

# Control 1- Compensadores mediante el método del LGR

Carlos Mario Paredes

Septiembre 2021

Los sistemas de control se diseñan para realizar tareas específicas. Los requerimientos impuestos sobre el sistema de control se detallan como especificaciones de desempeño. Por lo general se refieren a la precisión, la estabilidad relativa y la velocidad de respuesta.

## 1 Compensación del sistema

Establecer la ganancia es el primer paso encaminado para ajustar el sistema y cumplir con un desempeño satisfactorio. Sin embargo, en muchos casos prácticos, ajustar solamente la ganancia tal vez no proporcione una alteración suficiente del comportamiento del sistema para cumplir las especificaciones dadas. Como ocurre con frecuencia, incrementar el valor de la ganancia mejora el comportamiento en estado estable pero produce una estabilidad deficiente o, incluso, inestabilidad. En este caso, es necesario volver a diseñar el sistema (modificando la estructura o incorporando dispositivos o componentes adicionales) a fin de alterar el comportamiento general, de modo que el sistema se comporte como se requiere. Este nuevo diseño o adición de un dispositivo apropiado se denomina compensación. Un elemento insertado en el sistema para satisfacer las especificaciones se denomina compensador. El compensador modifica el desempeño con déficit del sistema original.

La Fig 1 muestra el esquema de compensación en serie.

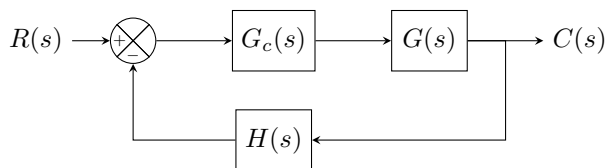


Fig. 1: Sistema en lazo cerrado, compensación en serie

Al analizar los compensadores, solemos utilizar términos como red de adelanto, red de atraso, y red de atraso-adelanto. Si se aplica una entrada senoidal  $e_i$  a la entrada de una red, y la salida en estado estable  $e$ , (que también es

senoidal) tiene un adelanto de fase, el sistema se denomina red de adelanto. Si la salida en estado estable  $e$ , tiene un atraso de fase, la red se denomina red de atraso. En una red de atraso-adelanto, ocurren tanto un atraso de fase como un adelanto de fase en la salida, pero en diferentes regiones de frecuencia; el atraso de fase ocurre en la región de baja frecuencia y el adelanto de fase ocurre en la región de alta frecuencia. Un compensador que tenga la característica de una red de adelanto, una red de atraso, o una red de atraso-adelanto se denomina compensador de adelanto, compensador de atraso, o compensador de atraso-adelanto, respectivamente.

## 1.1 Compensadores

Si se necesita un compensador para cumplir las especificaciones de desempeño, el diseñador debe planear un dispositivo físico que tenga prescrita la función de transferencia del compensador.

Entre los muchos tipos de compensadores, los de mayor uso son los compensadores de adelanto, los de atraso, los de atraso-adelanto y los de realimentación de velocidad (tacómetros). En este capítulo limitaremos nuestro análisis a estos tipos. Los compensadores de adelanto, de atraso y de atraso-adelanto pueden ser dispositivos electrónicos (tales como circuitos que usen amplificadores operacionales), redes RC (eléctricas, mecánicas, neumáticas, hidráulicas o una combinación de ellas) o amplificadores. En el diseño real de un sistema de control, el que se use un compensador electrónico, neumático o hidráulico debe decidirse parcialmente con base en la naturaleza de la planta que se controla. Por ejemplo, si la planta que se controla contiene fluidos inflamables, debe optarse por los componentes neumáticos (tanto un compensador como un actuador) para eliminar la posibilidad de que salten chispas. Sin embargo, si no existe el riesgo de incendio, los que se usan con mayor frecuencia son los compensadores electrónicos. (De hecho, es común transformar las señales no eléctricas en señales eléctricas, debido a la sencillez de la transmisión, mayor precisión, mayor confiabilidad, más facilidad de compensación, etcétera.)

## 1.2 Consideraciones preliminares de diseño

Al desarrollar un sistema de control, sabemos que la modificación adecuada de la dinámica de la planta puede ser una forma sencilla de cumplir las especificaciones de desempeño. Sin embargo, tal vez esto no sea posible en muchas situaciones prácticas, debido a que la planta esté fija y no pueda modificarse.

Por tanto, los problemas de diseño son aquellos que implican la mejora del desempeño de un sistema mediante la inserción de un compensador. La compensación de un sistema de control se reduce al diseño de un filtro cuyas características tiendan a compensar las características inconvenientes o inalterables de la planta.

### 1.2.1 Enfoque del LGR para el diseño de un sistema de control

En la práctica, una gráfica del lugar geométrico de las raíces de un sistema indica que el desempeño deseado no puede obtenerse con sólo el ajuste de la ganancia. De hecho, en algunos casos, tal vez el sistema no sea estable para todos los valores de ganancia. En este caso, es necesario volver a construir los lugares geométricos de las raíces para cumplir las especificaciones de desempeño. Cuando se diseña un sistema de control, si se requiere de un ajuste diferente al de la ganancia, debemos modificar los lugares geométricos de las raíces originales insertando un compensador conveniente. Una vez comprendidos los efectos de la adición de los polos y/o ceros sobre el lugar geométrico de las raíces, podemos determinar con facilidad las ubicaciones de los polos y los ceros del compensador que volverán a dar una forma conveniente al lugar geométrico de las raíces. En esencia, en el diseño realizado mediante el método del lugar geométrico de las raíces, los lugares geométricos de las raíces del sistema se vuelven a construir mediante el uso de un compensador, a fin de poder colocar un par de polos dominantes en lazo cerrado en la posición deseada. (A menudo se especifican el factor de amortiguamiento y la frecuencia no amortiguada natural de un par de polos dominantes en lazo cerrado.)