAP na podstawie, której otwarto zlecenie 1020B.

Niniejsza praca jest 7 i ostatnim etapem tej umowy.

1.4 Zakres pracy.

Praca w tym etapie /ostatnim/ obejmowała nadzór merytoryczny i udzielenie konsultacji oraz pomoc przy badaniach eksploatacyjnych przeprowadzonych przez użytkowników tych czujników.

2. NADZÓR AUTORSKI I MERYTORYCZNY NAD BADANIAMI EKSPLOATACYJNYMI TYCH CZUJNIKÓW.

2.1 Cel nadzoru i zakres jego realizacji.

Celem nadzoru autorskiego było udzielenie niezbędnych konsultacji użytkownikom tych czujników w zakresie eksploatacji, użytkowania oraz pomoc w zakresie ich montażu na obiektach oraz sposobu pomiaru i obliczania wartości mierzonej przez czujniki.

2.2 Opis przeprowadzonych prac i udzielonych konsultacji.

Nadzór autorski i merytoryczny, o którym wyżej, był dokonywany w okresie kilku miesięcy, począwszy od pierwszej dekady czerwca 1980r.

W tym okresie dokonano kilku przeglądów czujników sprawdzeń ich częstotliwości drgań strun oraz udzielono kilku konsultacji w zakresie projektowania automatycznej aparatury odbiorczej dla tych czujników, w zakresie użytkowania indywidualnego - pojedynczego tych czujników oraz w zakresie specyficznych ich zastosowań. Konsultacji tych udzielono dla przedstawicieli głównie tych obiektów, gdzie znajdują się lub przewidziane są do zainstalowania te czujniki, jak np. zaporą w Koronowie k/ Bydgoszczy, stopień wody Dębe.

W celu wygodniejszej obsługi i pomiaru częstotliwości drgań strun w tych czujnikach /drgania niegasnące/ w warunkach polowych, w ramach innego zlecenia skonstruowano i wykonano strunowy miernik bateryjny /kieszonkowy/, bardzo wygodny i przydatny w okresie instalacji tych czujników na budowie, w szczególności przy pojedynczo rezlokowanych czujnikach na dużych obszarach /2 + 3 km/. Ze względu jednak na główne przeznaczenie tych czujników a mianowicie pracę w większych zestawach współpracujących z mikroprocesorowym systemem wybierania i rejestracji, dla umożliwienia takiej współpracy opracowano koncepcje zamontowania niewielkich układów w strunowym module SMP-08 /stacjonarnym/ przeznaczonym i pracującym z czujnikami strunowymi o drganiach gasnących.

Przez okres kilkumiesięcznej obserwacji zauważono kilka cech /zalet i wad/ tych czujników.

Do najważniejszych trzeba zaliczyć fakt, że ze względu na dużą amplitudę sygnału pomiarowego czujnika rzędu 10V odległość

czujnika od miernika może być praktycznie nieograniczona. Potwierdzono też inną ważną zaletę tych czujników a mianowicie ich dobrą rozdzielczość rzędu 20 cm/Hz .

Do mankamentów należałoby zaliczyć wrażliwość tych czujników na wpływ temperatury, zwłaszcza, gdy zmiany temperatury są rzędu powyżej 10°C . Wtedy dla osiągnięcia dokładności poniżej 1% zakresu pomiarowego należy stosować w obliczeniach wartości mierzonej współczynnik temperaturowy. Jednak w olbrzymiej większości zastosowań w budowlach wodnych zmiany te wahają się w granicach $4 \pm 6^{\circ}\text{C}$, co czyni te czujniki bardzo przydatnymi do tych budowli.

3. WNIOSKI KOŃCOWE.

Na podstawie wszystkich dotychczasowych prac przeprowadzonych nad tymi czujnikami w okresie realizacji całej umowy należy stwierdzić co następuje:

1. Czujniki te mimo ich pewnych mankamentów okazały się bardzo przydatne, w szczególności dla niektórych, specyficznych pomiarów ciśnienia np. ciśnienia słupa wody w piezometalch zapór, gdy zmiany tego ciśnienia są niewielkie.
2. W celu zwiększenia niezawodności tych czujników należy dokonać w nich pewnych modyfikacji, w szczególności modyfikacji w układzie elektrycznym wzmacniacza i jego elementach.
3. Dla rozszerzenia zastosowania tych czujników, zwłaszcza w większych grupach oraz stosowania do pomiaru ich sygnałów mikroprocesorowego systemu pomiarowego o tzw. inteligencji rozproszonej należy opracować i wykonać

modyfikację istniejącego modułu strunowego SMP - 08
dla czujników o drganiach gasnących w celu przystosowania
tych modułów dla tych czujników o drganiach ustalonych
/niegasnących/.

ZADANIE WDROZENIOWE

JPBR 11.3.13

OPRACOWANIE I WYKONANIE SERII PROTOTYPOWEJ
ORAZ POMOC MERYTORYCZNA PRZY WDRAZANIU
DO PRODUKCJI CZUJNIKOW STRUNDWYCH
DO POMIAROW CISNIENIA O BARDZO WYSOKIEJ
ROZDZIELCZOŚCI (2 cm słupa wody)
ZAWIERAJĄCYCH W SOBIE WZMACNIACZE
ELEKTRONICZNE.

Zadanie wdrożeniowe

JPBR 11.3.13

Warszawa, listopad 1990r.

SPIS TRESCI

1. WSTEP.....	4
1.1. Uzasadnienie formalne podjęcia pracy	4
1.2. Uzasadnienie merytoryczne	4
1.3. Treść pracy	5
1.4. Źródła wykorzystane w pracy	5
1.5. Ocena dotychczasowego stanu techniki w tej dziedzinie na świecie i w Polsce	5
2. OPIS PRZEPROWADZONYCH PRAC W TYM ZADANIU WDROŻENIOWYM I PODSUMOWANIE OSIĄGNIĘTYCH REZULTATÓW	6
2.1. Informacje wstępne	6
2.2. Szczegółowe przedstawienie istoty problemu, metody pomiaru, opis konstrukcji i działania	6
2.3. Podsumowanie osiągniętych rezultatów pracy	8
2.4. Okres realizacji i poniesione koszty	8
3. WNIOSKI KONCOWE	9

ZAKŁADZNIKI

1. Sprawozdanie MERA-PIAP, Nr rej.6095, Rozeznanie patentowe tematu
2. Sprawozdanie MERA-PIAP, Nr. rej.6125, Badania laboratoryjne modeli czujników strunowych typu SCC-05
3. Sprawozdanie MERA-PIAP, Nr. rej.6229, Wykonanie 32 szt. prototypów czujnika strunowego SCC-05 o podwyższonej rozdzielczości
4. Sprawozdanie MERA-PIAP, Nr. rej.6386, Badania laboratoryjne prototypów i wzorcowanie serii prototypowej
5. Dokumentacja konstrukcyjna czujnika typu SCC-05 o podwyższonej rozdzielczości do pomiaru ciśnienia słupa wody. Nr rej. MERA-PIAP 4932
6. Dokumentacja techniczno-ruchowa czujnika SCC-05 - Nr dok. 4932 - MERA-PIAP
7. Norma zakładowa - wymagania i badania - projekt - opracowanie MERA-PIAP

1. WSTĘP.

1.1. Uzasadnienie formalne podjęcia pracy.

Podstawą podjęcia tej pracy była najpierw umowa 261/87 z dnia 28.04.87 z aneksem na II etap CPBR z dnia 12.04.1988r. (Zlecenie PIAP 1020A) zawierająca się w zadaniu wdrożeniowym Nr CPBR 11.10.56.00, podpisana z IMGW p.t. Opracowanie i wykonanie serii prototypowej oraz pomoc merytoryczna przy wdrażaniu do produkcji czujników strunowych do pomiarów ciśnienia o bardzo wysokiej rozdzielczości (2 cm słupa wody) zawierających w sobie wzmacniacze elektroniczne. W umowie tej wykonano pierwsze 3 etapy. Pozostałe 4 etapy wykonano w umowie 413/88 z dnia 1988.11.29 (Zlec. 1020B) podpisanej z P.U.K. KONSULTEX Sp. z o.o.. Praca ta widnieje jako Zadanie Wdrożeniowe JPBR 11.3.13 pod tym samym tytułem.

1.2. Uzasadnienie merytoryczne.

Opracowane i wytwarzane od 15 lat strunowe czujniki do pomiaru ciśnienia wody lub słupa wody cechowały się rozdzielczością rzędu 10 cm i gorzej, w zależności od zakresu pomiarowego.

Opracowanie nowych czujników strunowych do pomiaru ciśnienia wody o drganiach ustalonych - niegasnących pozwala na osiągnięcie 5 x lepszej rozdzielczości wynoszącej 2cm słupa wody przy zakresie pomiarowym 5m.

Niezależnie od tej zalety, czujniki te stwarzają możliwości wyeliminowania, konstruowania dla pomiarów automatycznych specjalnych mierników odbiorczych.

1.3. Treść pracy.

Cała praca - Zadanie Wdrożeniowe JPBR 11.3.13, składająca się z 7 etapów zawiera w sobie: rozpoznanie patentowe tematu i badania stanu techniki w tej dziedzinie, założenia techniczno-ekonomiczne, opracowanie i wykonanie modelu i jego badania, opracowanie dokumentacji prototypów, wykonanie serii prototypowej i jej badania, opracowanie dokumentacji dla produkcji i eksploatacji oraz opiekę nad produkcją.

1.4. Źródła wykorzystane w pracy.

W pracy wykorzystano:

- ogólne wymagania sformułowane przy zawieraniu umowy,
- wymagania techniczno-metrologiczne uzgodnione z Zamawiającym,
- prospekty wszystkich firm na świecie produkujących czujniki strunowe,
- patenty wszystkich firm na świecie produkujących czujniki strunowe,
- patent NERA-PIAP - nr P

1.5. Ocena dotychczasowego stanu techniki w dziedzinie strunowych czujników do pomiaru ciśnienia w Polsce i na świecie.

W dziedzinie strunowych czujników do pomiaru ciśnienia wody istnieje kilka firm na świecie produkujących tego rodzaju czujniki. Rozdzielczość tych czujników nawet o najmniejszych

zakresach pomiarowych nie jest lepsza niż 10cm słupa wody. Ze względu na zaistniałą potrzebę pomiaru tymi czujnikami słupa wody w piezometrach zapór opracowano nowy typ czujnika o rozdzielczości 2 cm przy zakresie pomiarowym 5m. Jediną drogą prowadzącą do tego celu było zastosowanie struny o drganiach niegasnących. Jednocześnie w ten sposób zaistniała sytuacja, w której zastosowano wewnątrz czujnika wzmacniacz elektroniczny, eliminując w ten sposób potrzebę posiadania specjalizowanego miernika strunowego do pomiaru częstotliwości drgań strun.

2. OPIS PRZEPROWADZONYCH PRAC W TYM ZADANIU WDROZENIOWYM I PODSUMOWANIE OSIĄGNIĘTYCH REZULTATÓW.

2.1. Informacje wstępne.

W celu porównania i potwierdzenia jakości wykonanej pracy w tym zadaniu poniżej przypomina się wymaganie postawione przez wykonującego i zatwierdzone przez Zamawiającego dla czujników strunowych do pomiaru ciśnienia o podwyższonej rozdzielczości z umieszczonym wewnątrz wzmacniaczem, która powinna być rzędu 2 cm $H_2O/1Hz$.

2.2. Szczegółowe przedstawienie istoty problemu, metody pomiaru, opis konstrukcji i działania czujnika strunowego o podwyższonej rozdzielczości.

Strunowy czujnik do pomiaru ciśnienia wody o podwyższonej rozdzielczości i dokładności typu SCC-05 - Rys.4932 składa się z następujących głównych części: korpusu zewnętrznego (4), korpusu wewnętrznego (8), membrany (9), przewodu pomiarowego

(1), struny pomiarowej (5), elektromagnesów E_1 i E_2 (7), układu elektronicznego (5), zacisków struny (12), pierścieni uszczelniających (10) i (13) oraz nakrętki dociskowej (11).

Wzmacniacz elektroniczny (5), zawiera wzmacniacz operacyjny W, którego wejście nieodwracające jest połączone z przez rezystor R_3 z masą, a wejście odwracające jest połączone z cewką elektromagnesu odbierającego E_2 .

Wejście wzmacniacza operacyjnego W, będące wejściem czujnika jest połączone poprzez rezystor R_2 sprzężenia zwrotnego z wejściem odwracającym wzmacniacza operacyjnego W oraz przez drugi rezystor R_1 z cewką elektromagnesu E_2 , odbierającego drgania poprzez strunę (6).

Zmiana strumienia elektromagnetycznego wywołana przez drgającą strunę (6) powoduje indukowanie w cewce elektromagnesu odbierającego E_2 sygnału sinusoidalnego, zmiennego o częstotliwości równej częstotliwości drgań swobodnych struny (6). Sygnał ten po wzmocnieniu we wzmacniaczu operacyjnym W, pracującym jako wzmacniacz - generator z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego podawany jest na cewkę elektromagnesu pobudzającego E_1 , powodując wytwarzanie zmiennego pola magnetycznego, wymuszającego swobodne, sinusoidalne, niegasnące drgania struny (6), w których częstotliwość jest zależna od naprężenia struny (6) a tym samym od ciśnienia płynu działającego na sprężystą membranę (9). Sygnał z wyjścia wzmacniacza W, jest jednocześnie sygnałem wyjściowym czujnika WY, którego częstotliwość może być mierzona częstotliciomierzem ogólnego przeznaczenia.

14

2.3. Podsumowanie osiągniętych rezultatów pracy.

Realizacja 7 etapów tego tematu począwszy od studiów, założeń, opracowania koncepcji, wykonania i badań modelu oraz opracowania dokumentacji prototypowej, wykonania prototypów i ich badania a kończąc na opracowaniu dokumentacji dla produkcji strunowego czujnika do pomiaru ciśnienia wody o małej rozdzielczości potwierdziły następujące fakty:

1. Opracowano i przygotowano do produkcji nową odmianę czujnika strunowego o małej rozdzielczości - rzędu $2\text{cm H}_2\text{O}/1\text{Hz}$ i dokładności lepszej od 1% zakresu pomiarowego.
2. Potwierdzono możliwość pomiaru częstotliwości drgań strun w tego rodzaju czujnikach za pomocą uniwersalnego częstotlicznika - czasomierza.
3. Czujniki te posiadają wartości sygnałów amplitudą kilkaset do 1000 razy większe od "klasycznych" czujników z jednym elektromagnesem i w związku z powyższym ich sygnały mogą być przesyłane na dowolne odległości od punktu pomiarowego.
4. Stwierdzono pewien wpływ temperatury i ciśnienia atmosferycznego na wskazania tych czujników. Przy zmianach temperatury powyżej $7\pm 10^\circ\text{C}$ i ciśnienia atmosferycznego powyżej 3 mm Hg, dla osiągnięcia dokładności lepszej od 1% zakresu pomiarowego należy stosować odpowiednio poprawki temperaturowe i atmosferyczne.

2.4. Okres realizacji i poniesione koszty.

Wymieniony w tytule sprawozdania temat pracy zrealizowano w dwóch etapach;

W pierwszym okresie od 1987.06 do 1988.11 w ramach zadania

wdrożeniowego 56.10.11.13, którego koordynatorem był IMGW w W-wie wykonano 3 pierwsze etapy z 7, kończąc tę pierwszą część pracy badaniami modelu za sumę 11.383.173,-zł.

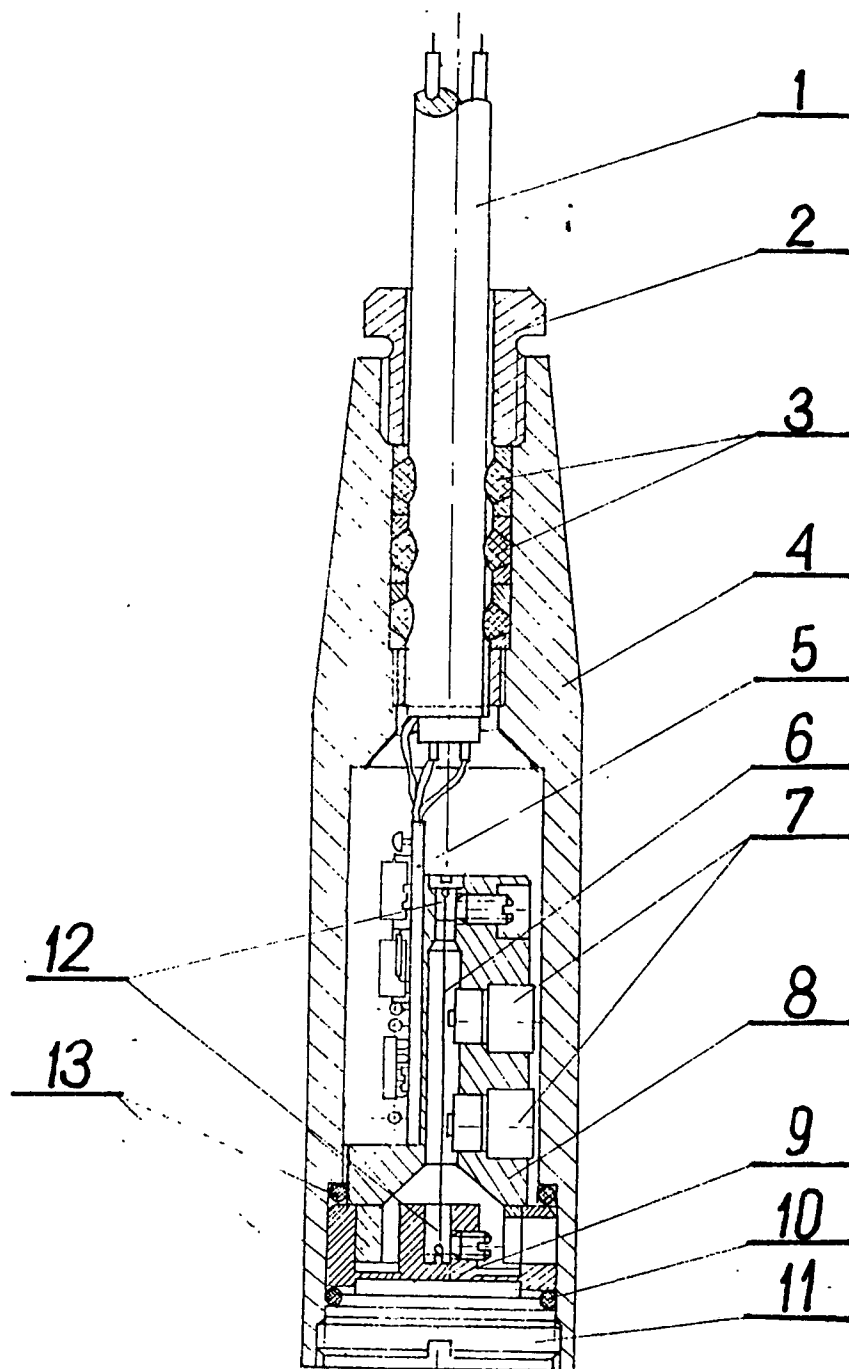
Pozostałe 4 etapy tego zadania wdrożeniowego poczynszy od czwartego wykonano w ramach JPBR 11.3.13 w okresie od 1988.11 do 1990.11 za kwotę 54.125.622,-zł. Koordynatorem drugiej części pracy było P.U.K. "KONSULTEX". Sumaryczna zatem kwota poniesiona na prace naukowo-badawcze w wyniku, których było wykonanie 32 szt. czujników strunowych typu SCC-05 oraz dokumentacji do ich produkcji, wynosząca 65.508.895,-zł jest umiarkowaną biorąc pod uwagę fakt, że co najmniej w połowie kwota ta była płaćta w tym roku.

3. WNIOSKI KONCOWE.

Na podstawie opracowanej dokumentacji do produkcji, wykonanej i przebadanej serii prototypowej strunowych czujników do pomiaru ciśnienia wody o podwyższonej rozdzielczości należy stwierdzić co następuje:

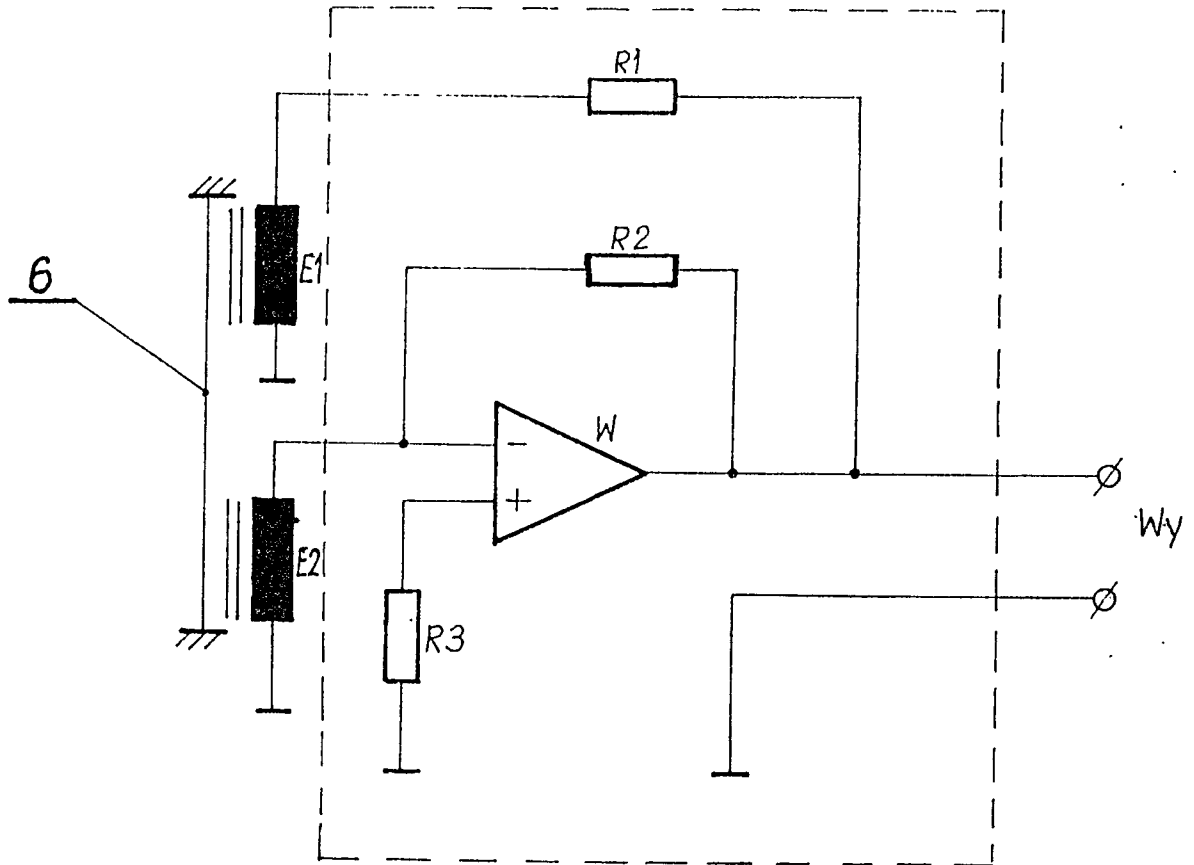
1. Został opracowany, wykonany i przebadany nowy typ czujnika strunowego do pomiaru ciśnienia wody i innych płynów o potwierdzonej rozdzielczości średnio 2 cm H₂O/1 Hz.
2. Czujnik ten może być mierzony częstotściomierzem ogólnego przeznaczenia.
3. Zalety i wady tych czujników zostały potwierdzone w wielokrotnych badaniach modeli i prototypów.

4. Obok dobrej rozdzielczości tych czujników ich mankamentem jest jednak wpływ temperatury na dokładność pomiaru, zwłaszcza przy różnicy temperatur większej od 10°C , kiedy to dla utrzymania dokładności dużo lepszej od 1% zakresu pomiarowego należy stosować poprawkę temperaturową.



Rys. 4932 Czujnik SCC-05

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 - Kabel | 10 - pierścień uszczelniający |
| 2 - Nakrętka dociskowa | 11 - nakrętka |
| 3 - Uszczelki gumowe | 12 - zaciski |
| 4 - Korpus zewnętrzny | 13 - pierścienie uszczelniające |
| 5 - Płytkę generatora | |
| 6 - Struna | |
| 7 - Elektromagnesy E 1, E 2 | |
| 8 - Korpus wewnętrzny | |
| 9 - Membrana | |



Rys. 4932/SE Schemat układu elektronicznego

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW

Zakład Ośrodek Pomiaru Ruchu i Czasu

I N S T R U K C J A O B S Ł U G I - D T R

Czujnika strunowego do pomiaru ciśnienia
wody, o podwyższonej rozdzielczości

typu SCC-05

Nr dokumentacji konstrukcyjnej 4932-arch.PIAP

Warszawa 1990rok

Spis treści

I. OPIS CZUJNIKA	3
II. PRACE PRZYGOTOWAWCZE W MIEJSCU INSTALACJI I MONTAŻU CZUJNIKÓW	4
III. PRZYŁĄCZENIE KABLA POMIAROWEGO YTLY- 2 x 0,75 DO CZUJNIKA	4
IV. PRZEDŁUŻENIE KABLI POMIAROWYCH CZUJNIKÓW NA OBIEKCIE	6
V. INSTALOWANIE CZUJNIKÓW	6
VI. POMIAR ZEROWY /POCZĄTKOWY/	7
VII. POMIAR I WARTOŚCIOWANIE	8
VIII. KONSERWACJA I NAPRAWA	8

Opracował	Bojar	<i>WJ</i>	1990.05	Kier. Pracowni	Golonka	<i>[Signature]</i>	1990.05
Sprawdził	Golonka	<i>[Signature]</i>	1990.05	Kier. Zakładu	A. Cybulski	<i>[Signature]</i>	1990.05
	Nazwisko	Podpis	Data		Nazwisko	Podpis	Data

21

I OPIS CZUJNIKA

Czujnik strunowy do pomiaru ciśnienia wody o wysokiej rozdzielczości typu SCC-05 / rys 4932/ składa się z następujących głównych części:

- korpus zewnętrzny /-4/
- korpus wewnętrzny /8/
- membrana /9/
- przewód pomiarowy /1/
- struna pomiarowa /6/
- elektromagnesy E1, E2 /7/
- układ elektroniczny /5/
- zasisk struny /12/
- pierścień uszczelniający /13/
- nakrętka dociskowa /11/

Układ elektroniczny /5/ (rys 4932/SE) zawiera wzmacniacz operacyjny W, którego wejście nieodwracające jest połączone poprzez rezystor R3 z masą, a wejście odwracające jest połączone z cewką elektromagnesu odbierającego E2. Wyjście wzmacniacza operacyjnego W, będące wyjściem czujnika jest połączone poprzez rezystor R2 sprzężenia zwrotnego z wejściem odwracającym wzmacniacza operacyjnego W oraz poprzez drugi rezystor R1 z cewką elektromagnesu E2, odbierającego drgania poprzez strunę /6/. Zmiana strumienia magnetycznego wywołana przez drgającą strunę /6/ powoduje indukowane w cewce elektromagnesu odbierającego E2 sygnału sinusoidalnego, zmiennego o częstotliwości równej częstotliwości drgań swobodnych

struny /6/. Sygnał ten po wzmocnieniu we wzmacniaczu operacyjnym W, pracującym jako wzmacniacz - generator z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego podawany jest na cewkę elektromagnesu pobudzającego E1, powodując wytwarzanie zmiennego pola magnetycznego, wymuszającego swobodne, sinusoidalne, niegasnące drgania struny /6/, w których częstotliwość jest zależna od naprężenia struny /6/ a tym samym od ciśnienia płynu oddziaływującego na sprężystą membranę /9/.

Sygnał z wyjścia wzmacniacza W, jest jednocześnie sygnałem wyjściowym czujnika WY, którego częstotliwość może być mierzona częstotłomierzem ogólnego przeznaczenia.

II. PRACE PRZYGOTOWAWCZE W MIEJSCU INSTALACJI I MONTAŻU CZUJNIKÓW.

Należy ustalić dla każdego czujnika miejsce jego zabudowy i kierunek pomiarów nanosząc to do dokumentacji układu pomiarowego. Z planu połączeń ustala się długość przewodów pomiarowych dla każdego czujnika.

III. PRZYŁĄCZENIE KABLA POMIAROWEGO YTLY-2 x 0,75 DO CZUJNIKA.

Operację przyłączenia kabla pomiarowego YTLY-2 x 0,75 do czujnika dokonuje się w zasadzie u wytwórcy czujników, przy czym fabryczna długość kabla pomiarowego wynosi 2 mb. W przypadku długich kabli /powyżej 100 mb/ operację przyłączenia kabla należy przeprowadzić na obiekcie.

Przed przyłączeniem przewodu YTLY- 2 x 0,75 każdy czujnik należy podłączyć prowizorycznie do aparatury odbiorczej w celu sprawdzenia, czy podczas transportowania go na miejsce zabudowy nie został uszkodzony. Następnie po przycięciu przewodu o odpowiedniej długości na obu jego końcach zdjąć izolację i rozpleść ekran. Na koniec kabla który ma być uszczelniony w czujniku, przed jego połączeniem z przewodami czujnika, należy nasunąć poszczególne części dławicy uszczelniającej w kolejności jak na rysunku nr 4932.

Trzy przewody od płytki elektronicznej wychodzące z obudowy czujnika łączyć należy w sposób następujący z żyłami kabla pomiarowego

- biały /minus/ przewód zasilania czujnika z ekranem kabla pomiarowego YTLY - 2 x 0,75
- czerwony /plus/ przewód zasilania czujnika z czerwoną żyłą kabla pomiarowego YTLY - 2 x 0,75
- zielony przewód pomiarowy czujnika z białą żyłą kabla pomiarowego YTLY - 2 x 0,75

Połączenia wykonać poprzez lutowanie bez użycia kwasu. Miejsce lutowania należy dokładnie zaizolować żyłę od żyły oraz żyły i ekran od korpusu czujnika, następnie wsunąć przewód z uszczelnieniem do czujnika i dokręcić nakrętką dociskową do oporu. Po zakończeniu tych czynności należy sprawdzić za pomocą omomierza stan izolacji /brak zwarcia/

IV. PRZEDŁUŻENIE KABLI POMIAROWYCH CZUJNIKÓW NA OBIEKCIE.

W przypadku posiadania na budowie czujników z przyłączonymi przewodami pomiarowymi o 2-metrowej długości typu YTLY - 2 x 0,75 przedłużamy je w następujący sposób.

Żyły przewodu pomiarowego wychodzącego z czujnika należy prowizorycznie podłączyć do aparatury odbiorczej w celu sprawdzenia, czy czujnik nie został uszkodzony oraz zmierzenia częstotliwość drgań struny i porównania jej z częstotliwością wpisaną do karty wzorcowania. W przypadku dużej różnicy częstotliwości /20 Hz/ czujnika nie należy instalować lecz przekazać do ponownego przechowania. Następnie połączyć kabel pomiarowy czujnika z kablem przedłużającym wg rys $\frac{2924/S15}{SCPg/5}$ zwracając uwagę na kolory żył, łączyć należy żyły o tych samych kolorach. Całość zalać kompozycją epidianu wg rys. $\frac{2924/S15}{SCPg/5}$.

V. INSTALOWANIE CZUJNIKÓW

SCC - 05

Na rys. $\frac{3759}{1974/S3}$ przedstawiony jest sposób instalacji czujnika ciśnienia typu SCC -05 w rurach piezometrów. Przed włożeniem czujnika /8/ do końcówki rury /6/ należy na kabel /9/ nałożyć wszystkie elementy uszczelniające tj. złącze /2/ mufę deszczelniającą /3/ pierścienie uszczelniające /14/ i /15/ oraz króciec /13/. Przy wkładaniu czujnika do rury piezometru należy usunąć powietrze spod membrany. Nie wolno umieszczać czujnika w rurze nie wypełnionej wodą. W wypadku pustej rury

**Czujnika strunowego do pomiaru ciśnienia wody
o podwyższonej rozdzielczości typ SOC-05**

piezometrycznej, czujnik należy umieścić w pozycji odwróconej tzn. membraną do góry. Po włożeniu czujnika do rury piezometru /1/ przed uszczelnieniem kabla /9/ należy odczekać minimum 1 godz. celem wyrównania się temperatur czujnika i wody znajdującej się w rurze piezometru, a następnie dokonać pomiaru zerowego /początkowego/ oraz temperatury, po czym dokręcić mufę /3/ oraz uszczelnić kabel poprzez dokręcenie nakrętki /13/ do oporu.

VI. POMIAR ZEROWY /POCZĄTKOWY/.

Po naniesieniu numerów czujników na rysunku układu pomiarowego /dokumentacji budowy/ przeprowadza się pomiar zerowy. Dokonuje się jego po włożeniu czujnika do odkrytej rury piezometru /woda powinna swobodnie wypływać z rury/ i odczekaniu około 1 godziny celem wyrównania się temperatury czujnika i wody w piezometrze. Ponieważ pomiar zerowy stanowi bazę pomiarową /punkt odniesienia/ przyszłych pomiarów i po zamontowaniu czujnika nie można go powtórzyć, pomiar zerowy należy przeprowadzić bardzo dokładnie, dlatego podczas pomiaru zerowego i minimum 1 godz. przed jego rozpoczęciem, należy czujniki chronić przed bezpośrednim promieniowaniem słonecznym, aby nie została zakłócona równowaga temperaturowa między korpusem czujnika i jego struną pomiarową. Takie zakłócenie wywołane przez szybką zmianę temperatury, spowodowało by sfałszowanie wyniku pomiaru zerowego.

VII. POMIAR I WARTOŚCIOWANIE.

Pomiarów należy dokonywać w odstępach czasu ustalonych przez użytkowników obiektu, na którym zamontowany jest czujnik.

Przed każdym pomiarem należy sprawdzić urządzenie pomiarowe.

Obliczanie wyników ciśnienia wody wykonuje się wg następującego wzoru:

$$h = C_0 / f_0^2 - f_k^2 /$$

gdzie:

h - wysokość słupa wody w cm /ciśnienie/.

C_0 - stała czujnika /w cm słupa wody/.

f_0 - częstotliwość początkowa drgań struny w czujniku, na który nie działa jeszcze ciśnienie /rura piezometru nie jest zamknięta, poza ciśnieniem wstępnym kilku centymetrów słupa wody znajdującej się nad czujnikiem.

f_k - częstotliwość drgań struny podczas kolejnego pomiaru.

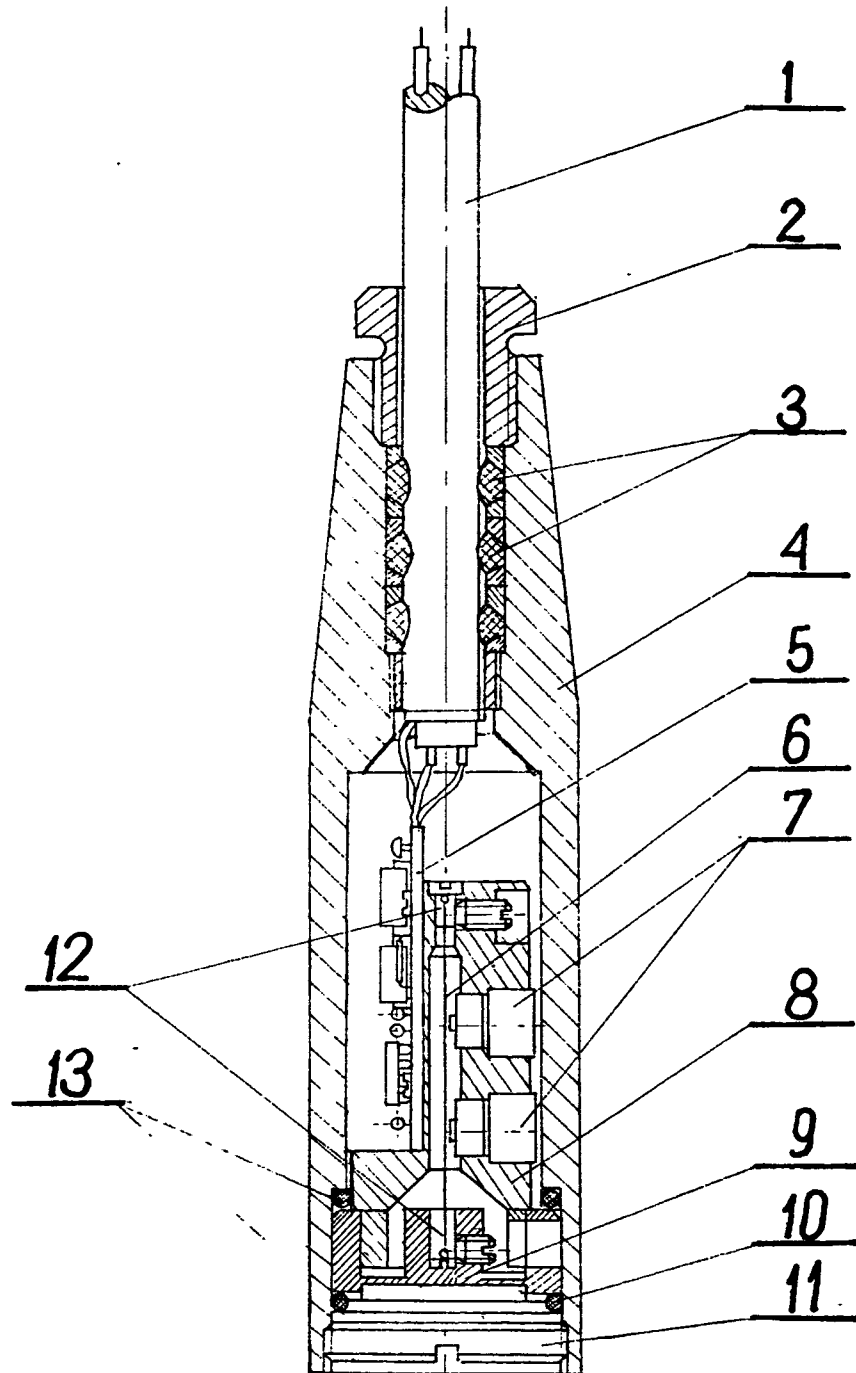
VIII. KONSERWACJA I NAPRAWA.

Czujniki nie wymagają w zasadzie żadnej konserwacji, poza przestrzeganiem warunku nieprzeciążania czujników poza zakres pomiarowy.

Wszystkich napraw dokonuje producent czujników.

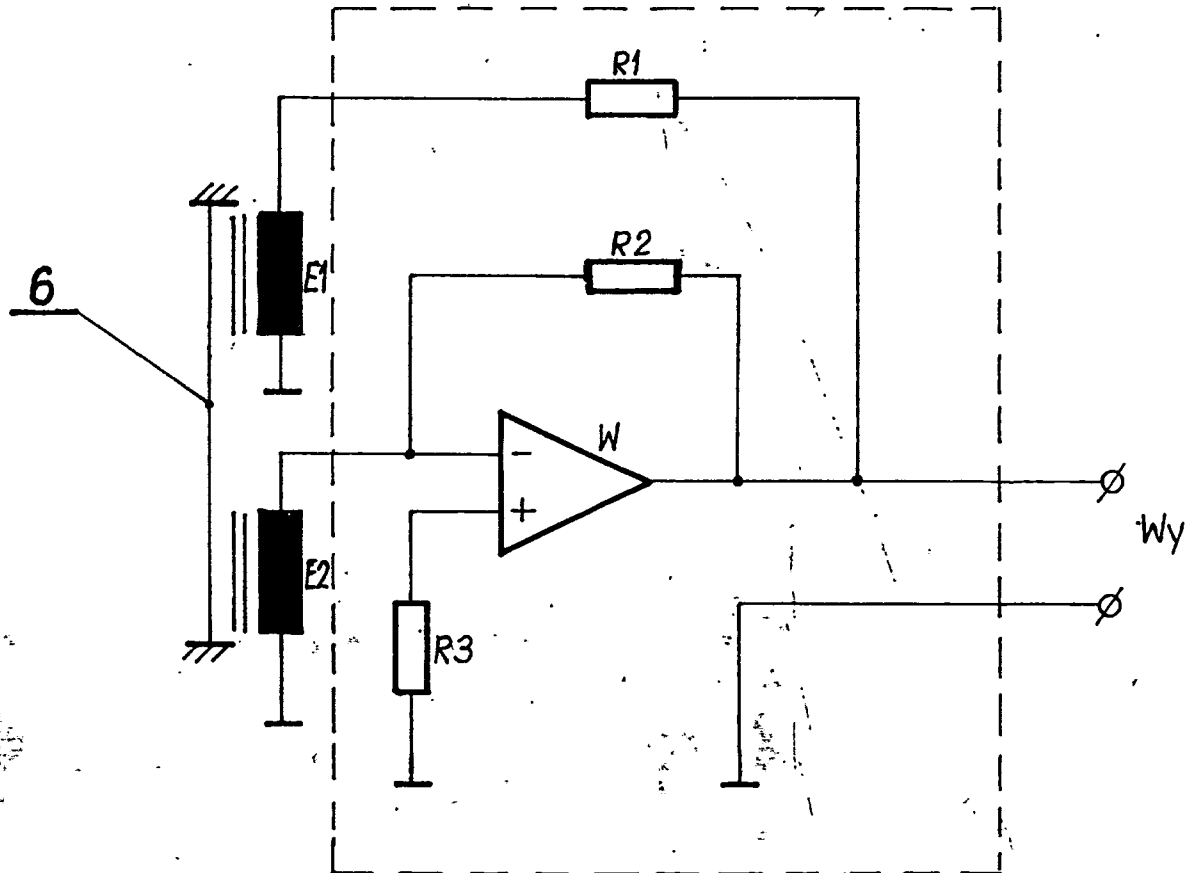
Zaleca się przed włożeniem czujnika do wody posmarować czujnik wazeliną lub smarem, w szczególności jego ostre krawędzie w celu ochrony przed korozją.

strunowego czujnika do pomiaru ciśnienia wody o wysokiej rozdzielczości typu SCC -05.

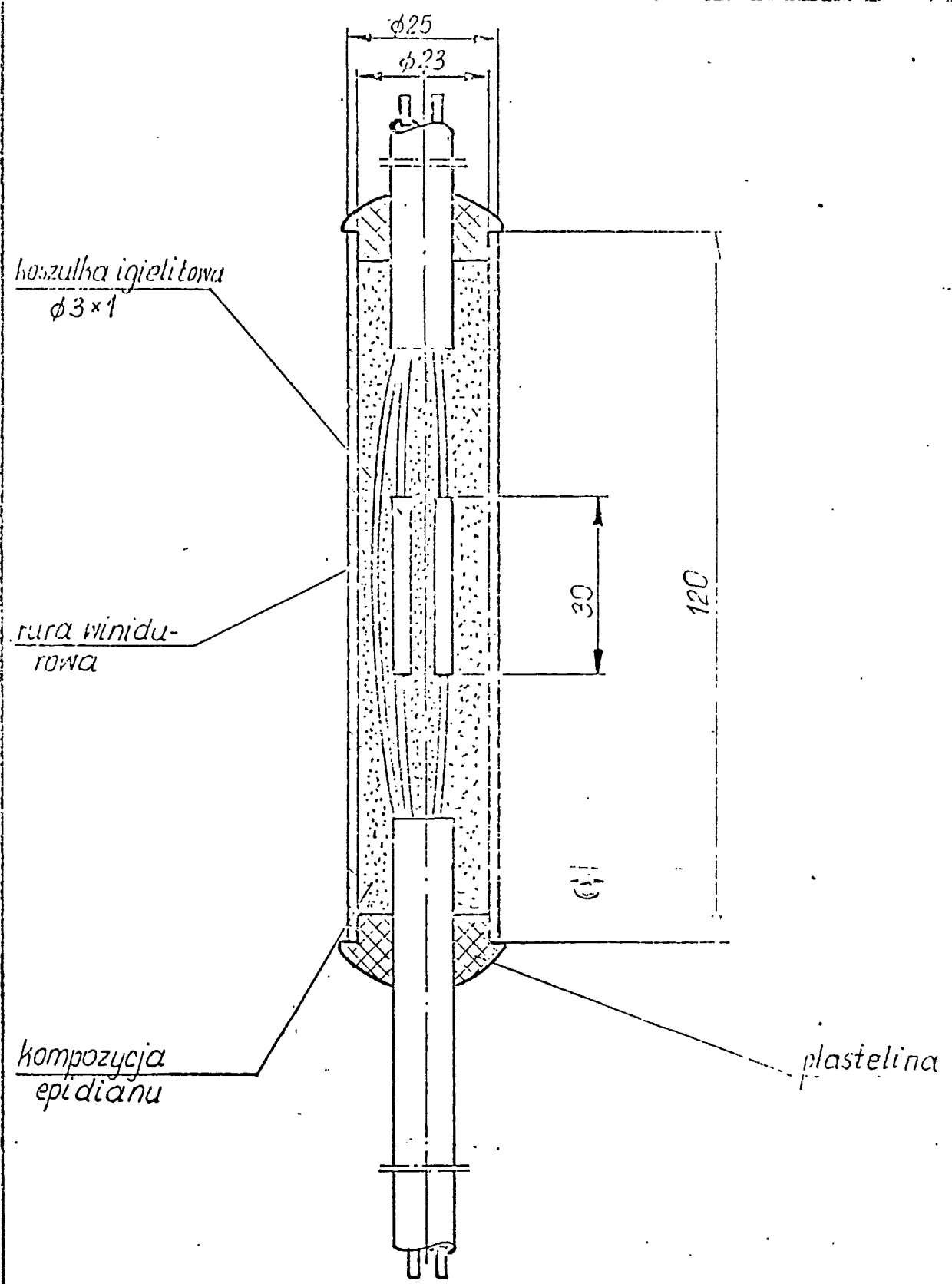


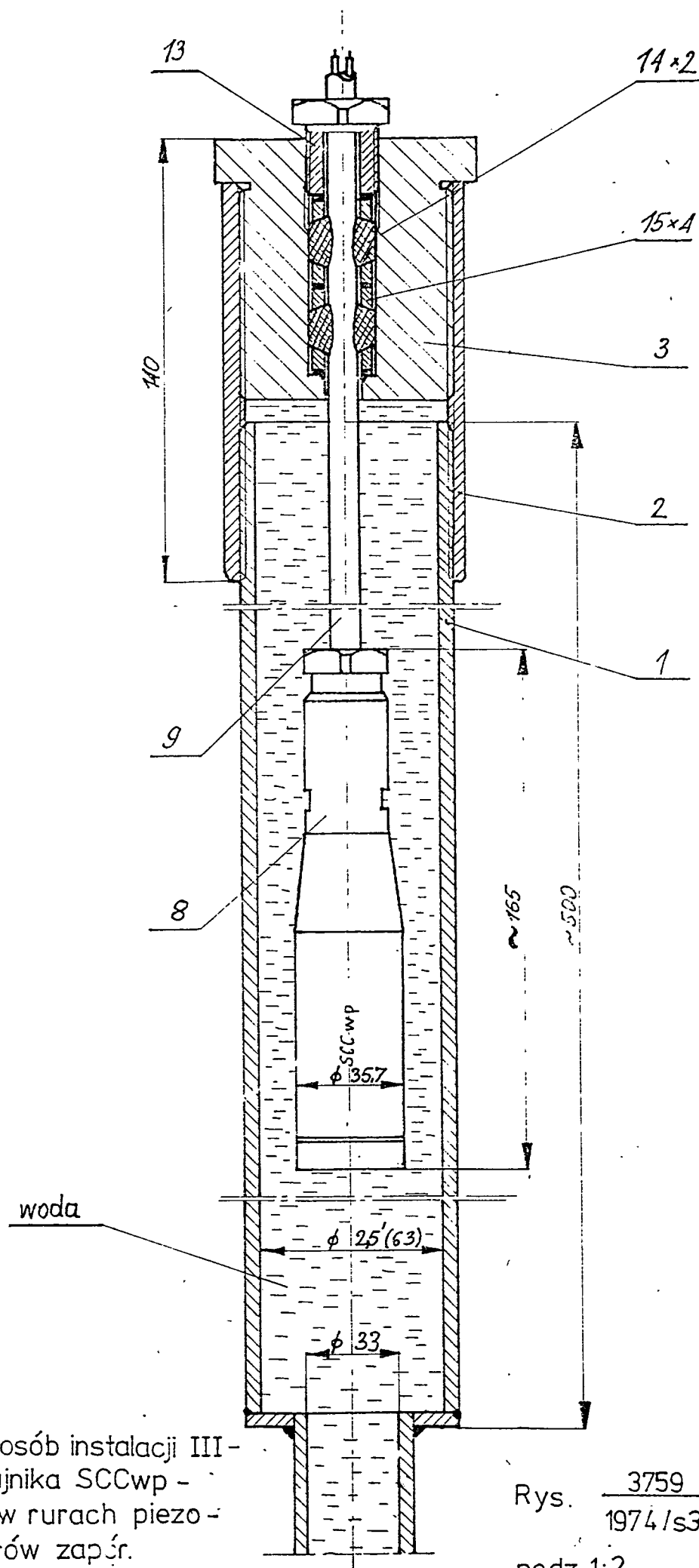
Rys. 4932 Czujnik SCC-05

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 - Kabel | 10 - pierścień uszczelniający |
| 2 - Nakrętka dociskowa | 11 - nakrętka |
| 3 - Uszczelki gumowe | 12 - saoski |
| 4 - Korpus zewnętrzny | 13 - pierścienie uszczelniające |
| 5 - Płytkę generatora | |
| 6 - Struna | |
| 7 - Elektromagnesy E 1, E 2 | |
| 8 - Korpus wewnętrzny | |
| 9 - Membrana | |



Rys. 4932/SE Schemat układu elektronicznego





Sposób instalacji III-
czujnika SCCwp -
w rurach piezo-
metrów zapór.

Rys. 3759
1974/s3
podz. 1:2

INSTRUKCJA OBSŁUGI - DTR

Strunowego Miernika Bateriajnego
typu SMB-02 - VIBRAMETER - V2
(Dla czujników ze struną o drganiach
niegasnących - z dwoma elektromagnesem)

U W A G A

"Należy uważać, ażeby nie zewrzeć ze sobą końcówek przewodu łączącego czujnik z miernikiem, wtedy, gdy jest on włączony do gniazda miernika [2], ponieważ grozi to uszkodzeniem bezpiecznika topikowego i koniecznością otwierania miernika w celu jego wymiany."

Warszawa, październik 1990r.

SPIS TREŚCI

1. Przeznaczenie przyrządu	3
2. Podstawowe dane techniczne	4
3. Obsługa przyrządu	5
3.1. Rozmieszczenie organów sterowniczych i regulacyjnych.	5
3.2. Przygotowanie przyrządu do pracy (pomiaru).....	5
4. Zasada pracy (pomiaru) przyrządu	6
5. Opis konstrukcji przyrządu	6
6. Podstawowe wskazówki dotyczące konserwacji i napraw ...	8
6.1. Sposób uzyskania dostępu do wnętrza przyrządu	8
6.2. Sprawdzenie napięć	9
7. Transport	9
8. Magazynowanie	10
9. Interpretacja wskazań i obliczanie wielkości mierzonej.	10
10. Wyposażenie	10
11. Części zapasowe	11

ZALĄCZNIKI

Rys.1 Widok zewnętrzny miernika pokazujący sposób jego rozkręcania i dostępu do wnętrza.

Rys.2 Elektryczny schemat ideowy miernika.

1. Przeznaczenie przyrządu.

Przenośny, strunowy miernik bateryjny typu SMB-02 - "VIBRAMETER" - V2 jest przyrządem przeznaczonym do zdalnych, automatycznych, polowych i laboratoryjnych pomiarów częstotliwości drgań strun w czujnikach strunowych o drganiach ustalonych (niegasnących) kolejno podłączanych do niego.

Wynik pomiaru wyświetlany jest na wyświetlaczu miernika jako okres drgań w milisekundach. Miernik może współpracować ze wszystkimi czujnikami ze struną o drganiach ustalonych (niegasnących) opracowanymi w Polsce (np. czujnik typu SCC-05 opracowany w MERA-PLAP, a także ze wszystkimi czujnikami ze struną o drganiach ustalonych (niegasnących) produkowanymi przez firmy zagraniczne jak np. f. Télémac - Francja.

Wynik pomiaru "T" jest kwadratową zależnością wielkości mierzonej. Po podłączeniu czujnika strunowego do miernika i włączeniu jego własnego zasilania (bateryjnego) dokonuje on w sposób automatyczny i powtarzalny co około (1 s), pomiaru częstotliwości drgań struny podłączonego czujnika (ekspozycja wyniku - stała).

Najważniejszymi zaletami tego miernika są:

- wygoda i prostota obsługi oraz transportu (lekki, kieszonkowy, 300 G),
- duża dokładność - ($\pm 0,012$ Hz do $\pm 0,125$ Hz) w zależności od mierzonej częstotliwości,
- b. duża szybkość ekspozycji, (stała),
- niewielki pobór mocy - (2 baterie 9V typu 6 F22),
- niewielkie rozmiary gabarytowe (145x80x40mm, kieszonkowy).

2. Dane techniczne i metrologiczne.
1. Zakres mierzonych częstotliwościod 1200 do 5000Hz.
 2. Niedokładnośćod 0,01Hz do 0,125Hz
 3. Ilość wejść pomiarowych dla czujników ...1
 4. Zasilanie2 baterie 9V
typu 6 F22
 5. Czas nieprzerwanej pracy na 1 kpl
baterii6h
 6. Prostota obsługiPo włączeniu
zasilania miernik dokonuje
pomiaru
 7. Jednostka pomiaruT = 1/f
 8. WyświetlaczLCD 5cyfr
wysokość cyfr 12mm
 9. Ciężar300g
 10. Gabaryty145x80x40mm
(kieszonkowy)
 11. Zakres temperatur pracyod 0^oC do 45^oC
(na specjalne życzenie
od -20^oC do +45^oC)
 12. Wskaźnik rozładowania bateriiwyświetlenie
napisu "BAT"
 13. Możliwość pomiaru sygnałów wszystkich czujników strunowych
o drganiach ustalonych jak SCC-05-(MERA-PIAP), Télémac -
Francja.
 14. Wewnętrzny wzorzec częstotliwości
 15. Częstotliwość wzorca1MHz
 16. Stabilność wzorca częstotliwości..... 4×10^{-6}

3. Obsługa przyrządu.

3.1. Rozmieszczenie organów sterowniczych i regulacyjnych.

Jedynym organem sterowniczym tego miernika pokazanego na Rys.1 jest przesuwany wyłącznik, umieszczony z lewej strony przyrządu.

Poniżej przedstawiono opis odnośników zamieszczonych na omawianym wyżej rysunku.

- [1] Wyłącznik napięcia bateryjnego – własnego – 12V.
- [2] Gniazdo przeznaczone do podłączenia wtyczki sznura (przewodu) od czujnika strunowego.
- [3] Wyświetlacz cyfrowy.
- [4] Wkręty (2 szt.) mocujące ze sobą półobudowy miernika.
- [5] Wkręty (2 szt.) mocujące płytkę zasilacza do dolnej obudowy.
- [6] Wkręt (1 szt.) mocujący ze sobą półobudowy miernika.
- [7] Górna półobudowa.
- [8] Dolna półobudowa.
- [9] Blachowkręt mocujący ze sobą półobudowy miernika.
- [10] Gniazdo zasilania zewnętrznego [+12V].

3.2. Przygotowanie przyrządu do pracy (pomiaru).

Miernik jest gotowy do pracy po ustawieniu przełącznika [1] w pozycji górnej – na wyświetlaczu miernika wyświetlana jest kropka ".". Po podłączeniu czujnika do gniazda [2] GM5 przy pomocy specjalnego przewodu łączącego, na wyświetlaczu, w rytmie co 1s. eksponowane są wskazania częstotliwości drgań struny czujnika w postaci 100 okresów drgań struny np. $T = 0.33333$ ($f = 3000$ Hz), przy czym \dot{U} i przelicznik nie są wyświetlane.

Uwaga: Należy bacznie uważać, ażeby nie zewrzeć ze sobą końcówek przewodu łączącego czujnik z miernikiem wtedy gdy jest on włączony do gniazda miernika [2] ponieważ grozi to przepaleniem bezpiecznika topikowego i koniecznością otwierania miernika w celu jego wymiany.

Należy zawsze łączyć ze sobą czerwoną żyłę kabla czujnika z czerwoną żyłą przewodu specjalnego oraz odpowiednio ekrany. Wyświetlenie się na wyświetlaczu liter "BAT" oznacza konieczność wymiany baterii.

4. Zasada pracy (pomiaru) przyrządu.

Strunowy miernik bateryjny typu SMB-02-VIBRAMETER-V2 jest urządzeniem cyfrowym.

Zasada jego pracy polega na cyfrowym pomiarze czasu trwania 100 okresów ustalonych (niegasnących) drgań struny czujnika. Pozwala to na osiągnięcie dużej dokładności (od $\pm 0,05\text{Hz}$ do $\pm 0,2\text{Hz}$) przy krótkim czasie pomiaru.

5. Opis konstrukcji przyrządu.

Konstrukcja przyrządu została tak zaprojektowana, że istnieje łatwy dostęp do każdego podzespołu, baterii, elementu lub bezpiecznika.

Z uwagi na przeznaczenie przyrządu, głównie do pomiarów polowych jako podstawowy cel postawiono, maksymalne zmniejszenie gabarytów i redukcję prądu przez miernik, przy zachowaniu dobrej dokładności.

Konieczność zasilania miernika z baterii, oraz zagadnienie małych gabarytów narzucało zastosowanie w jego części cyfrowej

układów scalonych, wykonanych w technologii CMOS o dużej i średniej skali integracji oraz zastosowanie do ekspozycji wyników pomiarów wyświetlacza elektrokryształicznego. Schemat ideowy miernika SMB-02-VIBRAMETER-V2 przedstawiono na Rys.2. Zakres mierzonych częstotliwości (1000Hz - 5000Hz) narzuca metodę pomiaru pośredniego tzn. pomiaru okresu, która zapewnia dużą dokładność przy jednocześnie krótkim czasie pomiaru. W układzie miernika SMB-02-V2 można wyróżnić następujące bloki funkcjonalne: układ zasilania (US1, US2), układ kondycjonowania sygnału z czujnika (US3), układ generatora cyklu pomiarowego (US4), układ zerowania (US6), układ formowania sygnału bramki (US8), układ generatora wzorcowego, układ liczący wraz z układem dekodery i stabilizatorem wyświetlacza LCD.

Sygnał z czujnika podawany jest do wejścia układu kondycjonowania LM311(US3), który przetwarza sygnał z czujnika w ciąg impulsów prostokątnych. Ciąg ten jest dzielony w układzie podwójnej dekady MCY74518 (US7). W wyniku takiego podziału w układzie dwóch przerzutników typu D MCY74013 (US8) oraz bramki EXOR MCY 74030 (US11) formowany jest impuls bramki o czasie trwania odpowiadającym 100 okresom mierzonego przebiegu. Na początku każdego cyklu pomiarowego układ dzielnika (US7) oraz układ formowania bramki są zerowane impulsem z wyjścia przerzutnika monostabilnego MCY74518 (US6). W czasie trwania sygnału bramki zliczane są impulsy z generatora wzorcowego 1MHz zbudowanego z wykorzystaniem układu rezonatora kwarcowego i trzech negatorów (US5) MCY74049. Zliczanie następuje w układzie licznika 6-dekadowego zbudowanego z czterodekadowego licznika ICM 7224 (US12) oraz dwudekadowego licznika MCY74518 (US10). Po zakończeniu impulsu

bramki stan liczników jest przepisywany do układu rejestrów wyjściowych a następnie eksponowany na wyświetlaczu. Na wyświetlaczu eksponowany jest stan 5-ciu mniej znaczących dekad. Najbardziej znacząca cyfra wyniku odpowiada dziesiątym częściom milisekundy. Dokładność pomiaru częstotliwości w praktycznym zakresie pomiarów (3500Hz - 1200Hz) wynosi od $\pm 0,125\text{Hz}$ do $\pm 0,0425\text{Hz}$. Do zasilania układu pomiarowego wykorzystywany jest zasilacz stabilizowany, który wytwarza dwa napięcia stabilizowane +5V i +12V. W konstrukcji wykorzystano stabilizatory monostabilne małej mocy LM78L05 i LM78L12 (U51 i U52). Napięcie stabilizowane +12[V] wykorzystywane jest do zasilania czujnika, podłączonego do wyjścia miernika. Cały układ pobiera energię z dwóch baterii 6F22 połączonych szeregowo. Bezpiecznik 63mA zabezpiecza miernik przed uszkodzeniem w przypadku zwarcia końcówek przewodów doprowadzających napięcie zasilające czujnik (przewodów łączących czujnik z miernikiem).

6. Podstawowe wskazówki dotyczące konserwacji i napraw.

Wymiana baterii, bezpiecznika lub sprawdzenie elementów znajdujących się na płytkach elektronicznych wymaga każdorazowego otwarcia przyrządu - miernika w sposób jak to pokazano w punkcie 6.1. Wymiana baterii i bezpiecznika powinna się odbywać przy wyłączonym wyłączniku zasilania bateryjnego [1].

6.1. Sposób uzyskania dostępu do wnętrza miernika.

Jeżeli chcemy uzyskać dostęp do baterii lub płytek

elektronicznych, na których zamontowane są elementy elektroniczne należy rozłączyć półobudowę górną [7] i dolną [8] od siebie wykręcając 2 wkręty [5] i jeden wkręt [6] - patrz Rys.1. Rozkładając półobudowy na płaszczyźnie wokół wyłącznika [1] uzyskujemy swobodny dostęp do wnętrza miernika. Wymiana baterii lub bezpiecznika nie powinna sprawić najmniejszych kłopotów. Wyjęcie z półobudowy płytki wyświetlacza, z wyświetlaczem wymaga jedynie dalszego odkręcenia widocznych 2-ch nakrętek M4 i jednej nakrętki M5. Wyjęcia płytki zasilacza jest możliwe po odkręceniu 2 nakrętek i 2 wkrętów [4] i jednego wkręta i nakrętki M3, [9].

6.2. Sprawdzenie napięć.

Przy każdym uszkodzeniu miernika należy sprawdzić wartości napięć stabilizowanych +5V i +12V.

Napięcia te należy sprawdzić bezpośrednio na płytce zasilacza lub w innych odpowiednich miejscach wg schematu elektrycznego ²⁰⁰⁻Rys.2. Wartości napięć nie powinny odbiegać więcej niż $\pm 5\%$.

Uwaga: Wszystkie naprawy miernika poza wymianą baterii powinny być w zasadzie wykonywane tylko przez producenta mierników.

7. Transport.

Mierniki typu SMB-01-VIBRAMETER-V1 na czas transportu powinny być transportowane w miękkich opakowaniach (pudło tekturowe wyściełane gąbką lub innym miękkim tworzywem). Przy indywidualnym transportowaniu miernika np. podczas pomiarów polowych najwygodniej jest go transportować (nosić) w kieszeni

lub w odpowiednim futerale skórzanym z paskiem dla zawieszenia miernika na ramieniu.

8. Magazynowanie.

Magazynowanie mierników powinno się odbywać w pomieszczeniach, w których temperatura mieści się w zakresie $-5 - +45^{\circ}\text{C}$ a wilgotność względna nie przekracza 80%.

9. Interpretacja wskazań i obliczanie wielkości mierzonej.

Generalną zasadą pomiaru urządzeniami strunowymi jest pomiar różnicy mierzonej wielkości i odbywa się to poprzez pomnożenie stałej pomiarowej [C] przez kwadrat odwrotności wskazań wartości pomiaru. Korzysta się przy tym z następującego wzoru:

$$\Delta WM = 10^6 \times C_c [(1/T_0^2) - (1/T_K^2)];$$

gdzie: ΔWM - wielkość mierzona

C_c - stała czujnika strunowego ustalona w procesie produkcji czujn.

T_0 - początkowa wartość okresu odczytana z miernika przy stanie zerowym czujnika (nie obciążonym)

T_K - kolejna wartość okresu odczytana z miernika przy kolejnym stanie obciążenia czujnika pomiarowego.

10. Wyposażenie.

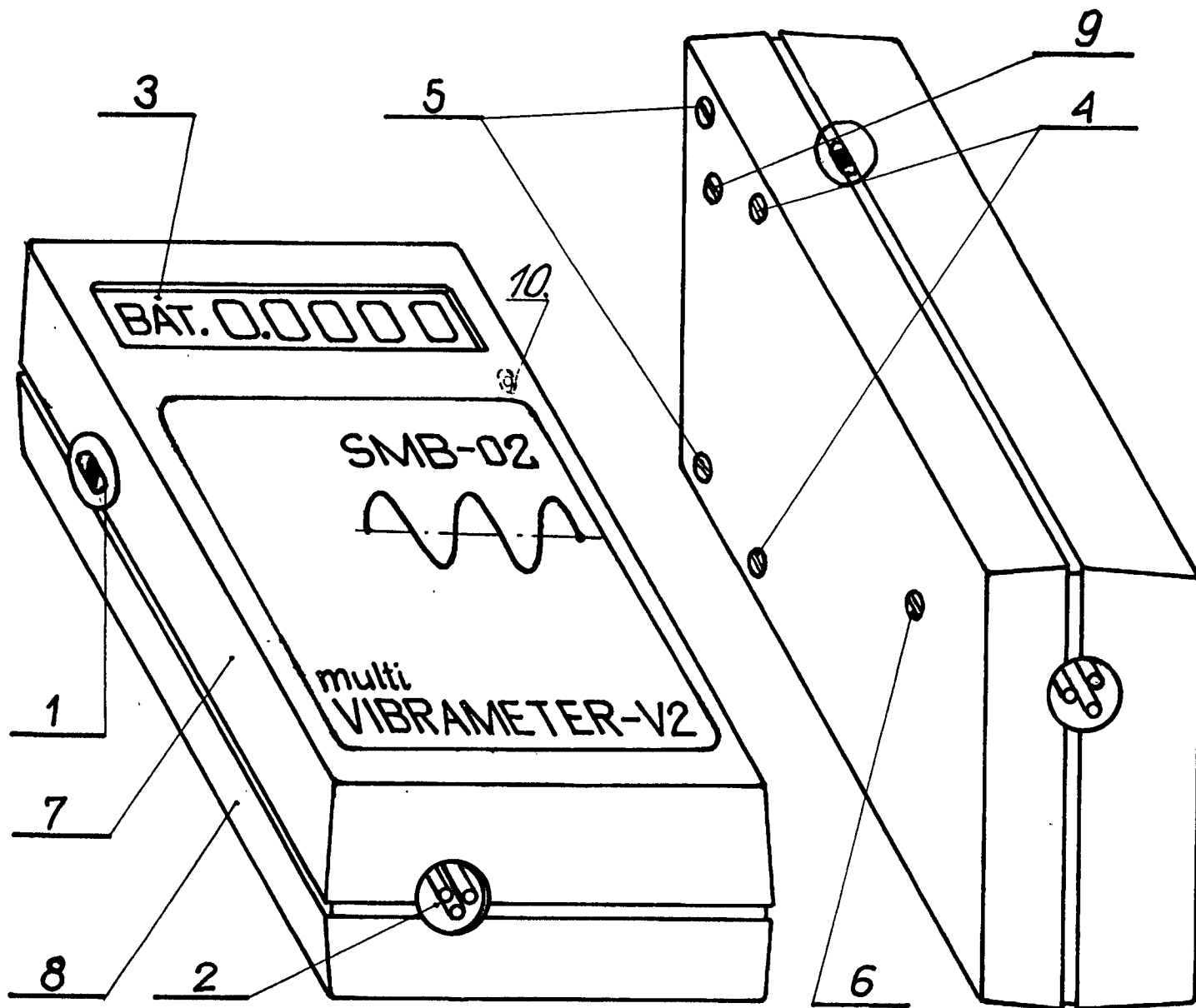
Obowiązkowym wyposażeniem miernika jest przewód (kabel) obowiązkowo z izolowanymi końcówkami służący do podłączenia

HA

czujników strunowych typu SCC-05 do miernika zakończony z jednej strony gniazdem - wtykiem magnetofonowym GMS a z drugiej strony 3-ma zaciskami laboratoryjnymi (), gdzie kolor czerwony należy "zawsze" łączyć z kolorem czerwonej żyły kabla czujnika a ekrany odpowiednio ze sobą. Dodatkowym wyposażeniem może być futerał skórzany na miernik oraz klucz do odkręcania nakrętek.

11. Części zapasowe.

Zapasową częścią w tym mierniku jest bezpiecznik topikowy o wartości 63mA.



- 1. Wyłącznik zasilania.
- 2. Gniazdo łącznika strunowego.
- 3. Wyświetlacz.
- 10. Gniazdo zasilania zewnętrzne.
- 4;9 Wkręty mocujące płytke zasilacza.
- 5;6. Wkręty mocujące górną i dolną obudowę.
- 7. Górna obudowa.
- 8. Dolna obudowa.

Rys.1 Strunowy miernik rezonansowy **SMB-02** - multi **VIBRAMETER-V2**.