

1. Cálculo de variables iniciales del sistema de control:

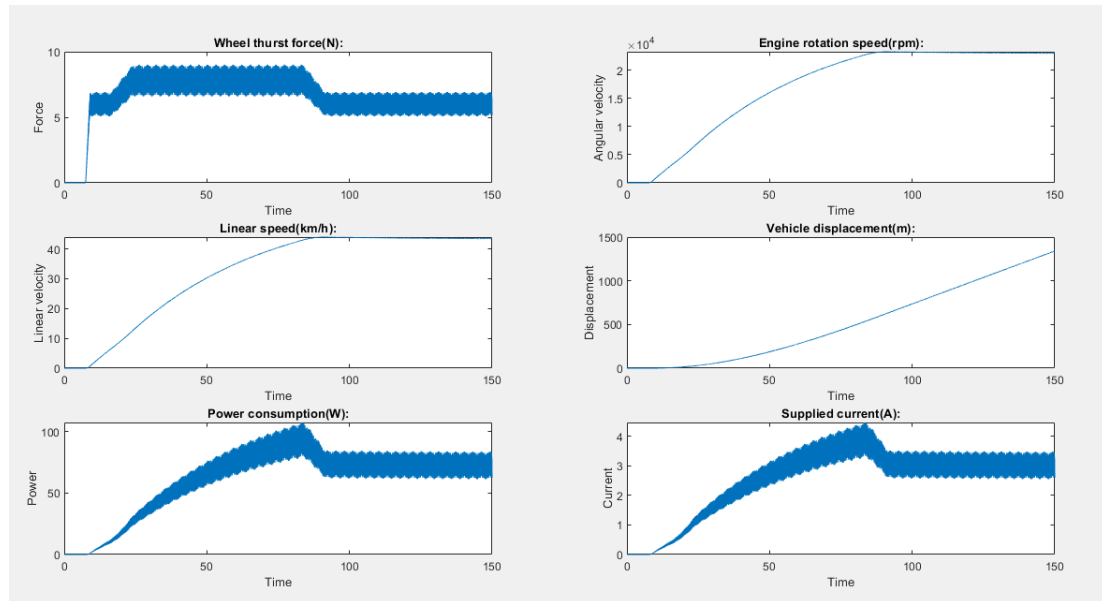


Fig. 1: Cálculo de variables iniciales

Para el primer paso se calculan todas las variables iniciales. En la figura se muestra que, la fuerza de empuje de la rueda (N) a partir de los datos de torsión, la velocidad lineal del vehículo (km/h), el consumo de energía del sistema (W), la velocidad de rotación del motor (RPM), el desplazamiento del vehículo (m) y la corriente de alimentación (A).

2. Implementación en Simulink del sistema de control de velocidad, donde el regulador de velocidad es PI y la salida es el par motor:

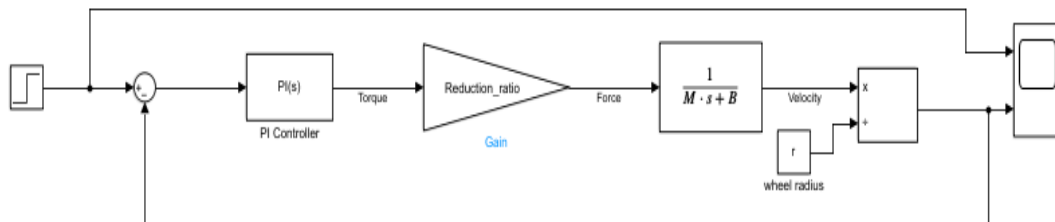


Fig. 2: Modelo Simulink del sistema de control

Se ha diseñado un controlador PI para el regulador de velocidad. El controlador PI es un algoritmo de control de uso común que combina control proporcional e integral para lograr la respuesta deseada. Las ganancias proporcionales e integrales del controlador se ajustan mediante el método de prueba y error para cumplir con los requisitos del sistema. El modelo de planta debe capturar la relación entre el par de entrada y la velocidad resultante del motor. Al seleccionar los valores

de K_p (ganancia proporcional) y K_i (ganancia integral) para un controlador PI (Proporcional-Integral) mediante el método de prueba y error, se trata de un proceso iterativo de ajuste de las ganancias y evaluación del rendimiento del controlador. Comience ajustando la ganancia proporcional K_p mientras mantiene K_i constante. Aumente K_p si la respuesta es demasiado lenta o disminúyalo si hay sobreimpulso o inestabilidad. Ajuste el valor para lograr una respuesta deseable. Una vez que tengamos una respuesta satisfactoria ajustando K_p , podemos ajustar la ganancia integral K_i . Aumentar K_i para reducir el error de estado estable y disminuirlo para mejorar el tiempo de establecimiento de la respuesta. Tenga cuidado de no configurar K_i demasiado alto, ya que puede introducir inestabilidad u oscilaciones.

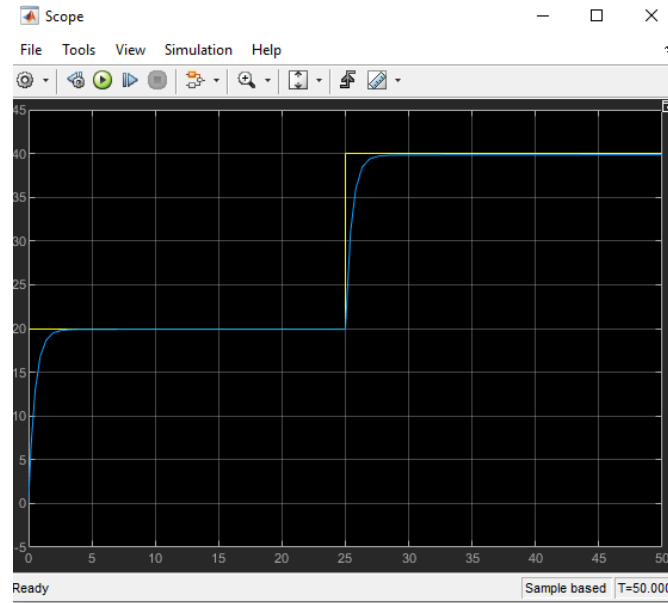


Fig. 3: Salida del modelo de Simulink

Para probar el controlador, se aplica un cambio de paso en el par de referencia de 20 a 40 y se registra la respuesta. Puede verse en la figura que el par medido sigue al par de referencia.

3. Mejoras:

1. Obtener la FFT de la Señal:

Se ha calculado la FFT del par de entrada (Fig. 4). El curso de tiempo para los datos de torsión es de 150 segundos y no es periódico. Se puede observar que la amplitud de la FFT muestra claramente un pico. Hay elementos periódicos con frecuencias respectivas de 13, 23 y 31 Hz. Dado que no se almacena más información más allá de la frecuencia de Nyquist y la curva simplemente se refleja, la amplitud de FFT se normalizó para la presentación y solo se examinaron los datos por debajo de esa frecuencia. Si hay armónicos en el ruido, el análisis es un desafío. Dada su génesis compartida, las frecuencias de varios componentes pueden estar conectadas entre sí o pueden tener frecuencias completamente diferentes.

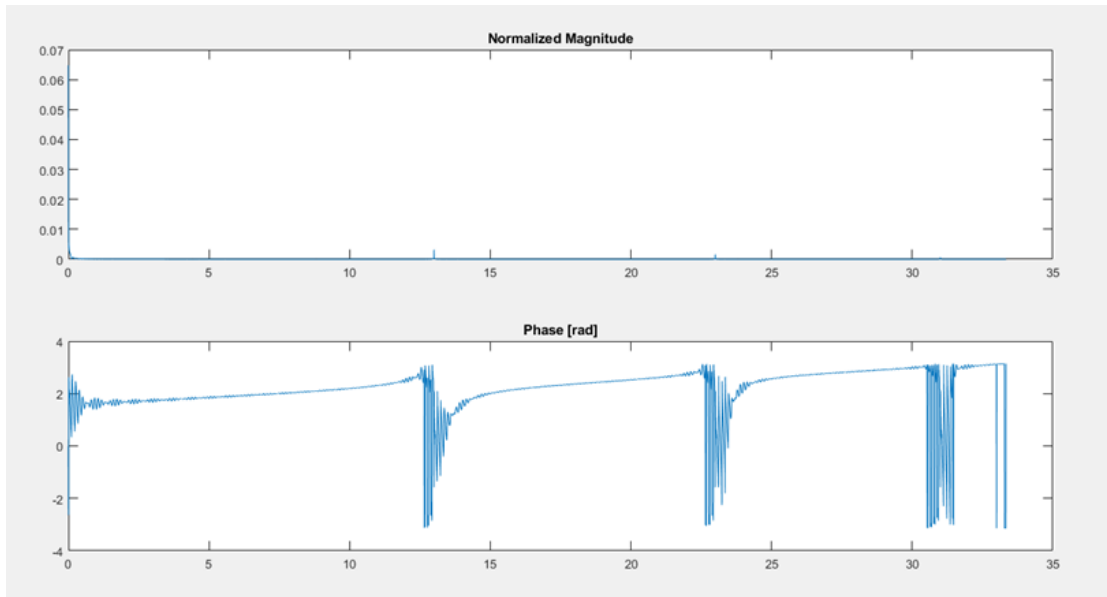


Fig. 4: FFT de la señal de entrada

2. Diseñe e implemente el filtro Butterworth de segundo orden:

Un filtro Butterworth de segundo orden es un tipo de filtro electrónico con una respuesta de frecuencia plana en la banda de paso y una caída gradual en la banda de parada. Es un filtro IIR que utiliza retroalimentación en su implementación. Con una tasa de caída de 12 dB por octava o 40 dB por década, proporciona una transición suave entre la banda de paso y la banda de parada. La frecuencia de corte determina dónde comienza el filtro a atenuar la señal de entrada.

La frecuencia de corte se eligió significativamente más baja que la frecuencia de ruido de 13 y la dividimos por 10 y elegimos 2 Hz. Los filtros Butterworth de segundo orden se valoran por su simplicidad, respuesta plana máxima y versatilidad en aplicaciones como procesamiento de audio, suavizado de datos y sistemas de control.

3. Implementación de dicho filtro en Matlab . Representación de señales sin filtrar y filtradas tanto en tiempo como en frecuencia (FFT):

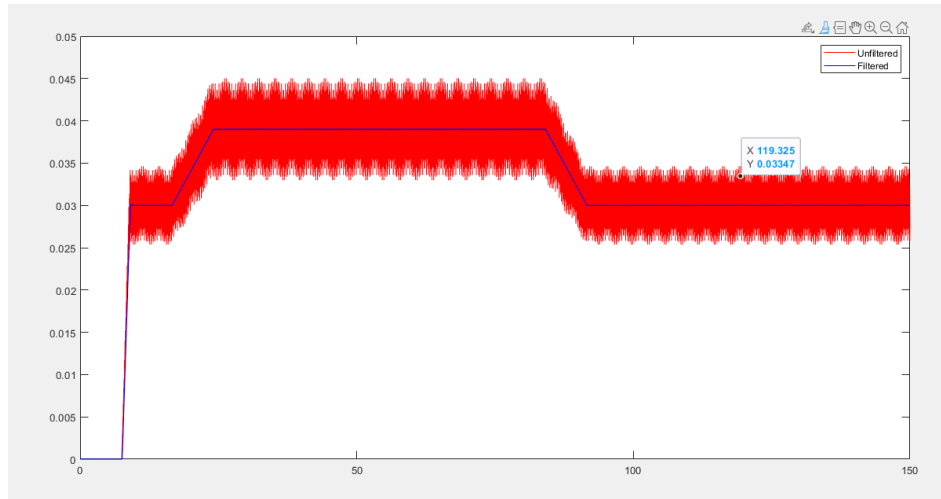


Fig. 5: Par filtrado y sin filtrar

Podemos ver que los filtros Butterworth están funcionando correctamente. En la fig. 5, es visible que el par filtrado ha reducido el ruido de los datos iniciales del par sin filtrar. Tiene un amplio espectro de la señal, incluidas las frecuencias deseadas y no deseadas.

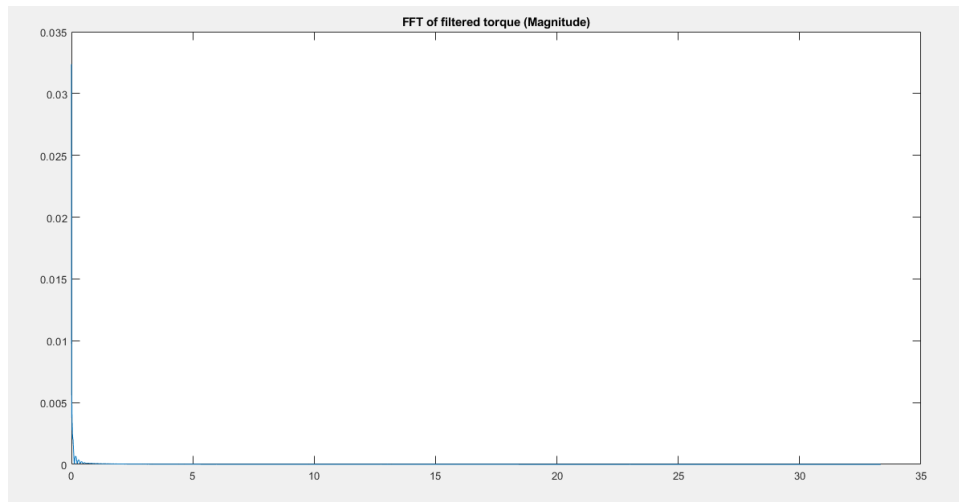


Fig. 6: FFT del par filtrado

La FFT de la señal de par filtrada revela los componentes de frecuencia que quedan después de aplicar el filtro. Muestra el espectro modificado con frecuencias atenuadas o eliminadas. Podemos ver que ahora no hay picos en los datos de torsión.

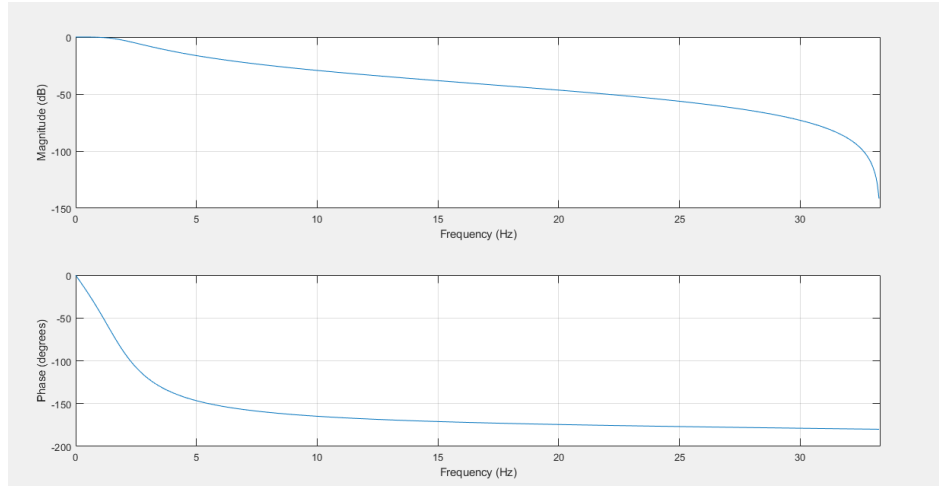


Fig. 7: Respuesta de frecuencia del par filtrado

Se ha visto que el filtro modifica la magnitud y fase de cada componente de frecuencia. Dado que aquí se consideran los datos de medición registrados, el cambio de fase tiene menos importancia que en un sistema de control, pero se tiene cuidado de que el curso del tiempo del par no se desplace demasiado.

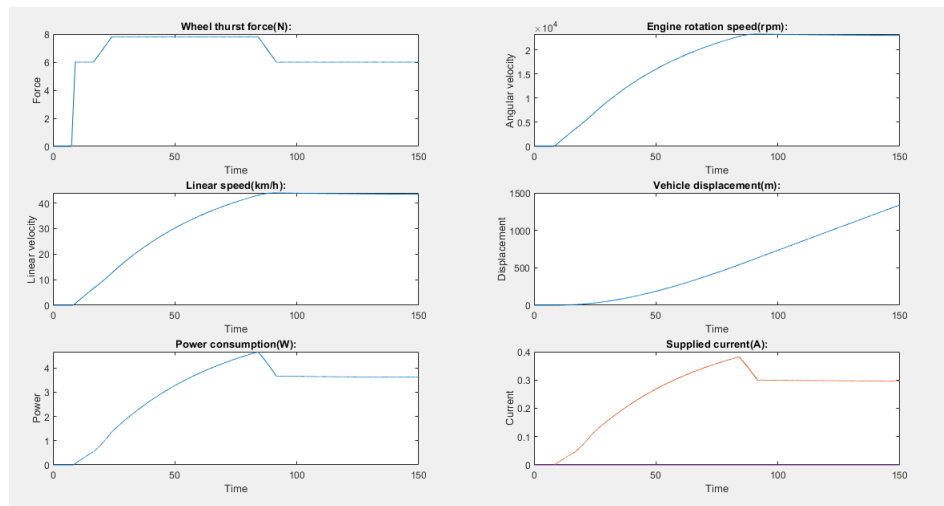


Fig. 8: Variables calculadas después de agregar el filtro

Podemos ver que todas las variables han sido calculadas antes con adición al filtro diseñado.