

Sistemas de Control y Servicios

Trabajo Practico N°2 Ejercicio N°1

Alumna: Maria Lilen Guzmán

Realizar un análisis de los diferentes tipos de controladores y su clasificación según su función.

En un sistema con un sistema de control, según sea la forma en que conteste el actuador, distinguiremos distintos tipos de acciones de control:

- **Controlador proporcional (P):**

En un controlador proporcional, la salida, también conocida como señal de actuación, se ajusta de manera directamente proporcional a la señal de error, que es la discrepancia entre el punto objetivo deseado y la variable del proceso. En términos simples, la salida de un controlador proporcional se calcula multiplicando la señal de error por la ganancia proporcional (K_p). Esta ganancia determina la fuerza con la que el controlador responde a las desviaciones del punto objetivo, y su ajuste adecuado es crucial para lograr un control eficaz y estable del sistema.

Por lo tanto, la salida del controlador proporcional (U) se puede expresar matemáticamente como:

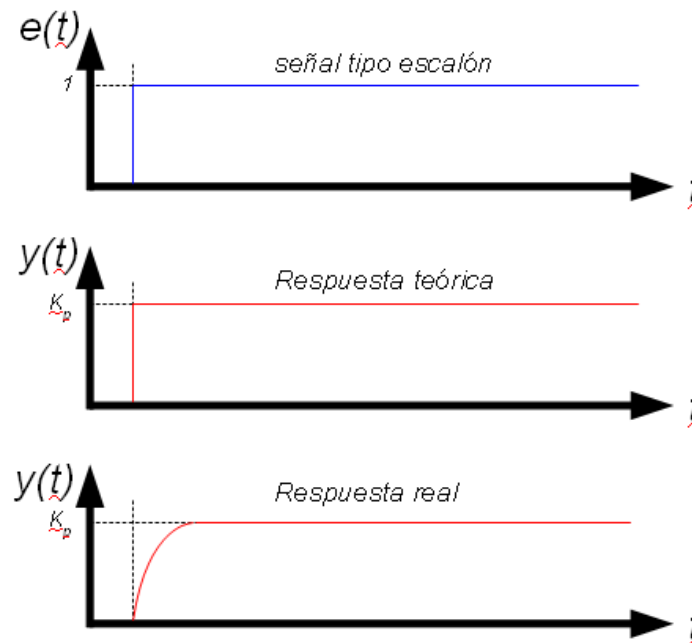
$$U(t) = K_p \cdot e(t)$$

Donde:

- $U(t)$ es la salida del controlador en el tiempo t .
- K_p es la ganancia proporcional.
- $e(t)$ es la señal de error en el tiempo t .

Esto significa que, si el error es grande, la salida del controlador será mayor, lo que ayuda a corregir el error más rápidamente. Por el contrario, si el error es pequeño, la salida del controlador será menor, lo que evita oscilaciones en la variable de control. Sin embargo, los controladores proporcionales no eliminan completamente el error de estado estacionario, lo que significa que puede haber una diferencia persistente entre la salida deseada y la salida real incluso después de que el sistema haya alcanzado el equilibrio. La ganancia proporcional (K_p) es un parámetro crucial en el control proporcional. Determina la sensibilidad del controlador a las variaciones en el error: un valor mayor de K_p aumenta la influencia del error en la salida del controlador, lo que puede mejorar la capacidad de respuesta del sistema, pero también aumentar el riesgo de oscilaciones no deseadas o inestabilidades. Por otro lado, un valor menor de K_p puede proporcionar una respuesta más suave, pero puede resultar en una regulación menos precisa o lenta del sistema. Es importante ajustar adecuadamente la ganancia proporcional para lograr un equilibrio entre la capacidad de respuesta y la estabilidad del sistema.

La respuesta, en teoría es instantánea, con lo cual el tiempo no intervendría en el control. En la práctica, no ocurre esto, si la variación de la señal de entrada es muy rápida, el controlador no puede seguir dicha variación y presentará una trayectoria exponencial hasta alcanzar la salida deseada.



En general los controladores proporcionales (P) siempre presentan una respuesta con un cierto error remanente, que el sistema es incapaz de compensar.

Las ventajas del controlador proporcional son:

- Reducción del error de estado estacionario: El controlador proporcional ayuda a minimizar el error de estado estacionario, lo que significa que el sistema tiende a alcanzar el valor deseado de manera más precisa y rápida.
- Mejora de la estabilidad: Al reducir el error de estado estacionario, el controlador proporcional contribuye a una mayor estabilidad del sistema, lo que se traduce en un funcionamiento más suave y predecible.
- Mayor velocidad de respuesta: En sistemas donde la respuesta inicial es lenta o sobreamortiguada, el controlador proporcional puede ayudar a mejorar la velocidad de respuesta, lo que permite alcanzar el valor deseado más rápidamente.

Desventajas asociadas con el uso de controladores proporcionales:

- **Compensaciones en el sistema:** La introducción de un controlador proporcional puede llevar a compensaciones no deseadas en el sistema, como la amplificación de ruidos o perturbaciones externas.
- **Aumento del sobregiro:** En algunos casos, el uso de un controlador proporcional puede aumentar el sobregiro máximo del sistema, lo que significa que la respuesta del sistema puede oscilar alrededor del valor deseado antes de estabilizarse por completo.

Ejemplo: El control proporcional es el tipo de control que utilizan la mayoría de los controladores que regulan la velocidad de un automóvil. Si el automóvil se encuentra moviéndose a la velocidad objetivo y la velocidad aumenta ligeramente, la potencia se reduce ligeramente, o en proporción al error (la diferencia entre la velocidad real y la velocidad objetivo), de modo que el automóvil reduce la velocidad poco a poco y la velocidad se aproxima a la velocidad objetivo.

- **Controlador Integral (I):**

En estos controladores el valor de la acción de control es proporcional a la integral de la señal de error, por lo que en este tipo de control la acción varía en función de la desviación de la salida y del tiempo en el que se mantiene esta desviación.

El controlador integral actúa para reducir la discrepancia entre la salida deseada y la salida real del sistema integrando continuamente el error acumulado.

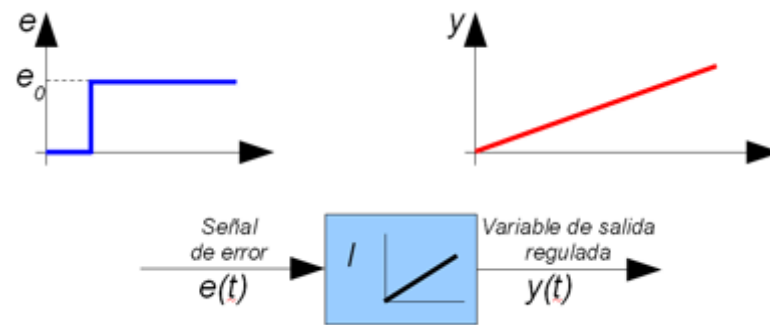
Matemáticamente, la salida del controlador integral (U) se puede expresar como:

$$U(t) = K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Donde:

- $U(t)$ es la salida del controlador en el tiempo t .
- K_i es la ganancia integral.
- $e(t)$ es la señal de error en el tiempo t .
- τ es una variable de integración que va desde 0 hasta t .

La respuesta temporal de un regulador integral es:



La función principal del controlador integral es eliminar el error de estado estacionario, es decir, la diferencia persistente entre la salida deseada y la salida real, que no se puede corregir con un controlador proporcional solo. A medida que el controlador integral acumula el error a lo largo del tiempo, aumenta gradualmente la señal de control, lo que permite al sistema alcanzar el punto de ajuste deseado de manera más precisa y estable.

La ganancia integral (K_i) es un parámetro crucial en el control integral. Determina la rapidez con la que el controlador integra el error acumulado. Un valor mayor de K_i aumenta la influencia del error en la salida del controlador integral, lo que puede acelerar la respuesta del sistema, pero también aumentar el riesgo de oscilaciones no deseadas o inestabilidades. Por otro lado, un valor menor de K_i puede proporcionar una respuesta más suave, pero puede resultar en una regulación menos precisa o más lenta del sistema.

Ventajas del Controlador Integral:

- Debido a su capacidad única, los controladores integrales pueden llevar la variable controlada de vuelta al punto de ajuste exacto después de una perturbación, lo que los convierte en controladores de "reinicio". Esto significa que pueden corregir eficazmente cualquier desviación del punto deseado, lo que resulta en un control preciso y estable del sistema.

Desventajas del Controlador Integral:

- Por otro lado, los controladores integrales tienden a hacer que el sistema sea más propenso a la inestabilidad, ya que responden lentamente al error producido. Esta respuesta lenta puede provocar oscilaciones no deseadas en el sistema, lo que puede afectar negativamente su rendimiento y estabilidad a largo plazo.

Ejemplo: Supongamos que tenemos un sistema de control que regula la temperatura de un horno industrial. Utilizamos un controlador integral para mantener la temperatura del horno en un valor deseado de 300°C. Imaginemos que una ráfaga de viento frío entra en la zona donde se encuentra el horno. Esto hace que la temperatura del horno disminuya repentinamente a 250°C, por debajo del punto de ajuste deseado. Debido a la acción integral del controlador, comienza a acumular el error a lo largo del tiempo y aumenta gradualmente la salida del controlador para corregir la diferencia entre la temperatura real y la temperatura deseada. Con el tiempo, el controlador integral logra devolver la temperatura del horno al valor objetivo de 300°C, restaurando así el funcionamiento normal del sistema.

- **Controlador Derivativo (D):**

Como su nombre indica, la acción de control derivativo es proporcional a la derivada de la señal de error $e(t)$, multiplicada por la constante K_d . La derivada del error es otra forma de referirse a la "velocidad" del error. Esto significa que el controlador derivativo responde a la rapidez con la que el error está cambiando en lugar de al valor actual del error o al error acumulado a lo largo del tiempo.

La salida del controlador derivativo $U(t)$ se calcula multiplicando la velocidad de cambio del $\frac{de(t)}{dt}$ error por una ganancia derivativa K_d .

$$U(t) = K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

Donde:

- $U(t)$ es la salida del controlador en el tiempo t .
- K_d es la ganancia derivativa.
- $de(t)/dt$ es la derivada temporal del error en el tiempo t .

Ventajas del Controlador Derivativo:

- Mejora la respuesta transitoria del sistema.
- Rápida respuesta a cambios en el error.

Desventajas del Controlador Derivativo:

- Sensibilidad al ruido y perturbaciones
- Requiere ajuste cuidadoso de parámetros: La ganancia derivativa (K_d) debe ajustarse cuidadosamente para evitar oscilaciones excesivas o inestabilidades en el sistema. Un ajuste incorrecto de los parámetros del controlador derivativo puede empeorar la estabilidad del sistema en lugar de mejorarla.

- **Controladores PID (Proporcional-Integral-Derivativo):**

Es un sistema de regulación que trata de aprovechar las ventajas de cada uno de los controladores de acciones básicas (P, I, D), de manera, que si la señal de error varía lentamente en el tiempo, predomina la acción proporcional e integral y, mientras que si la señal de error varía rápidamente, predomina la acción derivativa. Tiene la ventaja de ofrecer una respuesta muy rápida y una compensación de la señal de error inmediata en el caso de perturbaciones. Presenta el inconveniente de que este sistema es muy propenso a oscilar y los ajustes de los parámetros son mucho más difíciles de realizar.

Fórmula Matemática del Controlador PID:

La salida del controlador PID se calcula como la suma ponderada de las tres acciones de control: proporcional, integral y derivativa. La fórmula matemática general del controlador PID se expresa como:

$$U(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

Donde:

- $U(t)$ es la salida del controlador en el tiempo t .
- $e(t)$ es el error en el tiempo t .
- K_p , K_i y K_d son las ganancias de los componentes proporcional, integral y derivativo, respectivamente.

Ventajas de los Controladores PID:

- **Flexibilidad:** Los controladores PID son versátiles y pueden adaptarse a una amplia gama de sistemas y aplicaciones.
- **Precisión:** Proporcionan un control preciso y eficaz de los sistemas dinámicos, lo que permite mantener la variable controlada cerca del valor deseado.
- **Estabilidad:** La combinación de acciones proporcional, integral y derivativa ayuda a mejorar la estabilidad del sistema y a reducir el tiempo de respuesta.

Desventajas de los Controladores PID:

- **Ajuste complicado:** Requieren un ajuste cuidadoso de las tres ganancias K_p , K_i y K_d para lograr un rendimiento óptimo del sistema.
- **Sensibilidad al ruido:** La acción derivativa puede amplificar el ruido en la señal de error, lo que puede provocar una respuesta inestable del sistema.
- **No son adecuados para todos los sistemas:** Los controladores PID pueden no ser adecuados para sistemas no lineales o altamente no lineales, donde otras estrategias de control pueden ser más efectivas.

Ejemplo: Un sistema de control PID, sería la conducción de un automóvil. Cuando el cerebro (controlador) da una orden de cambio de dirección o velocidad a las manos y/o los pies (actuadores), si la maniobra corresponde con una situación normal de conducción, el control predominante del sistema es el proporcional, que modificará la dirección hasta la deseada con más o menos precisión. Una vez que la dirección esté próxima al valor deseado, entra en acción el control integral que reducirá el posible error debido al control proporcional, hasta posicionar el volante en el punto preciso. Si la maniobra se efectúa lentamente, la acción del control diferencial no tendrá apenas efecto. Si por el contrario es preciso que la maniobra se realice rápidamente, entonces, el control derivativo adquirirá mayor importancia, aumentando la velocidad de respuesta inicial del sistema, para a posteriori entrar en acción el control proporcional y finalmente el integral. Si fuese necesaria una respuesta muy rápida, entonces prácticamente solo intervendría el sistema de control derivativo, quedando casi anulados los efectos de un control proporcional e integral, con ello se consigue una gran inmediatez en la respuesta, aunque como se prima la velocidad de respuesta es a costa de que se pierda precisión en la maniobra.

Bibliografía:

- https://www.cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema14/2_tipos_de_controladores.html
- <https://instrumentacionycontrol.net/resumen-p-i-d-lo-justo-y-necesario-que-debes-saber-y-que-nunca-entendiste/>
- https://www.electronicafacil.top/ingenieria-control/tipos-de-controladores-controladores-proporcionales-integrales-y-derivados/#Controladores_proporcionales
- <https://dokumen.tips/documents/control-proporcional-55fb100f75193.html?page=1>
- <https://instrumentacionycontrol.net/sistema-de-control-retroalimentado-feedback/>
- [https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Industrial_y_de_Sistemas/Libro%3A_Din%C3%A1mica_y_Control_de_Procesos_Qu%C3%ADmicos_\(Woolf\)/11%3A_Arquitecturas_de_control/11.01%3A_Control_de_retroalimentaci%C3%B3n](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Industrial_y_de_Sistemas/Libro%3A_Din%C3%A1mica_y_Control_de_Procesos_Qu%C3%ADmicos_(Woolf)/11%3A_Arquitecturas_de_control/11.01%3A_Control_de_retroalimentaci%C3%B3n)