

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Lunze

Theorie der

Wechselstrom-

schaltungen

Lehrbuch

8., durchgesehene Auflage



Verlag Technik GmbH Berlin

Inhaltsverzeichnis

howioV

0. Vorbetrachtung	9
1. Berechnung linearer Stromkreise bei sinusförmiger Erregung	15
1.1. Rechnung mit Sinusfunktion im Zeitbereich	16
1.1.1. Kennwerte der Sinusfunktion und mathematische Operationen	16
1.1.2. Schaltelemente R, L, C (Grundzweipole) bei sinusförmiger Erregung	21
1.1.3. Stromkreisberechnung: Lösung der Differentialgleichung im Zeitbereich (Originalbereich)	23
Aufgaben A 1.1 bis 1.4	28
1.2. Stromkreisberechnung mit Hilfe des Zeigerbilds	29
1.2.1. Zeigerdarstellung der Sinusfunktion	29
1.2.2. Zeigerbilder für die Strom-Spannungs-Beziehungen der Grundzweipole R, L, C und für die Überlagerung zweier Sinusfunktionen (Konstruktionsregeln für Zeigerbilder)	31
1.2.3. Zeigerbilder für Ströme und Spannungen in Schaltungen	34
Aufgaben A 1.5 bis 1.7	37
1.3. Stromkreisberechnung über die komplexe Ebene mittels Bildfunktion („komplexe Rechnung der Wechselstromtechnik“)	38
1.3.1. Mathematische Beschreibung des ruhenden Zeigers als komplexe Größe und Rechenoperationen	38
1.3.1.1. Mathematische Ausdrücke für den ruhenden Zeiger	38
1.3.1.2. Rechenoperationen mit Zeigergrößen (komplexen Zahlen)	43
Aufgaben A 1.8 und 1.9	45
1.3.2. Mathematische Beschreibung des umlaufenden Zeigers als komplexe Größe und Rechenoperationen	46
1.3.3. Verwendung der komplexen Funktion des umlaufenden Zeigers als Bildfunktion zur Berechnung sinusförmiger Vorgänge	46
1.3.3.1. Hin- und Rücktransformation der Sinusfunktion	47
1.3.3.2. Zulässigkeit der Rechnung mit Bildfunktion	49
1.3.3.3. Transformationsregeln zur Lösung einer DGL. über den Bildbereich	50
1.3.3.4. Stromkreisberechnung mittels Bildfunktion	51
Aufgaben A 1.10 bis 1.12	53
1.3.5. Vereinfachung der Rechenmethode durch Einführung eines Widerstandsoperators	54
1.3.5.1. Definition des Widerstands- und Leitwertoperators	54
1.3.5.2. Berechnung der Operatoren für die drei Grundschaltelemente sowie für Reihen- und Parallelschaltung	59
1.3.5.3. Netzwerkberechnung mit Hilfe des Widerstandsoperators (Transformation der Schaltung in den Bildbereich)	64
1.3.5.4. Analogie der Berechnungsmethoden zu denen der Gleichstromnetzwerke	68
Aufgaben A 1.13 bis 1.17	84
1.4. Leistungsgrößen der Wechselstromtechnik	86
1.4.1. Momentanwert der Leistung p	87
1.4.2. Wirkleistung P	88
1.4.3. Blindleistung Q	89

1.4.4.	Scheinleistung S	90
1.4.5.	Komplexe Leistung \underline{S}	90
	Aufgaben A 1.18 und 1.19	92
1.5.	Inversion, Ortskurven, Kreisdiagramm	93
1.5.1.	Inversion eines Zeigers	93
	Aufgabe A 1.20	97
1.5.2.	Ortskurven	97
1.5.3.	Inversion von Ortskurven	101
	Aufgaben A 1.21 und 1.22	112
1.5.4.	Kreisdiagramm	113
	Aufgaben A 1.23 und 1.24	119
1.6.	Wechselstromverhalten spezieller Zweipolschaltungen und technischer Schaltelemente	120
1.6.1.	Frequenzverhalten der Grundzweipole: Scheinwiderstandsdiagramme	120
1.6.2.	Duale Schaltungen	122
1.6.3.	Resonanzkreise	126
1.6.3.1.	R - L - C -Reihen- und -Parallelschaltung	127
1.6.3.2.	Parallelkreis $(R + L) \parallel C$	135
1.6.4.	Technische Schaltelemente	138
	Aufgaben A 1.25 und 1.26	144
1.6.5.	Wechselstrombrücken	144
	Aufgaben A 1.27 und 1.28	148
1.7.	Vierpole (Zweitore)	149
1.7.1.	Vierpolgleichungen und -parameter	150
1.7.2.	Zusammenschaltung von Vierpolen	159
1.7.3.	Vierpolparameter verschiedener Grundsaltungen	164
1.7.4.	Umkehrbare Vierpole	167
1.7.5.	Ersatzschaltbilder von Vierpolen	170
1.7.6.	Charakteristische Vierpolwiderstände	176
	Aufgaben A 1.29 bis 1.33	179
1.8.	Transformator (Übertrager)	180
1.8.1.	Transformatorgleichungen im Zeit- und Bildbereich (Vierpolgleichungen)	181
1.8.2.	Ersatzschaltbilder	182
1.8.3.	Betriebsverhalten	187
	Aufgaben A 1.34 bis 1.36	192
1.9.	Mehrphasige Systeme	193
1.9.1.	Symmetrisches Dreiphasensystem	193
1.9.2.	Unsymmetrisches Dreiphasensystem	198
1.9.3.	Leistung im Dreiphasensystem	200
1.9.3.1.	Berechnung der Leistung	200
1.9.3.2.	Messung der Leistung im Dreiphasensystem	201
1.9.4.	Symmetrische Komponenten des unsymmetrischen Dreiphasensystems	203
1.9.4.1.	Transformation der natürlichen Komponenten des Dreiphasensystems in symmetrische Komponenten und umgekehrt	203
1.9.4.2.	Symmetrische Impedanzen	206
1.9.4.3.	Hin- und Rücktransformation	207
	Aufgaben A 1.37 bis 1.40	209
2.	Berechnung linearer Kreise bei periodischer und nichtperiodischer Erregung	211
2.1.	Darstellung periodischer Vorgänge durch Fourier-Reihen	211
2.2.	Darstellung nichtperiodischer Vorgänge durch Fourier-Integrale (Fourier-Transformation)	216

2.3. Kenngrößen mehrwelliger und nichtperiodischer Zeitfunktionen	219
2.4. Berechnung linearer Kreise bei periodischer und nichtperiodischer Erregung	224
2.4.1. Wirkung der Grundschaltelemente R, L, C	225
2.4.2. Netzwerke	226
Aufgaben A 2.1 bis 2.5	231
3. Berechnung linearer Kreise bei Schaltvorgängen	233
3.1. Verhalten der Grundschaltelemente R, L, C bei Schaltsprüngen (Stetigkeitsbedingungen)	234
3.2. Differentialgleichungen für Netzwerke und Lösungsverfahren im Zeitbereich	235
3.2.1. Lösungen homogener linearer Differentialgleichungen	236
3.2.2. Lösungen inhomogener linearer Differentialgleichungen	238
3.2.3. Verkürztes Lösungsverfahren bei Kreisen mit nur einem Energiespeicher .	241
3.3. Berechnung der Anfangszustände des Netzwerks mit Hilfe der Stetigkeitsbedingungen	244
Aufgabe A 3.1	246
3.4. Berechnung typischer Ausgleichsvorgänge	246
3.4.1. Kreis mit nur einem Energiespeicher	247
3.4.1.1. Ein- und Ausschalten einer Gleichspannung	247
3.4.1.2. Ein- und Ausschalten einer Wechselspannung	250
3.4.1.3. Einschalten eines Exponentialimpulses	253
3.4.2. Kreise mit zwei Energiespeichern	255
Aufgaben A 3.2. bis 3.5	261
Anhang:	
I. Berechnungsmethoden für Stromkreise	262
II. Berechnungsmethoden bei sinusförmiger Erregung	267
Literaturverzeichnis	268
Sachwörterverzeichnis	269
Bucheinlage: Kreisdiagramm	