
Schnelleinführung Elektrotechnik

Leonhard Stiny

Schnelleinführung Elektrotechnik

Zusammenfassung zur Vorbereitung auf
eine Prüfung in Elektrotechnik

Leonhard Stiny
Haag an der Amper, Deutschland

ISBN 978-3-658-28966-9 ISBN 978-3-658-28967-6 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-28967-6>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Reinhard Dapper

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Das Fach Elektrotechnik ist in einem naturwissenschaftlichen Studium oft gefürchtet, und manchmal mehr als unbeliebt. Wie oft habe ich in einer meiner Vorlesungen über Elektrotechnik und Elektronik z. B. von Studierenden des Maschinenbaus oder benachbarter Studiengänge den Satz gehört: „Eigentlich wollte ich nicht Elektrotechnik studieren.“

Tatsache ist aber, dass in sehr vielen Studiengängen eine Vorlesung zu den Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik ein Bestandteil des Studiums in den ersten Semestern ist. Die Prüfung in diesem Fach entscheidet oft über den weiteren Studienverlauf.

Steht man kurz vor einer Prüfung in Elektrotechnik, so hat man zu wenig Zeit, um umfangreiche Literatur mit einigen hundert Seiten im Detail durcharbeiten zu können. Die Vorlesungen wurden besucht, das Meiste des gehörten Stoffes ist verstanden. Was fehlt, ist eine kompakte Darstellung der wichtigsten Felder der Elektrotechnik, um den Stoff zu wiederholen. Natürlich sollte auch das Vorlesungsskriptum zur Prüfungsvorbereitung dienen. Eine alternative, knappe und damit zeitsparende Abhandlung des Stoffes hilft aber, aufbauend auf einer Vorlesung zur Elektrotechnik, den Stoff zu rekapitulieren und zu festigen. Durch die zeitsparende Vorgehensweise ergibt sich ein vertieftes Verständnis.

Mit geringem Zeitaufwand ist dieses Buch auch für ein Selbststudium geeignet. Für die Vorbereitung auf eine Prüfung als Meister oder Techniker der Fachrichtung Elektrotechnik ist das Werk ebenfalls geeignet. Vorausgesetzt wird ein Schulabschluss ähnlich dem Abitur an einem mathematisch naturwissenschaftlichen Gymnasium.

Hervorgegangen ist dieses Werk aus einem Skriptum zu einer Vorlesung der Elektrotechnik mit ca. der halben Seitenzahl. Nach dem Durcharbeiten des Buches sollten die Grundlagen dieses Faches so gefestigt sein, dass einem Einüben mittels geeigneter Beispielaufgaben mit Lösungen nichts im Wege steht. Erwähnt sei hier mein Werk „Aufgabensammlung zur Elektrotechnik und Elektronik“, 3. Aufl., Springer-Verlag 2017.

Haag an der Amper
Juli 2019

Leonhard Stiny

Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe der Elektrotechnik	1
1.1	Physikalische Größen und Einheiten	1
1.2	Gleichungen	2
1.2.1	Größengleichungen	2
1.2.2	Zahlenwertgleichungen	2
1.2.3	Einheitengleichungen	2
1.3	SI-System	3
1.4	Zahlendarstellung	3
1.5	Griechisches Alphabet	4
1.6	Skalare und vektorielle Größen	4
1.7	Partielle Ableitungen	6
1.8	Nomenklatur	6
1.9	Naturkonstanten	7
1.10	Leiter, Halbleiter, Nichtleiter	8
1.10.1	Leiter	8
1.10.2	Halbleiter	9
1.10.3	Nichtleiter	10
1.11	Koordinatensysteme	10
1.12	Darstellungsformen von Funktionen	11
1.13	Aufbau der Materie, Atombau, Ladungsträger	11
1.13.1	Das Bohr'sche Atommodell	12
1.13.2	Ladungstrennung	13
2	Felder	15
2.1	Geschichtliches	15
2.2	Der Feldbegriff	16
2.2.1	Skalarfeld	17
2.2.2	Vektorfeld	18
2.2.3	Arten physikalischer Felder	19
2.2.3.1	Statisches Feld	19

	2.2.3.2	Stationäres Feld	19
	2.2.3.3	Quasistationäres Feld	19
	2.2.3.4	Nichtstationäres Feld (Wellenfeld)	20
	2.2.3.5	Homogenes Vektorfeld	20
	2.2.3.6	Inhomogenes Vektorfeld	20
	2.2.3.7	Quellenfeld	20
	2.2.3.8	Wirbelfeld	20
	2.2.3.9	Potenzialfeld	21
2.3		Wichtige Felder der Elektrotechnik	22
	2.3.1	Elektrostatistisches Feld	22
	2.3.2	Strömungsfeld, Felder bewegter Ladungen	26
	2.3.3	Stoffe im elektrostatischen Feld	27
	2.3.3.1	Nichtleiter im elektrostatischen Feld, Polarisation	27
	2.3.3.2	Leiter im elektrostatischen Feld, Influenz	29
	2.3.4	Magnetostatisches Feld	29
	2.3.4.1	Einige Grundlagen zum Magnetismus	29
	2.3.4.2	Durchflutung	31
	2.3.4.3	Magnetische Feldstärke	31
	2.3.4.4	Magnetischer Fluss	32
	2.3.5	Stoffe im magnetostatischen Feld	32
	2.3.5.1	Einteilung magnetischer Stoffe	33
	2.3.5.2	Ferromagnetismus	33
	2.3.6	Beispiele magnetischer Felder	35
	2.3.6.1	Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters	35
	2.3.6.2	Magnetfeld der „langen“ Zylinderspule	36
	2.3.6.3	Magnetfeld der Toroidspule	37
	2.3.7	Magnetischer Kreis	38
3		Grundlagen	41
	3.1	Elektrische Ladung, Elektrizitätsmenge	41
	3.2	Ladungsverteilung	42
	3.2.1	Punktladung	42
	3.2.2	Linienladung	42
	3.2.3	Flächenladung	43
	3.2.4	Raumladung	43
	3.3	Elektrischer Strom, Stromstärke	44
	3.3.1	Stromarten	45
	3.3.1.1	Driftbewegung von Ladungsträgern	45
	3.3.1.2	Leitungsstrom	46
	3.3.1.3	Verschiebungsstrom	46
	3.3.1.4	Diffusionsstrom, Feldstrom	47

3.4	Stromdichte	47
3.5	Ladungserhaltung	48
3.5.1	Stationärer Fall	48
3.5.2	Nichtstationärer Fall	49
3.6	Ladung, Strom und Kraft	51
3.6.1	Kraft zwischen ruhenden Ladungen	51
3.6.2	Kraft auf ruhende Ladungen	52
3.6.2.1	Im elektrischen Feld	52
3.6.2.2	Im magnetischen Feld	52
3.6.3	Kraft auf bewegte Ladungen	53
3.6.3.1	Im elektrischen Feld	53
3.6.3.2	Im magnetischen Feld	53
3.6.4	Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter	54
3.6.5	Kraft zwischen zwei parallelen, stromdurchflossenen Leitern	55
3.6.6	Zugkraft Elektromagnet	55
3.6.6.1	Näherungsformel von Maxwell	55
3.6.6.2	Berechnung der Zugkraft mit dem magnetischen Kreis	58
3.7	Elektrische Spannung	60
3.8	Potenzial	63
3.9	Arbeit und Leistung	65
3.10	Widerstand und Leitwert	66
3.11	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	67
4	Bauelemente	69
4.1	Ohm'scher Widerstand	69
4.2	Kondensator	70
4.2.1	Aufbau und Eigenschaften	70
4.2.2	Schaltvorgänge beim Kondensator	71
4.2.2.1	C über R laden	72
4.2.2.2	C über R entladen	73
4.3	Spule	74
4.3.1	Aufbau und Eigenschaften	74
4.3.2	Schaltvorgänge bei der Spule	77
4.3.2.1	Spule über R einschalten	77
4.3.2.2	Spule ausschalten (mit Abschaltstromkreis)	78
4.3.2.3	Spule ausschalten (ohne Abschaltstromkreis)	79
4.4	Idealer Transformator	79
4.4.1	Unabhängige Spannungs- und Stromquellen	81
4.4.1.1	Ideale Quellen	82
4.4.1.2	Reale Quellen	83
4.4.2	Gesteuerte Quellen	86

5	Stromkreise	87
5.1	Schaltbild, Schaltzeichen, Zählpfeile	87
5.2	Erzeuger- und Verbraucher-Zählpfeilsystem	88
5.3	Kirchhoff'sche Gesetze	88
5.3.1	Die Knotenregel (1. Kirchhoff'sches Gesetz)	89
5.3.2	Die Maschenregel (2. Kirchhoff'sches Gesetz)	89
5.4	Analyseverfahren	90
5.4.1	Maschen-/Knotenanalyse	90
5.4.2	Überlagerungssatz	91
5.4.3	Satz von der Ersatzspannungsquelle	91
5.4.4	Anwendung der Analyseverfahren	92
6	Einfache Grundschaltungen	93
6.1	Reihenschaltungen an Gleichspannung	93
6.1.1	Reihenschaltung ohmscher Widerstände	93
6.1.2	Anwendungen der Reihenschaltung ohmscher Widerstände	94
6.1.2.1	Ersatz eines Widerstandswertes	94
6.1.2.2	Der Spannungsteiler	95
6.1.2.3	Vorwiderstand	96
6.1.2.4	Messbereichserweiterung Spannungsmesser	96
6.1.3	Reihenschaltung von Kondensatoren	97
6.1.4	Reihenschaltung von Spulen	97
6.1.5	Reihenschaltung von Gleichspannungsquellen	97
6.2	Reihenschaltungen an Wechselspannung	98
6.2.1	Reihenschaltung ohmscher Widerstände	98
6.2.2	Reihenschaltung von Kondensatoren	98
6.2.3	Reihenschaltung von Spulen	98
6.3	Parallelschaltungen an Gleichspannung	99
6.3.1	Parallelschaltung ohmscher Widerstände	99
6.3.2	Anwendungen der Parallelschaltung ohmscher Widerstände	100
6.3.2.1	Ersatz eines Widerstandswertes	100
6.3.2.2	Stromteilerregel	100
6.3.2.3	Messbereichserweiterung Strommesser	100
6.3.3	Parallelschaltung von Kondensatoren	100
6.3.4	Parallelschaltung von Spulen	101
6.4	Parallelschaltungen an Wechselspannung	101
7	Gemischte Schaltungen	103
7.1	Gruppenschaltungen	103
7.2	Stern-Dreieck- und Dreieck-Stern-Umwandlung	103

8	Messung von Gleichgrößen	105
8.1	Messung mit Spannungs- und Strommesser	105
8.2	Indirekte Messung von Widerstand und Leistung	106
8.3	Wheatstone-Brücke	107
9	Wechselgrößen	109
9.1	Allgemeines zu Wechselgrößen	109
9.2	Mischgrößen	110
9.3	Rechtecksignale	113
9.4	Sinusförmige Wechselgrößen	113
9.4.1	Sinuskurve und ihre Größen	113
9.4.2	Nullphasenwinkel	115
9.4.3	Phasenwinkel	116
9.4.4	Sinusgrößen in Zeigerdarstellung	117
10	Lineare Netzwerke und komplexe Zahlen	119
10.1	Komplexe Rechnung	119
10.1.1	Komplexe Zahlen	120
10.1.2	Rechenregeln für imaginäre Zahlen	122
10.1.3	Rechenregeln für komplexe Zahlen	122
10.1.4	Wichtige Formeln	124
10.2	Sinusgrößen in komplexer Darstellung	126
10.3	Komplexe Widerstände	126
10.3.1	Komplexer Widerstand des ohmschen Widerstandes	128
10.3.2	Komplexer Widerstand der Induktivität	128
10.3.3	Komplexer Widerstand der Kapazität	129
10.4	Wechselstromleistung aus komplexen Größen	129
	Weiterführende Literatur	131
	Stichwortverzeichnis	133