

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1	Grundlagen der Elektrotechnik durch Anknüpfung an die Praxis des Schweißers	1
1.1	Einführung	1
1.2	Aufbau der chemischen Elemente – Atombau – Ladungstrennung	1
1.3	Elektrische Einheiten für Spannung, Stromstärke und Widerstand	5
1.4	Berechnung des elektrischen Widerstandes	8
1.5	Elektrischer Stromkreis – Grundgesetze und Regeln	10
1.5.1	Elektrischer Stromkreis	10
1.5.2	Ohmsches Gesetz	10
1.5.3	Anwendungsbeispiele	11
1.5.4	Stromarten	13
1.5.5	Widerstände im Stromkreis – Reihenschaltung	16
1.5.6	Eine Spannungsquelle soll mehrere Geräte mit gleicher Spannung versorgen – Parallelschaltung	18
1.6	Elektrisches Feld	20
1.6.1	Der Kondensator an Gleichspannung	23
1.6.2	Der Kondensator an Wechselspannung	25
1.7	Magnetisches Feld	27
1.7.1	Permanente Magneten	27
1.7.2	Elektromagnetismus	29
1.7.3	Magnetisierung von Eisenwerkstoffen	32
1.7.4	Entmagnetisieren von Eisenwerkstoffen	34
1.8	Kraftwirkung des magnetischen Feldes – Einfluß auf den elektrischen Strom	34
1.9	Induktionsgesetz	37
1.10	Kraft – Geschwindigkeit – Arbeit – Energie – Leistung	40
1.10.1	Kraft – Geschwindigkeit	40
1.10.2	Arbeit	42
1.10.3	Energie	43
1.10.4	Leistung	45
1.10.5	Arbeit und Leistung des elektrischen Stromes	45
1.11	Ergänzung der Grundgesetze (Wechselstrom)	48

1.11.1	Ohmscher Widerstand an Wechselspannung	48
1.11.2	Kondensator an Wechselspannung	49
1.11.3	Induktivität an Wechselspannung	50
1.11.4	Verbraucher allgemeiner Art an Wechselspannung	51
1.11.5	Übersicht über verwendete Formelzeichen und Einheiten	52
1.11.6	Übersicht zu Verbrauchern an Wechselspannung	54
1.11.7	Grundgesetze, bezogen auf den Gleichstromkreis	55
1.11.8	Dreiphasenwechselstrom – Spannungen und Ströme, Verkettung	57
1.12	Wiederholungsfragen	58
2	Erzeugung elektrischer Energie, aktive Fühler und Wandler	61
2.1	Umwandlung mechanischer Energie in elektrische Energie	61
2.2	Spannungserzeugung mittels Thermoelement	64
2.3	Galvanisches Element – Spannungserzeugung durch Elektrochemie	66
2.4	Elektrische Spannung durch Verformung bestimmter Kristalle – Piezoeffekt	68
2.5	Umwandlung von Licht in elektrische Energie – Fotoelemente	69
2.6	Halgeneratoren	69
2.7	Zusammenfassung der Anwendung der Wandler in elektrische Energie	70
2.8	Wiederholungsfragen	71
3	Bauelemente der Elektrotechnik	73
3.1	Elektrischer Strom in leitenden Flüssigkeiten, in Elektrolyten	73
3.2	Elektrischer Strom in Gasen	74
3.3	Elektrischer Strom im Vakuum	75
3.4	Elektrischer Strom in Halbleitern	75
3.5	Elektrische Leitungen	76
3.6	Elektrische Widerstände	78
3.6.1	Festwiderstände	78
3.6.2	Stellwiderstände	80
3.6.2.1	Dehnungsmeßstreifen	80
3.6.3	Kaltleiter – PTC-Widerstand	81
3.6.4	Heißleiter – NTC-Widerstand	83
3.6.5	Spannungsabhängige Widerstände – VDR-Widerstände	85
3.6.6	Fotowiderstände – LDR-Widerstände	86
3.6.7	Magnetfeldabhängige Widerstände – Feldplatten	86
3.7	Kondensatoren	86
3.7.1	Glättung eines Gleichstromes	87

3.7.2	Absperrung eines Gleichstromes	87
3.7.3	Absperrung einer Wechselspannung	87
3.7.4	Kompensation	88
3.7.5	Schwingungserzeugung	88
3.7.6	Funkentstörung	89
3.7.7	Ausführungen von Kondensatoren	89
3.8	Induktivität	90
3.8.1	Induktivität als Bauelement – Drossel	90
3.8.2	Transduktor	92
3.9	Transformatoren	92
3.10	Halbleiterdiode – Gleichrichter	96
3.11	Steuerbare Halbleiter – Transistor – Thyristor	100
3.12	Passive Meßwertaufnehmer (Fühler) – Zusammenstellung	108
3.13	Schaltgeräte	109
3.14	Wiederholungsfragen	113
4	Elektrische Meßgeräte in der Schweißtechnik	115
4.1	Spannungsmessung und Drehfeldanzeige	115
4.2	Strommessung	117
4.2.1	Stromrichtungsbestimmung	118
4.3	Frequenzmessung	120
4.4	Widerstandsmessung	121
4.5	Leistungsmessung	121
4.6	Ergänzung zur Messung in der Widerstandsschweißtechnik	122
4.6.1	Messung des Übergangswiderstandes	122
4.6.2	Messung des Schweißstromes	122
4.6.3	Elektrodenkraftmessung	124
4.7	Elektrisches Messen nichtelektrischer Größen	125
4.8	Wiederholungsfragen	125
5	Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik	127
5.1	Überblick für den Schweißer	127
5.2	Baugruppen zur Steuerung und Regelung	129
5.3	Meßwertaufnehmer – Fühler (Sensor)	130
5.3.1	Sensoren für das vollmechanische Lichtbogenschweißen	130
5.4	Verstärker	132
5.5	Regler	133
5.6	Anmerkungen zum Steuern und Regeln beim Schweißen	137
5.6.1	Handregelung	137
5.6.2	Δu -Regelung	137

5.6.3	Δi -Regelung	137
5.6.4	Steuerung und Regelung mittels Mikroprozessoren	138
5.6.5	Punktsteuerung – Bahnsteuerung – Programmsteuerung	138
5.7	Wiederholungsfragen	138
.		
6	Elektrische Antriebe in der Schweißtechnik	141
6.1	Bauformen und Lagerung elektrischer Motoren (Maschinen)	141
6.2	Schutzarten	142
6.3	Erwärmung elektrischer Maschinen – Isolationsklassen	142
6.4	Betriebsarten elektrischer Maschinen	144
6.5	Motor- bzw. Generatorschutz	146
6.6	Grundsätzliche Wirkungsweise von Elektromotoren	146
6.6.1	Entstehung eines Wanderfeldes bzw. Drehfeldes	146
6.6.2	Drehstromasynchronmotor	149
6.6.3	Elektromotoren für Einphasenwechselstrom	157
6.6.4	Schrittmotoren	160
6.6.5	Betriebsbereiche Zweiquadrantenbetrieb – Vierquadranten- betrieb	160
6.6.6	Elektromotoren für Gleichstrombetrieb	161
6.7	Betrieb und Wartung elektrischer Maschinen	166
6.8	Zusammenstellung der für die Schweißtechnik wichtigsten Elektromotoren	169
6.9	Wiederholungsfragen	171
7	Wärmeerzeugung durch elektrische Energie	173
7.1	Grundsätzliche Möglichkeiten	173
7.2	Widerstandserwärmung	175
7.2.1	Punktschweißen	175
7.2.2	Rollnahtschweißen	176
7.2.3	Buckelschweißen	176
7.2.4	Stumpfschweißen	176
7.2.5	Impulsschweißen durch Kondensatorenladung	177
7.3	Der Lichtbogen und seine Beeinflussung	178
7.3.1	Stromleitung in Gasen	178
7.3.2	Das Plasma	182
7.3.3	Zünden des Lichtbogens und Stabilisierung desselben	182
7.3.4	Kennlinie des Lichtbogens	184
7.3.5	Arten des Lichtbogens in der Schweißtechnik	186
7.3.6	Einflüsse auf den Schweißlichtbogen	186

7.3.7	Kräfte durch und auf dem Lichtbogen beim Schweißen	188
7.3.8	Temperatureinfluß	189
7.3.9	Magnetisches Feld als Folge des Schweißstromes und seine Wirkung	189
7.3.10	Steuerung des Lichtbogens durch ein fremdes Magnetfeld	191
7.3.11	Arbeitspunkt und Einstellbereiche der Stromquelle	191
7.3.12	Strahlung des Lichtbogens	194
7.3.13	Leistung und Energie des Lichtbogens – Streckenenergie	194
7.4	Wärmeerzeugung über das magnetische Wechselfeld – Induktion	195
7.5	Dielektrische Erwärmung	197
7.6	Wiederholungsfragen	199
8	Erzeugung des Schweißstromes (Gesamtgeräte)	201
8.1	Der Gleichstromgenerator	201
8.1.1	Grundsätzliche Wirkungsweise	201
8.1.2	Das Ankerquerfeld	201
8.1.3	Erregung und grundsätzliche Schaltungen der Maschinen	205
8.2	Für das Schweißen geeignete Gleichstromgeneratoren	205
8.2.1	Nebenschlußgenerator	205
8.2.2	Gegenverbundgenerator	206
8.2.3	Streufeldgenerator	206
8.2.4	Querfeldgenerator	207
8.2.5	Bürstenlose Gleichstromgeneratoren	208
8.3	Für das Schweißen geeignete Wechselstromgeneratoren	
8.4	Wiederholungsfragen zu Schweißgeneratoren	213
8.5	Der Schweißtransformator	214
8.5.1	Grundsätzliches	214
8.5.2	Transformator für Lichtbogenschweißen	216
8.5.3	Transformator für das Widerstandsschweißen	223
8.5.4	Transformatoren für die Energieversorgung	233
8.5.5	Sondertransformatoren	234
8.6	Wiederholungsfragen zu Transformatoren	235
8.7	Gleichrichter in Schweißstromquellen	235
8.7.1	Grundsätzliches	235
8.7.2	Schweißgleichrichter für das Lichtbogenschweißen	236
8.7.3	Schweißgleichrichter mit Einstellung durch Transformatoranzapfung	236
8.7.4	Schweißgleichrichter mit Transduktoreinstellung	236
8.7.5	Anpassung der Schweißigenschaften mittels Thyristoren	241
8.7.6	Transistoren führen und bestimmen den Schweißstrom	241
8.7.7	Schweißstromquellen mit Pulsanlagen	241

8.8	Widerstandsschweißen mit Gleichrichtergeräten	258
8.9	Wiederholungsfragen zu Schweißgleichrichtern	259
9	Einfluß der Elektrotechnik auf die Wartung der Geräte	261
9.1	Aufgaben des Schweißers	261
9.2	Aufgaben des Elektrofachmannes	261
9.3	Erhöhte elektrische Gefährdung an Arbeitsplätzen	262
9.4	Aufgaben der Betriebs- bzw. Bauleitung	264
9.5	Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen	270
9.6	Anmerkung zur Ersten Hilfe bei Unfällen durch elektrischen Strom	272
9.7	Wiederholungsfragen	272
10	Einfluß der Schweißgeräte auf das Netz, Anschlußbedingungen, Energiekosten	275
10.1	Anforderungen an das elektrische Versorgungsnetz	275
10.1.1	Anmerkungen für den Schweißer	275
10.1.2	Netzformen nach DIN 57 100/VDE 0 100	275
10.2	Schutz gegen direktes Berühren	277
10.3	Schutz bei indirektem Berühren	279
10.4	Schutz gegen Überlastung und Kurzschluß	284
10.4.1	Grundsätzliches	284
10.4.2	Sicherungen	284
10.4.3	Schutzschalter	
	Leistungsschutzschalter	288
10.5	Leistungsbedarf elektrischer Anlagen – Versorgungsnetz	291
10.5.1	Anschluß an normale Steckdosenstromkreise	291
10.5.2	Ortsveränderliche Schweißstromquellen mit größerer Leistung	292
10.5.3	Anschluß auf Baustellen	292
10.5.4	Netzbelastung durch Schweißstromquellen	292
10.6	Energiekosten	293
10.7	Wiederholungsfragen	295

11	Arbeiten mit Kennlinien – Grafische Darstellungen	301
11.1	Grundsätzliches	301
11.2	Bestimmung eines Arbeitsbereiches bzw. eines Arbeitspunktes	306
11.3	Wiederholungsfragen	309
12	Wichtige Schaltungssymbole aus der Elektrotechnik	311
13	Grundsätzliche Wirkungsweise des Lasers	321
	Bildnachweis	329
	Literaturverzeichnis	331
	Stichwortverzeichnis	333