

Capítulo 4

Simulaciones

4.1. Introducción

Las simulaciones son parte primordial de esta tesis, ya que sin estas no podríamos comprobar los valores experimentales y teóricos resultantes, de modo que esta sección estará dividida en dos partes principales, las simulaciones en Simulink de Matlab que nos ayudaron para comparar las señales resultantes del circuito y las simulaciones .M para el cálculo de C_1 y C_2 por FD en matlab.

Del mismo modo que en capítulos anteriores el análisis matemático y de las señales está contemplado en esta capítulo y el código de las simulaciones está incluido en el Apendice A.

El proceso para la programación de la simulaciones en Matlab y simulink siguió el mismo principio que fue utilizado en la parte experimental. Se baso en los cálculos teóricos de Función Descriptiva para programarse por partes las simulaciones y recrear poco a poco el comportamiento del control y la planta, tomando en cuenta las variables del sistema como son voltaje y frecuencia.

En la siguiente imagen se muestra la separación por bloques de programación, que fueron tomados de esta forma solo para facilitar la programación y ordenar el proceso de análisis.

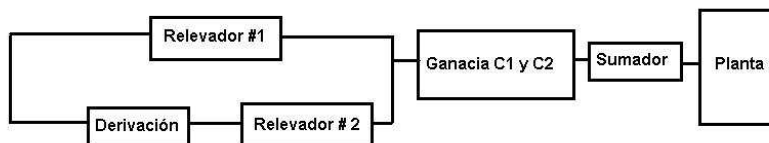


Figura 4.1: Diagrama de bloques Simulink.

4.2. Separación en Bloques de Simulación

En el diagrama de bloques principal de Simulink utilizamos constantes como condiciones iniciales, ya que sin estas el circuito simulado no puede empezar a oscilar, siendo esta, una de las primeras diferencias que encontramos con el circuito.

Simulink no toma en cuenta las dinámicas no modeladas de la planta o perturbaciones como corrientes parásitas. Por lo que para la programación del control se empezó por separar sus elementos en bloques que permitieran recrear mas fácil el control y la planta teóricos. Para poder programar el circuito simulado se utilizó como especificaciones de simulación un tiempo de paso de 5μ , el método de integración de Euler y un tiempo de simulación de 0.5 segundos para todas las simulaciones, las cuales son valores que se fueron adaptando conforme se fue programando la simulación y que son especificaciones importantes para recrear las simulaciones.

A continuación se muestra el diagrama general de la simulación, del cual se analizaran bloques específicos.

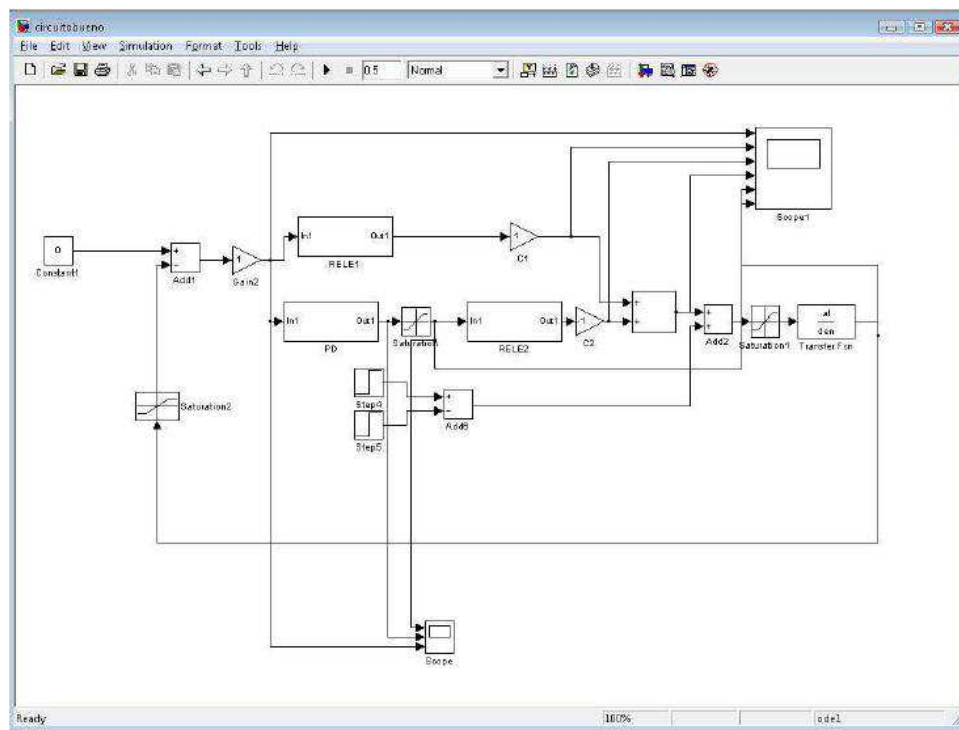


Figura 4.2: Diagrama de bloques Simulink.

El primer paso fue simular los relevadores, para los que utilizamos la función "Saturation" que nos ayuda a recrear la señal generada físicamente por los relevadores. Esta señal la multiplicamos por una ganancia para lograr la restricción que físicamente nos dan los diodos Zener en el circuito Limitador-Recortador.

El siguiente paso y uno de los más importantes fue modelar y programar la planta RLC, de manera que se ajustara lo más posible a la realidad, esto fue posible mediante el editor .M de matlab con el cual se programó la planta basandonos en la función de transferencia.

Gracias a este paso previo, el manejo de la planta en la simulación se facilitó de manera drástica, siendo mucho mas fácil añadir un bloque pre-programado que fuera nuestra función de transferencia de la planta. Como se vio en el capítulo 3 de esta tesis, la planta está formada por un circuito RLC, que se muestra a continuación como bloque de simulink.

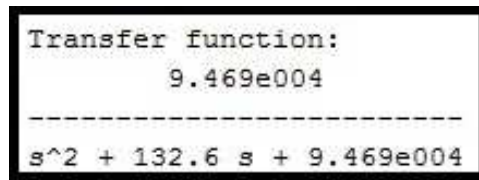


Figura 4.3: Bloque Función de transferencia.

Existen varias diferencias en la programación de la parte teórica a la experimental, ya que cuando diseñamos la implementación física de nuestro circuito, se utilizaron amplificadores operacionales para tareas específicas del control, sin embargo, en simulink los bloques que físicamente se manejan como amplificadores operacionales son reemplazados por bloques especiales, programados previamente de tal manera que fueran fáciles de reutilizar y de cambiar sus características. Por ejemplo tenemos los bloques que representan a los relevadores en el circuito recortador-limitador, que es la configuración con la cual se puede obtener una señal parecida a la de un relevador pero con características de voltaje dadas por los diodos Zener. En la simulación representamos este bloque como:

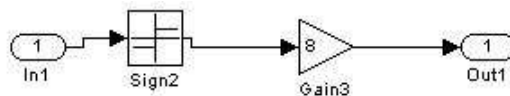


Figura 4.4: Bloque Recortador-Limitador.

Los amplificadores operacionales en configuración de sumador o Derivador son de mas fácil manejo ya que Simulink cuenta con bloques destinados para estas funciones.

Otra parte de la implementación fue la de los potenciómetros, con los cuales sintonizamos el sistema y que dan una ganancia variable a las señales, de tal forma que C_1 y C_2 son representados por ganancias simples que no podemos ajustar una vez que el programa ha sido ejecutado, sin embargo, al modificarlos una vez terminada la ejecución del programa logramos sintonizar el sistema como si la ganancia fuera variable en todo momento.

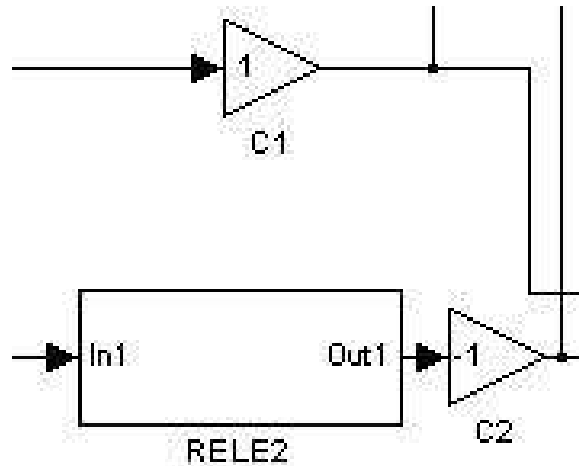


Figura 4.5: Bloque de Ganancias Variables.

4.3. Señales del sistema

Al igual que en la parte física de este proyecto, el análisis de las señales simuladas va desde las señales de los relevadores hasta la señal de salida acondicionada del sistema, dando como resultado las gráficas voltaje/tiempo que se analizan a continuación y que tienen su equivalente físico en la parte experimental.

La primera señal a considerar es la señal proveniente de los relevadores, que está formada como se muestra en la figura 4.2 por un bloque de simulink de la función signo y es después multiplicada por una ganancia que le da el valor de voltaje que en el circuito otorgan los diodos Zener, el resultado son señales cuadradas de 4.7 y 6.8 vols. como se puede ver en la siguiente figura.

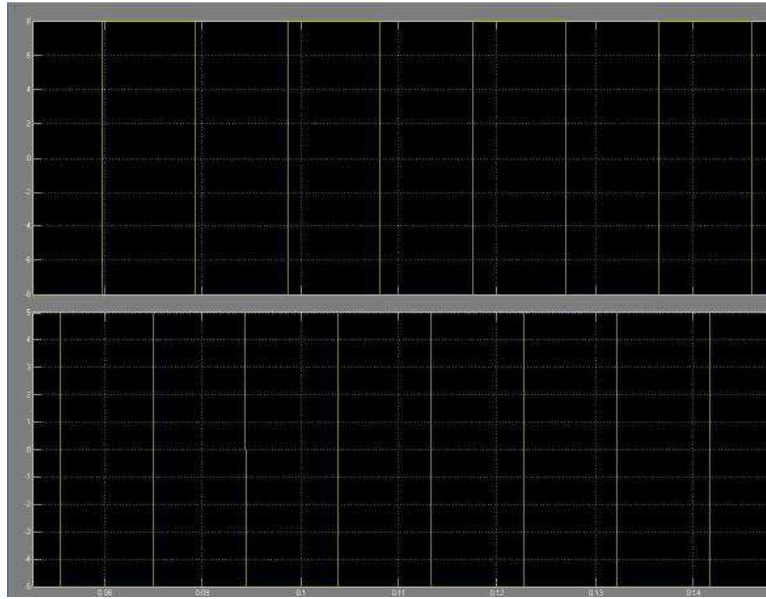


Figura 4.6: Señal de los Relevadores.

La señal de control es parte primordial de las simulaciones, porque además de orientarnos en forma de la suma de las señales de los relevadores, podemos comparar C_1 y C_2 de forma gráfica, análisis que se realiza en el siguiente capítulo de esta tesis, en la parte experimental.

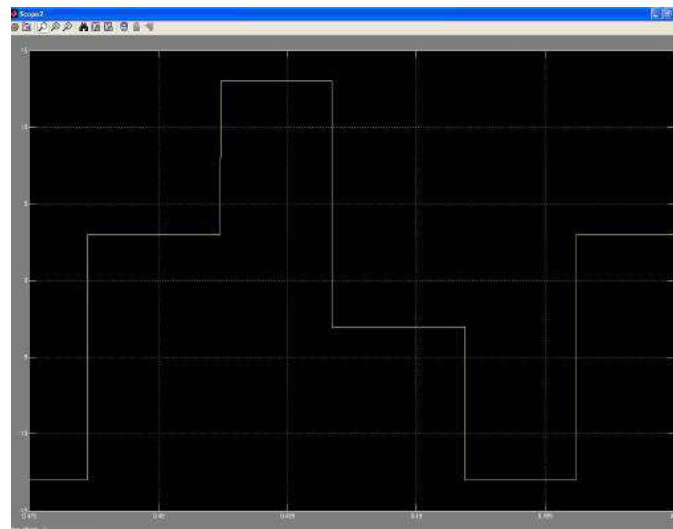


Figura 4.7: Señal Simulada de Control.

Como se puede ver en la figura 4.6 la señal de control tiene la misma frecuencia de 60 Hertz y una

amplitud de 220 mV, con la que se calculó de forma Teórica y se demostrará experimentalmente.

La siguiente señal para el análisis, es la señal de salida, la cual en simulaciones nos ayuda a corroborar el control que se le aplica a la planta y poder así comprobar los cálculos teóricos realizados sobre las oscilaciones en frecuencia y amplitud, de modo que al ser igual a la señal obtenida experimentalmente podemos así asegurar cálculos teóricos acertados.

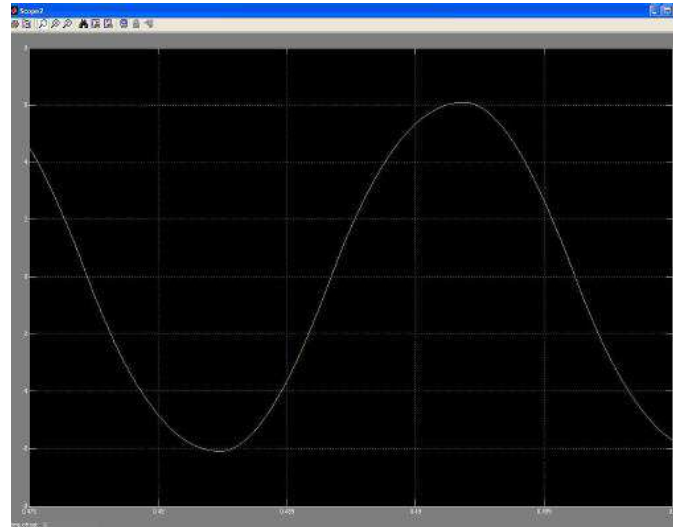


Figura 4.8: Señal Simulada de Salida.

Por último, tenemos la señal de salida acondicionada, que en la simulación debe pasar por el bloque que utilizamos como condición inicial, sin el cual el sistema no puede oscilar y que no afecta el funcionamiento de los demás bloques o del sistema en general.

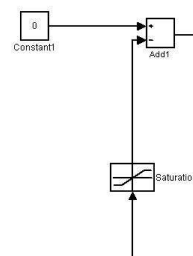


Figura 4.9: Bloque de condición inicial.

La señal de salida acondicionada se retroalimenta negativamente y vuelve a entrar a los bloques de los relevadore.

Cabe mencionar que en la simulaciones no ocurren fenómenos físicos de relevancia para esta tesis,

como lo son, los límites de frecuencia de corte en frecuencias altas y bajas que afectan las señales dado que en las simulaciones no tenemos factores que influyen en el desempeño del circuito como son las armónicas y el comportamiento de filtro del sistema.

4.4. Análisis de Resultados Simulados

Los resultados simulados fueron de suma importancia para el análisis general del proyecto, ya que sin estos se tendría un punto de partida para el análisis físico del circuito, de modo que los resultados para función descriptiva en simulación se muestran en la siguiente tabla.

Frecuencia	Amplitud	C_1 TEO	C_2 TEO	Frecuencia Simulada
50 Hz	50	0.0017	-0.0173	54.54
60 Hz	50	0.0197	-0.0173	57.47

Cuadro 4.1: Resultados de Simulación FD

Como parte final de las simulaciones se calculo el error obtenido con respecto a la teoría, lo que da una noción de lo aproximado de los métodos.

Error en Frecuencia	% de error
50 Hz	9.0810
60 Hz	4.2146

Cuadro 4.2: Errores Experimentales en frecuencia

Como se puede apreciar en esta última tabla, el porcentaje de error en nuestro sistema simulado es menor al 10%, lo que nos indica el grado de aproximación del método de función descriptiva y la validez de las simulaciones. A continuación mostramos las señales correspondientes a nuestros resultados simulados.

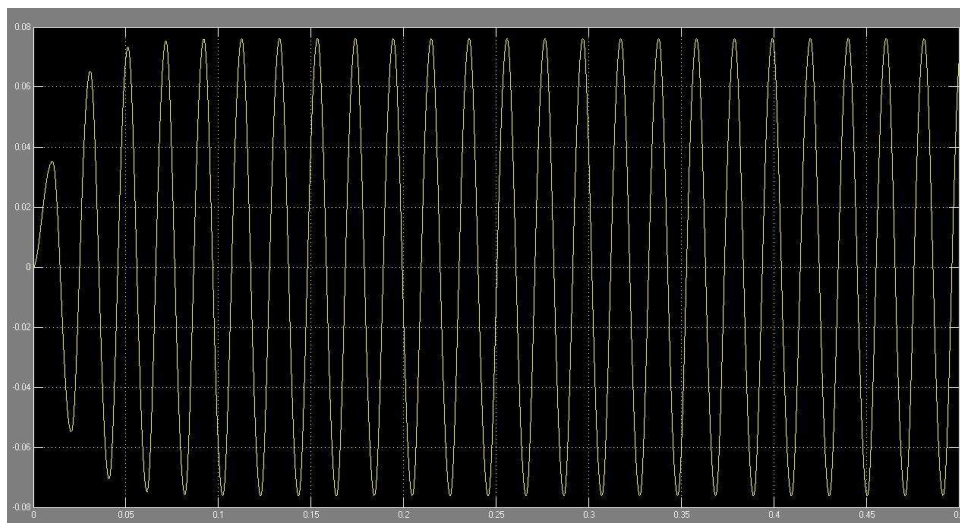


Figura 4.10: Resultados simulados a 50 HZ.



Figura 4.11: Resultados simulados a 60 HZ.