

inż. Eugeniusz Twardak
Centrum Projektowe Miedzi CUPRUM – PROJEKT Sp. z o.o. we Wrocławiu

mgr inż. Andrzej Majewski
DSC Andrzej Józef Majewski, Gdańsk

mgr inż. Andrzej Przyborowski
Centrum Projektowe Miedzi CUPRUM – PROJEKT Sp. z o.o. we Wrocławiu

Monitoring pionowania i poziomowania wiszących pomostów roboczych, jako skuteczna metoda zapewnienia właściwej lokalizacji pomostu w czasie głębenia szybu.

Streszczenie.

Doświadczenia eksploatacyjne z wdrożenia system ciągłego monitorowania sił w linach nośnych zawieszenia wiszących pomostów roboczych oraz wizualizacja obciążenia lin na monitorze ekranowym, okazały się nieodzowne w diagnostyce położenia pomostu w świetle głębenego szybu. Ważnym zagadnieniem stał się sposób poziomowania i pionowania samego pomostu. Zastosowanie powyższego systemu sprawia, że zabieg ten wykonywany z wykorzystaniem kontrolowanej korekty długości poszczególnych lin na podstawie wizualizacji sił, zapewnia dużą dokładność ustawienia pomostu. Niemniej, uzasadnione stało się wprowadzenia do tego systemu dodatkowego urządzenia pomiarowego - poziomicy elektronicznej. Poziomica wykorzystuje trójosiowy czujnik przyspieszeń (akcelerometr), wykonany w technologii MEMS (mikromaszyna wytwarzana jak krzemowy układ scalony), który reaguje na położenie wektora grawitacji w przestrzeni. Sygnał z akcelerometru, po przetworzeniu na wartość cyfrową, jest obrabiany we wbudowanym mikrokontrolerze tak, aby można było zaprezentować rezultat pomiaru położenia w formie przemieszczenia „bąbelka” poziomicy w dwóch osiach: podłużnej i poprzecznej w stosunku do podstawy czujnika.

W artykule przedstawiono czynniki, które w największym stopniu wpływają na zapewnienia pionowania i poziomowania przy uwzględnieniu nierównomiernego rozkładu mas na pomoście i obciążeń poszczególnych lin układu jego wielopunktowego zawieszenia. Zaprezentowano także sposób wizualizacji tych zabiegów z wykorzystaniem systemów pomiarowych do bieżącej kontroli i zapewnienia właściwego położenia pomostu oraz rozkładu sił na poszczególne liny nośne. Przytoczono również przykłady rozwiązań technicznych i technologicznych systemu ciągłego monitorowania, na bazie rozwiązań zastosowanych w wielopunktowym zawieszeniu trójpodestowego pomostu roboczego – ramy napinającej zabudowanego w aktualnie głębenym szybie SW-4 KGHM Polska Miedź S.A. - O/ZG „Polkowice-Sieroszowice”.

Postęp techniczny w dziedzinie omówionej w artykule daje możliwość zwiększenia bezpieczeństwa pracy załogi znajdującej się na pomoście w trakcie jego przemieszczania oraz załogi będącej na dnie szybu w trakcie prowadzenia prac górniczych związanych z drażeniem szybu.

Monitoring of horizontal and vertical location, as forceful method of affirmation of proper hanging platform localization in the shaft, in a time of drill.

Abstract.

Operational experience from the implementation of a system of continuous monitoring forces in the ropes supporting the suspension of hanging work platforms and visualization of the forces in the tenches on the monitor screen, proved to be indispensable in the diagnosis of the position of a bridge in the space of hollow shaft.

An important issue has become a way of leveling and correcting position of the bridge. Application of the system that makes this treatment performed with the use of controlled length correction of individual tenches on the basis of visualization, provides high accuracy and precision of platform settings.

However justified the need of an additional measuring device in the form of the electronic level for constant leveling the system. Presented in the article Electronic Level uses a triaxial

acceleration sensor (accelerometer), prepared in MEMS technology (silicon micromachine produced as integrated circuits), that responds to the position of gravity vector in space. The signal from accelerometer, after converting into a digital value is processed in embedded microcontroller, so that results of measuring could be presented in the form of "bubble" level as bubble position displacement to the two axes: longitudinal and transverse relative to the base of the sensor.

The article presents the factors that allow the ability to provide plumbing and leveling, taking into account uneven weight distribution on the platform and the burden of individual lines of multipoint suspension of platforms.

It also presents a way of visualization of these treatments using the measurement systems for ongoing monitoring and ensuring the proper location of the platform and distribution of forces on individual ropes. Also show the examples technical and technological system of continuous monitoring solutions, used in multi-point suspended working platform - a tension framework built-in in currently drilled shaft SW-4 KGHM Polish Copper SA - O / "Polkowice- Sieroszowice.

Technological advances in the fields covered in the article makes it possible ensure the safety of the crew of growth located on the bridge during its movement and the crew being on the bottom of the shaft in the course of mining operations related to the shaft drill.

Monitoring pionowania i poziomowania wiszących pomostów roboczych, jako skuteczna metoda zapewnienia właściwej lokalizacji pomostu w czasie głębenia szybu.

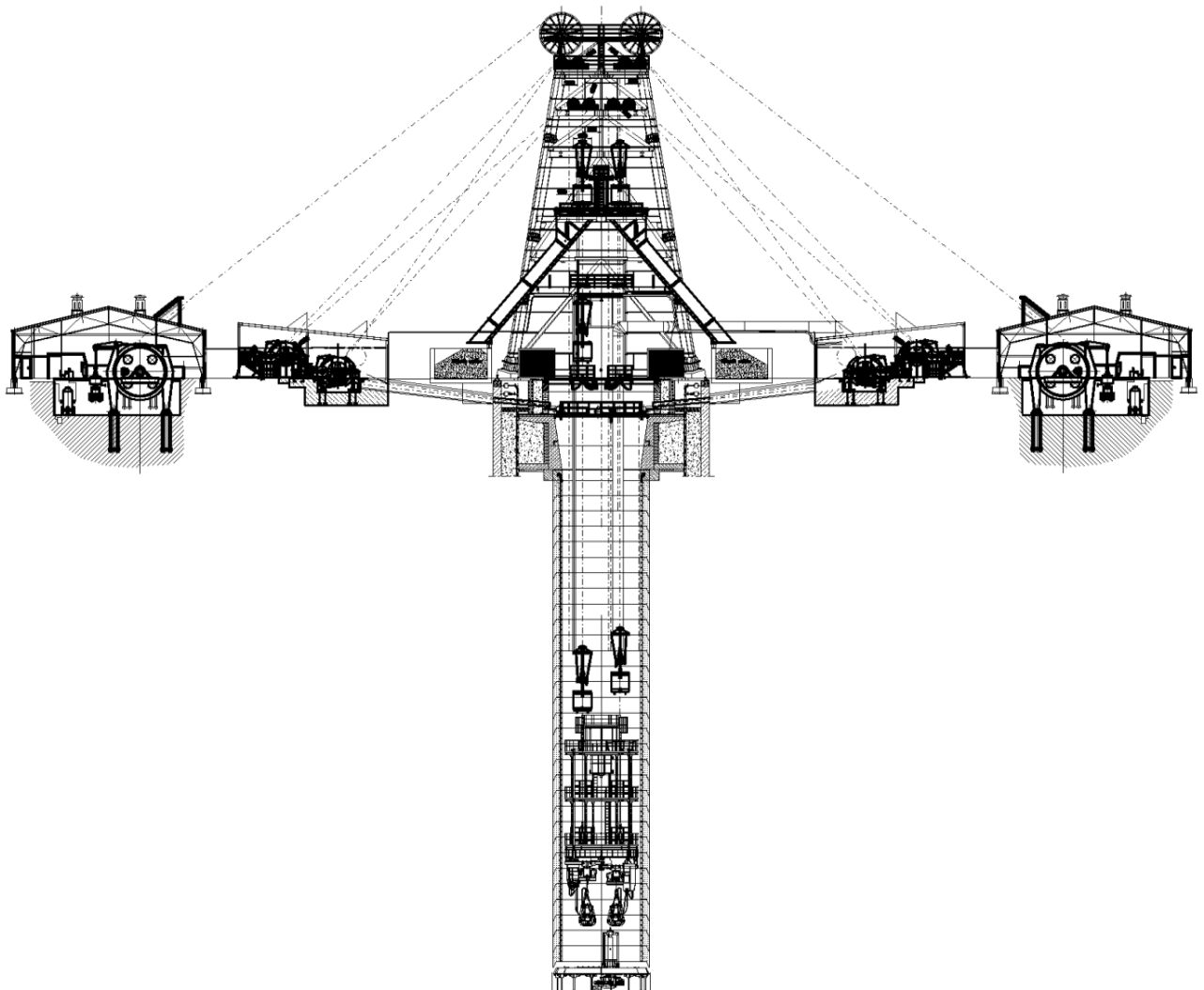
1. Wstęp

W technologii prowadzenia przodka metodą podsiębierną, w trakcie głębeniu szybów metodami górnictwymi, można wyróżnić szereg głównych zespołów urządzeń takich jak:

- urządzenia urabiające i ładujące urobek, zabudowane bezpośrednio w przodku szybu,
- wyciągi górnictwowe kubłowe zapewniające transport pionowy szybem,
- urządzenia pomocnicze dostarczające wodę technologiczną, sprężone powietrze, kable energetyczne do oświetlenia i zasilania urządzeń zainstalowanych w szybie,
- urządzenia związane z wentylacją szybu oraz jego dna.

Z uwarunkowań technologicznych budowy szybu, dla zapewnienia komunikacji pomiędzy zrębem szybu, pomostem wiszącym i dnem szybu (przodkiem górnictwymi), kompleks szybowy wyposaża się najczęściej w dwa niezależne górnictwowe wyciągi szybowe. Urządzenia te służą do transportu pionowego ludzi oraz materiałów, maszyn i urządzeń do głębenia szybu, a także odstawy urobku z przodka. Transport odbywa się naczyniem wyciągowym (kubłem), które prowadzone jest za pośrednictwem sań prowadniczych po linach, najczęściej będących równocześnie linami nośnymi wiszącego pomostu roboczego.

Przykład takiego wyposażenia kompleksu szybu przedstawia rysunek poniżej.



Rys. 1 Wyposażenie kompleksu szybu przy jego budowie metodami górnictwymi

Funkcjonalność ruchomej platformy, którą stawia się wiszącym pomostom roboczym, wynika z potrzeb wykonywania robót górniczych, wymaga między innymi możliwości przemieszczania się za postępującym przodkiem. Tę właściwość zapewnia układ zawieszenia tj. wciągarek wolnobieżnych z nawiniętą liną nośną o długości odpowiedniej do zaplanowanej głębokości szybu. Z wciągarek wolnobieżnych liny kierowane są do szybu kołami linowymi zabudowanymi na pomostach technologicznych wieży szybowej lub głowicy szybu. Każda lina połączona jest zazwyczaj punktowo z konstrukcją pomostu. Masę wiszącego pomostu roboczego wraz z jego wyposażeniem wykorzystuje się dla uzyskania wymaganego, kontrolowanego naciągu lin prowadniczych. W takim przypadku wiszący pomost roboczy staje się ramą napinającą lin prowadniczych górniczych kubłowych wyciągów szybowych. Budowa wielopodestowego pomostu, dostosowana jest do wyposażenia w urządzenia i konstrukcje zabezpieczające potrzeby związane z pędzeniem przodka szybowego, takie jak:

- ładowarka czerpakowa do załadunku kubłów urobkiem,
- dźwig do montażu obudowy szybu i innych konstrukcji,
- zbiorniki wody,
- zbiornik do betonu wykorzystywany przy pracach wznoszenia obudowy,
- rozdzielnice elektryczne oraz teletechniczne,
- stanowiska sygnalizacyjne,
- zasobnik na kable energetyczne, sygnalizacyjne i teletechniczne,
- zasobnik na przewody elastyczne sprężonego powietrza oraz wody technologicznej.

Rozmieszczenie wyżej wymienionego wyposażenia powoduje, że pomost, który w założeniu powinien być symetrycznie obciążony, staje się konstrukcją, której środek ciężkości wynikający z rozłożonych mas nie pokrywa się z osią szybu. Powoduje to nierównomierny rozdział obciążeń na poszczególne liny układu zawieszenia pomostu wiszącego a co zatem idzie ma istotne znaczenie dla bezpiecznej eksploatacji pomostu oraz górniczych wyciągów szybowych, których liny prowadnicze są linami nośnymi pomostu.

Potencjalnie istnieje wiele czynników mających wpływ na nierównomierny rozkład obciążeń przenoszonych przez poszczególne liny. Najważniejsze z pośród nich, opisane w literaturze jak i wynikające z doświadczenia ruchowego, to:

- nierówna długość początkowa poszczególnych lin nośnych,
- różne właściwości sprężyste lin (moduły sprężystości),
- różne wydłużenia trwałe lin,
- różne średnice nawijania lin na bębnach linowych,
- różna sprawność elektrycznych napędów wciągarek wolnobieżnych,
- nierównomierne rozłożenie masy elementów pomostu względem własnej osi pionowej,
- niesymetryczne rozłożenie masy urządzeń oraz konstrukcji stanowiących wyposażenie pomostu wiszącego.

Ponieważ niezrównoważenie obciążeń jest wynikiem działania równocześnie w czasie, ale nieliniowego w sensie wpływu wielu czynników, ważnym problemem praktycznym jest zdiagnozowanie i określenie udziału każdego z tych czynników.

Z doświadczenia ruchowego wiadomo, że zagadnienie to zostało po części rozwiązane. Po zastosowaniu systemu ciągłego monitorowania sił w linach nośnych i prowadniczo – nośnych uzyskano rozpoznanie udziału niektórych czynników oraz określono sposób ich niwelowania.

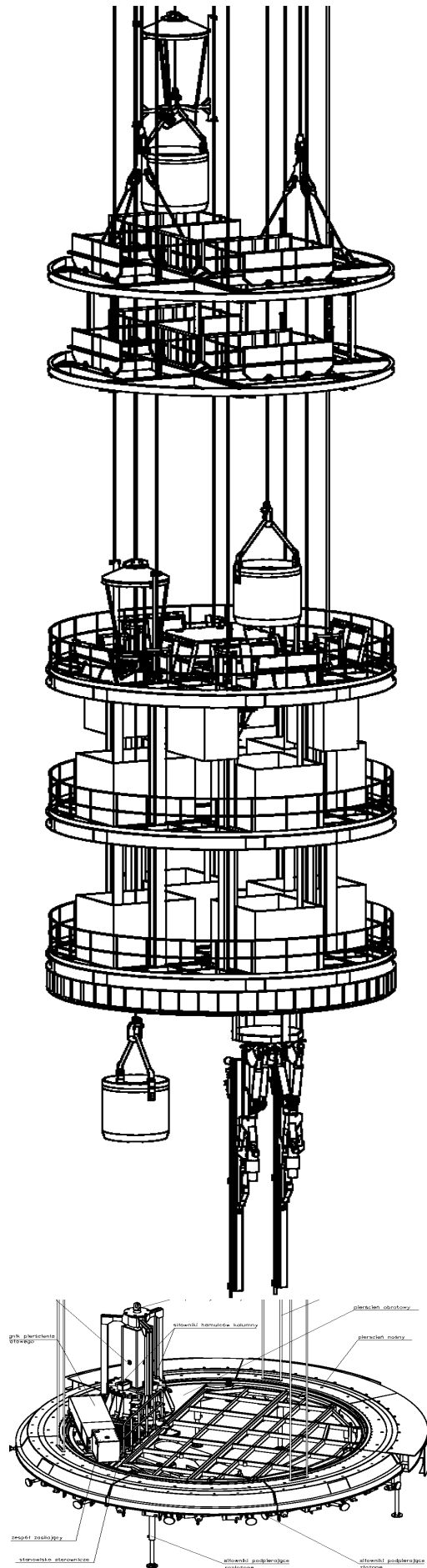
Minimalizacja przyczyn mających wpływ na nierównomierny rozkład obciążeń jest w chwili obecnej możliwa praktycznie tylko poprzez zmianę długości roboczej lin, z wykorzystaniem do tego celu indywidualnej pracy wciągarek wolnobieżnych. Realizacja następuje przy wykorzystaniu wizualizacji pomiarów sił w linach i porównaniu ich z wartościami wzorcowymi, uwidocznionymi na monitorze zlokalizowanym na stanowisku operatora wciągarek wolnobieżnych.

Taki układ został zaprojektowany przez CPM CUPRUM – PROJEKT we Wrocławiu i zastosowany do diagnozowania udziału wymienionych wyżej czynników w urządzeniu z trójpodestowym pomostem roboczym – ramą napinającą, w aktualnie głębinym szybie SW-4 w KGHM Polska Miedź S.A. - O/ZG „Polkowice-Sieroszowice”.

Minimalizacja wpływu przyczyn powodujących nierównomierny rozkład obciążeń, gwarantuje właściwe obciążenie lin w trakcie przemieszczania pomostu w szybie oraz w procesie zapierania pomostu o obudowę szybu. Natomiast w trakcie wyrównywania naciągu lin zachodzi potrzeba zapewnienia właściwego położenia w szybie wiszącego pomostu roboczego w pionie i poziomie.

Pionowanie i poziomowanie wiszącego pomostu roboczego ma duże znaczenie dla poprawnego prowadzenia naczyń górniczych wyciągów z zachowaniem bezpiecznych odległości na drodze przejazdu w szybie jak i przez sam pomost roboczy. W trakcie eksploatacji systemu monitoringu kontroli naciągu lin, okazało się konieczne wprowadzenie do systemu dodatkowego urządzenia pomiarowego w postaci poziomicy elektronicznej zabudowanej na pomoście wiszącym oraz czujników zbliżeniowych zabudowanych na poziomie zrębu szybu. Taki układ jest nieodzowny w diagnostyce położenia pomostu w szybie w czasie zapierania go do obudowy za pomocą rozpór hydraulicznych.

Rysunek poniżej obrazuje skomplikowaną strukturę samego pomostu i jego wyposażenia, wynikającego z technologii głębinia szybu. Zobrazowano na nim przemieszczanie się pionowe naczyń górniczych przez konstrukcje pomostów zawieszonych w szybie. Należy zaznaczyć, że konstrukcje to mogą być ustawione w bliskim sąsiedztwie ale też mogą być oddalone od siebie o kilkaset metrów. Niezależnie, na drodze przemieszczania się naczyń w szybie istnieją przeloty w konstrukcji pokrywającej zrąb szybu oraz miejsce rozładunku kubłów. Przy stałym punkcie zawieszenia pomostu roboczego w wieży, oraz swobodnego zawieszenia w szybie, istnieje ciągłe zagrożenie, że brak pionowania i poziomowania pomostu doprowadzi do zmniejszenia odległości ruchowych i tym samym do kontaktu sań lub kubła z konstrukcjami zabudowanymi w szybie lub wieży.



Rys. 2 Wiszący pomost do robót i cementacji w szybie
 Wiszący pomost roboczy trójpodestowy - rama napinająca z podwieszoną wiertnicą
 Kombajn szybowy KDS-2 do urabiania górotworu

2. System pomiarowy

Do weryfikowania obciążenia poszczególnych lin nośnych i przewodniczo – nośnych, zastosowano systemem ciągłego monitorowania, którego zasadniczymi elementami są:

- modułowy sterownik o wyposażeniu dostosowanym do wymagań systemu tj. moduł procesora, moduły wejść, wyjść, pamięci, moduły interfejsów, wyświetlacz tekstowy oraz graficzny,
- urządzenia peryferyjne o rozproszonym sterowaniu tj. adresowalne czujniki lub układy pomiarowe, funkcjonujące na bazie mikrokontrolerów oraz specjalizowanych przetworników analogowo – cyfrowych,
- lokalne linie transmisyjne działające poprzez łącze RS 485, RS232,
- sieciowe interfejsy komunikacyjne Ethernet, GSM, GPRS.

Wysoka jakość urządzeń systemu do pomiaru sił w układach linowych, ich miniaturyzacja oraz duża niezawodność, dały możliwość technicznej realizacji systemu ciągłego monitorowania sił w linach nośnych i przewodniczo – nośnych oraz jego rozbudowę o poziomice elektroniczną.

Na układ pomiarowy składają się wkładki pomiarowe sił, poziomica elektroniczna, sterownik lokalny oraz sterownik centralny. Wkładki pomiarowe realizują pomiar wartości sił w każdej linie osobno. Poziomica weryfikuje położenie poziome pomostu oraz pionowanie jego konstrukcji w osi centralnej szybu. Układ przetwarzania danych (sterownik) zbiera informacje pomiarowe, obrazując graficznie ich wielkość we wszystkich linach jednocześnie, w różnych stanach eksploatacji pomostu, jak również prezentuje położenie pomostu względem płaszczyzny poziomej.

Sterownik centralny, który zlokalizowano w budynku maszyny wyciągowej na stanowisku operatora wciągarek wolnobieżnych bębnowych pełni rolę nadrzędną (Master) nad sterownikiem lokalnym na pomoście roboczym (Slave) oraz nad układami elektroniki w wkładkach pomiarowych i poziomicy elektronicznej. Jest on komputerem przemysłowym typu Panel IPC z ekranem dotykowym do wizualizacji układu sił, obsługi aplikacji monitorującej obciążenie poszczególnych lin nośnych i przewodniczo - nośnych pomostu wiszącego oraz wizualizacji w formie przemieszczenia „bąbelka” poziomicy w dwóch osiach: podłużnej i poprzecznej w stosunku do podstawy czujnika. Komputer posiada interfejsy komunikacyjne, RS232/485, USB, Ethernet, Audio.

Sterownik lokalny systemu zlokalizowany został na podeście górnym wiszącego pomostu roboczego, przy stanowisku sygnalisty. Zrealizowany został na bazie mikrokontrolera wyposażonego w pamięć programu i pamięć danych Flash 16MB oraz wyposażony w graficzny wyświetlacz LCD z panelem dotykowym do sterowania i kontroli funkcji sterownika lokalnego systemu. Posiada również wbudowane moduły wyjścia/wejścia oraz interfejsy komunikacyjne RS485, RS232. Dokładny opis zastosowanych urządzeń przedstawiają publikacje [4] i [5].

Podstawowymi elementami układu, który dokonuje pomiaru sił w poszczególnych linach są wkładki pomiarowe składające się z tensometrycznego przetwornika siły wyposażonego w układ mikroprocesorowy stanowiący adresowalny cyfrowy moduł pomiarowy [4] i [5].

Położenie konstrukcji wiszącego pomostu roboczego kontroluje poziomica elektroniczna [9]. Wykorzystuje ona trójosiowy czujnik przyspieszeń, wykonany w technologii MEMS (*mikromaszyna wytwarzana jak krzemowy układ scalony*) [8], który reaguje na położenie wektora grawitacji w trójwymiarowej przestrzeni. Sygnał z akcelerometru, po przetworzeniu na wartość cyfrową, jest obrabiany we wbudowanym mikrokontrolerze tak, aby można było zaprezentować rezultat w formie przemieszczenia „bąbelka” poziomicy w dwóch osiach: podłużnej i poprzecznej w stosunku do podstawy czujnika [10] i [11].

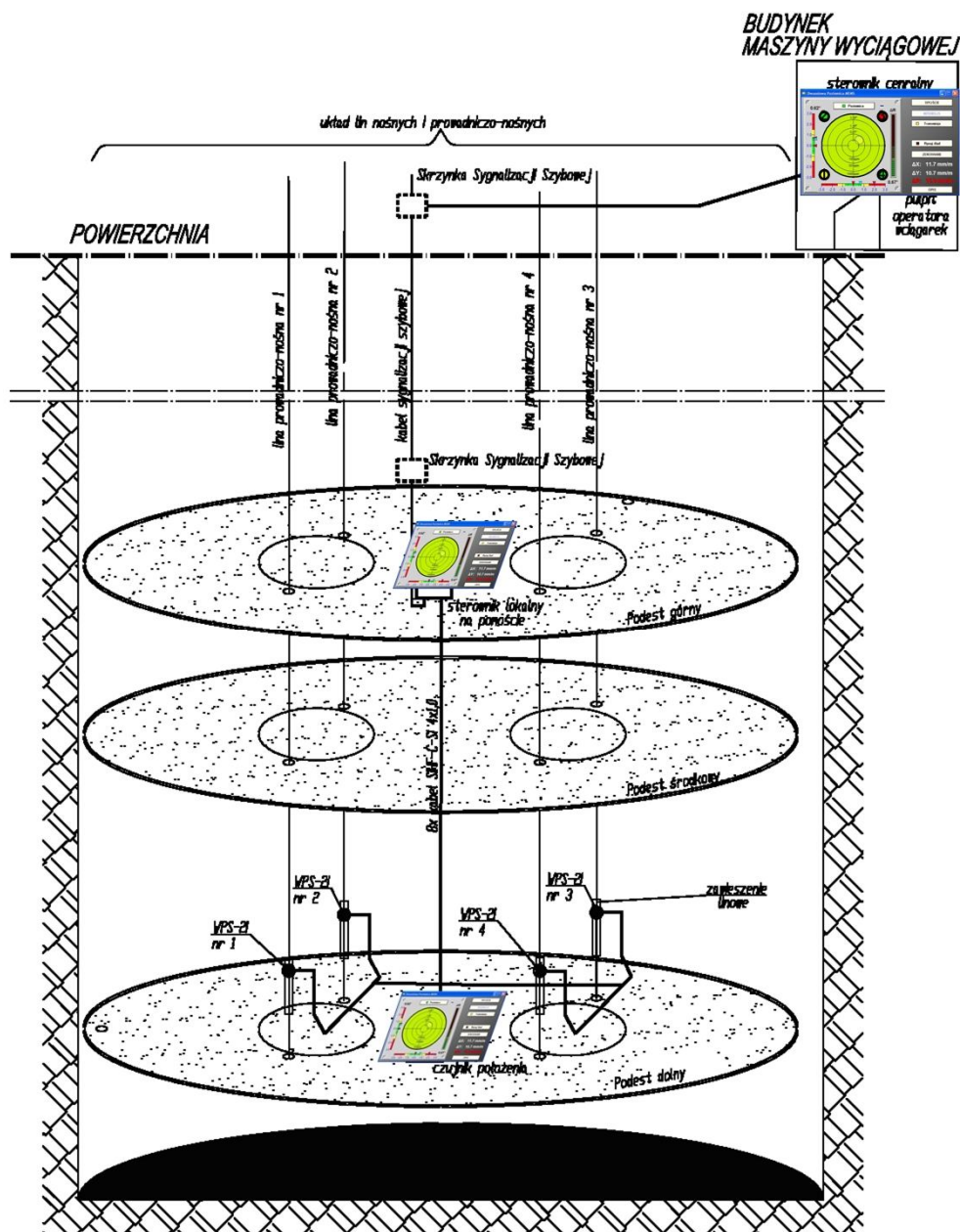
Dzięki odpowiedniej konstrukcji i zamocowaniu podstawy (płytki PCB) czujnika oraz umiejscowienia go w centrum dolnego podestu, uzyskujemy możliwość „związania” poziomicy z konstrukcją roboczego pomostu wiszącego. Precyzyjnie wykonane trzypunktowe podparcia o jednym punkcie stałym i dwóch regulowanych, zapewnia poprawną współpracę poziomicy z konstrukcją pomostu, łatwą kalibrację, a w razie potrzeby, także współpracę z dowolną przestrzenną konstrukcją zawieszoną na linach w szybie. Moduł pomiarowy wyposażono w nieizolowany interfejs RS-485 (podobnie jak czujniki siły). Zabudowano go w obudowie ze stali nierdzewnej z przepustami kablowymi i zahermetyzowano przy pomocy żelu elektroizolacyjnego, gwarantując poziom ochrony IP65

oraz pełną izolację od środowiska zewnętrznego. Protokół na interfejsie komunikacyjnym poziomicy jest własny, z przekazem 40 pomiarów położenia na sekundę, Alternatywnie może być zaimplementowany protokół MODBUS, dla zapewnienia łatwiejszej integracji z układami automatycznego sterowania wciągarkami wolnobieżnymi. Czujnik pochylenia jest zainstalowany w konstrukcji dolnego podestu.

Dane charakterystyczne czujnika położenia

- typ czujnika: trzyosiowy akcelerometr o zakresie pomiarowym $\pm 2g$,
- rodzaj czujnika: LIS3LV02DL (prod. ST Microelectronic),
- rozdzielczości pomiaru położenia wektora przyspieszenia ziemskiego: 16-bitów (2^{14} LSB/g),
- rozdzielczość pomiaru pochylenia: 0.025° ,
- błąd wyznaczenia poziomu: 0.025° (7 LSB),
- zakres pomiaru pochylenia: $\pm 3.2^\circ$ w obu osiach,
- częstotliwość pomiaru: 40/s.

Lokalizację poszczególnych elementów układu pomiarowego przedstawia rysunek nr 3.



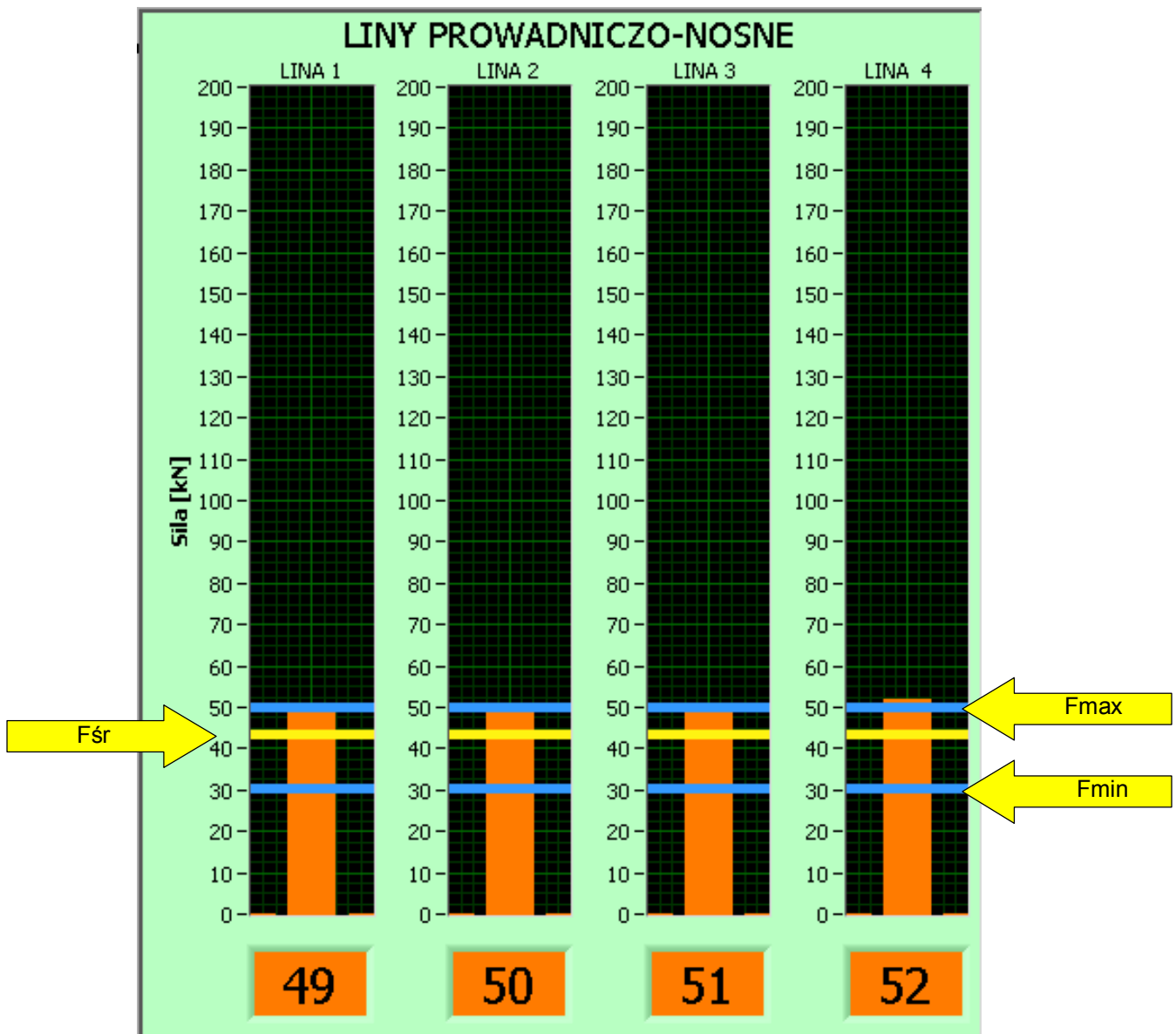
Rys. 3 Wiszący pomost roboczy trójpodestowy - rama napinająca z lokalizacją urządzeń

3. Diagnozowanie

Diagnozowanie położenia pomostu oraz stanu obciążenia poszczególnych lin zrealizowane jest na wiszącym pomoście roboczym w szybie (stanowisko osoby kierującej przemieszczeniem i ustawieniem pomostu) oraz w pomieszczeniu maszyny wyciągowej na stanowisku operatora wciągarek wolnobieżnych bębnowych i odbywa się w niżej opisany sposób.

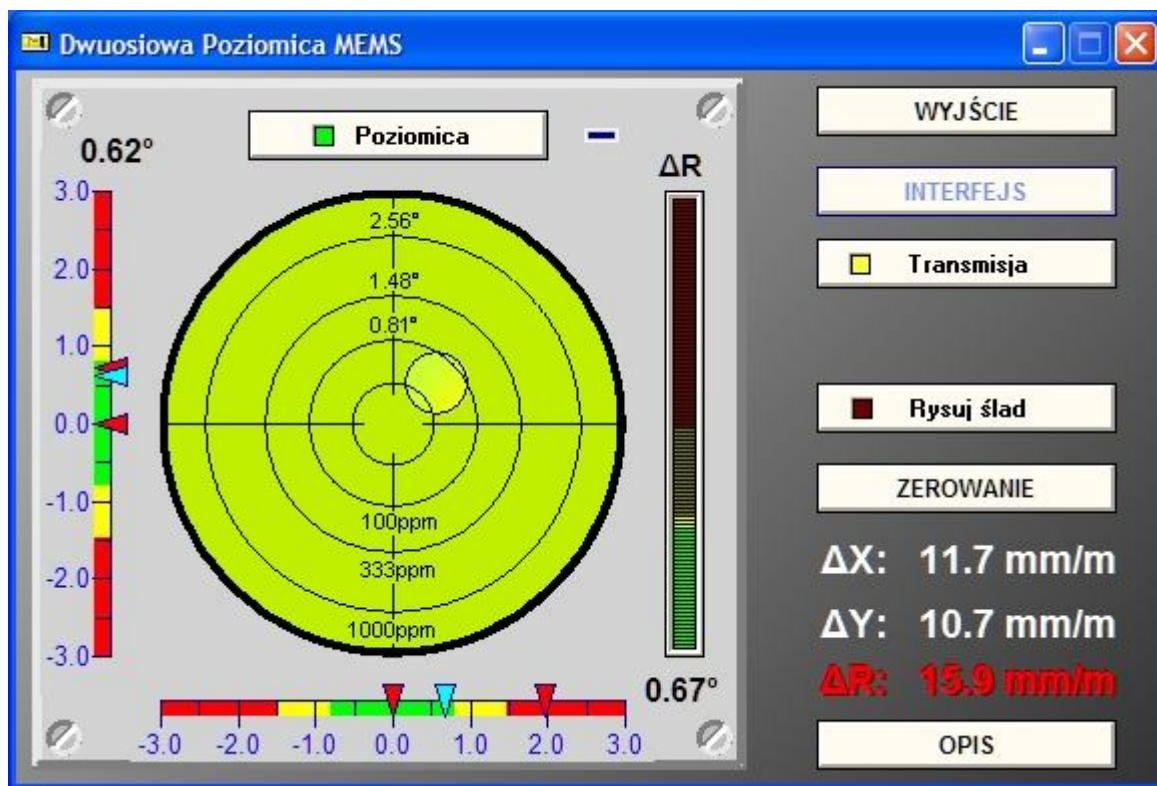
Wyniki pomiarów z poziomu elektronicznego oraz pomiaru sił z poszczególnych wkładek pomiarowych, zabudowanych w zawieszaniach linowych, są w sposób ciągły przesyłane do sterownika lokalnego na podeście górnym pomostu. Stamtąd przesyłane są do sterownika centralnego zlokalizowanego w budynku maszyny wyciągowej.

Przesyłanie sygnałów z wkładek pomiarowych odbywa się po łączu RS 485 z prędkością 115,2 kbps i kontrolą poprawności transmisji. Natomiast przesyłanie wyników pomiaru ze sterownika lokalnego zabudowanego na wiszącym pomoście roboczym do sterownika centralnego zlokalizowanego w budynku maszyny wyciągowej po łączu RS485 z prędkością 57,6 kbps, dwoma liniami transmisyjnymi (2 pary w kablu sygnalizacji szybowej). W układzie tym sterownik lokalny steruje układami elektroniki we wkładkach pomiarowych siły, a wizualizacja wyników pomiaru sił odbywa się na monitorze ekranowym sterownika centralnego w budynku maszyny wyciągowej oraz lokalnego na pomoście. Rysunek poniżej.



Rys. 4 Wizualizacja pomiaru sił w linach

Przesyłanie sygnałów z poziomu elektronicznego odbywa się podobnie jak sygnałów z wkładek pomiarowych tj. po łączu RS 485 i kontrolą poprawności transmisji do sterownika lokalnego, skąd dwoma liniami transmisyjnymi (2 pary w kablu sygnalizacji szybowej) do sterownika centralnego. Sterownik lokalny steruje układami elektroniki w poziomie elektronicznym a wizualizacja wyników poziomowania odbywa się na monitorach ekranowych sterownika lokalnego i centralnego w budynku maszyny wyciągowej.



Rys. 5 Wizualizacja poziomowania i pionowania wiszącego pomostu roboczego

Załączenie napięcia zasilania do sterownika lokalnego powoduje start systemu komputerowego, sterownika i układów elektroniki we wkładkach pomiarowych siły oraz poziomie elektronicznym. W czasie około 30 sekund następuje inicjalizacja oprogramowania systemowego i rozpoczęcie ciągłego pomiaru sił w poszczególnych liniach nośnych wiszącego pomostu roboczego oraz położenia wiszącego pomostu roboczego. System umożliwia odczytanie wartości sił z wkładek pomiarowych i wyświetlenie ich w postaci graficznej (słupki) oraz wyświetlenie tarczy poziomu z „bąbelkiem” a także informacji tekstowej (wartości sił w kN i pochylenia w mm/m).

Niezależnie sterownik centralny zasilany w sposób ciągły po „zgłoszeniu obecności”, na linii transmisyjnej sterownika lokalnego i potwierdzeniu poprawności komunikacji „przejmuje” jako „Master” sterowanie systemem pomiarowym oraz zapewnia realizację funkcji serwisowych i diagnostycznych.

Aplikacja dotycząca opcji diagnostycznej i serwisowej, umożliwia między innymi wykrywanie usterek łączy transmisyjnych, diagnostykę stanu sterownika lokalnego na wiszącym pomoście roboczym oraz czujników siły i poziomu. Dodatkowo aplikacja posiada funkcje serwisowe umożliwiające kalibrację oraz zmianę adresów wkładek pomiarowych siły oraz poziomu elektronicznego.

4. Kalibrowanie elementów pomiarowych

Kolejne, bardzo istotne zagadnienie to kalibracja wkładek pomiarowych sił oraz poziomu. Wkładki pomiarowe siły należy kalibrować przed zabudową ich na pomoście. Natomiast kalibracja poziomu odbywać się będzie po zabudowie na pomoście, czyli nastąpi zgranie ustawienia czujnika równoległe względem płaszczyzny pomostu

oraz zorientowanie go tak, aby jego osie (X, Y) pokryły się z umownymi osiami pomostu - podłużną i poprzeczną.

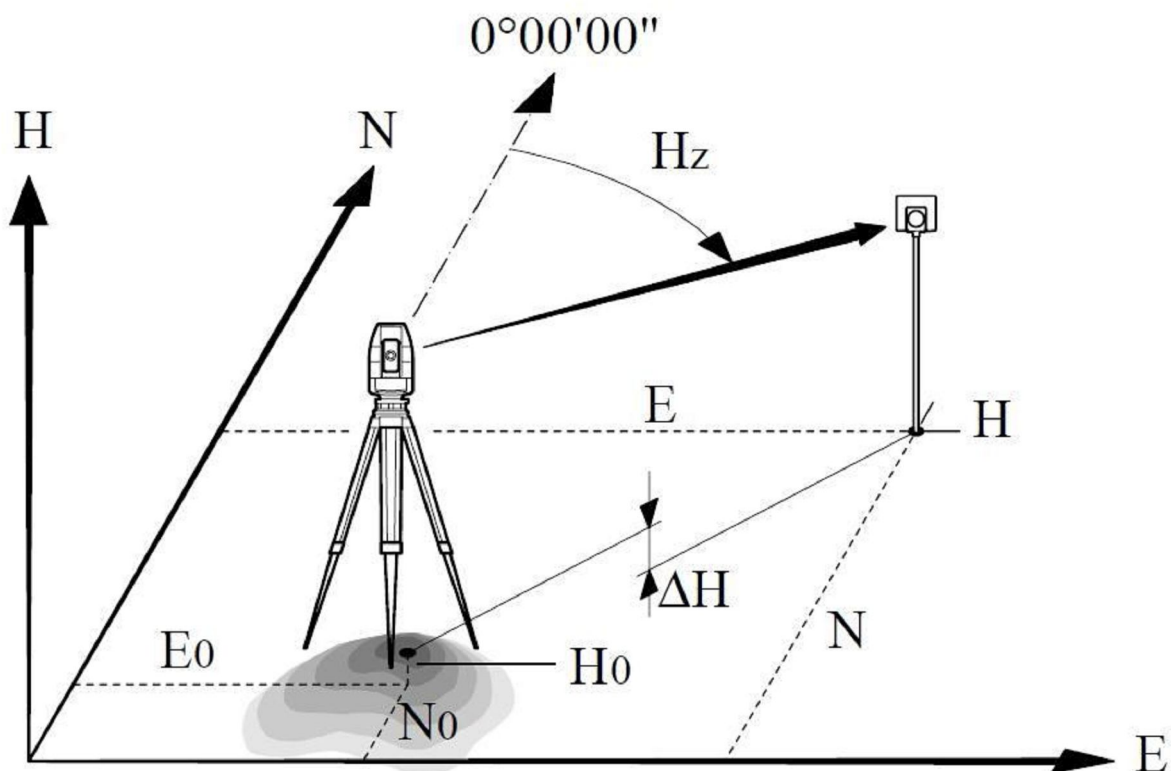
Możliwe są dwa podejścia do zagadnienia. Pierwsze stosunkowo proste, bo niewymagające dodatkowego oprzyrządowania, zakłada wykorzystanie wbudowanego w poziomice, mechanizmu kalibracji. Poprzez zwarcie zacisków kalibracji, w chwili załączenia zasilania, poziomica jest wprowadzana w tryb kalibracji. W tym stanie sygnalizuje osiągnięcie położenia poziomego przez czujnik w zakresie odchyłeń $\pm 0.05^\circ$ w obu osiach. Po umocowaniu obudowy czujnika poziomici w przewidzianym miejscu instalacji i ustawieniu jej równoległe do osi podłużnej i poprzecznej platformy, z błędem nie większym niż $\pm 0.1^\circ$, przystępujemy do kalibracji czujnika. Ustawiamy pomost poziomo, wprowadzamy poziomice w tryb kalibracji i regulując zamocowania płytki czujnika, wypoziomujemy go do osiągnięcia odchyłeń w przedziale $\pm 0.05^\circ$ (sygnalizacja świetlna położenia).

Procedura ma jeden mankament – ustawienie powierzchni pomostu wiszącego w szybie dokładnie poziomo może być bardzo pracochłonne. Kalibrowanie przy innym ustawieniu pomostu nie ma większego sensu, bo nie możemy wykorzystać sygnału odniesienia (wypoziomowania) z czujnika poziomici.

Jeżeli ustalimy poziomność czujnika przy odchylnym pomoście, godzimy się na stały błąd wskazań poziomici, wynikający z offsetu (różnicy ustawień).

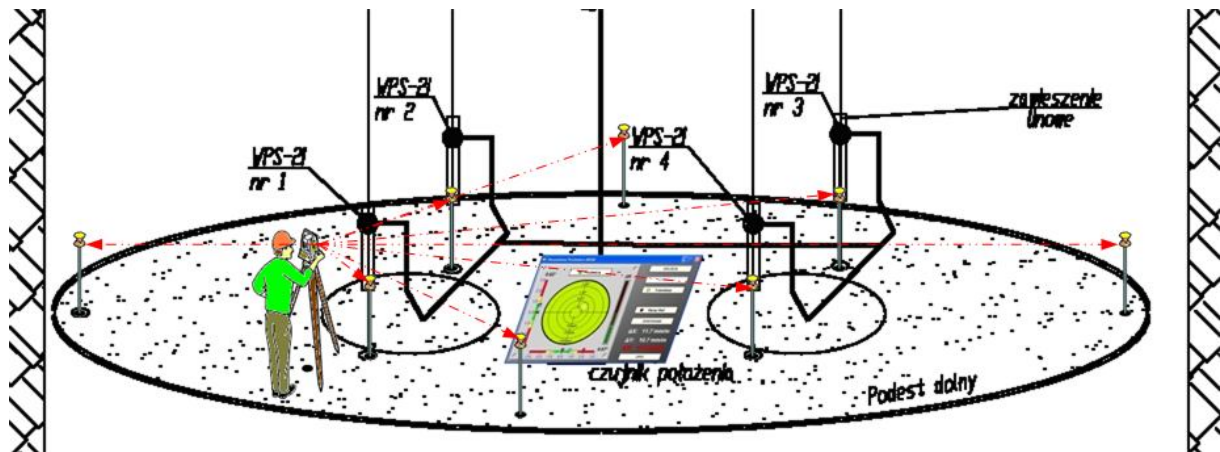
Druga metoda jest bardziej skomplikowana, ale gwarantuje poprawne ustawienie i zorientowanie poziomici względem pomostu, przy założeniu, że potrafimy ustawić pomost z odchyleniem od poziomu mniejszym niż $\pm 3^\circ$.

Do kalibracji poziomici wykorzystujemy pomiary wykonane metodą geodezyjną, określenia położenia i wysokości punktu w przestrzeni, których ideę obrazuje rysunek poniżej.



Rys. 6 Schemat pomiaru geodezyjnego

Ustawiamy i stabilizujemy pomost z pochyleniem nie większym niż $\pm 3^\circ$. Po wybraniu dowolnego, dogodnego miejsca na pomoście (punkt „0”) i zorientowaniu instrumentu mierzymy współrzędne kartezjańskie (Ni, Ei, Hi) punktów pokazanych na poniższym rysunku.



Rys. 7 Schemat pomiaru na pomoście

Z obliczeń wyznaczamy teoretyczne osie X i Y i punkt centralny pomostu, przyjmując za bazę punkty zakotwiczenia lin. Następnie określamy pochylenie pomostu w obu osiach z dokładnością nie mniejszą niż 0.1mm/m. Instalujemy czujnik poziomiczy i pozycjonujemy go mechanicznie tak, aby wskazania odchylenia „bąbelka” (pochylenia) pokryły się, co do kierunku i wartości, ze zmierzonymi metoda geodezyjną i wyliczonymi wartościami pochylenia pomostu. Na tym procedura kalibracji się kończy.

Metoda ta, chociaż wydaje się być bardziej skomplikowana wykonawczo i obliczeniowo, jest łatwiejsza w realizacji, gdyż nie wymaga wstępnego wypoziomowania pomostu z tak dużą precyzją, a wskazane pomiary i obliczenia jest w stanie wykonać każdy geodeta i mogą być powtarzane okresowo, w celach kontrolnych.

5. Wymagana wizualizacja

Realizacja systemu ciągłego monitoringu sił w linach nośnych zawieszenia wiszących pomostów roboczych jest narzędziem do diagnozowania stanu obciążenia poszczególnych lin i została szczegółowo przedstawiona w publikacjach [4], [5] i [6]. Natomiast wizualizacja na monitorze ekranowym obrazuje rozkład obciążenia i pozwala na działania zmierzające do uzyskania określonego i wymaganego względami bezpieczeństwa położenia pomostu wiszącego w świetle szybu. Niezależnie wizualizacja umożliwi kontrolowany naciąg lin prowadniczo – nośnych. Ważnym elementem wizualizacji jest fakt, że przebiega ona na monitorach zabudowanych bezpośrednio na stanowisku operatora wciągarek wolnobieżnych oraz na stanowisku sygnalisty zlokalizowanym na górnym podeście wiszącego pomostu roboczego.

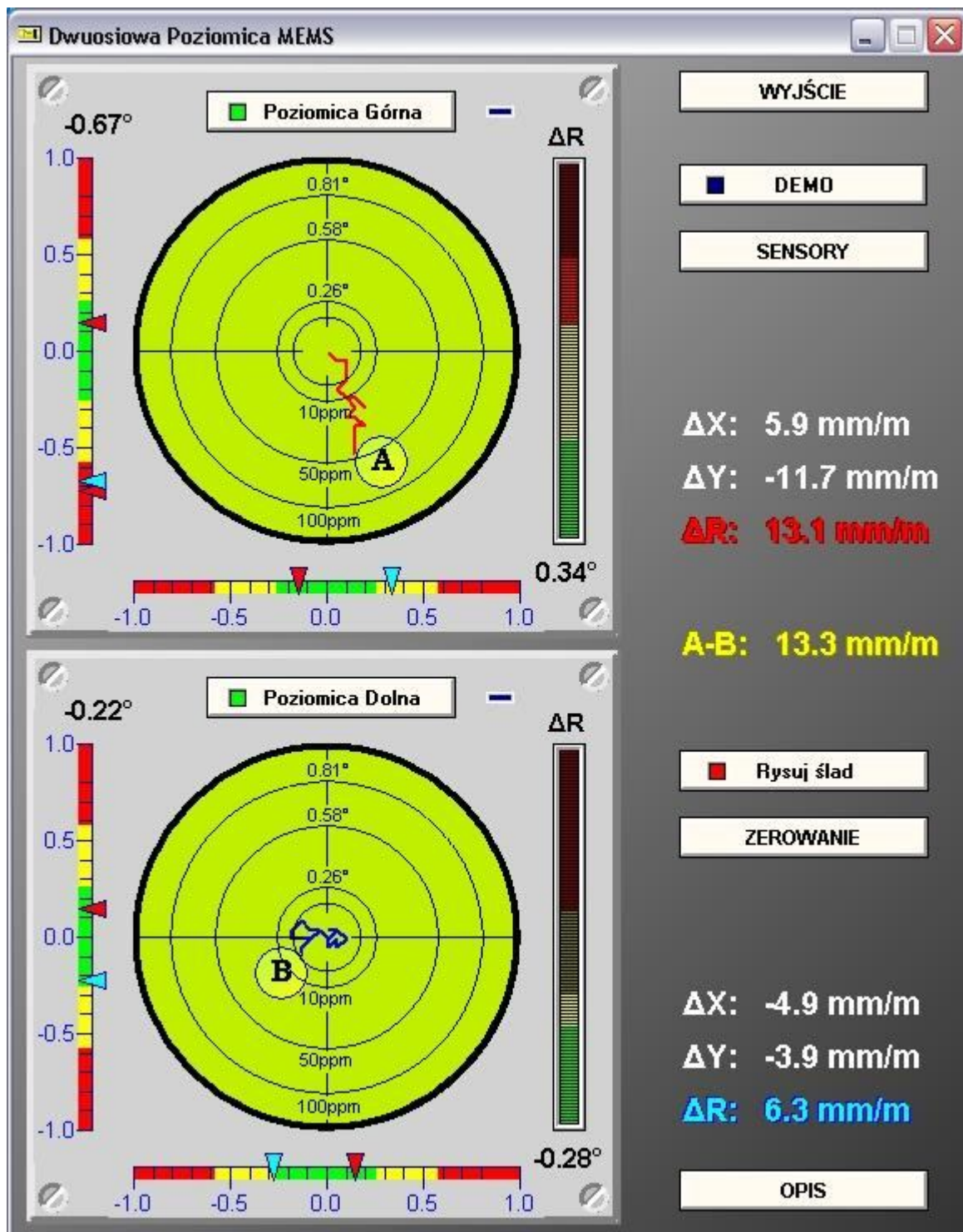
Podobnie wizualizacja położenia wiszącego pomostu roboczego w szybie będzie zobrazowana na tych samych monitorach ekranowych.

Według wstępnej wersji projektu technicznego [7], układ pomiarowy poziomiczy – czujnik pochylenia, będzie zainstalowany w konstrukcji dolnego podestu.

W pierwszej fazie eksploatacji tj. na etapie eksperymentów i zbierania doświadczeń wynikających z pomiarów poziomicą i obserwacji położenia pomostu i ułożenia lin nośnych wewnątrz szybu jest to potrzebne i użyteczne. Później, gdy już będą znane relacje pomiędzy wynikami pomiaru poziomicą i przemieszczaniem pomostu oraz ustawianiem go w położeniu roboczym (rozpięciem o obudowę szybu), wizualizacja położenia na pomoście nabiera innego znaczenia. Staje się bardzo użyteczna i szczególnie ważna przy pionizacji pomostu w trakcie rozpięcia go o obudowę szybu. Ze względu na rozmiary i proporcje pomostu roboczego – ramy napinającej, jest możliwe jego przechylenie przy zapieraniu, pomimo wstępnego wypoziomowania poprzez regulację naciągu lin nośnych.

Tak więc, wydaje się, że będzie słuszne a nawet konieczne zobrazowanie położenia poziom – pion na obu podestach na których zabudowane są rozpory hydrauliczne.

Trzy kondygnacje (ok. 10 metrów) to dostatecznie dużo, aby przekazywanie informacji o położeniu podestów głosem było mało skuteczne. Ponadto, obraz często wart jest tysiąca słów... Konkluzja wydaje się być jednoznaczna – dla potrzeb łatwego i precyzyjnego pionowania wiszącego pomostu w położeniu roboczym należy przewidzieć interfejs wizualny poziomiczy elektronicznej zarówno na górnym jak i na dolnym podeście.



Rys. 8 Wizualizacja poziomowania i pionowania podestów wiszącego pomostu

Z teoretycznych analiz i wyliczeń geometrii pomostu wynika, że przydatna będzie zwiększona precyzja pomiaru odchylenia od pionu a także możliwość odczytu wzajemnego ustawienia pomostów górnego i dolnego względem siebie (różnica pochyłeń).

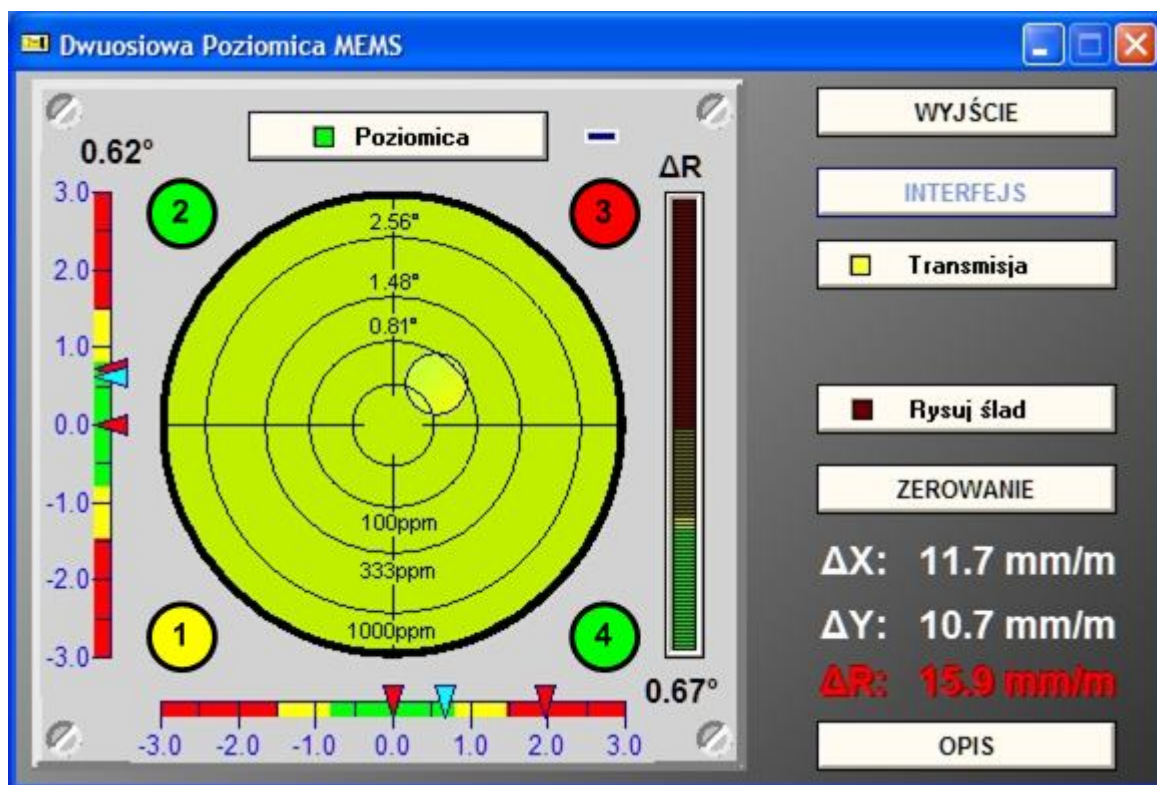
Wiszący pomost jest bardzo sztywną konstrukcją. Jednakże fakt, że ma formę kraty bez wykrzyżowań (zastrzałów) i jest rozpierny o obudowę szybu siłownikami hydraulicznymi o znacznym nacisku, skłania do wyciągnięcia wniosku, że w trakcie normalnej eksploatacji konstrukcja jego może być deformowana (przeGINANA) w obszarze odkształceń sprężystych, w zakresie możliwym do zmierzenia i zobrazowania poziomicą różnicową.

Dodatkowo, poprzez precyzyjny pomiar pozycji w trakcie stabilizowania (rozpiernania) platformy możliwe jest skorygowanie ustawienia pomostu w zakresie dokładności niemożliwej lub zbyt pracochłonnej do osiągnięcia poprzez manipulowanie wciągarkami wolnobieżnymi.

Drugim, zdecydowanie ważniejszym i bardziej skomplikowanym zagadnieniem jest zapewnienie optymalnej formy informacji o położeniu pomostu (poziomowanie) w powiązaniu z informacją o siłach występujących aktualnie w linach zawieszenia. Ta informacja będzie potrzebna maszyniście do precyzyjnego operowania napędami wciągarek wolnobieżnych. Można, w najprostszym przypadku, pokazać na ekranie monitora kontrolnego obrazy z obu aplikacji: pomiaru naciągu lin nośnych i poziomici elektronicznej. Istnieje jednak realna obawa o użyteczność takiej formy prezentacji wyników pomiarów i poziom stresu, jaki może generować trudność interpretacji relacji wysokości słupków z położeniem „bąbelka” poziomici.

Z doświadczeń eksploatacyjnych wizualizacji z kontroli naciągu lin nośnych wynika, że natłok informacji powoduje trudność podejmowania decyzji, którą linę należy wydłużyć lub którą linę skrócić. Fakt ten spowodował potrzebę modernizacji układu i aplikacji wizualizującej tak, aby doprowadzić do przekazywania takiej ilości informacji, która umożliwi intuicyjne korygowanie naciągu lin nośnych układu zawieszenia wiszącego pomostu roboczego.

W proponowanym rozwiązaniu zakłada się optymalizację wizualizacji poprzez połączenie odczytów wielkości sił w zawieszeniach z obrazem poziomici na przykład w formie takiej, jak na poniższym rysunku



Rys. 9 Proponowana wizualizacja poziomowania i pionowania wiszącego pomostu w powiązaniu z obrazowaniem naciągu lin

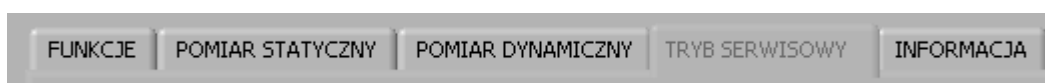
Właściwe zorientowanie czujnika poziomici względem punktów zamocowania lin nośnych pozwoli na bezpośrednie i jednoznaczne powiązanie naprężeń w linach, sygnalizowanych np. kolorem wypełnienia kółek obrazujących poszczególne linie z ruchem wskaźnika poziomici.

Ustalenie (w drodze eksperymentu) konwencji kolorowania wypełnienia obrazów lin powinno zaowocować intuicyjnym sposobem reagowania maszynisty na brak wypoziomowania wiszącego pomostu roboczego, przy ręcznym sterowaniu napędami wciągarek wolnobieżnych.

Ostateczna forma wizualizacji winna występować na panelu głównym programu w postaci zakładek obejmujących poszczególne funkcje pomiarów oraz tryb serwisowy. Przykładowy zestaw zakładek przedstawia rysunek poniżej.



Rys. 10 Panel główny programu wizualizacji naciągu lin



Rys. 11 Zakładki programu

6. Właściwości regulacyjne układu wielolinowego zawieszenia pomostu

Nierównomierny rozkład obciążeń lin, jest skutkiem zróżnicowania parametrów lin, niezrównoważenia mas pomostu i jego wyposażenia, względem osi szybu oraz zjawisk zachodzących na styku bęben linowy - lina, jako skutek względnego przemieszczenia liny w kierunku pomostu w stosunku do pozostałych lin. Zjawisko to występuje na skutek różnych sprawności napędów elektrycznych wciągarek wolnobieżnych. Wówczas, wiszący pomost roboczy zmienia swoje położenie w pionie i poziomie w trakcie przemieszczania.

Teoretycznie pionowanie i poziomowanie można prowadzić podejmując dwojakiego rodzaju działania: poprzez likwidację przyczyn nierównomiernego rozkładu obciążeń lub poprzez likwidację ich skutków. W praktyce wykorzystuje się oba działania.

Likwidacja przyczyn jest ograniczona do doboru jednakowej długości lin i poprawnego ich nawinięcia na bęben wciągarki tj. z wstępnym naciąganiem oraz ciasnym ułożeniem poszczególnych zwojów, co ma duże, znaczenie gdyż w innym przypadku zwoje następnej warstwy mogą przemieszczać się pomiędzy zwoje ułożone niżej i tym samym zmieniać średnicę warstwy. Doświadczenia eksploatacyjne stosowania tych zabiegów są dobre. Średnice poszczególnych warstw na wszystkich wciągarkach są w praktyce identyczne.

Drugą możliwością, która jest praktycznie wykorzystywaną dla wyrównania obciążeń, jest zmiana długości poszczególnych lin, realizowana poprzez nawinięcie lub odwinięcie na bębny wciągarek wolnobieżnych. Dla wykonania tego zabiegu konieczne jest użycie poziomicy elektronicznej, która winna określić które liny będą korygowane

z określeniem kierunku ich przemieszczania. Zabieg ten wykorzystuje do tego celu wizualizację przedstawioną na monitorze stanowiska operatora wciągarek wolnobieżnych. Zakres regulacji jest więc możliwy tylko w założonym reżymie dla uzyskania określonego położenia pomostu wiszącego tj. podesty powinny być ustawione poziomo a sam wiszący pomost roboczy znajdować się w osi szybu. Przy takim położeniu pomost powinien być stabilizowany poprzez rozparcie jego konstrukcji o obudowę szybu, przy pomocy rozpór hydraulicznych. Doświadczenia eksploatacyjne stosowania tego zabiegu są dobre pod warunkiem, że działa system ciągłego monitoringu sił w linach nośnych zawieszenia oraz wizualizacja poziomicy elektronicznej na monitorze ekranowym.

Zaletą zastosowanego systemu jest jego funkcjonalność oraz mały ciężar własny jak i prosta obsługa.

7. Podsumowanie

System ciągłego monitorowania pionowania i poziomowania wiszących pomostów roboczych w połączeniu z systemem ciągłego monitorowania sił w linach nośnych ich zawieszenia, jest nieodzowna w diagnostyce prawidłowego położenia i obciążenia pomostów. Poprzez porównanie zmierzonych obciążeń można rozpoznać dominujący czynnik powodujący nierównomierny ich rozkład, przez co nieprawidłowe położenie pomostu w świetle szybu.

Ważnym zagadnieniem jest sposób powiązania sprawdzonych systemów z wykorzystaniem czujników pomiaru sił z poziomcami elektronicznymi. Postęp techniczny w zastosowaniu omawianego systemu z poziomcą elektroniczną daje możliwość poprawy bezpieczeństwa pracy załogi znajdującej się na pomoście w trakcie jego przemieszczania oraz załogi będącej w kuble w trakcie jego przemieszczania przez wiszący pomost roboczy oraz w szybie.

Zabieg pionowania i poziomowania wykonywany z wykorzystaniem kontrolowanej korekty długości poszczególnych lin na podstawie wizualizacji poziomicy bąbelkowej, zapewnia dużą dokładność i precyzję ustawienia pomostu.

Powyższy artykuł to propozycja do dyskusji na temat powiązania systemu ciągłego monitorowania pionowania i poziomowania oraz sił w linach nośnych zawieszenia wiszących pomostów roboczych ze sterowaniem pracą elektrycznych napędów wciągarek wolnobieżnych.

8. Literatura

- [1] Zmysłowski T.: Górnicze maszyny wyciągowe część mechaniczna. Wydawnictwo Śląsk. Katowice 2004.
- [2] Praca zbiorowa: PORADNIK GÓRNIKA, tom II. Wydawnictwo Górniczo- Hutnicze, Katowice 1959,
- [3] Wróbel T. i inni: Doświadczenia eksploatacyjne z wykonywania pomiarów obciążeń lin nośnych górniczych wyciągów szybowych wielolinowych oraz stosowania praktycznej metody ich wyrównywania. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, KOMAG, Szczyrk 2007 r.
- [4] CPM CUPRUM–PROJEKT we Wrocławiu, Technologia kontroli naciągu lin nośnych trójpodestowego pomostu roboczego proj. 4044.II.4.24-51.0 Wrocław 2008 r.
- [5] Adam Zygmunt , Eugeniusz Twardak: Bezpośredni pomiar sił w nowej technologii monitoringu naciągu lin nośnych i prowadniczo – nośnych wiszących pomostów roboczych w głębinowych szybach, jako skuteczna metoda zapewnienia właściwego rozkładu sił w poszczególnych linach
- [6] Eugeniusz Twardak: Wizualizacja kontroli naciągu lin nośnych i prowadniczo – nośnych wiszących pomostów roboczych na przykładzie głębinowego szybu SW-4 zlokalizowanego w KGHM „Polska Miedź” S.A. Lubin.
- [7] CPM CUPRUM–PROJEKT we Wrocławiu, Monitoring kontroli naciągu lin prowadniczo – nośnych proj. 09120.III.4.3-51.4 Wrocław 2011 r.

- [8] ST Microelectronic: LIS3LV02DL MEMS inertial sensor 3-axis - $\pm 2g/\pm 6g$ digital output low voltage linear accelerometer <http://www.st.com/stonline/books/pdf/docs/12094.pdf>
- [9] Andrzej J. Majewski: Poziomica elektroniczna dla budujacych i serwisujacych wagi samochodowe, zbiornikowe i inne wagi przemyslowe, <http://www.majewskiandrzej.pl/projekty/poziomica-wagarska>
- [10] Andrzej J. Majewski: Poziomica elektroniczna MEMS <http://www.majewskiandrzej.pl/projekty/poziomica-mems>
- [11] Andrzej J. Majewski: Dwuosiowa poziomica elektroniczna "bull eye" <http://www.majewskiandrzej.pl/2010/07/dwuosiowa-poziomica-elektroniczna-bull-eye>
- [12] Andrzej J. Majewski: (PDF) Instrukcja obslugi: Poziomica z interfejsem graficznym <http://www.majewskiandrzej.pl/wp-content/uploads/2010/09/Poziomica-wagarska-instrukcja-obs%C5%82ugi.pdf>