

目 次

第1章 総 論

1.1	過渡現象と定常現象	1
1.2	自由振動と強制振動	3
1.3	定常解, $e^{j\omega t}$ に対する定常解	3
1.3.1	正弦波交流電源に対する定常解, フェーザ	4
1.3.2	$e^{j\omega t}$ 並びに $e^{j\omega t}$ に対する定常解 $g(j\omega)e^{j\omega t}$ の有用性	6
	(a) 周期関数波形 (正弦波も含む) の電源に対する定常解	6
	(b) 非周期関数波形の電源に対する強制振動の項	7
	(c) 分布定数回路理論における応用	7
1.4	回路素子	7
1.4.1	電 源	7
1.4.2	コイル (インダクタ, 線輪, inductor)	9
1.4.3	コンデンサ (カパシタ, 蓄電器, capacitor)	9
1.4.4	抵抗 (resistance), 抵抗器 (resistor)	9
1.4.5	変成器 (変圧器, transformer)	9
1.4.6	伝送線 (線路), 伝送路, レッヘル線	9

第2章 基本的回路の過渡現象

2.1	RC 直列回路	10
2.1.1	直流電圧の印加	10
2.1.2	時定数	13
2.1.3	コンデンサ (カパシタ) に初期電荷のある場合	13
2.1.4	正弦波交流電圧の印加	14
2.2	RL 直列回路	15
2.2.1	直流電圧の印加	15
2.2.2	正弦波交流電圧の印加	17
2.3	RLC 直列回路	18

2.3.1	複エネルギー過渡現象	18
2.3.2	直流電圧の印加 (静止状態)	18
2.3.3	直流電圧の印加 (コンデンサに初期電荷のある状態)	22
2.3.4	RLC 直列回路の C の放電	24
2.3.5	正弦波交流電圧の印加	26
2.3.6	直流電流源の印加	29
2.4	相互誘導を持つ結合回路	31
2.5	相互誘導を持つ結合回路の自由振動	33
2.6	容量結合回路の振動	34
第2章の演習問題		37

第3章 初期値の決定

3.1	第一種初期値と第二種初期値	39
3.1.1	鎖交磁束不変の理とコイルを含む回路の初期値決定	40
3.1.2	電荷量不変の理とコンデンサ (カパシタ) の電荷の初期値決定	43
3.2	重ね合せの理の応用	47
3.3	補償定理の応用	49
3.3.1	応用例その1	49
3.3.2	応用例その2	52
第3章の演習問題		53

第4章 基本的回路のパルス特性

4.1	RC 直列回路	56
4.1.1	高域通過 RC 回路	56
4.1.2	微分回路としての高域通過 RC 回路	59
4.1.3	低域通過 RC 回路	60
4.1.4	積分回路としての低域通過 RC 回路	61
4.2	RL 直列回路	62
4.2.1	RL 積分回路	62
4.2.2	RL 微分回路	63

4.3 RLC 直並列回路	64
4.3.1 過渡解	64
4.3.2 階段波を印加した場合	65
4.3.3 リンギング回路	67
第4章の演習問題	69

第5章 フーリエ級数とフーリエ変換

5.1 周期関数とフーリエ展開	71
5.1.1 周期関数とフーリエ展開	71
5.1.2 固有関数の話	73
5.1.3 フーリエ係数の計算	74
5.1.4 基本波と高調波	77
5.2 特殊な波形を持つ波のフーリエ展開	77
5.2.1 偶関数並びに奇関数の波	77
5.2.1 正負対称波	78
5.3 非正弦波交流電源を加えた場合の定常解	81
5.4 フーリエ積分 (Fourier integral)	81
5.4.1 フーリエ級数からフーリエ積分へ	81
5.4.2 フーリエ変換の公式	83
5.4.3 物理的意味	83
5.4.4 フーリエ積分による解析	84
5.5 波形とスペクトル, 時間域表示と周波数域表示	86
5.5.1 単位インパルス関数と単位ステップ関数	86
5.5.2 単位インパルスのフーリエ変換	88
5.5.3 周期関数のフーリエ変換とスペクトル	89
5.5.4 波形とスペクトル, 時間域表示と周波数域表示	90
5.6 標本化定理 (サンプリング定理)	90
5.6.1 時間域における標本化定理	90
5.6.2 周波数域における標本化定理	93

第6章 ラプラス変換

6.1	ラプラス変換	94
6.2	単位関数とそのラプラス変換	96
6.2.1	単位ステップ関数(単位階段関数)	96
6.2.2	単位インパルス関数(単位衝撃関数)	98
6.2.3	その他の単位関数	99
6.3	ラプラス変換に関する公式	100
6.3.1	微係数および重積分のラプラス変換	100
6.3.2	$f_1(t) \cdot f_2(t)$ の変換	103
6.3.3	相乗定理	104
6.3.4	変時定理	105
6.3.5	相似定理	106
6.3.6	展開定理	106
6.3.7	$F(s)$ の分母が重根を持つ場合の展開定理	110
6.3.8	その他の公式	111
6.4	初期条件を考慮した等価回路による過渡現象の解析	111
6.4.1	初期値を考慮した等価回路	111
6.4.2	等価電流源	112
6.4.3	初期値を考慮した等価回路による解法例	113
6.5	ラプラス変換による一般的な回路網の解析	114
6.6	繰返す波形のラプラス変換	116
6.付	ヘビサイドと演算子法	119
	第6章の演習問題	120

第7章 イミタンス, インディシアル・アドミタンスと過渡解析

7.1	イミタンス, システム関数	123
7.1.1	イミタンスの定義	123
7.1.2	イミタンス関数の性質, 因果律との関係	125
7.2	インパルス応答(重み関数), 時間関数	128
7.2.1	インパルス応答(重み関数)	128

7.2.2	インディシアル・アドミタンス	129
7.2.3	$A(t)$ と $y(t)$ の関係	130
7.3	時間関数 $A(t)$ 並びに $y(t)$ による過渡解析	131
7.3.1	$A(t)$ と重ね合せの理 (重畳の理) による解析	131
7.3.2	$y(t)$ と重ね合せの理による解析	134
7.3.3	諸公式の別の誘導	135
7.4	応用例: 分布 RC 回路並びに同軸ケーブルに正弦波電圧を加えた場合	137
	第 7 章の演習問題	138

第 8 章 z -変換

8.1	標本化(サンプリング)	140
8.2	z -変換	144
8.3	z -逆変換	146
8.4	回路の入・出力の z -変換の関係	147
8.5	回路の縦続接続	148
8.6	帰還回路の z -変換	150
	第 8 章の演習問題	151

第 9 章 分布定数回路の過渡現象概説

9.1	分布定数回路の基礎方程式, $e^{j\omega t}$ に対する定常解 (基本解)	154
9.1.1	分布 RLCG 回路の基礎方程式	154
9.1.2	分布 RLCG 回路の定常解 (基本解)	155
9.1.3	伝搬定数, 特性インピーダンス	156
9.1.4	位相速度, 進行波, 波長	157
9.1.5	伝搬方程式	157
9.2	基本解, 基本解と定常解との一致	158
9.2.1	基本解	158
9.2.2	無損失線路の基礎方程式の一般解	158
9.2.3	基本解と ($e^{j\omega t}$ に対する) 定常解の一致	160
9.3	分布定数回路解析の方法	162
9.3.1	境界条件と初期条件 (境界値問題と初期値問題)	162

9.3.2	自由振動と強制振動, 波動と振動	163
9.3.3	重ね合せの理の応用	164
9.4	種々の分布定数回路の基礎方程式並びに基本解	164
9.4.1	無損失線路, 平面音波, 弦	164
9.4.2	無ひずみ線路 (無歪線路)	165
9.4.3	分布 RC 回路, 熱伝導と同軸ケーブル	167
9.4.4	波動方程式, 円筒電磁界, 膜	169
9.5	ラプラス変換による解法概説並びに強制振動解析	170
9.5.1	分布 RLCG 回路の基礎式のラプラス変換	170
9.5.2	ラプラス変換による解析の例	171
9.6	無限長無損失線路の強制振動と自由振動	172
9.6.1	強制振動	172
9.6.2	初期分布のある場合の一般解, 自由振動	173
9.6.3	自由振動 ($t=0$ における電圧・電流分布が与えられた場合)	175
9.6.4	無ひずみ線路の強制振動と自由振動	177
9.7	無限長分布 RC 回路並びに同軸ケーブルの強制振動	178
9.7.1	分布 RC 回路の強制振動	178
9.7.2	同軸ケーブルと分布 RC 回路	179
9.7.3	分布 RC 回路並びに同軸ケーブルに正弦波を加えた場合	179
	第 9 章の演習問題	181

第 10 章 有限の大きさの分布定数回路

10.1	分布 RLCG 回路の基礎式の基本解 (定常解)	182
10.1.1	基礎式と基本解	182
10.1.2	ラプラス変換を用いる場合の基本解	183
10.2	反射, 定在波並びに振動	184
10.2.1	概 説	184
10.2.2	反射と透過	186
10.2.3	開放端並びに短絡端における反射	188
10.2.4	開放端並びに短絡端を持つ無損失線路の自由振動の物理的解釈	188
10.3	自由振動, 無損失線路の自由振動	191

10.3.1	基本解	191
10.3.2	固有値, 固有関数	192
10.3.3	初期条件による定数の決定	193
10.3.付	共振を利用する強制振動	197
10.4	強制振動概説	197
10.4.1	強制振動の解析法	197
10.4.2	ラプラス変換による解法	198
10.5	一端を開放した無損失線路に直流電圧を加えた場合	198
10.5.1	反射現象からみた物理的解釈	198
10.5.2	方法 (iii) による解析	199
10.5.3	ラプラス変換による解析	201
10.6	分布 RC 回路 (トムソン・ケーブル)	204
10.6.1	終端を開放した場合	204
10.6.2	トムソンの直流曲線	206
10.7	二次元の分布定数回路と円筒関数	208
10.7.1	二次元の波動方程式	208
10.7.2	ベッセル (Bessel) 関数, ノイマン (Neuman) 関数	209
10.7.3	漸近展開	211
10.7.4	ハンケル (Hankel) 関数	212
10.7.5	円筒関数に関する公式	212
10.8	鉄心を含むコイルの過渡現象	213
10.8.付	円形境界を持つ領域の基本解 (固有関数)	217
	第10章の演習問題	218

第11章 一般的な分布定数回路

11.1	分布 RLCG 回路の解析 (電信方程式の解法)	221
11.1.1	$x=0$ なる点で $v=f(t)$, $i=g(t)$ が与えられた場合	221
11.1.2	初期条件 $t=0$ で $v=f(x)$, $i=g(x)$ が与えられた場合	225
11.1.3	$x=0$ に任意の電圧源を突然加えた場合	228
11.2	導波管の過渡現象	229
11.3	鞍点法	231

第12章 伝搬速度

12.1 概説	237
12.2 位相速度	237
12.3 群速度	238
12.4 信号速度と異常分散媒質（電離層）内の電波の伝搬	241
12.4.1 信号速度，導波管内の電波の信号速度	241
12.4.2 異常分散媒質内の電波の速度	243

付 録

付録A 線形常微分方程式の解法概要	246
A.1 概説	246
A.1.1 線形と非線形	246
A.1.2 境界条件（初期条件）	247
A.1.3 特解と補解（定常解と過渡解），重ね合せの理（重畳の理）	248
A.2 一階の常微分方程式	249
A.2.1 変数分離型	249
A.2.2 同次型	249
A.2.3 線形微分方程式	249
A.2.4 完全微分型	250
A.3 二階の線形微分方程式	251
A.4 定数係数の線形微分方程式	253
A.4.1 同次式	253
A.4.2 非同次式の特解	255
付録B 複素関数論の概要	256
B.1 複素関数	256
B.1.1 数平面と数球面	256
B.1.2 複素関数，コーシ・リーマンの方程式	257
B.1.3 複素関数の微分	258
B.1.4 複素積分	259
B.1.5 コーシの定理	261

B.1.6	留数, コーシの積分表示	263
B.1.7	正則関数の導関数とテイラ展開	265
B.1.9	解析接続	267
B.1.10	特異点, 極, ロランの展開	268
B.1.11	実関数, 有理関数	279
B.12	有理形関数	272
付録C	ラプラス変換表	274
索引		279