

Leseprobe

Christiani

seit 1931

Ludger Bode · Volker Frank · Christian Kemper · Paul Müller
Gerhard Sandbrink · Robert Wirtz

Christiani – advanced Mechatronik



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

Inhalt	5
1 Das Projekt	17
2 Sichere Energieversorgung	43
2.1 TN-System	43
Belastung des N-Leiters	47
Oberschwingungen	47
Messung der Oberschwingungen	49
2.2 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	49
RCD-Typen	49
Bezeichnungen	51
RCD und Leistungselektronik	52
2.3 TT-System	53
2.4 IT-System	54
2.5 Schaltanlagen	55
Trennschalter	55
Erdungsschalter	55
Lasttrennschalter	55
Sicherungslasttrennschalter	56
Leistungsschalter	56
HH-Sicherungen	56
Selektivität	57
2.6 Erdungsanlagen	61
2.7 Blindleistungskompensation	63
Blindleistungsregler	64
Kompensationsarten	65
Verdrosselte Kondensatoren	66
2.8 Überspannungsschutz	67
Innerer Blitzschutz	70
2.9 Erneuerbare Energiequellen	74

6	Inhalt
2.10 Elektromagnetische Verträglichkeit	81
Elektromagnetische Störung	81
Galvanische Kopplung	81
Kapazitive Kopplung	82
Induktive Kopplung	83
Strahlungskopplung	83
Leitungsschirmung	84
Filter	85
Schaltschrank	88
2.11 Schutzmaßnahmenprüfung	90
Erstprüfung DIN VDE 0100-600	90
Besichtigung	91
Erproben und Messen	91
Niederohmmessung	91
Isolationswiderstandsmessung	91
Schleifenimpedanzmessung	93
Erdungswiderstandsmessung	94
Netzzinnenwiderstandsmessung	96
Prüfung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	97
Dokumentation, Prüfbericht	99
2.12 Wiederkehrende Prüfungen	99
2.13 Prüfung elektrischer Geräte	102
Besichtigung	103
Messung	104
Schutzleiterwiderstand	104
Isolationswiderstandsmessung	105
Schutzleiterstrommessung	105
Berührungsstrommessung	106
Ersatz-Ableitstrommessung	107
Funktionsprüfung	108
Bewertung und Dokumentation	108
3 Baugruppen	109
3.1 Feldeffekttransistoren	109
3.2 Operationsverstärker	112

Inhalt	7
3.3 Thyristoren	118
Einrichtungs-Thyristordiode (Vierschichtdiode)	118
Zweirichtungs-Thyristordiode (Diac)	119
Zweirichtungsdiode	119
Einrichtungs-Thyristortriode	120
Zweirichtungsthyristor	122
Phasenanschnittsteuerung	123
Antiparallelschaltung von Thyristoren	125
Nullspannungsschalter	126
Elektronisches Lastrelais	127
Schwingungspaketsteuerung	128
3.4 Stromrichter	129
Gesteuerte Stromrichter	130
Gesteuerte Einpuls-Mittelpunktschaltung	130
Gesteuerte Zweipuls-Brückenschaltung	131
Gesteuerte Dreipuls-Mittelpunktschaltung	132
Drehstrom-Brückenschaltung	136
Halbgesteuerte Stromrichter	138
Ungesteuerte Stromrichter	141
4 Elektrische Maschinen und Antriebe	143
4.1 Transformator	143
Unbelasteter Transformator	143
Belasteter Transformator	144
Kurzschlussspannung	145
Kurzschlussstrom	146
Einschaltstrom	146
Wirkungsgrad	146
Drehstromtransformator	148
Schaltgruppen	151
Parallelschaltung	152
Leistungsschild	153
Kühlung	153
Spartransformator	153
Messwandler	154
4.2 Elektromotoren	156
Magnetisches Drehfeld	156
Drehfelddrehzahl	157
Kurzschlussläufermotor	158

8	Inhalt
Gleichstrommotoren	165
Schaltung von Gleichstrommotoren	169
Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	171
Synchronmotor	172
Spaltpolmotor	175
Universalmotor	175
Schrittmotor	176
Servomotor	177
Servoantrieb	179
Linearmotor	185
4.3 Elektrische Antriebstechnik	186
Drehmoment	187
Bremsen von Drehstrommotoren	188
Anlassen von Elektromotoren	191
Sanftanlaufgerät	192
Frequenzumrichter	197
Frequenzumrichter und Motor	204
Auswahl des Frequenzumrichters	204
Parametrierung des Frequenzumrichters	205
5 Anlagen automatisieren	211
5.1 Steuerungstechnik	223
Aufbau der Hardware	223
Binäre Verknüpfungssteuerungen	224
Ablaufsteuerungen	235
Strukturierte Programmierung	243
Sprachelemente, Datentypen und Variablen	244
Instanziierung	247
Quellorientierte Programmierung	250
Pneumatikstanze	256
Programmierung mit anwendererstellten Bausteinen	260
Wortverarbeitung	262
Lade- und Transferoperationen	262
Arithmetische Funktionen	265
Vergleichsfunktionen	266
Sprungfunktionen	267
Projekt Karusselllager	271
Strukturierter Text	280
Analogwertverarbeitung	283
5.2 Sensoren	293
Temperatursensoren	293
Sensoren für geometrische Messgrößen	295

Inhalt

9

Füllstandsmessung	298
Durchflussmessung	299
Induktive Näherungssensoren	299
Abstandssensoren	302
Magnetfeldsensoren	302
Kapazitive Näherungssensoren	302
Ultraschallsensoren	304
Optoelektronische Sensoren	305
Dehnungsmessstreifen	306
Drucksensoren	307
5.3 Regelungstechnik	309
Regelstrecken	310
Stetige Regler	316
Kombinierte stetige Regler	319
Regelkreis	322
Unstetige Regler	322
Digitale Regler	323
5.4 Elektrische Ausrüstung von Maschinen	327
Netzanschluss	327
Hauptschalter	328
Steuerstromkreise	329
Steuertransformator	329
Steuerspannung	330
Not-Befehlseinrichtung	330
Zusätzliche Stromkreise	331
Sicherheitsrelais (Not-Halt-Relais)	334
Sicherheitsbezogene Steuerungen	337
5.5 Bussysteme	341
Feldbussysteme	342
Datenübertragung im Bussystem	343
Netzwerktopologien	344
Aktor-Sensor-Interface (ASI)	345
PROFIBUS	348
PROFIBUS-FMS	348
PROFIBUS-PA	348
PROFIBUS-DP	348
Systemkonfiguration	350
PROFINET	352
PROFINET IO	356
Gerätebeschreibung	356
Kommunikationsbeziehungen	356
Adressierung	356
Netzaufbau	357
Ethernet	358

10		Inhalt
6	Instandhaltung und Qualitätsmanagement	361
6.1	Instandhalten und Ändern	361
	Wartung	361
	Inspektion	362
	Instandsetzung	362
	Vorbeugende Instandhaltung	362
	Strategien der Instandhaltung	363
6.2	Qualitätsmanagement	368
	Qualitätsmerkmale	368
	Qualitätssicherungsmaßnahmen	368
	Produktqualität	369
	Prozessregelkarten	371
	Prozessverläufe	373
	Der betriebliche Auftrag	376
	Projektmanagement	377
	Nutzereinweisung	379
	Arbeitssicherheit	379
	Produktsicherheitsgesetz	379
	Gefahrstoffverordnung	380
	Sicherheitszeichen	383
	Persönliche Schutzausrüstung	383
	Systematische Fehlersuche	384
7	Fügeverfahren	387
7.1	Schraubverbindungen	387
	Mindesteinschraubtiefe	387
	Verbindungsarten	387
	Anziehdrehmoment	388
	Vorspannkraft	388
	Übertragbare Querkraft	389
	Spezielle Schraubenarten	390
7.2	Schweißen	391
7.3	Kleben	393
7.4	Löten	396
7.5	Nieten	397
7.6	Falzen	397

Inhalt	11
8 Maschinenelemente	400
8.1 Wellen	400
Welle-Nabe-Verbindung	400
Formschlüssige Verbindungen	400
Keilwellenverbindung	400
Kraftschlüssige Verbindungen	401
8.2 Lager	404
Wälzlager	404
Ausführungen	405
Festlager-Loslager-Anordnung	407
Montage/Demontage	407
Gleitlager	408
8.3 Getriebe	409
Riementriebe	410
Kettentriebe	411
Zahnradtriebe	412
Stirnradgetriebe	412
Schneckenradgetriebe	414
Schmierung	414
Getriebeberechnung	415
Spezielle Bauformen von Getrieben	417
8.4 Kupplungen	419
8.5 Pumpen	421
Verdrängerpumpen	421
Strömungspumpen	421
8.6 Montage – Demontage	422
9 Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen (CNC)	427
9.1 Maschinenaufbau	427
9.2 Baueinheiten	427
Vorschubantriebe	427
Kugelgewindetrieb	428
Direktantrieb	429

12		Inhalt
	Hauptspindelantriebe	429
	Wegnessysteme	429
9.3	Programmierung von CNC-Maschinen	430
	Manuelle Programmierung	430
	Computerunterstützte Programmierung	430
	Steuerungsarten	431
	Koordinatensysteme	432
	Bezugspunkte	435
9.4	Programmierung nach DIN 66025 und PAL 2007	436
	Programmaufbau nach DIN 66025	436
	Werkzeugkorrekturen, Bahnkorrekturen	440
	Schaltfunktionen, Zusatzfunktionen	440
9.5	Drehen	442
	Wegbedingungen und Zyklen nach PAL	445
9.6	Fräsen	448
	Wegbedingungen und Zyklen nach PAL	451
10	Hydraulik	455
10.1	Grundlagen	455
	Druckflüssigkeiten	455
	Kenngößen von Druckflüssigkeiten	457
	Antriebstechnologien	458
	Grundlagen der Hydraulik	459
10.2	Hydraulikpumpen	462
	Viskosität	463
	Verdrängungsmaschinen	465
	Kenngößen von Hydraulikpumpen	466
10.3	Hydraulikventile	467
	Einteilung der Hydraulikventile	467
	Schaltventile	467
	Stetigventile	467
	Wegeventile	469
	Druckventile	469
	Stromventile	469

Inhalt

13

Sperrventile	469
Bauformen von Hydraulikventilen	470
Schieberventile	470
Kenngößen von Hydraulikventilen	471
Typenschlüssel Wegeventile	471
Hydraulikplan	475
Sperrventile	469
Bauformen von Hydraulikventilen	470
Druckbegrenzungsventile	470
Kenngößen von Hydraulikventilen	471
Typenschlüssel Wegeventil	471
Hydraulikplan	475
Druckbegrenzungsventile	476
Druckreduzierventile	476
Druckzuschaltventile	477
Rückschlagventile	478
Drosselventile	478
Stromregelventile	478
Druckminderventile	482
10.4 Hydraulikzylinder	483
Druckübersetzung	483
Kolbengeschwindigkeit	484
Maximale Zylinderkraft	485
Pumpenleistung	485
Volumenübersetzung	483
Kolbengeschwindigkeit	484
Maximale Zylinderkraft	485
Pumpenleistung	485
Volumenübersetzung	487
Endlagendämpfung	487
Servozyylinder	487
Bauarten von Hydraulikzylindern	488
Gleichgangzylinder	489
10.5 Hydraulikmotoren	490
10.6 Verbindungstechniken	492
10.7 Hydrospeicher	497
10.8 Hydrofilter	499

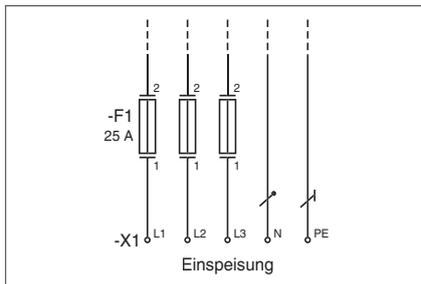
14	Inhalt
10.9 Kühler	500
10.10 Manometer	501
10.11 Hydraulische Schaltpläne	502
Schaltschema	502
Offener und geschlossener Hydraulikkreislauf	502
10.12 Ventilsteuerungen	505
Steuerung mit Wegeventilen	505
Druckabsicherung	510
Steuerung mit Druckschaltern	511
Überwachung der Filterverschmutzung	511
Speicher zum Ausgleich von Bedarfsschwankungen	511
Referenzkennzeichen in Schaltplänen der Fluidtechnik	514
11 Englische Aufgaben – Elektrotechnik	516
12 Englische Aufgaben – Metalltechnik	521
13 Aufgabensätze zur Wiederholung und Prüfungsvorbereitung	525
Aufgabensatz 1	525
Aufgabensatz 2	528
Aufgabensatz 3	532
Aufgabensatz 4	534
Aufgabensatz 5	537
Aufgabensatz 6	540
Aufgabensatz 7	547
Aufgabensatz 8	551
Aufgabensatz 9	555
Aufgabensatz 10	561
Aufgabensatz 11	563
Aufgabensatz 12	565
Sachwortverzeichnis	569

2 Sichere Energieversorgung

2.1 TN-System

 Der Schaltschrank (Seite 21) benötigt eine Spannungsversorgung. Er wird mit einem TN-S-System eingespeist.

Die Einspeisung erfolgt über Klemmen im Schaltschrank und wird dort mit NH-Sicherungen (Größe 00) abgesichert.



1 Einspeisung des Schaltschranks

Merkmal des TN-Systems ist die Übernahme von

- Personenschutz im Fehlerfall
- Überlastschutz
- Kurzschlusschutz

durch Überstromschutzorgane (Schmelzsicherung, Leitungsschutzschalter usw.).

Dies ist eine sehr preiswerte Lösung. Sie setzt allerdings voraus, dass im Fehlerfall ein so hoher Strom fließt, dass die Abschaltbedingung $Z_S \cdot I_a \leq U_0$ eingehalten werden kann.

Z_S Schleifenimpedanz in Ω

I_a Abschaltstrom des Überstromschutzorgans in A

U_0 Spannung gegen Erde in V

Da im Körperschlussfall der Fehlerstrom ausschließlich über Kupfer fließen kann, können geringe Schleifenimpedanzen erreicht werden.

Die von $U_0 = 230$ V getriebenen Fehlerströme müssen zur Abschaltung des Überstromschutzorgans in festgelegten Zeiten führen. Höchstzulässige Abschaltzeiten im TN-System siehe Seite 44.

Der Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme (Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung) kann durch die Schleifenimpedanzmessung erbracht werden.

Eventuell wird die niederohmige Durchgängigkeit des Schutzleiters gemessen.

NH-Sicherungen

Sicherungen schützen Leitungen vor Überlastung und Kurzschluss → basics.

Niederspannungs-Hochleistungssicherungen (NH-Sicherungen) bestehen aus dem Unterteil und dem Schmelzeinsatz.



Bei belasteten Stromkreisen kann ein gefährlicher Lichtbogen gezogen werden.

NH-Sicherungsgrößen (GG)

Größe	Bemessungsstrom in A
00	2 – 100
0	2 – 160
1	80 – 250
2	125 – 400
3	315 – 630
4	500 – 1250

Schaltvermögen: ca. 100 kA
 Bemessungsspannung: 400 V

NH-Sicherungssysteme dürfen nicht von elektrotechnischen Laien bedient werden.

Möglichst nur in unbelasteten Stromkreisen die Sicherungen einsetzen oder herausnehmen.

Aufsteckgriff mit Armschutz benutzen und Helm mit Gesichtsschutz tragen.

NH-Sicherungen

haben keinen Schutz gegen direktes Berühren. Die Griffflaschen der Sicherung stehen unter Spannung.

Hochleistung

durch größeres Volumen und größeren Kontaktabstand (Lichtbogenbeherrschung) als bei Schraubsicherungen.



NH-Sicherung
 low voltage high breaking capacity fuse

Netzsysteme
 network types

Einspeisung
 feeding, fuse cut-out

Überstromschutz
 over-current protection

Schaltschrank
 switchgear cabinet

NH-Sicherungen



Messung der Schleifenimpedanz

→ 93

Messung der niederohmigen Durchgängigkeit

→ 91, basics Mechatronik

5 Anlagen automatisieren



Alle Bandantriebsmotoren sollen drehzahlveränderlich sein.

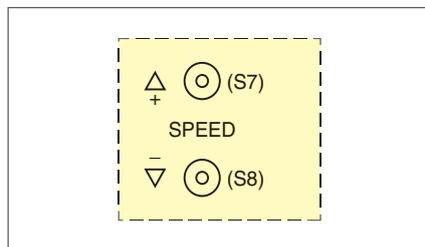
Zur Entlastung des Schaltschrankes werden dezentrale Frequenzumrichter eingesetzt (jeder Motor ist mit einem Frequenzumrichter ausgestattet).

Die Ansteuerung der Motoren erfolgt über ein Bussystem. Gewählt wird hier das Bussystem PROFIBUS DP.

Erweiterung des Bedienpults

In das Bedienpult (Seite 19) werden zwei zusätzliche Taster eingebaut. Mit ihrer Hilfe kann die *Bandgeschwindigkeit* stufenlos erhöht oder erniedrigt werden. Dies erfolgt durch Beeinflussung der Drehzahl der Antriebsmotoren.

Das Bedienpult wird um 2 Schließer (NO) ergänzt, die an die SPS-Eingänge E2.3 und E2.4 angeschlossen werden (siehe Seite 253).



1 Erweiterung des Bedienpults (Seite 215)

Verwendung finden Getriebemotoren mit angebaute Frequenzumrichter.

Damit diese über PROFIBUS-DP angesteuert werden können, wird eine **Geräte-Stammdatendatei** vom Hersteller benötigt. Diese kann zum Beispiel über das Internet bezogen werden.

Eine solche **GSD** erhält die notwendigen *Kommunikationsparameter*.

Die GSD wird unter

Extras

GSD-Datei importieren

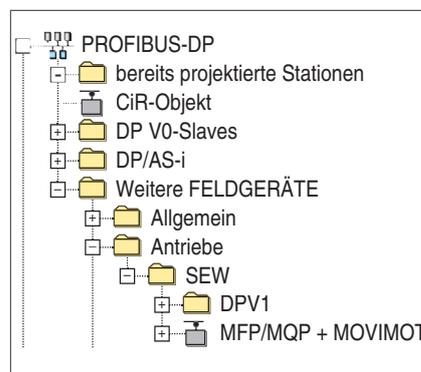
in die Simatic-Hardwarekonfiguration importiert. Dargestellt wird dann der Auswahlkatalog.

Voraussetzung für die Verwendung eines Bussystems ist ein entsprechender **CP** (Kommunikationsprozessor) für das gewählte Bussystem (hier PROFIBUS-DP).

Es besteht auch die Möglichkeit, eine **busfähige CPU** einzusetzen. Dies ist im vorliegenden Projekt der Fall.

Ergänzung der Symboltabelle

rollengang_voll	E2.2	BOOL	Rollengang gefüllt, NO
speed_up	E2.3	BOOL	Geschwindigkeit erhöhen, NO
speed_down	E2.4	BOOL	Geschwindigkeit senken, NO
widerstand_wicklung_U	PEW320	BOOL	Messung Wicklung U1–U2



2 Konfiguration unter PROFIBUSDP

Die **CPU315-2 PN/DP** ist PROFIBUS DP- und auch PROFINET-fähig.

Vorgehensweise

Geräte-Stammdatendatei

(GSD) für die Bandantriebsmotoren



Siehe Seite 212.

Bussystem

→ 341

■ Feldbus

Die einzelnen Feldbus-systeme unterscheiden sich hinsichtlich

- Topologie
- Leitungslängen
- Telegrammlänge
- Alarmbehandlung
- Diagnose

In der Praxis erfolgt die Auswahl des Feldbussystems nicht immer vorrangig nach technischen Gesichtspunkten. Oftmals bestimmt die eingesetzte SPS den ausgewählten Feldbus.

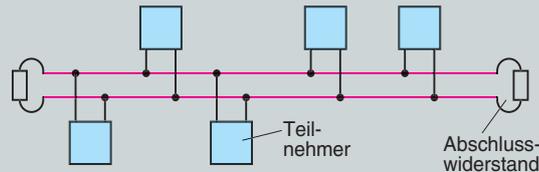
Jeder namhafte SPS-Hersteller favorisiert eine bestimmte Feldbustechnologie, die optimal in das Programmier- und Konfigurations-tool eingebunden ist und dem Anwender die Arbeit erleichtert.

Netzwerktopologien

Sämtliche Feldbussysteme basieren auf wenige *Netzwerktopologien*.

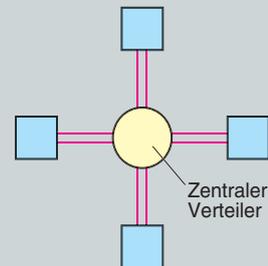
• Linientopologie

Die Teilnehmer sind *parallel* an *eine Leitung* angeschlossen. Zumeist werden die *Leitungsenden* durch *Widerstände abgeschlossen*. Der Leitungsaufwand ist gering. Damit eignet sich diese Topologie besonders für ausgedehnte Anlagen.



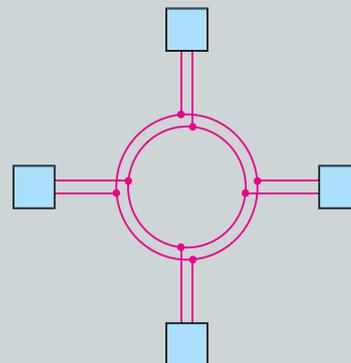
• Sterntopologie

Sämtlich Teilnehmer sind über einen *zentralen Verteiler* miteinander verbunden. Es ist nur ein geringer Aufwand an Netzwerk-komponenten notwendig.



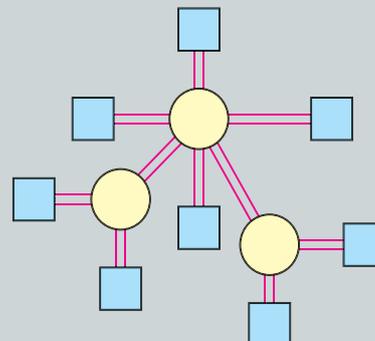
• Ringtopologie

Sämtliche Teilnehmer sind über einen *Bus* zu einem *Kreis* zusammengeschlossen. Bei einem Leitungsbruch kann immer noch eine Verbindung zu jedem Teilnehmer aufgebaut werden.



• Baumtopologie

Kombination mehrerer Netze in Sterntopologie. Flexibler Aufbau der Netze. Teilnehmer in Gruppen über Abzweigleitungen und Verteiler miteinander verbunden.



Auch *Mischformen* der einzelnen Topologien sind möglich.

