

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

1	Physikalische Begriffe, Größen und elektrische Bauteile	1
1.1	Stromfluss	1
1.2	Spannung und Widerstand	2
1.2.1	Erläuterung mit einer Regentonne	2
1.2.2	Widerstand im Schweißstromkreis	3
1.3	Kapazität	4
1.4	Induktivität	5
1.5	Transformator	6
1.6	Leistungselektronische Halbleiterbauteile	8
1.6.1	Gleichrichter und Diode	8
1.6.2	Thyristor	9
1.6.3	Transistor	9
1.7	Der Lichtbogen als Naturphänomen	9
2	Grundlegende elektrische Schaltungen	12
2.1	Reihenschaltung	12
2.2	Parallelschaltung	13
2.3	RC-Filter	16
2.4	LC-Schwingkreis	17
3	Definitionen und Beziehungen elektrischer Größen	18
3.1	Mittelwert und Effektivwert	18
3.2	Gleich- und Wechselstromtechnik	20
3.3	Ohmsches Gesetz	21
3.4	Stromdichte und Eindringtiefe	22
3.5	Induktivitäten im Schweißstromkreis	23
3.6	Elektrische Leistung	25
3.7	Netzanschluss	26
3.7.1	Absicherung	26
3.7.2	Leistung	27
3.7.3	Stromversorgung mit Motorgenerator	28
3.8	Energie	28
3.9	Arbeitspunkt	29
3.10	I-U-Kennlinien	30
3.10.1	Physikalische Lichtbogenkennlinie	31
3.10.2	Geregelte und ungeregelte Ausgangskennlinien	32
3.10.3	Statische I-U-Kennlinien	33
3.10.4	Dynamische Ausgangskennlinien	33
3.10.5	Grenzen von Ausgangskennlinien	33
4	Lichtbogenschweißen	35
4.1	Normkennlinie	35
4.2	Elektrische Lichtbogenleistung	37
4.3	Belastung von schweißstromführenden Leitern	38
4.4	Wirkungsgrad	40

4.5	Streckenenergie und Wärmeeinbringung	41
4.6	Wechselwirkung von Schweißlichtbogen und Energiequelle	42
4.6.1	I-U-Kennlinie des Schweißprozesses	42
4.6.2	Entstehen von I-U-Arbeitspunkten	43
4.6.3	I-U-Arbeitspunkte bei Konstantstrom	44
4.6.4	I-U-Arbeitspunkte bei Konstanzspannung	44
4.6.5	Veränderung von I-U-Kennlinien beim MSG-Schweißen	45
4.6.6	Einfluss der schweißstromführenden Leitungen	47
4.6.7	Stabilisierung der Lichtbogenleistung	48
4.6.8	Stabilisierung der Lichtbogenlänge	49
4.6.9	Prognose von späteren Istwerten	50
5	Schweißstromquelle	51
5.1	Leerlauf	51
5.1.1	Sicherheitstechnische Aspekte	51
5.1.2	Funktionelle Aspekte	51
5.2	Kurzschluss	52
5.2.1	Sicherheitstechnische Aspekte	52
5.2.2	Funktionelle Aspekte	52
5.3	Zünd- und Stabilisierungseinrichtungen	53
5.3.1	Sicherheitstechnische Aspekte	53
5.3.2	Funktionelle Aspekte	54
5.4	Lastbetrieb	55
5.4.1	Einschaltdauer	55
5.4.2	Ungewollte Strom-/Spannungskopplung	56
5.5	Isolation äußerer Schnittstellen	57
5.6	Validierung und Kalibrierung von Strom und Spannung	58
6	Messtechnik für das Lichtbogenschweißen	61
6.1	Messtechnik und Messfehler	61
6.2	Messfehler durch elektromagnetische Störbeeinflussung	61
6.2.1	Entstehen von Störungen	61
6.2.2	Beseitigen von Störungen	62
6.3	Messfehler durch Unterabtastung	63
6.3.1	Unterabtastung der Inverterfrequenz	63
6.3.2	Unterabtastung der Prozesssignale	64
6.3.3	Vermeidung von Unterabtastung	64
6.4	Strommessung im Schweißstromkreis	65
6.5	Spannungsmessung im Schweißstromkreis	66
6.6	Leistungsmessung am Lichtbogen	67
7	Gesundheits-, Arbeits- und technischer Schutz	68
7.1	Elektrische und technische Sicherheit	68
7.2	Elektromagnetische Felder	70
7.3	Elektromagnetische Verträglichkeit	71
8	Glossar	74
9	Anhang	79
	Literatur	80
	Stichwortverzeichnis	82

Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung	Einheit
A	Querschnittfläche	mm ²
C	Kapazität	F
ED	Einschaltdauer	(%)
E_s	Streckenenergie	kJ/mm
η	Wirkungsgrad	(%)
f	Frequenz	Hz
G	elektrischer Leitwert	S
I	elektrischer Strom	A
$i(t)$	Zeitverlaufsform des elektrischen Stromes	A
\bar{I}, I_{avr}	arithmetischer Mittelwert des elektrischen Stromes	A
\tilde{I}, I_{rms}	Effektivwert des elektrischen Stromes	A
J	Stromdichte	A/mm ²
l	Länge	mm, cm, m
L	Induktivität	H
LB	Lichtbogen	
n	numerischer Zählindex	
P	elektrische Leistung	W
$p(t)$	Zeitverlaufsform der elektrischen Leistung	W
π	3,14159...	
Q_s	Wärmeeinbringung	kJ/mm
R	elektrischer Widerstand	Ω
ρ	spezifischer elektrischer Widerstand von Stoffen	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
S	elektrische Scheinleistung	VA
t	Zeit	s
U	elektrische Spannung	V
$u(t)$	Zeitverlaufsform der elektrischen Spannung	V
\bar{U}, U_{avr}	arithmetischer Mittelwert der elektrischen Spannung	V
\tilde{U}, U_{rms}	Effektivwert des elektrischen Spannung	V
v_s	Schweißgeschwindigkeit	cm/min