

Indice



Prefacio	9
Introducción	10
PARTE PRIMERA. Sistemas no lineales en el caso de acciones determinativas	12
Introducción a la parte primera	12
CAPÍTULO I. No linealidades en los sistemas de mando automático	16
§ 1.1. Ejemplos de sistemas reales en que deben tenerse en cuenta las no linealidades	16
§ 1.2. Ejemplos de sistemas con no linealidades especialmente introducidas	24
§ 1.3. Ejemplos de sistemas de mando de objetos con características no monótonas (extremales)	28
§ 1.4. Elementos no lineales de los sistemas de mando	35
§ 1.5. Elementos tipo no lineales	38
§ 1.6. Linealización por vibración de elementos tipo no lineales	49
§ 1.7. Elementos singulares de sistemas no lineales	52
CAPÍTULO II. Estática de los sistemas no lineales. Conexión y transformación de los elementos no lineales	58
§ 2.1. Particularidades que presentan las características de las conexiones de elementos no lineales	58
§ 2.2. Conexión en serie de los elementos	60
§ 2.3. Conexión concordada e n paralelo de los elementos	63
§ 2.4. Conexión en oposición paralela de los elementos	66
§ 2.5. Estatismo de los sistemas no lineales de regulación	70
§ 2.6. Transformación de esquemas estructurales no lineales	72
§ 2.7. Esquemas equivalentes de las no linealidades no unívocas	75
§ 2.8. Pequeños parámetros de los elementos reales sin inercia	77
§ 2.9. Modelos de los elementos no lineales	80

CAPÍTULO III. Dinámica de los sistemas no lineales. Plano de fase . . .	83
§ 3.1. Ecuaciones de los sistemas dinámicos no lineales. Espacio de su estado	83
§ 3.2. Plano de fase y sus propiedades	85
§ 3.3. Comportamiento del sistema si las desviaciones de la posición de equilibrio son pequeñas. Trayectorias de fase en los sistemas lineales	87
§ 3.4. Comportamiento del sistema en el caso de grandes desviaciones. Autooscilaciones	101
§ 3.5. Sistemas lineales a trozos	108
§ 3.6. Método de transformaciones puntuales	127
§ 3.7. Sistemas con retardo	133
§ 3.8. Autooscilaciones asimétricas respecto al origen de coordenadas	140
§ 3.9. Aplicación de los ordenadores para investigar la dinámica de los sistemas no lineales	144
CAPÍTULO IV. Linealización armónica	148
§ 4.1. Característica general del método de linealización armónica	148
§ 4.2. Coeficiente complejo de amplificación (transmisión) de un elemento no lineal	151
§ 4.3. Análisis de las autooscilaciones simétricas en los sistemas no lineales	158
§ 4.4. Análisis de las autooscilaciones asimétricas en los sistemas no lineales	164
§ 4.5. Condiciones de ausencia de las autooscilaciones monoarmónicas simétricas en los sistemas no lineales	169
§ 4.6. Aumento de la exactitud del método de linealización armónica	171
§ 4.7. Aplicación del método de linealización armónica en el caso de existencia de varias no linealidades	176
§ 4.8. Aplicación del método de linealización armónica para investigar los sistemas de impulsos no lineales	179
§ 4.9. Utilización de ordenadores para analizar sistemas armónicamente linealizados	189
CAPÍTULO V. Estabilidad de los sistemas no lineales	190
§ 5.1. Concepto de estabilidad de sistemas no lineales	190
§ 5.2. Método directo de Liapunov	197
§ 5.3. Criterio de estabilidad absoluta del equilibrio	202
§ 5.4. Extensión del criterio de estabilidad absoluta a algunas no linealidades no unívocas	210
§ 5.5. Estabilidad absoluta de los procesos	213
§ 5.6. Estabilidad absoluta de sistemas de impulsión	215
§ 5.7. Comparación de los métodos de análisis de la estabilidad de sistemas no lineales	218
CAPÍTULO IV. Calidad de los procesos de mando en sistemas no lineales	220
§ 6.1. Particularidades de la calidad en sistemas no lineales	220
§ 6.2. Cálculo de los procesos transitorios en sistemas lineales a trozos	221
§ 6.3. Análisis de la calidad de los procesos de mando con ayuda del método de linealización armónica	225

§ 6.4.	Análisis de la calidad de los procesos de mando con ayuda del criterio de estabilidad absoluta	228
§ 6.5.	Estimación de la influencia ejercida por las no linealidades en los procesos transitorios de los sistemas	230
§ 6.6.	Cálculo de los procesos transitorios en los sistemas no lineales de mando automático con ayuda de ordenadores digitales	239
§ 6.7.	Sobre las particularidades de la síntesis de sistemas no lineales de mando automático	249
CAPÍTULO VII. Característica general de los problemas y métodos de mando óptimo y adaptivo en caso de acciones determinativas		250
§ 7.1.	Planteamiento del problema de mando óptimo	250
§ 7.2.	Ejemplos de planteamiento de problemas del mando automático	254
§ 7.3.	Síntesis del sistema elemental de segundo orden, óptimo en cuanto a rapidez de funcionamiento	261
§ 7.4.	Métodos de mando próximo al óptimo	267
§ 7.5.	Característica general de los sistemas de mando automático adaptivos	272
§ 7.6.	Métodos de movimiento hacia el régimen óptimo	280
§ 7.7.	Dinámica de los sistemas extremales de un solo canal	287
CAPÍTULO VIII. Métodos de la teoría de los sistemas de mando óptimos y adaptivos en caso de acciones determinativas		297
§ 8.1.	Breve característica de los métodos	297
§ 8.2.	Ecuación de Euler y su aplicación para resolver problemas del mando óptimo	298
§ 8.3.	Principio del máximo y su aplicación a la resolución de problemas del mando óptimo	311
§ 8.4.	Programación dinámica y su aplicación para resolver problemas de mando óptimo	328
§ 8.5.	Métodos de variación directos y su aplicación para resolver problemas de mando óptimo	335
§ 8.6.	Métodos de programación no lineal y su aplicación para resolver problemas de mando óptimo y adaptivo	338
§ 8.7.	Comparación de los métodos de la teoría del mando óptimo y adaptivo en el caso de acciones determinativas	346
PARTE SEGUNDA. Sistemas automáticos en el caso de acciones aleatorias		348
	Introducción a la parte segunda	348
CAPÍTULO IX. Acciones aleatorias en los sistemas de mando automático		350
§ 9.1.	Características de las señales aleatorias en los sistemas de mando	350
§ 9.2.	Ejemplos de señales aleatorias y de sus características	355
§ 9.3.	Tiempo medio de correlación y banda media de frecuencias de las señales aleatorias	369
§ 9.4.	Funciones de correlación recíprocas y densidades espectrales recíprocas de las señales aleatorias	370
§ 9.5.	Determinación de las características estadísticas de las señales aleatorias por sus realizaciones en el intervalo de longitud T_r	373

CAPÍTULO X. Sistemas lineales en el caso de acciones estacionarias aleatorias	382
§ 10.1. Paso de la señal aleatoria por un elemento lineal	382
§ 10.2. Problemas de investigación de sistemas lineales en el caso de acciones aleatorias estacionarias	388
§ 10.3. Determinación de los parámetros del servosistema, óptimos en cuanto al mínimo del error estándar	395
§ 10.4. Síntesis de sistemas óptimos en exactitud en el caso de acciones aleatorias estacionarias	397
§ 10.5. Filtro de Kalman — Bucy	401
§ 10.6. Transformación de la ley de distribución del elemento lineal	404
CAPÍTULO XI. Sistemas no lineales en el caso de acciones estacionarias aleatorias	409
§ 11.1. Paso de la señal aleatoria por un elemento no lineal	409
§ 11.2. Transformación de la densidad de distribución	409
§ 11.3. Transformación del valor medio (del momento de primer orden o de la esperanza matemática)	416
§ 11.4. Transformación de la varianza (del momento de segundo orden)	418
§ 11.5. Transformación de las funciones de correlación	419
§ 11.6. Función de correlación recíproca de las señales de entrada y de salida de un elemento no lineal	423
§ 11.7. Linealización estadística de elementos no lineales	425
§ 11.8. Linealización estadística de sistemas no lineales con realimentación	427
CAPÍTULO XII. Sistemas óptimos y adaptivos en el caso de acciones aleatorias	432
§ 12.1. Problema del mando óptimo en condiciones de indeterminación. Enfoque adaptivo	432
§ 12.2. Búsqueda automática en presencia de perturbaciones aleatorias	436
§ 12.3. Mando dual	445
§ 12.4. Mando óptimo por los criterios vectoriales	448
§ 12.5. Sobre la realización técnica de los métodos de mando óptimo en condiciones de indeterminación	456
Suplementos	458
Suplemento 1. Representación mediante frecuencias de las señales determinadas	458
Suplemento 2. Transformación de Laplace	465
Suplemento 3. Elementos tipo de los sistemas lineales de mando automático	468
Suplemento 4. Transformaciones de los esquemas estructurales de los sistemas lineales de mando automático	470
Suplemento 5. Criterios de estabilidad de los sistemas lineales de mando automático	473
Suplemento 6. Tabla de los valores de la integral J_0 para n de 1 a 6	476
Suplemento 7. Sistemas lineales de mando automático por impulsos	477
Suplemento 8. Descripción matemática de las señales aleatorias (definiciones y designaciones)	491
Bibliografía	
principal	501
adicional	504