

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	V
---------------	---

---

## A Aufgaben und Lösungen

---

<b>7. Wechselstromtechnik .....</b>	<b>3</b>
7.1 Sinusgrößen, Effektivwerte .....	3
Aufgabe 7.1/1 Effektivwert .....	3
Aufgabe 7.1/2 Effektivwert .....	5
Aufgabe 7.1/3 Mittelwert, Effektivwert .....	6
Aufgabe 7.1/4 Gleichrichtwert .....	8
Aufgabe 7.1/5 Effektivwert .....	9
7.2 Netzwerkgleichung im Zeitbereich .....	11
Aufgabe 7.2/1 Netzwerk-Differentialgleichung, $RL$ -Anordnung .....	11
Aufgabe 7.2/2 Netzwerk-Differentialgleichung, $RC$ -Anordnung .....	13
Aufgabe 7.2/3 Netzwerk-Differentialgleichung, $RLC$ -Anordnung .....	15
7.3 Netzwerke im Frequenzbereich .....	16
Aufgabe 7.3/1 Komplexer Scheitel- und Effektivwert .....	16
Aufgabe 7.3/2 Transformation ruhender Zeiger $\leftrightarrow$ Zeit- funktion .....	18
Aufgabe 7.3/3 Netzwerkberechnung, Transformation Zeit-, Frequenzbereich .....	19
7.4 Einfache Wechselstromkreise .....	22
Aufgabe 7.4/1 Komplexer Widerstand .....	22
Aufgabe 7.4/2 Transformation der Schaltung .....	24
Aufgabe 7.4/3 Transformation der Schaltung, $RL$ -Anordnung	27
Aufgabe 7.4/4 Zweipol, Ersatzgrößen .....	28
Aufgabe 7.4/5 Grundstromkreis .....	29
Aufgabe 7.4/6 Zweipol mit Gegeninduktivität .....	31
Aufgabe 7.4/7 Überlagerungssatz .....	32
7.5 Zeigerbilder, Inversion und Ortskurven .....	35

	Aufgabe 7.5/1	Zeigerbild .....	35
	Aufgabe 7.5/2	Grundstromkreis, Zeigerbild (Dreispannungs- verfahren) .....	36
	Aufgabe 7.5/3	Ortskurve .....	37
7.6	Leistungsbetrachtungen .....		38
	Aufgabe 7.6/1	Leistung, Ersatzschaltung .....	38
	Aufgabe 7.6/2	Wirk- und Blindleistungsbestimmung, Dreispannungsverfahren .....	40
	Aufgabe 7.6/3	Leistung im Gleich- und Wechselstromkreis .	42
	Aufgabe 7.6/4	Komplexe Leistung .....	43
	Aufgabe 7.6/5	Tellegenscher Satz .....	44
7.7	Typische Wechselstromschaltungen .....		45
	Aufgabe 7.7/1	Parallelresonanz, Spule mit Verlusten .....	45
	Aufgabe 7.7/2	Strom-Übertragungsfunktion des Parallel- resonanzkreises .....	47
	Aufgabe 7.7/3	Betrags-, Phasenresonanz, Parallelschwing- kreis .....	50
	Aufgabe 7.7/4	Betrags-, Phasenresonanz .....	53
	Aufgabe 7.7/5	Resonanzkreis, normierte Darstellung .....	55
	Aufgabe 7.7/6	RC-Bandpaß .....	58
	Aufgabe 7.7/7	Wechselstrom-Paradoxon .....	60
	Aufgabe 7.7/8	Zweipolersatzgrößen .....	62
8.	Netzwerke .....		64
8.1	Gesteuerte Quellen in Netzwerken .....		64
	Aufgabe 8.1/1	Quellenwandlung .....	64
	Aufgabe 8.1/2	Gesteuerte Quellen und Zweipolersatz- widerstände .....	65
	Aufgabe 8.1/3	Spannungsgesteuerte Stromquellen im Strom- kreis .....	68
	Aufgabe 8.1/4	Gesteuerte Quellen in einfachen Stromkreisen	70
	Aufgabe 8.1/5	Quellentransformation .....	71
	Aufgabe 8.1/6	Transformation der Steuergröße .....	72
	Aufgabe 8.1/7	Zweipolersatzschaltung .....	73
	Aufgabe 8.1/8	Gesteuerte Quelle, Leistungsbilanz .....	75
	Aufgabe 8.1/9	Netzwerk mit zwei gesteuerten Quellen .....	76
	Aufgabe 8.1/10	Transistorschaltung .....	78
8.2	Netzwerke mit Operationsverstärkern .....		81
	Aufgabe 8.2/1	Nichtinvertierender Operationsverstärker ...	81
	Aufgabe 8.2/2	Nichtinvertierender realer Operations- verstärker (OP) .....	84
	Aufgabe 8.2/3	Invertierender Operationsverstärker .....	88
	Aufgabe 8.2/4	Umkehrverstärker mit realem Operations- verstärker .....	91
	Aufgabe 8.2/5	Integrator .....	94

	Aufgabe 8.2/6	Mitkopplung in einer OP-Schaltung . . . . .	95
	Aufgabe 8.2/7	Invertierende und nichtinvertierende Mitkopplung . . . . .	97
8.3	Netzwerkanalyse . . . . .		99
	Aufgabe 8.3/1	Überlagerungssatz . . . . .	99
	Aufgabe 8.3/2	Maschenstromanalyse, gesteuerte Spannungsquelle . . . . .	100
	Aufgabe 8.3/3	Supermasche . . . . .	102
	Aufgabe 8.3/4	Supermasche . . . . .	103
	Aufgabe 8.3/5	Superknoten, Grundprinzip . . . . .	105
	Aufgabe 8.3/6	Superknoten, gesteuerte Quelle . . . . .	107
	Aufgabe 8.3/7	Superknoten, gesteuerte Quelle . . . . .	109
	Aufgabe 8.3/8	Netzwerk-Differentialgleichung, Superknoten . . . . .	111
	Aufgabe 8.3/9	Arbeitspunktschaltung . . . . .	112
	Aufgabe 8.3/10	Unbestimmte Admittanzmatrix . . . . .	115
	Aufgabe 8.3/11	Spannungsfolger, Nullorkonzept . . . . .	119
	Aufgabe 8.3/12	Operationsverstärker, Nullormodell . . . . .	120
	Aufgabe 8.3/13	Nullor-Konzept . . . . .	123
	Aufgabe 8.3/14	Operationsverstärkerschaltung, Nullor-Konzept . . . . .	124
	Aufgabe 8.3/15	Operationsverstärker mit symmetrischen Ausgang, Nullor-Konzept . . . . .	125
8.4	Nichtlineare Netzwerkelemente . . . . .		127
	Aufgabe 8.4/1	Zusammenschaltung von nichtlinearen Zweipolen . . . . .	127
	Aufgabe 8.4/2	Leistungsumsatz aktiver, passiver nichtlinearer Zweipol . . . . .	131
	Aufgabe 8.4/3	Nichtlinearer aktiver und passiver Zweipol, Arbeitspunkt, Kleinsignalverhalten . . . . .	136
	Aufgabe 8.4/4	Temperatureinfluß auf ein lineares Netzwerk . . . . .	140
	Aufgabe 8.4/5	Temperaturkoeffizient von Heiß- und Kaltleitern . . . . .	143
	Aufgabe 8.4/6	Thermistorkennlinie, Selbstaufheizung eines Bauelementes . . . . .	146
	Aufgabe 8.4/7	Kennlinie eines nichtlinearen resisitiven Zweipols bei Selbstaufheizung . . . . .	149
	Aufgabe 8.4/8	Nichtlinearer Grundstromkreis, graphische Lösung . . . . .	151
8.5	Übertrager in Netzwerken . . . . .		153
	Aufgabe 8.5/1	Transformatorbestimmung . . . . .	153
	Aufgabe 8.5/2	Anpassung mit Transformator . . . . .	157
	Aufgabe 8.5/3	Transformatorzusammenschaltung . . . . .	159
	Aufgabe 8.5/4	Transformatoranwendung . . . . .	161
	Aufgabe 8.5/5	Maschenstrom- und Knotenspannungsanalyse mit idealem Übertrager . . . . .	164

	Aufgabe 8.5/6	Transformatoranwendung .....	167
	Aufgabe 8.5/7	Transformator im Netzwerk .....	170
	Aufgabe 8.5/8	Transformatorschaltung .....	173
	Aufgabe 8.5/9	Spartransformator .....	175
8.6	Übertragungsfunktion .....		178
	Aufgabe 8.6/1	Skalierung .....	178
	Aufgabe 8.6/2	Skalierung, Normierung .....	180
	Aufgabe 8.6/3	PN-Plan, Übertragungsfunktion .....	184
	Aufgabe 8.6/4	Bode-Darstellung, Skalierung .....	186
	Aufgabe 8.6/5	Übertragungsfunktion, Frequenzgang .....	188
	Aufgabe 8.6/6	Bode-Diagramm, komplexes Polpaar .....	190
	Aufgabe 8.6/7	Gewinnung der Übertragungsfunktion .....	192
	Aufgabe 8.6/8	Bode-Diagramm .....	194
	Aufgabe 8.6/9	Bode-Diagramm, Impedanzfunktion .....	195
	Aufgabe 8.6/10	Übertragungsfunktion .....	197
	Aufgabe 8.6/11	Übertragungsfunktion zusammengeschal- ter Anordnungen .....	199
	Aufgabe 8.6/12	Doppeldifferenzierglied, PN-Kompensation ..	203
	Aufgabe 8.6/13	Verstärker, Übertragungsfunktion .....	205
	Aufgabe 8.6/14	Umkehrverstärker, Frequenzgang .....	207
	Aufgabe 8.6/15	Bode-Diagramm, Pole, Nullstellen, Stabilität	210
	Aufgabe 8.6/16	RC-Filter 2. Ordnung .....	212
	Aufgabe 8.6/17	Bandpaßfilter. Nullorkonzept .....	214
8.7	Zustandsgleichungen .....		216
	Aufgabe 8.7/1	Zustandsgleichungen aus Differential- gleichung .....	216
	Aufgabe 8.7/2	Aufstellung der Zustandsgleichungen .....	219
	Aufgabe 8.7/3	Transitionsmatrix .....	222
	Aufgabe 8.7/4	Übergangsfunktion, Übergangsmatrix .....	226
	Aufgabe 8.7/5	Systemmatrix, Eigenwerte, Fundamentalma- trix .....	228
	Aufgabe 8.7/6	Jordansche Normalform .....	230
	Aufgabe 8.7/7	Zustandsgleichungen, Übertragungsfunktion.	232
	Aufgabe 8.7/8	Zustandsgleichungen, Eigenvektoren .....	236
	Aufgabe 8.7/9	Zustandsgleichungen .....	239
	Aufgabe 8.7/10	Zustandsgrößendarstellung .....	242
	Aufgabe 8.7/11	Schaltvorgang .....	246
	Aufgabe 8.7/12	Nullzustandsverhalten .....	248
	Aufgabe 8.7/13	Zustandsgleichungen mit Kondensatormasche	250
9.	Mehrphasensysteme .....		253
9.1	Drehstromsysteme .....		253
	Aufgabe 9.1/1	Stern-Dreieckschaltung .....	253
	Aufgabe 9.1/2	Unsymmetrisch belastetes Dreiphasensystem	254
	Aufgabe 9.1/3	Erzeugung eines symmetrischen Drehstrom- systems .....	257

	Aufgabe 9.1/4 Stern-Sternschaltung mit Mittelpunktzweig .	258
9.2	Anwendungen .....	261
	Aufgabe 9.2/1 Phasenfolgeschaltung .....	261
	Aufgabe 9.2/2 Phasenfolgeschaltung .....	263
	Aufgabe 9.2/3 Magnetisch verkoppelte Lastimpedanzen ...	265
	Aufgabe 9.2/4 Anwendung symmetrischer Komponenten...	267
	Aufgabe 9.2/5 Leistungsumsatz, Blindleistungskompensation	269
<b>10.</b>	<b>Fourierreihe, Fourier-Transformation .....</b>	<b>272</b>
10.1	Fourierreihe .....	272
	Aufgabe 10.1/1 Fourierreihe und Spektrum .....	272
	Aufgabe 10.1/2 Fourierreihe, Symmetriebeziehungen .....	273
	Aufgabe 10.1/3 Fourierreihe, Effektivwert, Klirrfaktor .....	274
	Aufgabe 10.1/4 Tiefpaßfilterung, Klirrfaktor .....	276
	Aufgabe 10.1/5 <i>RC</i> -Tiefpaß .....	279
10.2	Fourier-Transformation .....	281
	Aufgabe 10.2/1 Rechteckimpuls, Impulsfolge Fourier-Transformation .....	281
	Aufgabe 10.2/2 Exponentialsignal, Fourier-Transformation ..	284
	Aufgabe 10.2/3 Fourier-Transformation, Netzwerke erster Ordnung .....	286
	Aufgabe 10.2/4 Fourier-Transformation, <i>RC</i> -Anordnung ...	290
	Aufgabe 10.2/5 Fourier-Transformation, Exponentialsignal ..	292
	Aufgabe 10.2/6 Fourier-Transformation, Gewichtsfunktion ..	295
<b>11.</b>	<b>Laplace-Transformation .....</b>	<b>297</b>
11.1	Erregerfunktionen .....	297
	Aufgabe 11.1/1 Faltung .....	297
11.2	Anfangswerte .....	298
	Aufgabe 11.2/1 Anfangswerte .....	298
	Aufgabe 11.2/2 Berechnung der Anfangswerte .....	299
11.3	Schaltvorgänge in Systemen erster Ordnung .....	301
	Aufgabe 11.3/1 Einschalten einer Gleichspannung am Kon- densator, Übergangsfunktion $h(t)$ .....	301
	Aufgabe 11.3/2 Impulsfunktion .....	305
	Aufgabe 11.3/3 Periodisches Umschalten in einer <i>RC</i> -Schaltung .....	309
	Aufgabe 11.3/4 Periodisches Umschalten einer Verstärker- schaltung .....	311
11.4	Schaltvorgänge in Systemen zweiter Ordnung .....	313
	Aufgabe 11.4/1 Integrier-Differenzglied .....	313
	Aufgabe 11.4/2 Einschaltverhalten eines Stromkreises mit gekoppelten Spulen .....	316
	Aufgabe 11.4/3 Verstärkerersatzschaltung, dynamisches Verhalten .....	319

## XII Inhaltsverzeichnis

11.5 Laplace-Transformation, Anwendungen .....	320
Aufgabe 11.5/1 Laplace-Transformation von Netzwerkerre-	
gungen .....	320
Aufgabe 11.5/2 Kondensatoraufladung und -entladung .....	322
Aufgabe 11.5/3 Kondensatorumladung .....	326
Aufgabe 11.5/4 Geschalteter Kondensator, Anfangswerte ...	328
Aufgabe 11.5/5 Netzwerk mit Kondensatormasche .....	330
Aufgabe 11.5/6 Induktivität im Schaltkreis, Anfangswerte ..	334
Aufgabe 11.5/7 Abschalten einer Induktivität .....	340
Aufgabe 11.5/8 Induktivitätsknoten .....	342
Aufgabe 11.5/9 Kompensierter Spannungsteiler .....	344
Aufgabe 11.5/10 Periodische Impulsspannung .....	346
Aufgabe 11.5/11 Einschalten einer Wechselspannung .....	349
Aufgabe 11.5/12 $RC$ -Netzwerk, Übergangsverhalten .....	350
Aufgabe 11.5/13 Integrier-Differenzierglied .....	354
Aufgabe 11.5/14 Einschaltverhalten gekoppelter Spulen .....	356
Aufgabe 11.5/15 Zustandsgleichung, Übergangsverhalten,	
Trajektorie .....	360

---

## B Selbstkontrolle

---

1. Selbstkontrolle der Kenntnisse .....	367
7 Wechselstromtechnik .....	367
8 Netzwerke .....	370
9 Drehstrom .....	376
10 Fourierreihe, Fourier-Transformation .....	376
11 Übergangsverhalten, Laplace-Transformation .....	378
2. Lösungen .....	381
7 Wechselstromtechnik .....	383
8 Netzwerke .....	387
9 Drehstrom .....	388
10 Fourierreihe, Fourier-Transformation .....	388
11 Übergangsverhalten, Laplace-Transformation .....	389

Literaturverzeichnis .....	393
----------------------------	-----