

HANDBUCH FÜR HOCHFREQUENZ- UND ELEKTRO-TECHNIKER

IV. BAND

Mit Beiträgen von

Dipl.-Ing. W. Anacker · Obering. H. Brungsberg
Dipl.-Ing. B. Donati · Dr. phil. F. A. Fischer
Dipl.-Ing. H. Friedrich · Dipl.-Ing. H.-J. Fründt
Dipl.-Ing. E. Ginsberg · Dipl.-Ing. D. Gravenhorst
Dr.-Ing. D. Hopf · Privatdozent Dr. H. G. Müller.

Dr. H.-G. Nöller · Obering. H. Petzoldt
Dipl.-Ing. W. Sparbier · Ing. G. Weitner

unter Mitarbeit der Redaktionen FUNK-TECHNIK
und ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU

Herausgeber: Obering. Kurt Kretzer



VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH
Berlin-Borsigwalde

Copyright by VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Berlin
Printed in Germany 1957
Satz und Druck: Oswald Schmidt KG

VORWORT

Der mit der Herausgabe des I. Bandes des HANDBUCHS FÜR HOCHFREQUENZ- UND ELEKTRO-TECHNIKER verfolgte Gedanke, eine Buchreihe einzuleiten, die für das einschlägige Fachgebiet ein grundlegendes Nachschlagewerk werden sollte, wurde von der technisch interessierten Leserschaft über Erwarten gut aufgenommen. Somit konnte das für das Sammelwerk angestrebte Ziel, ein fundamentales Werk der Elektrotechnik mit besonderem Einschlag zur elektronischen Seite hin zu sein, uneingeschränkt beibehalten werden. Daher ist es nur folgerichtig, an den sich immer stärker ausdehnenden Leserkreis ständig die jüngsten Erkenntnisse der Forschung, Technik und Praxis durch die Herausgabe weiterer Bände heranzutragen. Das ist auch die Aufgabe des IV. Bandes dieser Buchreihe.

Die Tendenz aller Zweige der Elektrotechnik, sich ständig mehr in Spezialgebiete aufzulösen und, fast wie durch Zellteilung oder Kettenreaktion, sich einzeln zu entwickeln und auszubreiten, birgt für den Ingenieur und den technisch arbeitenden Wirtschaftler die Gefahr, daß der Gesamtüberblick über das große technische Geschehen verlorengeht. Deshalb will auch dieser neueste Band der HANDBUCH-Reihe das Bestreben der Physiker, Techniker, der Studierenden und Praktiker darin unterstützen, den Boden fest unter den Füßen zu behalten. Er wird sich für alle Interessierten als ein den gegenwärtigen Stand der Technik berücksichtigendes, zuverlässiges Orientierungsmittel erweisen und mit den bereits herausgegebenen Bänden zu einem vielfach über ihr Arbeitsgebiet weit hinausreichenden elektrotechnischen Gesamtwerk werden.

Da sich auch dieser Band an alle Techniker mit ihren so vielseitigen Fachinteressen wendet, fällt es schwer, den einen oder anderen Beitrag oder gar seine Einzelheiten als besonders wertvoll zu bezeichnen. Willkürlich aus der Fülle des hier Gebotenen herausgegriffen, sei dennoch erwähnt, daß die moderne Ultrahoch-Vakuumtechnik in dieser Buchreihe das erste Mal behandelt wird und die Halbleiterphysik mit Transistor-Schaltungstechnik, die Beschallungstechnik, die stereofonischen Anlagen und Tonfilmverfahren für Lichtton und Mehrkanal-Magnetton berücksichtigt sind. Dieser Band gibt ferner einen umfassenden, aus der Praxis gewonnenen Einblick in die Berechnung von Verstärkern und geht auf die moderne Methode der unmittelbaren Wetterbeobachtung durch Radar ein. Auch über Erfahrungen mit dm- und cm-Reichweiten von einigen hundert Kilometern wird berichtet, und es ist gezeigt, wie die Nachrichtenübertragungstechnik mathematisch-theoretisch zu beherrschen ist. Außerdem macht ein Referat mit den letzten technologischen Erkenntnissen auf dem Gebiet der Elektronenröhre bekannt und beschreibt neuzeitliche Fertigungsverfahren für Röhren, deren Fortentwicklung dazu beitragen konnte, der Elektronik immer weitere Bereiche des täglichen Lebens und der industriellen Produktion zu erschließen.

Über die beachtenswerten Wissenszweige und ihre Randgebiete will das HANDBUCH schnell und, wo es lohnend scheint, auch eingehend informieren. Wie ein Mosaik aber nur aus einem gewissen Abstand betrachtet als Bild wirkt, so soll es im allgemeinen nur die Umrisse des Ganzen dort erkennen lassen, wo eine tiefgründige Behandlung des Stoffes besser dem thema-individuellen Fachbuch oder auch der Fachzeitschrift vorbehalten bleibt. In dieser Erkenntnis sind dem HANDBUCH reichlich Schrifttums Hinweise beigegeben. Bedeutende Wissenschaftler, die dem Verlag ihre wertvollen Arbeiten zur Verfügung stellten, gewährleisteten, den jeweils richtigen Betrachtungsabstand für die hier veröffentlichten Referate erkannt zu haben.

Ich bin den Verfassern herzlich dafür verbunden, daß sie in dieser zeitknappen Ära dem Vorwärtstrebenden ein umfassendes Resümee ihrer Forschungsarbeit in diesem Buch zugänglich machen. Ebenso danke ich den Mitarbeitern der Fachzeitschriften FUNK-TECHNIK und ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU für ihre wissenschaftliche Unterstützung sowie meinen engsten Mitarbeitern für die redaktionelle und graphische Gestaltung des Buches.

Berlin, Ende 1957

Kurt Kretzer

INHALT

Informationstheorie

Bearbeiter: *Dr. phil. Friedrich Alexander Fischer*

I. Informationstheorie und Kommunikationstheorie	25
II. Das allgemeine Schema einer technischen Nachrichtenübertragung	26
III. Die Nachrichtenergiebigkeit oder Entropie einer Quelle	27
IV. Die Übertragungsfähigkeit oder Kapazität eines Kanals	29
V. Die Kapazität eines gestörten Kanals	31
VI. Die Übertragung kontinuierlicher Information	34
VII. Die Pulsmodulationen (PCM)	39
VIII. Schrifttum	44

Bauelemente der Nachrichtentechnik

Bearbeiter des I. und II. Teils: *Dipl.-Ing. Dietrich Gravenhorst*

Bearbeiter des III. Teils: *Dipl.-Ing. Bernhard Donati und*

Dipl.-Ing. Ernst Ginsberg

I. Spannungsabhängige Widerstände mit symmetrischer Kennlinie	47
1. Einführung	47
a) Varistoren (<i>Variable Resistors</i>)	47
2. Geschichtliches	48
3. Siliziumkarbid	48
4. Technologie	50
5. Alterung	51
6. Mechanische Eigenschaften von Varistoren aus Siliziumkarbid	51
7. Stromleitungen in Siliziumkarbid	52
8. Kontaktwiderstand	52
9. Spannungsabhängigkeit	52
a) <i>Das Ersatzschaltbild</i>	54
10. Dimensionierungen von Varistoren	54
a) <i>Hersteller</i>	54
11. Elektrische Eigenschaften bei Gleichstrom	54
a) <i>Temperaturkoeffizient</i>	56
b) <i>Zulässige Belastung</i>	56
12. Reihenschaltung von Varistoren	57
13. Parallelschaltung von Varistoren	58
14. Elektrische Eigenschaften bei Wechselstrom mit niedriger Frequenz	58
a) <i>Sinusförmige Spannung</i>	61
b) <i>Verlustleistung bei sinusförmiger Spannung</i>	63
c) <i>Sinusförmiger Strom</i>	63

	d) Verlustleistung bei sinusförmigem Strom	63
	e) Wechselstromwiderstand	64
	f) Arbeitsunterlagen	64
15.	Typenübersicht	69
16.	Anwendungsbeispiele	73
	a) Funkenlöschung an Kontakten	73
	a) Beispiel	74
	β) Spitzenspannungsunterdrückung	74
	b) Spannungserzeugung aus Hochspannungsimpulsen	75
	c) Erhöhung der Spannungsempfindlichkeit von Relais	75
	d) Spannungsstabilisierung	75
	a) Anwendung von VDR-Widerständen in Schaltungen mit Glimmstabilisatorröhren	76
	β) Konstanthaltung von Schirmgitterspannungen	76
	γ) Verwendung von VDR-Widerständen in Gleichstrom- verstärkern	77
	e) Anwendung von VDR-Widerständen in Brücken	77
II.	Keramische Kleinkondensatoren mit wählbarem Temperaturkoeffizienten der Kapazität und kleinen TKc-Toleranzen	79
III.	Transistoren	82
	1. Einleitung	82
	2. Die drei Grundsaltungen des Transistors	84
	3. Vergleich der Rechnungsart bei Röhre und Transistor	84
	4. Die <i>h</i> -Matrix und ihre grafische Darstellung	85
	5. Weitere Matrix-Darstellungen und Ersatzschaltbilder	91
	6. Abhängigkeit der <i>h</i> -Parameter vom Arbeitspunkt	96
	7. Abhängigkeit der <i>h</i> -Parameter von der Temperatur	99
	8. Dynamische Gegenkopplungen	103
	9. Großsignalverstärkung	107
	a) <i>A</i> -Verstärker	107
	a) Transformatorkopplung	107
	β) Widerstandskopplung	110
	b) Gegentakt- <i>B</i> -Verstärker	112
	c) Belastbarkeit von Leistungstransistoren	114
10.	Temperaturabhängigkeit und Stabilisierung	116
	a) Der Reststrom des Transistors	117
	b) Thermische Stabilität	119
	c) Stabilisierungsschaltungen	121
	a) Widerstand im Emitterzweig	121
	β) NTC-Widerstand im Basis-Spannungsteiler	121
	γ) Gegenkopplung zwischen Basis und Kollektor	122
	δ) Einspeisung eines festen Basisstromes	123
	ε) Vergleichende Betrachtung über die vier angegebenen Schaltungen	123
11.	Der Transistor als Schalter	124
	a) Die Ein-Stellung	124
	b) Die Aus-Stellung	126
	c) Umschaltverhältnisse	129
12.	Hochfrequenzverstärkung	131
	a) Ersatzschaltbild	131
	b) ZF-Verstärkung	132

13. Rauschen	135
a) Definition	135
b) Rauschspektrum	136
c) Schaltungseinflüsse	136
14. Transistoren-Übersichtstafeln	138
IV. Schrifttum	142

Fortschritte auf dem Gebiet der Elektronenröhre

Bearbeiter: *Dr.-Ing. Dietrich Hopf*

I. Einleitung	145
II. Verstärkerröhren für Rundfunk- und Fernsehempfänger	145
1. Rundfunkempfangerröhren	145
a) Vor- und Mischstufe	145
b) Zwischenfrequenzverstärker	146
c) Demodulation und NF-Vorverstärkung	147
d) Endpentoden	149
e) Röhren für Batteriebetrieb	150
2. Fernsehempfangerröhren	152
a) Röhren für den Kanalwähler	152
b) Röhren für Zwischenfrequenzverstärkung	153
c) Röhren für Videoverstärkung	153
d) Röhren für die Ablenkschaltung (90°-Ablenkung)	154
e) Hochspannungsgleichrichterröhren	156
f) Röhren für die Fernsehbander IV und V (470--960 MHz)	157
g) Tonfrequenzverstärkerröhren	158
III. Langlebensdauereröhren	159
1. Anwendungsgebiete	159
a) Nachrichtenweitverkehr	159
b) Rechengeräte	160
c) Industrielle Steuerung	160
d) Luft- und Seefahrt	161
2. Eigenschaften	162
a) Zuverlässigkeit	162
b) Lange mittlere Lebensdauer	162
c) Stoß- und Vibrationsfestigkeit	162
d) Enge Toleranzen	163
e) Zwischenschichtfreie Katoden	163
3. Röhreneigenschaften und Anwendungsgebiete	163
4. Neue Röhrentypen	164
5. Konstruktionsmerkmale	164
a) Gitterkonstruktion	164
b) Systemaufbau	164
c) Werkstoffauswahl	165
6. Fertigungstechnik	165
a) Sauberkeit	165
b) Pumpprozeß	165
c) Fertigungskontrollen	166
d) Besondere Glasverarbeitung	166
7. Endkontrolle	166

IV. Röhren für Dezimeter- und Zentimeterwellen	166
1. Scheibentrioden	166
2. Klystron	172
3. Magnetron	174
4. Wanderfeldröhren	178
a) Verstärkerrohren	178
b) Carcinotron	180
5. Barkhausen-Kurz-Röhren	182
6. Röhren für Meßzwecke	183
a) Spannungsmessung	183
b) Rauschmessung	184
V. Elektronenstrahlröhren	186
1. Oszillografenröhren	186
a) Meßgenauigkeit	186
b) Ablenkempfindlichkeit	187
c) Niedrige Anodenspannung	187
d) Wahlweise symmetrische oder asymmetrische Ablenkung	187
e) Zusammenstellung einiger neuer Typen	188
f) Mehrstrahlröhren	188
2. Fernsehbildröhren	190
a) 90°-Ablenkung	190
b) Bildformat	190
c) Strahlerzeugungssystem	190
d) Elektrostatische Fokussierung	192
e) Aluminiumhinterlegter Leuchtschirm	192
f) Bildröhren für industrielle Fernsehgeräte	193
g) Projektionsröhren	194
h) Bildröhren für Radar-Sichtgeräte	194
i) Bildröhren für Farbfernsehen	195
3. Punktlichtabtaströhren	198
4. Fernseh-Bildabtaströhren	199
a) Superikonoskop	199
b) Orthikon	202
c) Superorthikon	203
d) Vidikon	204
5. Blauschriftspeicherröhren	205
6. Ladungsspeicherröhren	206
7. Bandstrahlableitrohren	211
a) Strahlableitkröhre E 80 T	211
b) Dekadische Zählrohre E 1 T	213
8. Bildwandler	216
a) Bildwandler für den sichtbaren Spektralbereich und benachbarte Gebiete	216
b) Röntgenbildverstärker	219
VI. Gasentladungsröhren	221
1. Thyratrons	221
a) Quecksilberdampf-Thyratrons	221
b) Thyratrons mit Mischfüllung	222
c) Edelgas-Thyratrons	222
d) Wasserstoff-Thyratrons	223
2. Ignitrons	224

3. Relaisröhren	226
4. Geiger-Müller-Zählrohre	230
VII. Schrifttum	235

Verstärkertechnik

Bearbeiter: *Dipl.-Ing. Hans Friedrich*

I. Einleitung.....	243
1. Allgemeines	243
2. Beurteilung von Verstärkern	243
a) <i>Frequenzbandbreite</i>	243
b) <i>Nichtlineare Verzerrungen</i>	244
c) <i>Einschwingvorgänge</i>	244
d) <i>Störabstand</i>	244
e) <i>Brumm-Modulation</i>	245
II. NF-Verstärker	246
1. Musik- und Sprach-Übertragungsverstärker	247
a) <i>Frequenzbandbreite</i>	247
b) <i>Nichtlineare Verzerrungen</i>	248
c) <i>Einschwingvorgänge</i>	248
d) <i>Störabstand</i>	249
e) <i>Brumm-Modulation</i>	249
f) <i>Besonderes über Endverstärker</i>	249
g) <i>Besonderes über Vorverstärker</i>	250
h) <i>Regelverstärker</i>	276
i) <i>Gegenkopplungstechnik</i>	281
j) <i>Mitkopplungstechnik</i>	295
k) <i>Dimensionierung von Endverstärkern</i>	296
l) <i>Dimensionierung von Vorverstärkern</i>	305
Empfindlichkeiten und Scheinwiderstände der Mikrofone	306
Daten der Mikrofoneingänge	306
Daten der Tonquellen	307
Magnetbandgerät für Heimzwecke	307
Zweitlautsprecherausgang	307
Diodenausgang	307
Berechnung der Mikrofoneingänge	308
Berechnung des umschaltbaren Einganges	310
m) <i>Übersicht über industrielle Geräte und Schaltungen</i>	314
Verstärker als Einzelbausteine	315
Kraftverstärker	315
Vollverstärker	317
2. Fernsprechverstärker	325
a) <i>Zweidrahtverstärker</i>	328
b) <i>Vierdrahtverstärker</i>	329
c) <i>Allverstärker</i>	329
III. HF-Verstärker	332
1. Modulationsverzerrung K_m	335
2. Modulationsgradänderung A_m	335
3. Kreuzmodulation m_x	335
4. Brumm-Modulation m_B	335
IV. Gleichstromverstärker	336
V. Schrifttum	339

Moderne AM-FM-Empfangstechnik

Bearbeiter: *Dipl.-Ing. Werner Sparbier*

I. Einleitung	343
II. Grundsätzliches über den UKW-Empfang	343
III. Das UKW-Signal und die Kennwerte des Empfängers	344
1. Frequenzbereich, Modulation, Feldstärke	344
2. Empfindlichkeit für 50 mW	345
3. Signal/Rausch-Abstand	345
4. Oszillatorabstrahlung	350
IV. Grundsätzlicher Aufbau eines AM-FM-Empfängers	350
V. Einige Blockschaltbilder mit Empfängerkenndaten	353
VI. UKW-Vorstufen	360
1. Allgemeines	360
2. Verstärkung	361
3. Rauschen	362
4. Die Gitterbasisstufe	364
5. Die neutralisierte Katodenbasisstufe	366
6. Die Zwischenbasisschaltung (mit Neutralisation)	369
7. Die Cascodestufe	371
VII. Die FM-Mischstufe	373
1. Prinzipschaltung	373
2. HF-Übertragung im Eingang symmetrierter Mischstufen	374
3. Mischverstärkung	377
a) <i>Beispiel 1: symmetrierte EC 92-Mischstufe mit induktiven</i> <i>Zweigen im Eingang</i>	377
b) <i>Beispiel 2: symmetrierte ECC 85-Mischstufe mit kapazitiven</i> <i>Zweigen im Eingang</i>	380
c) <i>Beispiel 3: symmetrierte Mischstufe für Batteriegeräte</i>	382
d) <i>Beispiel 4: additive Mischstufe mit hochliegender Katode</i>	385
VIII. Eine AM-Mischstufe mit DF 97 für Batteriegeräte	386
IX. ZF-Verstärkung	388
1. Allgemeines	388
2. Verstärkung und Stabilität einer ZF-Stufe	388
3. C_{ag} -Neutralisation	390
4. Verstärkungswerte	393
5. Pentodenbegrenzung in der letzten ZF-Stufe	394
6. Verringerung der Eingangs-Kapazitätsänderungen beim Regeln	396
7. Die ECH 81 als ZF-Verstärker mit C_{ahaT} -Rückwirkung	397
8. Zweifach-Diode-Pentode in der letzten ZF-Stufe	400
X. Die Demodulation	401
1. Der Ratiidetektor	401
2. Zusätzliche Schaltungsverbesserungen in der FM-Detektorstufe	405
3. Der Synchrondetektor	408
XI. Verbesserungen im NF-Teil von AM-FM-Geräten	409
1. Allgemeines	409
2. Die Ultralinear-Schaltung	409
3. Die eisenlose Endstufe	410
4. Vorstufen	412
XII. Schrifttum	413

Elektroakustik und Tonfilmtechnik

Bearbeiter: *Oberingenieur Herbert Petzoldt*

I. Elektroakustische Geräte	417
1. Mikrofone	417
a) <i>Kondensatormikrofone</i>	417
b) <i>Dynamische Mikrofone</i>	420
2. Verstärker	422
a) <i>Pegelverhältnisse in Anlagen</i>	422
b) <i>Studioanlagen</i>	423
c) <i>Großanlagen</i>	424
d) <i>Kleinanlagen</i>	427
3. Lautsprecher	428
a) <i>Membranlose Lautsprecher</i>	429
b) <i>Kugellautsprecher</i>	431
c) <i>Wandlerempfindlichkeit</i>	432
4. Tonaufnahme- und Wiedergabegeräte	433
a) <i>Schallplattengeräte</i>	433
b) <i>Magnetongeräte</i>	435
II. Beschallungstechnik	437
1. Grundlagen	437
a) <i>Akustische Rückkopplung</i>	437
b) <i>Lautstärken in elektroakustischen Anlagen</i>	438
c) <i>Lautsprecheranordnungen</i>	439
d) <i>Strahlergruppentechnik</i>	441
2. Beschallung von Freiflächen	444
a) <i>Reichweite von Lautsprechern</i>	444
b) <i>Beschallungsbeispiel</i>	445
3. Beschallung von Bäumen	447
a) <i>Hallradius</i>	447
b) <i>Zentrale Beschallung</i>	447
c) <i>Dezentrale Beschallung</i>	449
d) <i>Beschallungsbeispiele</i>	450
III. Stereophonie	452
1. Schallquellenlokalisierung	452
a) <i>Vorbemerkung</i>	452
b) <i>Tiefenlokalisierung</i>	452
c) <i>Höhenlokalisierung</i>	452
d) <i>Seitenlokalisierung</i>	453
2. Stereophonische Anlagen	454
a) <i>Anlagen mit Kopfhörern</i>	454
b) <i>Anlagen mit Lautsprechern</i>	455
c) <i>Übertragungsarten</i>	456
IV. Tonfilmtechnik	457
1. Vorbemerkung	457
2. Bildwiedergabe	457
a) <i>Stereoskopische Verfahren</i>	457
b) <i>Panoramaverfahren</i>	457

3. Tonwiedergabe	458
a) <i>Lichtton und Magnetton</i>	458
b) <i>Einspurverfahren</i>	460
c) <i>Mehrspurverfahren</i>	462
d) <i>Vierkanal-Magnettonanlagen</i>	464
V. Schrifttum	468

Planungsgrundlagen für kommerzielle Funk- und Richtfunkverbindungen

Bearbeiter: *Dipl.-Ing. Hans-Joachim Fründt*

I. Einleitung	471
II. Allgemeines	471
1. Störabstand	471
2. Betriebsbereitschaft	475
3. Wahl des Standortes	477
4. Stromversorgung	478
III. Richtfunkverbindungen	480
1. Ausbreitung	480
a) <i>Ausbreitung im freien Raum</i>	481
b) <i>Freiheit der ersten Fresnelzone</i>	482
c) <i>Erdwölbung</i>	483
d) <i>Brechung in der Troposphäre</i>	485
e) <i>Beugung</i>	485
f) <i>Dämpfung in der Troposphäre</i>	488
g) <i>Schwundreserve</i>	490
h) <i>Anomale Ausbreitung</i>	490
2. Niederfrequenter Störabstand	492
a) <i>Aussteuerungsfragen</i>	492
b) <i>Breitbandgewinn</i>	493
c) <i>Amplitudenmodulation</i>	493
d) <i>Frequenzmodulation</i>	494
e) <i>Pulsphasenmodulation</i>	496
f) <i>Hintereinanderschaltung von mehreren Teilstrecken</i>	497
IV. Bewegliche Funksprechverbindungen	497
1. Versorgungsbereich	497
a) <i>Feldstärke in ebenem Gelände</i>	498
b) <i>Feldstärke in bergigem Gelände</i>	501
c) <i>Abweichungen vom Mittelwert</i>	501
d) <i>Feldstärke und Antennenspannung</i>	501
e) <i>Nebenempfänger</i>	504
2. Vermittlungseinrichtungen	504
a) <i>Funkgabel</i>	504
b) <i>Selektivruf</i>	505
c) <i>Zusatzeinrichtungen</i>	506
V. Verbindungen über große Entfernungen	507
1. Grundlagen der KW-Ausbreitung	507
a) <i>Brechung und Dämpfung</i>	507
b) <i>Strahlenverlauf</i>	508
c) <i>Sprungentfernung</i>	509

d) Grenzfrequenz	510
e) Übertragungsfrequenzbereich	510
f) Veränderlichkeit der Schichten	511
g) Störungen der KW-Ausbreitung	513
2. Maßnahmen zur Erhöhung der Betriebsbereitschaft	514
a) Richtantennen	514
b) Mehrfachempfang	516
c) Modulationsarten	517
3. Betriebsarten	518
a) Telegrafie	518
b) Telefonie	520
c) Bildfunk	521
4. Endeinrichtungen	521
a) Funkbetriebszentrale	521
b) Funksprechzentrale	522
VI. Fernreichweiten unter 10 m Wellenlänge	524
1. Troposphärische Streuung	524
a) Empfangsleistung	525
b) Nutzbare Bandbreite	527
c) Schwundreserve	527
d) Allgemeine Gesichtspunkte	528
2. Ionosphärische Streuung	528
VII. Schrifttum	529

Meteorologische Anwendungen der Nachrichtentechnik

Bearbeiter: *Privatdozent Dr. Hans Gerhard Müller*

I. Einleitung	533
II. Wetternachrichtenwesen	533
III. Faksimile-Übertragung von Wetterkarten	538
IV. Automatisierung der Wetterbeobachtung	538
1. Automatische Wetterstationen für Beobachtungen an der Erdoberfläche	539
2. Radiosonden	541
V. Elektrische Höhenwindmessung	556
VI. Unmittelbare Wetterbeobachtung durch Radar	561
VII. Schrifttum	567

Die Elektronik in der Steuerungs- und Regelungstechnik

Bearbeiter: *Oberingenieur Heinrich Brungsberg und Ingenieur Gerhard Weitner*

I. Einleitung	571
1. Steuerung	571
2. Regelung	572
3. Begriffe	572

II. Aufgaben der Elektronik in der Steuerungs- und Regelungstechnik	575
III. Theorie der selbsttätigen Regelung	575
1. Das Verhalten der Regelkreisglieder	575
a) <i>Differentialgleichung</i>	577
b) <i>Frequenzgangdarstellung</i>	577
c) <i>Übergangsfunktion</i>	580
2. Das Verhalten der Regelstrecke	581
a) <i>Verzögerungsarme Regelstrecken</i>	582
b) <i>Regelstrecken mit Anlaufzeit</i>	583
c) <i>Regelstrecken mit Anlaufwert und Totzeit</i>	585
3. Das Verhalten des Reglers	586
a) <i>Die Grundtypen</i>	587
b) <i>Kombinationen der Grundtypen</i>	588
c) <i>Regler mit Rückführung</i>	590
4. Das Verhalten des offenen und geschlossenen Regelkreises	593
a) <i>Grundgleichungen</i>	593
b) <i>Stabilitätskriterien</i>	594
c) <i>Auswahl- und Einstellanweisungen</i>	595
IV. Ausführung von elektronischen Geräten und Reglern	598
1. Geräte	598
a) <i>Spannungsrelais</i>	598
b) <i>Zeitrelais</i>	599
c) <i>Fotoelektrische Relais</i>	600
d) <i>Zählgeräte</i>	601
e) <i>Meßwertumformer (Transmitter)</i>	605
2. Stetige Regler	610
a) <i>P-Regler</i>	610
b) <i>PD-Regler</i>	612
c) <i>PI-Regler</i>	613
d) <i>PID-Regler</i>	614
e) <i>Zusatzschaltungen</i>	617
3. Unstetige Regler	619
a) <i>Zweipunktregler</i>	619
b) <i>Schrittregler</i>	620
V. Anwendung von elektronischen Steuerungen und Regelungen	625
1. Energieerzeugung und -verteilung	625
a) <i>Dampfkraftwerke</i>	625
b) <i>Spannungs- und Frequenzregelung von Drehstromgeneratoren</i>	627
c) <i>Energieverteilung</i>	629
2. Antriebstechnik	630
a) <i>Walzwerksteuerungen</i>	631
b) <i>Kran- und Hebezeuge</i>	635
c) <i>Werkzeugmaschinen</i>	637
d) <i>Papierindustrie</i>	643
3. Wärme- und Beleuchtungstechnik	645
a) <i>Erwärmung von metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen durch Hochfrequenz</i>	645

b) Temperaturregelungen	645
c) Steuerung und Regelung von Lampen	648
4. Industrielle Prozesse	650
a) Chemische Industrie	650
b) Elektropneumatische Standregelung	650
5. Meß- und Überwachungstechnik	652
a) Elektronik in der Erdöl-Industrie	652
b) Elektronische Härtemessung von Stahlteilen	653
c) Prüfung fertiger elektrischer Bauteile	655
VI. Schrifttum	656

Theorie und Technik elektronischer digitaler Rechenautomaten

Bearbeiter: *Dipl.-Ing. Wilhelm Anacker*

I. Einleitung	661
1. Geschichtliches	661
2. Die Darstellung von Größen in digitaler und analoger Form	662
II. Digitale Rechenanlagen	663
1. Prinzipieller Aufbau	663
2. Wissenschaftliche Rechnung und Datenverarbeitung	664
3. Serienbetrieb und Parallelbetrieb	664
III. Mathematische Theorie	664
1. Zahlssysteme	665
a) Das Dezimalsystem	665
b) Das Binärsystem	665
c) Das Oktalsystem	666
d) Das Hexadezimalsystem	666
2. Dezimal-binäre Ziffernverschlüsselung	667
a) Direkte Verschlüsselung	667
b) Dreixzeß-Verschlüsselung	668
c) Aikensche 2-4-2-1-Verschlüsselung	669
d) Biquinäre Verschlüsselung	670
e) Elektrische Nachbildung von Ziffern und Zahlen	670
a) Parallelprinzip	670
b) Serienprinzip	671
3. Unterscheidung positiver und negativer Zahlen	672
a) durch Absolutbetrag und Vorzeichen	672
b) durch Darstellung negativer Zahlen als Komplemente bezüglich einer Konstante C	672
a) $C = B^1 - \eta$	672
b) $C = B^l$	673
c) Modulo- B -Darstellung	674
4. Regeln für die Grundrechenoperationen	674
a) Addition und Subtraktion	674
b) Multiplikation mit B^{+a} und B^{-a}	677
c) Multiplikation allgemein	677
d) Division allgemein	679

5.	Das Rechnen mit festem und gleitendem Komma	681
6.	Die Konvertierung von Zahlen in ein anderes Zahlssystem	682
	a) <i>Vom Dezimal- in das Binärsystem</i>	682
	b) <i>Vom Binär- in das Dezimalsystem</i>	684
IV.	Theorie der Verknüpfungsschaltungen	685
1.	Schaltungsalgebra	685
2.	Aufbau elektronischer Schaltungen mit der Schaltungsalgebra	686
V.	Realisierung der Grundverknüpfungen mit Relais, elektronischen Schaltungen und Ferritringkernen	688
1.	Logische Elemente	688
	a) <i>Negatoren</i>	688
	b) <i>„Und“-Gatter</i>	691
	c) <i>„Oder“-Gatter</i>	693
2.	Impulsgatter	694
3.	Speicherelemente	694
	a) <i>Statische Flip-Flop</i>	694
	a) <i>Relais-Flip-Flop</i>	694
	β) <i>Elektronische statische Flip-Flop (F)</i>	695
	b) <i>Dynamische Flip-Flop</i>	696
	c) <i>Verzögerungsglieder</i>	696
	d) <i>Impulsformerschaltung</i>	697
VI.	Netzwerke für spezielle Zwecke	697
1.	Zentraler Impulsgenerator	697
2.	Ablaufsteuerung	698
	a) <i>Reiner Impulsbetrieb</i>	698
	b) <i>Anwendung und Erzeugung von Schaltwellen</i>	699
	c) <i>Impulsausblendprinzip</i>	700
3.	Elektronische Zähler	702
4.	Die Koinzidenzeinheit	703
5.	Matrizen	704
	a) <i>Entschlüsselungsmatrix</i>	704
	a) <i>Diodenmatrix</i>	705
	β) <i>Ferritkernmatrix</i>	705
	b) <i>Verschlüsselungsmatrix</i>	707
	c) <i>Multiplikationstafel</i>	707
VII.	Das Rechenwerk	708
1.	Die Recheneinheit	708
	a) <i>Parallelbetrieb</i>	709
	a) <i>Register</i>	709
	β) <i>Verschiebeeinrichtungen</i>	709
	γ) <i>Addierwerke</i>	711
	b) <i>Serienbetrieb</i>	712
	a) <i>Register</i>	712
	β) <i>Verschiebeeinrichtungen</i>	712
	γ) <i>Addierwerk</i>	712
2.	Die Rechensteuerung	713
3.	Logische Operationen	714
	a) <i>Logische Multiplikation</i>	714
	b) <i>Logische Addition</i>	715

VIII. Der Speicher	715
1. Allgemeines	715
2. Statische Flip-Flop-Speicher	717
3. Katodenstrahlröhrenspeicher	717
4. Ferritkernspeicher	718
5. Elektroakustische Laufzeitspeicher	720
6. Magnettrommelspeicher	721
7. Magnetbandspeicher	722
8. Kombination von Speichern	723
9. Anpassung von Parallelspeichern für Serienbetrieb und um- gekehrt	723
a) <i>Parallel-Serie-Wandler</i>	723
b) <i>Serie-Parallel-Wandler</i>	723
IX. Das zentrale Steuerwerk	724
1. Ein- und Mehrdraßmaschinen	725
2. Befehlscode und Befehlsliste	726
X. Aufstellung eines Rechenprogramms für einen Rechenautomaten	727
1. Beispiel für Quadratwurzelberechnung	727
2. Möglichkeiten der Programmiervereinfachung	729
XI. Eingabeeinrichtungen	730
1. Fernschreiber	730
2. Mechanische und fotoelektrische Lochstreifensender	730
3. Lochkartenabtaster	730
4. Filmabtaster	731
5. Magnetband-Eingabegerät	731
6. Analog-Digitalumsetzer	731
XII. Ausgabeinrichtungen	732
1. Fernschreiber	732
2. Zeilenschnelldrucker	732
3. Fotografische Ausgabeinrichtungen	732
4. Indirekte Ausgabe mit Ausgabepuffern	733
5. Digital-Analogumsetzer	733
XIII. Schrifttum	733

Vakuumtechnik

Bearbeiter: *Dr. Hans-Georg Nöller*

I. Physikalische Grundlagen	737
1. Kinetische Gastheorie	737
a) <i>Boltzmann-Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung</i>	738
b) <i>Gasdruck</i>	740
c) <i>Spezifische Wärme</i>	740
d) <i>Zahl der auf die Wand treffenden Teilchen</i>	741
e) <i>Freie Weglänge</i>	742
f) <i>Transporterscheinungen</i>	742

2. Gasdynamik	743
a) Bernoullische Gleichung	743
b) Stromdichte	744
c) Lavaldüse	746
3. Strömungswiderstand	747
a) Vakuumstromkreis	747
b) Saugleistung, Strömungswiderstand, Sauggeschwindigkeit	748
c) Spezielle Strömungswiderstände	749
Öffnung bei hohen Drücken	749
Öffnung bei niedrigen Drücken	750
Strömungsformen in Bohren	751
Laminare Strömung durch Rohre	752
Molekularströmung durch Rohre	753
Gleichung für den gesamten Druckbereich	754
Strömung in Rohrkrümmern	755
4. Vorgänge an flüssigen und festen Grenzflächen	755
a) Praktische Beispiele	756
b) Clausius-Clapeyronsche Gleichung	757
c) Verschiedene Arten der Adsorption	757
II. Pumpen	759
1. Rotierende Pumpen	759
a) Pumpen mit Ölüberlagerung	759
b) Pumpen ohne Ölüberlagerung	768
2. Treibmittelpumpen	770
a) Arbeitsweise	770
b) Quecksilberdiffusionspumpen	779
c) Öldiffusionspumpen	730
d) Treibmittel für öldiffusions- und Öldampfstrahlpumpen	786
3. Ionen- und Getterpumpen	788
III. Meßinstrumente	789
1. Direkte Meßverfahren	790
a) U-Rohr-Manometer	790
b) Membran-Manometer	790
2. Indirekte Meßverfahren	791
a) Kompressions-Vakuummeter nach McLeod	791
b) Wärmeleit-Vakuummeter	792
c) Vakuummeter mit Ionisierung	795
Ionisations-Vakuummeter	796
Vakuummeter nach Penning	796
Alphatron	797
IV. Tabellen	799
V. Schrifttum	801
—————	
Anschriften der Bearbeiter	803
Namensverzeichnis	805
Sachverzeichnis	809