

# Opracowanie i konstrukcja udoskonalonego miernika-rejestratora strunowego

ADAM KANCIRUK

*Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków*

## Streszczenie

Wykorzystując koncepcję i projekt, które zostały opracowane w roku ubiegłym, zrealizowano prototypowy miernik-rejestrator strunowy nowego typu. Urządzenie to wykorzystuje zalety użytkowe urządzeń zaprojektowanych i skonstruowanych wcześniej, które zostały zastosowane z powodzeniem do różnych prac badawczych o charakterze polowym. W opracowaniu przedstawiono układ funkcjonalny urządzenia, jego budowę oraz cechy użytkowe poparte wynikami testów laboratoryjnych. Cechy te porównano z cechami wspomnianych urządzeń wykonanych wcześniej, akcentując trafność wprowadzenia nowych rozwiązań układowych i funkcjonalnych. W roku 2016 kontynuowano badania deformacji posadzki hangaru lotniczego i wprowadzono konieczną modyfikację sposobu interpretacji uzyskiwanych wyników pomiarowych. Modyfikacja ta wymuszona jest częściowym uszkodzeniem systemu pomiarowego wskutek prac modernizacyjnych przeprowadzonych w hangarze.

**Słowa kluczowe:** elektronika, metrologia wielkości nieelektrycznych

## Wstęp

Badania polowe deformacji gruntu, skał i obiektów budowlanych z użyciem aparatury strunowej prowadzone są w Pracowni Odształceń Skał od lat 60-tych XX wieku (Szpetkowski, 1968, str. 112). Pomiarowa aparatura strunowa składa się zazwyczaj z jednego lub kilku przetworników pomiarowych, np. tensometrów i dołączonych do nich za pomocą kabla elektronicznego urządzenia odczytowego, często z dodatkowymi funkcjami np. rejestratora wyników pomiarowych. Idea działania przetworników strunowych konstruowanych w Pracowni od ponad 50 lat i produkowanych przez firmy o zasięgu światowym od niemal 100 lat nie zmienia się, mimo wprowadzania nowych rozwiązań konstrukcyjnych. Natomiast idea działania i konstrukcja elektronicznych urządzeń współpracujących z przetwornikami strunowymi, dalej zwanymi skrótowo miernikami strunowymi wraz z bardzo szybkim rozwojem elektroniki zmienia się również szybko. Oczywiście w czasach poprzedzających powszechne stosowanie w elektronice półprzewodników, mierniki strunowe w pełni analogowe budowane były w oparciu o elementy wzmacniające sygnały elektryczne, jakimi były lampy elektronowe. W latach 60-tych XX wieku lampy zastępowano tranzystorami, jednakże mierniki, montowane wyłącznie z elementów dyskretnych pozostawały typu analogowego. W Pracowni też początkowo posługiwano się w pełni przydatnym do pomiarów polowych tranzystorowym miernikiem analogowym, w którym rolę „interfejsu użytkownika” pełniły lampa oscyloskopowa i pokrętko mechanicznego komparatora. Począwszy od lat 80-tych XX wieku autor budował już mierniki strunowe typu cyfrowego, wykorzystując początkowo jedynie dostępne najprostsze układy scalone małej skali integracji, następnie – od lat 90-tych – układy mikroprocesorowe. Mierniki te funkcjonują w oparciu o oryginalną metodykę przeprowadzania pomiarów, polegającą w dużym uproszczeniu na pobudzeniu struny przetwornika do drgań i pomiaru okresu tych drgań.

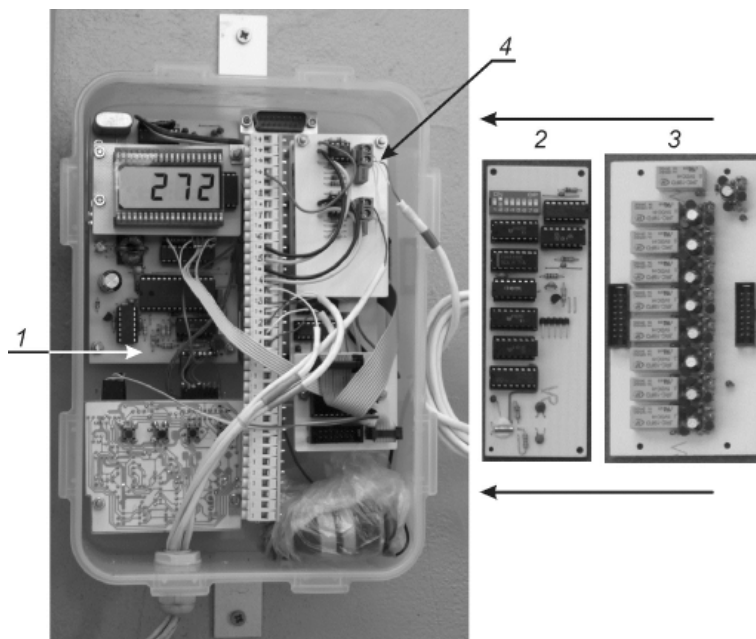
## 1. Miernik strunowy KA-7D i jego modyfikacje

Mikroprocesorowy miernik strunowy KA-7D (Rys. 1) opisany szczegółowo w (Kanciruk, 2012, str. 82) okazał się konstrukcją na tyle udaną, że stał się pierwowzorem dla innych strunowych urządzeń

pomiarowo-rejestrujących, takich jak: prosty miernik do pomiarów szybkozmiennych, telemetryczny system pomiarowy, telemetryczny miernik strunowy TMS-1, uniwersalny moduł strunowy UMS-3, czy też specjalnie opracowany do badań deformacji płyty posadzkowej hangaru lotniczego miernik-rejestrator (Rys. 2). Wszystkie te urządzenia opisane są szczegółowo, lub wzmiankowane w rozdziale 6.4 pracy (Kanciruk, 2012, str. 90). Spośród tych wszystkich urządzeń najszerze zastosowanie znalazł miernik prezentowany na rysunku 2, dwa jego egzemplarze pracują nieprzerwanie od czerwca 2011 roku we wspomnianym hangarze (mierniki wykonały do 21.10.2016 ogółem 932 386 pomiarów), trzeci został wypożyczony do Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, gdzie też funkcjonuje bez zastrzeżeń od 3 lat. Miernik ten zasilany jest z baterii 4 ogniw typu AA i przykładowo: współpracując z 8 przetwornikami pomiarowymi (w tym pięcioma tensometrami strunowymi i trzema termometrami) jest w stanie przeprowadzać cyklicznie pomiary 25 razy na dobę i gromadzić ich wyniki przez okres 80 dni. Elementem pomiarowym termometrów są termistory, które są podłączone do wejść miernika poprzez proste przetworniki  $R/f$ . Dzięki temu, sygnały wejściowe miernika są ujednocicone i mają charakter częstotliwościowy.



Rys. 1. Miernik strunowy KA-7D wraz z tensometrem firmy Maihak



Rys. 2. Miernik strunowy używany w hangarze. 1 – układy elektroniczne miernika, 2 – zegar, 3 – multiplexer, 4 – 2 przetworniki  $R/f$ , do których wejść podłączone są termistory

Miernik (Rys. 2) jest jednak urządzeniem prowizorycznym, o nienowoczesnej konstrukcji, nie nadającym się do małoseryjnej produkcji. Dlatego, w roku ubiegłym zaprojektowano schemat ideowy i na jego podstawie opracowano schemat montażowy, sprowadzający się do projektu płytki drukowanej nowego miernika-rejestratora strunowego, oznaczanego dalej dla uproszczenia „NMRS”. W roku bieżącym zrealizowano prototypowy egzemplarz NMRS.

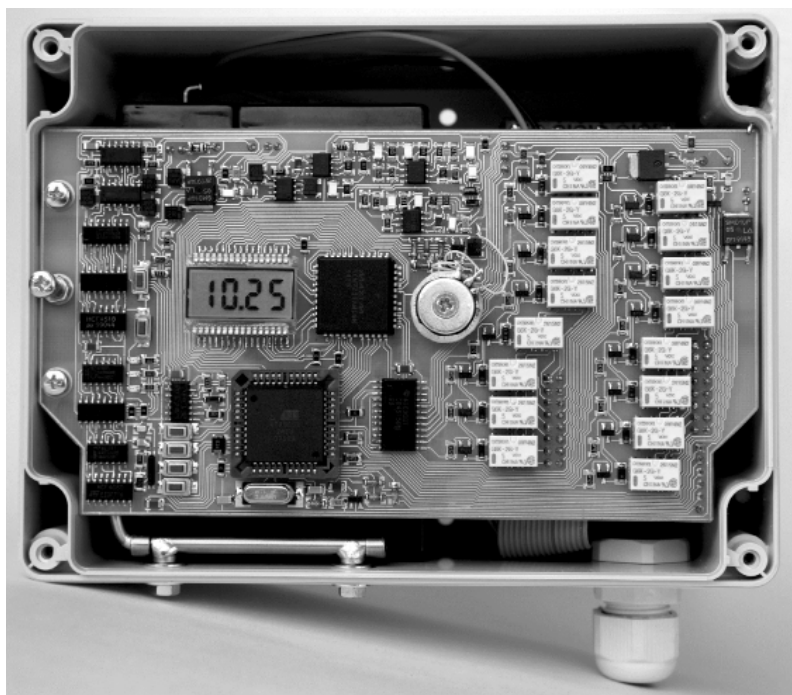
## 2. Założenia konstrukcyjne nowego miernika-rejestratora strunowego

Miernik (Rys. 2) jest złożony z wielu podzespołów zmontowanych na osobnych ośmiu płytkach drukowanych, pochodzących z różnych wcześniej opracowanych urządzeń. Podzespoły te połączone są giętkimi przewodami. Każda płytka z osobna jest mechanicznie mocowana do podstawy urządzenia. Montaż takiego urządzenia jest zbyt skomplikowany i pracochłonny. Dlatego w roku ubiegłym opracowano układ elektroniczny NMRS, będący rozwinięciem miernika (Rys. 2), przewidziany do montażu na jednej płytce drukowanej. Do płytki tej, według założeń, giętkimi przewodami podłączone mają być tylko przetworniki wejściowe, mały głośnik, ew. telefon komórkowy i oczywiście źródło zasilania. Konstrukcja NMRS przewi-

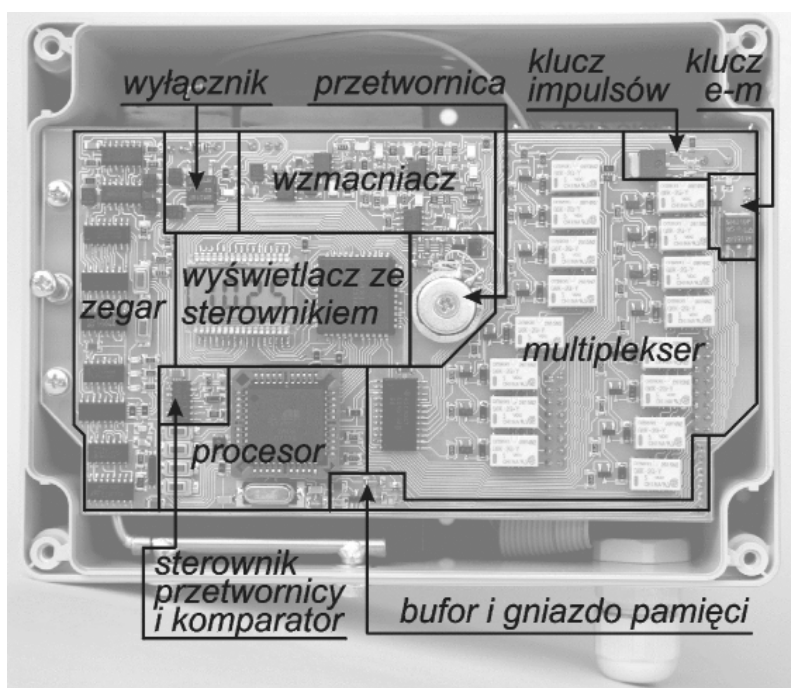
duże zastosowanie montażu powierzchniowego z zastosowaniem elementów SMD (*surface mounted device*, źródło internetowe 1). Miernik wraz z baterią zasilającą mieści się w hermetycznej obudowie z tworzywa sztucznego o gabarytach 160×120×90 mm (źródło internetowe 2).

### 3. Konstrukcja NMRS

Głównym elementem miernika jest płytką drukowaną z przylutowanymi do niej wszystkimi elementami elektronicznymi miernika. Rysunek 3 przedstawia jej ogólny widok, a rysunek 4 – rozmieszczenie poszczególnych podzespołów miernika.



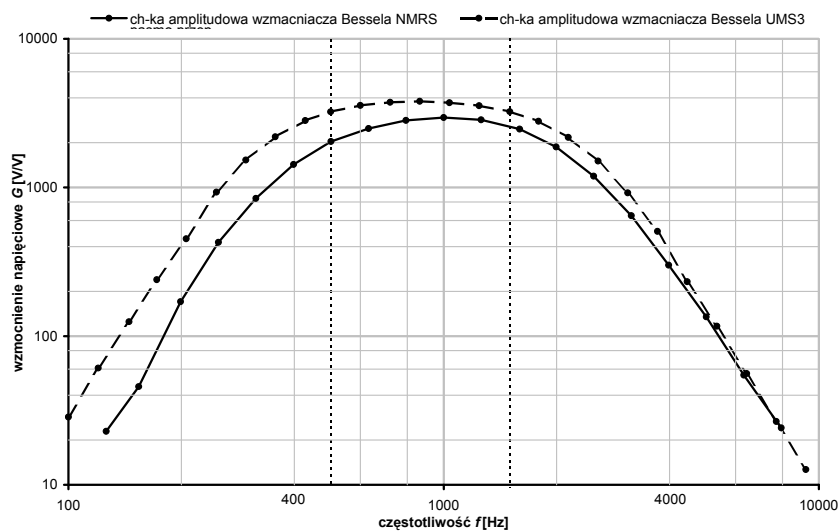
Rys. 3. Płytką drukowaną miernika wraz z przylutowanymi do niej elementami elektronicznymi



Rys. 4. Płytką drukowaną z zaznaczonymi podzespołami miernika

Jedynym, stale zasilanym z baterii podzespołem NMRS jest zegar (Rys. 4), skonstruowany w oparciu o układy scalone małej i średniej skali integracji. Bazuje on na schemacie wcześniej używanego w mierniku (Rys. 2) i innych urządzeniach, podzespołu, jest więc sprawdzony w czasie wieloletniego użytkowania. W porównaniu z pierwowzorem poszerzono jego zakres działania, wskutek czego jest on w stanie włączać pozostałą część NMRS z okresem od 11 minut 15 sekund na dobę (tj. 128 razy na dobę), do 24 godzin. Każdy następny okres jest podwojeniem poprzedniego. Zegar programowany jest nie jak poprzednio 8-stykowym elektromechanicznym programatorem, lecz 1-stykowym programatorem elektronicznym. Głównym elementem wykonawczym zegara („wyłącznik”, Rys. 4) jest tranzystor mocy MOS o bardzo niskiej rezystancji źródło-dren w stanie aktywnym.

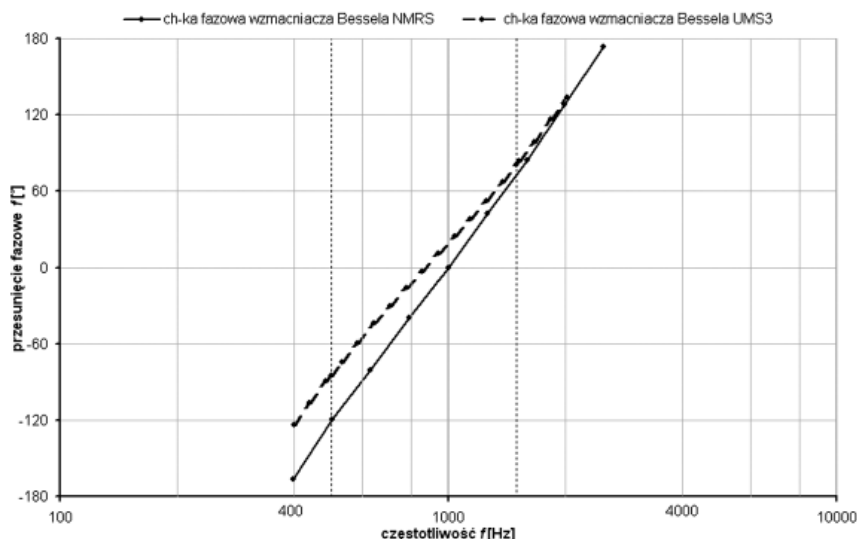
Podzespół „wzmacniacz” jest wzorowany na układzie analogicznego podzespołu zastosowanym w uniwersalnym module strunowym UMS-3 (Kanciruk, 2012, str. 102). Jest on wyposażony w czterobiegunowy filtr Bessela typu pasmowoprzepustowego, przez co charakteryzuje się znacznie większym tłumieniem sygnałów zakłócających, szczególnie o częstotliwości sieci zasilającej 50 Hz. Parametry elementów filtra Bessela, podobnie jak poprzednio, wyznaczono według wzorów (Horowitz i Hill, 1997, t. 1, str. 286). Według zaleceń zawartych w tej pozycji, parametry elementów filtra powinny być dobierane ze szczególną starannością. W przeciwnym razie charakterystyka filtra może znacznie odbiegać od założonej. Do montażu UMS-3 użyto elementów specjalnie dobieranych, o odchyłce wartości rezystancji lub pojemności maksymalnie 0.5% od wartości wyznaczonych z wspomnianych wyżej wzorów. Dlatego wzmacniacz z filtrem modułu UMS-3 można uznać „modelowym”. Ze względu na brak dostępu do większej ilości elementów typu SMD, zastosowano elementy o tolerancji wartości 5% i zrezygnowano z ich specjalnego doboru, godząc się na pogorszenie parametrów filtra wzmacniacza NMRS. Porównanie charakterystyk wzmacniacza „modelowego” modułu UMS-3 i wzmacniacza NMRS przedstawiają rysunki 5 i 6.



Rys. 5. Porównanie charakterystyk amplitudowych wzmacniacza NMRS i UMS-3

Założone pasmo przepustowe „3 dB” obydwu wzmacniaczy: 500÷1500 Hz jest dostosowane do częstotliwości pracy typowych przetworników strunowych. Oznaczone jest ono na rysunkach 5 i 6 przerywanymi liniami równoległymi do osi rzędnych. Charakterystyka amplitudowa wzmacniacza NMRS jest rzeczywiście gorsza od charakterystyki wzmacniacza UMS-3, w paśmie przepustowym jest mniej „płaska”. Jej oś symetrii jest nieco przesunięta w kierunku częstotliwości wyższych, wzmocnienie w paśmie przepustowym jest mniejsze 2÷4 razy. Mimo to, parametry wzmacniacza NMRS pozostają nadal znacznie lepsze niż parametry wzmacniaczy miernika KA-7D i pochodnych (Kanciruk, 2012, str. 104), w tym miernika przedstawionego na rysunku 2. Należy więc oczekiwać, że pod tym względem NMRS będzie funkcjonować poprawnie. Pod względem charakterystyk fazowych wzmacniacze NMRS i UMS-3 są podobne (Rys. 6). Ze względu na przesunięcie charakterystyki amplitudowej wzmacniacza NMRS w kierunku wyższych częstotliwości, zerowe przesunięcie fazowe uległo też przemieszczeniu z 866 Hz do 1000 Hz. Konieczne do zasilania wzmacniacza NMRS napięcie ujemne względem masy jest dostarczane z impulsowego inwertera.

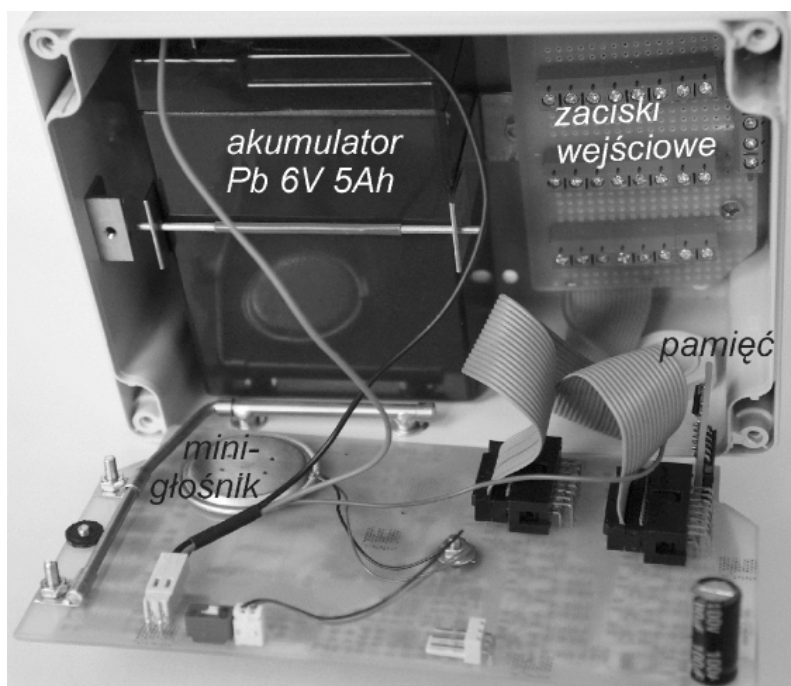
Układ mikroprocesora NMRS jest podobny do analogicznego układu miernika przedstawionego na rysunku 2. Wyposażony jest w scalony mikroprocesor jednoukładowy Atmel 89S53. Do jego portów dołączone



Rys. 6. Porównanie charakterystyk fazowych wzmacniacza NMRS i UMS-3

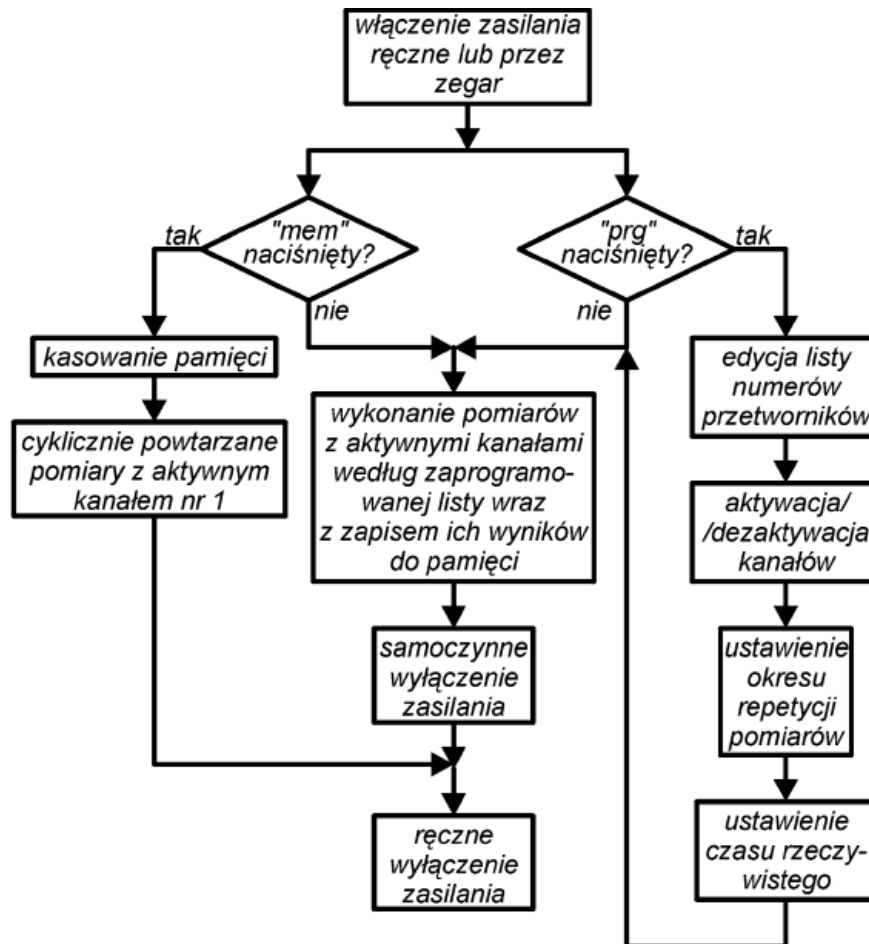
są 4 przyciski – kontakty elektryczne, wyświetlacz ze sterownikiem, multiplekser, przetwornica napięcia i pamięć wyników pomiarowych, zatem podzespoły o takiej samej funkcjonalności jak w mierniku (Rys. 2). Istotną różnicą jest poszerzenie multipleksera wejściowego z 8 do 16 kanałów i zastosowanie w miejsce pamięci statycznej o pojemności 32 kB, zamontowanej na stałe, odłączalnej pamięci *flash* o pojemności 2 MB, dołączanej przez gniazdo. Wymienialność pamięci eliminuje potrzebę transferu wyników pomiarowych z NMRS do bezpośrednio podłączonego komputera. Pojemność 2 MB pozwala na zapis wyników pomiarowych uzyskanych w czasie 512 dób, przy wykorzystaniu wszystkich kanałów urządzenia, i przy największej częstotliwości powtarzania cykli pomiarowych. Dzięki temu, pojemność pamięci nie będzie praktycznie już miała wpływu na czas bezobsługowej pracy NMRS.

Płytkę NMRS jest zamocowana do obudowy na zawiasie. Po jej odchyleniu dostępne są (Rys. 7): pamięć, zaciski wejściowe i akumulator zasilający urządzenie. Na rysunku 7 widoczne też są elementy montowane w sposób „tradycyjny”, a więc wszelkie złącza, wyłącznik elektromechaniczny, minigłośnik, oraz kondensator, będący źródłem energii dla generatora impulsów wzbudzających drgania strun dołączonych do NMRS przetworników.



Rys. 7. NMRS po odchyleniu płytki drukowanej

Mikroprocesor Atmel AT89S53 steruje pracą wszystkich, poza zegarem, podzespołów NMRS. Zawiera on pamięć wewnętrzną typu *flash* 12 kB, w zupełności wystarczającą dla nawet stosunkowo złożonych (przykład: Kanciruk 2009, str. 132) programów napisanych w tzw. języku asemblera (źródło internetowe 3). Program NMRS jest modyfikacją programu napisanego dla miernika KA-7D (Rys. 1). Modyfikacja ta była konieczna, ze względu na rozszerzenie możliwości NMRS względem KA-7D, jak też i zastosowanie w NMRS zegara sprzętowego. Jego algorytm przedstawia rysunek 8. Z algorytmu tego wynika, że po załączeniu zasilania przez zewnętrzny czynnik, jakim jest zegar, mikroprocesor bezobsługowo realizuje automatycznie zadany cykl wielu pomiarów z zapisem ich wyników do pamięci, co w mierniku KA-7D nie było możliwe.

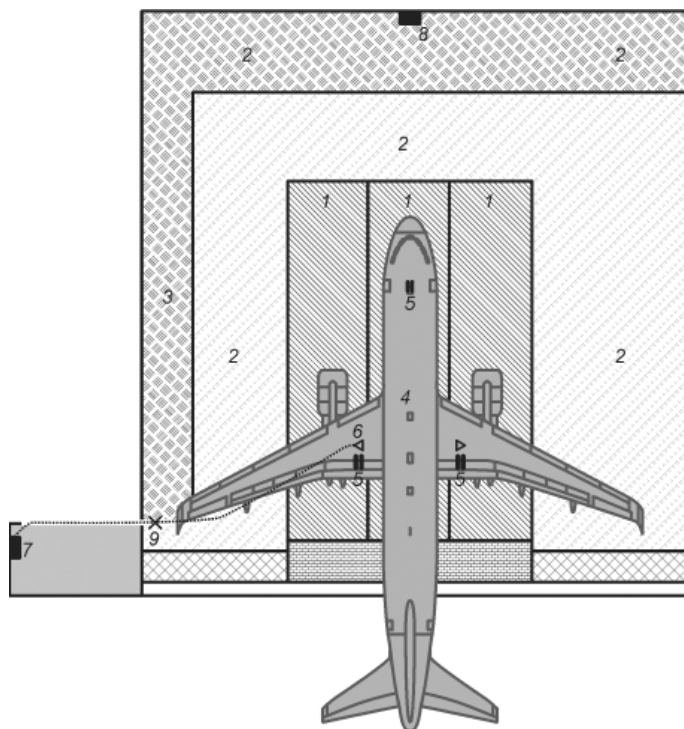


Rys. 8. Algorytm programu mikroprocesora NMRS

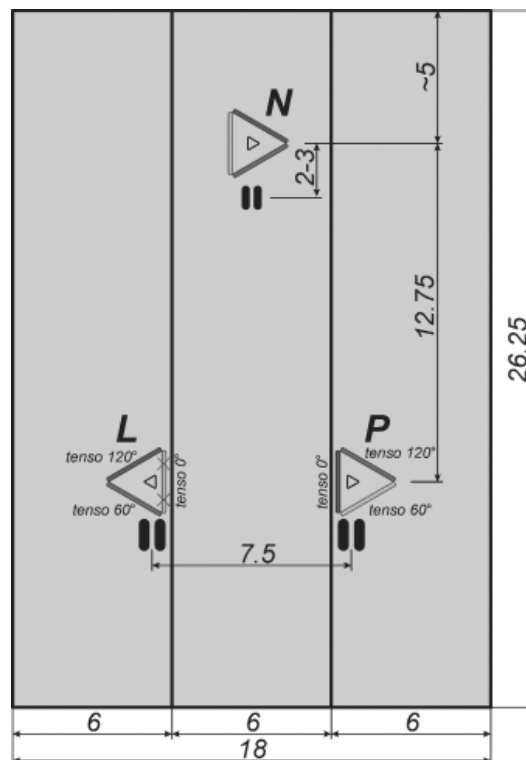
#### 4. Kontynuacja badań deformacji płyty posadzkowej hangaru lotniczego

Aparatura do badań deformacji płyty posadzkowej hangaru zainstalowana w roku 2011 pozostaje do chwili obecnej – poza jedną usterką – sprawna. Pozwoliło to na kontynuację tych badań w roku 2016. Jedyny przejaw dysfunkcji aparatury to uszkodzenie kabla jednego z tensometrów. Do 21 marca br. pomiary i rejestracja wyników przebiegały podobnie jak w latach ubiegłych bez problemów. W tym dniu w hangarze przystąpiono do dalszej jego modernizacji, polegającej na usunięciu pozostałej po inwestycji przeprowadzonej w roku 2011 części „starej” (wybudowanej ok. 1950 roku) posadzki 3 i zastąpieniu jej nową (Rys. 9).

Ekipa budowlana prowadząca prace w hangarze usuwając materiał „starej” posadzki 3 w sposób niezamierzony przerwała kabel łączący rozetę pomiarową 6 z miernikiem-rejestratorem 7. Dzięki szybkiej interwencji autora kabel został naprawiony, ale tylko częściowo. Nie udało się niestety przywrócić połączenia z jednym tensometrem rozety, położonym równolegle do osi płyty *PI* (Rys. 10). Ponowna naprawa kabla nie jest możliwa. Wyznaczanie ze wskazań tensometrów rozety „lewej” wartości i kierunków odkształceń głównych zostało od 21 marca 2016 roku uniemożliwione.



**Rys. 9.** Plan posadzki hangaru po jego modernizacji w r. 2011 (tylko wschodnia część, zachodnia jest jego lustrzanym odbiciem). 1 – trzy płyty składowe płyty P1, 2 – płyta P2, 3 – dotychczasowa posadzka, 4 – sylwetka serwisowanego samolotu, 5 – koła jego podwozia, 6 – rozeta „lewa”, 7 i 8 – rejestratory, 9 – miejsce przerwania kabla



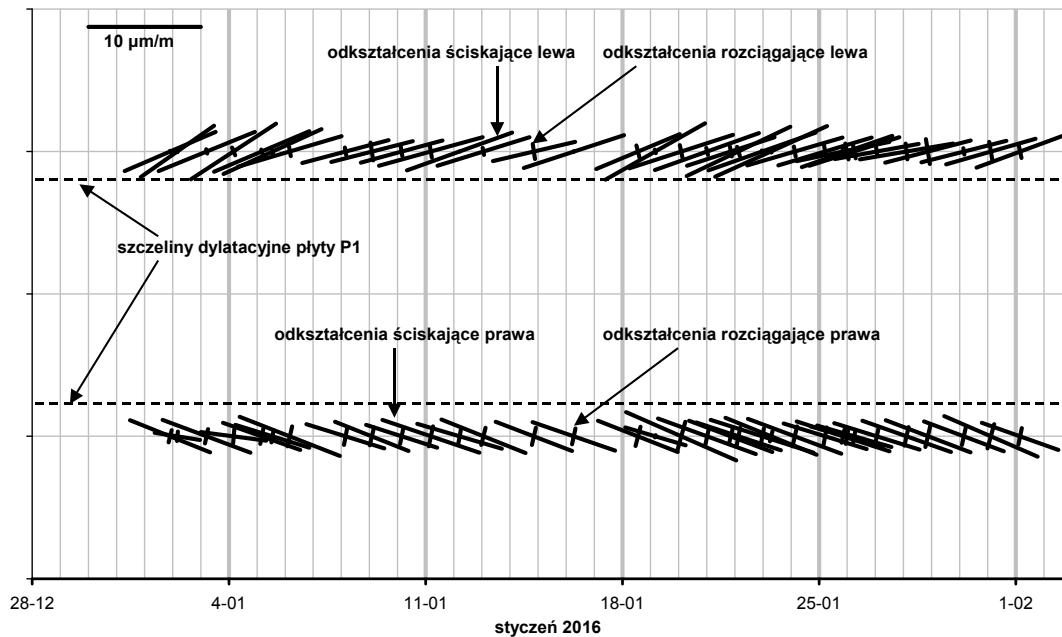
**Rys. 10.** Schemat rozmieszczenia rozet tensometrycznych: lewej *L*, prawej *P* i nosowej *N* w płycie *P1*. Wielkość rozet dla przejrzystości jest przesadzona, faktycznie (uwzględniając skalę rysunku), są one wielkości niewielkich trójkątów, dorysowanych w ich obrębie. Wymiary w metrach

Nadal jednak konieczne jest monitorowanie stanu posadzki, szczególnie w miejscach nacisku na nią kół goleni głównych, przenoszących ponad 80% ciężaru samolotu. Miejsca te znajdują się ponadto bardzo blisko szczelin dylatacyjnych – tzw. konstrukcyjnych, o szerokości ok. 25 mm (Nita, 2008, str. 241) – pomiędzy płytami składowymi płyty *P1* (Rys. 11) przez co tym bardziej narażone są na uszkodzenia.



**Rys. 11.** Położenie kół goleni głównej serwisowanego samolotu typu Airbus A320 względem szczelin dylatacyjnych płyty *P1*, wskazanych strzałkami

Dalsza kontrola stanu posadzki w miejscu nacisku kół goleni lewej musi odbywać się zatem z użyciem tylko dwóch tensometrów rozety. Jest zrozumiałe, że rozkład masy samolotu, będącego konstrukcją o kształcie wzdłużnie symetrycznym, jest też w przybliżeniu symetryczny. Stąd obciążenia goleni głównej lewej i prawej nie powinny znacząco różnić się. Różnice te mogą wynikać z różnego stopnia napełnienia paliwem zbiorników wewnętrzskrzydłowych. Posadzka i zamontowane w niej tensometry rozet mogą też w różny sposób reagować na obciążenie, a to ze względu na fakt, że regulaminowa pozycja samolotu wewnątrz hangaru dopuszcza pewne odstępstwa jego położenia od ściśle symetrycznego względem płyty *PI* np. nieco skośne (Rys. 11). Jak wykazały dotychczas zebrane wyniki pomiarowe, np. przedstawione w formie wykresu na rysunku 12, odkształcenia posadzki zmierzone przez tensometry rozety lewej i prawej są zbliżone.



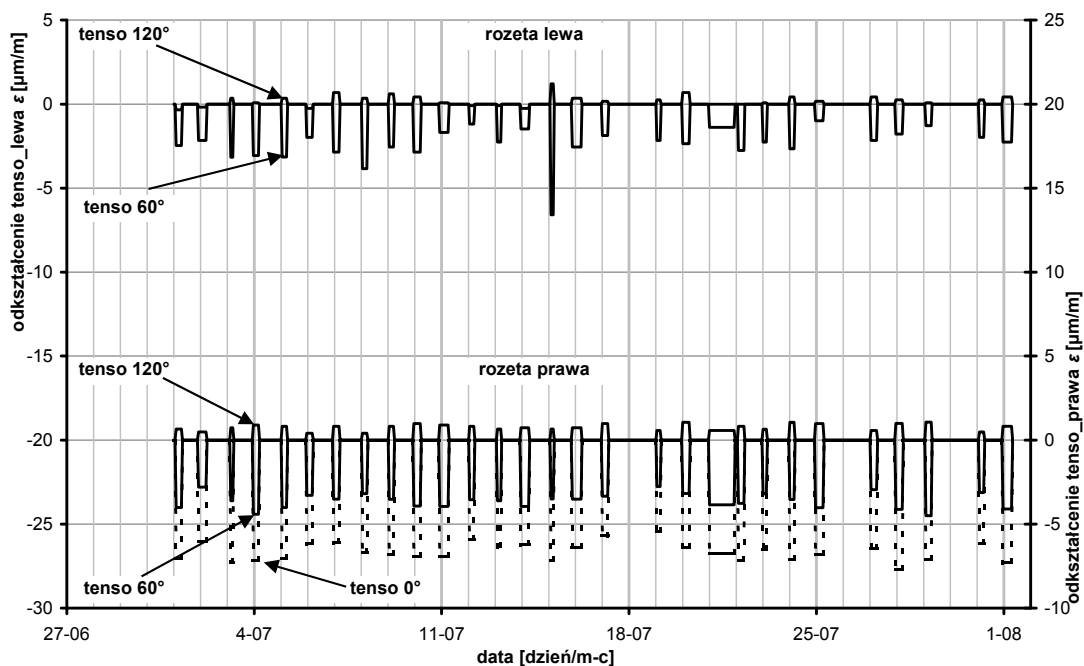
Rys. 12. Wartości odkształceń głównych i ich kierunki dla 34 przypadków serwisowania samolotu w hangarze

Zatem porównanie wskazań pozostających w funkcjonowaniu tensometrów rozety lewej ze wskazaniami ich odpowiedników składających się na rozetę prawą powinno umożliwić kontrolę stanu płyty *PI* w miejscu obciążenia kołami goleni lewej. W tym celu opracowano następującą interpretację graficzną wyników (Rys. 13).

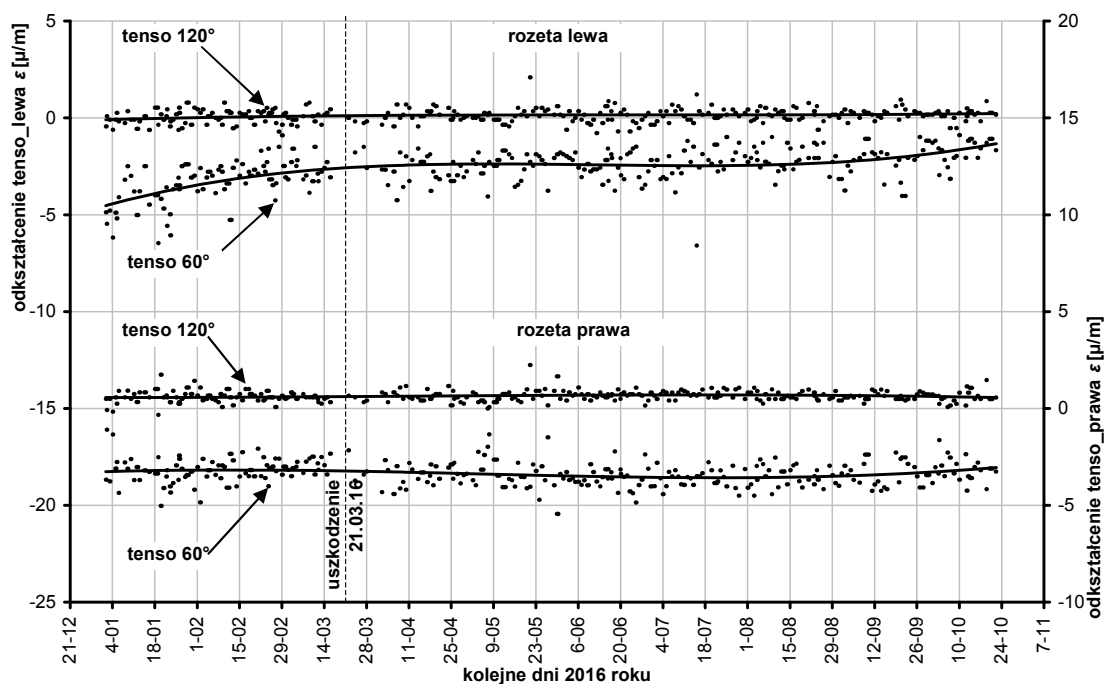
W górnej części obszaru kreślenia wykresu przedstawiono przebiegi wartości odkształceń eksploatacyjnych (wywołanych przez obciążenie masą samolotów) płyty *PI* zmierzone przez dwa tensometry rozety lewej, położone pod kątem odpowiednio  $60^\circ$  i  $120^\circ$  (Rys. 10) do osi symetrii płyty *PI*, a w dolnej części tego obszaru – przebiegi wartości odkształceń zmierzone przez odpowiadające im tensometry rozety prawej. Dodatkowo – linią przerywaną oznaczono przebiegi wartości odkształceń zmierzone przez trzeci tensometr rozety prawej, położony równolegle do osi płyty. Jak widać, wartości odkształceń zmierzonych przez tensometry rozety lewej są w przybliżeniu równe lub mniejsze od wartości odkształceń zmierzonych przez tensometry rozety prawej, z jednym wyjątkiem – w dniu 15 lipca, relacja ta jest odmienna, być może wskutek czynników wspomnianych wyżej. Nie jest widoczna natomiast stała tendencja zmian wartości odkształceń, czy też ich skokowa zmiana, świadcząca o ewentualnych uszkodzeniach wewnętrznych płyty *PI*. Jeszcze lepiej powyższe porównanie widoczne jest na rysunku 14, na którym zobrazowano wyniki zebrane w czasie wszystkich 278 przypadków serwisowania samolotów w hangarze, od 1 stycznia do 21 października 2016 roku.

W czerwcu 2016 roku, minęło też 5 lat od początku systematycznych badań odkształceń płyty *PI* z użyciem automatycznych mierników-rejestratorów. Rysunki 15 i 16 przedstawiają rozwój odkształceń eksploatacyjnych płyty *PI* w czasie 1633 przypadków serwisowania samolotów w hangarze. Faktycznie, w okresie od 1 czerwca 2011 roku do 21 października 2016 roku przypadków serwisowania samolotów było nieco więcej, lecz z powodu niemożności obsługi aparatury pomiarowej w czasie kilku krótkich, kilku- kilkunastodniowych okresów, niektóre przypadki nie zostały zarejestrowane. Wskutek pomyłki



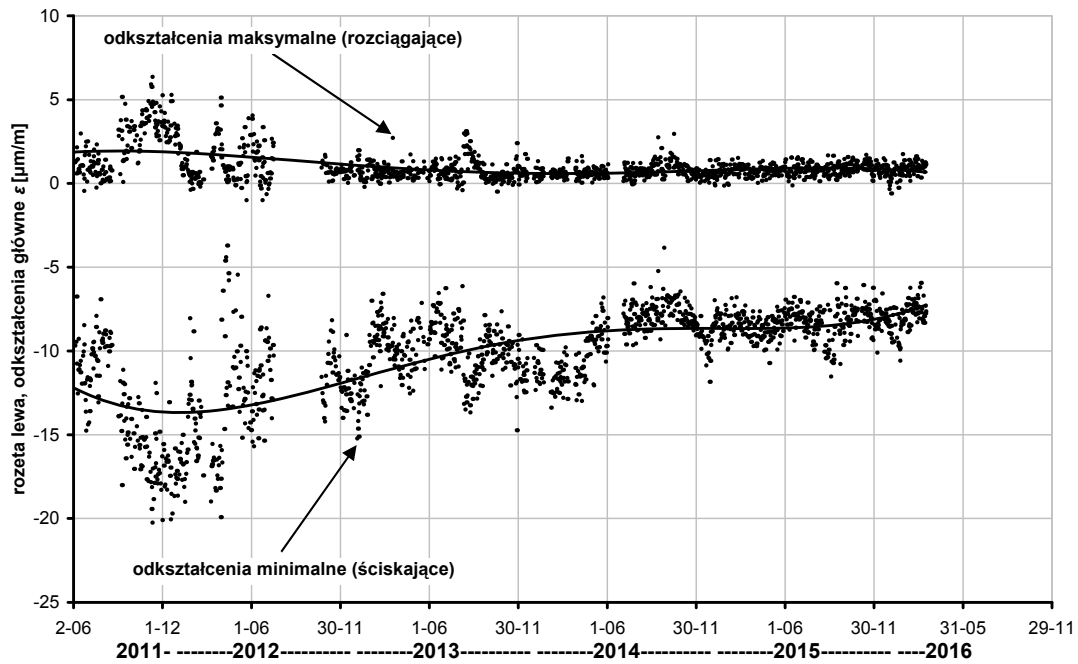


Rys. 13. Porównanie wskazań 2 tensometrów rozety lewej ze wskazaniami ich odpowiedników rozety prawej

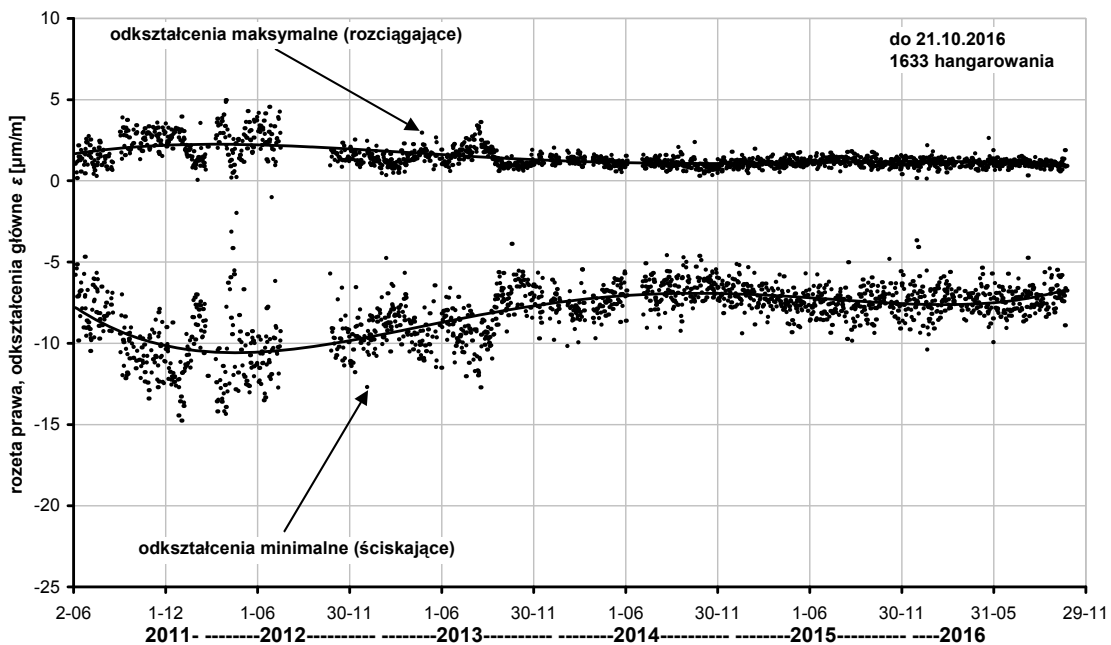


Rys. 14. Porównanie wskazań tensometrów rozety lewej i prawej w czasie 278 przypadków serwisowania samolotów w hangarze

utracono też wyniki pomiarowe zebrane w czerwcu 2014 roku. Od 17 lipca do 18 października hangar był wyłączony z eksploatacji, z uwagi na budowę w jego sąsiedztwie płyty postojowej. Wyniki pomiarów odkształceń eksploatacyjnych dokonywane przez tensometry obydwu rozet wykazują podobną ich tendencję: przez pierwszy rok od budowy płyty *PI* (w lutym 2011 roku) wartości odkształceń wzrastały, następnie do połowy roku 2014 zmniejszyły się i obecnie zdają się ostatecznie stabilizować. Dowodzi to też stabilności konstrukcji płyty *PI*.



Rys. 15. Rozwój odkształceń płyty PI według wskazań tensometrów rozety „lewej”



Rys. 16. Rozwój odkształceń płyty PI według wskazań tensometrów rozety „prawej”

## 5. Podsumowanie

Badania odkształceń płyty posadzkowej hangaru lotniczego prowadzone są niemal nieprzerwanie już ponad 5 lat. W tym okresie uzyskano dużą ilość wartościowych wyników pomiarowych, na podstawie których określono reakcję płyty na starzenie się jej materiału, zmiany temperatury otoczenia oraz przede wszystkim reakcję na obciążenia eksploatacyjne, co jest szczególnie istotne dla użytkownika hangaru. Do badań została użyta aparatura własnej, oryginalnej konstrukcji. Dzięki temu, hangar stał się też znakomitym poligonem doświadczalnym dla tej aparatury, przez co możliwe stało się jednoznaczne określenie jej zalet i wad. Bez zarzutu, w ciągu całego okresu badań sprawdziły się mierniki-rejestratory strunowe, choć ich konstrukcja ma charakter prowizoryczny. Dlatego posłużyły one jako baza do opracowania i konstrukcji nowocześniejszego, o zwartej budowie miernika-rejestratora strunowego, którego możliwości w porównaniu

z pierwowzorem zostały dodatkowo rozszerzone. Przewiduje się w najbliższym czasie wymianę dotychczasowych prowizorycznych mierników rejestratorów na nowe, co rozszerzy możliwości badawcze płyty posadzkowej hangaru.

Praca została wykonana w roku 2016 w ramach prac statutowych realizowanych Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

### Literatura

- Horowitz P. i Hill W., 1997. *Sztuka elektroniki*. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Kanciruk A., 2009. *Urządzenia do pomiarów wielkości mechanicznych i temperatury przy użyciu przetworników rezystancyjnych i przykłady ich zastosowania*. Instytut Mechaniki Górotworu PAN, Kraków.
- Kanciruk A., 2012. *Metody tensometryczne w badaniach przemieszczeń, deformacji i zjawisk dynamicznych w gruncie i obiektach budowlanych*. Archiwum Górnictwa, Seria: Monografia, nr 15, Wyd. IMG PAN, Kraków.
- Nita P., 2008. *Budowa i utrzymanie nawierzchni lotniskowych*. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Szpetkowski S., 1968. *Pomiary deformacji na terenach eksploatacji górniczej*. Wyd. „Śląsk”, Katowice.
- źródło internetowe 1: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Monta%C5%BC\\_powierzchniowy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Monta%C5%BC_powierzchniowy)
- źródło internetowe 2: <https://www.reichelt.de/Kunststoffgehause-BOPLA/BOPLA-ET-238/3/index.html?ACTION=3&GROUPID=7712&ARTICLE=5738>
- źródło internetowe 3: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Asembler>

## Concept and construction of an enhancement vibrating-wire meter-recorder. Continuation of researches begun previously

### Abstract

Basing on a concept and design elaborated in the 2015 year, a new prototypic vibrating-wire meter-recorder was realized. This instrument makes the most of advantages of other measurement devices, designed and constructed by the autor previously. The devices were used succesfully in several *in-situ* researches. In the paper a functioning diagram of the new instrument is presented, as well as its construction and utility features. The features are compared to the features of the mentioned above older instruments, concerning on introduced functional modifications. In the year 2016 researches of deformations of a hangar floor slab were continued. Due to the fact, that the measuring system installed in the hangar in the year 2011 was slighly damaged during the last modernisation of the slab, a new method of interpreting measurement data was introduced.

**Keywords:** electronics, metrology of nonelectrical quantities