

Inhalt.

IV. Teil. Gleichrichter und Empfänger.

A. Nicht gemodelte Wechselströme; Gleichrichter.

1. Röhren ohne Gitter.

Seite

§ 1. Die verschiedenen Anwendungsgebiete 2

Starkstromgleichrichter: Hoher Wirkungsgrad.
Schwachstromgleichrichter: Gleichstrom zur Anzeige günstiger. Rückmodelung. Elektronenröhren für Starkstromgleichrichter nur bei sehr hohen Spannungen geeignet. Sonst gasgefüllte Röhren besser wegen Beseitigung der Raumladespannung und Verminderung der Heizleistung.

§ 2. Theorie der Schaltungen 6

4 Stromarten: Wechselstrom, Gleichstrom, „Richtstrom“, verzerrter Strom. Überlagerungsgesetz. Getrennte Berechnung nach der Zweipoltheorie. Gleichrichter ist wechselstrommäßig ein passiver Zweipol = Widerstand R_{g1} , richtstrommäßig ein aktiver Zweipol, gekennzeichnet durch U_1 , J_k , R_1 . Alles übrige folgt dann aus der schon in Bd. I und II behandelten Theorie der Schaltungen.

§ 3. Übersicht über die Theorie der Röhren 12

2 Grenzfälle A und B. Ähnlich dem Vorverstärker und Senderverstärker. Im Grenzfall A Gleichrichtereigenschaften nur von Kennlinie abhängig. Keine Rückwirkung des erzeugten Richtstromes auf den erzeugenden Wechselstrom. Wirkungsgrad gering. Im Grenzfall B Gleichrichterkennlinie ohne Einfluß. Gute Strom- und Spannungsausnutzung. Im Idealfall Wirkungsgrad 100%. Oberschwingungen sind auch von Einfluß.

	Seite
§ 4. Das geometrische Problem der Gleichrichtung	14
Zweipol-Gleichrichter. Stromverlauf aus Spannung und Kennlinie leicht zu konstruieren. Beispiele: Geradlinig geknickte Kennlinie, Parabel.	
§ 5. Die Richtspannung	21
a) Kleine Richtspannungen, Grenzfall A	21
Richtstrom ΔJ erzeugt im äußeren Widerstand R_a Richtspannung ΔU . Kurzschlußrichtstrom ΔJ_k . Leerlaufrichtspannung ΔU_l . Ersatzschaltungen.	
b) Größere Richtspannungen, Richtkennlinien	24
Richtwirkung an dem um ΔU verlagerten Arbeitspunkt maßgebend. Richtkennlinien. Verlagerung des Arbeitspunktes ändert auch Wechselstromaufnahme.	
c) Vorbemerkungen zu den folgenden 3 Beispielen	28
An Röhre konstante Gleichspannung mit überlagerter sinusförmiger Wechselspannung. 3 einfache Kennlinien.	
§ 6. Geradlinig geknickte Kennlinie	30
Konstruktion der Richtkennlinie. Graphische und rechnerische Lösung. Tafel I. Größte Leistungsabgabe. Hoher Wirkungsgrad nur bei kleiner Leistung.* Günstigste Widerstandsanpassung. ΔU stets kleiner als U . Zahlenbeispiel.	
§ 7. Einseitige Parabel	41
Richtkennlinien = Parallelverschiebung nach oben. 3 Gebiete. $\Delta U = U$ noch schwerer zu erreichen. Scheitelspannungsmessung. Tafel II.	
§ 8. Exponentialfunktion	48
Richtkennlinien = Parallelverschiebung nach links. Tafel III. $\Delta U = U$ nicht zu erreichen. Wechselstromdämpfung amplitudenabhängig. Günstigstes R_a . Formelzusammenstellung für kleine Wechselspannungen in Tafel IV.	
§ 9. Idealer Gleichrichter, Grenzfall B	60
$\Delta U = U$. Spitzenspannungsmesser. $\mathfrak{S} = 2 \Delta J$ für kurze Stromimpulse. Folglich $\Re_{g1} = \frac{1}{2} R_a$ und	

$R_1 = 2 \Re_1$. Wirkungsgrad 100%. Bei belasteten Oberschwingungen kleiner. Beispiele.

§ 10. Folgerungen und Ergänzungen zum Grenzfall B	70
a) Vorteile hoher Betriebsspannung	70
Restspannung. Spannungsausnutzung und Stromaussteuerung. Wirkungsgrad. Vergleich mit Senderverstärker.	
b) Einfluß der Restspannung am Gleichrichter und von Oberschwingungen	72
Ersatzschaltung durch idealen Gleichrichter mit Vorwiderstand. Vorsicht wegen Oberschwingungen.	
§ 11. Experimentelle Ergebnisse	76
a) Kleine Wechselspannungen (Grenzfall A).	76
Größen von S und T. Günstigster Arbeitspunkt im Anlaufstromgebiet. Kleinste gut meßbare Spannung $U \approx 0,06$ V.	
b) Größere Wechselspannungen (Richtkennlinien)	78
Vergleich mit geradlinig geknickter und parabelförmiger Kennlinie. Günstigster Arbeitspunkt bei schwach positiver Vorspannung.	
c) Große Wechselspannungen (Grenzfall B)	80
Richtkennlinienschar und Widerstandsgerade ergeben Rückmodelkennlinie. Diese nahezu bis zum Nullpunkt geradlinig. Einfluß eines Wechselwiderstandes $\Re_1$.	
§ 12. Messungen an einem Netzanschluß-Gleichrichter	83
Spannungsabfall im Transformator, im Kondensator. Zeitlicher Verlauf der Spannungen und Ströme. Welligkeit des Gleichstroms. Zweiweggleichrichter günstiger.	
§ 13. Nicht sinusförmige Wechselspannungen.	89
Fourier-Zerlegung. Keine Überlagerung der Richtwirkungen. Ausnahme nur bei Parabel und Kurzschluß. $\Delta J_k = \frac{1}{2} T U_{\text{eff}}^2$. Oberschwingungen können Richtwirkung verkleinern. Einfluß der Phase. Bei Leerlauf und Kurzschluß verschieden. Wichtig für Röhrenvoltmeter und Überlagerungsempfänger.	
§ 14. Zusammenfassung von Teil A 1	95

2. Röhren mit Gitter.

§ 15. Anodengleichrichtung 97

Beruhrt auf Krümmung der (i_a, u_g) -Kennlinie. Bei negativer Gittervorspannung leistungslos. Zurückführung auf die Zweipolgleichrichtung. Günstigster Arbeitspunkt tief unten. Dort Durchgriff größer, was ungünstig wirkt. Wechselstromwiderstand R_a vermindert Richtwirkung. ΔJ_k etwas kleiner, ΔU_1

und R_1 aber $\frac{1}{D}$ mal größer als bei Zweipolröhre. Als

Röhrenvoltmeter unempfindlich und verwickelte Kompensationsschaltung erforderlich, aber leistungslose Messung. Experimentelle Ergebnisse. Richtkennlinien und Rückmodelkennlinien. Letztere nicht so gut geradlinig. Mehrgitterröhren ohne Vorteil. Bei Rückkopplung leicht harter Schwingungseinsatz. Gleichrichtung am oberen Knie.

§ 16. Gittergleichrichtung (Audion) 109

Beruhrt auf Krümmung der (i_g, u_g) -Kennlinie. Tritt bei negativer Gittervorspannung ($i_g = 0$) nicht ein. Nicht leistungslos. Gitter-Richtspannung steuert Anodenstrom. „Audion“ = Zweipolgleichrichter + Richtstromverstärker. Großes R_g und kleines J_g günstig. Bei Rückkopplung auch hier harter Schwingungseinsatz möglich. „Intermittierende Selbst-erregung.“ Audion für kleine Wechselspannungen empfindlicher als Anodengleichrichtung. Bei größeren Wechselspannungen stört die mit eintretende Anodengleichrichtung sehr. Anodenstrom kann nicht auf 0 absinken. Experimentelle Bestätigungen. Einfluß einer Anodedrossel. Verzerrungen der Rückmodelkennlinien. Sonderröhren, „Binoden“.

§ 17. Gleichrichtung infolge Stromverteilung 119

Sehr große Mannigfaltigkeit von gekrümmten Kennlinien, die Richtwirkung ergeben können. Unvermutete Richtwirkungen durch Rückwirkung eines Stromkreises auf einen anderen. „Bremsaudion.“

§ 18. Zusammenfassung von Teil A 2. 122

B. Gemodelte Wechselströme; Empfänger.**Theorie der Schaltungen.**

- § 19. Seitenband-Theorie 124**
 Trägerfrequenz, Modellfrequenz. Zerlegung der Modellfrequenz nach Fourier. Es erfordern: Telegraphie 0–50 Hz, Telephonie verständlich 300 bis 2500 Hz, bestens 30–10000 Hz, Fernsehen $0-2,5 \cdot 10^6$ Hz. Modelungsgrad. Sinusförmig gemodelte Trägerfrequenz = Überlagerung von ungemodelter Trägerfrequenz und zwei Seitenband-Frequenzen. Experimentelle Bestätigungen. Seitenband-Spektrum.
- § 20. Modelung durch Überlagerung 129**
 Schwebungen = gemodelte Hochfrequenz. Überlagerungspfeifen. Schwebungssummer. Schwebungs-Meßmethoden. Ungeheure Genauigkeit. Anwendungen. Sushton-Verfahren. Zwischenfrequenz-Empfänger.
- § 21. Modelung durch Unterbrechungen 136**
 Aufschaukel-Theorie. Einschwingzeit. Zusammenhang mit Seitenband-Theorie. Änderung der Modelung nach Größe und Kurvenform durch ungleichmäßiges Hervorheben der verschiedenen Seitenbandfrequenzen. Entstehen der Differenzfrequenz nach der Aufschaukel-Theorie. Änderung bei hoher Unterbrecherfrequenz.
- § 22. Folgerungen aus der Seitenband-Theorie 144**
 Mindest-Senderabstand gleich $2 f_n$. Beim Rundfunk 9000 Hz, bei Telegraphie nur 100 Hz, daher 90 mal so viel Sender möglich. Tonfrequenz-Mehrfachtelegraphie. Beschneiden der Seitenbänder wirkt wie Frequenzverzerrung. Höchstzulässige Resonanzschärfe $Q_{\text{eff}} \leq \frac{f_h}{f_n}$. Im Langwellenbereich schwach gedämpfte Schwingungskreise und Entdämpfung durch Rückkopplung unzulässig. Höchstmöglicher Schwingkreiswiderstand.
- § 23. Trennschärfe und Durchlaßbereich 149**
 1 Schwingungskreis nicht ausreichend. Mehrere gleich abgestimmte Kreise geben größere Trenn-

schärfe; aber gleichen Durchlaßbereich nur bei geringerer Resonanzschärfe. Mehrere ungleich abgestimmte Kreise (= „Bandfilter“) wesentlich günstiger, aber nur bei Kreisen mit größerer Resonanzschärfe. Kritische Verstimmung. Gleiches Verhalten bei gleich abgestimmten, gekoppelten Kreisen. Kritische Kopplung. Art der Kopplung gleichgültig. Siebketten.

§ 24. Amplituden-, Phasen- und Frequenzmodelung 159

Darstellung durch umlaufenden Vektor. Zusammensetzung ungleich schnell umlaufender Vektoren. Überlagerung ergibt keine rein sinusförmige Amplitudenmodelung, ferner Phasenmodelung. 2 Seitenbänder entsprechen zweifacher Überlagerung. Einfluß einer gleichen und ungleichen Amplituden- und Phasenänderung beider Seitenbänder, einer symmetrischen und unsymmetrischen Lage der Frequenzkurve. Sender mit Frequenzmodelung. Umwandlung in Amplitudenmodelung durch unsymmetrische Frequenzkurve. Seitenband-Abstand ebenso groß wie bei Amplitudenmodelung. Frequenzmodelung dasselbe wie Phasenmodelung.

§ 25. Zusammenfassung von Teil B 1 168

2. Theorie der Röhren.

§ 26. Rückmodelung 170

Das Wesen der Rückmodelung: Nicht auf den gleichgerichteten Gleichstrom, sondern auf seine Schwankungen, die Modelfrequenz, kommt es an. Verzerrungsfreiheit erfordert sieben neue Bedingungen gegenüber Gleichrichtung ungemodelter Wechselströme.

§ 27. Grenzfall A. (Kleine Wechselspannungen) 176

Quadratische Gleichrichtung gibt Klirrfaktor $k = \frac{1}{4} m$. Ersatzschaltungen. Bemessungsregeln für die Audion- (C_u, R_a) -Schaltung.

§ 28. Grenzfall B. (Große Wechselspannungen) 182

Verzerrungen, falls Kondensator sich nicht genügend schnell entladen kann. Einwirkung der

Hoch- und Niederfrequenzschaltung aufeinander. Strom und Spannung verschieden gemodelt. Modelung über 100% ergibt Verzerrungen.

§ 29. Verzerrungen durch gekrümmte Rückmodelkennlinien 187

Übertragung der Verstärkertheorie. Steilheit S_r möglichst groß, Krümmung T_r möglichst klein, da durch sie Verzerrungen entstehen. Bei kleinem m keine Verzerrungen. Grenzfall A gibt Parabel, Grenzfall B gerade Linie. Verzerrungen bei der Anoden- und Gittergleichrichtung meist größer als beim Zweipolgleichrichter.

§ 30. Verzerrungen durch kapazitiven oder induktiven Niederfrequenzwiderstand 193

Konstruktion aus dem Richtkennlinienfeld. Telegraphie: bei C hohe Stromspitzen, Spannung abgeflacht, bei L umgekehrt. Telephonie: bei C ΔJ stärker gemodelt, Modelung über 100% bedeutet Verzerrungen.

§ 31. Ummodelung auf eine Zwischenfrequenz 199

Überlagerung von f_h und $f_{\bar{u}}$ gibt „Schwebungen“ $f_z = f_{\bar{u}} - f_h =$ „Zwischenfrequenz“. Modelung von f_h überträgt sich auf f_z . Verzerrungsfrei bei quadratischer Gleichrichtung oder H klein gegen $\bar{U}$. Bei Zweipolröhre keine Verstärkung. Ultradyn. Ummodelung durch „Mischröhren“. Erzeugung der Überlagererfrequenz. Selbstüberlagerung.

§ 32. Allgemeine Theorie der Frequenzumwandlung 210

Vorstellung der „Überlagerung“ und der „Modelung“. Im Grunde beide dasselbe, nämlich Frequenzumwandlung durch nichtlineares Glied. Allgemeine Theorie der Nachrichtenübertragung. Nützliche und schädliche Kombinationsfrequenzen. Letztere müssen verhindert oder beseitigt werden. Sonst Verzerrungen. Trägerfrequenz braucht nicht groß gegen Modelfrequenz zu sein. Einseitenband-Betrieb mit unterdrücktem Träger. Mehrfache Ummodelung. 100 Gespräche über eine Leitung. Luxemburg-Effekt.

§ 33. Zusammenfassung von Teil B 2 221

C. Rundfunkempfänger.

- § 34. Die gegebenen Verhältnisse 224
Wissenschaftlich-technische Fragen treten hinter wirtschaftlichen in den Hintergrund. Rundfunker, Wellenausbreitung, Empfangsantennen.
- § 35. Empfindlichkeit und Störungen 227
Leistungsbedarf des Lautsprechers. Grenzen der Verstärkung infolge Störungen. Wärmegeräusch. „Empfindlichkeit“ & eines Rundfunkempfängers. Unter 100 bis höchstens $10 \mu V_{\text{eff}}$ nicht ausnutzbar.
- § 36. Verstärkung und Rückmodelung 231
HF-, NF- und ZF-Verstärkung. NF am einfachsten; HF erfordert Abstimmung, die aber auch wegen Trennschärfe erforderlich. Vorteile der ZF-Verstärkung. Nicht-quadratische Rückmodelung erfordert HF- oder ZF-Verstärkung bis auf etwa 1 Volt oder höher.
- § 37. Trennschärfe und Durchlaßbereich 234
„Trennschärfe“ 1000 ausreichend, hängt von Art der Rückmodelung ab („Trennverstimmung“). Große Trennschärfe bei 9 kHz nur möglich bei engem Durchlaßbereich d. h. Beschneiden der hohen Tonfrequenzen. Viele abgestimmte Kreise erwünscht. Veränderlicher Durchlaßbereich. Die Art der Rückmodelung auch von Einfluß.
- § 38. Übersicht über die Geradeaus-Empfänger 240
Audion mit Rückkopplung. Weitere Niederfrequenzverstärkung für Lautsprecher. Weitere Hochfrequenzverstärkung zur Steigerung der Empfindlichkeit und Trennschärfe. Drei Röhren ausreichend. Schwierigkeit bei mehreren Kreisen, den genauen Gleichlauf herzustellen. „Reflexschaltung.“
- § 39. Übersicht über die Überlagerungs-Empfänger 247
Überlagerer erzeugt in Mischröhre Zwischenfrequenz. Richtlinien für die Wahl der Zwischenfrequenz. „Spiegelfrequenzen“. Große Trennschärfe durch viele fest abgestimmte Zwischenfrequenzkreise. Empfindlichkeit geringer, daher eine Röhre mehr erforderlich. Vier Röhren reichlich ausreichend.

§ 40. Selbsttätige Lautstärke- (Schwund-) Regelung	254
Notwendigkeit einer selbsttätigen Regelung. Leicht herstellbar durch Verlagerung des Arbeitspunktes. „Regelröhren“. „Verzögerte Regelung.“ „Krachtöter.“ Zeitkonstante der Regelspannung zweckmäßig = 0,1 sec.	
§ 41. Empfänger A: Geradeausempfänger VE 301 GW	259
a) Hochfrequenzteil	260
Ankopplung der Antenne fest. Keine Eichung. Rückkopplung.	
b) Niederfrequenzteil. Gesamter Frequenzgang	262
Lautsprecher. Transformator. Einfluß des HF-Teiles.	
c) Empfindlichkeit	263
d) Netzanschlußteil	265
Allstrom. Ausführungen für andere Stromarten.	
§ 42. Empfänger B: Geradeaus-Empfänger	267
a) Wirkungsweise	267
Bedeutung der vielen Einzelteile	
b) Verstärkung	271
Ersatzschaltung. 50 000 fache HF-Verstärkung. Selbsttätige „verzögerte“ Regelung. Frequenzgang und Trennschärfe.	
§ 43. Empfänger C: Überlagerungs-Empfänger	276
a) Wirkungsweise	276
Bedeutung der vielen Einzelteile.	
b) Verstärkung	280
Ummodelungssteilheit. $2 \cdot 10^6$ -fache HF- und ZF-Verstärkung nicht ausnutzbar, durch Schwundregelung stets verringert. Krachtöter. Frequenzgang und Trennschärfe.	
§ 44. Zusammenfassung von Teil C	284

Anhang.

Tafel VI. Rundfunk-Formeln	286
Bilder 141—147 von Einzelteilen und Empfängern	287
Sachverzeichnis	292
3 Schaltbilder der Empfänger A, B und C	