

Automatisierungstechnik

Grundbegriffe	267
Schütze	269
Relais	271
Schutzbeschaltung	273
Befehls- und Meldegeräte	274
Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	276
Binäre Verknüpfungen	277
Speicher	281
Zeitfunktionen und Zählfunktionen	282
Sprungfunktionen	284
Flankenauswertung	284
Ablaufsteuerung, Schrittsteuerung	285
GRAFCET	289
Strukturierte Programmierung	291
Sprachelemente, Datentypen, Variablen	292
Anweisungen	294
Wortverarbeitung, Analogwertverarbeitung	296
Kleinststeuerung	298
Regelungstechnik	300
Industriebussysteme	310
ASI-Bus	311
Profibus	314
Interbus	318
CAN-Bus	318
Profinet-Industrial Ethernet	319
Maschinensicherheit	320
Not-Befehlseinrichtung	326
Erdschlusssicherheit	329
Steuertransformator	330
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	332

Automatisierungstechnik

Steuerungstechnik

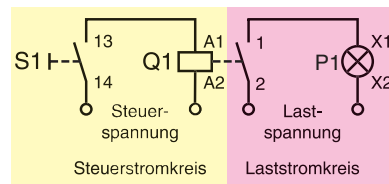
Grundbegriffe

Begriff	Erläuterung
<i>Digitales Signal</i>	Informationsdarstellung durch eine Anzahl von Binärsignalen nach einem bestimmten Code.
<i>Analoges Signal</i>	Die Steuerungsgröße wird nach Betrag und Vorzeichen in Abhängigkeit von der Zeit kontinuierlich nachgebildet.
<i>Sensorik/Aktorik</i>	<p><i>Sensorik</i> ist der Teil des Steuerungssystems, das die Prozesszustandsdaten <i>erfasst, aufbereitet</i> und zur <i>Verarbeitung</i> weiterleitet.</p> <p><i>Aktorik</i> ist der Teil des Steuerungssystems, das</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>die verarbeiteten Signale aufnimmt und verstärkt,</i> • <i>wichtige Prozesszustände rückmeldet.</i> <p>Die Aktorik führt die Stellaktionen aus.</p> <pre> graph TD A[Physikal. Größe] --> B[Sensor] B --> C[Steuereinrichtung] C --> D[Aktor] D --> E[Steuerungsprozess] </pre>

Schütze

Schütze sind elektromagnetische Schalter. Wird die *Schützspule* vom Steuerstrom durchflossen, zieht sie einen Eisenanker an. Die *Schaltglieder* des Schützes werden dann betätigt: Schließer werden geschlossen, Öffner werden geöffnet.

Vorzugswerte für die *Steuerspannung* sind:
24 V, 48 V, 110 V, 230 V

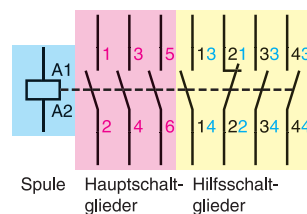


Automatisierung

Hauptschütze

Hauptschütze (Lastschütze) eignen sich für das *direkte Schalten von Lastströmen* (z. B. bei Elektromotoren).

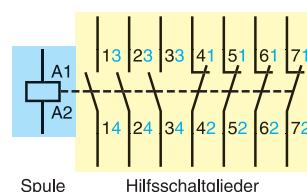
Sie verfügen dazu über drei *Hauptschaltglieder*. Im Allgemeinen sind sie zusätzlich mit *Hilfsschaltgliedern* ausgestattet (z. B. für die Selbsthaltung).



Hilfsschütze

Hilfsschütze sind grundsätzlich wie Hauptschütze aufgebaut. Allerdings verfügen sie nur über *Hilfsschaltglieder*, die nur relativ gering belastbar sind (10 A, 16 A). Hilfsschütze werden für *Verriegelungs-* und *Verknüpfungsfunktionen* eingesetzt.

Außerdem werden Hilfsschütze zur *Kontaktvervielfachung* eingesetzt.

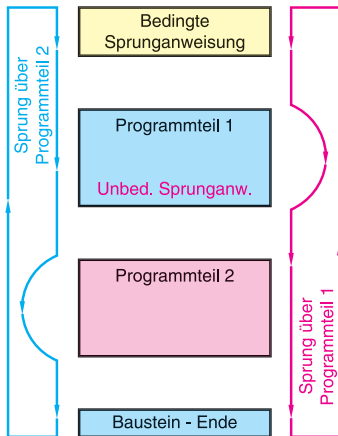


Automatisierungstechnik

Steuerungstechnik

Programmierung

• Bedingter Programmsprung



SPB Sprung bei VKE = „1“
SPBN Sprung bei VKE = „0“
SPZ Sprung bei Ergebnis gleich 0
SPN Sprung bei Ergebnis ungleich 0
SPP Sprung bei Ergebnis größer 0
SPPZ Sprung bei Ergebnis größer oder gleich 0

• Unbedingter Programmsprung

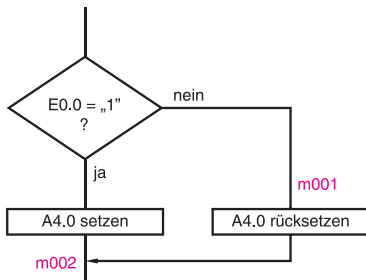
Sprung wird *bedingungsunabhängig* durchgeführt. Das Programm wird unbedingt an der angegebenen Marke fortgesetzt.

SPA m001

Das Programm wird *unbedingt* an der Marke (Label) m001 fortgesetzt.

Beispiele

SPB m001 //Programm wird bei VKE = „1“
//an der Marke m001 fortgesetzt
SPBN m010 //Programm wird bei VKE = „0“
//an der Marke m010 fortgesetzt
SPA m006 //Programm wird unabhängig
//vom VKE (unbedingt) an
//der Marke m006 fortgesetzt



U	E0.0	E0.0 = „0“ → VKE = „0“
SPBN	m001	Sprung nach Marke m001;
S	A4.0	A4.0 rücksetzen!
SPA	m002	
m001:	R A4.0	E0.0 = „1“ → VKE = „1“
m002:	BE	Sprung nach Marke m001;
		A4.0 setzen!
		Unbedingter Sprung nach
		Marke m002

Flankenauswertung



- Positive Flanke (*ansteigende Flanke*)
Signal wechselt von „0“ nach „1“.
- Negative Flanke (*fallende Flanke*)
Signal wechselt von „1“ nach „0“.

Programmierung der positiven Flanke

U	E0.0	E0.0 — [&]	
UN	M0.0	M0.0 — []	
=	M0.1		M0.1
U	E0.0	E0.0 — [&]	
=	M0.0		M0.0

E0.0 — [P] — M0.1	U	E0.0
	FP	M0.0
	=	M0.1

M0.1 = Flankenmerker
M0.0 = Hilfsmerker

Automatisierungstechnik

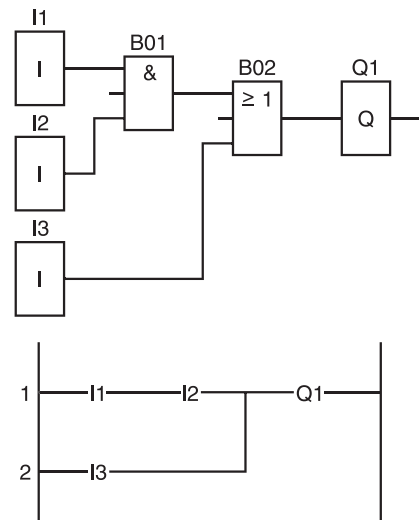
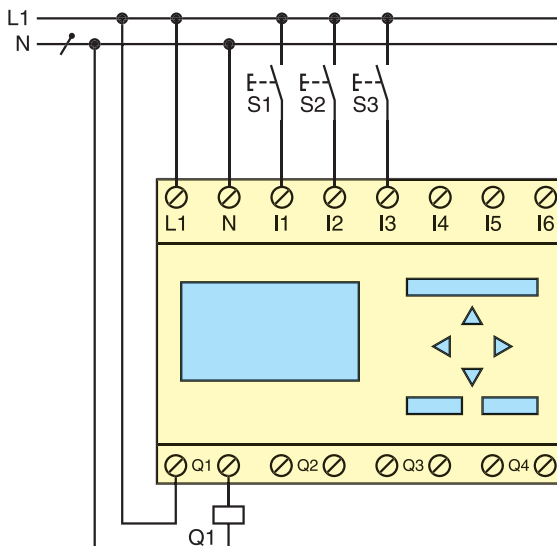
Kleinsteuerung



Technische Daten

- Betriebsspannung 230 V AC bzw. 24 V DC
- 24-V-DC-Eingänge
- 230-V-AC-Eingänge
- Transistor- (24 V) oder Relaisausgänge
- Erweiterbar durch Zusatzmodule
- Logikfunktionen
- Zeit- und Zählfunktionen
- Funktionen der Installationstechnik
- Schaltfunktionen
- Analogwertverarbeitung
- Arithmetische Funktionen
- Busankopplung optional


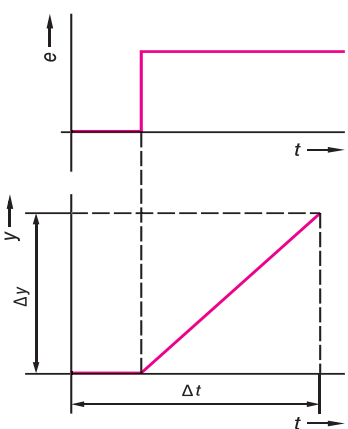
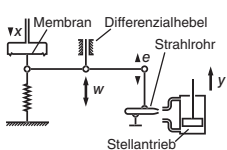

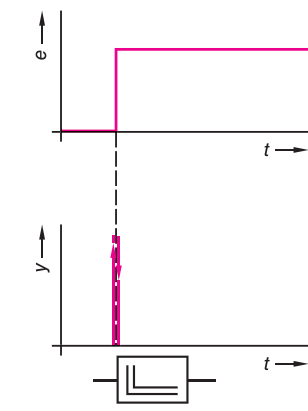
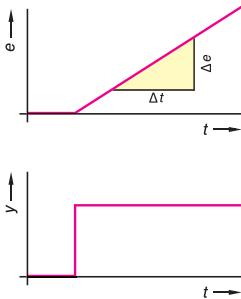
Anschluss einer Kleinsteuerung (230 V AC) und Programmdarstellung



Automatisierungstechnik

Regelungstechnik

Stetige Regelungseinrichtungen

Regel Einrichtung	Beschreibung	Gleichungen, Kenngrößen
I-Regel Einrichtung (integral)   Beispiel 	<p>Jeder Regelabweichung ist eine bestimmte <i>Stellgeschwindigkeit</i> $\Delta y/\Delta t$ zugeordnet.</p> <p>Die Stellgeschwindigkeit ist der Regelabweichung proportional.</p> <p><i>Vorteil:</i> Keine bleibende Regelabweichung</p> <p><i>Nachteil:</i> Langsamere Reaktion auf Eingangsgrößenänderung als beim P-Regler. Der Sollwert wird beim Ausregeln mindestens einmal über- oder unterschritten.</p> <p><i>Zum Beispiel</i> Der Druck (Regelgröße x) betätigt eine Membran, die über einen Differenzialhebel ein Stahlrohr verstellt. Die Strahlrohrstellung bestimmt den Fluidstrom zum Stellantrieb. Die Stellgeschwindigkeit $\Delta y/\Delta t$ ist dem Druck proportional.</p>	$\frac{\Delta y}{\Delta t} = K_I \cdot e$ $y - y_0 = K_I \cdot e \cdot t$ <p>y_0 Anfangswert der Stellgröße bei $t = 0$ K_I Integrierbeiwert</p> $K_I = \frac{1}{e} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}$ <p><i>Kenngröße</i> Integrierzeit T_I $T_I = \frac{1}{K_I}$</p> <p>Einsatz bei Regelstrecken mit P-Verhalten.</p>
D-Regel Einrichtung (differenzial)  	<p>Jeder Änderungsgeschwindigkeit der Regelabweichung ist ein bestimmter Stellgrößenwert zugeordnet.</p> <p>Die Stellgrößenänderung Δy ist der Änderungsgeschwindigkeit der Regelabweichung proportional.</p> <p>Eine D-Regel Einrichtung ist allein nicht ausreichend, um die Regelgröße an die Führungsgröße anzugleichen.</p> <p><i>Kenngröße</i> Vorhaltezeit T_d $T_d = \frac{1}{K_D}$</p>	$\Delta y = K_D \cdot \Delta e / \Delta t$ <p>K_D Differenzierbeiwert</p> 

Automatisierungstechnik

Regelungstechnik

Zeitverhalten von Regelstrecken

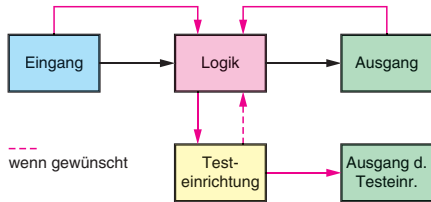
Bezeichnung	Sprungantwort	Erläuterung
Regelstrecke mit Totzeit		Die Ausgangsgröße der Strecke reagiert mit einer <i>Zeitverzögerung</i> (Totzeit T_t) auf die Sprungfunktion.
Regelstrecke mit Verzugszeit		Die Strecke reagiert zunächst (Verzugszeit T_e) mit <i>geringfügiger Änderung</i> der Ausgangsgröße.
P_0 -Strecke		Die Regelgröße x folgt <i>proportional und unverzögert</i> der Stellgröße y . Proportionalbeiwert: $K_S = \frac{x}{y}$
PT_1 -Strecke		Die Regelgröße folgt nach einer <i>e-Funktion</i> der Stellgröße y . Proportionalbeiwert: $K_S = \frac{x_\infty}{y}$ T_S Zeitkonstante
PT_2 -Strecke		Die Regelgröße x folgt (verzögert mit zwei Zeitkonstanten) der Stellgröße y <i>proportional</i> . Proportionalbeiwert: $K_S = \frac{x_\infty}{y}$ T_e Verzugszeit T_b Ausgleichszeit
PT_t -Strecke		Um die Totzeit T_t verzögert, folgt die Regelgröße x <i>proportional</i> der Stellgröße y . Proportionalbeiwert: $K_S = \frac{x}{y}$

Automatisierungstechnik

Maschinensicherheit

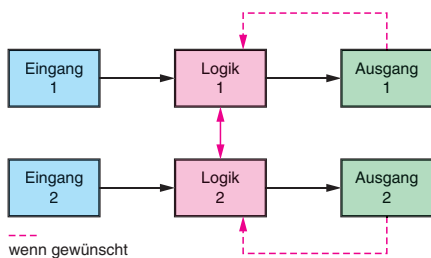
Sicherheitsbezogener Steuerungsaufbau

• Cat 2, PL a, b, c, d



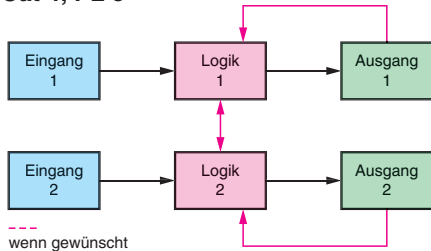
Wie Cat 1 mit folgenden Zusätzen:
In bestimmten Zeitabständen wird die Sicherheitsfunktion durch die Steuerung selbst überprüft. Dadurch wird ein Verlust der Sicherheitsfunktion erkannt.

• Cat 3, PL b, c, d, e



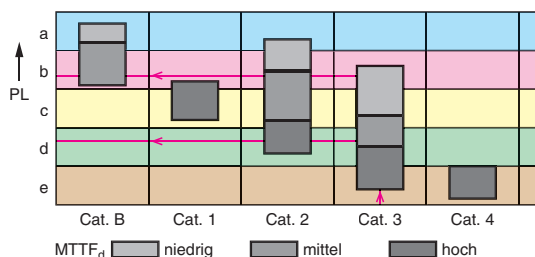
Wie bei Cat 1 mit folgenden Zusätzen:
Die sicherheitsbezogenen Teile der Steuerung sind zweifach ausgeführt. Die Steuerungslogik überwacht sich gegenseitig.
Ein einzelner Fehler in einem Teil führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
Ein einzelner Fehler muss mit geeigneten Mitteln (Stand der Technik) erkennbar sein, wenn die Prüfung in angemessener Weise durchführbar ist.
Eine Häufung von Fehlern darf zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

• Cat 4, PL e



Wie bei Cat 3, zusätzlich:
Ein einzelner Fehler sicherheitsbezogener Teile muss vor oder bei der nächsten Anforderung der Sicherheitsfunktion erkannt werden.
Eine Häufung von Fehlern darf nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

Abhängigkeit Cat, PL und $MTTF_d$



Bei gleichem Aufbau ändert sich PL je nach Qualität der verwendeten Bauteile.

- Wenn $MTTF_d$ niedrig ist, kann bei Cat 2 bestenfalls ein PL von b erreicht werden.
- Bei Cat 3 ist bei niedrigem $MTTF_d$ so eben ein PL von b zu erreichen. Bei mittlerem $MTTF_d$ jedoch ein PL von d.
- Bei Cat, 2, 3, 4 muss ein Fehler erkannt werden, bevor ein Schadensfall eintritt.

Automatisierungstechnik

Maschinensicherheit

Not-Aus, Not-Halt, Drahtbruchsicherheit, Zweihandverriegelung

Alle gefahrbringenden Ausgänge sind vom speisenden Netz zu trennen. Wenn Ausgänge zur Vermeidung einer Gefahr notwendig sind (sowie Meldeeinrichtungen), dürfen diese nicht abgeschaltet werden.

Nach *Entriegelung* der Not-Aus-Befehlseinrichtung darf die Maschine nicht automatisch wieder starten.

Ein *Drahtbruch* (bzw. gelöste Klemmenverbindung) darf die Maschine nicht starten oder ihre Stillsetzung verhindern. AUS-Funktionen durch Öffner, EIN-Funktionen durch Schließer.

Not-Aus durch Abschalten der Energieversorgung durch elektromechanische Schaltgeräte (Stopp-Kategorie 0)

Not-Halt entspricht der Stopp-Kategorie 0 oder 1 und hat Vorrang gegenüber allen anderen Funktionen. Entweder wird die Energiezufuhr zu den Antrieben unterbrochen oder der Antrieb wird schnellstmöglich gestoppt.

• Drahtbruchsicherheit (DIN VDE 0113)

Ausschalten muss im Allgemeinen *Vorrang* vor dem Einschalten haben.

Drahtbruchsicher:

Einschalten erfolgt durch *Schließer* (Arbeitsprinzip)

Ausschalten erfolgt durch *Öffner* (Ruhestromprinzip)

Einschalten durch „1“-Signal

Ausschalten durch „0“-Signal

• Zweihandverriegelung

Wenn *unbeabsichtigte Wiederholung* eines Arbeitszyklus zur Gefährdung des Bedienpersonals führen kann.

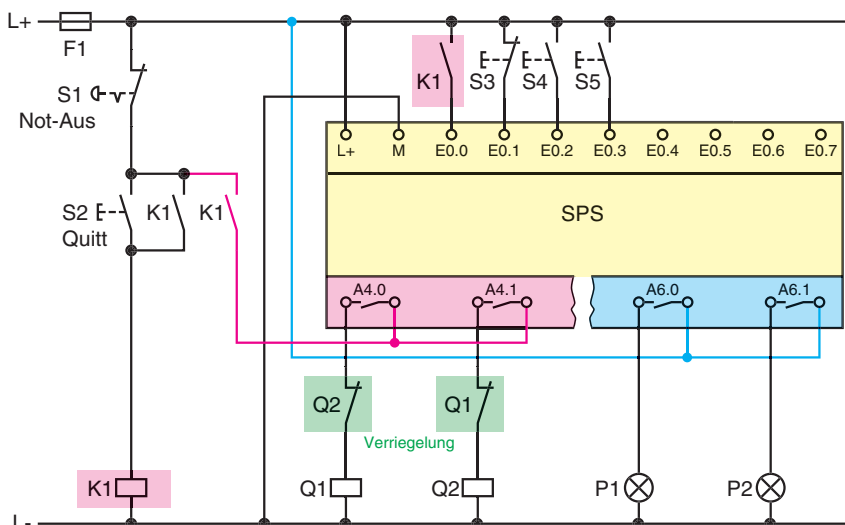
Start: Befehlsgabe mit beiden Händen; Taster müssen während der gesamten Dauer des Arbeitszyklus betätigt sein.

Die Drucktaster müssen innerhalb einer kurzen Zeit (0,5 s) gemeinsam betätigt sein.

Vor dem Beginn des nächsten Arbeitszyklus müssen beide Taster losgelassen und erneut betätigt werden.

Automatisierung

Beschaltung einer SPS



Stromrichter

Ungesteuerte Stromrichter	338
Gesteuerte Stromrichter	338
Wechselrichter	343
Drehzahlsteuerung von Drehfeldmaschinen	344
Betriebsdiagramm von Stromrichterantrieben	346
Gleichstromsteller, Chopper, Pulswandler	347
Wechselstromsteller	347
Schutz von Halbleitern und Stromrichtern	348
Halbleiterschütz	349
Softstarter	350
Frequenzumrichter	355
Netz- und Geräteventile	363
Schaltschrank und Leitungsführung	363
Spannungsversorgung von Betriebsmitteln	364
Schaltnetzteile	366
Oberschwingungen	368

Strom-
richter

Stromrichter

Stromrichter sind Funktionsgruppen zur *Umformung* oder *Steuerung* elektrischer Energie. Typische Bauelemente dieser Funktionsgruppen sind Dioden, Transistoren oder Thyristoren.

Gleichrichter	Wechselrichter	Wechselstromumrichter	Gleichstromumrichter
<p>Wechselstrom wird in Gleichstrom umgeformt. <i>Eine</i> Energieflussrichtung: Vom Wechselstrom zum Gleichstrom.</p>	<p>Gleichstrom wird in Wechselstrom umgeformt. <i>Eine</i> Energieflussrichtung: Vom Gleichstrom zum Wechselstrom.</p>	<p>Wechselstrom mit vorgegebener Frequenz, Spannung und Phasenzahl wird in einen Wechselstrom mit abweichender Frequenz, Spannung und Phasenzahl umgewandelt. Energiefluss in <i>beiden</i> Richtungen.</p>	<p>Gleichstrom mit vorgegebener Spannung wird in einen Gleichstrom mit abweichender Spannung umgewandelt. Dabei kann die Spannungspolarität verändert werden. Energiefluss in <i>beiden</i> Richtungen.</p>

Ungesteuerter Stromrichter	Gesteuerter Stromrichter	4-Quadranten-System
Konstantes Verhältnis von Eingangs- und Ausgangsspannung.	Die Ausgangsspannung ist einstellbar.	Die Energieflussrichtung ist bei Stromrichtern unter Umständen umkehrbar.

Kennzeichnung von Stromrichtern

Schaltung	Benennung	Kennbuchstabe	Kennzahl
Einwegschaltung	Mittelpunktschaltung	M	Pulszahl p
Zweiwegschaltung	Brückenschaltung Verdopplerschaltung	B D	
	Wechselwegschaltung Parallelschaltung	W P	Phasenzahl m

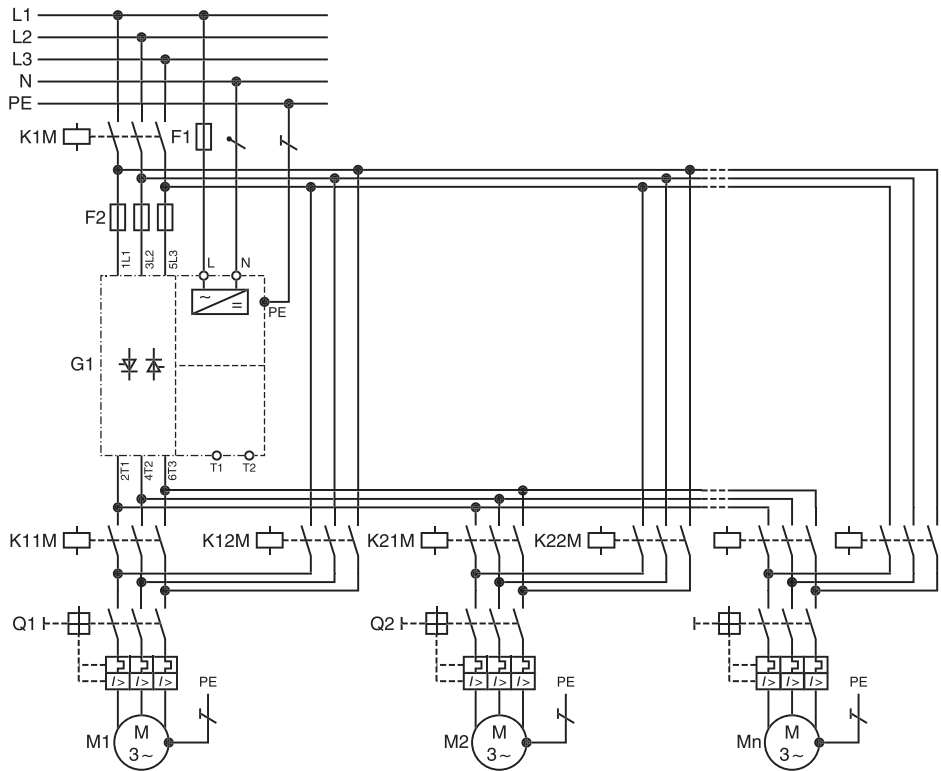
Ergänzende Kennzeichnung

Kennzeichen	Bedeutung	Kennzeichen	Bedeutung
U	ungesteuert	A (K)	(anoden-, kathodenseitige) Zusammenfassung der Hauptzweige
C	vollgesteuert	Q	Löschzweig
H	halbgesteuert	R	Rücklaufzweig
HA (HK)	halbgesteuert (anodenseitige, kathodenseitige) Zusammenfassung der gesteuerten Ventile	F	Freilaufzweig
HZ	Zweigpaar halbgesteuert	FC	gesteuerter Freilaufzweig







Stromrichter

Kaskadenschaltung (nach Herstellerunterlagen)

Ein Softstarter kann mehrere Motoren *nacheinander* starten. Der Parametrierung von Rampen- und Pausenzeiten ist besondere Beachtung zu schenken, da bei den Motorstarts eine hohe Verlustleistung hervorgerufen wird.



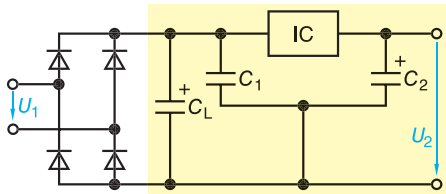
Werkseinstellung für Softstarter (nach Herstellerunterlagen)

Anschlussklemme/ Funktion	Werkseinstellung	Wichtige Einstellungen	
E1	Start und Stopp	 s	Anlaufzeit in Sekunden 
E2	Freigabe		
Startspannung	20 % mit automatischer Lastanpassung		
Rampenzeiten	Start: 5 s; Stopp: 0 s	 %	Startspannung Prozent von U_N 
Relais K1	Run		
Relais K2	Rampenzeit beendet, Netzspannung wurde erreicht		
Relais K3	Alarm	 s	Verzögerungs- zeit in Sekunden 
Relais K4	Überlastbetrieb		
Analogausgang 1	Motorstrom		
Analogausgang 2	Zündwinkel		

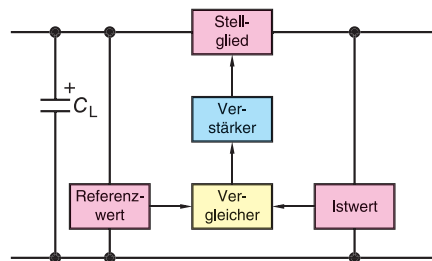
Stromrichter

Stabilisiertes Netzteil mit Regel-IC

Schaltung

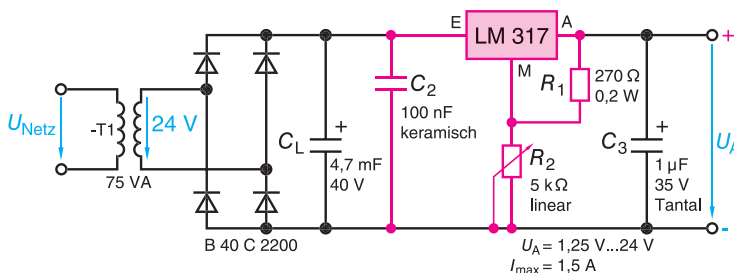


Bockschaltbild



Das Stellglied ist ein Leistungstransistor, der als *Regelwiderstand* arbeitet. Bei geringer Belastung ist der Widerstand hochohmig, bei hoher Belastung niederohmig.

Netzteil mit einstellbarer stabilisierter Ausgangsspannung



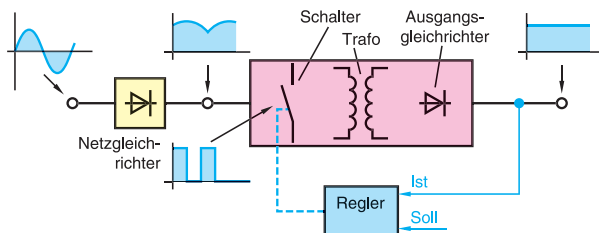
Ausgangsspannung

$$U_A = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Schaltnetzteile

Schaltnetzteile zeichnen sich durch eine geringe Baugröße und damit geringes Gewicht aus. Bei hohen Frequenzen kann der Kernquerschnitt des Transformators nämlich sehr viel kleiner gewählt werden. Schaltnetzteile finden heute vielfältigen Einsatz (z. B. als Steckernetzgerät).

Arbeitsprinzip



Funktionsgruppen von Schaltnetzteilen

- **Netzgleichrichter**
Gleichrichtung und Siebung der Netzspannung; Netzentstörung durch Filter (Grenzfrequenz 100 kHz)
- **Schalter**
Umwandlung der Gleichspannung in eine Rechteckwechselspannung. Geschaltet wird i. Allg. durch Feldefekttransistoren mit einer Schaltleistung von 50 bis 200 W.
- **Transformer**
Trafo mit Ferritkern (Spannungsübersetzung, galvanische Trennung); Frequenz bis 200 kHz, Leistung bis 1000 W.
- **Ausgangsgleichrichter**
Die hochfrequente Ausgangsspannung des Transformators wird gleichgerichtet und gesiebt.

Installationstechnik

Sicherheitsregeln	371
Arbeiten unter Spannung	371
Installationsrohre	372
Installationsschaltungen	374
Leuchtstofflampen	377
Licht- und Beleuchtungstechnik	377
Beleuchtungsberechnung	378
Lampendaten	380
Leuchtdioden	386
Lampentypen und Lampensockel	389
Kennzeichnung von Leuchten	390
Gebäudesystemtechnik	392
Räume mit elektrischen Anlagen	398

Installationstechnik

Installationsrohre

Verwendung von Installationsrohren

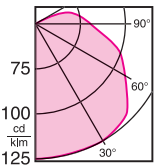



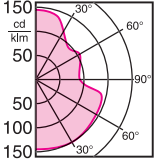



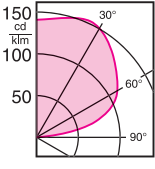


Verwendung	Kunststoffrohre						Metallrohre	
	Starke Rohre			Flexible Rohre			Stahlpanzer	Flexibel
	leicht	mittel	schwer	leicht	mittel	schwer		
Auf Putz	nein	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja
Unter Putz	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Im Putz	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Auf Holz	nein	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja
Im Erdreich	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein
Im Schüttbeton	nein	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja
Im Rüttelbeton	nein	nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja
Im Estrich	nein	nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja

Installationsschaltungen

Bezeichnung	Übersichtsschaltplan	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung
Ausschaltung Die Ausschaltung wird heute im Allgemeinen mit einem Wechselschalter realisiert.		
Ausschaltung mit Kontrollausschalter und Steckdose		
Serienschaltung		

Installationstechnik

Raumwirkungsgrad

Reflexionsgrade ρ , Raumindex k und Raumwirkungsgrad η_R										Lichtverteilung bei 1000 lm	Leuchte	Leuchtenbetriebswirkungsgrad η_{LB} in %
Decke ρ_1	0,8				0,5				0,3			
Wände ρ_2	0,5		0,3		0,5		0,3		0,3			
Boden ρ_3	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1			
Raumindex k	Raumwirkungsgrad η_R in %									vorwiegend direkt, breitstrahlend 	 Nurglasleuchte, Glühlampe	70
0,6	41	39	31	30	37	35	29	28	27			
1,0	59	55	49	46	52	50	44	43	41			
1,5	74	67	64	60	66	61	58	55	52		 Wanne, prismatisch	65
2,0	83	74	73	67	73	68	66	62	59			
3,0	95	83	87	77	83	76	77	71	68		 Wanne, opal	50
5,0	106	91	99	86	91	83	87	80	76			
Raumindex k	Raumwirkungsgrad η_R in %									gleichförmig, allseitig strahlend 	 freistrahlend	90
0,6	36	34	27	26	29	28	23	22	19			
1,0	52	48	43	40	41	39	35	33	29		 Lammellenraster	82
1,5	65	59	56	52	52	49	45	43	38			
2,0	74	66	65	59	58	54	52	49	43			80
3,0	84	74	77	68	66	61	61	57	50			
5,0	94	81	88	77	74	67	70	64	56			
Raumindex k	Raumwirkungsgrad η_R in %									indirekt, hochstrahlend 	 Kehle breit, weiß	70
0,6	15	15	9	10	11	12	6	8	5			
1,0	28	27	20	19	18	19	13	13	8		 Kehle schmal, weiß	50
1,5	41	39	31	30	26	25	20	19	13			
2,0	51	48	41	40	32	30	26	25	16			
3,0	65	58	55	52	39	37	34	32	20			
5,0	77	68	70	63	45	43	42	39	24			

Lampendaten

Leuchtstofflampen in Stabform (230 V)

Energieeffizienzklasse A, B

Leistung in W	Art	Farbwiedergabe	Durchmesser in mm	Länge in mm	Sockel	Lichtstrom in lm
20	Standard	2A	38	590	G13	1150
36	Standard	2A	38	1200	G13	2500
58	Standard	2A	38	1500	G13	4000

Installationstechnik**Lampendaten****LED-Lampen, wichtige technische Daten****E14 – 220 - 240 V**

Leistung in W	Lichtstrom in lm	Lichtstärke in cd	Abstrahlwinkel	Länge in mm	Durchmesser in mm	Farbe	Typ
0,7	35	–	–	61	26	Day Light	9
1,5	65	–	–	61	26	Day Light	9

E27 – 220 - 240 V

8	400	–	–	117	42	Warm White	10
12	620	–	–	131	42	Warm White	10

E27 – 220 - 240 V

15	830	–	–	124	52	Warm White	11
21	1230	–	–	141	60	Warm White	11

LED-Lampen für Beleuchtungszwecke (Beispiele)**Ersatz für Standardglühlampen und Reflektorlampen**

Abmessungen, Fassung	Spannung	Leistung	Lichtfarbe Lichtstrom	Lebensdauer	Bauform
Ø 55 mm l = 109 mm E27	110 ... 240 V	2 W	ww 132 lm tw 117 lm	25000 h	
Ø 55 mm l = 113 mm E27	110 ... 240 V	8 W	ww 345 lm tw 450 lm	25000 h	
Ø 50 mm l = 64 mm E27	110 ... 240 V	4 W	ww 130 lm tw 140 lm	15000 h	
Ø 50 mm l = 50 mm E27	230 V	3,5 W	tw 180 lm	30000 h	
Ø 51 mm l = 118 mm 54 LED E27	230 V	8 W	ww 580 lm tw 760 lm	10000 h	
Ø 50 mm l = 72 mm 80 LED E27	230 V	1,4 W	ww 45 lm tw 45 lm 45°	50000 h	

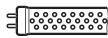
SMD-LED-Röhren

Abmessungen, Fassung	Spannung	Leistung	Lichtfarbe Lichtstrom	Lebensdauer	Bauform
l = 60 cm: 120 LED	230 V	8 W	950 lm	50000 h	
l = 120 cm: 240 LED		14 W	1800 lm		

Installationstechnik

Lampendaten

SMD-LED-Röhren

Abmessungen, Fassung	Spannung	Leistung	Lichtfarbe Lichtstrom	Lebensdauer	Bauform
$l = 1500 \text{ cm}$: 300 LED $\varnothing 26 \text{ mm}$ G13	230 V	17 W	2100 lm	50000 h	

Einbau-Reflektorlampen

Abmessungen, Fassung	Spannung	Leistung	Lichtfarbe Lichtstrom	Lebensdauer	Bauform
$\varnothing 50 \text{ mm}$ $l = 4,8 \text{ cm}$ GU5,3	12 V	1,5 W	ww 120 lm	25000 h	
$\varnothing 50 \text{ mm}$ $l = 5,7 \text{ cm}$ GU10	230 V	4 W	ww 150 lm	25000 h	

Vergleichswerte

Lichtstrom ϕ_L in lm	Glühlampe P in W	Halogenlampe P in W	Energiesparlampe P in W	LED-Lampe P in W
180 – 200	25	18	5 – 6	4 – 5
350 – 390	40	28	8 – 10	6 – 7
590 – 650	60	46	12 – 15	9 – 11
800 – 890	75	52	15 – 18	11 – 14
1150 – 1270	100	76	20 – 25	15 – 19

Energieeffizienz von Lampen (Ökodesign-Richtlinie)

A	60 lm/W
B	25 lm/W
C	17 lm/W
D	14 lm/W
E	12 lm/W
F	10 lm/W
G	< 10 lm/W

Energiesparlampe

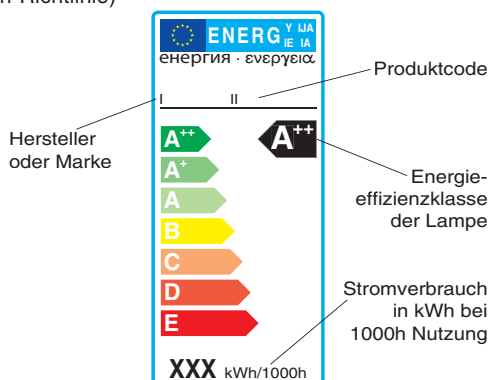
Ähnlich geringer Energieverbrauch wie LED bei gleicher Lichtausbeute. Verzögerte Einschaltung, nicht sehr schaltfest, sinnvoll bei langen Leuchtzeiten. Enthaltendes Quecksilber ist Sondermüll.

LED-Lampe

Ca. 95 % der elektrischen Energie wird in Licht umgewandelt. Sehr lange Lebensdauer. Nicht alle LED sind dimmbar.

Halogenlampe

Natürliches Licht mit guter Farbwiedergabe. Wärmestrahler, ca. 85 % der elektrischen Energie wird in Wärme umgewandelt. Hohe Temperaturen (bis 250 °C).

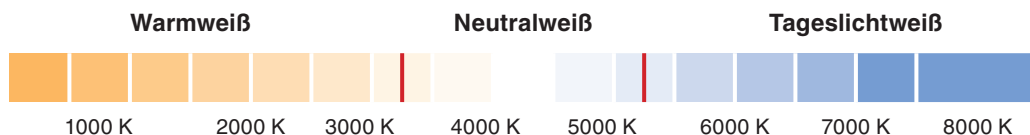


Installationstechnik

Lampendaten

Vergleichswerte

Farbtemperatur bei LED-Lampen (angegeben in Kelvin)



Lichtfarbe und Farbwiedergabeeigenschaften

Die Qualität von Lampen bezüglich der *Farbwiedergabe* wird durch den **Farbwiedergabe-Index** R_a beschrieben. Lampen mit hohem Index geben alle Farben sehr natürlich wieder. Durch die **Farbtemperatur** T_F in Kelvin wird die Lichtfarbe der Lampe angegeben.

$T_F > 5300 \text{ K}$: tageslichtweiß (tw)

$T_F 3300 - 5300 \text{ K}$: neutralweiß (nw)

$T_F < 3300 \text{ K}$: warmweiß (ww)

Lichtfarbe und Farbwiedergabeeigenschaften von Lampen

Index R_a	90 – 100	80 – 89	70 – 79	60 – 69	40 – 59	unter 39
Qualität	sehr gut	gut	bedingt gut	weniger gut	genügend	ungenügend
tageslichtweiß tw	De Luxe Leuchtstofflampen, Tageslicht	Dreibandenleuchtstofflampen, Tageslicht	Mischlichtlampen	Mischlichtlampen, Halogenlampen	–	–
neutralweiß nw	De Luxe Leuchtstofflampen, weiß	Halogenlampen, Kompakt-Leuchtstofflampen	Standard-Leuchtstofflampen, universal-weiß	Standard-Leuchtstofflampen, weiß	Quecksilberdampflampen	–
warmweiß ww	Glühlampen, De Luxe Leuchtstofflampen, warmton	Kompaktleuchtstofflampen, warmton	–	–	Standard-Leuchtstofflampen, warmton	Natriumdampflampen

Anwendung von Leuchtstofflampen

Lichtfarbe	daylight	cool white	cool white de luxe	universal white	warmwhite	warmwhite de luxe	natura de luxe	interna
Kennzahl	860	840	940	25	830	930	76	2A
Farbwiedergabestufe	1B	1B	1A	2A	1B	1A	2A	1B
Eigenschaften	entspricht Tageslicht bei bedecktem Himmel	sehr gute Farbwiedergabe	sehr hohe Lichtausbeute	universale Lichtfarbe	warmes Licht, hohe Lichtausbeute	sehr gute Farbwiedergabe	natürliche Farbwiedergabe	für Kombination mit Glühlampen