

der imaginäre sein Vorzeichen umkehrt. (Weitere Stabilitätskriterien siehe bei F. Strecker, Praktische Stabilitätsprüfung, 1950.)

**Bemerkung:** Würde man beim Dynatron Abb. 459 parallel zur Anoden-Kathoden-Strecke nicht einen Parallelschwingkreis, sondern einen Reihenschwingkreis legen, so würde die Stabilitätsbetrachtung ebenfalls ergeben, daß der Stromkreis instabil sein kann. Es würden aber keine selbsterregten Schwingungen auftreten. Diese Erscheinung wird durch die geringe Kapazität  $C_1$  zwischen Anode und Kathode verursacht, die den negativen Widerstand überbrückt, Abb. 474. Stellt man die Stammgleichung für diesen Stromkreis auf, so findet man, daß sie nun vom dritten Grad wird. Neben den beiden Wurzeln, die den Eigenschwingungen des Schwingkreises entsprechen, tritt noch eine positive reelle Wurzel auf, die angenähert

$$p_3 = \frac{1}{C_1 R_n}$$

ist. Sie führt zu einem sehr rasch verlaufenden Stromstoß, der die Röhre in ein stabiles Gebiet aussteuert und so das Auftreten der Eigenschwingung verhindert. Die besprochenen Stabilitätskriterien geben immer darüber Auskunft, ob ein Stromkreis in seinem durch die statischen Spannungen und Ströme gegebenen Arbeitspunkt stabil ist oder nicht. Im Falle der Instabilität kann entweder eine andauernde Schwingung auftreten oder ein Umklappen in eine andere stabile Ruhelage.

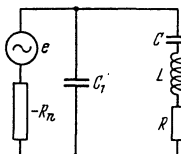


Abb. 474. Genaueres Ersatzbild des falschen Dynatrons.

## Anhang.

### Maßsysteme.

In der Literatur werden z. T. noch die alten absoluten elektromagnetischen und elektrostatischen Maßeinheiten benützt. Zur Umrechnung der Zahlenangaben dient die folgende Tabelle.

Größe	internationale Einheit	eine elektrostatische Einheit ist gleich	eine elektromagnetische Einheit ist gleich
Spannung . . . . .	V	300 V	$10^{-8}$ V
Stromstärke . . . . .	A	$0,333 \cdot 10^{-9}$ A	10 A
Widerstand . . . . .	$\Omega = \frac{V}{A} = \frac{1}{S}$	$0,9 \cdot 10^{12} \Omega$	$10^{-9} \Omega$
Induktivität . . . . .	H = $\Omega$ s	$0,9 \cdot 10^{12}$ H	1 [cm] = $10^{-9}$ H
Kapazität . . . . .	F = Ss	1 [cm] = $1,111 \cdot 10^{-12}$ F	$10^9$ F

### Wichtige Konstanten.

Lichtgeschwindigkeit . . . . .	$c = 299\,776$ km/s
Erdbeschleunigung (Normalwert) . . . . .	$g = 980,665$ cm/s <sup>2</sup>
Eispunkt . . . . .	$T_e = 273,16^\circ$ C
Elementarladung . . . . .	$e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ As
Ruhemasse des Elektrons . . . . .	$m_0 = 9,11 \cdot 10^{-28}$ g
Boltzmannsche Konstante . . . . .	$k = 1,380 \cdot 10^{-23}$ Ws/Grad
Permeabilität des leeren Raumes . . . . .	$\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-8}$ H/cm
Dielektrizitätskonstante des leeren Raumes . . . . .	$\epsilon_0 = 0,08855$ pF/cm

### Literatur.

#### 1. Einführende Literatur.

Bader, W.: Einführung in die Elektrotechnik, 1950.  
 Gänger, B.: Einführung in die allgemeine Elektrotechnik, 1948.  
 Graf, W.: Grundlagen der Elektrotechnik, 1949.  
 Haberland, G. u. F.: Elektrotechnische Lehrbücher, 1950.  
 Mie, G.: Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus, 1948.  
 Moeller-Werr: Leitfaden der Elektrotechnik, 1950.  
 Oberdorfer, G.: Lehrbuch der Elektrotechnik, 1949.  
 Pohl, R. W.: Einführung in die Elektrizitätslehre, 1949.  
 Schönfeld, H.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik, 1951.  
 Schumann, W. O.: Elektromagnetische Grundbegriffe, 1950.

## 2. Ergänzungs- und Spezialliteratur.

- Barkhausen, H.: Einführung in die Schwingungslehre nebst Anwendung auf mechanische und elektrische Schwingungen, 1950.  
 Barkhausen, H.: Lehrbuch der Elektronenröhren, 1950.  
 Bartels, H.: Grundlagen der Verstärkertechnik, 1949.  
 Baudisch, K.: Energieübertragung mit Gleichstrom hoher Spannung, 1950.  
 Becker, R.: Theorie der Elektrizität, 1949.  
 Becker-Voigt: Mathematisches Hilfsbuch für die Wechselstromtechnik, 1949.  
 Beckmann, B.: Die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, 1948.  
 Benz, F.: Einführung in die Funktechnik, 1950.  
 Biermanns, J.: Energieübertragung auf große Entfernungen, 1949.  
 Biermanns, J.: Hochspannung und Hochleistung, 1949.  
 Bödefeld-Sequenz: Elektrische Maschinen, 1949.  
 Brüche, E. u. Scherzer, O.: Geometrische Elektronenoptik, 1934.  
 Cauer, W.: Theorie der linearen Wechselstromschaltungen, 1941.  
 Dosse u. Mierdel: Der elektrische Strom im Hochvakuum und in Gasen, 1945.  
 Emde, F.: Quirlende elektrische Felder, 1949.  
 Feldtkeller, R.: Einführung in die Vierpoltheorie der elektrischen Nachrichtentechnik, 1948.  
 Feldtkeller, R.: Spulen und Übertrager mit Eisenblechkernen, 1949.  
 Feldtkeller, R.: Einführung in die Siebschaltungstheorie der elektrischen Nachrichtentechnik, 1950.  
 Fischer, J.: Abriß der Dauermagnetkunde, 1949.  
 Grabner, A.: Elektrodynamische Starkstrommaschine, 1950.  
 Gundlach, F. W.: Grundlagen der Höchsfrequenztechnik, 1950.  
 Herzog, W.: Siebschaltungen mit Schwingkristallen, 1949.  
 Hueter, E.: Die symmetrischen Komponenten unsymmetrischer Drehstromsysteme, 1947.  
 Humburg, K.: Die Gleichstrommaschine, 1949.  
 Humburg, K.: Die synchrone Maschine, 1950.  
 Joos, G.: Lehrbuch der theoretischen Physik, 1950.  
 Justi, E.: Leitfähigkeit und Leitmechanismus fester Stoffe, 1948.  
 Kaden, H.: Die elektromagnetische Schirmung in der Fernmelde- und Hochfrequenztechnik, 1950.  
 Kammerloher, J.: Hochfrequenztechnik, 1949.  
 Kehse, W.: Handbuch des Transformatorenbaues, 1950.  
 Kesselring, F.: Theoretische Grundlagen zur Berechnung der Schaltgeräte, 1950.  
 Kleemann, J.: Grundlagen der Fernmeldetechnik, 1950.  
 Klein, W.: Trägerfrequenztechnik, 1949.  
 König, H. W.: Laufzeittheorie der Elektronenröhren, 1948.  
 Küpfmüller, K.: Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung, 1949.  
 Kulp, M.: Elektronenröhren, 1948.  
 Leonhard, A.: Die selbsttätige Regelung, 1949.  
 Madelung, E.: Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers, 1950.  
 Meinke, H. H.: Felder und Wellen im Hohlleiter, 1949.  
 Möller, W.: Die Braunsche Röhre, 1949.  
 Oppelt, W.: Stetige Regelvorgänge, 1949.  
 Punga, F.: Elektromaschinenbau, 1948.  
 Richter, R.: Elektrische Maschinen, 1950.  
 Roth, A.: Hochspannungstechnik, 1950.  
 Rothe-Kleen: Elektronenröhren, 1948.  
 Seiz, W.: Leitfaden für den Elektromaschinenbau, 1949.  
 Sommerfeld, A.: Elektrodynamik, 1949.  
 Schäfer, C.: Elektrodynamik und Optik, 1950.  
 Schilling, W.: Stromrichtertechnik, 1950.  
 Schwaiger, A.: Elektrische Leitungen, 1948.  
 Schwenkhaagen, H. F.: Allgemeine Wechselstromlehre, 1951.  
 Strecker, F.: Praktische Stabilitätsprüfung mittels Ortskurven und numerischer Verfahren, 1950.  
 Strecker, F.: Die elektrische Selbsterregung, 1947.  
 Strutt, M. J. O.: Verstärker und Empfänger, 1950.  
 Viweg, R.: Elektrotechnische Isolierstoffe, 1937.  
 Wagner, K. W.: Einführung in die Lehre von den Schwingungen und Wellen, 1948.  
 Wagner, K. W.: Operatorenrechnung, 1940.  
 Wallot, J.: Einführung in die Theorie der Schwachstromtechnik, 1948.  
 Walter, N.: Kurzschlußströme in Drehstromnetzen, 1949.

## Sachverzeichnis.

- Ableitungsbetrag 327.  
 Ableitung eines Kondensators 144.  
 Äther 56.  
 Ampèresches Gesetz 212.  
 Amplitudenmodulation 305.  
 Analogie zwischen elektrischem und magnetischem Feld 219.  
 Anfangsfeldstärke 159.  
 Anfangsspannung 159.  
 Anlaufspannung von Elektroden 104.  
 Anlaufstrom 136.  
 Anodenfall 160, 163.  
 Anpassung 23, 312, 347.  
 Asynchronmaschine 279.  
 Asynchronmotor, Abschalten vom Netz 388.  
 Aufladung eines Kondensators 109, 113.  
 Augenblickswerte 288.  
 Ausgleichsvorgang 384.  
 Ausgleichsvorgänge in Leitungen 406.  
 Austrittsarbeit 131.  
 Austrittspotential 131.  
**Betatron** 354.  
 Betriebsdämpfung 351.  
 Betriebskapazität 92.  
 Beweglichkeit von Ladungsträgern 155.  
 Bildkraft 131.  
 Blindleistung 289, 306.  
 Blindwiderstand 286.  
 Bogenentladung 162.  
 Braunsche Röhre 104.  
 — —, elektrische Ablenkung 105.  
 — —, magnetische Ablenkung 176.  
 Brechung 370.  
 Bremsscheibe 179.  
 Bündelleiter 121.  
 Coulombsches Gesetz 96.  
**Dämpferwicklung** 278.  
 Dämpfungsbetrag 329, 382.  
 Dämpfungsmaß 313.  
 Dämpfungsverzerrung 399.  
 Dauermagnete 198.  
 Dielektrische Verluste 147.  
 Dielektrizitätskonstante 57. in Raumladungsfeldern — 165.  
 Diode 134, 136.  
 Dipol 71, 361.  
 Divergenz 114, 116.  
 Drehkondensator 63.  
 Drehspulinstrument 285.  
 Drehstromleitung 330.  
 Drehstromfreileitung 89.  
 Drehstromkabel, Teilkapazitäten 94.  
 Dreiecksspannung 294.  
 Dreileitersystem 18.  
 Dreiphasengleichrichter 422.  
 Dreiphasennetze 294.  
 Dreiphasentransformator 305.  
 Durchflutung 186.  
 Durchflutungsgesetz 186.  
 Durchschlag von Isolierstoffen 166.  
 Dynatron 431, 437.  
 Effektivwert 143, 259, 287.  
 Eindringmaß 246.  
 Eindringtiefe 246, 373.  
 Einheiten, elektrische 5.  
 —, mechanische 5.  
 —, neue internationale 6.  
 Einheitensystem nach Giorgi 9.  
 Einphasenleitung 327.  
 Einschwingzeit 400.  
 Eisenpulverkern 256.  
 Elektrische Linse 105.  
 — Maschinen 183, 271.  
 Elektrisches Bild 70.  
 Elektrisierungszahl 58.  
 Elektromagnet 194.  
 Elektromagnetische Schirme 375.  
 — Welle 353, 360.  
 Elektromotorische Kraft 13.  
 Elektronenauslösung durch Ionen 158.  
 Elektronenemission 133.  
 Elektronenleitung in Metallen 47.  
 Elektronenmasse 48.  
 Elektronenröhre 131, 134, 320.  
 Elektrostatisches Feld 53.  
 Energie des elektrischen Feldes 101.  
 Energiewandler 270.  
 Entladung eines Kondensators 110.  
 Entmagnetisierungsfaktor 199.  
 Erdschlußspule 296.  
 Erdschluß in einem Dreiphasennetz 296.  
 Erdseil 85.  
 — einer Hochspannungsleitung 319.  
 Erdwiderstand 39, 43, 47.  
 Ersatzbild der langen Leitung 344.  
 — des Transformators 268.  
 — eines nichtlinearen Zweiges 303.  
 Ersatzbilder von Energiewandlern 284.  
 Ersatzstromquelle 21.  
**Fehlerdämpfung** 335.  
 Feld einer frei fliegenden Ladung 356.  
 Feldgleichungen 352.  
 Feldstärke, elektrische 32.  
 Feldverdrängung 241.  
 Fernfeld der schwingenden Ladung 364.  
 Ferromagnetismus 189.  
 Filter 313.  
 Fortpflanzungsmaß 329, 338.  
 Fouriersche Reihe 302.  
 Frequenz 143.  
 Frequenzmesser 111.  
 Frequenzcharakteristik 399.  
**Gastriode** 326.  
 Gasentladungen 152.  
 Gegeninduktion 228.  
 Gegeninduktivität 228.  
 Gegenkopplung 435.  
 Generator 184.  
 Giorgi 9.  
 Gleichrichter 416.  
 Gleichstrommaschine 272.  
 Glimmentladung 159.  
 Gradient 33, 117.  
 Grenzbedingungen im elektrischen Feld 60.  
 — im Strömungsfeld 45.  
 Grenzfrequenz von Eisenblechen 254.  
 — einer Siebkette 314.  
 Größengleichungen 8, 11.  
 Gütezahl 293.  
**Halbleiter** 14, 52.  
 Hauptinduktivität 264.  
 Hautwirkung 248.  
 Heavisidesche Formel 394.  
 Hohlleiter 376.

- Hohlkugel, Schirmwirkung 203.  
 Hohlresonator 376.  
 Hyperbelfunktionen 128.  
 Hysterese 148, 189.  
 Hystereseverluste 258, 260.  
 Induktionsgesetz 177, 180.  
 Induktionsbelag 327.  
 Induktiver Spannungsabfall 238.  
 Induktivität 220.  
 —, äußere 221.  
 — einer Doppelleitung 221.  
 — einer Zylinderspule 221.  
 — eines Drahttringes 221.  
 —, innere 225.  
 — verschiedener Leiteranordnungen 331.  
 — von Spulen mit Eisenkern 222.  
 Influenz 61.  
 Isolationswiderstand 45, 65.  
 Joulesches Gesetz 37.  
 Kapazität 63, 138.  
 — einer Antenne 75.  
 — einer Doppelleitung 82.  
 Kapazität einer Einfachleitung 76, 83.  
 — einer Kugel 67.  
 — eines Kugelkondensators 68.  
 — in Raumladungsfeldern 165.  
 — verschiedener Leiteranordnungen 331.  
 — zwischen zwei Kugeln 74.  
 Kapazitätsbelag 327.  
 Kapazitätsmessung 150.  
 Kathodenfall 160, 163.  
 Kettenleiter 291, 311.  
 Kippschwingung 162.  
 Kirchhoffsche Gesetze 14.  
 — — im Strömungsfeld 35.  
 Klirrfaktor 306.  
 Koaxiales Kabel 45.  
 Koaxialkabel, Induktivität 226.  
 Kommutierungskurve 190.  
 Kompaßnadel 202.  
 Komplexe Größen 118.  
 — Rechnung 145.  
 — Wechselstromgrößen 145.  
 Komplexer Widerstand 146.  
 Kondensatordurchführung 79.  
 Konforme Abbildung 119.  
 Kontaktgleichrichter 416.  
 Kopplungsfaktor 264.  
 Kopplung, galvanische 41.  
 Kopplungskapazität 93.  
 Krarup-Leitung 227.  
 Kräfte an Grenzflächen im elektrischen Feld 99.  
 — im elektrischen Feld 96.  
 — im magnetischen Feld 231.  
 Kräfte in elektrischen Maschinen 184, 236.  
 Kreisfrequenz 143.  
 Kugelerder 38.  
 Kugelfunkenstrecke 73.  
 Lecherleitung 346.  
 Leistungsanpassung 23.  
 Leitfähigkeit 10.  
 Leitung 327.  
 Leitungsstrom 141.  
 Liniendipol 83.  
 Linienladung 74.  
 Linienquelle 42.  
 Magnetisch harte Stoffe 192.  
 — neutrale Stoffe 189.  
 — weiche Stoffe 192.  
 Magnetische Energie 223.  
 — Induktionslinien 172.  
 — Kennlinie 195.  
 — Kraftlinien 172.  
 — Linse 176.  
 — Spannung 203  
 Magnetischer Induktionsfluß 172.  
 — Kreis 194.  
 — Schwund 181.  
 Magnetisches Feld eines Drahttringes 213.  
 — — eines Mehrleitersystems 204.  
 — — eines Rechteckstabes 207.  
 — — eines Stromleiters in einem Eisenkörper 216.  
 Magnetisches Potential 203.  
 Magnetisierungskurve 189.  
 Magnetisierungsverluste 258.  
 Magnetron 175.  
 Mathematik 2.  
 Meßbrücke, Empfindlichkeit 290.  
 Meßbrücke, Unsicherheit 290.  
 Meßwiderstand 344.  
 Motor 184.  
 Nachwirkung im elektrischen Feld 111.  
 Nachwirkungsverluste 261.  
 Nadelelektrometer 102.  
 Nahfeld der schwingenden Ladung 364.  
 Negativer Widerstand 14.  
 Neper 325.  
 Netzumwandlung 24.  
 Netzwerk 286.  
 Nichtsinusförmige Wechselströme 302.  
 Niveauflächen 29.  
 Öffnungslichtbogen 405.  
 Ohmsches Gesetz 12.  
 — —, Elementarform 34.  
 Ohmscher Spannungsverbrauch 237.  
 — Widerstand 14.  
 Ortskurven 239, 298, 433.  
 Parallelbetrieb von Stromerzeugern 17, 23.  
 Permeabilität 186, 191.  
 Phasenbelag 329.  
 Phasenfolgezeiger 295.  
 Phasengeschwindigkeit 334, 381.  
 Phasenverschiebung 143.  
 Phasenverzerrung 399.  
 Phasenwinkel 288.  
 Physik 3.  
 Plasma 160.  
 Polarisation von Nichtleitern 58.  
 Potential 12, 29.  
 Potentialflächen 29.  
 Potentialgleichung 117.  
 Poyntingscher Vektor 368.  
 Punktladung 67.  
 Punktquelle 37.  
 Pupilleitung 340.  
 Raumladung 115, 130.  
 Raumladungsdichte 115.  
 Raumladungsgleichung 131.  
 Raumladungskennlinie 135.  
 Reaktanz 286.  
 Reaktanz-Zweipole 300.  
 Reaktanzsätze 300.  
 Reflexion 370.  
 Reflexionsfaktor 335.  
 Relativgeschwindigkeit 357.  
 Remanenz 189.  
 Resonanzanpassung 347.  
 Resonanzfrequenz 293.  
 Resonanzkurve 293.  
 Resonanzschärfe 293.  
 Reusenantenne 121.  
 Richtkennlinie 424.  
 Röhrengenerator 431.  
 Rohrerdung 43.  
 Rotation 208.  
 Rückkopplung 431.  
 Sättigungsintensität 191.  
 Schaltvorgang 384, 394.  
 Scheinleistung 289, 306.  
 Scheinleitwert 298.  
 Scheinwiderstand 286.  
 Schirme, elektromagnetische 254, 375.  
 Schirmgitter 126.  
 Schirmwirkung einer Hohlkugel 203.  
 Schränkstab 250.  
 Schwingkreis 292.  
 — mit Eisenkern 240.  
 Schwingkreis, Schaltvorgang 387.  
 Sechspannengleichrichter 422.  
 Selbstinduktion 220.  
 Selbsterregung 428.  
 Siebkette 313.  
 Spannungstrichter 44.  
 Spezifischer Widerstand 10.  
 Spitzengleichrichter 422.  
 Sprungfunktion 397.

- Stammgleichung 385.  
 Stabilität 428.  
 Sternpunkt 295.  
 Sternspannung 294.  
 Stoßionisierung 156.  
 Strahlungsdichte 367.  
 Strahlungswiderstand 366.  
 Streufaktor 264.  
 Streufeld 218.  
 Streufluß 194, 264.  
 Streuinduktivität 264.  
 Streuung eines Transformators 265.  
 Stromdichte 31.  
 Stromleitung 47.  
 Stromquelle 53.  
 Stromrichter 326.  
 Stromrotor 326.  
 Stromverdrängung 241.  
 Stromwandler 291.  
 Symmetrische Komponenten 297.  
 Synchronmaschine 274.  
 Synchronisierendes Moment 278.  
 Systemtheorie 416, 438.  
 Teilkapazität 87.  
 Teilkapazitäten von Leitungen 90.  
 Tensor 193.  
 Theorie, Zweck und Aufgabe 1.  
 Thomsonbrücke 27.  
 Tiefenerder 47.  
 Trägerfrequenz 305.  
 Transformator 263.  
 Triebsscheibe eines Induktionszählers 255.  
 Triode 320.  
 Übergangsfunktion 389.  
 Überlagerungsgesetz 20, 40.  
 Überschlag 166, 171.  
 Übertragungsmaß 313.  
 Umlaufspannung 181.  
 Umkehrungssatz 308.  
 Ursprung 22.  
 Urstrom 22.  
 Verdrillen von Leitungen 95.  
 Vektor 31.  
 Vektorpotential 211.  
 Vektorrechnung, äußeres Produkt 175.  
 —, Divergenz 115.  
 —, Gradient 33, 117.  
 —, inneres Produkt 32.  
 —, Rotation 208.  
 Verlustwiderstand 261.  
 Verlustwinkel 145.  
 Verlustwinkel von Isolierstoffen 152.  
 Verschiebungsdichte 55.  
 Verschiebungsfluß 54.  
 Verschiebungsstrom 109, 141.  
 Verstärker 321.  
 Verstärkerröhre 320.  
 Vierpol 307.  
 Vorzeichendefinition 16, 237.  
 Wärmedurchschlag 169.  
 Wärmeleitfähigkeit von Metallen 51.  
 Wärmerauschen 53, 426.  
 Wanderwelle 409.  
 Wechselstrominduktionsmaschine 279.  
 Wechselstromsynchronmaschine 274.  
 Wechselstromwiderstand 286.  
 Welle, ebene 369.  
 —, gebrochene 411.  
 —, reflektierte 334, 411.  
 —, stehende 337.  
 Wellenanpassung 312.  
 Wellenleiter 376.  
 Wellensieb 313.  
 Wellenwiderstand 312, 329, 340, 370.  
 — des leeren Raumes 365.  
 Wheatstonesche Brücke 18.  
 Wicklungsfaktor 239.  
 Wicklungskapazität 293.  
 Widerstand 14.  
 —, negativer 429.  
 Widerstandsbelag 327.  
 Widerstandsreziproke Gebilde 317.  
 Winkelmaß 313.  
 Wirbel 208.  
 Wirbelströme 241.  
 — in Eisenblechen 251.  
 Wirbelstromverluste 252, 261.  
 Wirkleistung 288, 306.  
 Wirkwiderstand 238, 286.  
 Zahlenebene 119.  
 Zeigerdiagramm 144.  
 Zeitkonstante 109.  
 Zeitlinie 144.  
 Zugkraft eines Elektromagneten 235.  
 Zugspannung im elektrischen Feld 100.  
 — — magnetischen Feld 236.  
 Zündkennlinie 326.  
 Zweipol 22.  
 Zweipolquelle 22.  
 Zyklotron 176.  
 Zylinderkondensator 66.  
 —, elliptischer 124.  
 Zylinderspule, Wirbelströme 251.