

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

OŚRODEK POMIARÓW RUCHU I CZASU

*H/12* *A*  
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 miernika strunowego do zautomatyzowanych systemów pomiarowych opartego na mikroprocesorze.

Zadanie wdrożeniowe IPBR 11.3.9

Etap 7 Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej dla produkcji WT i DTR.

Zleceniodawca P.U.K. KONSULTEX Sp. z o.o.

Pracę rozpoczęto dnia 1990.09.30

zakończono dnia 1990r.11.30

Główny Wykonawca

Kierownik Ośrodka

*E. Golonka*  
dr inż. E. Golonka

Z-ca DYREKTORA  
d/s Automatyki i Pomiarów  
*T. Gałązka*  
doc. dr inż. T. Gałązka

*A. Cybulski*  
mgr inż. A. Cybulski

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. 6517

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

URZĄDZENIA POMIAROWE, MIKROPROCESORY, ZŁĄCZENIA

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

#### Tytuły poprzednich sprawozdań

Nr rej 6107, Zadanie wdrożeniowe CPBR 11.10.09. Etap 1 - Rozeznanie tematu, badania patentowe, projekt wstępny założenia techniczno-ekonomiczne.

Nr rej. 6227 Zadanie wdrożeniowe IPBR 11.3.09. Etap 2 Opracowanie i wykonanie modeli modułu miernika strunowego opartego na mikroprocesorze.

Nr rej 6298 Zadanie wdrożeniowe-IPBR 11.3.09. Etap 3. Badania modelu.

Nr rej. 6502 Zadanie wdrożeniowe IPBR 11.3.09. Etap 6 - Badania laboratoryjne i eksploatacyjne prototypów.

621.3.08 Prace pomiarowe  
681.32: 621.377-181.48.004.14  
UKD

PIAP 21/88 10000

Mikroprocesory -  
rozkoszarowanie

SPIS TREŚCI

1.	SPRAWY FORMALNE .....	3
1.1	Przedmiot pracy .....	3
1.2	Zamawiający .....	3
1.3	Zakres pracy .....	3

2. OPRACOWANIE I WYKONANIE MIERNIKA STRUNOWEGO DO ZAUTO-  
MATYZOWANYCH SYSTEMÓW POMIAROWYCH OPARTEGO NA MIKRO-  
PROCESORZE.

Etap 7 /ostatni/ Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej  
dla produkcji, WT i DTR.

Spis opracowanych dokumentacji - załączników

1. Opis wykonanych prac, opis konstrukcji i działania mikroprocesorowego systemu pomiarowego z czujnikami strunowymi.
2. Dokumentacja konstrukcyjna Nr rej. 1026 w MERA-PIAP strunowego miernika /modułu/ pomiarowego opartego na mikroprocesorze:
  - A. Wersja I /wykonanie I/ miernik /moduł/ stacjonarny SMP-08.
  - B. Wersja II /wykonanie II/ miernik /moduł/ polowy SMP-01
  - C. Wersja III /wykonanie III/ moduł centralny /patrz opis p.1/.
3. Dokumentacja konstrukcyjna strunowego miernika polowego SMP-01 /wykonanie II/ - Nr rej. MERA PIAP 1280.
4. Dokumentacja konstrukcyjna zasilacza dla modułu pomiarowego SMP-08 wersja I - Nr rej. MERA-PIAP 1066.
5. Dokumentacja konstrukcyjna zasilacza dla modułu centralnego, ~~wersja III~~ Nr rej. MERA-PIAP 8101.

6. Dokumentacja techniczno-ruchowa DTR mikroprocesorowego systemu pomiarowego z czujnikami strunowymi MSP-CS.
7. Warunki Technicznego odbioru Mikroprocesorowego systemu pomiarowego z czujnikami strunowymi.
8. Instrukcja /w języku angielskim/ obsługi i użytkowania programowanego kalkulatora typu PSION-ORGANISER II współpracującego ze strunowym miernikiem polowym.

1. SPRAWY FORMALNE.

1.1 Przedmiot pracy.

Przedmiotem pracy w tym etapie Zadania, Wdrożeniowego IPBR 11.3.09 było opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej dla strunowego miernika do zautomatyzowanych systemów pomiarowych opartego na mikroprocesorze - Mikroprocesorowego systemu pomiarowego czujnikami strunowymi.

1.2 Zamawiający.

Praca została zamówiona przez Przedsiębiorstwo Usług Konsultingowych KONSULTEX Sp. z o.o. w W-wie.

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 zlec. 1020B.

Niniejsza praca jest siódmym i ostatnim etapem umowy - zamówienia

1.4 Zakres pracy.

Całość pracy obejmowała 7 etapów, od studiów, założeń, projektu wstępnego, modeli, prototypów, ich badań a kończąc na etapie 7, na opracowaniu dokumentacji konstrukcyjnej dla produkcji, DTR i WT.

STRUNOWY MIERNIK DO ZAUTOMATYZOWANYCH  
SYSTEMÓW POMIAROWYCH OPARTY NA MIKRO-  
PROCESORZE

/Mikroprocesorowy system pomiarowy czujnikami  
strunowymi MSP-CS/

ZADANIE WDROŻENIOWE

IPBR 11.3.09

Spis treści

1.	WSTĘP .....	3
1.1	Uzasadnienie formalne podjęcia pracy .....	3
1.2	Uzasadnienie merytoryczne .....	3
1.3	Treść pracy .....	3
1.4	Źródła wykorzystane w pracy .....	4
1.5	Ocena dotychczasowego stanu techniki w dziedzinie strunowych mierników odbiorczych na świecie i w Polsce .....	4
2	OPIS PRZEPROWADZONYCH PRAC W TYM ZADANIU WDROŻENIOWYM I PODSUMOWANIE OSIĄGNIĘTYCH REZULTATÓW .....	5
2.1	Informacja wstępna .....	5
2.2	Szczegółowe przedstawienie istoty problemu, metody pomiaru, opis konstrukcji i działania .....	7
2.3	Podsumowanie osiągniętych rezultatów pracy .....	18
2.4	Okres realizacji i poniesione koszty .....	19
3.	WNIOSKI KOŃCOWE .....	20

ZAŁĄCZNIKI.

1. Sprawozdanie - MERA-PIAP Nr rej. 6107, Rozeznanie tematu badania patentowe, projekt wstępny, założenia techniczno-ekonomiczne.
2. Sprawozdanie - MERA-PIAP nr rej. 6227. Opracowanie i wykonanie modelu miernika strunowego opartego na mikroprocesorze współpracującego z: a/ mikrokomputerem IBM-PC  
b/ programowanym kalkulatorem
3. Sprawozdanie MERA-PIAP Nr rej. 6508 - Badania modelu.
4. Sprawozdanie MERA-PIAP, Nr rej. 6502 - Badania laboratoryjne i eksploatacyjne prototypów.
5. Dokumentacja konstrukcyjna modułu strunowego miernika /stacjonarnego/ typu SMP-08 Nr rej. 1026.

6. Dokumentacja konstrukcyjna strunowego miernika polowego typu SMP-01, Nr 1280.
7. Dokumentacja konstrukcyjna zasilacza modułu pomiarowego Nr 1066.
8. Dokumentacja konstrukcyjna zasilacza modułu centralnego Nr rej. 8101.
9. Dokumentacja techniczno-ruchowa /DTR/ w/w mierników.
10. Klisze, matryce dla wytwarzania płytek elektronicznych.



## 1. WSTEP.

### 1.1 Uzasadnienie formalne podjęcia pracy.

Podstawą podjęcia tej pracy była najpierw umowa 261/87 z dnia 28.01.87 z aneksem na etap II CPBR z dnia 12.04.1988 /zlecenie 1020A/ zawierająca się w zadaniu wdrożeniowym Nr CPBR 11.10.56.00, podpisana z IMGW pt. "Opracowanie i wykonanie strunowego miernika do zautomatyzowanych systemów pomiarowych opartego na mikroprocesorze".

W umowie tej wykonano jeden z pośród 7 etapów, pozostałe 6 etapów 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 IPBR 11.3.09. pod tym samym tytułem.

### 1.2 Uzasadnienie merytoryczne.

Opracowanie<sup>UH</sup> i wytworzone od 15 lat w kraju strunowe mierniki analogowe i cyfrowe bazowały początkowo na technice tranzystorowej a następnie na układach scalonych. Opracowanie miernika strunowego na mikroprocesorze oraz mikroprocesorowego systemu pomiarowego czujników strunowych stwarza nieograniczone możliwości w zakresie automatyzacji i komputeryzacji pomiarów, zbierania danych i ich analizy.

Niezależnie od tego, rozwiązanie takie zawiera w sobie możliwość potaniania aparatury montowanej na zaporach, szczególnie w przypadku instalacji większej ilości czujników, wyeliminowanie wielożyłowych kabli łączących skrzynki wybierakowe.

### 1.3 Treść pracy.

Cała praca - Zadanie Wdrożeniowe IPBR 11.3.09, składająca się z 7 etapów zawiera w sobie; Rozpoznanie i analizę stanu techniki w tej dziedzinie, założenia techniczno-ekonomiczne, badania

patentowe, projekt wstępny, opracowanie, wykonanie i badania modelu, opracowanie dokumentacji dla prototypów, wykonanie i badania prototypów oraz opracowanie dokumentacji dla uruchomienia produkcji.

1.4 Źródła wykorzystane w pracy.

W opracowaniu wykorzystano:

- ogólne wymagania sformułowane przy zawieraniu umowy,
- wymagania techniczne uzgodnione z Zamawiającym,
- prospekty wszystkich firm na świecie produkujące aparaturę strunową,
- patenty krajowe i zagraniczne dotyczące tematu.

1.5 Ocena dotychczasowego stanu techniki w dziedzinie strunowych mierników odbiorczych w Polsce i na świecie.

W dziedzinie odbiorczych mierników strunowych przeznaczonych do pomiaru częstotliwości drgań strun w czujnikach ustalili się podział na mierniki analogowe i cyfrowe.

Z biegiem czasu zaniechano wytwarzania i produkcji mierników analogowych ze względu na niewygodę eksploatacyjną /duży ciężar i gabaryty, zasilanie 200V/.

Budowane są one jednak sporadycznie i są potrzebne w zasadzie podczas wytwarzania czujników u producenta i montażu czujników strunowych na budowie dla określenia jakości sygnałów pomiarowych czujników strunowych.

Mierniki te zostały wyparte przez powszechnie stosowane i wytwarzane strunowe mierniki cyfrowe, których zasada pomiaru polega na zliczaniu częstotliwości drgań struny /okresu/ lub jego wielokrotności zamiast częstotliwości drgań.

Mierniki te różnią się między sobą stopniem automatyzacji, ilością wejść dla czujników a także zastosowaniem układów kalkulacyjnych /kwadratowa zależność/. Prawie wszystkie wytwarzane

współcześnie mierniki strunowe są zbudowane na układach scalonych.

Idealny strunowy miernik cyfrowy powinien być niewielki, lekki, z zasilaniem bateryjnym, posiadać liniową zależność wartości mierzonej od częstotliwości, wskazywać wynik bezpośrednio w wartościach fizycznych mierzonych przez czujnik strunowy, posiadać wewnętrzną pamięć oraz mieć łatwość do podłączenia się - włączenia się do systemów pomiarowych sterowanych komputerem.

W zależności od tego jaki chcemy mieć miernik polowy czy stacjonarny w/w cechy jedne bardziej drugie ~~mniej~~ przydatne.

Istnieje na świecie tylko kilka firm - głównie w Europie, które specjalizują się w produkcji czujników strunowych i odbiorczej aparatury strunowej.

Do najbardziej znanych należy zaliczyć f.f H.Maihak AG-RFN, Télémac - Francja, Strainstal Ltd i Gage Technique - Anglia, Geonor - Norwegia.

Należy zwrócić uwagę, że w dniu rozpoczynania tej pracy żadna z w/w firm nie miała systemu odbiorczej aparatury strunowej opartej na mikroprocesorze.

## 2. OPIS PRZEPROWADZONYCH PRAC W TYM ZADANIU WDROŻENIOWYM I PODSUMOWANIE OSIAGNIETYCH REZULTATÓW.

### 2.1 Informacje wstępne.

W celu porównania i potwierdzenia wykonanych prac w tym zadaniu wdrożeniowym poniżej przypomina się opracowane przez wykonującego i zatwierdzone przez Zamawiającego wymagania techniczno-metrologiczne do miernika strunowego opartego na mikroprocesorze i dla systemu pomiarowego z jakim będzie współpracował.

1/ Na początku tej pracy zakładało się, że nowoprojektowany

M

system będzie systemem o tzw. inteligencji rozproszonej tzn. każde z podstawowych urządzeń pomiarowych wchodzących w skład systemu może realizować samodzielnie szereg stałych funkcji.

- 2/ System będzie składać się z identycznych, połączonych pomiędzy sobą tzw. modułów pomiarowych oraz komputera nadrzędnego sterującego centralnym punktem pomiaru.
- 3/ Każdy z modułów będzie urządzeniem 8, 10 lub 16 wejściowym złożonym z układu analogowego do, którego będą podłączone czujniki, oraz z części cyfrowej, sterującej obróbkę sygnału pomiarowego, oraz komunikacją z komputerem nadrzędnym.
- 4/ Zadaniem każdego z modułów pomiarowych będzie wykonywanie pomiarów czujnikami strunowymi dołączonymi do jego wejść na rozkaz komputera nadrzędnego, komunikacji z komputerem oraz transmisja danych pomiarowych.
- 5/ Dla oszczędności kabli przewidywało się zastosowanie szerszego sposobu przesyłania informacji, to znaczy, że wszystkie moduły pomiarowe powinny być połączone między sobą oraz z komputerem nadrzędnym dwużyłowym kablem ekranowym lub skrętka w ekranie.
- 6/ Przewidywało się możliwość dołączenia do komputera do 64 modułów pomiarowych, co dawałoby np. w przypadku zastosowania 8 wejść czujników do jednego modułu możliwość sterowania pomiarem 512 czujnikami strunowymi.
- 7/ Dla zasilania modułów pomiarowych znajdujących się w hermetycznych skrzynkach powinno być dostępne na zaporze dla każdej skrzynki napięcie +24V lub 220 /~ V/.
- 8/ Powinna istnieć możliwość zastosowania pojedynczego modułu pomiarowego, niezależnie od systemu, jako miernika polowego z zasilaczem bateryjnym /niewielki pobór mocy/, sterowanego

kalkulatorem programowanym.

- 9/ W konstrukcji modułów pomiarowych do sterowania pomiarem i transmisją danych winno być przewidziane zastosowanie układów mikroprocesorowych.
- 10/ Z uwagi na warunki klimatyczne panujące na zaporach, każdy z modułów pomiarowych powinien być zamknięty w szczelnej obudowie i zabezpieczony przed wpływem wilgoci.

Jak to zostanie wykazane w dalszych opisach wszystkie w/w wymagania zostały spełnione w tym temacie a w niektórych sprawach wprowadzono dalsze udoskonalenia jak np. moduł centralny składający się niemal 90% z modułu pomiarowego, a zastępujący w sterowaniu pomiarami BUTBUS, który był przewidziany do każdorazowego kupna do najmniejszego nawet zestawu modułów pomiarowych.

## 2.2 Szczegółowe przedstawienie istoty problemu, metody pomiaru, opis konstrukcji i działania mikroprocesorowego systemu pomiarowego czujnikami strunowymi.

### 2.2.1 Wprowadzenie.

Mikroprocesorowy system pomiarowy czujnikami strunowymi przedstawiony na schemacie rys.1 składa się z szeregu identycznych modułów pomiarowych /strunowych mierników pomiarowych - SMP-08 / w ilości od 1 do 64 z podłączonymi do każdego z nich po 8 czujników strunowych. Maksymalna ilość strunowych modułów pomiarowych - SMP-08 w tym systemie wynosi 64.

Cały system może sterować pomiarem do 512 czujników. Do sterowania transmisją i dopasowania do magistrali mikroprocesorowego systemu pomiarowego /MSP-CS/ służy komputer IBM-PC wyposażony w centralny moduł pomiarowy /CMP//zbudowany na bazie SMP-08/, który dołączony jest do szyny systemowej komputera a z drugiej strony połączony

- 8 -

jest z linią przesyłową systemu. Każdy z modułów SMP-08, składający się z dwóch płytek elektronicznych o wymiarach /100 x 160 mm/ umieszczonych w szczelnej obudowie metalowej, wraz ze swoim zasilaczem /220V/ lub przetwornicą /24V/ dodatkowo umieszczone są w specjalnej, hermetycznie uszczelnionej skrzynce, do której poprzez dławiki uszczelniające są doprowadzone; 8 końcówek kabli czujników strunowych, 1 przewód zasilający /napięcie 220V lub w przypadku przetwornicy zamiast zasilacza 1-przewód zasilający /napięcie 24V-/, oraz dwa przewody dwużyłowe w ekranie łączące ze sobą wszystkie moduły pomiarowe, komputer i moduł centralny /CMP/.

#### 2.2.2 Zadania i możliwości systemu pomiarowego.

Mikroprocesorowy system pomiarowy czujników strunowych realizuje z komputera nadrzędnego /centrum pomiarowe oddalone od najdalszego modułu o 1000 m/ następujące funkcje i zadania:

- a/ dokonuje pomiaru 32 okresów /z dokładnością  $1 \times 10^{-5}$ / drgań struny pojedynczego czujnika, grupy czujników w module lub kolejno wszystkich czujników we wszystkich podłączonych do systemu modułach
- b/ dokonuje przeliczeń mierzonych przez czujniki częstotliwości na wartości fizyczne i mechaniczne
- c/ porównuje i sygnalizuje przekroczenie wartości granicznych /alarmowych/ dolnych i górnych
- d/ po opracowaniu nowego - docelowego programu system może zapewnić tabelaryzowanie wyników pomiarów, dokonanie wykresów, określonych zestawień i porównań.

#### 2.2.3 Realizacja techniczna części analogowej i mikroprocesorowej strunowych modułów pomiarowych. A. Moduł pomiarowy stacjonarny.

Podstawowym blokiem pomiarowym modułu pomiarowego stacjonarnego

14

/strunowego miernika pomiarowego SMP-08/ jest układ analogowy. Blok ten zawiera układ wybierania i załączania jednego z kanałów wejściowych, układ pobudzania struny do drgań, układ wzmacnienia sygnału pomiarowego oraz przetwornik sygnału pomiarowego na ciąg impulsów prostokątnych. Z przetworzonego w ciąg impulsów prostokątnych sygnału z czujnika, na podstawie programu rejestrującego w pamięci ROM układ mikroprocesorowy zlicza czas trwania 32 okresów drgań struny. Wynik pomiaru zostaje przepisany do bufora. Po uzyskaniu z komputera nadrzędnego komunikatu o uzyskaniu dostępu do magistrali, za pośrednictwem odpowiedniego układu dopasowującego moduł do magistrali BITBUS wysyłany jest do komputera nadrzędnego komunikat zawierający adres modułu, adres mierzonego czujnika oraz wyniki pomiaru adresu.

Mikroprocesor zapewnia programową, dwustronną komunikację pomiędzy modułami pomiarowymi a komputerem nadrzędnym oraz sterowaniem i wybieraniem jednego z kanałów układu analogowego i cyklem pomiarowym czujnika.

Dla wykonania pomiaru pojedynczego czujnika komputer nadrzędny wysyła komunikat zawierający w nagłówku adres wybranego modułu, kod rozkazu, który on ma wykonać, a w polu informacyjnym nr kanału modułu pomiarowego.

Moduł pomiarowy po zdekodowaniu adresu i po sprawdzeniu, że rozkaz przeznaczony jest dla niego, przystępuje do wykonania cyklu pomiarowego.

W wersji stacjonarnej przewiduje się zasilanie modułu miernika strunowego z dostępnego na zaporach napięcia 24/V/DC lub sieci napięcia zmiennego 220 /V/. W związku z tym skonstruowano i wykonano odpowiednie zasilacze transformatorowe ze stabilizacją wybierając zasilanie sieciowe jako bardziej uniwersalne.

Moduł wraz z zasilaczem umieszczone w szczelnych obudowach hermetycznych będą dodatkowo instalowane w skrzynkach-obudowach SR-10, do których będą doprowadzone uszczelnione kable czujników strunowych, przewody zasilające oraz skrętka magistrali transmisyjnej.

Część mikroprocesorowa stacjonarnego modułu pomiarowego zrealizowano w oparciu o mikrokontroler Intel 80C31. Jako pamięć programu może być zastosowany układ 2732 o pojemności 4 kB lub układ 2764 o pojemności 8 kB. Jest to pojemność znaczna, umożliwiająca realizację nawet skomplikowanych algorytmów pomiaru i obróbki danych pomiarowych.

Ponadto moduł zawiera interfejs sieci transmisji danych pomiarowych. Realizacja sprzętowa umożliwia wariantowe zastosowanie nadajników zachodnich Am 26LS31 lub krajowych UCY 75110. Jako odbiornik zastosowano krajowy układ UCY 75107. Obsługa protokołu transmisji realizowana jest programowo przez mikrokontroler. W układzie tym zastosowano optoizolację pomiędzy częścią mikroprocesorową i liniową oraz przewidziano zasilanie części liniowej z oddzielnego toru zasilania. Umożliwia to pracę układu w warunkach utrudniających wyrównanie potencjałów mas pomiędzy poszczególnymi modułami pomiarowymi.

Interfejs do części analogowej modułu pomiarowego zawiera bufory 7407 umożliwiające dopasowanie poziomów sygnałów. Pomiar realizowany jest mikroprogramowo, z wykorzystaniem zasobów mikrokontrolera /wbudowanego timera/.

Unikalny numer modułu w sieci ustawiany jest przy pomocy sześciu pozycji ośmiopozycyjnego przełącznika odczytywanego przez mikroprocesor podczas restartu. Pozycja ósma służy do wyboru wariantu procedury pomiarowej:



OFF - pomiar pojedynczy

ON - średnia z trzech pomiarów

W module przewidziano trzy diody świecące, służące do oceny stanu pracującego modułu. Dioda "AKT" przyłączona do linii P2.7 mikroprocesora realizuje "Test życia" poprzez zmianę intensywności świecenia z okresem 1/2 sek. Dioda "TR" przyłączona do linii danych transmisyjnych pozwala na ocenę stanu interfejsu sieci transmisji danych. Dioda "POM" sygnalizuje wykonanie pomiarów przez moduł.

Zamiast mikrokontrolera 8031 można zastosować układ 8751 zawierający wewnętrzną pamięć EPROM. Wówczas można wyeliminować układy: bufora 74LS373 oraz zewnętrznej pamięci EPROM.

#### B. Moduł pomiarowy przenośny - polowy.

Jako miernik polowy jest wykorzystywany ten sam onówiony już wyżej moduł miernika stacjonarnego z pewnymi modyfikacjami. Miernik /moduł/ w wersji polowej zasilany bateryjnie współpracuje z również zasilanym bateryjnie kalkulatorem programowanym typu PSION-ORGANISER II. Zadaniem kalkulatora jest programowe inicjowanie pomiaru przez moduł oraz odbieranie danych pomiarowych, wykonywanie niezbędnych obliczeń oraz gromadzenie danych w pamięci.

Do współpracy z kalkulatorem moduł jest wyposażony w układ interfejsu do łącza szeregowego w standardzie RS-232C. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość transmisji wszystkich zapisanych w pamięci RAM zbiorów za pośrednictwem łącza RS-232C do innych komputerów wyposażonych w to łącze, w tym także do komputera IBM-PC.

Część mikroprocesorową przenośnego modułu pomiarowego zrealizowano w oparciu o mikrokontroler Intel 80C31. Jako pamięć

programu może być zastosowany układ 2732 o pojemności 4 kB lub układ 2764 o pojemności 8 kB. Ponadto moduł zawiera szeregowy interfejs transmisji danych RS-232-C służący do przesyłania danych pomiarowych do kalkulatora. Obsługiwany on jest z wykorzystaniem wewnętrznego portu transmisji szeregowej, jaki zawiera mikroprocesor 8031.

Zarówno interfejs RS-232-C jak i interfejs części pomiarowej zrealizowano z wykorzystaniem elementów dyskretnych, co umożliwiło minimalizację poboru prądu.

#### 2.2.4 Oprogramowanie modułu pomiarowego w wersji stacjonarnej.

Oprogramowanie modułu pomiarowego w wersji j.w. składa się z trzech podstawowych części:

1. sterującej
2. transmisyjnej /tylko dla wersji stacjonarnej - w wersji polowej do transmisji używany jest odpowiedni układ sprzętowy mikrokomputera/
3. pomiarowej

##### 1. Oprogramowanie sterujące.

Oprogramowanie sterujące realizuje główną pętlę programu obsługi modułu. Jego zadaniem jest ustawienie zmiennych systemowych, testowanie zasobów modułu i wywoływanie procedur odpowiedzialnych za transmisję i wykonanie pomiaru.

##### 1.1 Wersja stacjonarna.

Program sterujący oczekuje na polecenie z modułu centralnego CM.

Po otrzymaniu polecenia testowania modułu /ramka informacyjna protokołu ~~200000~~ <sup>CM-mod.cenik</sup> z jednym bajtem informacyjnym - OFFHD testuje moduł i wysyła w odpowiedzi wynik testu /ramka informacyjna protokołu ~~200000~~ <sup>CM-mod.cenik</sup> z jednym bajtem informacyjnym - wynikiem testu - 0 oznacza brak błędów/.

Po otrzymaniu polecenia wykonania pomiaru (ramka informacyjna z jednym bajtem informacyjnym, w którym na trzech najmłodszych bitach ustawiony jest numer czujnika, a na najstarszym bicie typ czujnika: 0 - gdy czujnik musi być pobudzony przed pomiarem 1 - gdy nie trzeba go pobudzać przed pomiarem/ moduł odpowiada ramką kontrolną RR, wywołuje program pomiarowy i zaczyna oczekiwać na pytanie o wynik pomiaru.

Po otrzymaniu polecenia przesłania wyniku pomiaru (ramka kontrolna RR/ program przesyła wynik /ramka informacyjna, w której na 2 bajtach informacyjnych przesyłany jest wynik/ i przechodzi w stan oczekiwania na kolejne polecenie z IBM.

Jeżeli moduł odbierze polecenie o nieznannej budowie /lub niezgodne z realizowanym algorytmem/ odpowiada ramką nienumerowaną FRMR.

#### 1.2 Wersja polowa.

Program sterujący oczekuje na polecenie z kanału RS. Polecenie ma postać znaku ASCII cyfry:

"0" - dla typu pierwszego czujnika

"1" - dla typu drugiego czujnika /bez pobudzenia/

Po wykonaniu pomiaru wynik jest wysyłany w postaci ciągu do sześciu cyfr dziesiętnych w kodzie ASCII zakończonego znakami powrotu karetki CR i nowej linii LF.

Transmisja w obu kierunkach odbywa się z prędkością 1200 bd, znakami 7-bitowymi z bitem parzystości i z jednym bitem stopu.

#### 2. Oprogramowanie transmisyjne w wersji stacjonarnej.

Oprogramowanie transmisyjne realizuje w sposób programowy obsługę protokołu transmisyjnego ~~RS232C~~<sup>mod. cart.</sup>, przekazuje odebrane od IBM polecenia do części sterującej i wysyła odpowiedzi do IBM. Składa się ono z dwóch głównych procedur SEND i RECEIV. Procedura RECEIV oczekuje na ramkę nadawaną z IBM, odbiera ją

i sprawdza jej zgodność z protokołem. Pole kontrolne odebranej ramki przekazywane jest w polu FRAME, bajty informacyjne w polu BUFOR.

Procedura SEND wysyła do IBM ramkę, której pole kontrolne zapisane jest w polu FRAME, a bajty informacyjne w polu BLFOR.

### 3. Oprogramowanie pomiarowe.

Procedura pomiarowa tamapon wykonuje pomiar częstotliwości drgań struny wybranego czujnika. Numer czujnika i jego typ przekazywane są /w formacie opisanym powyżej/ do procedury w polu arg. Wynik pomiaru zwracany jest w polu result.

Procedurę pomiarową zrealizowano w dwóch wariantach.

- a/ pojedynczy pomiar. Generowany jest impuls pobudzający o długości 500  $\mu$ s. Po upływie 25 ms od pobudzenia rozpoczyna się zliczanie impulsów z jednoczesnym pomiarem czasu. Pomiar kończy się po zliczeniu 32 okresów. Odporność procedury na zakłócenia procesu pomiarowego zwiększa fakt, że zbocze zliczane jest tylko wtedy, jeśli znajdzie się w obszarze dopuszczalnym, wynikającym z granicznych wartości przedziału dopuszczalnych częstotliwości drgań. Brak zbocza w obszarze dopuszczalnym powoduje unieważnienie pomiaru.
- b/ trzy kolejne pomiary wg powyższego algorytmu w odstępach, zapewniających wygaszenie drgań, struny. Jeśli kolejne wyniki różnią się między sobą o wartość większą niż graniczna /przyjęta 10/ pomiar jest odrzucany. W przeciwnym razie jako wynik przesyłana jest średnia z trzech pomiarów.

Wybór wariantu dokonywany jest na podstawie stanu przełącznika S-8 na pakiecie.

### 2.2.5 Oprogramowanie kalkulatora PSION-ORGANISER II.

Oprogramowanie kalkulatora PSION-Organiser II składa się z szeregu funkcji włączonych do głównego MENU:

- MIERZ - pomiar czujnika o wybranym numerze
- INSTALUJ - instalacja nowego czujnika /podanie stałych i typu, wykonanie pierwszego pomiaru/.
- WYŚWIETL - wyświetlanie zarejestrowanego wyniku ostatniego pomiaru wszystkich czujników.

Funkcje te korzystają ze zbioru danych na zapisanego w jednostce

A: Zbiór składa się z rekordów, z których każdy opisuje jeden z zainstalowanych czujników. Budowa rekordu jest następująca:

- NR % - pole całkowite, numer czujnika
- BASE - pole zmiennoprzecinkowe, stała bazowa dodawana do wyniku pomiaru
- J % - pole całkowite o wartości 0 lub 1 dla czujnika /-1/.
- Cc - pole zmiennoprzecinkowe, stała czujnika
- NO - pole zmiennoprzecinkowe, stała WO z pierwszego pomiaru
- $\Delta T$  - pole zmiennoprzecinkowe, ~~xxx~~ wynik ostatniego pomiaru /okres drgań w ms/
- MIANO % - pole tekstowe, stała tekstowa - miano wyniku pomiaru.

Ponadto oprogramowanie kalkulatora zawiera procedurę pomiar dokonującą pomiaru okresu w ms. Parametrem procedury jest stała 0 lub 1 dla czujników bez pobudzenia.

### 2.2.6 Skrócone przedstawienie możliwości programowych systemu pomiarowego.

Program umożliwiający obsługę mikroprocesorowego systemu pomiarowego czujników strunowych uruchamia się przez wywołanie programu - tstzap. exe.

Po ukazaniu się menu zatytułowanego "Model systemu pomiarowego czujników na zaporze" mamy do wyboru następujące opcje:

0 -  pomiar zadany czujnikiem strunowym.

Program pyta o numer modułu a następnie o numer czujnika. W modelu i po uzyskaniu odpowiedzi uruchamia pomiar i wyświetla wynik albo sygnalizuje błąd /nie zainstalowany czujnik, błąd pomiaru, awaria czujnika, błąd transmisji/

1 -  pomiar czujników wybranego modułu.

Program pyta o numer modułu i po uzyskaniu odpowiedzi wyświetla wyniki pomiarów /w. fizyczne/ wszystkich czujników podłączonych do tego modułu albo sygnalizuje błędy /błąd pomiaru, awarie czujnika, błąd transmisji/.

2 -  pomiar wszystkich zdefiniowanych /postępowanie w myśl opcji 5/ czujników.

Program dokonuje pomiarów wszystkich zdefiniowanych czujników i wyświetla ich wyniki.

3 -  wyświetlanie historii pomiarów dla czujników.

Program wyświetla 24 ostatnie wyniki pomiarów.

4 -  ustawianie częstotliwości, przepytывanie czujników.

Po otrzymaniu w/w parametrów program dokonuje pomiaru zerowego /początkowego/ i wyświetla jego wynik.

5 -  zadanie parametrów dla nowego czujnika.

Program pyta o, i należy podać następujące parametry:

- nr modułu,
- nr czujnika,
- wartość współczynnika B przy obowiązującym wzorze na obliczenie wartości mierzonej *przez czujnik strunowy.*

$$\Delta W_m = B + \frac{-1}{\dots} * C_c / W_o - W_k / * 10^6$$

22

- wartość stałej pomiarowej  $C_c$
- wartość współczynnika  $j$
- typ czujnika /stary 0-0 drganiach gasnących/, /nowy-1 o drganiach ustalonych - ciągłych/
- miano wyrażenia /jednostka w jakiej oblicza się wielkość mierzona/
- dolna alarmowa wartość pomiarowa
- górna alarmowa wartość pomiarowa

Po otrzymaniu w/w parametrów program dokonuje pomiaru zerowego /początkowego/ i wyświetla jego wynik.

6 - ustawienie konfiguracji systemu.

Ściągnięcie danych o czujnikach z pamięci dyskowych do programu, po jego uruchomieniu

7 - test sprawności systemu pomiarowego.

Program dokonuje sprawdzenia możliwości współpracy z poszczególnymi modułami i wyświetla komunikat specyfikujący uszkodzone moduły.

8 - włączenie drukarki.

Przełącznik, po włączeniu każda zakończona operacja zostanie przesłana do drukarki

9 - zgaszenie alarmu.

Włączenie sygnału alarmowego /w tej chwili napis na ekranie komputera/ w przyszłości w module centralnym/ sygnał świetlny lub dźwiękowy/

10 - powrót do systemu operacyjnego.

2.2.7 Skrócone przedstawienie możliwości pomiarowych na mierniku polowym.

Po włączeniu kalkulatora są dostępne następujące opcje związane z programem pomiarowym:

"INSTALUJ" - program pyta o nr czujnika i jego parametry tj  
 o współczynnik "B" stałą "Cc" współczynnik "j" miano  
 zgodnie z wzorem  $\Delta W M = B + \frac{1}{-1/j} \cdot Cc$   $\Delta W_0 - W_k / \Delta C$   
 Po uzyskaniu odpowiedzi dokonuje pomiaru zero-  
 wego /początkowego i wyświetla wynik. Dane  
 czujnika zostają zapamiętane.

"MIERZ" - program pyta o nr czujnika, po uzyskaniu od-  
 powiedzi dokonuje pomiaru i wyświetla wynik.

"WYŚWIETL" - program wyświetla listę zainstalowanych  
 w pamięci/czujników i ich dane.

Przy obsłudze programu najczęściej używane klawisze to:

do włączenia kalkulatora - "ON"

do wyłączenia " " - "0"

do wyboru opcji programu - kursory i EXE.

Opis współpracy kalkulatora z komputerem zawarty jest  
 w instrukcji obsługi kalkulatora i łącza Comms Link.

### 2.3 Podsumowanie osiągniętych rezultatów pracy.

Realizacja 7 etapów tego tematu począwszy od studiów,  
 założeń technicznych, projektu wstępnego, opracowania kon-  
 cepcji, wykonania modelu i jego badań oraz opracowania dokume-  
 tacji prototypów, wykonania prototypów i ich badania a koń-  
 cząc na opracowaniu dokumentacji konstrukcyjnej dla produkcji  
 mikroprocesorowego systemu pomiarowego czujnikami strunowymi  
 opartego o tzw. inteligencji rozproszonej i jego elementów  
 potwierdziły następujące fakty:

1. Stwierdzono zgodną z wymaganiami, założeniami i dokumen-  
 tacją techniczną funkcjonalną, dobrą pracę całego systemu  
 j/w oraz poszczególnych jego podzespołów w tym strunowego  
 modułu centralnego SMP-08-MC, zasilaczy modułu stacjonar-  
 nego i centralnego.



2. Stwierdzono spełnienie wszystkich wymagań techniczno-metrologicznych wymienionych w p.2.1 niniejszego sprawozdania a postawionych przed rozpoczęciem realizacji niniejszej pracy. Ponadto w czasie realizacji pracy wprowadzono dodatkowe rzeczy jak np. wprowadzenie możliwości alarmowania przy przekroczeniu wartości granicznych dolnych i górnych przez czujniki, uproszczenie pod względem sprzętowym, całego systemu przez wyeliminowanie pakietu kontrolera transmisji BITBUS.
3. Zbadano i uzyskano pozytywną odpowiedź w zakresie uzyskania najważniejszych parametrów metrologiczno-technicznych tj. dokładności pomiarów, powtarzalności i stabilności wskazań oraz poprawności transmisji między modułami pomiarowymi, modułem centralnym i komputerem nadrzędnym
4. Potwierdzono przypuszczenie o braku wpływu zmian temperatury otoczenia modułów pomiarowych na poprawną i dobrą pracę systemu pomiarowego w zakresie temperatur od 0 do +50°C
5. Program komputerowy przy pomocy, którego zbudowano i potwierdzono uzyskane w/w pozytywne rezultaty, jest programem testowym-uproszczonym, uwzględniającym jednak wszystkie podstawowe wymagania przy pomiarach czujnikami strunowymi na dużych obiektach wodnych.
6. Opracowana dokumentacja techniczna dokumentacja konstrukcyjna, klisze płytek, dyskietki z programami i projektami płytek elektronicznych pozwalają na powielanie i wykonanie wszystkich elementów i systemu pomiarowego w dowolnych ilościach.

#### 2.4 Okres realizacji i poniesione koszty.

Wymieniony w tytule sprawozdania temat pracy zrealizowano

w dwóch okresach:

W pierwszym okresie od 1988.06 do 1990.11, w ramach zadania wdrożeniowego 56.10.11.09, którego koordynatorem był IMGW w W-wie wykonano pierwszy z siedmiu etapów pt. "Studia i rozpoznanie tematu pracy" na sumę 1.584.190.

Pozostałe 6 etapów tego zadania od 2 do 7 wykonano w ramach IPBR 11.03.09 w okresie od 1988.11 do 1990.11 za sumę 151.538.000. Koordynatorem drugiej części pracy było P.U.K. Konsultex.

Kwota poniesiona za prace naukowo-badawcze w wyniku, której ~~została opracowana~~ ~~została~~ dokumentacja techniczna, 3 prototypy modułów stacjonarnych i 2 prototypy miernika polowego wyniosła 153.122.192 zł.

Dodatkowo na podstawie istniejącej już dokumentacji za sumę 24.000.000 zł wykonano 16 modułów miernika stacjonarnego i 16 zasilaczy do tych modułów.

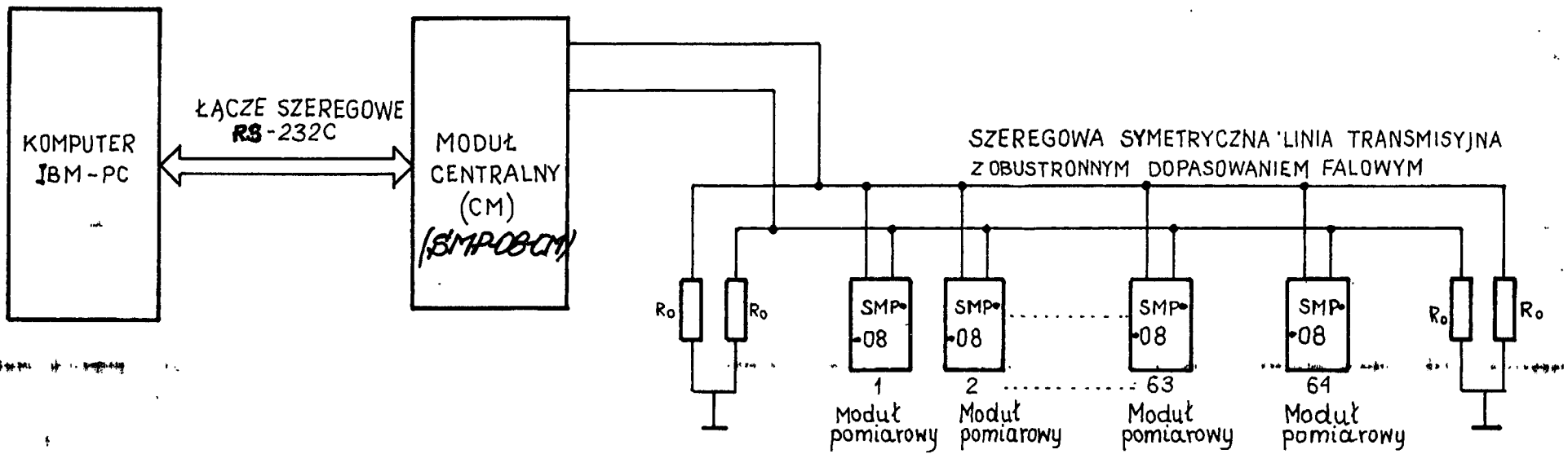
Zatem łączna kwota za dokumentację i 19 modułów z zasilaczami mogąca obsłużyć 152 czujniki strunowe wyniosła 177.122.192 zł. Zważywszy fakt, że ponad połowa tej sumy była płaćta po lipcu 1990 to trzeba stwierdzić, że jest to bardzo tanio wykonana praca

### 3. WNIOSKI KOŃCOWE.

Na podstawie opracowanej dokumentacji dla produkcji wykonanych i przebadanych prototypów, serii próbnej mikroprocesorowego systemu pomiarowego czujnikami strunowymi należy stwierdzić co następuje.

1. Opracowany system pomiarów czujnikami strunowymi oparty na mikroprocesorze o tzw. inteligencji rozproszonej jest obecnie najnowocześniejszym systemem w dziedzinie odbiorczej aparatury strunowej w Polsce i na świecie.

2. Jego zalety i walory techniczno-metrologiczne zostały sprawdzone i potwierdzone podczas badań modelu, prototypów i serii próbnej.
3. System ten zapewnia nowoczesność rozwiązań w tego rodzaju aparaturze odbiorczej na kilka lat.
4. System ten powinien być wytwarzany i stosowany na obiektach wodnych w Polsce.
5. System ten kwalifikuje się do wytwarzania i eksportowania za granicę kraju.



Rys.1 Schemat blokowy systemu pomiarowego z zastosowaniem modułów przyrządów pomiarowych SMP-08 współpracujących z komputerem IBM-PC za pośrednictwem modułu centralnego /CM/.

88