



JADEHOCHSCHULE

Wilhelmshaven Oldenburg Elsfleth

Vorlesung
Grundlagen der
Elektrotechnik I
(EG I)

für Studierende
des
1. Semesters

Standort Wilhelmshaven
Fachbereich Ingenieurwissenschaften
Bereich Elektrotechnik

Prof. Dr.-Ing. H. Ahlers

Literaturhinweise:

Auf dem Gebiet "Grundlagen der Elektrotechnik" gibt es eine Menge brauchbarer Lehrbücher, hier sei nur eines erwähnt:

- /1/ Moeller; Fricke; Frohne; Vaske:
Grundlagen der Elektrotechnik;
Teubner Verlag, Stuttgart 1986.

Übersicht: Grundlagen der Elektrotechnik I bis III

- 1. Semester (4 Stunden)
 - 1. Einführung
 - 2. Der einfache Gleichstromkreis
 - 3. Berechnung linearer Gleichstromnetze
 - 4. Energie und Leistung bei Gleichstrom
 - 5. Sonderabschnitte

- 2. Semester (6 Stunden)
 - 6. Wechselstrom
 - 7. Elektrisches Strömungsfeld
 - 8. Elektrostatisches Feld

- 3. Semester (4 Stunden)
 - 9. Magnetisches Feld
 - 10. Schaltvorgänge

Gliederung: Grundlagen der Elektrotechnik I

1. Einführung

- 1.1. Schreibweise physikalischer und technischer Gleichungen
- 1.2. Numerisches Rechnen, Rechnen mit Näherungswerten
- 1.3. Das Internationale Maßsystem: SI-System
- 1.4. Schreibweise und Konventionen
- 1.5. Ein paar Daten zur Geschichte der Elektrotechnik

2. Der einfache Gleichstromkreis

- 2.1. Definitionen und Grundbegriffe
- 2.2. Ohmsches Gesetz
- 2.3. Kirchhoffsche Regeln
- 2.4. Ersatzwiderstände
- 2.5. Strom- und Spannungsteiler
- 2.6. Strom- Spannungs- und Widerstandsmessungen
- 2.7. Ersatzquellen

3. Berechnung linearer Gleichstrom-Netze

- 3.1. Einleitung
- 3.2. Anwendung Ohmscher und Kirchhoffscher Gesetze
- 3.3. Maschenstrom-Verfahren
- 3.4. Netz-Umwandlung
 - 3.4.1. Ersatzwiderstand
 - 3.4.2. Quellenumwandlung
 - 3.4.3. Stern-Dreieck- und Dreieck-Stern-Umwandlung
 - 3.4.4. Verlegung idealer Stromquellen
 - 3.4.5. Umwandlung idealer Quellen
- 3.5. Überlagerungssatz
- 3.6. Ersatzquelle
- 3.7. Knotenpunkt-Potential-Verfahren
- 3.8. Tricks bei Netzwerksberechnungen
 - 3.8.1. Symmetrie-Überlegungen
 - 3.8.2. Netzwerkentkopplung durch ideale Spannungsquellen
 - 3.8.3. Netzwerkentkopplung durch ideale Stromquellen

4. Energie und Leistung

- 4.1. Spannung, Potential, Feldstärke, Kraft
- 4.2. Bestimmungsgleichung der elektrischen Energie
- 4.3. Energiearten
- 4.4. Energiewandler
- 4.5. Elektrische Leistung
- 4.6. Elektrisches Erwärmen
- 4.7. Mechanische Leistung und Energie
- 4.8. Energieübertragung über Gleichstromleitungen

5. Sonderabschnitte

- 5.1. Leiter, Halbleiter, Isolatoren
- 5.2. Nichtlineare Gleichstromkreise
- 5.3. Thermoelektrische Erscheinungen
- 5.4. Elektrochemische Vorgänge

Inhaltsverzeichnis: Grundlagen der Elektrotechnik I

1. Einführung	1
1.1. Schreibweise physikalischer und technischer Gleichungen	1
1.2. Numerisches Rechnen, Rechnen mit Näherungswerten	1
1.3. Das Internationale Maßsystem: SI-System	2
1.3.1 Die SI-Grundeinheiten	2
1.3.2. Vielfache der Grundeinheiten	3
1.3.3. Abgeleitete Einheiten	3
1.3.4. Das Rechnen mit Einheiten	9
1.4. Schreibweise und Konventionen	11
1.5. Ein paar Daten zur Geschichte der Elektrotechnik	12
1.6. Aufgaben und Fragen	13
2. Der einfache Gleichstromkreis	17
2.1. Definitionen und Grundbegriffe	17
2.1.1. Atommodelle und Molekülmodelle	17
2.1.2. Was ist Strom	18
2.1.3. Was ist Spannung	19
2.1.4. Stromleitung im Elektrolyten	20
2.1.5. Stromleitung in Metallen	21
2.1.6. Ladung	21
2.1.7. Zusammenhang Ladung und Strom	22
2.1.8. Stromdichte	22
2.1.9. Ladungsträger-Geschwindigkeit in einem Leiter	22
2.1.10. Minimal-Stromkreis	24
2.1.11. Wirkung des elektrischen Stromes	24
2.1.12. Übungen, Aufgaben und Fragen zu Abschnitt 2.1	25
2.2. Ohmsches Gesetz	30
2.2.1. Formabhängigkeit des Widerstandes	31
2.2.2. Temperaturabhängigkeit von Widerständen	33
2.2.3. Material-Werte	34
2.2.4. Übungen, Aufgaben und Fragen zu Abschnitt 2.2	35
2.3. Kirchhoffsche Regeln	38
2.3.1. Erstes Kirchhoffsche Gesetz	38
2.3.2. Zweites Kirchhoffsche Gesetz	39
2.3.3. Übungen, Aufgaben und Fragen zu Abschnitt 2.3	40
2.4. Ersatzwiderstände	43
2.4.1. Ersatzreihenwiderstand	43
2.4.2. Ersatzparallelwiderstand	44
2.4.3. Berechnung von Netzen mit einer Spannungsquelle mit Hilfe des Ersatzwiderstandes	45
2.4.4. Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 2.4	48
2.5. Strom- und Spannungsteiler	49
2.5.1. Spannungsteiler	49
2.5.2. Stromteiler	51
2.5.3. Potentiometer als Spannungsteiler	52
2.5.3.1. Unbelastetes Potentiometer	52
2.5.3.2. Belastetes Potentiometer	53
2.5.4. Übungen, Aufgaben und Fragen zu Abschnitt 2.5	54
2.6. Strom- Spannungs- und Widerstandsmessungen	56
2.6.1. Strom-Messung	56
2.6.1.1. Prinzip und ESB	56
2.6.1.2. Messbereichserweiterung	57
2.6.2. Spannungsmessung	58
2.6.2.1. Prinzip und ESB	58
2.6.2.2. Messbereichserweiterung	59
2.6.3. Widerstandsmessung	60
2.6.3.1. Ohmsches Gesetz	60
2.6.3.2. Direkt anzeigende Widerstandsmessgeräte	60
2.6.3.3. Widerstands-Messbrücke	61
2.6.3.3.1. Prinzip	61
2.6.3.3.2. Messung mit dekadischen Normal-Widerständen	64
2.6.3.3.3. Messung mit Potentiometer	64

2.6.4. Aufgaben und Fragen zu Abschnitt 2.6	65
2.7. Ersatzquellen	66
2.7.1. Ersatz-Spannungsquelle	66
2.7.1.1. Ersatzschaltbild	66
2.7.1.2. Kennlinie der Quelle	67
2.7.1.3. Grafische U-Bestimmung	68
2.7.2. Ersatz-Stromquelle	70
2.7.2.1. Ersatzschaltbild	70
2.7.2.2. Kennlinie	70
2.7.2.3. Belastete Stromquelle	71
2.7.3. Umrechnung zwischen Ersatz- Strom- und Spannungsquelle	71
2.7.4. Geregelttes Netzteil	72
2.7.5. Aufgaben und Fragen zu Abschnitt 2.7	73
3. Berechnung linearer Gleichstrom-Netze	75
3.1. Einleitung	75
3.1.1. Allgemeines	75
3.1.2. Begriffe	75
3.1.3. Normierung	76
3.1.4. Beispielnetze	77
3.1.5. Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 3.1	82
3.2. Anwendung Ohmscher und Kirchhoffscher Gesetze	83
3.2.1. Methode	83
3.2.2. Berechnung des Beispiel-Netzwerkes	85
3.2.3. Zusammenfassung	89
3.2.4. Beispiele zu Knoten und Maschenanalyse	90
3.2.5. Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 3.2	91
3.3. Maschenstrom-Verfahren	94
3.3.1. Einführung von Maschenströmen	94
3.3.2. Schema zum Maschenstrom-Verfahren	97
3.3.3. Beispiele zum Maschenstromverfahren	98
3.3.4. Maschenstrom-Verfahren für Rechner	100
3.3.4.1. Allgemeine Herleitung	100
3.3.4.2. Herleitung am Beispiel	104
3.3.5. Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 3.3	109
3.4. Netz-Umwandlung	111
3.4.1. Ersatzwiderstand	111
3.4.2. Quellenumwandlung	112
3.4.2.1. Umwandlung Strom- und Spannungsquellen	112
3.4.2.2. Reihenschaltung idealer Spannungsquellen	112
3.4.2.3. Parallelschaltung idealer Stromquellen	112
3.4.2.4. Beispiele zur Umwandlung Strom- und Spannungsquellen	113
3.4.3. Stern-Dreieck- und Dreieck-Stern-Umwandlung	115
3.4.3.1. Vorbetrachtung	115
3.4.3.2. Dreieck-Stern-Umwandlung	116
3.4.3.3. Stern-Dreieck-Umwandlung	119
3.4.4. Verlegung idealer Strom-Quellen	121
3.4.5. Umwandlung idealer Quellen	122
3.4.5.1. Umwandlung idealer Spannungsquellen	122
3.4.5.2. Umwandlung idealer Stromquellen	122
3.4.6. Aufgaben zu Abschnitt 3.4	124
3.5. Überlagerungssatz	126
3.5.1. Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 3.5	128
3.6. Ersatzquelle	129
3.6.1. Mathematische Theorie	129
3.6.2. Physikalische Theorie	131
3.6.3. Schema zu Ersatz-Spannungsquelle	132
3.6.4. Beispiele und Aufgaben	132
3.7. Knotenpunkt-Potenzial-Verfahren	135
3.7.1. Einführung von Knotenpunkt-Potenzialen	135
3.7.2. Herleitung des Knotenpunkt- Potenzial-Verfahrens am Beispiel	136
3.7.3. Schema zum manuellen Knotenpunkt-Potenzial-Verfahren	137
3.7.4. Knotenpunkt-Potenzial-Verfahrens für Rechner	140
3.7.4.1. Mathematische Herleitung	140
3.7.4.2. Physikalische Herleitung am Beispiel	142

3.7.4.3. Auswertung der Formeln	144
3.7.5. Schema zum Knotenpunkt-Potenzial-Verfahren für Rechner	145
3.7.6. Fragen und Aufgaben	147
3.8. Tricks bei Netzwerksberechnungen	150
3.8.1. Symmetrie-Überlegungen	150
3.8.2. Netzwerkentkopplung durch ideale Spannungsquellen	151
3.8.3. Netzwerkentkopplung durch ideale Stromquellen	154
3.8.4. Aufgaben zu Abschnitt 3.8	156
3.9. Zusammenfassung der Verfahren für lineare Netzwerke	159
4. Energie und Leistung	160
4.1. Spannung, Potenzial, Feldstärke, Kraft	160
4.1.1. Potenzial und Feldstärke	160
4.1.2. Spannung in SI-Einheiten	161
4.1.3. Beispiele, Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 4.1	162
4.2. Bestimmungsgleichung der elektrischen Energie	164
4.3. Energiearten	165
4.3.1. Energie und Arbeit	165
4.3.2. Potentielle mechanische Energie	165
4.3.3. Kinetische Energie	165
4.3.4. Druckenergie	166
4.3.4.1. Druckenergie eines geschlossenen Systems	166
4.3.4.2. Arbeit im Druckfeld bei Volumenstrom	166
4.3.5. Thermische Energie	166
4.3.6. Schmelzwärme und Verdampfungsenergie	167
4.3.7. Mechanische Reibungsverluste	167
4.3.8. Magnetische Energie	167
4.3.9. Energie des elektrischen Feldes	168
4.3.10. Elektromagnetische Energie	168
4.3.11. Bindungsenergie	168
4.3.11.1. Chemische Energie	169
4.3.11.2. Kernenergie	169
4.3.12. Fragen zu Abschnitt 4.3	170
4.4. Energiewandler	171
4.4.1. Wandlung in elektrische Energie	171
4.4.1.1. Generatoren	171
4.4.1.2. Akkumulator, Batterie	171
4.4.1.3. Thermoelemente	171
4.4.1.4. Fotoelement, Fozelle, Solarzelle	171
4.4.2. Wandlung der elektrischen Energie	171
4.4.2.1. Motore	171
4.4.2.2. Elektrowärme	171
4.4.2.3. Elektrochemie	172
4.4.2.4. Beleuchtung	172
4.4.3. Turbine	172
4.4.4. Kraftwerke	172
4.4.5. Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 4.4	173
4.5. Elektrische Leistung	174
4.5.1. Leistung an einem ohmschen Widerstand	174
4.5.2. Leistungsbilanz und Wirkungsgrad	175
4.5.3. Leistungsanpassung	175
4.5.4. Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 4.5	181
4.6. Elektrisches Erwärmen	183
4.6.1. Beispiele und Aufgaben zu Abschnitt 4.6	184
4.7. Mechanische Leistung und Energie	186
4.7.1. Beispiele und Aufgaben zu Abschnitt 4.7	186
4.8. Energieübertragung über Gleichstromleitungen	187
4.8.1. Beispiele, Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 4.8	188
5. Sonderabschnitte	190
5.1. Leiter, Halbleiter, Isolatoren	190
5.1.1. Bereiche des spezifischen Widerstandes	190
5.1.2. Bändermodell	191

5.1.3. Die elektrische Leitfähigkeit	192
5.1.4. Halbleitung	193
5.1.4.1. Eigenleitung	193
5.1.4.2. Störstellenleitung	196
5.1.5. Der p-n-Übergang	198
5.1.6. Opto-Elektronik	205
5.1.7. Maximale Verlustleistung (Verlustleistungshyperbel)	206
5.1.8. VDR-Widerstände	206
5.1.9. Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 5.1	207
5.2. Nichtlineare Gleichstromkreise	211
5.2.1. Grafische Methode	211
5.2.2. Grafische Reihenschaltung	213
5.2.3. Grafische Parallelschaltung	214
5.2.4. Polynom-Annäherung	215
5.2.5. Linearisierung im Arbeitspunkt	216
5.2.6. Lineare Ersatzschaltung	218
5.2.7. Beispiele, Fragen und Aufgaben zu Abschnitt 5.2	220
5.3. Thermoelektrische Erscheinungen	237
5.3.1. Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	237
5.3.1.1. Metalle und Halbleiter	237
5.3.1.2. NTC und PTC Widerstände	240
5.3.1.3. Temperaturkompensation	241
5.3.2. Übergang zwischen zwei Materialien	245
5.3.2.1. Seebeck-Effekt, Thermoelement	245
5.3.2.2. Peltier-Effekt	247
5.4. Elektrochemische Vorgänge	250
5.4.1. Elektrolyt	250
5.4.2. Elektrolyse und Stromleitung	251
5.4.3. Elektrochemische Spannungserzeugung	253
5.4.3.1. Galvanische Elemente	257
5.4.3.2. Akkumulator	258
5.4.4. Frage und Aufgaben zu Abschnitt 5.4	260