

ciales que describen el sistema. En 1932, Nyquist desarrolló un procesamiento relativamente simple para determinar la estabilidad de los sistemas de lazo cerrado sobre la base de la respuesta a lazo abierto con excitación sinusoidal en régimen permanente. En 1934 Hazen, quien introdujo el término servomecanismos para los sistemas de control de posición, desarrolló el diseño de servomecanismos repetidores capaces de seguir con exactitud una entrada cambiante.

Durante la década de los años cuarenta, los métodos de respuesta en frecuencia posibilitaron a los ingenieros el diseño de sistemas lineales de control de lazo cerrado que satisficieran los comportamientos requeridos. De fines de los cuarenta a principios de los cincuenta, Evans desarrolló por completo el método del lugar de las raíces.

Los métodos de respuesta en frecuencia y del lugar de las raíces, que son el corazón de la teoría de control clásica, llevan a sistemas que son estables y que satisfacen un conjunto de requerimientos de funcionamiento más o menos arbitrarios. Tales sistemas son, en general, aceptables pero no óptimos en ningún sentido significativo. Desde fines de la década de los cincuenta, el énfasis en problemas de diseño de control se desplazó del diseño de uno de los muchos sistemas que funcionan, al diseño de un sistema óptimo en algún sentido determinado.

Como las plantas modernas con muchas entradas y salidas, se van haciendo más y más complejas, la descripción de un sistema moderno de control requiere una gran cantidad de ecuaciones. La teoría de control clásica, que trata de sistemas con una entrada y una salida, se vuelve absolutamente impotente ante sistemas de múltiples entradas y salidas. Hacia 1960, gracias a la disponibilidad de las computadoras digitales, se hizo posible el análisis de sistemas complejos en el dominio del tiempo; desde entonces se ha desarrollado la teoría de control moderna, basada en el análisis y síntesis en el dominio del tiempo, utilizando variables de estado, con lo que se posibilita afrontar la complejidad creciente de las plantas modernas y los estrictos requisitos de exactitud, peso y costo en aplicaciones militares, espaciales e industriales.

Los desarrollos más recientes en la teoría de control moderna están en el campo del control óptimo de sistemas, tanto determinísticos como estocásticos, así como en sistemas de control complejos con adaptación y aprendizaje. Ahora que las computadoras digitales se han abaratado y reducido en tamaño, éstas pueden utilizarse como parte integral de estos sistemas de control. Las aplicaciones recientes de la teoría de control moderna incluyen sistemas no ingenieriles como los de biología, biomedicina, economía y socioeconomía.

Definiciones. La variable *controlada* es la cantidad o condición que se mide y controla. La variable *manipulada* es la cantidad o condición modificada por el controlador, a fin de afectar la variable controlada. Normalmente la variable controlada es la salida del sistema. *Control* significa medir el valor de la variable controlada del sistema, y aplicar al sistema la variable manipulada para corregir o limitar la desviación del valor medido, respecto al valor deseado.

Al estudiar ingeniería de control se deben definir términos adicionales para describir sistemas de control, tales como plantas, perturbaciones, control retroalimentado y sistemas de control retroalimentado. A continuación, se dan las definiciones de estos términos, luego se ofrece una descripción de sistemas de control de lazo cerrado y abierto, y se comparan las ventajas y desventajas de dichos sistemas. Por último, se dan las definiciones de los sistemas de control adaptable y de aprendizaje.