

Coil Constant
 $A/m/s^2$

Mass Position
Response
 $V/m/s^2$

Mass Position
Digital Output
 $\mu V/count$

Mass Position
Digital Output
 $m/s^2/count$

VERTICAL

NORTH/SOUTH

EAST/WEST

Current Consumption: @12V (± 10 mA)

165mA

This sensor operates from 10 to 36 Volts only.

POLES AND ZERO TABLE

WORKS ORDER NUMBER:

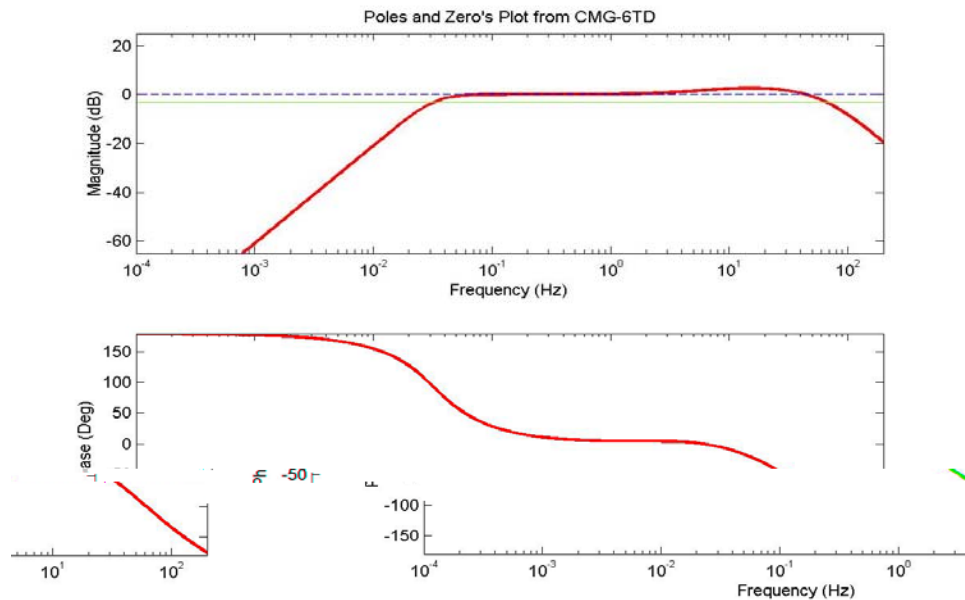
SENSOR SERIAL NO:

Velocity response output:

<u>POLES (HZ)</u>	<u>ZEROS HZ</u>
-23.65e-3 + 23.65e-3j	-5.03207
-23.65e-3 - 23.65e-3j	0
-393.011	0
-7.4904	
-53.5979 - 21.7494j	
-53.5979 + 21.7494j	

Normalizing factor at 1 Hz: $A = 1.983 \cdot 10^6$

Sensor Sensitivity: Mirar la hoja de calibración.



NOTA: Los Polos y Zeros dados arriba son para las componentes horizontales y para la vertical y ellas son dadas en unidades de Hz. Para convertir a Radianes/sec hay que multiplicar cada polo y zero por el valor 2π . El factor de normalización A también debe ser recalculado.

2. Remover la respuesta del Instrumento

2.1 Conversión de Hz a Radianes

Para convertir Polos y Zeros de Hz a formato omega (radianes) realizamos lo siguiente:

- Pole (rad) = Pole (Hz) * 2.pi
- Zero (rad) = Zero (Hz) * 2.pi
- Para convertir A_0 a radian usando Hz:
- A_0 (rad) = A_0 (Hz) * $(2.\pi)^{(\text{N}^\circ \text{ polos} - \text{N}^\circ \text{ zeros})}$
- A_0 es la constante de normalización, la cual escala la amplitud de la función de transferencia a la unidad.

2.2 Conversión de Velocidad a desplazamiento

La repuesta del instrumento en el dominio de la frecuencia es dada como la transformada de Fourier de los datos de salida dividida por la transformada de Fourier de los datos de entrada. En términos de velocidad o desplazamiento, esto está representado como:

$$T_{vel}(j\omega) = \frac{Output(j\omega)}{Input_{vel}(j\omega)} \quad \text{o} \quad T_{disp}(j\omega) = \frac{Output(j\omega)}{Input_{disp}(j\omega)}$$

La entrada de datos como velocidad se obtiene por diferenciación de la entrada de datos de desplazamiento en el dominio del tiempo, esto es equivalente en el dominio de las frecuencias a una multiplicación del espectro del desplazamiento con $j\omega$ en el dominio de las frecuencias.

$$Input_{vel}(j\omega) = j\omega \cdot Input_{disp}(j\omega) \quad \text{dado que} \quad T_{vel}(j\omega) = \frac{Output(j\omega)}{j\omega \cdot Input_{dis}(j\omega)}$$

$$\text{Aquí, } T_{vel}(j\omega) = \frac{T_{disp}(j\omega)}{j\omega} \quad \text{o} \quad T_{disp}(j\omega) = T_{vel}(j\omega) \cdot j\omega$$

Esto es, para convertir de velocidad a desplazamiento en el dominio de las frecuencias, multiplicamos por $j\omega$. Esto es equivalente a que escribamos un zero más en la representación de polos y zeros.

Con una amplitud de salida A_0 y una amplitud de entrada del movimiento del suelo de A_0^{dis} , la ganancia de calibración, g_d , la cual escalará la salida a la unidad en el dominio de las frecuencias será calculada como:

$$g_d = \frac{A_{Input}}{A_{Output}} = \frac{A_i^{disp}}{A_0} \text{ en m/count, o en términos de velocidad } g_v = \frac{A_i^{vel}}{A_0} \text{ en ms}^{-1}/\text{count}$$

Asumiendo los valores de ganancia del 6TD para la componente vertical de 1122.09 V/m/s y del digitalizador de 0.2584×10^{-6} V/Count, entonces la ganancia de calibración es de:

Ganancia de Velocidad

$$g_v = \frac{0.2584 \times 10^{-6} \text{ V/Count}}{1122.09 \text{ V/m/s}} = 2.303E-10 \text{ m/s/Count}$$

Ganancia del Desplazamiento

$$g_d = \frac{2.303E-10}{2 \cdot \pi} \text{ m/Count} = 0.3665E-10 \text{ m/Count}. \text{ También, puede ser dada como } 2.7285E+10 \text{ Count/m}$$

Tabla 1. Polos y Zeros del Instrumento CMG-6TD en unidades de Hz y radianes.

6TD POLE-ZERO INSTRUMENT RESPONSE		
<i>VELOCITY</i>		<i>DISPLACEMENT</i>
Hz	Radian	<i>Radian</i>
A0 = 1983000	A0 = 491883573	A0 = 78285702
Zeros (3)	Zeros (3)	Zeros (4)
(-5.032, 0)	(-31.6, 0)	(-31.6, 0)
(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
		(0, 0)
Poles (6)	Poles (6)	Poles (6)
(-0.02365, 0.02365)	(-0.148597, 0.148597)	(-0.148597, 0.148597)
(-0.02365, -0.02365)	(-0.148597, -0.148597)	(-0.148597, -0.148597)
(-39.3011, 0)	(-2469.3609, 0)	(-2469.3609, 0)
(-7.4904, 0)	(-47.06357, 0)	(-47.06357, 0)
(-53.5979, -21.7494)	(-336.7655, -136.656)	(-336.7655, -136.656)
(-53.5979, -21.7494)	(-336.7655, 136.656)	(-336.7655, 136.656)

2.3 Remover la Repuesta del Instrumento usando SAC y aplicación del filtro Wood-Anderson

Para el caso de la componente vertical mencionada arriba tenemos que el formato del file en polos-zeros será de la siguiente forma:

```
ZEROS 4
-31.6 0.0
POLES 6
-0.148 0.148
-0.148 -0.148
-2469.36 0.0
-47.36 0.0
-336.766 -136.656
-336.766 136.656
CONSTANT 2.1360e+18
```

El archivo puede ser llamado HDC4.PZ y éste siempre está dado en radianes. Los Zeros de la forma (0,0) no necesitan de ser representados en el archivo.

Para la componente vertical dada arriba, tenemos que la Ganancia Total es:

$$CONSTANT = A0 \times \text{SensorGain} \times \text{DigitizerGain} \times 2\pi$$

$$\text{Ganancia Total} = 78285702 \times 1122.09 \times 3.87 \times 10^6 \times 2\pi = 2.1360 \times 10^{18} \text{ Count / m}$$

En SAC, la respuesta del Instrumento se remueve para Wood-Anderson usando la línea de comando:

```
SAC> read HDC4.SAC
SAC> qdp off
SAC> transfer from polezero subtype HDC4.PZ to WA
```

Los files para las demás componentes serán:

Tabla 2. Polos y Zeros del Instrumento CMG-6TD para el instrumento T6059.

Desplazamiento Radianes Componente Vertical	Desplazamiento Radianes Componente N-S	Desplazamiento Radianes Componente E-W
ZEROS 4	ZEROS 4	ZEROS 4
-31.6 0.0	-31.6 0.0	-31.6 0.0
POLES 6	POLES 6	POLES 6
-0.148 0.148	-0.148 0.148	-0.148 0.148
-0.148 -0.148	-0.148 -0.148	-0.148 -0.148
-2469.36 0.0	-2469.36 0.0	-2469.36 0.0
-47.36 0.0	-47.36 0.0	-47.36 0.0
-336.766 -136.656	-336.766 -136.656	-336.766 -136.656
-336.766 136.656	-336.766 136.656	-336.766 136.656
CONSTANT 2.1360e+18	CONSTANT 2.3218e+18	CONSTANT 2.2704e+18

Filtro Wood-Anderson

Podemos usar la representación del instrumento CMG-6TD y Wood-Anderson para aplicar un filtro para remover la repuesta del instrumento CMG-6TD y aplicar la repuesta del Instrumento Wood-Anderson. Este filtro puede ser usado en pítsa y se obtiene la repuesta en mm.

DISPLACEMENT POLE AND ZERO VALUES USED IN WOOD-ANDERSON FILTERS			
Wood-Anderson:	Guralp 3TD	Guralp 40TD	Guralp 6TD
A0 = 2800	A0 = 90958274	A0 = 90958274	A0 = 78285702
Zeros (2)	Zeros (3)	Zeros (3)	Zeros (4)
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(-31.6,0)
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
	(0,0)	(0,0)	(0,0)
			(0,0)
Poles (2)	Poles (5)	Poles (5)	Poles (6)
(-6.283185, -4.712)	(-1005.31, 0)	(-1005.31, 0)	(-0.148597, 0.148597)
(-6.283185, 4.712)	(-502.6548, 0)	(-502.6548, 0)	(-0.148597, -0.148597)
	(-1130.973, 0)	(-1130.973, 0)	(-2469.3609, 0)
	(-0.037008, 0.037008)	(-0.148597, 0.148597)	(-47.06357, 0)
	(-0.037008, -0.037008)	(-0.148597, -0.148597)	(-336.7655, -136.656)
			(-336.7655, 136.656)

De aquí, obtenemos que el filtro será:

SHM filter parameters for conversion from 6TD to Wood-Anderson	
CONSTANT = 1.2937E-12	
Zeros (6)	Poles (4)
(-0.148597, 0.148597)	(-6.283185, -4.712)
(-0.148597, -0.148597)	(-6.283185, 4.712)
(-2469.3609, 0)	(-31.6, 0)
(-47.06357, 0)	(0, 0)
(-336.7655, -136.656)	
(-336.7655, 136.656)	

La ganancia del sensor y del digitalizador deben ser incluidas en la constante final, ésta constante es:

$$CONSTANT = \frac{A0(WoodAnd.)}{(A0(6TD) \times SensorGain \times DigitiserGain \times 2\pi)} \times 1000mm$$

2.4 Repuesta del Instrumento en Formato SEISAN y su uso para cálculo de magnitud

Aquí creamos tres repuestas para el Instrumento T6059.

- File HDC4_B_Z.2003-11-05-0000_SEI

HDC4 B Z103 309 11 5 0 0 0.000 10.0828 -84.1113 1220 P

GURALP CMG-6TD

6 4 2.1360E+18-0.1486 0.1486 -0.1486 -0.1486 -2469.
0.000 -47.06 0.000 -336.8 -136.7 -336.8 136.7

0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-31.62	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

- File HDC4_B__N.2003-11-05-0000_SEI

HDC4 B N103 309 11 5 0 0 0.000 10.0828 -84.1113 1220 P
 CMG-6TD componente N(1235.25 v/m/s) 0.2617uV/count 2.119e-10 m/s/count
 6 4 2.3218E+18-0.1486 0.1486 -0.1486 -0.1486 -2469.
 0.000 -47.06 0.000 -336.8 -136.7 -336.8 136.7
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 -31.62 0.000
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

- File HDC4_B__N.2003-11-05-0000_SEI

HDC4 B E103 309 11 5 0 0 0.000 10.0828 -84.1113 1220 P
 CMG-6TD componente E(1182.53 v/m/s) 0.2562uV/count 2.166e-10 m/s/count
 6 4 2.2704E+18-0.1486 0.1486 -0.1486 -0.1486 -2469.
 0.000 -47.06 0.000 -336.8 -136.7 -336.8 136.7
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 -31.62 0.000
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

Estos files deben de estar en el Directorio CAL, para calcular Magnitud usando SEISAN, simplemente se incorporan los datos con las otras estaciones, se localiza y luego se sigue el help de SEISAN.

La respuesta del instrumento en el Software SEISAN, también puede ser dado en el FORMATO GSE, las constantes serán las siguientes:

Factor en la línea CAL2

$$10^9/(A_{All})= (10^9 \text{ nm/m})/(2.73 \times 10^{10} \text{ c/m})=0.037 \text{ nm/Count}$$

Factor de normalización en la línea PAZ2:

$$1122.09 \text{ V/ms}^{-1} \cdot 78285702 \text{ ms}^{-1}/\text{m} \cdot 10^{-9} \text{ m/nm}=87.84 \text{ V/nm}$$

Ganancia Total en la línea DIG2:

$$3.87 \times 10^6 \text{ Count/V}$$

Bibliografía

1. Havskov, J., 1997. The SEISAN earthquake analysis software for the IBM PC and SUN version 6.0 manual, Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, 236 pp.
2. Brisbourne, A., 2004. Data Management Procedures. <http://www.le.ac.uk/seis-uk>