



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische, elektronische,
mechatronische und informations-
technische Berufe

Tabellenbuch

Automatisierungstechnik

Kompendium der Automatisierung

Tabellen

Formeln

Normenanwendung

1. Auflage

Bearbeitet von Lehrern, Physikern und Ingenieuren an beruflichen Schulen
und Produktionsstätten (siehe Rückseite)

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 50823

B

M
D

C

A

A
S

P

B
A

Ü

Autoren des Tabellenbuches Automatisierungstechnik

| | | |
|--------------------|--|----------------|
| Dahlhoff, Heinrich | Dipl.-Physiker | Meppen |
| Grimm, Bernhard | Oberstudienrat | Leonberg |
| Häberle, Gregor | Dr.-Ing., Abteilungsleiter | Tettnang |
| Häberle, Heinz | Dipl.-Gewerbelehrer, VDE | Kressbronn |
| Schiemann, Bernd | Dipl.-Ing. | Durbach |
| Schmid, Dietmar | Dr.-Ing., Professor | Essingen |
| Schmitt, Siegfried | staatl. geprüfter Techniker, Techn. Oberlehrer | Bad Bergzabern |

Leitung des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Häberle, Tettnang

Bildbearbeitung

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Normen sowie anderer Bestimmungen und Richtlinien zugrunde gelegt (Redaktionsschluss 31.12.2012). Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Normen und jene Bestimmungen selbst.

Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE-VERLAG GmbH, Bismarkstr. 33, 10625 Berlin und der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafestraße 6, 10787 Berlin erhältlich sind.

1. Auflage 2013

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-5082-3

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2013 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: rkt, 42799 Leichlingen, www.rktypo.com

Druck: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

Betrieb und Beruf

9 ... 48

B

Mathematik, Physik, Dokumentation, Digitaltechnik

49 ... 118

MD

Elektrotechnik, Computer-Hardware

119 ... 186

C

Messen, Steuern, Regeln, Antriebstechnik, Automatisierung

187 ... 296

A

Anlagen und Sicherheit

297 ... 356

AS

Arbeiten am PC, Programmierung, Programmiersprachen

357 ... 384

P

Betriebssysteme, Anwendersoftware

385 ... 412

BA

Datenübertragung, Internet, Anhang

413 ... 520

Ü

4 Vorwort

Vorwort zur 1. Auflage

Die Automatisierungstechnik ist die treibende Kraft der Wirtschaft unseres Landes und seiner Nachbarn im Konkurrenzkampf mit anderen Ländern. Deshalb ist in mehreren Berufen diese Technik Gegenstand der Ausbildung, vor allem aber bei Elektronikerinnen für Automatisierungstechnik. Die Auszubildenden dieses Lehrberufes erwarten nach der Abschlussprüfung die Einsatzgebiete

- Fertigungs- und Produktionsautomation,
- Verfahrens- und Prozessautomation,
- Netzautomation,
- Verkehrsleitsysteme und
- Gebäudeautomation.

In gleicher Weise anspruchsvoll sind die Inhalte der Lernfelder, die für Berufe der Automatisierungstechnik vorgesehen sind. Dem entsprechen die Seiten des vorliegenden Buches, dessen Teile nach den Themen der Lernfelder für Elektroniker für Automatisierungstechnik konzipiert sind.

Teil B: Betrieb und Beruf mit sozioökonomischen Bereichen, z. B. Organisationsformen im Betrieb, Begriffe im Arbeitsrecht, Arbeiten im Team, Präsentation durch Vortrag, Qualifikationen für Arbeiten, Unfallverhütung, Arbeitsschutz, Industriespionage.

Teil MD: Mathematik, Physik, Dokumentation, Digitaltechnik mit den anwendungsbezogenen wissenschaftlichen Grundlagen, z. B. Rechenregeln, Lösen von Gleichungen, mathematische Formeln in C, C++ und Visual Basic, logarithmische Größen, funktionsbezogene Dokumente, Symbole für Schaltpläne, binäre Verknüpfungen, KV-Diagramme, Codeumsetzer, Flipflops, digitale Zähler.

Teil C: Elektrotechnik, Computer-Hardware mit den Grundlagen der Elektrotechnik und Computertechnik, z. B. Schaltungstheorie, aktive Bauelemente, Operationsverstärker, RL-Schaltungen, RLC-Schaltungen, Filter, Stromrichter, Oberschwingungen, Leitungsberechnung, Schnittstellen, Arten von Computern, Industrie-PC.

Teil A: Messen, Steuern, Regeln, Antriebe, Automatisierung mit den Grundlagen der genannten Bereiche z. B. Messmittel, Sensoren, GRAFCET, Kleinststeuerungen, SPS-Programmierung, Sicherheits-SPS, Hilfsstromkreise, elektrische Motoren, Sicherheit von Maschinen, Lageregelung, Drehzahlregelung, lineare Antriebe, Servomotoren, Bildverarbeitung.

Teil AS: Anlagen und Sicherheit mit z. B. Qualitätsmanagement, Auditierung, Fertigungsverfahren, Materialflusssysteme, Werkzeugwechselsysteme, Lichtschranken, Schutzarten elektrischer Betriebsmittel, Schutzmaßnahmen, Schutzklassen, Basisschutz, Fehlerschutz, Überlastschutz, Kurzschlusschutz, Überspannungsschutz, Qualität der Stromversorgung, Anlagenverfügbarkeit.

Teil P: Arbeiten am PC, Programmierung, Programmiersprachen mit z. B. Datensicherung, Kopierschutz, Software-Ergonomie, Phasen der Softwareentwicklung, objektorientierte Programmierung, C-Schlüsselworte, JAVA-Programmierung, CNC-Programmierung, PAL-Programmiersysteme.

Teil BA: Betriebssysteme, Anwendersoftware mit z. B. Arbeiten mit Windows, Arbeiten mit Excel, Datenbank Access, Grafikformate, Datenformate, Datenkomprimierung, Schaltungssimulation mit PSpice, Standard Softwaresystem SAP.

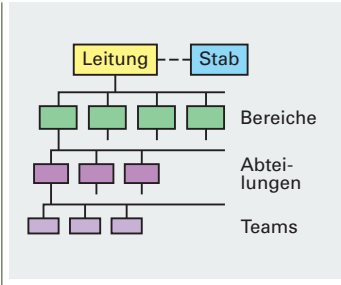
Teil Ü: Datenübertragung, Internet mit z. B. Modulation und Demodulation, Multiplexverfahren, Netze der Informationstechnik, Ethernet, PROFIBUS, PROFINET, CAN-Bus, AS-i, elektronische Gebäudetechnik, LCN, Bluetooth, Komponenten für Datennetze, Internet und seine Dienste.

Verlag und Autoren danken für die zahlreichen Anregungen von Benutzern verwandter Bücher des Verlages Europa-Lehrmittel. Gerne nehmen wir auch künftig konstruktive Verbesserungsvorschläge für das Tabellenbuch Automatisierungstechnik entgegen. Diese können auch mit E-Mail an lektorat@europa-lehrmittel.de gerichtet sein.

Sommer 2013

Der Autoren-Arbeitskreis

Betrieb



Organisationsformen in Unternehmen 10

Bereiche der betrieblichen Organisation 11

Rechtsgeschäfte des Betriebes 12

Begriffe im Arbeitsrecht 13

Bestandteile eines Tarifvertrages 14

Systematisches Marketing 15

Führen von Verkaufsgesprächen 16

Präsentation durch Vortrag 17

Durchführung von Schulungen 18

B

M
D

Beruf

| Vorgang | Arbeitspaket | Aufwand PT | Dauer T | zuständig |
|---------|--------------|------------|---------|--------------|
| V1 | 1010 | 30 | 20 | MA 1 MA 2 |
| V2 | 1020 | 30 | 20 | MA 1 MA 3 |
| V3 | 2010 | 5 | 5 | MA 4 |
| V4 | 2020 | 10 | 10 | MA 5 |

Interrupthandlung

Hauptspeicher

Interrupt-Vektortabelle

Programmspeicherbereich

Programm A
• Aktivierung Interrupt

Virenprogramm

BIOS, Treiber

infizierter PC

Backdoor-Server

Internet

Hacker-PC

Backdoor-Client

Arbeiten im Team 19

Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten
in Automatisierungsanlagen 20

Elektrotechnische Arbeiten in Automatisierungsanlagen 21

Unfallverhütung 22

Lärm und Lärmschutz 24

Arbeitssicherheit 25

Zusammenarbeit bei der Produktentwicklung,
Projektarbeit 28

Moderation von Workshops 29

Durchführung von Projekten 30

Prozesse analysieren und gestalten 32

Erstellen eines Angebotes 33

Computerunterstützte Planung eines Auftrages 34

Kosten und Kennzahlen 35

Kalkulation der Kosten 36

Betriebsabrechnungsbogen BAB 37

Gesetzlicher Datenschutz 38

Industriespionage 39

Knowhow-Schutz beim Umgang mit Dokumenten 40

Arten von Computerviren 41

Weitere Gefahren durch Computer-Sabotage 42

Maßnahmen gegen Computerviren 44

Firewall-Systeme 45

Zugriffsschutz bei der Internet-Kommunikation 46

Umgang mit Elektroschrott 47

Umwelttechnische Begriffe 48

C

A

A
S

P

B
A

Ü

Technischer Arbeitsschutz (Fortsetzung)

Bereiche

Beschreibung

Bemerkungen



Biologische Arbeitsstoffe

Unter biologischen Arbeitsstoffen versteht man *Mikroorganismen* (auch gentechnisch veränderte), die beim Menschen Infektionen hervorrufen können oder toxische (giftige) oder sensibilisierende (empfindlich machende) Eigenschaften besitzen. Darüber hinaus werden auch Endoparasiten (Parasiten, die im Menschen leben) sowie BSE- (Rinderwahn)/TSE- (übertragbares Hirnleiden) Erreger erfasst.

Aufgabe des Arbeitgebers ist es, erforderliche Maßnahmen zum Schutz des Beschäftigten zu treffen.
Die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (BioStoffV) regelt diese Maßnahmen.
Kernpunkt dieser Verordnung ist die *Gefährdungsbeurteilung* nach § 5 ArbSchG.

www.bmu.de



Geräte- und Produktsicherheit

Das *Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)* trat am 01.12.2011 in Kraft und löst das bisherige Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (*GPSG*) ab. Es stärkt als zentrale Vermarktungs- und Sicherheitsvorschrift für Produkte im europäischen Verbund den Schutz von Beschäftigten und Verbrauchern.

Das *ProdSG* intensiviert auch die Zusammenarbeit zwischen Marktüberwachung (in Länderhoheit) und dem Zoll. Mit seiner Aussage: „Geprüfte Sicherheit“ trägt es maßgeblich zu einem wirksamen Verbraucherschutz bei.



Anlagen- u. Betriebssicherheit

Die *Betriebssicherheitsverordnung* umfasst Arbeitsschutzanforderungen für die Arbeitsmittelbenutzung und den Betrieb von Überwachungsbedürftigen Anlagen. Sie regelt die Mindestanforderungen für deren Beschaffenheit.

- Einheitliche Gefährdungsbeurteilung für Bereitstellung und Benutzung.
- Einheitliche sicherheitstechnische Bewertung.
- „Stand der Technik“ als wesentlicher Sicherheitsmaßstab.



Lastenhandhabung

Bei vielen Tätigkeiten werden Gegenstände, Werkzeuge und Arbeitsmittel durch *Muskellkraft* bewegt, schwere Lasten oft oder in ungünstigen Körperhaltungen getragen.

Dadurch können Schäden am Muskel-Skelett-System, insbesondere der Wirbelsäule auftreten.

Durch Gefährdungsbeurteilung, Information, Training und sinnvolle Gestaltung der Arbeitsaufgaben lassen sich Schädigungen vermeiden oder vermindern.

Zu beachten sind *Beschäftigungsverbote* entsprechend *Mutterschutzgesetz*, *Mütter-Arbeitsschutzverordnung* sowie *Jugendarbeitsschutzgesetz*.



Baustellensicherheit

Die *Arbeitsbedingungen* auf Baustellen sind gekennzeichnet durch ständige Veränderungen der Arbeitsumgebung, hohe körperliche Anforderungen, große Unfallgefahren, hohen Zeit- und Termindruck sowie ungünstige Witterungseinflüsse.

Die gesetzlichen Regelungen stehen in Verordnungen.

- In der *Arbeitsstättenverordnung*: Technische Mindestanforderungen für Baustellen.
- In der *Betriebssicherheitsverordnung*: Besondere Anforderungen für zeitweilige Arbeiten an hochgelegenen Arbeitsplätzen.
- In der *Baustellenverordnung*: Organisatorische Mindestanforderungen zur Verbesserung der Sicherheit auf Baustellen.

Neue Kennzeichnung für Gefahrstoffe

(Umsetzungsfristen: 01.12.2010 für Stoffe, 01.06.2015 für Gemische).

GHS 08



Gesundheitsgefahr

Das *Global Harmonisierte System (GHS)* der Vereinten Nationen stuft chemische Stoffe und Gemische *weltweit* nach identischen Kriterien ein und löst damit die bisherigen europäischen Regelungen ab.

Das GHS wurde als *CLP-Verordnung* über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures) in der EU eingeführt und trat 2009 in Kraft.

Wesentliche Änderungen:

- Neue Piktogramme (**Raute**), darunter drei neue.
- **28 Gefahrenklassen** mit Unterteilung in Kategorien.
- Neue Gefahrenhinweise, **H-Hinweise** (hazard statements), bisher R-Sätze.
- Neue Sicherheitshinweise, **P-Hinweise** (precautionary statements), bisher S-Sätze.
- Zwei neue Signalworte: **Gefahr** und **Achtung**.

B

M
D

C

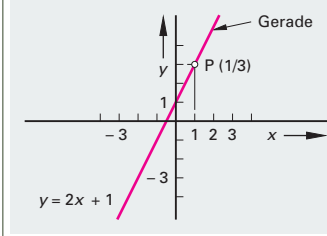
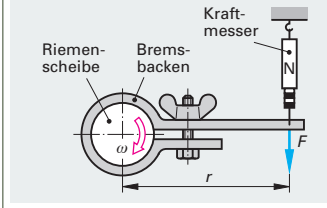
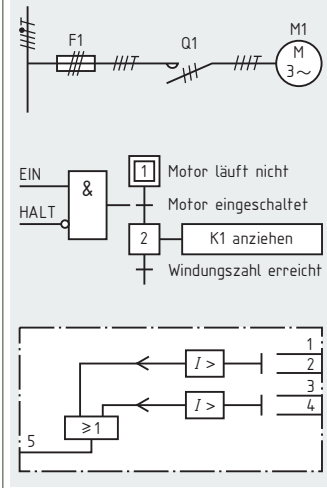
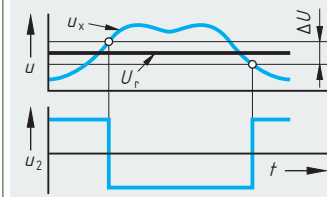
A

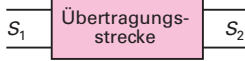
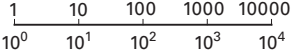
A
S

P

B
A

Ü


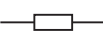
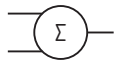
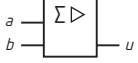
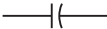


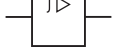


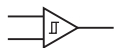






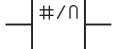

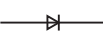

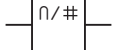

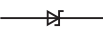

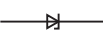
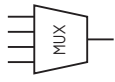
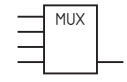

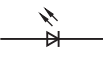
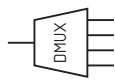
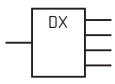

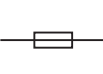


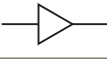
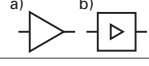


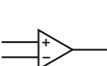
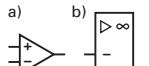

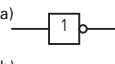
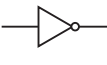
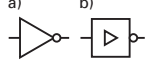

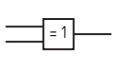
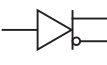
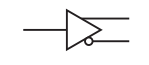
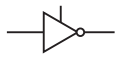
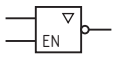
| | | |
|--|--|-----|
| Mathematik | | |
|  | Formelzeichen dieses Buches | 50 |
| | Größen und Einheiten | 53 |
| | Vorsätze und datentechnische Größen | 55 |
| | Rechenregeln | 56 |
| | Winkel, Winkelfunktionen | 58 |
| | Beziehungen zwischen Winkelfunktionen | 59 |
| | Mathematische Formeln in C, C++ und Visual Basic | 60 |
| | Potenzen, Logarithmen, Dreisatzrechnung | 61 |
| | Logarithmische Maße, Dezibel | 62 |
| | Zahlenumwandlungen | 63 |
| Physik | | |
|  | Längen, Flächen | 64 |
| | Körper und Masse | 65 |
| | Mechanik | 66 |
| | Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand | 68 |
| | Leistung, Arbeit, Energie, Wärme | 69 |
| | Elektrisches Feld, Kondensator | 70 |
| | Magnetisches Feld, Induktion | 71 |
| | Schaltungen mit passiven Bauelementen | 72 |
| | Schalten von Kondensatoren und Spulen | 73 |
| Dokumentation | | |
|  | Erstellen einer Dokumentation über Geräte oder Anlagen | 74 |
| | Schaltpläne als funktionsbezogene Dokumente | 76 |
| | Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente | 78 |
| | Kennzeichnung in Schaltplänen | 79 |
| | Schaltzeichen für Stromlaufpläne | 81 |
| | Binärelemente, Bussysteme, Telekommunikation | 85 |
| | Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne | 88 |
| | Analoge Informationsverarbeitung und Zähler | 89 |
| | Schaltzeichen für Leitungen, Installationspläne und Installationsschaltpläne | 90 |
| | Symbole für Messgeräte und Programmablaufpläne | 91 |
| | Symbole Pneumatik, Hydraulik | 92 |
| | Elemente von Struktogrammen | 93 |
| | Symbole der Verfahrenstechnik | 94 |
| | Darstellung von Körpern | 98 |
| | Bemaßung, Maßlinien, Schnitte | 99 |
| | Maßeintragung | 100 |
| | Baugruppenzeichnungen und Stücklisten | 101 |
| | Programmdokumentation (Software) | 102 |
| | Lastenheft, Pflichtenheft | 103 |
| | Grafische Darstellung von Funktionen | 104 |
| Digitaltechnik | | |
|  | Bar-Codes | 107 |
| | Leitungscodes | 109 |
| | DA-Umsetzer, AD-Umsetzer | 110 |
| | Binäre Verknüpfungen | 111 |
| | Regeln und Gesetze der Schaltalgebra | 112 |
| | Codeumsetzer | 114 |
| | Flipflops und Komparatoren | 115 |
| | KV-Diagramme für sequentielle Schaltungen | 116 |
| | Digitale Zähler, Schieberegister | 117 |

| Begriff, Erklärung | Formel, Hinweis | Bemerkungen |
|--|---|---|
| Abstandsmaße in Dezibel DB | | |
| Übertragungsfaktor T Verstärkungsfaktor V Dämpfungsfaktor D | Zunahme >1 und Abnahme <1 : $T = S_2/S_1$ $V = S_2/S_1$ $D = S_1/S_2$ |  S_1, S_2 Übertragungsgrößen, z. B. U |
| Logarithmische Teilung ist gegenüber der linearen Teilung vorteilhaft bei sehr großen Zahlenunterschieden. |  Es liegt nahe, für Zahlenangaben die Hochzahlen, also die Logarithmen, zu verwenden. | Bei einem Zahlenbereich von 1 bis 10000 wäre bei linearer Teilung der Bereich 1 bis 10 nur 1 Tausendstel, also nicht erkennbar. |
| Leistungsbezogene Maße Verstärkungsmaß G Dämpfungsmaß A Zur Kenntlichmachung des logarithmischen Maßes setzt man hinter den eigentlich einheitslosen Zahlenwert den Zusatz dB an Stelle einer Einheit. | Maße, leistungsbezogene $G = 10 \lg (P_2/P_1) \text{ dB}$ 1 $A = 10 \lg (P_1/P_2) \text{ dB}$ 2 $G = -A$ 3 $A = -G$ 4 dB für Dezibel (sprich Dezi-Bell) nach dem amerikanischen Wissenschaftler Bell | Eine Filterschaltung nimmt die Leistung von 500 mW auf und gibt 250 mW ab. Wie groß sind a) Dämpfungsfaktor D und b) Dämpfungsmaß A ? a) $D = S_1/S_2 = 500 \text{ mW}/250 \text{ mW} = 2$ b) $A = 10 \lg (500 \text{ mW}/250 \text{ mW}) = 3,01 \text{ dB}$ |
| Spannungsbezogene Maße, druckbezogene Maße Verstärkungsmaß G Dämpfungsmaß A Schalldruckübertragungsmaß \ddot{U}_p Auch hier Zusatz dB an Stelle einer Einheit. | Sonstige Maße $G = 20 \lg (U_2/U_1) \text{ dB}$ 5 $G = -A$ 6 $A = 20 \lg (U_1/U_2) \text{ dB}$ 7 $A = -G$ 8 $\ddot{U}_p = 20 \lg (p_2/p_1) \text{ dB}$ 9 | Ein Verstärker nimmt 3 mV auf und gibt 5 V ab. Wie groß sind a) Verstärkungsmaß G , b) Verstärkungsmaß und Dämpfungsmaß? a) $V = U_2/U_1 = 5 \text{ V}/3 \text{ mV} = 1667$ b) $G = 20 \lg (U_2/U_1) = 20 \lg (5 \text{ V}/3 \text{ mV}) = 64,4 \text{ dB}$ $A = -G = -64,4 \text{ dB}$ |
| Pegel in dB (*) (* steht für ergänzende Angabe) | | |
| Pegel, allgemein | Ein Pegel ist der Abstand von einem vereinbarten Bezugspunkt aus. | Der Bezugspunkt sollte bei Pegelangaben genannt werden. |
| Leistungspegel L_p Kennzeichnung durch dB (1 mW) oder dBm Spannungspegel L_u Kennzeichnung durch dB (1 μV) oder dB μ Schalldruckpegel L_p eigentlich Kennzeichnung durch dB (20 $\mu\text{N}/\text{m}^2$) | Pegel $L_p = 10 \lg (P/1 \text{ mW}) \text{ dBm}$ 10 $L_u = 20 \lg (U/1 \mu\text{V}) \text{ dB}\mu$ 11 $L_p = 20 \lg (p/20 \mu\text{Pa}) \text{ dB}\mu$ 12 | Die vereinbarten Bezugspunkte sind bei L_p 1 mW, bei L_u 1 μV , bei Schalldruckpegel L_p 20 $\mu\text{N}/\text{m}^2 = 20 \mu\text{Pa}$ Eine Antenne liefert 80 mV. $L_u = ?$ $L_u = 20 \lg (U/1 \mu\text{V}) = 20 \lg (80 \text{ mV}/1 \mu\text{V}) = 98 \text{ dB}\mu$ |
| Bewerteter Schalldruckpegel Kennzeichnung je nach Korrektur durch dB(A), dB(B) oder dB(C). Bevorzugt wird dB(A) verwendet. | Gemessen wird der Schalldruckpegel, die Messwerte werden für Frequenzen ungleich 1000 Hz durch ein Filter A, B oder C verändert. | Der bewertete Schalldruckpegel in dB(A) entspricht weitgehend der vom Menschen empfundenen Lautstärke in phon. |
| A Dämpfungsmaß (von attenuation) D Dämpfungsfaktor G Verstärkungsmaß (von gain) L_p Leistungspegel (von level) L_p Schalldruckpegel | L_u Spannungspegel \lg Zehnerlogarithmus P Leistung p Druck T Übertragungsfaktor | U Spannung V Verstärkungsfaktor Indizes: 1 Eingang, 2 Ausgang der Übertragungsstrecke |

Vergleich von Schaltzeichen 1

Comparison of circuit symbols 1

83

| USA, z. B. ANSI und NEMA | praxisüblich, z. B. EN | Benennung | USA, z. B. ANSI und NEMA | praxisüblich, z. B. EN | Benennung |
|---|---|---|---|---|--|
| Allgemeine Schaltzeichen | | | Analoge Elemente | | |
|  |  | Wirkwiderstand, Resistance |  |  | Summierer |
|  |  | Kondensator, Capacitor |  |  | Integrierer |
|  |  | Masse, Ground |  |  | Komparator, Vergleichler |
|  |  | Wechselspannungs-Erzeuger, AC-Generator | DAU (DAC) und ADU (ADC) | | |
|  |  | Gleichspannungs-Erzeuger, CD-Generator |  |  | Digital-Analog-Umsetzer DAU, DA-Converter DAC |
|  |  | Diode |  |  | Analog-Digital-Umsetzer ADU, AD-Converter ADC |
|  |  | Schottky-Diode | Multiplexer, Demultiplexer | | |
|  |  | Z-Diode |  |  | Multiplexer 4 auf 1 |
|  |  | LED Light Emittinc Diode |  |  | Demultiplexer 1 auf 4 |
|  |  | Schmelzsicherung, Fuse | Binäre Elemente | | |
| Verstärker | | |  |  | UND-Elemente, AND-Element |
|  |  | Verstärker, allgemein |  |  | |
|  |  | Operationsverstärker, unbeschaltet. IEC-Symbol auch für beschaltet, wenn ∞ durch Angaben der Verstärkung ersetzt ist. |  |  | NICHT-Element, NOT-Element |
|  |  | Verstärker, invertierend, z. B. als Anpassglied (Buffer = Puffer) |  |  | |
|  |  | Verstärkerelement mit komplementären Ausgängen, z. B. Leistungstreiber. |  |  | Element mit Tristate-Ausgang, hier Invertierer |
| ANSI | American National Standard Institute | | Tristate Z-Diode | 3 Zustände, H, L und hochohmig Diode zur Spannungsbegrenzung (Zener-Diode) | |
| EN | Europa-Norm | | a) und b) verschiedene Formen für dasselbe Element | | |
| LED | Licht emittierende Diode | | | | |
| NEMA | National Electrical Manufacturer Association | | | | |

M
D

C


























































A

A
S

P

B
A

Ü

| Leitungen, Anschlüsse, Signalkennzeichnung | | | | vgl. DIN EN 62424 (2010-01) | |
|--|--|---|---|---|--|
|  | Rohrleitung |  | EMSR ¹ -Leitung |  | Signalleitung, elektrisch |
|  | Signalleitung, pneumatisch |  | Leitung, hydraulisch |  | Lichtwellenleiter |
|  | Wirkungslinie |  | Einheitssignal, elektrisch |  | Einheitssignal, pneumatisch |
|  | Analogsignal |  | Digitalsignal |  | Binärsignal |
|  | Impulsgeber |  | Verbindungsfreie Kreuzung |  | Leitungsverbindung |
| ¹ EMSR Elektro-, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik | | | | | |
| Regler | | | | | |
|  | Regler allgemein, Ausgang rechts |  | PID-Regler, steigendes Aus- und Eingangssignal |  | PI-Regler, Ausgang fallend, Eingang steigend |
|  | Dreipunktregler mit schaltendem Ausgang |  | Zweipunktregler mit schaltendem Ausgang |  | Regler als Softwarefunktion |
| Streckeneinwirkung | | | | | |
|  | Stellglied, Stellart |  | Stellantrieb allgemein |  | Stellgerät mit Stellglied bzw. Stellort |
|  | Stellantrieb, bei Ausfall der Hilfsenergie Stellung für Höchstwert |  | Stellantrieb, bei Ausfall der Hilfsenergie Stellung für Mindestwert |  | Stellantrieb, bei Ausfall der Hilfsenergie bleibt das Stellgerät in der zuletzt eingenommenen Stellung |
| Aufnehmer, Sensoren | | | | | |
|  | Aufnehmer für Durchfluss, allgemein |  | Turbinendurchflussaufnehmer |  | Induktiver Durchflussaufnehmer |
|  | Temperaturaufnehmer, allgemein |  | Thermoelement |  | Druckaufnehmer, allgemein |
|  | Aufnehmer für Stand, allgemein |  | Kapazitiver Aufnehmer für Stand |  | Aufnehmer für Stand mit Schwimmer |
|  | Aufnehmer für Stand, Lichtempfänger |  | Aufnehmer für CO ₂ -Gehalt |  | Aufnehmer für pH-Wert |
|  | Aufnehmer für Strahlung, allgemein |  | Aufnehmer für Geschwindigkeit, Drehzahl, Frequenz allg. |  | Aufnehmer für Abstand, Länge, Stellung allgemein |
|  | Ovalradzähler, Verdrängerprinzip |  | Leitfähigkeitsaufnehmer |  | Aufnehmer für Gewichtskraft, Masse, allgemein |
| Bediengeräte, Steuergeräte, Zubehör | | | | | |
|  | Einsteller, allgemein |  | Signaleinsteller für elektrisches Einheits-signal mit Anzeiger |  | Schaltgerät, allgemein |
|  | Automatischer Messstellen-abfrageschalter |  | Oberer Grenzwert Zwischenwert Unterer Grenzwert |  | Steuergerät (Basissymbol) |
|  | Membran-Stellantrieb |  | Motor-Stellantrieb |  | Magnet-Stellantrieb |
|  | Kolben-Stellantrieb |  | Feder-Stellantrieb |  | Ventilstellglied |

M
D

C

A

A
S

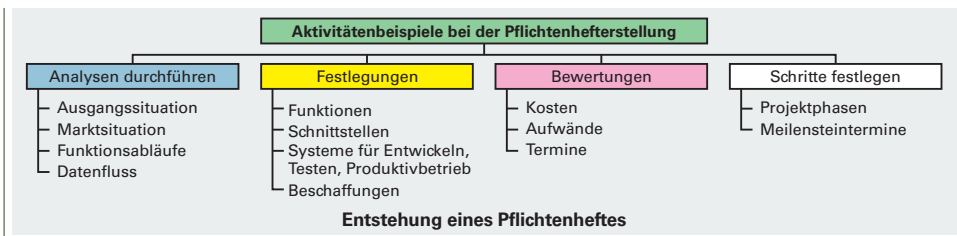
P

B
A

Ü

| Merkmal | Erklärung | Bemerkungen, Beispiele |
|--|---|---|
| Bestandteile eines Lastenheftes | | |
| Inhaltsverzeichnis | Das Inhaltsverzeichnis enthält die Kapitelüberschriften des Lastenheftes. | Jedes Kapitel besitzt eine Kapitelnummer. |
| Auftraggeber | Der Auftraggeber des Projektes ist zu nennen. | Name, Abteilung, Telefon, E-Mail-Adr. |
| Zweck des Projektes | Beschreibung von Projektanlass und Projektziel. | Verbesserte Performance (Betriebs-eigenschaften), geringere Wartungskosten. |
| Ausgangssituation | Beschreibung bestehender Systeme, Datenstrukturen, organisatorischer Abläufe. | Beschreibung der Nachteile der gegenwärtigen Situation. |
| Aufgabenstellung | Beschreibung aus Sicht des Auftraggebers. | Neue Funktionen, Benutzerdialoge, Ausgabedaten an Drucker. |
| Randbedingungen | Beschreibung der Anbindung, Einbindung existierender Lösungen. | Schnittstellen zu existierenden Geräten, Datenbanken, Programmen. |
| Terminrahmen | Nennung des Endtermines, ggf. Zwischentermine. | Begründung wegen der Wichtigkeit des Projektes, z. B. Kundenwunsch. |
| Kostenrahmen | Angabe der zur Verfügung stehenden Mittel. | Investitionen, Kosten. |

| | | |
|---|---|--|
| Bestandteile eines Pflichtenheftes | | |
| Inhaltsverzeichnis | Auflistung der Kapitelüberschriften. | Kapitel mit Kapitelnummern. |
| Auftraggeber | Wie im Lastenheft beschrieben. | Siehe Lastenheft. |
| Zweck des Projektes | Wie im Lastenheft beschrieben. | Siehe Lastenheft. |
| Analyse Istsituation | Beschreibung der Istsituation bzgl. z. B. Anzahl Benutzer, Funktionen, Performance, Schnittstellen, Datenfluss, tangierte Systeme. | Beschreibung Wartungsaufwände. Grenzen in der Lösung. |
| Funktions-spezifikation | Beschreibung aus Sicht des Auftragnehmers. Gliederung in Unterfunktionen. Aufzeigen funktionaler Zusammenhänge durch Grafiken. | Beschreibung der Realisierungsmöglichkeiten der geforderten Funktionen und deren Abhängigkeiten. |
| Daten-spezifikation | Analyse der Daten, Datenmengen und der Datenflüsse, zugeordnet zu Funktionen. | Festlegung der Datentypen oder der Datenbankstrukturen. |
| Schnittstellen-spezifikation | Definition der Schnittstellen hardwareseitig und softwareseitig zu tangierenden Systemen. Definition der Benutzeroberflächen. | Festlegung von Übertragungsverfahren, Bildschirmmasken, Druckerausgaben. |
| Rahmen-bedingungen | Beschreibung von Voraussetzungen zum Entwickeln, Testen, Schulen und Produktivgehen. | Nennung von Beschaffungskosten, bei Bedarf weitere notwendige Projektpartner. |
| Qualitäts-betrachtungen | Beschreibung von Maßnahmen während der Entwicklungsphase und von Kennzahlen in der Einführungsphase und im Betrieb. | Richtlinien zur Dokumentation, Softwareerstellung. Führen von Checklisten, Durchführung von Messungen bzgl. Zeiten, Speicherplatz. |
| Realisierungs-vorschlag | Unter Berücksichtigung von Marktrecherchen, der Ausgangssituation und den vorgenommenen Spezifikationen ist eine Empfehlung für die Realisierung niederzuschreiben. | Der Realisierungsvorschlag muss unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen. |
| Projektplanung | Arbeitspakete, Schritte der Projektumsetzung, Terminplanung sind festzulegen. Eine Kostenabschätzung ist vorzunehmen. | Die Verantwortlichkeiten von Auftraggeber und Auftragnehmer sind festzulegen. |
| Kosten-Nutzen-Analyse | Den anfallenden Kosten sind die Nutzenpotenziale gegenüber zu stellen, z. B. kürzere Durchlaufzeiten. | Muss nicht unbedingt Bestandteil eines Pflichtenheftes sein. |



M
D

C

A

A
S

P

B
A

Ü

| Benennung | Erklärung | Bemerkungen |
|---|---|--|
| Mehrzeilige Barcodes (Auswahl) | | |
|  <p>PDF 417</p> | <p>Der Code PDF 417 besteht aus einzelnen Zeilen mit einem Bar-Code je Zeile. Der Bar-Code ist ähnlich dem EAN-Code aufgebaut. Er hat zur Verschlüsselung von 30 Datenzeichen je Zeile 30 Module. Ein Modul besteht aus vier Strichen und vier Lücken. Für alle Zeilen gibt es zur Signalisierung von Start und Stopp gemeinsame Striche und Strichlücken.</p> | <p>Der PDF 417-Code ist bei AIM¹ als Standard-Code geführt (PDF von Portable Data File = transportierbares Datenfile). Zu einer Codierung gehören mindestens 3 und höchstens 90 Zeilen. Dementsprechend können bis zu $30 \times 90 = 2700$ Zeichen codiert werden. Einzelne Codewörter werden als Prüfzeichen verwendet. Die Art der Verschlüsselung legt der Anwender fest.</p> |
|  <p>Codablock-Code</p> | <p>Der Codablock-Code besteht aus einem üblichen Bar-Code, wobei die Module fortlaufend Zeile für Zeile aneinandergereiht werden. Die Zeilenlänge ist variabel, innerhalb eines Codeblockes jedoch gleich. Zum Zeilenbeginn wird eine Zeilennummer codiert. Alle Zeilen beginnen mit einer einheitlichen Startzeichenfolge und enden mit einer einheitlichen Endezeichenfolge.</p> | <p>Die Codablock-Codierung ist variabel handhabbar mit der Möglichkeit der Fehlererkennung oder Fehlerkorrektur. Auf der Basis des Codablock-Codes gibt es verabredete Codierungen, z. B. Codablock A. Dieser basiert auf dem Barcode 39, hat 2 bis 22 Zeilen zu je 61 Zeichen und wird mit einem Prüfzeichen abgeschlossen.</p> |
| Matrix-Codes (Auswahl) | | |
|  <p>Data-Matrix-Code</p> | <p>Der Data-Matrix-Code existiert in unterschiedlichen Ausführungsformen. Allen gemeinsam ist die quadratische Form mit einem linksseitigen und unteren Begrenzungsbalken und eine obere und rechtsseitige Begrenzung durch eine regelmäßig wechselnde Punktfolge. Codiert wird mit quadratischen Punkten im Inneren dieser Begrenzungen, wobei diese zeilenorientiert und spaltenorientiert sind. Mit Hilfe der Begrenzungen wird das als Bild erfasste Muster hinsichtlich seiner Drehlage und seines Mittelpunktes bestimmt.</p> | <p>Die Art der Verschlüsselung von Zeichen ist beim Matrix-Code nicht vorgegeben. Diese kann der Anwender selbst definieren, z. B. dass die verschlüsselten Daten zeilenweise geordnet angebracht sind. Auch sind Prüfzeichen und Fehlerkorrekturverfahren nicht vorbestimmt. Es können mehrere Matrixfelder zu einem quadratischen Großfeld von z. B. mehr als 2000 Zeichen zusammengefasst werden.</p> |
|  <p>QR-Code</p> | <p>Der QR-Code (von Quick Response Code = schnelle Antwort-Code) ist ein quadratischer Flächencode und besteht aus 21×21 bis 177×177 kleinen schwarzen und weißen quadratischen Symbolelementen. In den Ecken links und oben gibt es zur Positionsbestimmung quadratische Orientierungsmarken und unten rechts, etwas kleiner, eine Markierung zur Ausrichtung der Matrix.</p> | <p>Die Verwendung des QR-Codes ist lizenzfrei und kostenfrei. Das Codierungsverfahren ist offengelegt. Es ermöglicht auch eine Fehlerkorrektur, sodass leicht beschädigte Codierungen noch sicher gelesen werden können. Der QR-Code kann z. B. mit Foto-Mobiltelefonen gelesen werden. So gibt es viele Nutzungsmöglichkeiten, z. B. zur Besucherinformation in Museen und Nutzerinformation bei Gebrauchsartikeln.</p> |
|  <p>Dot-Code</p> | <p>Der Dot-Code oder Punktcode hat z. B. 8 Punkte, entsprechend 8 Bits in einer Zeichenspalte zur Datencodierung, und eine zusätzliche Punktreihe zur Ableserorientierung. Die Codierung mit 8 Bits ermöglicht die Verschlüsselung von zwei Ziffern je Spalte oder einem ASCII-Zeichen. Die Zeichen können fortlaufend folgen oder in Blöcken dargestellt werden.</p> | <p>Der Dot-Code ist nicht genormt. Er wird z. B. in Verbindung mit einem hydraulisch angetriebenen Dot-Prägewerkzeug, ähnlich einem Nadel-drucker, verwendet, um durch Prägung mit Punkten, z. B. mit 3 mm Durchmesser und 1 mm Tiefe, eine sichere Chargenkennzeichnung von großen Aluminiumbarren zu ermöglichen.</p> |

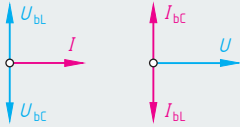
¹ AIM (Association for Automatic Identification and Mobility = Verband für automatische Identifikation und mobile Datenkommunikation). Dieser privatrechtlich organisierte Verband registriert und normt Codierungen.

Schaltungen, Zeigerdiagramme

Frequenzgang, Bedingungen, Formeln

Resonanz bei Reihenschaltung und Parallelschaltung von R, L, C

Zeigerdiagramme von RLC in Reihe parallel



Widerstände bei Resonanz

$$X_L = X_C$$

$$Z = R$$

$$B_L = B_C$$

$$Y = G$$

Phasenverschiebung und Wirkfaktor bei Resonanz

$$\varphi = 0$$

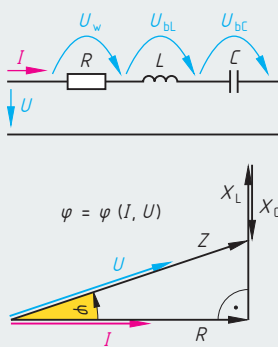
$$\cos \varphi = 1$$

nach Formeln 1 oder 4

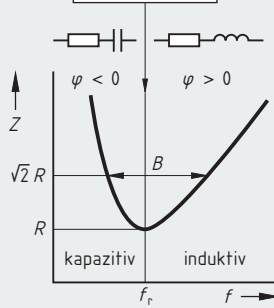
$$2 \pi \cdot f_r \cdot L = \frac{1}{2 \pi \cdot f_r \cdot C}$$

$$f_r = \frac{1}{2 \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

RLC-Reihenschaltung an Wechselspannung



Resonanz: $\varphi = 0$



Impedanzscheinwiderstand

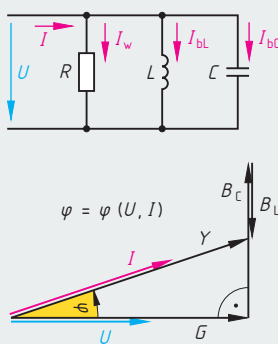
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Anschlussspannung

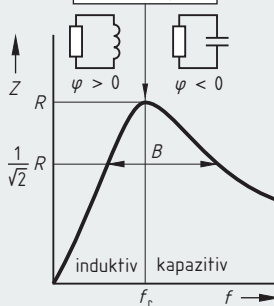
$$U = \sqrt{U_w^2 + (U_{bL} - U_{bC})^2}$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

RLC-Parallelschaltung an Wechselspannung



Resonanz: $\varphi = 0$



Leitwerte

$$G = \frac{1}{R}$$

$$B_L = \frac{1}{X_L}$$

$$B_C = \frac{1}{X_C}$$

Scheinleitwert

$$Y = \sqrt{G^2 + (B_C - B_L)^2}$$

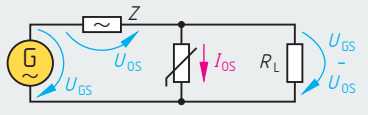
Stromstärke

$$I = \sqrt{I_w^2 + (I_{bC} - I_{bL})^2}$$

$$U = \frac{I}{\sqrt{G^2 + (B_C - B_L)^2}}$$

| | | | | | |
|------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|---|
| B | Bandbreite | I | Stromstärke | U_{bC}, U_{bL} | Blindspannung |
| B_C, B_L | Blindleitwerte | I_{bC}, I_{bL} | Blindstromstärken | U_w | Wirkspannung |
| C | Kapazität | I_{RL} | Teilstromstärke | X_C, X_L | Blindwiderstände |
| C_r | Resonanzkapazität | I_w | Wirkstromstärke | Y | Scheinleitwert |
| f | Frequenz | L | Induktivität | Z | Scheinwiderstand |
| f_r | Resonanzfrequenz | R | Wirkwiderstand | φ | Phasenverschiebungswinkel zwischen Strom und Spannung |
| G | Wirkleitwert | U | Spannung | | |

Oberschwingungen OS

| Vorgang, Begriff | Erklärung | Bemerkungen, Daten, Formeln | | | | | | | | | |
|---|--|--|----------------|-----------------|---|----|------------|------------|----------------|-------------------|--|
| Generatorspannung Grundschwingung Fourier | Generatoren sind so konstruiert, dass ihre Spannung wie eine Sinuslinie schwingt, z.B. mit 50 Hz. Diese Spannung nennt man Grundschwingung oder 1. Teilschwingung. Wenig sorgfältig konstruierte, kleinere Generatoren und vor allem Wechselrichter erzeugen eine Spannung, deren $u(t)$ -Kennlinie von der Sinusform abweicht. <ul style="list-style-type: none">Oberschwingungen entstehen im Netz durch Generatoren mit Oberschwingungen. | Nach <i>Fourier</i> (franz. Physiker, 1768 bis 1830) kann man jede von der Sinusform abweichende symmetrische Wechselspannung aus Grundschwingung und OS zusammensetzen. Von der Sinusform abweichende Wechselspannungen enthalten deshalb eine Grundschwingung (1. Teilschwingung) und Oberschwingungen. Die 3. Teilschwingung führt im 3AC-Netz zu zusätzlichem Strom in Neutralleiter (Seite 340). | | | | | | | | | |
| Verzerrungen, Stromaufnahme mit Oberschwingung | Oberschwingungen treten auch auf, wenn die Grundschwingung durch eine nicht lineare Kennlinie eines Bauelementes beeinflusst wird. <ul style="list-style-type: none">Oberschwingungen entstehen durch nicht lineare Kennlinien von Bauelementen. | Das trifft auf elektronische Bauelemente, z.B. Dioden, und Kennlinien mit einem Sättigungsbereich, z.B. bei Eisenkernen, zu. Bei diesen Bauelementen enthält der aufgenommene Strom Oberschwingungen. | | | | | | | | | |
| Rückwirkung auf die Netzspannung | Der Laststrom mit OS ruft in der Impedanz von Generator und Netz Oberschwingungen der Spannung hervor, sodass die Netzspannung ebenfalls OS enthält. <ul style="list-style-type: none">Oberschwingungen des Stromes führen zu Oberschwingungen der Spannung. | <div></div> <p>Entstehung von Oberschwingungen der Spannung durch nichtlineare Elemente</p> | | | | | | | | | |
| Ordnungszahlen Harmonische bei AC bei 3AC bei DC | Das ganzzahlige Vielfache der Grundschwingung ist die Ordnungszahl. <ul style="list-style-type: none">Bei AC sind Teilschwingungen mit den Ordnungszahlen 1, 3, 5, 7, 9 ... möglich.Bei 3AC ohne Anschluss des N sind die Ordnungszahlen von AC möglich, aber nicht 3, 6, 9 ...Bei DC-Anteilen, z.B. hinter Gleichrichtern, treten zusätzliche Ordnungszahlen 2, 4, 6 ... auf. | <p>Ordnungszahlen ν (Nüh)</p> <p>bei AC: bei 3 AC ohne N-Anschluss:</p> <div>$\nu = k + 1$</div> <div>$\nu = \pm 3 \cdot k + 1$</div> <p>mit $k = 0, 2, 4, 6, \dots$</p> <p>Die Amplitude (Stärke) der Harmonischen nimmt mit wachsender Ordnungszahl ab, so dass Ordnungszahlen über 7 meist unberücksichtigt bleiben können.</p> | | | | | | | | | |
| Arten der Oberschwingungen | Oberschwingungen mit dem ganzzahligen Vielfachen der Grundschwingungsfrequenz nennt man <i>Harmonische</i> . <ul style="list-style-type: none">Die wichtigsten Oberschwingungen sind die Harmonischen (H). | Bei <i>Zwischenharmonischen</i> liegen die Ordnungszahlen dazwischen, z.B. bei 2,4. Bei <i>Subharmonischen</i> ist die Frequenz kleiner als die Frequenz der Grundschwingung. Diese bleiben meist unberücksichtigt. | | | | | | | | | |
| Zählweise bei Oberschwingungen | <table><tr><th>Ordnungszahl</th><th>Teilschwingung</th><th>Schwingungsname</th></tr><tr><td>1</td><td>1.</td><td>Grundschw.</td></tr><tr><td>2, 3, 4, 5</td><td>2., 3., 4., 5.</td><td>2., 3., 4., 5., H</td></tr></table> | Ordnungszahl | Teilschwingung | Schwingungsname | 1 | 1. | Grundschw. | 2, 3, 4, 5 | 2., 3., 4., 5. | 2., 3., 4., 5., H | Auf keinen Fall sollte man die Oberschwingungen nummerieren, also nicht 2. Oberschwingung sagen, da das als Oberschwingung der Ordnungsnummer 3 bzw. 5 aufgefasst werden kann. |
| Ordnungszahl | Teilschwingung | Schwingungsname | | | | | | | | | |
| 1 | 1. | Grundschw. | | | | | | | | | |
| 2, 3, 4, 5 | 2., 3., 4., 5. | 2., 3., 4., 5., H | | | | | | | | | |
| Folgen von Oberschwingungen Drehfelder der Oberschwingung | <p>Verzerrungsfaktor</p> <div>$\nu = \lambda / \cos \varphi$</div> <p>3</p> <p>$P$ Wirkleistung S Scheinleistung ν Verzerrungsfaktor λ Leistungsfaktor (Lamba)</p> <p>Scheinleistung</p> <div>$S = P / \lambda$</div> <div>$S = P / (\nu \cdot \cos \varphi)$</div> <p>4</p> <p>$\cos \varphi$ Wirkfaktor, Verschiebungsfaktor</p> <p>Drehfelddrehzahlen der Oberschwingung</p> <div>$n_\nu = n / \nu$</div> <div>$n_\nu = f / (2p \cdot \nu)$</div> <p>5 6</p> <p>f Netzfrequenz ν Ordnungszahl n Drehzahl der $2p$ Polzahl Grundschwingung</p> <p>Negatives ν der Formel 2 führt in Motoren zu Drehfeld gegen das Grundschwingungsfeld.</p> | | | | | | | | | | |

Die Bedeutung der Formelzeichen ist aus Formelüberschriften, Bildern und Formellegende erkennbar.
Zulässige Grenzwerte der Oberschwingung Seite 250.

Allgemeine Anforderungen

| Begriff | Erklärung | Bemerkungen, Daten |
|----------------|--|---|
| Verkabelung | Verlegen von Kabeln. In der IT-Technik werden unter Kabeln Erdkabel und alle geschützten Leitungen verstanden. | Es kann sich um Kabel mit Kupferleitern oder Metallleitern, aber auch mit optischen Faserleitern (Lichtwellenleiter) handeln. |
| Sicherheit | Die Sicherheit der Anlage muss gewährleistet sein bezüglich Gefahren und Fluchtwegen. | Metallene IT-Verkabelungen und Kabel der Stromversorgung müssen getrennt sein. |
| Zugänglichkeit | Die Verlegung soll auf Kabelwegen so erfolgen, dass die Kabel bei Störungen zugänglich sind. | Bei umfangreichen Verkabelungen Kabelwege bei Bedarf unter dem Fußboden anordnen. |
| Schirmung | IT-Kabel müssen gegen EMIs geschützt sein. Schutz gegen Eindringen von Signalen aus benachbarten Leitungen (Nebensprechen) muss durch eine Kopplungsdämpfung erfolgen, bei metallenen Leitungen durch Schirmung. | Ein Schirm muss lückenlos geschlossen und an beiden Enden geerdet sein. Manche Kabel sind geschirmt gefertigt. Außerdem kann der Kabelweg von mehreren Kabeln durch einen metallenen Kabelkanal geschirmt sein. |
| Dämpfung | Von einem Kabel zu benachbarten Kabeln findet Spannungsinduktion statt. Dämpfung (Begrenzung) durch geeignete Maßnahmen. | Je nach Aufgabe der IT-Kabel sind Mindestwerte der Dämpfung erforderlich. Dämpfung ist im logarithmischen Maß dB angegeben. |
| Trennung | Die Dämpfung wird durch Auswahl der Kabel nach Kabelkategorie (vorhergehende Seite) und durch räumliche Trennung der Kabel erreicht. | Die räumliche Trennung kann durch metallene Schirmung und durch Abstand erreicht werden. |
| Dokumentation | Ist bei Errichtung und Änderungen dem Anlagenbetreiber auszuhändigen. | Die Dokumentation besteht aus Schaltplänen und Wartungsplänen. |

Trennung der Kabel zur Erhöhung der Dämpfung

| | | |
|---|---|--|
| zwischen IT-Kabeln | <p>große Dämpfung kleine Dämpfung</p> <p>IT-Kabel in flachem metallischen Kanal</p> | <p>große Dämpfung kleine Dämpfung</p> <p>IT-Kabel in hohem metallischen Kanal</p> |
| zwischen IT-Kabeln, Kabeln der Stromversorgung sowie sonstigen Kabeln | <p>IT-Kabel Kabelbinder Stromversorgung</p> <p>Trennung von IT-Kabeln und Kabel der Stromversorgung</p> | <p>Kabel für störanfällige Stromkreise</p> <p>Trennung von IT-Kabel und sonstigen Kabeln</p> |

Erforderliche Dämpfung und Mindesttrennabstände

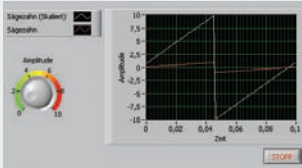
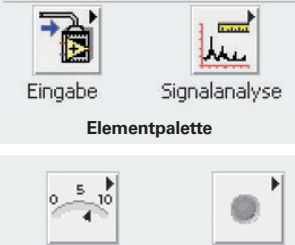
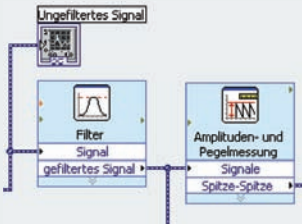
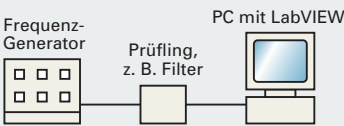
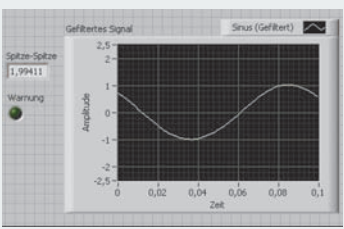
| Trennkategorie (etwa Kategorie Cat) | Dämpfung von informationstechnischen Kabeln bei 30 MHz bis 100 MHz | | Mindesttrennabstände d von IT- oder Stromversorgungskabeln bei 0 MHz bis 100 MHz | | |
|-------------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------|----------------------|
| | Kopplungs- und Schirmdämpfung, Kabel geschirmt | Dämpfung TCL, Kabel ungeschirmt | ohne elektromagnetische Barriere | offener Metall-Kabelkanal | Lochblech-Kabelkanal |
| a – | < 40 dB | < 50 dB – 10 · lg f | 300 mm | 225 mm | 150 mm |
| b (Cat 5) | ≥ 40 dB | ≥ 50 dB – 10 · lg f | 100 mm | 75 mm | 50 mm |
| c (Cat 6) | ≥ 55 dB | ≥ 60 dB – 10 · lg f | 50 mm | 38 mm | 25 mm |
| d (Cat 7) | ≥ 80 dB | ≥ 70 dB – 10 · lg f | 10 mm | 8 mm | 5 mm |

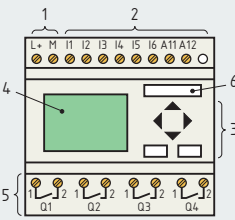
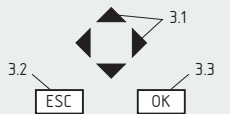
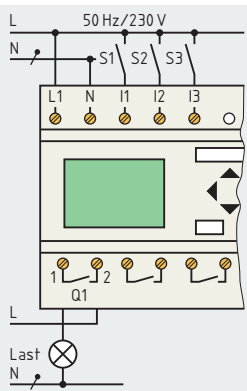
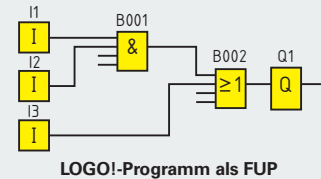
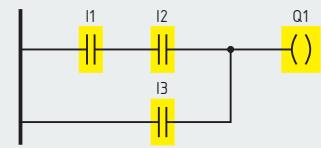
Bei metallenen massiven Kabelkanälen ohne offene Stellen ist der Trennabstand 0 mm

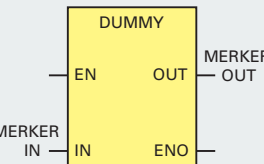
dB Dezi-Bel
f Frequenz

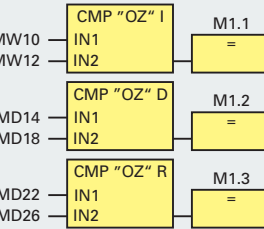
lg Zehnerlogarithmus
d Mindesttrennabstand

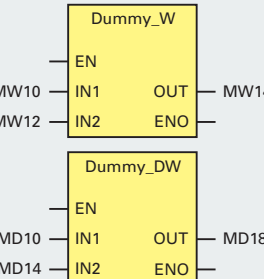
TCL Quersprechdämpfung (von Transverse Conversion Loss)

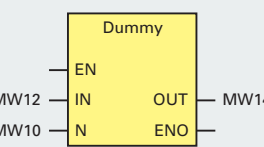
| Aufgabe | Erklärung | Bildschirmanzeigebilder |
|--|---|--|
| Ein- arbeitung | Mit LabVIEW werden mittels grafisch erstellter Programme Vorgänge für Messen, Steuern, Regeln am PC ausgeführt. Am Bildschirm des PC erscheint als Grafik z. B. ein Messgerät. Man spricht daher von einem virtuellen Instrument VI. Das Programm hierfür wird auch als VI bezeichnet. Die Benutzeroberfläche am PC wird Front Panel genannt. Das Block-Diagramm enthält den grafischen Quellcode für die Funktion eines VIs. Symbol und Anschlussfeld kennzeichnen ein VI, sodass es in einem anderen VI als Sub-VI anwendbar ist. www.ni.com |  <p>Beispiel eines Front Panel</p> |
| Erstellen eines VI | <p>Ein VI besteht aus einem Front Panel, einem Block-Diagramm sowie einem Symbol und Anschlussfeld als Schnittstelle zum aufrufenden Programm.</p> <p>LabView besitzt in einer Elementpalette auswählbare Kontrollelemente und Anzeigeelemente, über die durch Platzieren mit Mausclicks die Benutzeroberfläche gestaltet wird. Parallel dazu werden im zugeordneten Blockdiagramm z.T. automatisch die entsprechenden grafischen Programmobjekte, Terminals oder Anschlüsse genannt, erzeugt.</p> <p>Das Block-Diagramm wird durch Platzieren von Funktionsblöcken (Knoten) am Bildschirm und deren Verbinden (Verdrahten) vervollständigt. Hierzu steht eine Funktionenpalette zur Verfügung. Funktionsblöcke führen z. B. mathematische Berechnungen, Dateneingaben oder Datenausgaben aus.</p> |  <p>Eingabe Signalanalyse</p> <p>Elementpalette</p> <p>Wertanzeige... LEDs</p> <p>Funktionenpalette</p> |
| Arbeiten mit VIs | <p>Mit einem Icon-Editor wird das Symbol (Icon) eines VI gestaltet. Über Mausclicks erfolgt die Platzierung des VIs dann im Block-Diagramm.</p> <p>Funktionen sind als wieder verwendbare Funktionsmodule zu programmieren. Auch Schleifenstrukturen mit if, while, case oder for können programmiert werden. Durch das Darstellen von parallelen Datenflüssen in den Block-Diagrammen sind gleichzeitige Programmabläufe programmierbar. Nach der grafischen Programmerstellung wird mittels Compiler der Maschinencode erzeugt.</p> |  <p>Auszug aus Blockdiagramm</p> |
| Signal- erfassung, Mess- geräte- steuerung | Mit LabVIEW können mithilfe des interaktiven Instrument-I/O-Assistenten, der LabView-Gerätetreiber und der Geräte-I/O-Bibliotheken Daten von Geräten mit Schnittstellen GPIB, Ethernet, PXI (auf PCI-Bus basierend), USB, VXI (auf VME-Bus basierend), RS232, 20-mA erfasst werden. Ansprechbar sind Messgeräte und Steuerungen (SPS). Anzuwenden sind hierbei die von LabVIEW angebotenen VIs. |  <p>Frequenz-Generator PC mit LabVIEW</p> <p>Prüfling, z. B. Filter</p> <p>Messen und Steuern mit LabVIEW</p> |
| Daten- analyse, Daten- darstellung | LabVIEW besitzt VIs zur Analyse von Messdaten. Mit Funktionen zur Frequenzanalyse, digitalen Filterung, Signalerzeugung oder Spitzenwernerkenung können Messdaten untersucht werden. Es stehen Funktionen zum Ermitteln des Effektivwertes, harmonischer Verzerrungen oder auch für mathematische Berechnungen zur Verfügung, z. B. zum Berechnen von Differenzialgleichungen, Durchführen von Interpolationen, Extrapolationen. Zur Analyse von Schallmessungen oder von Bilddaten gibt es ebenfalls VIs, z. B. zum Farbmustervergleich. Das Darstellen von Messdaten an der Benutzeroberfläche kann über Kurven-Diagramme, digitale Kurvengraphen, Liniendiagramme oder 2D-, 3D-Visualisierungen erfolgen. Außer einer Darstellung am PC sind auch Darstellungen an einem Tablet oder Smartphone möglich. |  <p>Verlauf eines Messsignals</p> |

| Ansicht | Erklärung | Bemerkungen, Daten | | | | | | | | | |
|---|--|--|-------|-----|-----------|-----------|--------------------|------------------------|-----------|----------------------|------------------------|
| Aufbau | | | | | | | | | | | |
|  <p>LOGO! Basic 230 RC</p> | <p>Logikmodule, z. B. LOGO!, sind Kleincomputer. Sie bestehen aus einem Grundgerät (Basic) und seitlich ansetzbaren Erweiterungsmodulen. Die Grundgeräte sind für viele Steuerungsaufgaben allein voll einsetzbar.</p> <p>1 Netzanschluss, z. B. L und N, 2 Eingänge I evtl. AI, 3 Bedienfeld, 4 Display, 5 Ausgänge Q, 6 Port für PC-Programmierung.</p> | <p>Kennung von LOGO!</p> <ul style="list-style-type: none">• 12/24 Version DC 12 V/24 V,• 230 Version AC + DC 115 V bis 240 V• R Relaisausgang (ohne R Transistorausgang),• C integrierte Wochenschaltuhr,• o Variante ohne Display (LOGO!pure),• DM Digitalmodul (Erweiterung),• AM Analogmodul (Erweiterung),• CM Kommunikationsmodul (z. B. zu KNX). | | | | | | | | | |
|  <p>Bedienfeld Basic 230 RC</p> | <p>3.1 Cursor-Tasten (Cursor-Verschiebung). 3.2 Escape-Taste dient zur Rückkehr zum vorhergehenden Schritt. 3.3 OK-Taste zur Bestätigung der gewählten Anweisung und zur Eingabe.</p> | <p>Bei LOGO!pure (Typen mit Kennung o) sind Display und Bedienfeld nicht vorhanden. Deshalb ist hier eine Programmierung von Hand nicht möglich, sondern nur über PC und Eingabe bei 6 oder durch Einstecken einer beschriebenen Speicherkarte bei 6. LOGO! auch mit Ethernet-Anschluss.</p> | | | | | | | | | |
|  <p>Anschluss eines LOGO! der Variante AC 230 V</p> | <p>Logikmodule sind ohne PE für den Einbau in ein Gehäuse, z. B. in die Unterverteilung, vorgesehen. Bei AC-Netzanschluss ist das Parallelschalten eines Metalloxid-Varistors (Arbeitsspannung $\geq 1,2$ Netz-Nennspannung) zum Netzanschluss zweckmäßig. Die grauen Flächen sind für die Beschriftung, z. B. der Lasten, bestimmt.</p> <p>Die Relaisausgänge von LOGO!235R sind mit 5 A belastbar, Transistorausgänge von LOGO!24 mit 0,3 A. Beim Abschalten mittels STOP oder bei Spannungsausfall bleibt das bisher eingegebene Programm gespeichert. Löschung der gespeicherten Eingaben erfolgt mittels der Cursor-tasten durch Anwahl von CLEAR und folgender Eingabe OK.</p> <p>www.siemens.com/logo.</p> | <p>An die Digitaleingänge I werden Sensoren angeschlossen, z. B. Taster. Wegen des kleinen Schaltstromes muss bei Schaltern mit Glühlampen der Anschluss so erfolgen, dass der Glühlampenstrom nicht zum Einschalten ausreicht.</p> <table border="1" data-bbox="717 787 1056 950"><caption>Schaltspannungen und -ströme</caption><thead><tr><th>Logo!</th><th>24R</th><th>230R (AC)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Zustand 0</td><td>< DC 5 V < 1 mA</td><td>< AC 40 V < 0,05 mA</td></tr><tr><td>Zustand 1</td><td>> DC 12 V, > 2 mA</td><td>> AC 79 V > 0,08 mA</td></tr></tbody></table> <p>Die Digitaleingänge von LOGO!230R sind in zwei Gruppen I1 bis I4 und I5 bis I8 aufgeteilt, die an zwei verschiedene Außenleiter (Phasen) angeschlossen werden dürfen. Sonst darf der Anschluss nur an denselben Außenleiter erfolgen.</p> | Logo! | 24R | 230R (AC) | Zustand 0 | < DC 5 V < 1 mA | < AC 40 V < 0,05 mA | Zustand 1 | > DC 12 V, > 2 mA | > AC 79 V > 0,08 mA |
| Logo! | 24R | 230R (AC) | | | | | | | | | |
| Zustand 0 | < DC 5 V < 1 mA | < AC 40 V < 0,05 mA | | | | | | | | | |
| Zustand 1 | > DC 12 V, > 2 mA | > AC 79 V > 0,08 mA | | | | | | | | | |
| Programmierung und Parametrierung | | | | | | | | | | | |
| <p>LOGO!Soft Comfort</p> <p>Legen Sie die CD in das CD-Laufwerk ein. Öffnen Sie die Datei Start.html. Wählen Sie den Menüeintrag Installation und folgen Sie den Anweisungen.</p> <div data-bbox="132 1315 367 1485"><p>> Program.. Card.. Setup.. Start</p><p>> Stop Set Param Set Prg Name</p></div> <p>Display beim Programmieren und Parametrieren</p> | <p>Programmieren. Nach Laden (Bild links) Anklicken von Start → Programme → LOGO → Neu → Funktionsplan oder Kontaktplan → Schaltplan. Es erscheint ein Arbeitsfenster. Man holt mit gedrückter Maustaste die gewünschten Symbole nacheinander auf das Arbeitsfenster (Bild rechts). Blöcke werden automatisch nummeriert und dann miteinander mittels gedrückter Maustaste verbunden. Nach „Stop“ kann der Programmablauf simuliert werden. Die Übertragung nach LOGO! erfolgt über eine PC-Schnittstelle, z. B. serielle Schnittstelle. Programmieren von Hand ist mit Hilfe des Handbuchs möglich.</p> |  <p>LOGO!-Programm als FUP</p>  <p>LOGO!-Programm als KOP</p> | | | | | | | | | |

| Funktion | Erklärung | Bemerkungen |
|--|--|---|
| <div><p>Umwandlungsfunktion für Datentypen</p></div> <p>Am IN-Eingang des Programmbausteins liegt eine Variable (Merker IN) an, deren Wert in einen anderen Datentyp umgewandelt werden soll. Am OUT-Ausgang liegt eine Variable (Merker OUT) mit dem umgewandelten Datentyp an.</p> | <p>Nach der Bitanzahl werden Merker mit <i>MB</i> (Merker-Byte, 8 Bits), <i>MW</i> (Merker-Word, 16 Bits) und <i>MD</i> (Merker-Double Word, 32 Bits) unterschieden.</p> <p>Als Merkeradresse wird die erste Byteadresse verwendet. Ein Integer Wert wird z. B. im MW 10 gespeichert. Dieses Merker-Word besteht dann aus den Merker-Bytes MB10 und MB11. Es ist zu beachten, dass ein Digitalwert bis 255 im MB 11 gespeichert wird und die größeren Werte bis 32 767 im MB 10.</p> | <p>Der Platzhalter <i>Dummy</i> steht für folgende Bezeichnungen:</p> <p><i>LDI</i>: Integer (2 Bytes) in Double-Integer (4 Bytes);</p> <p><i>DLR</i>: Double-Integer (4 Bytes) in Real (4 Bytes);</p> <p><i>BCD_I</i>: BCD (2 Bytes) in Integer (2 Bytes);</p> <p><i>BCD_I</i>: Integer (2 Bytes) in BCD (2 Bytes);</p> <p><i>ROUND</i>: REAL (4 Bytes) in Double-Integer (4 Bytes, ganze Zahl mit Runden);</p> <p><i>TRUNC</i>: REAL (4 Bytes) in Double-Integer (4 Bytes, nur ganze Zahl).</p> |

| | | |
|--|--|--|
| <div><p>Vergleichsfunktion</p></div> | <p>Die Eingangsvariablen einer Vergleichsfunktion müssen vom gleichen Datentyp sein.</p> <p>Dies sind: Integer (2 Bytes), Double-Integer (4 Bytes) und Real (4 Bytes). Der Datentyp wird im Titel des Bausteins angegeben. Das Schlüsselwort einer Vergleichsfunktion ist <i>CMP</i> (<i>compare</i> = vergleichen).</p> <p>Sechs verschiedene Operationen können durchgeführt werden.</p> | <p>„OZ“ steht für >; <; >= (größer oder gleich); <= (kleiner oder gleich); == (gleich); <> (ungleich).</p> <p>Der Ausgang eines Vergleichsbausteins ist eine Boole'sche Variable mit den Werten <i>TRUE</i> oder <i>FALSE</i>.</p> <p>Wird z.B. die Vergleichsoperation <i>CMP > I</i> durchgeführt, dann ist der Ausgang <i>TRUE</i>, wenn der Integerwert bei Eingang IN1 größer ist als der Integerwert bei Eingang IN2.</p> |
|--|--|--|

| | | |
|---|---|--|
| <div><p>Digitale Verknüpfungen</p></div> | <p>Neben den logischen Grundverknüpfungen (<i>UND</i>, <i>ODER</i>, <i>XOR</i>), die sich auf Boole'sche Operanden beziehen, gibt es die digitalen Verknüpfungen, die als Eingangsvariablen den Typ <i>Word</i> (<i>_W</i>) und <i>DoubleWord</i> (<i>_DW</i>) benötigen.</p> <p>Die digitalen Operationen werden auf die Bits der zwei Digitalwerte angewendet. Dabei ist der Platzhalter <i>Dummy</i> durch <i>WAND</i> (digitale <i>UND</i>-Verknüpfung), <i>WOR</i> (digitale <i>ODER</i>-Verknüpfung), <i>WXOR</i> (digitale <i>Exclusive-ODER</i>-Verknüpfung) zu ersetzen.</p> | <p>Die <i>Exclusive-ODER</i>-Verknüpfung vergleicht zwei Bits und liefert den Signalwert 0, wenn die Bits gleich sind, und liefert den Signalwert 1, wenn die Bits unterschiedlich sind. Mit <i>WXOR_W</i> kann der Zustandswechsel von binären Eingängen kontrolliert werden.</p> <p>Die Zustände von 8 Eingängen werden periodisch auf ein Merker-Byte MB11 kopiert, z. B. 1011 0011. Vor dem Kopieren, wird dann MB 11 in MB 13 verschoben. <i>WXOR_W</i> liefert mit MW10 und MW 12 eine 1 bei den Eingängen mit Änderung des Signalzustandes.</p> |
|---|---|--|

| | | |
|---|--|---|
| <div><p>Schiebefunktion</p></div> | <p>Die Bits einer Variablen werden links, rechts verschoben.</p> <p>Beim Links-Schieben werden die rechts frei werdenden Leerstellen mit 0 gefüllt und die nach links hinausgeschobenen werden gelöscht. Beim Rechts-Schieben umgekehrt.</p> <p>Bei einer Rotation werden die Bits, die an einer Seite hinausgeschoben werden, auf der anderen Seite wieder eingefügt.</p> | <p>Der Platzhalter <i>Dummy</i> ist zu ersetzen durch: <i>SHL_W</i> oder <i>SHR_W</i> bei einer Variablen vom Typ <i>Word</i>; <i>SHL_DW</i>, <i>SHR_DW</i>, <i>ROL_DW</i> oder <i>ROR_DW</i> bei einer Variablen vom Typ <i>Doubleword</i>. Die Variable am Eingang IN muss vom gleichen Typ sein, wie die Variable am Ausgang OUT. Die Zahl am Eingang N gibt an, um wie viele Bitstellen das Muster verschoben wird.</p> |
|---|--|---|

Neben diesen digitalen Operationen stehen die mathematischen Operationen wie arithmetische Funktionen (die vier Grundrechenarten) und numerische Funktionen (Absolutwert, trigonometrische, Logarithmus) zur Verfügung.

A

AS

P

BA

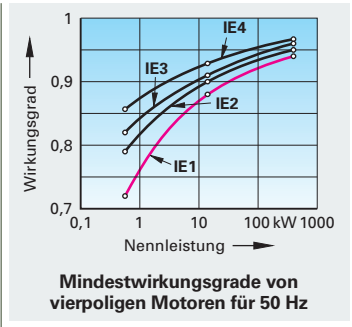
Ü

| Daten | | | Erklärung | Bemerkungen |
|-----------------------------------|---|---------------------|---|--|
| Standards für effiziente Antriebe | | | | |
| IEC-Bezeichnung | US-Bezeichnung | alte EU-Bezeichnung | Elektromotoren benötigen etwa die Hälfte des weltweit erzeugten Stromes. Bei elektrischen Antrieben besteht ein großes Potenzial zum Energiesparen. Deshalb werden elektrische Antriebe nach ihrer Effizienz unterschieden. Seit Juni 2011 muss bei industriellen Neuanlagen mindestens die Klasse IE2 zutreffen. | Die Erhöhung der Effizienz ist möglich durch Einsatz von Cu anstelle von Al für den Läuferkäfig und von besserem Magnetmaterial (Elektroblech) mit kleineren Verlusten bei Käfigläufermotoren. Außerdem ist bei höherer Frequenz der Wirkungsgrad höher, da dann die Drehzahl höher sein kann und das Kraftmoment kleiner. |
| IE1 | Standard Efficiency (in Altanlagen) | EFF3 | | |
| IE2 | High Efficiency (in Neuanlagen Mindestklasse) | EFF2 | | |
| IE3 | Premium Efficiency | EFF1 | | |
| IE4 | Super Premium Efficiency | – | | |

Mindestwirkungsgrade von Motoren verschiedener Klassen, Polzahlen und Frequenzen
vgl. EN DIN 60034-30

| Klasse | IE1 | | | IE2 | | | IE3 | | | IE4 | | |
|-------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P_N in kW | Anzahl der Pole (doppelte Polpaarzahl) | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 4 | 6 | 2 | 4 | 6 | 2 | 4 | 6 | 2 | 4 | 6 |
| Motoren für 50 Hz | | | | | | | | | | | | |
| 0,12 | 53,6 | 53,6 | 53,2 | 64,0 | 69,7 | 63,2 | 68,5 | 73,7 | 67,1 | 76,1 | 77,1 | 72,7 |
| 0,75 | 72,1 | 72,1 | 70,0 | 77,4 | 79,6 | 75,9 | 80,7 | 82,5 | 78,9 | 85,0 | 85,7 | 82,8 |
| 1,5 | 77,2 | 77,2 | 75,2 | 81,3 | 82,8 | 79,8 | 84,2 | 85,3 | 82,5 | 87,6 | 88,2 | 85,9 |
| 4 | 83,1 | 83,1 | 81,4 | 85,8 | 86,6 | 84,6 | 88,1 | 88,6 | 86,8 | 90,6 | 91,2 | 89,5 |
| 7,5 | 86,0 | 86,0 | 84,7 | 88,1 | 88,7 | 87,2 | 90,1 | 90,4 | 89,1 | 92,1 | 92,7 | 91,4 |
| 30 | 90,7 | 90,7 | 90,2 | 92,0 | 92,3 | 91,7 | 93,3 | 93,6 | 92,9 | 94,6 | 95,1 | 94,3 |
| 160 | 93,8 | 93,8 | 93,8 | 94,8 | 94,9 | 94,8 | 95,6 | 95,8 | 95,6 | 96,2 | 96,5 | 96,0 |
| 800 | 94,8 | 94,8 | 94,4 | 95,8 | 95,7 | 95,4 | 96,5 | 96,5 | 96,3 | 96,7 | 96,8 | 96,6 |
| Motoren für 60 Hz | | | | | | | | | | | | |
| 0,75 | 77,0 | 78,0 | 73,0 | 75,5 | 82,5 | 80,0 | 77,0 | 85,5 | 82,5 | 85,0 | 85,7 | 82,8 |
| 1,5 | 81,0 | 81,5 | 77,0 | 84,0 | 84,0 | 86,5 | 85,5 | 86,5 | 88,5 | 87,6 | 88,2 | 85,9 |
| 7,5 | 87,5 | 87,5 | 86,0 | 89,5 | 89,5 | 89,5 | 90,2 | 91,7 | 91,0 | 91,7 | 92,8 | 92,5 |
| 30 | 90,2 | 91,7 | 91,7 | 91,7 | 93,0 | 93,0 | 92,4 | 94,1 | 94,1 | 94,6 | 95,1 | 94,3 |
| 800 | 94,1 | 94,5 | 94,1 | 95,4 | 95,8 | 95,0 | 95,8 | 96,2 | 95,8 | 96,7 | 96,8 | 96,7 |

Wirkungsgrade bei vierpoligen Motoren für 50 Hz



Der Wirkungsgrad großer Motoren ist höher als bei kleinen Motoren, weil durch die kompakte Bauart weniger verloren geht vom Magnetfeld und von der magnetischen Wirkung des Stromes. Der Wirkungsgrad von vierpoligen Motoren ist meist am größten, weil für diese häufige Bauart die Abmessung der Maschine günstiger als bei anderen Motoren gewählt wird. Der Wirkungsgrad von Motoren für 60 Hz ist größer als der von 50 Hz, weil bei 60 Hz die Drehzahl größer ist als bei 50 Hz.

Die angegebenen Wirkungsgrade gelten nur für den Betrieb bei Bemessungslast. Bei herabgesetzter Belastung sinkt der Wirkungsgrad stark ab, weil dann der Leistungsfaktor der Maschine sinkt. Deshalb wird bei von Umrichtern gespeisten Antrieben bei Teillast die Spannung oft herabgesetzt. Dadurch verhält sich der Motor wie ein Motor mit kleinerer Bemessungslast.

A

A
S

P

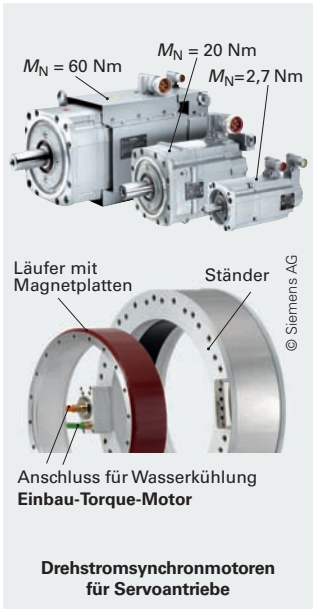
B
A

Ü

Prinzip, Merkmal

Erklärung

Bemerkungen



Drehzahleregelte **Drehstromsynchro-**motoren verwendet man auch als Servoantriebe zur hochgenauen und schnellen Positionierung von Maschinenteilen und Werkzeugen sowie der hochgenauen Ausführung von Lagesollwertfolgen zur Bahnherzeugung im gekoppelten Verbund mit anderen Maschinenachsen. Bei CNC-Werkzeugmaschinen sind es z. B. drei Maschinenachsen oder auch mehr.

Der Motorläufer ist mit Dauermagnetplatten belegt. Der Motorständer trägt eine meist 4- bis 8-polige Drehstromwicklung. Die Motoren haben den für die Lageregelung und die Drehzahlregelung notwendigen Drehgeber häufig schon integriert.

Als **Direktantriebe**, d. h. ohne Getriebe, direkt zum Antrieb von Rundtischen und Vorschubspindeln gibt es die Torque-Motoren (torque = Kraftmoment). Es sind Langsamläufer. Die Motoren gibt es als Komplettmotoren oder als Einbausatz.

Man erreicht mit Drehstrom**synchro**motoren bessere dynamische Eigenschaften als mit Drehstrom**asynchro**motoren, d. h. kleinere mechanische Zeitkonstanten und ruhigeren Lauf bei sehr kleinen Drehzahlen. Sie benötigen weniger Bauraum und sind leichter als Drehstromasynchro-motoren.

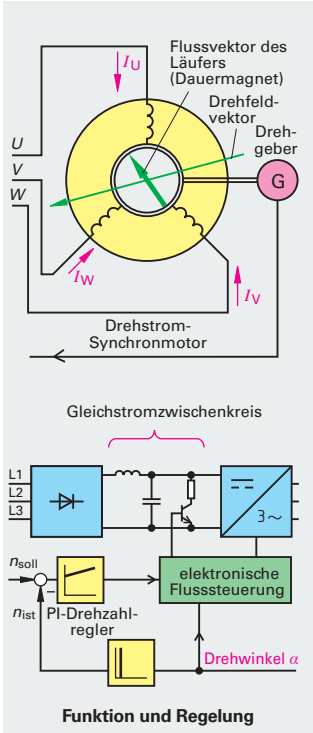
Die Umrichter sind bezüglich der Hardware ähnlich oder auch baugleich wie die U(f)-Umrichter. Die Regelungs- und Steuerungssoftware ist eine andere.

Der Motorläufer ist geblecht und hat große Blechaussparungen zur Verminderung des Trägheitsmoments.

Die Bemessungsdrehzahlen liegen im Bereich von 2000 min⁻¹ bis 4000 min⁻¹, die Maximaldrehzahlen bei etwa dem 4-Fachen.

Torque-Motoren haben eine hohe Polzahl, z. B. von 28 Pole bis 98 Pole und sie haben dementsprechend niedrigere Maximaldrehzahlen von z. B. n_N = 60 min⁻¹ bis n_N = 400 min⁻¹.

Drehstromsynchro-motoren für Servoantriebe



Aus dem Gleichstrom des Gleichstromzwischenkreises des Umsetzers wird Pulsweitenmodulation (PWM) ein in der Phasenlage steuerbarer Drehstrom gebildet. Dieser erzeugt im Motorständer einen räumlich gerichteten magnetischen Fluss (Feldvektor), welcher hinsichtlich seiner Drehlage steuerbar ist, und zwar vom Stillstand über ganz langsame Rotationsgeschwindigkeiten bis hin zu großen Drehgeschwindigkeiten.

Der Permanentmagnetläufer stellt sich in Richtung des Feldvektors der Motorständerwicklung ein.

Die Steuerung verdreht den magnetischen Feldvektor nur in dem Maße, wie der Läufer mit seinem Feldvektor in der Lage ist, diesem Feldvektor zu folgen. Die aktuelle Läufer-Drehlage wird über einen Drehgeber erfasst, die Drehwinkeldifferenz von Ständer-Feldvektor und Läufer-Feldvektor wird auf ein Minimum geregelt. Im Stillstand ist die Drehlage des Läufers identisch mit der gewünschten Soll-Drehlage des Antriebs. Die Lageregeldifferenz ist null. Der Antrieb bringt auch im Stillstand ein Haltemoment auf. Für Beschleunigungen kann der Motor ein etwa 4-fach erhöhtes Kraftmoment abgeben.

Die Motoren können selbstgekühlt, fremdgekühlt oder auch wassergekühlt sein. Bei Fremdkühlung und bei Wasserkühlung vergrößert sich der zulässige Überlastbereich bzw. Leistungsbereich bis um den Faktor 2,5 bzw. man kann bei Wasserkühlung kleinere Motoren nehmen.

Bei der Selbstkühlung wird die entstehende Verlustwärme über die Oberfläche abgeleitet. Die Motorwicklung darf bis 100 °C Übertemperatur haben. Hierbei kann die Motoroberflächentemperatur gut 120 °C erreichen (Achtung, beim Berühren kann man sich verbrennen). Als Servoantriebe werden die Motoren in der Betriebsart S1 (Dauerbetrieb) dimensioniert und erbringen über den gesamten Drehzahlbereich die Motorbemessungsleistung. Für Beschleunigungen kann der Motor ein etwa 4-fach erhöhtes Kraftmoment abgeben. Bei Nutzung im Aussetzbetrieb S3 sind abhängig von Last- zu Pausenzeit höhere Kraftmomente möglich.

Die Wicklungstemperatur wird laufend erfasst und zwar meist mit einem Kaltleiter: R₂₀ = 500 Ω, R₁₀₀ = 1000 Ω.

Funktion und Regelung