

Wpływ zjawisk sejsmicznych na dokładność pomiarową wag elektronicznych

Konstrukcja współczesnych wag elektronicznych zapewnia stabilność wskazań i ich poprawność poprzez wewnętrzne mechanizmy działające w trybie automatycznym. Powszechnie uważa się, że dla poprawnego ważenia wystarczające jest zapewnienie odpowiednich, stabilnych warunków zewnętrznych. Taka ideologia niestety nie sprawdza się wtedy, gdy występują zjawiska w skali makro czyli wstrząsy sejsmiczne. Wpływ takich zjawisk na parametry wagi pokazany jest na przykładzie wstrząsów jakie wystąpiły 11 kwietnia 2012 roku na Oceanie Indyjskim.



Opracowanie
Sławomir Janas

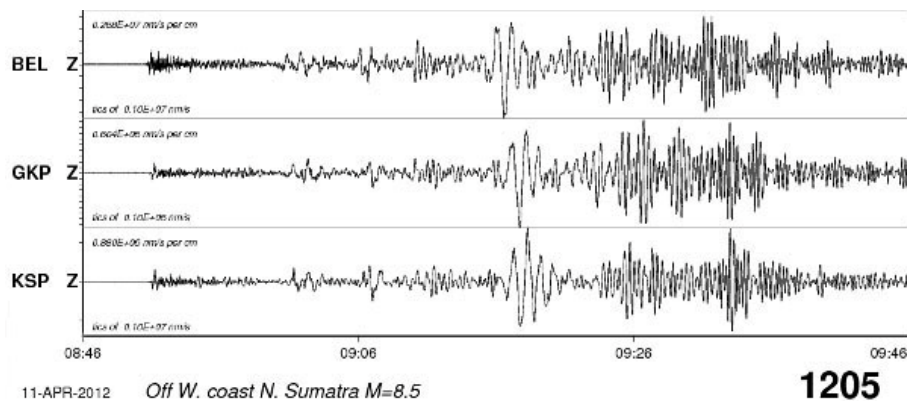


RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE

26-600 RADOM, ul. Bracka 28
e-mail: radom@radwag.pl <http://www.radwag.pl>

1. Wstęp

W dniu 11 kwietnia 2012 r. o 08:38 czasu UTC wystąpiło duże trzęsienie ziemi na Oceanie Indyjskim ok. 600 km na zachód od północnej części Sumatry. Trzęsienie zarejestrowały wszystkie stacje polskiej sieci seismologicznej ale jedynie zapis stacji szerokopasmowych był użyteczny. Wynikało to z tego, że trzęsienie było duże ale o stosunkowo płytkim ognisku oraz mechanizmie ogniska takim, który wywołuje relatywnie słabe fale podłużne w kierunku do odległych stacji sejsmicznych. Magnituda wstrząsu wynosiła 8.7, zarejestrowano również dwa wstrząsy wtórne o magnitudzie 6.0 i 8.2. Zapis z sejsmografów pokazują poniższe wykresy.



Zapis stacji sejsmicznych udostępniony przez Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk
Zapis podany w czasie UTC

Legenda: BEL – sejsmograf w Belsku
GKP - sejsmograf w Górcie Klasztornej
KSP – sejsmograf w Książu

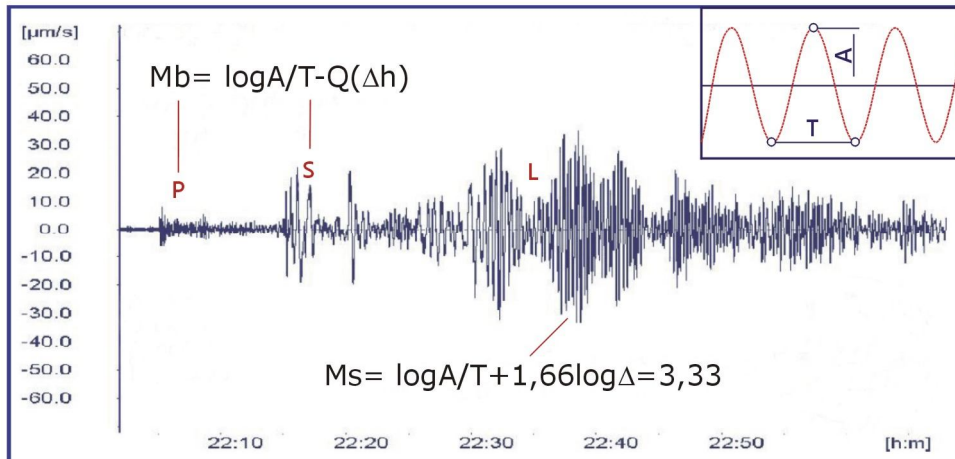
Czas UTC - Universal Coordinated Time to wzorcowy czas słoneczny nad południkiem zero. Stanowi on punkt odniesienia dla obliczania czasu w innych strefach czasowych np. czas CET=UTC+1, czas CEST=UTC+2. W momencie kiedy Słońce znajduje się nad zerowym południkiem, zegary pokazujące czas UTC powinny wskazywać dokładnie godzinę 12:00:00 w południe

Czasem urzędowym na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej jest czas:

- środkowoeuropejski (CET) albo
- czas letni środkowoeuropejski (CEST) w okresie od jego wprowadzenia do odwołania.

Czas środkowoeuropejski jest czasem zwiększonym o jedną godzinę w stosunku do uniwersalnego czasu koordynowanego UTC(PL). Czas letni środkowoeuropejski jest czasem zwiększonym o dwie godziny w stosunku do uniwersalnego czasu koordynowanego UTC(PL).

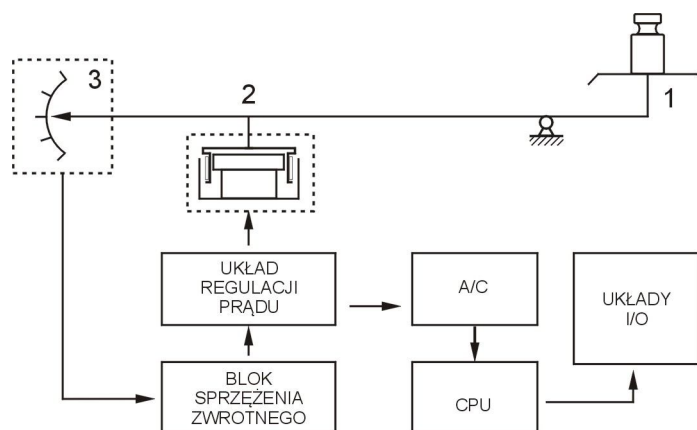
Magnituda – parametr stosowany w pomiarach wielkości trzęsienia ziemi, wprowadzony w 1935 roku przez Charlesa Richtera. Magnitudę oblicza się według wzorów w oparciu o dane uzyskane z zapisu wstrząsu takie jak amplituda ruchu gruntu, okres fali, odległość epicentralna oraz głębokość ogniska. Magnitudę wyznacza się z fal podłużnych (P), poprzecznych (S) – Mb, powierzchniowych (L) – MS oraz z momentu sejsmicznego – Mw.



A – amplituda; T – okres; Δ – odległość; H – głębokość

2. Budowa wag elektronicznych

Konsekwencją wstrząsów na Oceanie Indyjskim były drgania podłoża, wprawdzie niewyczuwalne dla człowieka, ale dość istotne dla poprawnego działania magnetoelektrycznych wag elektronicznych o dużych rozdzielczościach. Reakcją wag na to trzęsienie Ziemi był brak stabilności wskazań co mogło sugerować jakieś uszkodzenia mechaniczno – elektroniczne. Taka reakcja wag wynika z ich budowy, którą w ogólnym ujęciu pokazuje poniższy schemat.



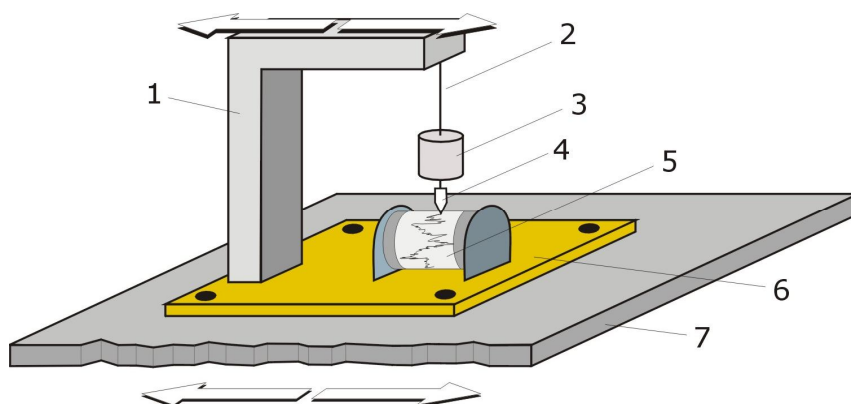
Ogólna zasada działania wag magnetoelektrycznych jest następująca: siła pochodząca od położonej na szalce [1] masy jest równoważona przez siłę pochodzącą od cewki [2] z prądem, która jest umieszczona w polu magnetycznym. Wielkością prądu płynącego w cewce steruje odpowiedni blok sprzężenia zwrotnego, na podstawie sygnału z czujnika położenia [3].

W konsekwencji tego gdy na szalkę wagi położymy obciążenie to wygenerowany sygnał równoważący z cewki jest przetwarzany na stabilny wynik pomiaru. Szalka wagi dąży do położenia równowagi. Natomiast w przypadku, gdy następują jakieś wibracje, wstrząsy to przenoszą się one na układ mechaniczny wagi co skutkuje tym, że niemożliwe jest ustalenie położenia równowagi. Oczywiście zależnie od specyfiki wstrząsów możliwe jest uzyskiwanie jakiś pośrednich wyników stabilnych, ale wówczas powtarzalność wskazań jest gorsza niż ta deklarowana przez producenta.

3. Zasada działania sejsmografów

Podstawowym elementem sejsmografu jest sejsmometr, którego główną częścią jest masa bezwładna, która pod wpływem sił zewnętrznych dąży do równowagi. Masa ta jest tak zawieszona, że tworzy wahadło fizyczne (pionowe lub poziome). Okres drgań własnych wahadła powinien być duży w porównaniu z okresem drgań gruntu, gdyż wtedy środek wahadła można traktować jako stały punkt odniesienia, względem którego określa się wielkość i kierunek drgań gruntu.

Drgania gruntu są przetwarzane na impulsy elektryczne, wzmacniane i rejestrowane za pośrednictwem galwanometru na taśmie światłoczułej (w systemach tradycyjnych, wychodzących z użycia) lub w pamięci komputera. Uproszczony schemat takiego urządzenia pokazuje poniższy rysunek.



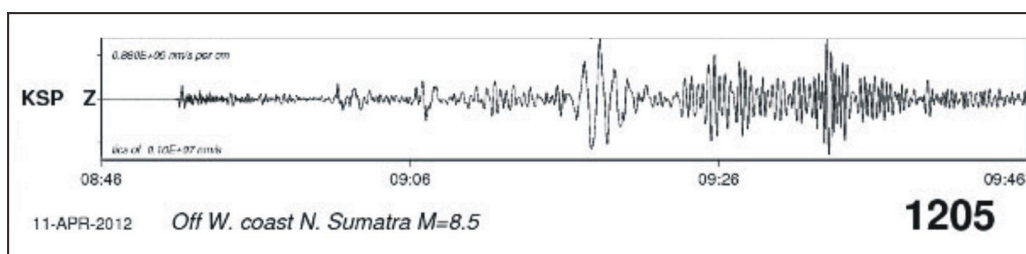
- 1 – obudowa 2 – nić 3 – ciężar 4 – rysik 5 – sejsmogram
6 – podstawa zamocowana do podłoża 7 – podłoże

Jak widać zarówno w przypadku wagi jak sejsmografu obowiązuje jedna główna zasada, którą można opisać jako dążenie elementu konstrukcyjnego do stanu równowagi. W przypadku wagi jest to szalka wagi a sygnał powodujący jej odchylenie jest przedstawiany jako wynik ważenia. W sejsmografach bezwładna masa dąży do stanu równowagi a jej odchylenia po wzmocnieniu pokazują poziom drgań podłoża.

4. Wpływ zjawisk sejsmicznych na powtarzalność wag elektronicznych

Jest rzeczą oczywistą, że drgania powodują niestabilność wskazań wag a tym samym uniemożliwiają jakikolwiek pomiar. Jeżeli są to drgania wyczuwalne, pochodzące od pracujących maszyn to łatwo znaleźć powiązanie oraz ewentualne sposoby eliminacji tego zjawiska.

Zupełnie inaczej wygląda sytuacja, gdy źródło drgań jest w dość dalekiej odległości i uaktywnia się w sposób przypadkowy w odniesieniu do czasu jak i siły. Z tego też względu nikt w zasadzie nie jest przygotowany na takie zjawiska. Nie ma również określonych sposobów zmniejszania czy eliminowania ich wpływu mając na uwadze fakt, że pomiar odbywa się ze znaczną rozdzielczością – powyżej 20 milionów. W tym przypadku każde zakłócenie jest widoczne, zwłaszcza występujące w tak dużej skali jak to na Oceanie Indyjskim. To jak takie zjawiska wpływają na powtarzalność wskazań pokazują wykresy.



Pierwszy wykres pokazuje odczyt z sejsmografu znajdującego się w Książu, który pierwsze wstrząsy zarejestrował około godziny 08:50. Największe wartości osiągają one pomiędzy godziną 9 a godziną 10 czasu UTC. Należy pamiętać, że okresie od marca do października czas lokalny w Polsce różni się względem czasu UTC o + 2 godz. Należałoby więc oczekiwać reakcji wagi na to zakłócenie z opóźnieniem około 2 godzin względem sygnału rejestrowanego przez sejsmograf.

Drugi wykres pokazuje badanie powtarzalności wskazań oraz czasu ważenia z wykorzystaniem funkcji Autotest. Takie badanie było wykonywane w dniach 10 – 11 kwietnia dla wagi MYA 2. Podstawowe parametry techniczne tego modelu oraz informacje związane z badaniem to:

- maksymalne obciążenie 2 g
- działka elementarna $d = 1 \mu\text{g}$
- masa, którą było wykonywane badanie 1,8 g
- czas badania 90 godzin



Mikrowaga MYA 2

Typowa charakterystyka metrologiczna tej wagi przedstawiona jest w tabeli poniżej.

Obciążenie maksymalne	2 g
Dokładność odczytu	1 μg
Zakres tary	-2 g
Powtarzalność	1 μg
Liniowość	$\pm 3 \mu\text{g}$
Niecentryczność	3 μg
Przesunięcie czułości	$1,5 \times 10^{-6} \times \text{Rt}$
Dryft temp. czułości	$1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times \text{Rt}$
Dryft czas. czułości	$1 \times 10^{-6} / \text{Rok} \times \text{Rt}$
Min. naważka (USP)	3 mg
Min. naważka (U=1%, k=2)	0,2 mg
Wymiar szalki	$\varnothing 16 \text{ mm}$
Czas stabilizacji	5 s
Kalibracja	wewnętrzna (automatyczna)
Wyświetlacz	5,7" panel dotykowy
Interfejs	2×USB, 2×RS 232, Ethernet, 2we/2wy

Proces badania polega na cyklicznym obciążaniu i odciążaniu szalki wagi badaną masą z automatyczną rejestracją wszystkich pomiarów, zmian punktu zerowego, dryftem temperatury, dryftem wilgotności. Możliwa jest również rejestracja zmian ciśnienia podczas testu. Takie rozwiązanie umożliwia określenie parametrów metrologicznych wagi w rzeczywistych warunkach użytkowania. Funkcja Autotestu jest dostępna dla autoryzowanych serwisów firmy RADWAG.

Podczas badania stwierdzono znaczne zakłócenia, których efektem było pogorszenie się powtarzalności aż 20 - krotnie, co praktycznie oznacza, że jakiegokolwiek sensowne ważenie w tym okresie jest niewykonalne. Na wykresie można wyróżnić 3 obszary a mianowicie:

- obszar A, pokazuje powtarzalność wskazań wagi na poziomie około 1 μg , jest okres przed wystąpieniem wstrząsów sejsmicznych
- obszar B, pokazuje znaczne pogorszenie się powtarzalności wskazań, jest to czas w który wystąpiły wstrząsy sejsmiczne oraz wstrząsy wtórne
- Obszar C, pokazuje powtarzalność wskazań wagi na poziomie około 1 μg , jest to okres po zakończeniu i wygaśnięciu wstrząsów sejsmicznych.



Opisane powyżej zjawiska były obserwowane w Laboratorium Pomiarowym RADWAG, Politechnice Krakowskiej oraz prawdopodobnie we wszystkich miejscach gdzie powszechnie wykorzystuje się wagi oraz komparatory masy. Obserwowany wpływ zakłócenia według naszych pomiarów wynosił około 3 godziny.

Drgań wywołanych wstrząsami sejsmicznymi nie należy mylić z drganiami będącymi efektem pracy urządzeń mechanicznych. Są to drgania o innej charakterystyce.

Podsumowanie

1. Wstrząsy sejsmiczne mogą być widoczne jako wszelkie niestabilności wskazań dla wag o znacznych rozdzielczościach (powyżej 2 mln. działek). Zjawisko jest szczególnie widoczne dla komparatorów masy wykorzystywanych w laboratoriach pomiarowych gdzie rozdzielczość sięga ok. 100 mln. działek. Problem dotyczy wszystkich producentów stosujących podobne konstrukcje w zakresie budowy wag.
2. Ustalenie precyzyjnej zależności między lokalnie wyznaczoną magnitudą a błędem wskazań wagi jest praktycznie niemożliwe. Można natomiast powiązać występowanie zjawiska wstrząsu sejsmicznego z nieoczekiwanym pogorszeniem się parametrów wagi. W tym konkretnym przypadku aż 20 – krotnie.
3. Dla laboratoriów wykorzystujących wagi o dużych rozdzielczościach istnieje realne zagrożenie, że nieoczekiwana aktywność sejsmiczna może wpływać na wyniki pomiarów. W przypadku podejrzenia, że takie zjawiska zachodzą można zweryfikować tę informację wykorzystując dane z automatycznych stacji sejsmicznych. Takie informacje są ogólnie dostępne w serwisach internetowych.

Podczas opracowania wykorzystano informacje dostępne w serwisie internetowym Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, Wikipedii oraz wyniki pomiarów funkcji Autotest realizowanej dla mikrowagi MYA 2 produkcji RADWAG.