

Capítulo 10. Transformación de Laplace. Funciones operacionales de los circuitos

10. 1	Introducción	1
10. 2	Antecedentes del cálculo operacional	2
10. 3	Dominio de frecuencia compleja	2
10. 4	Transformación de Laplace	5
10.4.1	Transformada directa	5
10.4.2	Condiciones de existencia	6
10.4.3	Unicidad	8
10.4.4	Cálculo de algunas transformadas simples	8
10.4.5	Transformada inversa	11
10. 5	Propiedades fundamentales de la transformación de Laplace	12
10.5.1	Linealidad	12
10.5.2	Derivación temporal	12
10.5.3	Integración temporal	14
10.5.4	Derivación frecuencial	15
10.5.5	Integración frecuencial	16
10.5.6	Desplazamiento frecuencial o 1er. teorema de desplazamiento	17
10.5.7	Desplazamiento temporal o 2do. teorema de desplazamiento	18
10.5.8	Teorema del valor inicial	20
10.5.9	Teorema del valor final	21
10. 6	Métodos prácticos para hallar la transformada inversa	23
10.6.1	Utilización de tablas de pares de transformadas	23
10.6.2	Expansión en fracciones simples	24
10.6.3	Cálculo de residuos	26
10.6.4	Determinación de la respuesta de un circuito utilizando la transformada de Laplace como una herramienta matemática	34
10. 7	Planteo y solución de problemas en el dominio transformado de Laplace	36
10.7.1	Introducción	36
10.7.2	Transformación de las leyes circuitales	37
10.7.3	Transformación de las excitaciones	38
10.7.4	Transformación de los circuitos	38
10.7.5	Immitancias de excitación operacionales	42
10.7.6	Funciones operacionales de los circuitos	45
10. 8	Influencia de los polos de $H(s)$ y $Ex(s)$ sobre la respuesta temporal	48
10. 9	Obtención de la respuesta temporal por convolución	51
10.9.1	Introducción	51
10.9.2	Producto de convolución	51
10.9.3	Teorema de convolución	53
10.9.4	Antitransformación empleando el teorema de convolución	54
10.9.5	Significado de la antitransformada de la función operacional del circuito $H(s)$	57
10.9.6	Obtención de la respuesta temporal a partir de la respuesta indicativa	57

10.9.7	Respuesta al escalón unitario	60
10.9.8	Obtención de la respuesta temporal en base a la respuesta al escalón unitario. Integrales de Duhamel.	62
10.9.9	Obtención de las integrales de Duhamel a partir del Principio de Superposición	65
10.10	Utilización simultánea de los dominios $j\omega$, s y t	67
10.11	Problemas resueltos	69
10.12	Problemas propuestos	92

Capítulo 11. Análisis de las funciones operacionales de los circuitos en base a las configuraciones de polos y ceros

11. 1	Introducción	95
11. 2	Configuraciones de polos y ceros	95
11. 3	Configuraciones típicas de polos y ceros de $R(s)$ y respuestas temporales asociadas	102
11.3.1	Polo doble en el origen	102
11.3.2	Polo simple en el origen	103
11.3.3	No existen polos ni ceros	104
11.3.4	Polo real negativo	104
11.3.5	Polos imaginarios conjugados	105
11.3.6	Polos complejos conjugados con parte real negativa	107
11.3.7	Polo doble negativo	109
11.3.8	Un polo real negativo y otro en el origen	109
11.3.9	Dos polos reales negativos	110
11.3.10	Análisis cualitativo de configuraciones de polos y ceros más amplias	111
11. 4	Obtención de la respuesta temporal a partir de la configuración de polos y ceros de $R(s)$	111
11. 5	Influencia de la ubicación de los polos y los ceros sobre el valor de los residuos	114
11.5.1	Polos complejos conjugados	115
11.5.2	Polo próximo a un cero	115
11.5.3	Polo próximo a otro polo	116
11.5.4	Polo alejado del resto de la configuración	116
11. 6	Respuestas indicativas típicas de los sistemas de primer y segundo orden	117
11.6.1	Sistemas de primer orden	117
11.6.2	Sistemas de segundo orden	119
11. 7	Obtención de la respuesta frecuencial a partir de la configuración de polos y ceros de $H(s)$	126
11. 8	Influencia de la ubicación de los polos y los ceros sobre las curvas de respuesta de frecuencia de amplitud y fase	133
11.8.1	Cero sobre el eje $j\omega$	133
11.8.2	Polo sobre el eje $j\omega$	134
11.8.3	Cero próximo al eje $j\omega$ con componente real negativa	136
11.8.4	Polo próximo al eje $j\omega$ con componente real negativa	137
11. 9	Configuraciones particulares de polos y ceros y respuestas de frecuencia asociadas	138
11.9.1	Analogía de la membrana elástica	138
11.9.2	Cero en el origen	141
11.9.3	Polo en el origen	141
11.9.4	No existen polos ni ceros	142
11.9.5	Polo real negativo	143
11.9.6	Cero en el origen y polo real negativo	144
11.9.7	Cero en el origen y par de polos complejos conjugados	144
11.9.8	Par de polos complejos conjugados	145
11.9.9	Pares de polos complejos conjugados y ceros imaginarios conjugados	146
11.9.10	Cero en el origen y par de polos reales negativos	147
11.9.11	Funciones de amplitud constante	149
11.9.12	Funciones de fase mínima	149
11.9.13	Aproximaciones de Butterworth y Chebychev a la respuesta del filtro ideal	152

11.10	Gráficos logarítmicos asintóticos de Bode	154
11.10.1	Planteo General	154
11.10.2	Término constante	157
11.10.3	Cero real negativo simple	158
11.10.4	Polo real negativo simple	161
11.10.5	Ceros y polos reales negativos múltiples	163
11.10.6	Par de ceros complejos conjugados	164
11.10.7	Par de polos complejos conjugados	169
11.10.8	Ceros y polos en el origen	169
11.10.9	Construcción de los gráficos asintóticos	171
11.11	Problemas resueltos	180
11.12	Problemas propuestos	193

Capítulo 12. Resonancia en circuitos simples

12. 1	Introducción	197
12. 2	Resonancia en un circuito R L C serie	198
12.2.1	Análisis cualitativo para pulsación variable. Representación de gráficos de todas las variables en función de la frecuencia	198
12.2.2	Factor de selectividad. Introducción por inducción. Definición	206
12.2.3	Diferencias entre el factor de mérito y el de selectividad	208
12.2.4	Distintas expresiones del factor de selectividad para el circuito R L C serie	209
12.2.5	Análisis cuantitativo para pulsación variable. Estudio de las curvas de I , V_C , V_L , P_S , P y P_Q	210
12.2.6	Análisis de la resonancia para C y L como variables	230
12. 3	Resonancia en un circuito R L C paralelo	238
12. 4	Curva universal de resonancia	242
12. 5	Resonancia en un circuito paralelo de dos ramas	247
12.5.1	Análisis cualitativo para pulsación variable. Representación de gráficos de las variables en función de la frecuencia	247
12.5.2	Análisis cuantitativo para pulsación variable	254
12.5.3	Circuito resonante paralelo de dos ramas simplificado	262
12. 6	Circuitos con resonancia múltiple	266
12. 7	Análisis de la resonancia de un circuito R L C serie en base a su diagrama de polos y ceros	272
12. 8	Problemas resueltos	287
12. 9	Problemas propuestos	294

Capítulo 13. Resolución sistemática de circuitos

13. 1	Introducción	297
13. 2	Revisión sobre determinantes y matrices	298
13.2.1	Determinantes	298
13.2.2	Matrices	302
13. 3	Clasificación de los tipos de problemas y métodos de resolución utilizados	306
13. 4	Nociones sobre análisis topológico de circuitos	307
13.4.1	Definiciones fundamentales	307
13.4.2	Notación	310
13.4.3	Corrientes de malla independiente	310
13.4.4	Tensiones de rama independiente	312
13.4.5	Relación entre las corrientes y las tensiones de rama	314
13.4.6	Elección de las variables y número de incógnitas. Número de ecuaciones independientes que se derivan de la primera y segunda regla de Kirchhoff	314
13.4.7	Matriz de transformación de corrientes	315
13.4.8	Matriz de transformación de tensiones	319
13. 5	Método de las mallas	323
13. 6	Método de los nodos	331

13. 7 Comparación de los métodos de las mallas y los nodos. Campo de aplicación de cada uno	337
13. 8 Aplicación del principio de dualidad. Obtención por simple inspección del circuito dual	337
13. 9 Problemas resueltos	339
13.10 Problemas propuestos	348

Capítulo 14. Teorema de los circuitos

14. 1 Introducción	353
14. 2 Teorema de superposición	354
14. 3 Teorema de Thévenin	356
14. 4 Teorema de Norton	361
14. 5 Cálculo de las immitancias equivalentes de Thévenin y Norton en función de la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito	365
14. 6 Teorema de compensación	367
14. 7 Extensión del Teorema de superposición al caso de circuitos que cambian de estado	372
14. 8 Teorema de la máxima trasferencia de potencia	375
14. 9 Teorema de reciprocidad	381
14.10 Transformación estrella - triángulo	385
14.11 Teorema de reducción de generadores	388
14.12 Problemas resueltos	392
14.13 Problemas propuestos	404

Capítulo 15. Teoría de los cuadripolos

15. 1 Introducción	408
15. 2 Definición de cuadripolo	409
15. 3 Configuraciones típicas	409
15. 4 Clasificación de cuadripolos	411
15. 5 Tipos de problemas	412
15. 6 Ecuaciones, parámetros y matrices características	413
15. 7 Información suministrada por los parámetros	424
15. 8 Asociación de cuadripolos	426
15. 9 Cálculo de los parámetros y matrices características	434
15.10 Relación entre los parámetros correspondientes a las distintas matrices	440
15.11 Circuitos equivalentes del cuadripolo	452
15.11.1 Introducción	452
15.11.2 Circuitos equivalentes con dos generadores controlados	454
15.11.3 Circuitos equivalentes con un trasferidor ideal	456
15.12 Equivalencia de cuadripolos	459
15.13 Impedancias de entrada y salida en condiciones normales de funcionamiento	463
15.14 Impedancias iterativas, imagen y característica	465
15.15 Constantes de propagación, atenuación y fase	469
15.16 Problemas resueltos	474
15.17 Problemas propuestos	484

Capítulo 16. Circuitos acoplados inductivamente

16. 1 Introducción	488
16. 2 Inductancia mutua	489
16. 3 Coeficiente de acoplamiento	494
16. 4 Tensiones de inducción mutua	496
16. 5 Polaridades de los arrollamientos	497
16.5.1 Bornes de igual polaridad respecto del flujo	498
16.5.2 Propiedades de los bornes homólogos	498