

Leseprobe

Christiani

seit 1931

Ludger Bode · Christian Kemper · Paul Müller

Christiani – advanced Elektrotechnik



Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG
www.christiani.de

Dieses Buch ist anders!

Das primäre Ziel der Ausbildung, den erfolgreichen Abschluss der Prüfung, steht im Vordergrund. Dies gilt für Theorie und Praxis, sofern diese beiden Teile bei den aktuellen Prüfungen überhaupt noch voneinander zu trennen sind.







Erkennbar ist dies vor allem an der Vielzahl von prüfungsrelevanten Aufgabenstellungen, deren Lösungen unter www.christiani-berufskolleg.de zu finden sind.

Kein technisches Verständnis ohne Quantifizierung. Ausführliche Beispiele vermitteln ein Gefühl für Größenordnungen, ein häufig erkennbares Defizit, vor allem in den situativen Gesprächsphasen.

Konsequente Einbindung des Tabellenbuches von Anfang an. Besonders wichtig, weil das Tabellenbuch in Prüfungen als Informationsquelle uneingeschränkt zur Verfügung steht. Die Erarbeitung technischer Inhalte ohne Tabellenbuch ist daher ineffektiv. Vorbereitung auf die situativen Gesprächsphasen der Prüfung. Die eindeutige Verknüpfung von Theorie und Praxis. Hier kann der Prüfungsbewerber den Prüfern Fachkompetenz vermitteln, wodurch das Prüfungsergebnis sicherlich ganz wesentlich beeinflusst wird.

Die am Ende des Buches aufgenommenen prüfungsrelevanten Aufgabenstellungen ermöglichen eine optimale Wiederholung, festigen die erarbeiteten Inhalte und sind somit relevant für die Prüfungsvorbereitung in Theorie und Praxis.

Bedeutung der Piktogramme

	Projekt: Konkreter Arbeitsauftrag, für den die Informationen relevant sind.
	Information: Kurze zumeist strukturierte Übersicht.
	Praxis: Praxisrelevante Inhalte.
	Tabellenbuch: An dieser Stelle sollte bzw. muss unbedingt auf das Tabellenbuch zurückgegriffen werden.
	Beispiel: Dient im Wesentlichen der Quantifizierung und Vertiefung.
	Englisch: Wichtige Fachbegriffe werden übersetzt.

Inhalt	5
1 Das Projekt	17
2 Sichere Energieversorgung	35
2.1 TN-System	35
Belastung des N-Leiters	39
Oberschwingungen	39
Messung der Oberschwingungen	41
2.2 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	41
RCD-Typen	41
Bezeichnungen	43
RCD und Leistungselektronik	44
2.3 TT-System	45
2.4 IT-System	46
2.5 Schaltanlagen	47
Trennschalter	47
Erdungsschalter	47
Lasttrennschalter	47
Sicherungslasttrennschalter	48
Leistungsschalter	48
HH-Sicherungen	48
Selektivität	49
2.6 Erdungsanlagen	53
2.7 Blindleistungskompensation	55
Blindleistungsregler	56
Kompensationsarten	57
Verdrosselte Kondensatoren	58
2.8 Überspannungsschutz	59
Innerer Blitzschutz	62
2.9 Erneuerbare Energiequellen	66

6		Inhalt
2.10	Elektromagnetische Verträglichkeit	73
	Elektromagnetische Störung	73
	Galvanische Kopplung	73
	Kapazitive Kopplung	74
	Induktive Kopplung	75
	Strahlungskopplung	75
	Leitungsschirmung	76
	Filter	77
	Schaltschrank	80
2.11	Schutzmaßnahmenprüfung	82
	Erstprüfung DIN VDE 0100-600	82
	Besichtigung	83
	Erproben und Messen	83
	Niederohmmessung	83
	Isolationswiderstandsmessung	83
	Schleifenimpedanzmessung	85
	Erdungswiderstandsmessung	86
	Netzzinnenwiderstandsmessung	88
	Prüfung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	89
	Dokumentation, Prüfbericht	91
2.12	Wiederkehrende Prüfungen	91
2.13	Prüfung elektrischer Geräte	94
	Besichtigung	96
	Messung	83
	Schutzleiterwiderstand	96
	Isolationswiderstandsmessung	97
	Schutzleiterstrommessung	97
	Berührungsstrommessung	98
	Ersatz-Ableitstrommessung	99
	Funktionsprüfung	100
	Bewertung und Dokumentation	100
3	Baugruppen	101
3.1	Feldefekttransistoren	101
3.2	Operationsverstärker	104

Inhalt
7

3.3	Thyristoren	110
	Einrichtungs-Thyristordiode (Vierschichtdiode)	110
	Zweirichtungs-Thyristordiode (Diac)	111
	Zweirichtungsdioden	111
	Einrichtungs-Thyristortriode	112
	Zweirichtungsthyristor	114
	Phasenanschnittsteuerung	115
	Antiparallelschaltung von Thyristoren	117
	Nullspannungsschalter	118
	Elektronisches Lastrelais	119
	Schwingungspaketsteuerung	120
3.4	Stromrichter	121
	Gesteuerte Stromrichter	122
	Gesteuerte Einpuls-Mittelpunktschaltung	122
	Gesteuerte Zweipuls-Brückenschaltung	123
	Gesteuerte Dreipuls-Mittelpunktschaltung	124
	Drehstrom-Brückenschaltung	128
	Halbgesteuerte Stromrichter	130
	Ungesteuerte Stromrichter	133
4	Elektrische Maschinen und Antriebe	135
4.1	Transformator	135
	Unbelasteter Transformator	135
	Belasteter Transformator	136
	Kurzschlussspannung	137
	Kurzschlussstrom	138
	Einschaltstrom	138
	Wirkungsgrad	138
	Drehstromtransformator	140
	Schaltgruppen	143
	Parallelschaltung	144
	Leistungsschild	145
	Kühlung	145
	Spartransformator	145
	Messwandler	146
4.2	Elektromotoren	148
	Magnetisches Drehfeld	148
	Drehfelddrehzahl	149
	Kurzschlussläufermotor	150

8

Inhalt

Gleichstrommotoren	157
Schaltung von Gleichstrommotoren	161
Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	163
Synchronmotor	164
Spaltpolmotor	167
Universalmotor	167
Schrittmotor	168
Servomotor	169
Servoantrieb	171
Linearmotor	177

4.3 Elektrische Antriebstechnik 178

Drehmoment	179
Bremsen von Drehstrommotoren	180
Anlassen von Elektromotoren	183
Sanftanlaufgerät	184
Frequenzumrichter	189
Frequenzumrichter und Motor	196
Auswahl des Frequenzumrichters	196
Parametrierung des Frequenzumrichters	197

5 Elektrische Anlagen 203

5.1 Beleuchtungstechnik 203

Größen der Lichttechnik	203
Lampen	205
Berechnung der Beleuchtungsanlage	210
Leuchten	213

5.2 Brandmeldeanlagen 216

5.3 Gebäudesystemtechnik 224

Linien und Bereiche	225
Physikalische Adresse	230
Gruppenadresse	231
Wichtige Buskomponenten	231
TX-Funk KNX	240

5.4 Betriebsstätten, Anlagen und Räume besonderer Art 242

Elektrische Betriebsstätten	242
Trockene Räume	242
Feuchte Bereiche	242

Inhalt
9

Nasse Räume	242
Anlagen im Freien	242
Baustellen	242
Feuergefährdete Betriebsstätten	243
Explosionsgefährdete Bereiche	243
5.5 Leitungen und Kabel	246
6 Anlagen automatisieren	249
6.1 Steuerungstechnik	261
Aufbau der Hardware	261
Binäre Verknüpfungssteuerungen	262
Ablaufsteuerungen	273
Strukturierte Programmierung	281
Sprachelemente, Datentypen und Variablen	282
Instanziierung	285
Quellorientierte Programmierung	288
Pneumatikstanze	294
Programmierung mit anwendererstellten Bausteinen	298
Wortverarbeitung	300
Lade- und Transferoperationen	300
Arithmetische Funktionen	303
Vergleichsfunktionen	304
Sprungfunktionen	305
Projekt Karusselllager	309
Strukturierter Text	318
Analogwertverarbeitung	321
6.2 Sensoren	331
Temperatursensoren	331
Sensoren für geometrische Messgrößen	333
Füllstandsmessung	336
Durchflussmessung	337
Induktive Näherungssensoren	337
Abstandssensoren	340
Magnetfeldsensoren	340
Kapazitive Näherungssensoren	340
Ultraschallsensoren	342
Optoelektronische Sensoren	343
Dehnungsmessstreifen	344
Drucksensoren	345

10

Inhalt

6.3	Regelungstechnik	347
	Regelstrecken	348
	Stetige Regler	354
	Kombinierte stetige Regler	357
	Regelkreis	360
	Unstetige Regler	360
	Digitale Regler	361
6.4	Elektrische Ausrüstung von Maschinen	365
	Netzanschluss	365
	Hauptschalter	366
	Steuerstromkreise	367
	Steuertransformator	367
	Steuerspannung	368
	Not-Befehlseinrichtung	368
	Zusätzliche Stromkreise	369
	Sicherheitsrelais (Not-Halt-Relais)	372
	Sicherheitsbezogene Steuerungen	375
6.5	Bussysteme	379
	Feldbussysteme	380
	Datenübertragung im Bussystem	381
	Netzwerktopologien	382
	Aktor-Sensor-Interface (ASI)	383
	PROFIBUS	386
	PROFIBUS-FMS	386
	PROFIBUS-PA	386
	PROFIBUS-DP	386
	Systemkonfiguration	388
	PROFINET	390
	PROFINET IO	394
	Gerätebeschreibung	394
	Kommunikationsbeziehungen	394
	Adressierung	394
	Netzaufbau	395
	Ethernet	396
7	Instandhaltung und Qualitätsmanagement	399
7.1	Instandhalten und Ändern	399
	Wartung	399
	Inspektion	400

Inhalt

11

Instandsetzung	400
Vorbeugende Instandhaltung	400
Strategien der Instandhaltung	401
7.2 Qualitätsmanagement	406
Qualitätsmerkmale	406
Qualitätssicherungsmaßnahmen	406
Produktqualität	407
Prozessregelkarten	409
Prozessverläufe	411
Der betriebliche Auftrag	414
Projektmanagement	415
Nutzereinweisung	417
Arbeitssicherheit	417
Produktsicherheitsgesetz	417
Gefahrstoffverordnung	418
Sicherheitszeichen	420
Persönliche Schutzausrüstung	421
Systematische Fehlersuche	422
8 Englische Aufgaben	424
9 Aufgabensätze zur Wiederholung und Prüfungsvorbereitung	429
Aufgabensatz 1	429
Aufgabensatz 2	432
Aufgabensatz 3	436
Aufgabensatz 4	438
Aufgabensatz 5	441
Aufgabensatz 6	444
Aufgabensatz 7	451
Aufgabensatz 8	455
Aufgabensatz 9	459
Sachwortverzeichnis	465

TN-System, Oberschwingungen

41

- Zunahme der Wirbelstromverluste im Eisen.
- Datenverlust.
- Funktionsausfälle.
- Unzulässige Erwärmung von Leitungen und Kondensatoren.
- Reduzierte Lebensdauer von Geräten (z. B. Personalcomputern, Schnittstellen).

Messung von Oberschwingungen

Verwendung finden i. Allg. *Oberschwingungsmessgeräte*. Aber auch mithilfe einer Stromzange ist eine große Abschätzung möglich, Echtfektivwertanzeige notwendig.

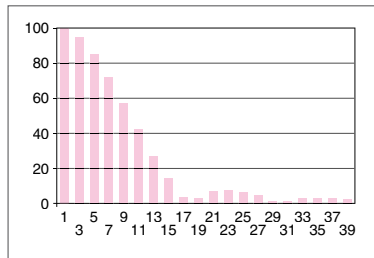
Die Messungen müssen unter *Betriebsbedingungen* erfolgen. Daher sind die Vorschriften für das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen zu beachten.

Wenn die Messung nachweist, dass der Strom im N-Leiter größer als der größte Unterschied zwischen den Außenleiterströmen ist, kann man von Oberschwingungen ausgehen.

Zum Beispiel

$I_{L1} = 58 \text{ A}$, $I_{L2} = 64 \text{ A}$, $I_{L3} = 78 \text{ A}$, $I_N = 59 \text{ A}$
 Größter Unterschied zwischen den Außenleiterströmen: $78 \text{ A} - 58 \text{ A} = 20 \text{ A}$.
 Der Strom im N-Leiter (59 A) ist nicht durch eine unsymmetrische Last erklärbar. Es muss von *Oberschwingungen* ausgegangen werden (150-Hz-Problem).

Oberschwingungsmessgeräte verfügen über genormte Schnittstellen zum Personalcomputer. Die Messergebnisse lassen sich somit verarbeiten und dokumentieren.



9 Frequenzspektrum eines Stromes

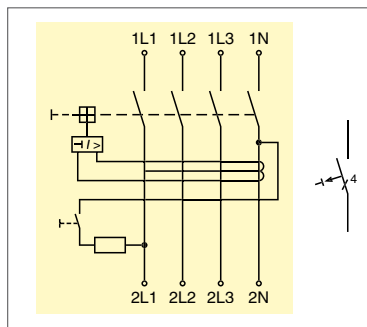
2.2 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung

- Schutz gegen das Bestehenbleiben zu hoher Fehlerströme (10 bis 500 mA).
- Schutz gegen Entstehung elektrisch gezündeter Brände (max. 300 mA).
- Schutz bei direktem Berühren (max. 30 mA).

Arbeitsweise der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung siehe basics Elektrotechnik.

Voraussetzung für den Einsatz einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ist die *Erdung* des Sternpunkts des speisenden Netzes.

RCDs sollen keine Überströme abschalten. Daher müssen sie mit geeigneten Überstrom-Schutzeinrichtungen geschützt werden. Sie müssen sicher auslösen, wenn ein pulsierender Gleichfehlerstrom zur Erde abfließt.



10 Vierpoliger RCD

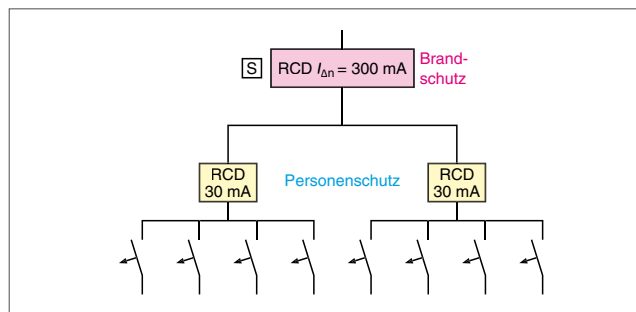
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen dürfen nicht unerwünscht abschalten.

Unter Umständen ist eine *Aufteilung* der Stromkreise auf mehrere Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen notwendig, damit in jedem Fall der Strom $\leq 0,4 \cdot I_{\Delta n}$ ist.

Aus *Brandschutzgründen* wird ein *selektiver zeitverzögerter* RCD mit $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$ vorgeschaltet. Solche RCDs haben eine Abschaltzeit von $t_a \leq 1 \text{ s}$.

RCD-Typen

RCDs werden nach der *Art der Fehlerströme* ausgewählt, die zu schützende Verbrauchsmittel im Fehlerfall bewirken können.



11 Anlage mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

Oberschwingung
harmonic

Oberschwingungsanteil
harmonic content

Oberschwingungsspannung
harmonic voltage

Oberschwingungsunterdrückung
harmonic supression

RCD
residual current protective device

RCD
→ basics Elektrotechnik

94

Sichere Energieversorgung

■ $1000 \frac{\Omega}{V}$

Für den Menschen gerade noch ungefährlich, da ein maximaler Berührungsstrom von

$$\frac{230 \text{ V}}{230 \text{ k}\Omega} = 1 \text{ mA}$$

fließen kann.

Doch Vorsicht!

Eine solche Anlage kann nicht als „einwandfrei“ angesehen werden.

Der Messwert ist mit vergleichbaren Anlagen zu vergleichen. Wenn er geringer ist, dann muss Ursachenforschung betrieben werden.

Messungen, Grenzwerte

Messung	Grenzwert
Isolationswiderstandsmessung mit angeschlossenen und eingeschalteten Verbrauchern	$> 300 \frac{\Omega}{V}$
Isolationswiderstandsmessung ohne Verbraucher	$> 1000 \frac{\Omega}{V}$
Isolationswiderstandsmessung im Freien oder in feuchten Betriebsstätten	$> 150 \frac{\Omega}{V}$
• mit Verbraucher	
• ohne Verbraucher	$> 500 \frac{\Omega}{V}$
Isolationswiderstandsmessung SELV/PELV (Messspannung 250 V)	$> 250 \text{ k}\Omega$

Bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist die Abschaltzeit nachzuweisen. Dabei sollte mindestens mit einem Prüfstrom von $5 \cdot I_{\Delta n}$ gemessen werden.

Dokumentation, Prüfbericht

Umfang und Ergebnis der Wiederkehrenden Prüfung ist zu dokumentieren.

Der Inhalt des Prüfberichts ist genormt.

- Anlagenteile
- Eventuelle Einschränkungen der Prüfung.
- Dokumentation zur Besichtigung, Erprobung und Messung.
- Ermittelte Gefahrenquellen sowie Verschlechterungen in Bezug auf den Anfangszustand.
- Fehler und Mängel, die bei der Prüfung erkannt werden.
- Empfehlungen für notwendige Instandsetzungsmaßnahmen.
- Zeitraum bis zur nächsten Prüfung.
- Benennung der für die Prüfung verantwortlichen Person.

Der Prüfbericht ist dem Auftraggeber auszuhandigen. Er muss von einer fachkundigen Person autorisiert sein.

2.13 Prüfung elektrischer Geräte

Nach Instandsetzung oder Änderung eines Geräts muss der gleiche Sicherheitsstandard wie im neuen Zustand erreicht werden.

Der Nachweis der elektrischen Sicherheit ist zu erbringen.

Die normative Grundlage ist bei dieser Prüfung DIN VDE 0701-0702.

**Prüfung**

1. Warum ist die Prüfung der Schutzmaßnahmen wichtig?

2. Wer ist für die Durchführung der Prüfungen vor Inbetriebnahme, nach Änderung, Erweiterung und Instandsetzung verantwortlich?

3. Mit welchem Messgerät werden die Messungen durchgeführt?

4. Nennen Sie Beispiele für die Besichtigung Ihres Prüfstücks.

5. Welche Fragen stellen Sie sich vor der Durchführung einer Messung?

6. Die Anschlussleitung des Prüfstücks hat eine Länge von 2,5 m. Der Querschnitt beträgt $2,5 \text{ mm}^2$.

Bestimmen Sie den plausiblen Wert für die Niederohmmessung.

7. Worin bestehen die Unterschiede zwischen Niederohmmessung und Schleifenimpedanzmessung?

8. An einer 230-V-Steckdose wird eine Schleifenimpedanz von $0,76 \Omega$ gemessen. Sie dient zur Speisung einer 75 m langen Verlängerungsleitung mit dem Querschnitt $1,5 \text{ mm}^2$.

Abgesichert ist die Steckvorrichtung mit einem B16-Leitungsschutzschalter.

Beurteilen Sie die Situation.

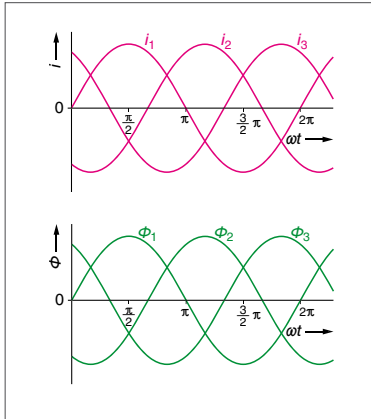
9. Sie sollen beurteilen, ob eine gemessene Schleifenimpedanz in Ordnung ist.

Welche fachlichen Überlegungen sind dabei anzustellen?

@ Interessante Links

- christiani-berufskolleg.de

Elektromotoren, Drehstrommotor

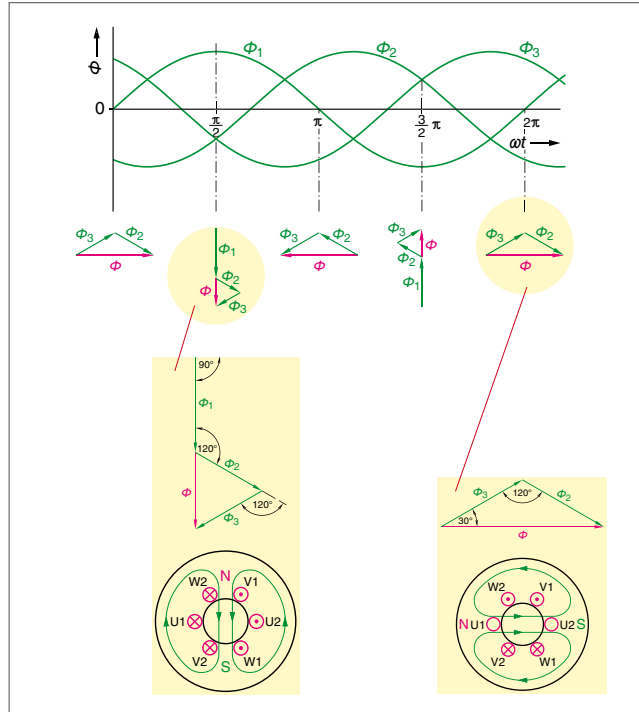


32 Strom und Magnetfluss beim Drehfeld

Die Strangströme sind jeweils um 120° phasenverschoben (Bild 32).

Die drei magnetischen Wechselfelder rufen ein magnetisches Drehfeld hervor (Bilder 32, 33).

Der Betrag (die Zeigerlänge) des magnetischen Flusses bleibt gleich. Dargestellt ist ein **Rechtsdrehfeld** (Uhrzeigersinn).



33 Magnetisches Drehfeld, Entstehung

Drehfelddrehzahl

Die Drehfelddrehzahl hängt von der **Frequenz** und der **Polpaarzahl** ab.

$$n = \frac{f}{p}$$

n Drehfelddrehzahl in $\frac{1}{s}$

f Frequenz in Hz

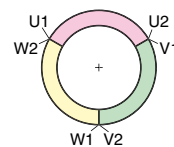
p Polpaarzahl



Prüfung

1. Wie kann ein magnetisches Gleichfeld erzeugt werden?
2. Wie kann ein magnetisches Wechselfeld erzeugt werden?
3. Wie kann ein magnetisches Drehfeld erzeugt werden?
4. Wicklung $p = 4$, Frequenz $f = 50$ Hz. Berechnen Sie die Drehfelddrehzahl.
5. Von welchen Größen ist die Drehfelddrehzahl abhängig?

Alle Strangwicklungen haben die Polpaarzahl $p = 1$. Die Frequenz der Dreiphasen-Wechselspannung beträgt $f = 50$ Hz. Wie groß ist die Drehfelddrehzahl n ?



Die Drehzahl ergibt sich in der Einheit $\frac{1}{s}$. Wenn die Einheit $\frac{1}{min}$ gewünscht wird, muss mit dem Faktor 60 multipliziert werden.

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$n = \frac{f}{p}$$

$$n = \frac{50 \text{ Hz}}{1} = 50 \frac{1}{s}$$

$$n = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{50 \text{ Hz} \cdot 60}{1}$$

$$n = 3000 \frac{1}{min}$$

6. Welchen Einfluss hat es auf die Drehfelddrehzahl, wenn die Frequenz um 25 % abnimmt?

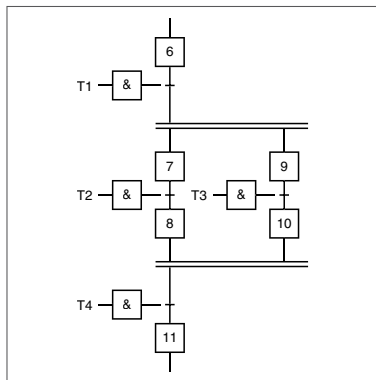
7. Wieso hat der Magnetfluss den gleichen zeitlicher Verlauf wie der Strom?

Polpaarzahl p

Ein magnetisches Feld hat immer 2 Pole (= 1 Polpaar).

Ablaufsteuerungen

279



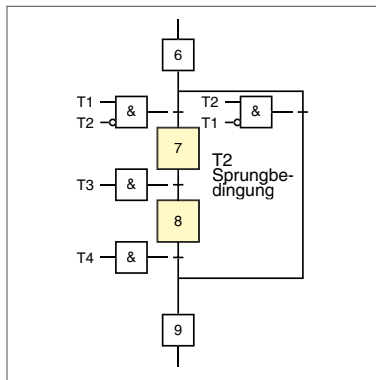
14 Simultanverzweigung

Hinweise

- Der Schritt 6 hat zwei (gleichzeitige) Nachfolger: Schritt 7 und Schritt 9.
- Der Schritt 11 hat zwei (gleichzeitige) Vorgänger: Schritt 8 und Schritt 10.

Programmsprung

Faktisch handelt es sich um eine *Alternativverzweigung*, bei der ein Zweig keine Schritte enthält. Beim Programmsprung können Schritte der Ablaufkette bedingungsgesteuert übersprungen werden.



15 Programmsprung

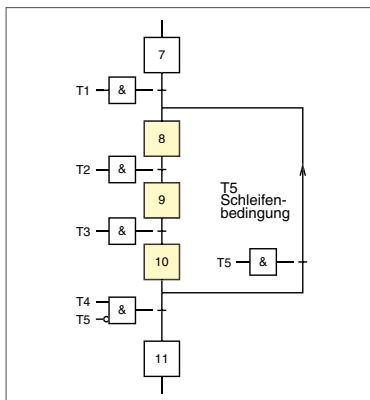
Der 6. Schritt hat zwei mögliche Nachfolger:

- Sprungbedingung T2 = „0“: Schritt 7,
- Sprungbedingung T2 = „1“: Schritt 9.

Der Schritt 9 hat zwei mögliche Vorgänger:

- Schritt 8 ohne Sprung
- Schritt 6 mit Sprung

Programmschleife



16 Programmschleife

Schritte in der Ablaufkette können *bedingungs-gesteuert* beliebig oft *wiederholt* werden.

Die Schleife (Bild 16) besteht aus den Schritten 8, 9 und 10.

Wenn die *Schleifenbedingung* T5 den Signalzustand „1“ hat, folgt auf Schritt 10 wieder Schritt 8. Dies gilt, solange T5 = „1“.

Wenn T5 = „0“, kann die Schleife in Richtung Schritt 11 verlassen werden.

Hinweise

- Schritt 10 hat zwei mögliche Nachfolger: Schritt 8 (bei T5 = „1“) und Schritt 11 (bei T5 = „0“).
- Schritt 8 hat zwei mögliche Vorgänger: Schritt 7 und Schritt 10.

Beachten Sie den Pfeil in Bild 16. Die Wirkungsrichtung geht hier von unten nach oben (Schleife).



Ablaufsteuerung
sequence control

Sprung
jump

Schleife
loop

Befehl
instruction, command

Alternativverzweigung
alternative junction

Simultanverzweigung
simultaneous junction

Zeitgeführte Ablaufsteuerung
timed sequence control

Prozessgeführte Ablaufsteuerung
process dependent sequence control



Prüfung

1. Welche wesentlichen Vorteile hat die Ablaufsteuerung?

2. Jede Ablaufsteuerung benötigt einen Initialisierungsschritt.

Welche Aufgabe hat der Initialisierungsschritt?

3. Was bedeutet die dargestellte Grafik?



4. Welche Aufgabe hat die Transition bei einer Ablaufsteuerung?