



513513 ADS. Unos asuntos de polos y ceros

Versión 1.0



Funciones de transferencia

▶ <https://ds.iris.edu/files/sac-manual/commands/transfer.html>

- Existen funciones que describen la transferencia entre el movimiento del suelo (desplazamiento, velocidad o aceleración) y lo que registrará el instrumento (voltaje, o cuentas digitales).
- La función de transferencia, $H(s)$, es la transformada de Laplace de la respuesta del instrumento. Esta función puede estar representado por polos y ceros.
- Los polos y ceros que requiere SAC deberían estar en unidades de rad/s, y representar la respuesta de desplazamiento del instrumento H_U .
- **Vamos a ver lo que significa eso.**

Polos y Ceros en SAC

```

* *****
* NETWORK (KNETWK): II
* STATION (KSTNM): PFO
* LOCATION (KHOLE): 00
* CHANNEL (KCMPNM): BHZ
* CREATED : 2011-08-11T00:24:07
* START : 2010-07-30T18:50:00
* END : 2599-12-31T23:59:59
* DESCRIPTION : Pinon Flat, California, USA
* LATITUDE : 33.610700
* LONGITUDE : -116.455500
* ELEVATION : 1200.0
* DEPTH : 5.3
* DIP : 0.0
* AZIMUTH : 0.0
* SAMPLE RATE : 20.0
* INPUT UNIT : M
* OUTPUT UNIT : COUNTS
* INSTTYPE : Streckeisen STS-1 Seismometer with Metrozet E300
* INSTGAIN : 3.314400e+03 (M/S)
* COMMENT : S/N #119005
* SENSITIVITY : 5.247780e+09 (M/S)
* A0 : 7.273290e+01
* *****
ZEROS 6
-7.853982e+01 +0.000000e+00
-1.525042e-01 +0.000000e+00
-1.525042e-01 +0.000000e+00
POLES 6
-1.207063e-02 +1.224561e-02
-1.207063e-02 -1.224561e-02
-1.522510e-01 +9.643684e-03
-1.522510e-01 -9.643684e-03
-4.832398e+01 +5.817080e+01
-4.832398e+01 -5.817080e+01
CONSTANT 3.816863e+11

```

Polos y Ceros en SAC

En la página anterior ...

- Se puede notar que los polos forman conjugatos complejos.
- Se puede notar INPUT UNIT esta en M, OUTPUT UNIT en COUNTS.
- El constante de los polos y ceros corresponde a la sensibilidad multiplicado por A0.
¿Por qué hay que combinar dos efectos?
- Dice que existen 6 ceros, pero solo hay 3 escritos. ¿Qué valores tienen los demás?

Polos y Ceros de un Fabricante

► <https://www.guralp.com/howtos/poles-and-zeroes-with-positive-normalisation-factors.shtml>

30 Second 3T, 3ESP & 40T (in Hz)

- **Pass-band:** 30 seconds to 50 Hertz
- **RESPONSE codes:** 30s, CMG-3_30s_50Hz or CMG-40_30s_50Hz

| Zeroes | Poles | Normalisation Factor at 1 Hz |
|--------|---------------------|------------------------------|
| 0 | -80.0 | A = 2 304 000 |
| 0 | -160.0 | |
| | -180.0 | |
| | -0.02356 + 0.02356j | |
| | -0.02356 - 0.02356j | |

- Los polos y ceros corresponde a la respuesta de velocidad H_v
- Los polos y ceros están en unidades de Hz.
- Note que este instrumento se puede conectar a diferentes digitalizadores con diferentes sensibilidades.

¿Cómo podemos convertir entre H_u y H_v ? Y cómo podemos escribir los polos y ceros en unidades de rad/s en vez de Hz?

Conversión entre H_u y H_v

La función H_v , que relaciona la velocidad del suelo ($v(t)$ en m/s) con la respuesta del instrumento ($z(t)$ en cuentas digitales):

$$Z(s) = H_v(s)V(s) \quad (1)$$

donde $V(s)$ es la transferencia de Laplace de $v(t)$, y $Z(s)$ la equivalente de $z(t)$:

$$V(s) = \int_{0^-}^{\infty} e^{-st} v(t) dt \quad (2)$$

$$Z(s) = \int_{0^-}^{\infty} e^{-st} z(t) dt \quad (3)$$

donde $v(t) = \frac{d}{dt}(u(t))$

Conversión entre H_u y H_v

Use (1), (2) e integración por partes para mostrar que $Z(s) = H_v(s)s \int_{0-}^{\infty} e^{-st} u(t) dt$

Conversión entre H_u y H_v

Entonces, ¿cuál es la relación entre H_u y H_v ?

Use una extensión de lógica para definir cuál es H_a , la respuesta del instrumento a la aceleración del suelo.

Conversión entre Hz y rad/s

Los valores de los polos y ceros en la tabla de Güralp están dados para s' en [Hz], en vez de s en radianes por segundo. En este caso, la función de transferencia $H(s)$ está dada por

$$H(s') = K' \frac{(s' - z'_1)(s' - z'_2) \dots (s' - z'_{m'-1})(s' - z'_m)}{(s' - p'_1)(s' - p'_2) \dots (s' - p'_{n-1})(s' - p'_n)} \quad (4)$$

y que la transformada de Laplace cambia si s' está en [Hz], o s está en radianes por segundo de la forma:

$$\mathcal{L}(f(t)) = F(s) \quad (5)$$

$$F(s) = \int_{0^-}^{\infty} e^{-2\pi s' t} f(t) dt, \quad s' \text{ esta en [Hz]} \quad (6)$$

$$F(s) = \int_{0^-}^{\infty} e^{-st} f(t) dt, \quad s \text{ esta en [rad/s]} \quad (7)$$

Conversión entre Hz y rad/s

Cuando se cambia las unidades de s de [Hz] a [rad/s], ¿cómo se cambian los valores de las partes reales e imaginarias de los polos y ceros?

Conversión entre Hz y rad/s

Cuando se cambia las unidades de s de [Hz] a [rad/s], ¿cómo se cambia el valor de K ?

Conclusiones

- A veces, polos y ceros están dadas en diferentes unidades, y para diferentes funciones de transferencia que las que usan el software sísmico.
- La conversión entre estas funciones es bastante sencillo.
- El servicio de IRIS esta bastante confiable, tiene un sistema de control de calidad que minimiza errores.
- Si tienen dudas sobre su función de transferencia, recuerden que: (i) La traza de un sismómetro en cuentas debería aparecer bastante similar a la velocidad del suelo; (ii) la traza de un acelerómetro en cuentas debería aparecer bastante similar a la aceleración del suelo.
- Si tienen dudas sobre el constante de la función, sugiero comparar la amplitud de una onda P telesísmica en su estación con otra estación cercana que tiene su respuesta instrumental confirmada.