

## Inhalt

### Halbleiterrelais

Typenauswahl .....	8.2
Leiterplattenmontage .....	8.6
Halbleiterrelais HRM .....	8.6
Halbleiterrelais HRT .....	8.8
Halbleiterrelais HRQ .....	8.10
Schraubmontage Einphasig .....	8.12
Halbleiterrelais HRS .....	8.12
Halbleiterrelais HRS .....	8.16
Halbleiterrelais HRS .....	8.22
Schraub- oder DIN-Schienenmontage mit integriertem Kühlkörper .....	8.26
Halbleiterrelais HRB .....	8.26
Halbleiterrelais HRC .....	8.28
Schraubmontage Dreiphasig .....	8.32
Halbleiterrelais HRV .....	8.32
Halbleiterrelais HRL .....	8.36
Dreiphasenrelais – Dimensionierung für Motoranwendungen .....	8.39
Zubehör .....	8.40
Profilgehäuse PG für DIN-Schienenmontage .....	8.40
Kühlkörper zu Ein- und Zweiphasenrelais .....	8.41
Lüfter zu Ein- und Zweiphasenrelais .....	8.42
Kühlkörper zu Dreiphasenrelais .....	8.43
Lüfter zu Dreiphasenrelais .....	8.44
Thermoschutz zu Dreiphasenrelais .....	8.45
DIN-Schienenbefestigung, Wärmeleitfolien und Überspannungsschutz .....	8.46
Schutzabdeckung .....	8.47
Anwendungshinweise .....	8.48
Sicherheitstechnische Hinweise .....	8.49
Technik der Halbleiterrelais (SSR) .....	8.50
SSR-Anwendungen .....	8.63
Begriffserläuterungen .....	8.70

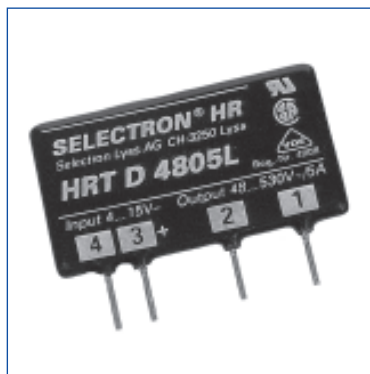
## Typenauswahl

### Einphasen-Halbleiterrelais / Nullspannungseinschaltung

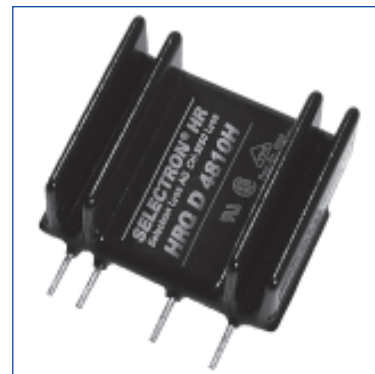
Lastspannungsbereich	Laststrombereich	Steuerspannungsbereich	Bauform	Typ	Seite
24 ... 280 VACeff	0,02 ... 3 Aeff	3 ... 32 VDC	M	HRM D 2403	7.6
48 ... 530 VACeff	0,06 ... 5 Aeff	4 ... 15 VDC	T	HRT D 4805L	7.8
48 ... 530 VACeff	0,06 ... 5 Aeff	15 ... 32 VDC	T	HRT D 4805H	7.8
48 ... 530 VACeff	0,06 ... 10 Aeff	4 ... 15 VDC	Q	HRQ D 4810L	7.10
48 ... 530 VACeff	0,06 ... 10 Aeff	15 ... 32 VDC	Q	HRQ D 4810H	7.10
3 ... 60 VDC	0,02 ... 3 ADC	3 ... 32 VDC	M	HRM D 06D03	7.6



Bauform M



Bauform T



Bauform Q

### Ein- und Zweiphasen-Halbleiterrelais Nullspannungseinschaltung

Lastspannungsbereich	Laststrombereich	Steuerspannungsbereich	Bauform	Typ	Seite
24 ... 280 VACeff	0,04 ... 10 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 2410	7.12
24 ... 280 VACeff	0,04 ... 25 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 2425	7.12
24 ... 280 VACeff	0,04 ... 50 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 2450	7.12
24 ... 280 VACeff	0,04 ... 90 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 2490	7.12
24 ... 280 VACeff	0,04 ... 10 Aeff	90 ... 280 VACeff	S	HRS A 2410	7.12
24 ... 280 VACeff	0,04 ... 25 Aeff	90 ... 280 VACeff	S	HRS A 2425	7.12
24 ... 280 VACeff	0,04 ... 50 Aeff	90 ... 280 VACeff	S	HRS A 2450	7.12
24 ... 280 VACeff	0,04 ... 90 Aeff	90 ... 280 VACeff	S	HRS A 2490	7.12
48 ... 530 VACeff	0,04 ... 12 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 4812	7.16
48 ... 530 VACeff	0,04 ... 25 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 4825	7.16
48 ... 530 VACeff	0,04 ... 50 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 4850	7.16
48 ... 530 VACeff	0,04 ... 90 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 4890	7.16
48 ... 530 VACeff	0,04 ... 90 Aeff	18 ... 32 VDC/24 ... 46 VAC	S	HRS AD 4890E	7.16
48 ... 530 VACeff	0,04 ... 125 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 48125	7.16
48 ... 660 VACeff	0,15 ... 50 Aeff	4 ... 32 VDC	S	HRS D 6650	7.16
48 ... 660 VACeff	0,15 ... 90 Aeff	4 ... 32 VDC	S	HRS D 6690	7.16
0 ... 100 VDC	0,02 ... 7 ADC	3,5 ... 32 VDC	S	HRS D 1D07	7.22
0 ... 100 VDC	0,02 ... 12 ADC	3,5 ... 32 VDC	S	HRS D 1D12	7.22
0 ... 100 VDC	0,02 ... 40 ADC	3,5 ... 32 VDC	S	HRS D 1D40	7.22
0 ... 200 VDC	0,02 ... 7 ADC	3,5 ... 32 VDC	S	HRS D 2D07	7.22
0 ... 200 VDC	0,02 ... 12 ADC	3,5 ... 32 VDC	S	HRS D 2D12	7.22



Bauform S



Bauform SD

## Typenauswahl

### Einphasen-Halbleiterrelais / Nullspannungseinschaltung

Lastspannungsbereich	Laststrombereich	Steuerspannungsbereich	Bauform	Typ	Seite
12 ... 280 VACeff	0,15 ... 30 Aeff	4 ... 32 VDC	B	HRB D 2830	7.26
48 ... 660 VACeff	0,15 ... 30 Aeff	4 ... 32 VDC	B	HRB D 6630	7.26
48 ... 660 VACeff	0,25 ... 35 Aeff	4 ... 32 VDC	C	HRC D 6635	7.28
48 ... 660 VACeff	0,25 ... 45 Aeff	4 ... 32 VDC	C	HRC D 6645	7.28
48 ... 660 VACeff	0,25 ... 55 Aeff	4 ... 32 VDC	C	HRC D 6655	7.28
48 ... 660 VACeff	0,25 ... 65 Aeff	4 ... 32 VDC	C	HRC D 6665	7.28



Bauform B



Bauform C

### Einphasen-Halbleiterrelais / Momentaneinschaltung

Lastspannungsbereich	Laststrombereich	Steuerspannungsbereich	Bauform	Typ	Seite
48 ... 530 VACeff	0,04 ... 25 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 5325M	7.16
48 ... 530 VACeff	0,04 ... 50 Aeff	3 ... 32 VDC	S	HRS D 5350M	7.16



Bauform S

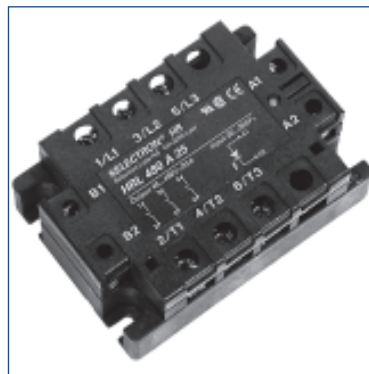
## Typenauswahl

### Dreiphasen-Halbleiterrelais / Nullspannungseinschaltung

Lastspannungsbereich	Laststrombereich	Steuerspannungsbereich	Bauform	Typ	Seite
48 ... 530 VACeff	3 x 0,05 ... 25 Aeff	3 ... 32 VDC	V	HRV D 4825	7.34
48 ... 530 VACeff	3 x 0,05 ... 50 Aeff	3 ... 32 VDC	V	HRV D 4850	7.34
48 ... 530 VACeff	3 x 0,05 ... 25 Aeff	90 ... 280 VACeff	V	HRV A 4825	7.34
48 ... 530 VACeff	3 x 0,05 ... 50 Aeff	90 ... 280 VACeff	V	HRV A 4850	7.34
48 ... 480 VACeff	3 x 0,1 ... 25 Aeff	10 ... 40 VDC	L	HRL 480 D 25	7.38
48 ... 480 VACeff	3 x 0,2 ... 40 Aeff	10 ... 40 VDC	L	HRL 480 D 40	7.38
48 ... 480 VACeff	3 x 0,2 ... 55 Aeff	10 ... 40 VDC	L	HRL 480 D 55	7.38
48 ... 480 VACeff	3 x 0,1 ... 25 Aeff	20 ... 265 VAC/DC	L	HRL 480 A 25	7.38
48 ... 480 VACeff	3 x 0,2 ... 40 Aeff	20 ... 265 VAC/DC	L	HRL 480 A 40	7.38
48 ... 480 VACeff	3 x 0,2 ... 55 Aeff	20 ... 265 VAC/DC	L	HRL 480 A 55	7.38



Bauform V



Bauform L

# Leiterplattenmontage

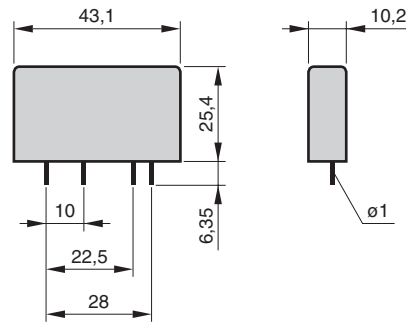
## Halbleiterrelais HRM



Bauform M

- **Steuerspannungsbereich:** 3 ... 32 VDC
- **Lastspannungsbereich:**
- **24 ... 280 VACeff oder 3 ... 60 VDC**
- **Laststrombereich:**
- **0,02 ... 3 Aeff (25 Aeff), 0,02 ... 3 ADC**

### Abmessungen



AC-Last

Stift 1: AC-Last

Stift 2: AC-Last

Stift 3: +DC-Steuerung

Stift 4: -DC-Steuerung

DC-Last

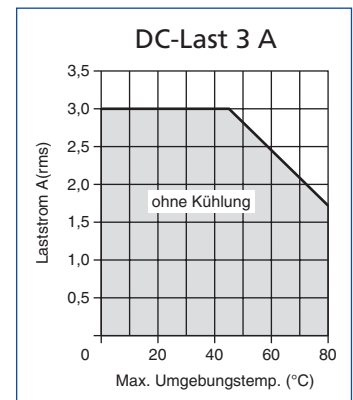
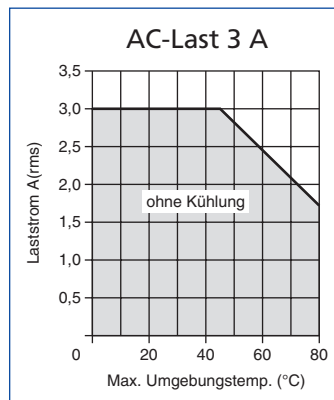
Pin 1: +DC Load

Pin 2: -DC Load

Pin 3: +DC Control

Pin 4: -DC Control

### Thermische Diagramme



# Leiterplattenmontage

## Halbleiterrelais HRM

Technische Daten	HRM D 2403	HRM D 06D03
Nullspannungsschalter	Ja	–
Momentanschalter	–	Ja
Steuerkreis	DC	DC
Lastkreis	AC	DC
<b>Lastkreis</b>		
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	24 ... 280 VACeff	3 ... 60 VDC
Spitzensperrspannung	600 Vpk	–
Laststrombereich	0,02 ... 3 Aeff	0,02 ... 3 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1s/DC)	90 Apk	5,0 A
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	–	–
Leckstrom max. (Nennspannung)	5,0 mAeff	1,0 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	200 V/μs	–
Max. Spannungsabfall	1,6 Vpk	1,5 VDC
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	0,1 ms
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	0,1 ms
Maximalwert $I^2t$ für Absicherung (8,3 ms)	36 A <sup>2</sup> s	–
Cos. φ	> 0,5	–
Ausgangs-Schaltelement	Triac	Bipolartransistor
RC-Beschaltung	22 nF / 33 Ω	–
<b>Steuerkreis</b>		
Steuerspannungsbereich	3 ... 32 VDC	3 ... 32 VDC
Relais Ein	3,0 VDC	3,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC
Eingangsimpedanz	1500 Ohm	1500 Ohm
Steuerstrom typ.	2,6 mA / 5 VDC	2,6 mA / 5 VDC
<b>Allgemeines</b>		
Isolation Ein-/Ausgang	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8,0 pF	8,0 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	20 g	20 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL
Artikel Nummer	42310115	42310090
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)		

# Leiterplattenmontage

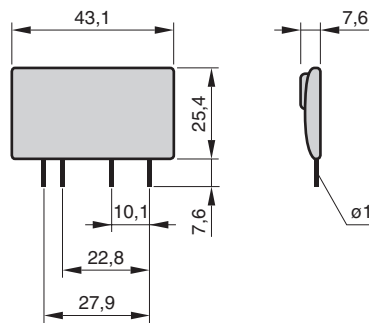
## Halbleiterrelais HRT

- **Steuerspannungsbereich: 4 ... 32 VDC**
- **Lastspannungsbereich: 48 ... 530 VACeff**
- **Laststrombereich: 0,06 ... 5 Aeff**



Bauform T

### Abmessungen



AC-Last

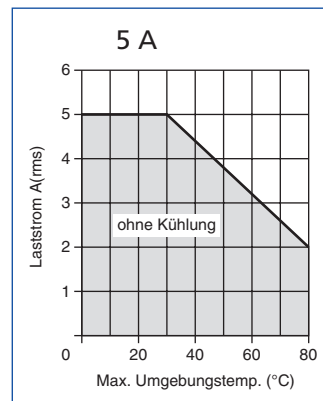
Stift 1: AC-Last

Stift 2: AC-Last

Stift 3: +DC-Steuerung

Stift 4: -DC-Steuerung

### Thermisches Diagramm





# Leiterplattenmontage

## Halbleiterrelais HRT

Technische Daten	HRT D 4805L	HRT D 4805H
Nullspannungsschalter	Ja	Ja
Momentanschalter	–	–
Steuerkreis	DC	DC
Lastkreis	AC	AC
<b>Lastkreis</b>		
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 530 VACeff	48 ... 530 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	0,06 ... 5 Aeff	0,06 ... 5 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	250 Apk	250 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	0,1 mAeff	0,1 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,4 Vpk	1,4 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	260 A <sup>2</sup> s	260 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5
Ausgangs-Schaltelement	Tyristor	Tyristor
<b>Steuerkreis</b>		
Steuerspannungsbereich	4 ... 15 VDC	15 ... 32 VDC
Relais Ein	4,0 VDC	15,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC
Eingangsimpedanz	240 Ohm	1500 Ohm
Steuerstrom typ.	15 mADC	15 mADC
<b>Allgemeines</b>		
Isolation Ein-/Ausgang	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	10,0 pF	10,0 pF
Betriebstemperaturbereich	-30 ... +80 °C	-30 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-30 ... +125 °C	-30 ... +125 °C
Gewicht typ.	11 g	11 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA
Artikel Nummer	42310116	42310117
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)		

# Leiterplattenmontage

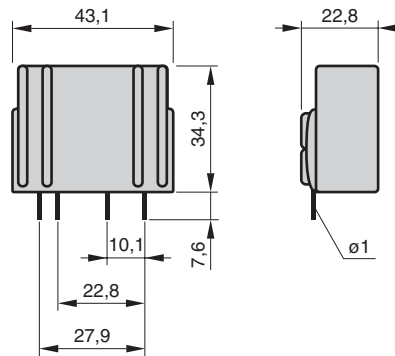
## Halbleiterrelais HRQ



Bauform Q

- **Steuerspannungsbereich: 4 ... 32 VDC**
- **Lastspannungsbereich: 48 ... 530 VACeff**
- **Laststrombereich: 0,06 ... 10 Aeff (25 Aeff)**

### Abmessungen



AC-Last

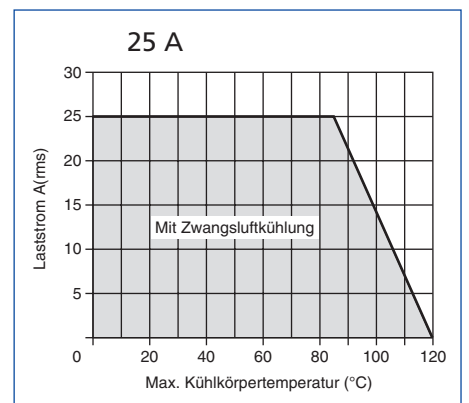
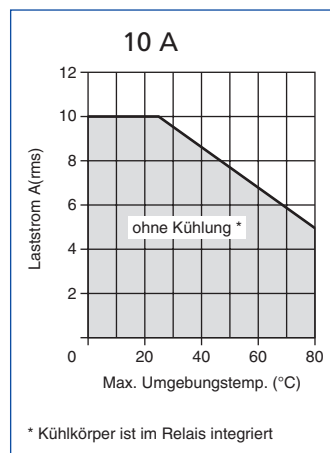
Stift 1: AC-Last

Stift 2: AC-Last

Stift 3: +DC-Steuerung

Stift 4: -DC-Steuerung

### Thermische Diagramme



# Leiterplattenmontage

## Halbleiterrelais HRQ

Technische Daten	HRQ D 4810L	HRQ D 4810H
Nullspannungsschalter	Ja	Ja
Momentanschalter	–	–
Steuerkreis	DC	DC
Lastkreis	AC	AC
<b>Lastkreis</b>		
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 530 VACeff	48 ... 530 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	0,06 ... 10(25) Aeff	0,06 ... 10(25) Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	250 Apk	250 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	0,1 mAeff	0,1 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,6 Vpk	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	260 A <sup>2</sup> s	260 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5
Ausgangs-Schaltelement	Tyristor	Tyristor
<b>Steuerkreis</b>		
Steuerspannungsbereich	4 ... 15 VDC	15 ... 32 VDC
Relais Ein	4,0 VDC	15,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC
Eingangsimpedanz	240 Ohm	1500 Ohm
Steuerstrom typ.	15 mADC	15 mADC
<b>Allgemeines</b>		
Isolation Ein-/Ausgang	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8,0 pF	8,0 pF
Betriebstemperaturbereich	-30 ... +80 °C	-30 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-30 ... +125 °C	-30 ... +125 °C
Gewicht typ.	25 g	25 g
Zulassungen	UL	UL
Artikel Nummer	42310118	42310119
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)		

# Schraubmontage Einphasig

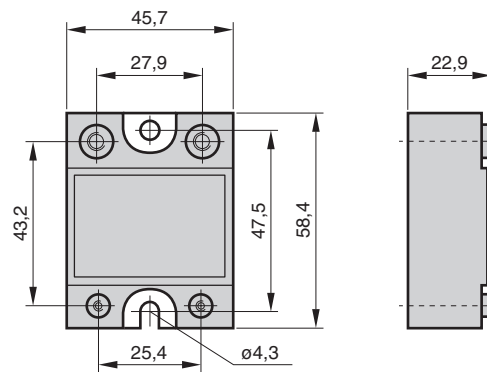
## Halbleiterrelais HRS



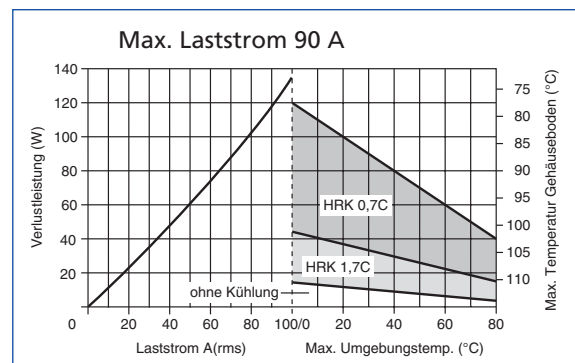
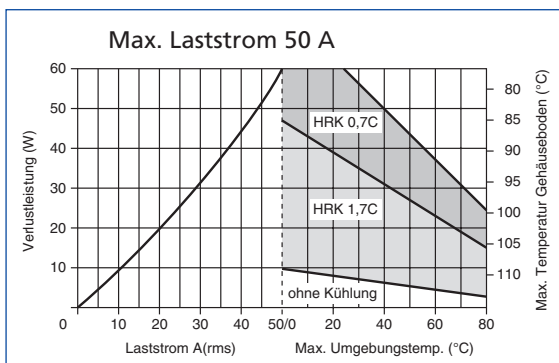
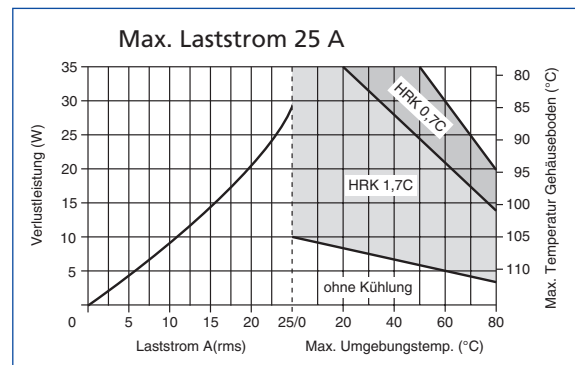
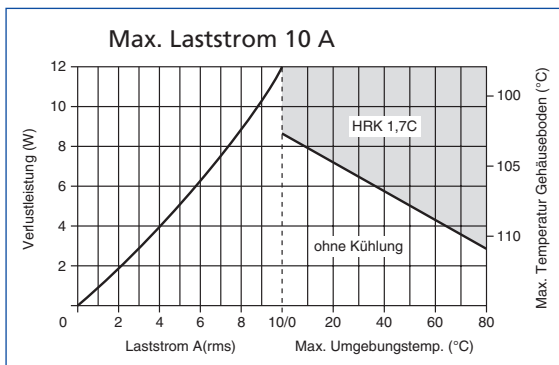
Bauform S

- **Steuerspannungsbereich:**  
3 ... 32 VDC, 90 ... 280 VAC
- **Lastspannungsbereich:** 24 ... 280 VACeff
- **Laststrombereich:** 0,04 ... 90 Aeff

### Abmessungen



### Thermische Diagramme



# Schraubmontage Einphasig

## Halbleiterrelais HRS

Technische Daten	HRS D 2410	HRS D 2425	HRS D 2450
Nullspannungsschalter	Ja	Ja	Ja
Momentanschalter	–	–	–
Steuerkreis	DC	DC	DC
Lastkreis	AC	AC	AC
<b>Lastkreis</b>			
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	24 ... 280 VACeff	24 ... 280 VACeff	24 ... 280 VACeff
Spitzensperrspannung	600 Vpk	600 Vpk	600 Vpk
Laststrombereich	0,04 ... 10 eff	0,04 ... 25 eff	0,04 ... 50 eff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	120 Apk	250 Apk	625 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff	10 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungsabfall	1,6 Vpk	1,6 Vpk	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode	1/2 Periode
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	60 A <sup>2</sup> s	260 A <sup>2</sup> s	1620 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	1,48 °C/W	1,02 °C/W	0,63 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	Tyristor	Tyristor	Tyristor
RC-Beschaltung	33 μF / 33 Ω	33 μF / 33 Ω	33 μF / 33 Ω
<b>Steuerkreis</b>			
Steuerspannungsbereich	3 ... 32 VDC	3 ... 32 VDC	3 ... 32 VDC
Relais Ein	3,0 VDC	3,0 VDC	3,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	-32 VDC	-32 VDC	-32 VDC
Eingangsimpedanz	1500 Ohm	1500 Ohm	1500 Ohm
Steuerstrom typ.	3,4 mA / 5 VDC	3,4 mA / 5 VDC	3,4 mA / 5 VDC
<b>Allgemeines</b>			
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	8 pF	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	87 g	87 g	87 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:			
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310101	42310102	42310103
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)			

# Schraubmontage Einphasig

## Halbleiterrelais HRS

Technische Daten	HRS D 2490	HRS A 2410	HRS A 2425
Nullspannungsschalter	Ja	Ja	Ja
Momentanschalter	-	-	-
Steuerkreis	DC	AC	AC
Lastkreis	AC	AC	AC
<b>Lastkreis</b>			
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	24 ... 280 VACeff	24 ... 280 VACeff	24 ... 280 VACeff
Spitzensperrspannung	600 Vpk	600 Vpk	600 Vpk
Laststrombereich	0,04 ... 90 eff	0,04 ... 10 eff	0,04 ... 25 eff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	-	-	-
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	1200 Apk	120 Apk	250 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff	10 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,6 Vpk	1,6 Vpk	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	10 ms	10 ms
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	40 ms	40 ms
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	6000 A <sup>2</sup> s	60 A <sup>2</sup> s	260 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	0,28 °C/W	1,48 °C/W	1,02 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	Tyristor	Tyristor	Tyristor
RC-Beschaltung	33 μF / 33 Ω	33 μF / 33 Ω	33 μF / 33 Ω
<b>Steuerkreis</b>			
Steuerspannungsbereich	3 ... 32 VDC	90 ... 280 VAC	90 ... 280 VAC
Relais Ein	3,0 VDC	90 VACeff	90 VACeff
Relais Aus	1,0 VDC	10 VACeff	10 VACeff
Maximale Rückwärtsspannung	-32 VDC	-	-
Eingangsimpedanz	1500 Ohm	60 kOhm	60 kOhm
Steuerstrom typ.	3,4 mA / 5 VDC	2 mA / 120 Veff	2 mA / 120 Veff
Steuerstrom typ.	-	4 mA / 240 Veff	4 mA / 240 Veff
<b>Allgemeines</b>			
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	8 pF	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	87 g	87 g	87 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:			
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310104	42310111	42310112
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)			

# Schraubmontage Einphasig

## Halbleiterrelais HRS

Technische Daten	HRS A 2450	HRS A 2490
Nullspannungsschalter	Ja	Ja
Momentanschalter	–	–
Steuerkreis	AC	AC
Lastkreis	AC	AC
<b>Lastkreis</b>		
Spannungsbereich (@ 47 ... 63 Hz)	24 ... 280 VACeff	24 ... 280 VACeff
Spitzensperrspannung	600 Vpk	600 Vpk
Laststrombereich	0,04 ... 50 eff	0,04 ... 90 eff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	625 Apk	1200 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungsabfall	1,6 Vpk	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	10 ms	10 ms
Max. Ausschaltzeit	40 ms	40 ms
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	1620 A <sup>2</sup> s	6000 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	0,63 °C/W	0,28 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	Tyristor	Tyristor
RC-Beschaltung	33 μF / 33 Ω	33 μF / 33 Ω
<b>Steuerkreis</b>		
Steuerspannungsbereich	90 ... 280 VAC	90 ... 280 VAC
Relais Ein	90 VACeff	90 VACeff
Relais Aus	10 VACeff	10 VACeff
Maximale Rückwärtsspannung	–	–
Eingangsimpedanz	60 kOhm	60 kOhm
Steuerstrom typ.	2 mA / 120 Veff	2 mA / 120 Veff
Steuerstrom typ.	4 mA / 240 Veff	4 mA / 240 Veff
<b>Allgemeines</b>		
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	87 g	87 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:		
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310113	42310114
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)		

# Schraubmontage Einphasig

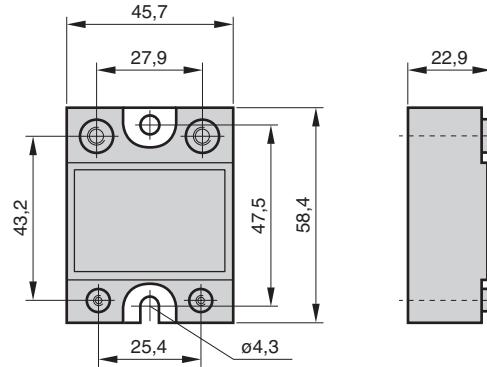
## Halbleiterrelais HRS



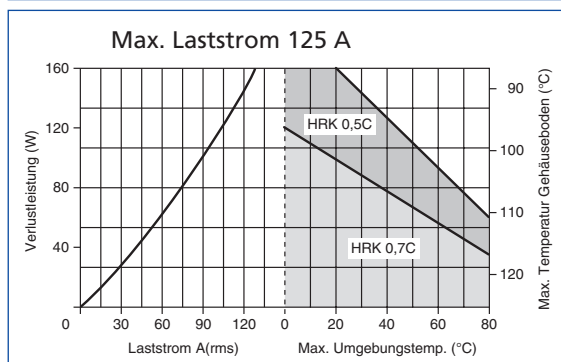
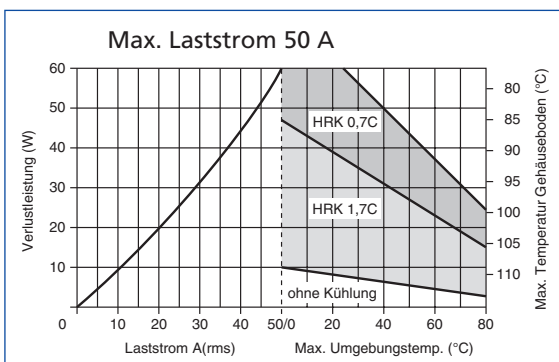
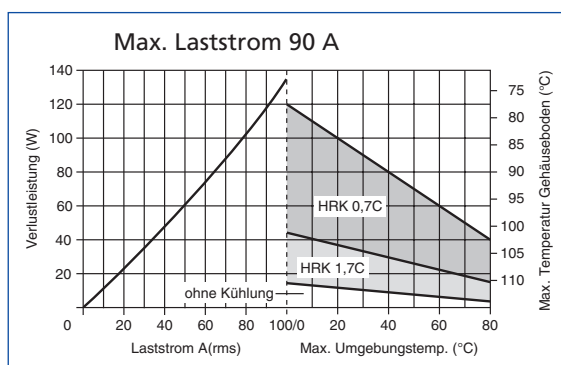
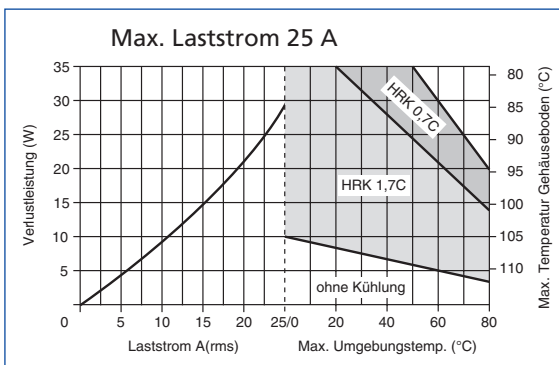
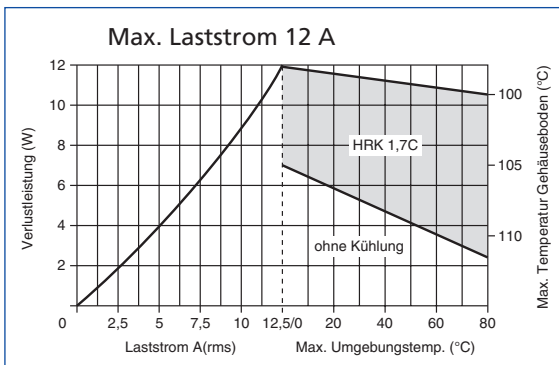
Bauform S

- **Steuerspannungsbereich:**  
3 ... 32 VDC, 18 ... 32 VDC / 24 ... 46 VAC
- **Lastspannungsbereich:** 48 ... 660 VACeff
- **Laststrombereich:** 0,15 ... 125 Aeff

### Abmessungen



### Thermische Diagramme





# Schraubmontage Einphasig

## Halbleiterrelais HRS

Technische Daten	HRS D 4812	HRS D 4825	HRS D 5325M
Nullspannungsschalter	Ja	Ja	–
Momentanschalter	–	–	Ja
Steuerkreis	DC	DC	DC
Lastkreis	AC	AC	AC
<b>Lastkreis</b>			
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 530 VACeff	48 ... 530 VACeff	48 ... 530 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk	1200 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	0,04 ... 12 eff	0,04 ... 25 eff	0,04 ... 25 eff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	140 Apk	250 Apk	250 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff	10 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,7 Vpk	1,7 Vpk	1,7 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode	0,02 ms
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode	0,02 ms
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	81 A <sup>2</sup> s	260 A <sup>2</sup> s	260 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	1,48 °C/Ω	1,02 °C/Ω	1,02 °C/Ω
Ausgangs-Schaltelement	Tyristor	Tyristor	Tyristor
RC-Beschaltung	33 μF / 47 W	33 μF / 47 W	33 μF / 47 W
<b>Steuerkreis</b>			
Steuerspannungsbereich	3 ... 32 VDC	3 ... 32 VDC	3 ... 32 VDC
Relais Ein	3,0 VDC	3,0 VDC	3,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	-32 VDC	-32 VDC	-32 VDC
Eingangsimpedanz	Strombegr.	Strombegr.	Strombegr.
Steuerstrom typ.	2 mA	2 mA	2 mA
<b>Allgemeines</b>			
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	8 pF	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	87 g	87 g	87 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:			
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310105	42310106	42310135
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)			

# Schraubmontage Einphasig

## Halbleiterrelais HRS

Technische Daten	HRS D 4850	HRS D 5350M	HRS D 4890
Nullspannungsschalter	Ja	–	Ja
Momentanschalter	–	Ja	–
Steuerkreis	DC	DC	DC
Lastkreis	AC	AC	AC
<b>Lastkreis</b>			
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 530 VACeff	48 ... 530 VACeff	48 ... 530 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk	1200 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	0,04 ... 50 Aeff	0,04... 50 Aeff	0,04 ... 90 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	625 Apk	625 Apk	1200 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff	10 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,7 Vpk	1,7 Vpk	1,7 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	0,02 ms	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode	1/2 Periode
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	1620 A <sup>2</sup> s	1620 A <sup>2</sup> s	6000 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	0,63 °C/W	0,63 °C/W	0,28 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren
RC-Beschaltung	33 μF / 47 Ω	33 μF / 47 Ω	33 μF / 47 Ω
<b>Steuerkreis</b>			
Steuerspannungsbereich	3 ... 32 VDC	3 ... 32 VDC	3 ... 32 VDC
Relais Ein	3,0 VDC	3,0 VDC	3,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	-32 VDC	-32 VDC	-32 VDC
Eingangsimpedanz	Strombegr.	Strombegr.	Strombegr.
Steuerstrom typ.	2 mA	2 mA	2 mA
<b>Allgemeines</b>			
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	8 pF	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	87 g	87 g	87 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:			
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310107	42310136	42310108
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)			

# Schraubmontage Einphasig

## Halbleiterrelais HRS

Technische Daten	HRS AD 4890E	HRS D 48125	HRS D 6650
Nullspannungsschalter	Ja	Ja	Ja
Momentanschalter	-	-	-
Steuerkreis	AC/DC	DC	DC
Lastkreis	AC	AC	AC
<b>Lastkreis</b>			
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 530 VACeff	48 ... 530 VACeff	48 ... 660 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk	1200 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	0,04 ... 90 Aeff	0,15 ... 125 Aeff	0,15 ... 50 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	-	-	-
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	1200 Apk	1750 Apk	625 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff	1,0 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,7 Vpk	1,7 Vpk	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode	1/2 Periode
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung	6000 A <sup>2</sup> s	12700 A <sup>2</sup> s	1620 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	0,28 °C/W	0,22 °C/W	0,63 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren
RC-Beschaltung	33 μF / 47 Ω	33 μF / 47 Ω	-
<b>Steuerkreis</b>			
Steuerspannungsbereich	18 ... 32 VDC/ 24 ... 46 VAC	3 ... 32 VDC	4 ... 32 VDC
Relais Ein	3,0 VDC	3,0 VDC	4,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	-32 VDC	-32 VDC	-
Eingangsimpedanz	Strombegr.	Strombegr.	Strombegr.
Steuerstrom typ.	2 mA	2 mA	25 mA
<b>Allgemeines</b>			
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	8 pF	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	87 g	87 g	87 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, CSA	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:			
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310132	42310134	42310137
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)			

# Schraubmontage Einphasig

## Halbleiterrelais HRS

Technische Daten	HRS D 6690
Nullspannungsschalter	Ja
Momentanschalter	-
Steuerkreis	DC
Lastkreis	AC
<b>Lastkreis</b>	
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 660 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk
Laststrombereich	0,15 ... 90 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	-
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	1200 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	1,0 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/ $\mu$ s
Max. Spannungabfall	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	6000 A <sup>2</sup> s
Cos. $\varphi$	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	0,28 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Thyristoren
<b>Steuerkreis</b>	
Steuerspannungsbereich	4 ... 32 VDC
Steuerspannungsbereich parallel	-
Steuerspannungsbereich serie	-
Relais Ein	4,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	-
Eingangsimpedanz	Strombegr.
Steuerstrom typ.	25 mA
<b>Allgemeines</b>	
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	87g
Zulassungen	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:	
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310138
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)	



# Schraubmontage Einphasig

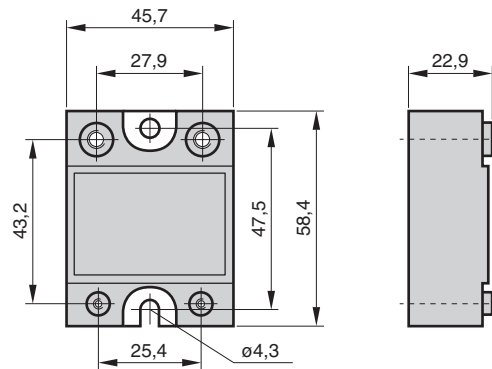
## Halbleiterrelais HRS

- **Steuerspannungsbereich: 3,5 ... 32 VDC**
- **Lastspannungsbereich: 0 ... 100 oder 0 ... 200 VDC**
- **Laststrombereich: 0,02 ... 40 ADC**

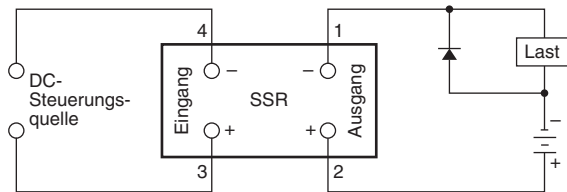


Bauform S

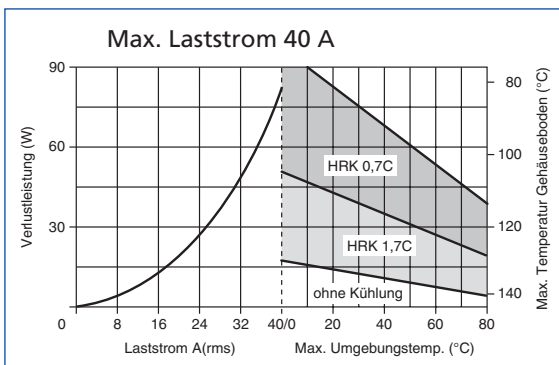
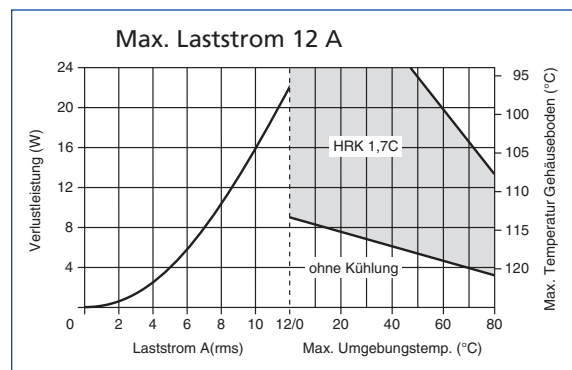
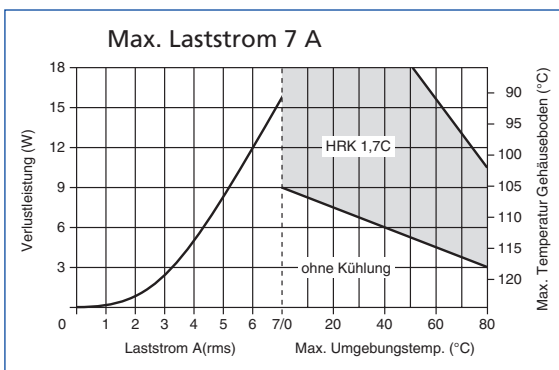
### Abmessungen



Polarität von Eingang und Ausgang muss beachtet werden. Bei induktiver Last Suppressor Diode vorsehen.



### Thermische Diagramme



# Schraubmontage Einphasig

## Halbleiterrelais HRS

Technische Daten	HRS D 1D07	HRS D 1D12	HRS D 1D40
Nullspannungsschalter	–	–	–
Momentanschalter	Ja	Ja	Ja
Steuerkreis	DC	DC	DC
Lastkreis	DC	DC	DC
<b>Lastkreis</b>			
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	0 ... 100 VDC	0 ... 100 VDC	0 ... 100 VDC
Laststrombereich	0,02 ... 7 ADC	0,02 ... 12 ADC	0,02 ... 40 ADC
Max. Stossstrom (10 ms)	15 ADC	28 ADC	106 ADC
Leckstrom max. (Nennspannung)	0,1 mADC	0,2 mADC	0,3 mADC
Ausgangsimpedanz	0,29 Ohm	0,13 Ohm	0,05 Ohm
Min. Spannungsteilheit du/dt	–	–	–
Max. Spannungabfall	2,0 VDC	1,6 VDC	2,1 VDC
Max. Einschaltzeit	100 µs	100 µs	100 µs
Max. Ausschaltzeit	1 ms	1 ms	1 ms
Wärmewiderstand Bodenplatte	2,2 °C/W	1,34 °C/W	0,83 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	MOSFET	MOSFET	MOSFET
<b>Steuerkreis</b>			
Steuerspannungsbereich	3,5 ... 32 VDC	3,5 ... 32 VDC	3,5 ... 32 VDC
Relais Ein	3,5 VDC	3,5 VDC	3,5 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	–	–	–
Eingangsimpedanz	–	–	–
Steuerstrom typ.	1,6 mA / 5 VDC	1,6 mA / 5 VDC	1,6 mA / 5 VDC
Steuerstrom typ.	28 mA / 32 VDC	28 mA / 32 VDC	28 mA / 32 VDC
<b>Allgemeines</b>			
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	2500 Veff	2500 Veff	2500 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	–	–	–
Betriebstemperaturbereich	-30 ... +80 °C	-30 ... +80 °C	-30 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	87 g	87 g	87 g
Zulassungen	UL	UL	UL
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:			
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310120	42310121	42310133
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)			

# Schraubmontage Einphasig

## Halbleiterrelais HRS

Technische Daten	HRS D 2D07	HRS D 2D12
Nullspannungsschalter	–	–
Momentanschalter	Ja	Ja
Steuerkreis	DC	DC
Lastkreis	DC	DC
<b>Lastkreis</b>		
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	0 ... 200 VDC	0 ... 200 VDC
Laststrombereich	0,02 ... 7 ADC	0,02 ... 12 ADC
Max. Stossstrom (10 ms)	22 ADC	27 ADC
Leckstrom max. (Nennspannung)	0,1 mADC	0,3 mADC
Ausgangsimpedanz	0,29 Ohm	0,23 Ohm
Min. Spannungsteilheit dv/dt	–	–
Max. Spannungabfall	2,0 VDC	2,8 VDC
Max. Einschaltzeit	100 µs	100 µs
Max. Ausschaltzeit	1 ms	1 ms
Wärmewiderstand Bodenplatte	1,05 °C/W	1,06 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	MOSFET	MOSFET
<b>Steuerkreis</b>		
Steuerspannungsbereich	3,5 ... 32 VDC	3,5 ... 32 VDC
Relais Ein	3,5 VDC	3,5 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	–	–
Eingangsimpedanz	–	–
Steuerstrom typ.	1,6 mA / 5 VDC	1,6 mA / 5 VDC
Steuerstrom typ.	28 mA / 32 VDC	28 mA / 32 VDC
<b>Allgemeines</b>		
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	2500 Veff	2500 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	–	–
Betriebstemperaturbereich	-30 ... +80 °C	-30 ... + 80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... + 125 °C
Gewicht typ.	87 g	87 g
Zulassungen	UL	UL
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:		
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310122	42310123
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)		





# Schraub- oder DIN-Schienenmontage mit integriertem Kühlkörper

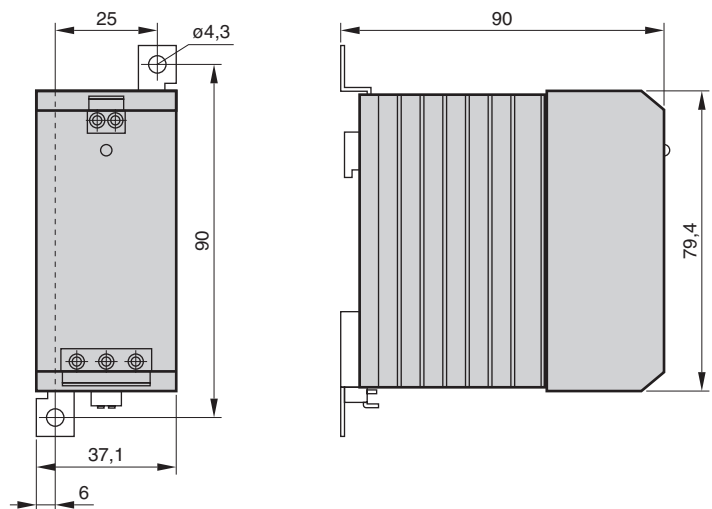
## Halbleiterrelais HRB

- **Steuerspannungsbereich: 4 ... 32 VDC**
- **Lastspannungsbereich: 12 ... 660 VACeff**
- **Laststrombereich: 0,15 ... 30 Aeff**

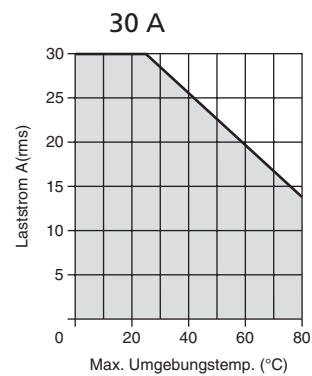


Bauform B

## Abmessungen



## Thermisches Diagramm



# Schraub- oder DIN-Schienenmontage mit integriertem Kühlkörper

## Halbleiterrelais HRB

Technische Daten	HRB D 2830	HRB D 6630
Nullspannungsschalter	Ja	Ja
Momentanschalter	–	–
Steuerkreis	DC	DC
Lastkreis	AC	AC
<b>Lastkreis</b>		
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	12 ... 280 VACeff	48 ... 660 VACeff
Spitzensperrspannung	600 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	0,15 ... 30 Aeff	0,15 ... 30 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	625 Apk	625 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	0,1 mAeff	0,1 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,4 Vpk	1,4 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	1620 A <sup>2</sup> s	1620 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	–	–
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren
<b>Steuerkreis</b>		
Steuerspannungsbereich	4 ... 32 VDC	4 ... 32 VDC
Relais Ein	4,0 VDC	4,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	–	–
Eingangsimpedanz	–	–
Steuerstrom typ.	15 mA / 24 VDC	15 mA / 24 VDC
<b>Allgemeines</b>		
Isolation Ein-/Ausgang	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	10,0 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	260 g	260 g
Zulassungen	UL, CSA	UL, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment		
6-32 Schrauben		
8-32 Schrauben		
Max. Leiterquerschnitt Steuerkreis	2,5 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>
Max. Leiterquerschnitt Lastkreis	2,5 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>
Artikel Nummer	42310150	42310151
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)		

# Schraub- oder DIN-Schienenmontage mit integriertem Kühlkörper

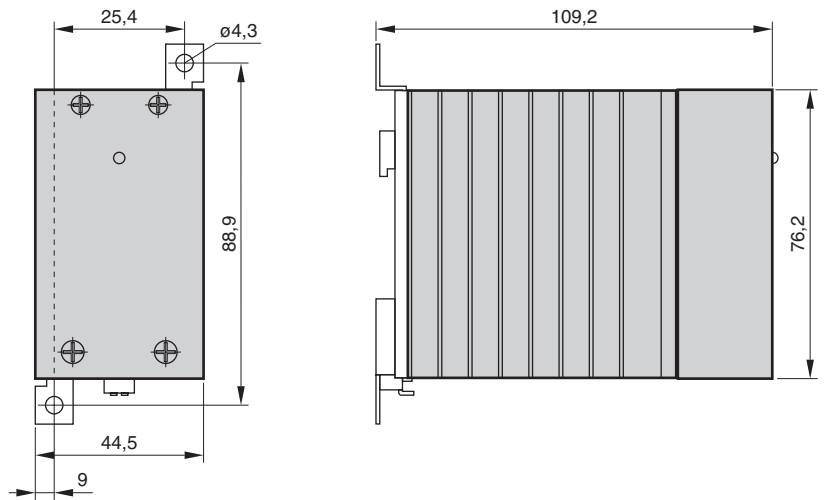
## Halbleiterrelais HRC

- **Steuerspannungsbereich: 4 ... 32 VDC**
- **Lastspannungsbereich: 48 ... 660 VACeff**
- **Laststrombereich: 0,15 ... 65 Aeff**

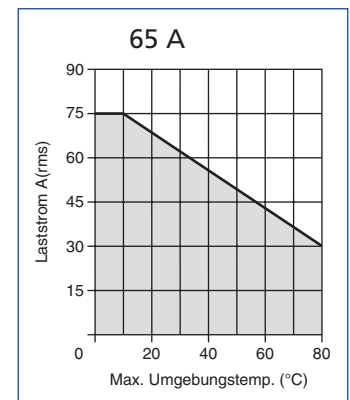
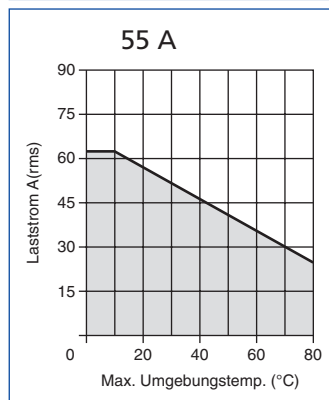
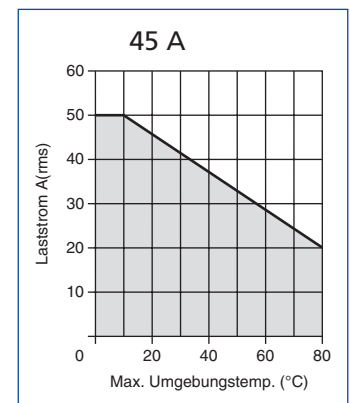
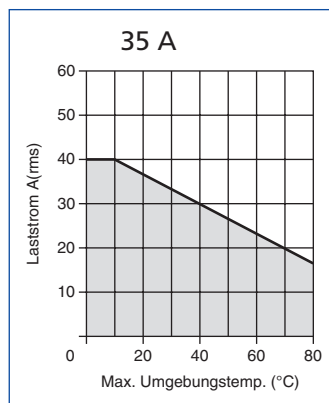


Bauform C

### Abmessungen



### Thermische Diagramme



# Schraub- oder DIN-Schienenmontage mit integriertem Kühlkörper

## Halbleiterrelais HRC

Technische Daten	HRC D 6635	HRC D 6645	HRC D 6655
Nullspannungsschalter	Ja	Ja	Ja
Momentanschalter	–	–	–
Steuerkreis	DC	DC	DC
Lastkreis	AC	AC	AC
<b>Lastkreis</b>			
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 660 VACeff	48 ... 660 VACeff	48 ... 660 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk	1200 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	0,15 ... 35 Aeff	0,15 ... 45 Aeff	0,25 ... 55 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	250 Apk	625 Apk	1000 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	1 mAeff	1 mAeff	1 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungsabfall	1,7 Vpk	1,7 Vpk	1,7 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode	1/2 Periode
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	260 A <sup>2</sup> s	1620 A <sup>2</sup> s	4150 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	–	–	–
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren
<b>Steuerkreis</b>			
Steuerspannungsbereich	4 ... 32 VDC	4 ... 32 VDC	4 ... 32 VDC
Relais Ein	4,0 VDC	4,0 VDC	4,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	-32 VDC	-32 VDC	-32 VDC
Eingangsimpedanz	Strombegr.	Strombegr.	Strombegr.
Steuerstrom typ.	15 mA / 24 DC	15 mA / 24 VDC	15 mA / 24 VDC
<b>Allgemeines</b>			
Isolation Ein-/Ausgang	4000 Veff	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	8 pF	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	260 g	260 g	260 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:			
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Max. Leiterquerschnitt Steuerkreis	4 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>
Max. Leiterquerschnitt Lastkreis	10 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>
Artikel Nummer	42310160	42310161	42310162
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)			

# Schraub- oder DIN-Schienenmontage mit integriertem Kühlkörper

## Halbleiterrelais HRC

Technische Daten	HRC D 6665
Nullspannungsschalter	Ja
Momentanschalter	-
Steuerkreis	DC
Lastkreis	AC
<b>Lastkreis</b>	
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 660 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk
Laststrombereich	0,25 ... 65 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC, 1 s/DC)	-
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	1200 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	1 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/ $\mu$ s
Max. Spannungabfall	1,7 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode
Maximalwert $I^2t$ für Absicherung (8,3 ms)	6000 A <sup>2</sup> s
Cos. $\varphi$	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	-
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Tyristoren
<b>Steuerkreis</b>	
Steuerspannungsbereich	4 ... 32 VDC
Relais Ein	4,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	-32 VDC
Eingangsimpedanz	Strombegr.
Steuerstrom typ.	15 mA / 24 VDC
<b>Allgemeines</b>	
Isolation Ein-/Ausgang	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	260 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:	
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm
Max. Leiterquerschnitt Steuerkreis	4 mm <sup>2</sup>
Max. Leiterquerschnitt Lastkreis	10 mm <sup>2</sup>
Artikel Nummer	42310163
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)	



# Schraubmontage Dreiphasig

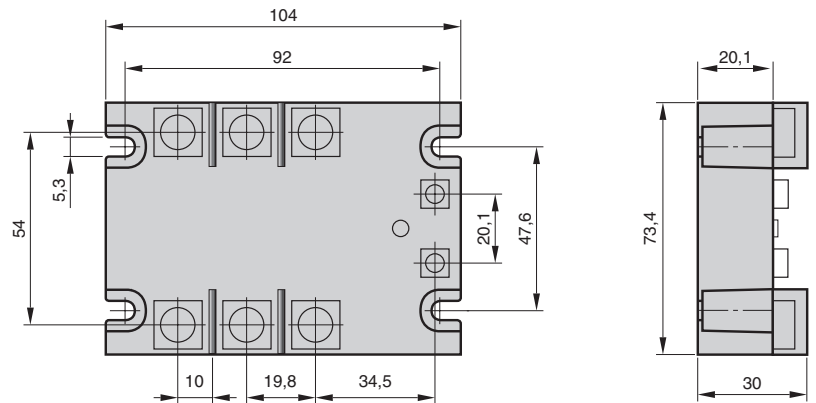
## Halbleiterrelais HRV



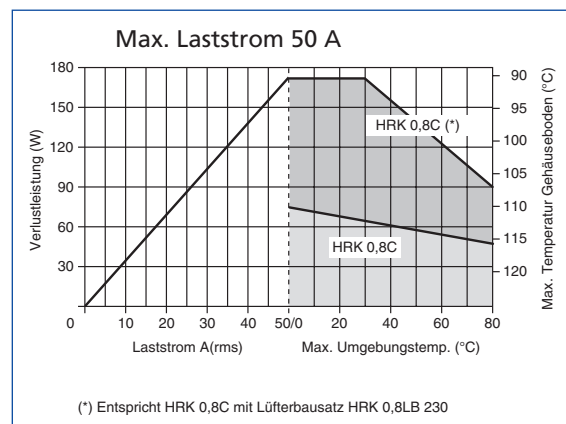
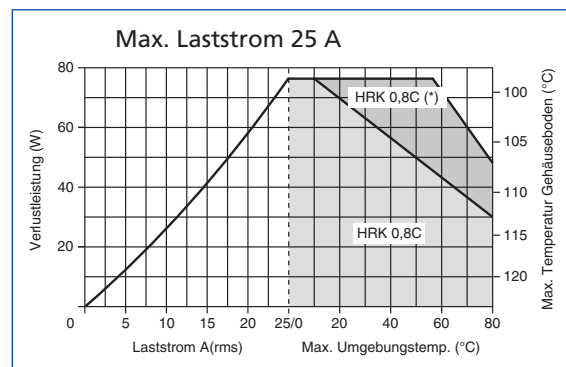
Bauform V

- **Steuerspannungsbereich:**  
3 ... 40 / 90 ... 280 VDC
- **Lastspannungsbereich:** 48 ... 530 VACeff
- **Laststrombereich:** 3 x 25 A ... 3 x 50 Aeff

### Abmessungen



### Thermische Diagramme





# Schraubmontage Dreiphasig

## Halbleiterrelais HRV

Technische Daten	HRV D 4825	HRV D 4850
Nullspannungsschalter	Ja	Ja
Momentanschalter	–	–
Steuerkreis	DC	DC
Lastkreis	AC	AC
<b>Lastkreis</b>		
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 530 VACeff	48...530VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk	1200Vpk
Laststrombereich	3 x 0,05 ... 25 Aeff	3 x 0,05 ... 50 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	250 Apk	625 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,6 Vpk	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode
Max. Ausschaltzeit	1/2 Periode	1/2 Periode
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	260 A <sup>2</sup> s	1620 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	1,02 °C/W	0,63 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren
<b>Steuerkreis</b>		
Steuerspannungsbereich	3 ... 32 VDC	3 ... 32 VDC
Relais Ein	3,0 VDC	3,0 VDC
Relais Aus	1,0 VDC	1,0 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	–	–
Eingangsimpedanz	450 Ohm	450 Ohm
Steuerstrom typ.	10 mA / 5 VDC	10 mA / 5 VDC
<b>Allgemeines</b>		
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	315 g	315 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:		
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
8-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310124	42310125
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)		

# Schraubmontage Dreiphasig

## Halbleiterrelais HRV

Technische Daten	HRV A 4825	HRV A 4850
Nullspannungsschalter	Ja	Ja
Momentanschalter	-	-
Steuerkreis	AC	AC
Lastkreis	AC	AC
<b>Lastkreis</b>		
Spannungsbereich (47 ... 63 Hz)	48 ... 530 VACeff	48 ... 530 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	3 x 0,05 ... 25 Aeff	3 x 0,05 ... 50 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	-	-
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	250 Apk	2625 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,6 Vpk	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	10 ms	10 ms
Max. Ausschaltzeit	40 ms	40 ms
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	260 A <sup>2</sup> s	1620 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	1,02 °C/W	0,63 °C/W
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren
<b>Steuerkreis</b>		
Steuerspannungsbereich	90 ... 280 VACeff	90 ... 280 VACeff
Relais Ein	90 VACeff	90 VACeff
Relais Aus	10 VACeff	10 VACeff
Maximale Rückwärtsspannung	-	-
Eingangsimpedanz	54,8 kOhm	54,8 kOhm
Steuerstrom typ.	2,2 mA / 120 Veff	2,2 mA / 120 Veff
Steuerstrom typ.	4,4 mA / 240 Veff	4,4 mA / 240 Veff
<b>Allgemeines</b>		
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff
Isolationswiderstand	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC	10 <sup>9</sup> Ohm / 500 VDC
Max. Kapazität Ein-/Ausgang	8 pF	8 pF
Betriebstemperaturbereich	-40 ... +80 °C	-40 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +125 °C	-40 ... +125 °C
Gewicht typ.	315 g	315 g
Zulassungen	UL, VDE, CSA	UL, VDE, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment:		
6-32 Schrauben (Steuerkreis)	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
10-32 Schrauben (Lastkreis)	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Artikel Nummer	42310126	42310127
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)		



# Schraubmontage Dreiphasig

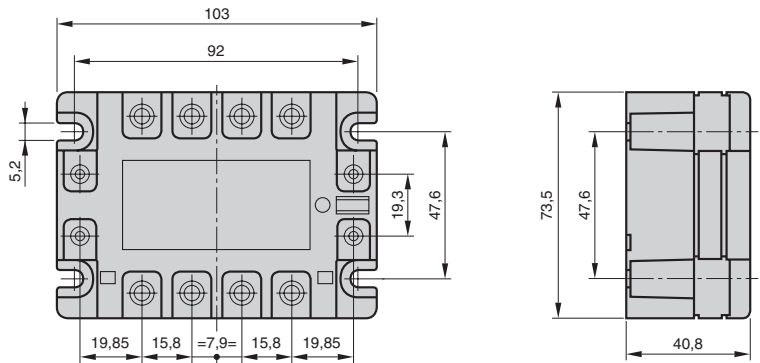
## Halbleiterrelais HRL



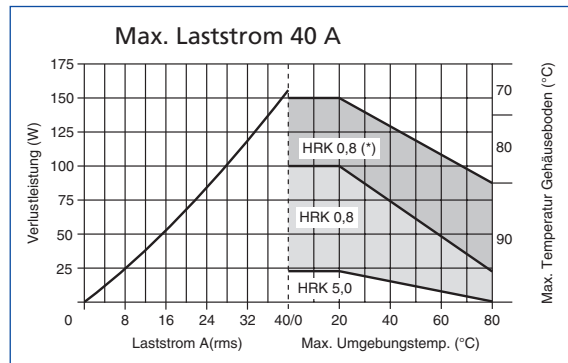
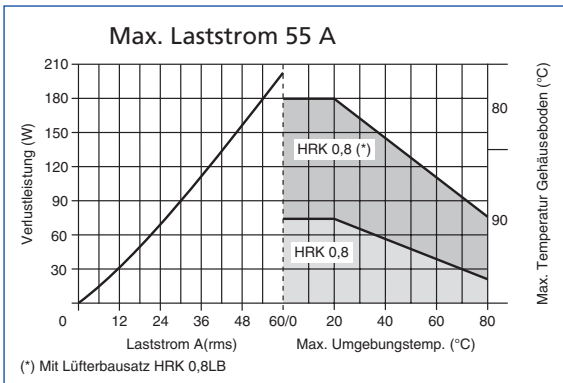
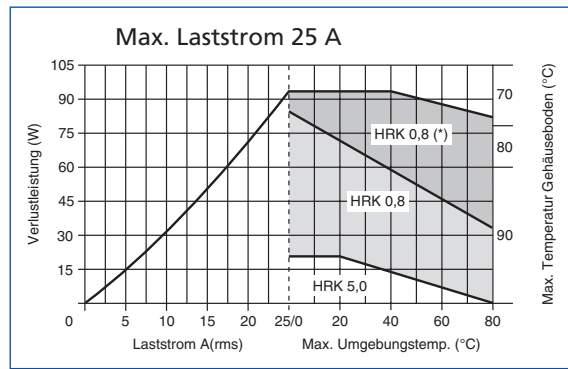
Bauform L

- **Steuerspannungsbereich:**  
10 ... 40 VDC / 20 ... 265 VAC/DC
- **Lastspannungsbereich:** 48 ... 480 VACeff
- **Laststrombereich:** 3 x 25 A ... 3 x 55 Aeff

### Abmessungen



### Thermische Diagramme



# Schraubmontage Dreiphasig

## Halbleiterrelais HRL

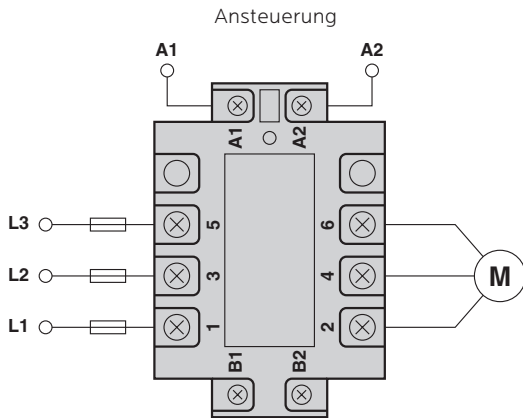
Technische Daten	HRL 480 D 25	HRL 480 D 40	HRL 480 D 55
Nullspannungsschalter	Ja	Ja	Ja
Momentanschalter	–	–	–
Steuerkreis	DC	DC	DC
Lastkreis	AC	AC	AC
<b>Lastkreis</b>			
Spannungsbereich (45 ... 65 Hz)	48 ... 480 VACeff	48 ... 480 VACeff	48 ... 480 VACeff
Spitzensperrspannung	1200 Vpk	1200 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	3 x 0,1 ... 25 Aeff	3 x 0,2 ... 40 Aeff	3 x 0,2 ... 55 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	–	–	–
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	230 Apk	300 Apk	550 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff	10 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungsabfall	1,6 Vpk	1,6 Vpk	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	10 ms	10 ms	10 ms
Max. Ausschaltzeit	20 ms	20 ms	20 ms
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	265 A <sup>2</sup> s	450 A <sup>2</sup> s	1500 A <sup>2</sup> s
Cos. φ	> 0,5	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	0,5 °C/W	0,3 °C/W	0,2 °C/W
Integrierter Überspannungsschutz	Varistor 510 VACeff	Varistor 510 VACeff	Varistor 510 VACeff
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren
<b>Steuerkreis</b>			
Steuerspannungsbereich	10 ... 40 VDC	10 ... 40 VDC	10 ... 40 VDC
Relais Ein	10 VDC	10 VDC	10 VDC
Relais Aus	3 VDC	3 VDC	3 VDC
Maximale Rückwärtsspannung	–	–	–
Eingangsimpedanz	–	–	–
Steuerstrom typ.	30 mA / 24 VDC	30 mA / 24 VDC	30 mA / 24 VDC
<b>Allgemeines</b>			
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff	4000 Veff
Betriebstemperaturbereich	-20 ... +80 °C	-20 ... +80 °C	-20 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +100 °C	-40 ... +100 °C	-40 ... +100 °C
Gewicht typ.	400 g	400 g	400 g
Zulassungen	UL, CSA	UL, CSA	UL, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment			
M3 Schrauben	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
M5 Schrauben	≤ 2,5 Nm	≤ 2,5 Nm	≤ 2,5 Nm
M5 Befestigungsschrauben	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Max. Leiterquerschnitt Steuerkreis	2 x 2,5 mm <sup>2</sup>	2 x 2,5 mm <sup>2</sup>	2 x 2,5 mm <sup>2</sup>
Max. Leiterquerschnitt Lastkreis	2 x 6 mm <sup>2</sup>	2 x 6 mm <sup>2</sup>	2 x 6 mm <sup>2</sup>
Artikel Nummer	42310050	42310051	42310052
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)			

# Schraubmontage Dreiphasig

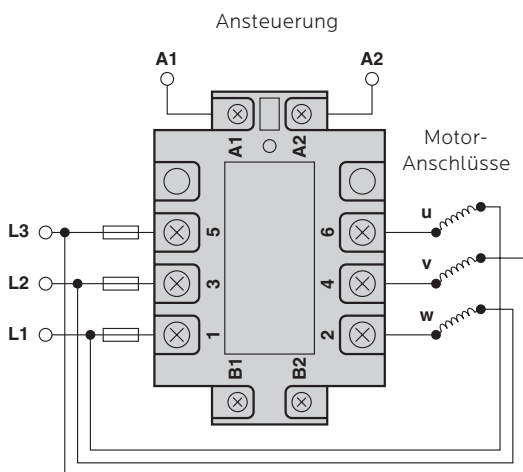
## Halbleiterrelais HRL

Technische Daten	HRL 480 A 25	HRL 480 A 40	HRL 480 A 55
Nullspannungsschalter	Ja	Ja	Ja
Momentanschalter	-	-	-
Steuerkreis	AC/DC	AC/DC	AC/DC
Lastkreis	AC	AC	AC
<b>Lastkreis</b>			
Spannungsbereich (45 ... 65 Hz)	48 ... 480 VACeff	48 ... 480 VACeff	48 ... 480 VACeff
Spitzensperrensorgung	1200 Vpk	1200 Vpk	1200 Vpk
Laststrombereich	3 x 0,1 ... 25 Aeff	3 x 0,2 ... 40 Aeff	3 x 0,2 ... 55 Aeff
Max. Stossstrom (8,3 ms/AC; 1 s/DC)	-	-	-
Max. Stossstrom (16,6 ms/AC)	230 Apk	300 Apk	550 Apk
Leckstrom max. (Nennspannung)	10 mAeff	10 mAeff	10 mAeff
Min. Spannungsteilheit du/dt	500 V/μs	500 V/μs	500 V/μs
Max. Spannungabfall	1,6 Vpk	1,6 Vpk	1,6 Vpk
Max. Einschaltzeit	10 ms	10 ms	10 ms
Max. Ausschaltzeit	40 ms	40 ms	40 ms
Maximalwert I <sup>2</sup> t für Absicherung (8,3 ms)	265 A <sup>2</sup> s	450 A <sup>2</sup> s	1500 A <sup>2</sup> s
Cos. j	> 0,5	> 0,5	> 0,5
Wärmewiderstand Bodenplatte	0,5 °C/W	0,3 °C/W	0,2 °C/W
Integrierter Überspannungsschutz	Varistor 510 VACeff	Varistor 510 VACeff	Varistor 510 VACeff
Ausgangs-Schaltelement	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren	Antipara. Thyristoren
<b>Steuerkreis</b>			
Steuerspannungsbereich	20 ... 265 VAC/DC	20 ... 265 VAC/DC	20 ... 265 VAC/DC
Relais Ein	20 VAC/DC	20 VAC/DC	20 VAC/DC
Relais Aus	5 VAC/DC	5 VAC/DC	5 VAC/DC
Maximale Rückwärtsspannung	-	-	-
Eingangsimpedanz	-	-	-
Steuerstrom typ.	20 mA/AC, DC	20 mA/AC, DC	20 mA/AC, DC
<b>Allgemeines</b>			
Isolation Ein-/Ausgang/Bodenplatte	4000 Veff	4000 Veff	4000 Veff
Betriebstemperaturbereich	-20 ... +80 °C	-20 ... +80 °C	-20 ... +80 °C
Lagertemperaturbereich	-40 ... +100 °C	-40 ... +100 °C	-40 ... +100 °C
Gewicht typ.	400 g	400 g	400 g
Zulassungen	UL, CSA	UL, CSA	UL, CSA
Anforderungen an das Schraubendrehmoment			
M3 Schrauben	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm	≤ 0,5 Nm
M5 Schrauben	≤ 2,5 Nm	≤ 2,5 Nm	≤ 2,5 Nm
M5 Befestigungsschrauben	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm	≤ 1,5 Nm
Max. Leiterquerschnitt Steuerkreis	2 x 2,5 mm <sup>2</sup>	2 x 2,5 mm <sup>2</sup>	2 x 2,5 mm <sup>2</sup>
Max. Leiterquerschnitt Lastkreis	2 x 6 mm <sup>2</sup>	2 x 6 mm <sup>2</sup>	2 x 6 mm <sup>2</sup>
Artikel Nummer	42310053	42310054	42310055
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)			

## Dreiphasenrelais – Dimensionierung für Motoranwendungen



Motorleistung kW	Nennstrom A eff.	Lastrelaistyp		
		25 A	40 A	55 A
0,37	1,1			
0,55	1,5			
0,75	1,9			
1,1	2,6			
1,5	3,5			
2,2	4,7			
3,0	6,2			
4,0	8,1			
5,5	10,7			
7,5	15,0			



Motorleistung kW	Nennstrom A eff. (I <sub>s</sub> Ö3)	Lastrelaistyp		
		25 A	40 A	55 A
1,1	1,5			
1,5	2,1			
2,2	3,0			
3,0	4,0			
4,0	4,6			
5,5	6,2			
7,5	8,7			
11	12,1			
15	16,2			

## Zubehör

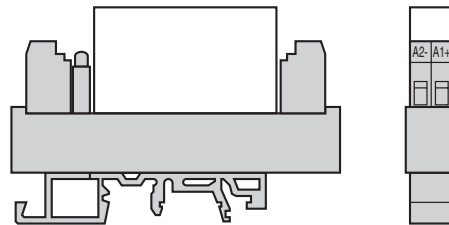
### Profilgehäuse PG für DIN-Schienenmontage



HRM PG 1 zu Bauform HRM

#### Gehäuse für Hutschiene nach DIN 50 022 für Halbleiterrelais der Serie HRM

- Eingangsschutzbeschaltung
- Integrierte Ansteueranzeige-LED



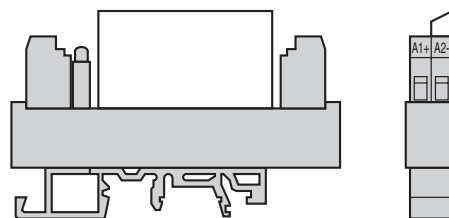
Abmessungen (B x H x T)	12 x 80 x 45 mm
Gewicht	20 g
Artikel-Nummer*	41920027



HRT PG 1 zu Bauform HRT

#### Gehäuse für Hutschiene nach DIN 50 022 für Halbleiterrelais der Serie HRT

- Eingangsschutzbeschaltung
- Integrierte Ansteueranzeige-LED



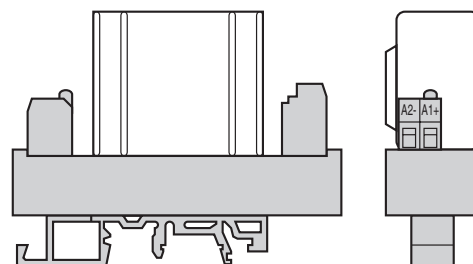
Abmessungen (B x H x T)	12 x 80 x 45 mm
Gewicht	20 g
Artikel-Nummer*	41920028



HRQ PG 1 zu Bauform HRQ

#### Gehäuse für Hutschiene nach DIN 50 022 für Halbleiterrelais der Serie HRQ

- Eingangsschutzbeschaltung
- Integrierte Ansteueranzeige-LED



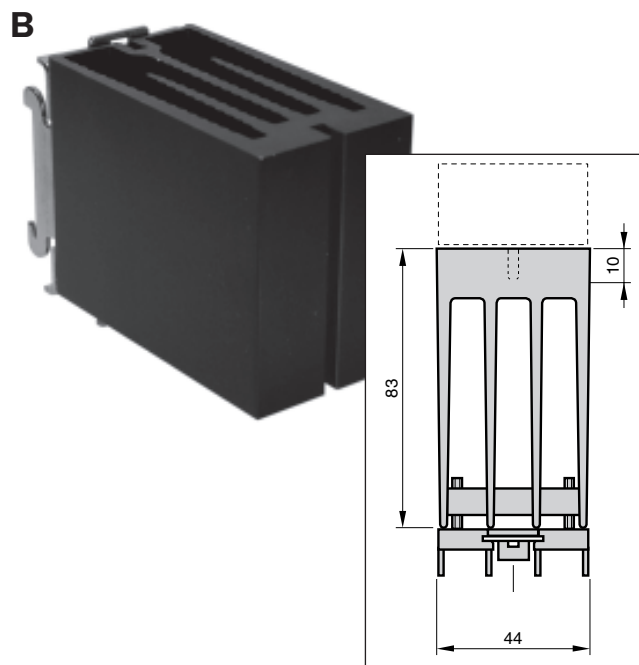
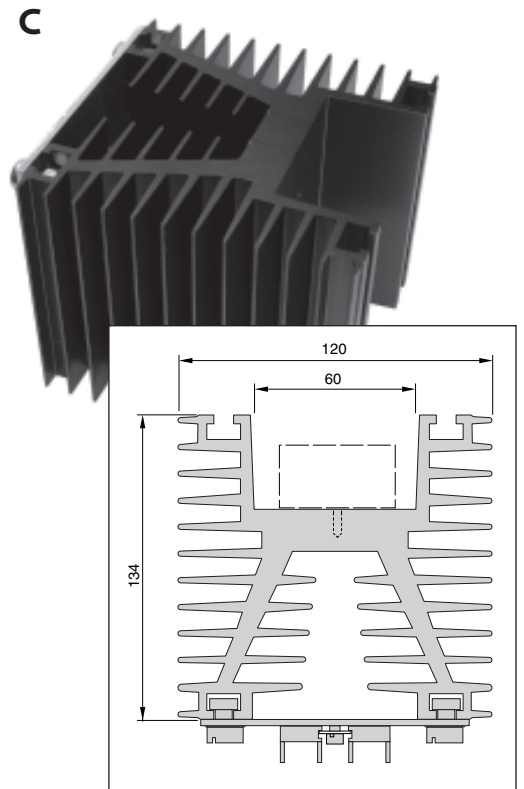
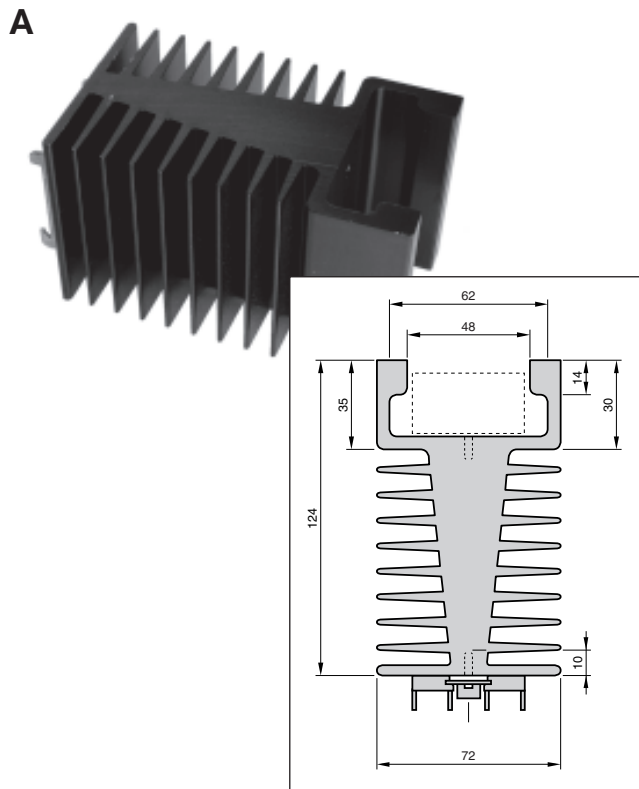
Abmessungen (B x H x T)	23 x 80 x 45 mm
Gewicht	28 g
Artikel-Nummer*	41920029

\*: (Bestellangaben siehe Kapitel 1)



## Zubehör

### Kühlkörper zu Ein- und Zweiphasenrelais



- Abmessung A:** Tiefe 75 mm  
**Abmessung B:** Tiefe 65 mm  
**Abmessung C:** Tiefe 100 mm

Zwischen Halbleiterrelais und Kühlkörper ist unbedingt Wärmeleitfolie oder Wärmeleitpaste einzusetzen.

Bezeichnung	Typ	Abmessung	Gewicht	Artikel-Nummer
Kühlkörper 0,7 °C/W	HRK 0,7C	A	915 g	41920003
Kühlkörper 1,7 °C/W	HRK 1,7C	B	375 g	41920004
Kühlkörper 0,5 °C/W	HRK 0,5C	C	1300 g	41920030

(Bestellangaben siehe Kapitel 1)

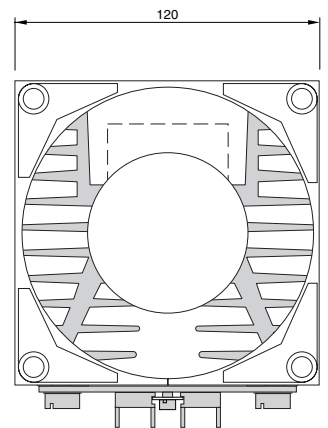
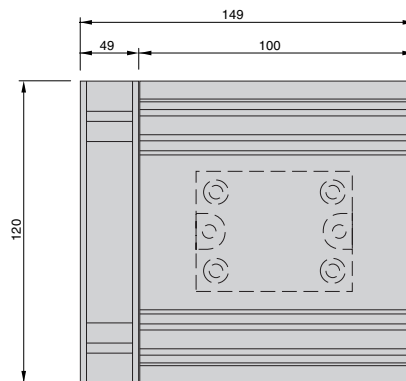
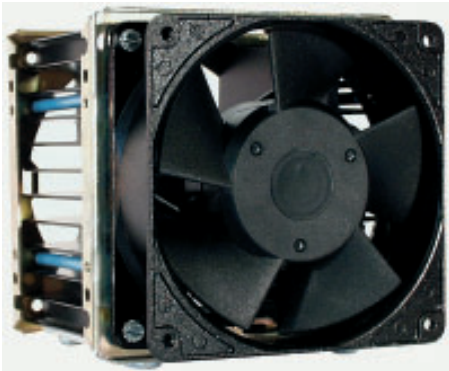
## Zubehör

### Lüfter zu Ein- und Zweiphasenrelais



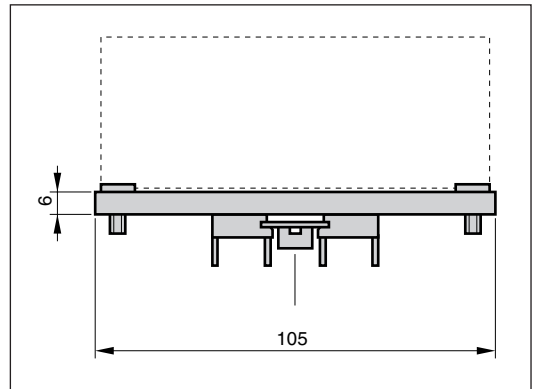
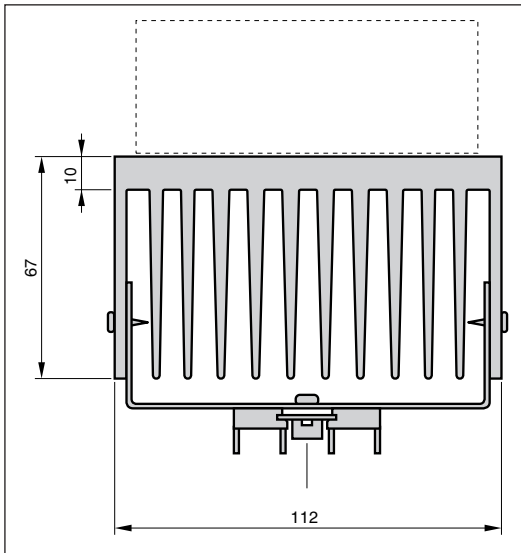
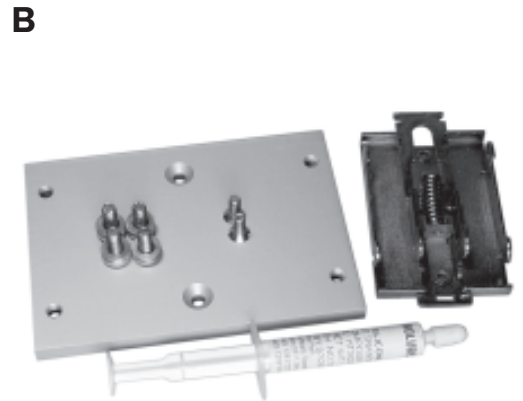
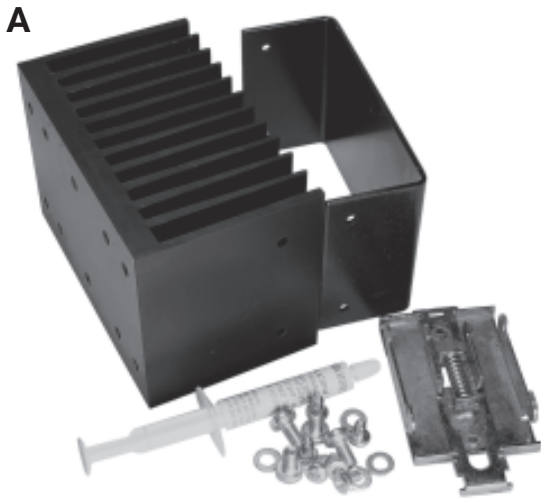
#### Lüfterbausatz zu Kühlkörper Typ HRK 0,5C

Typ	HRK 0,5LB 230
Betriebsspannung	230 VAC
Leistungsaufnahme	20 W
Wärmeableitwert montiert auf HRK 0,5	0,25 °C/W
Gewicht ohne Kühlkörper	850 g
Befestigungsschrauben im Lieferumfang enthalten	
Artikel-Nummer	41920031
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)	



## Zubehör

### Kühlkörper zu Dreiphasenrelais



**Alle Bauformen:**

Tiefe 75 mm

Zwischen Halbleiterrelais und Kühlkörper ist unbedingt Wärmeleitpaste aufzutragen.

Bezeichnung	Typ	Abmessung	Gewicht	Artikel-Nummer
Kühlkörper 0,8 °C/W	HRK 0,8	A	795 g	41920019
Kühlkörper 5,0 °C/W	HRK 5,0	B	190 g	41920020

(Bestellangaben siehe Kapitel 1)

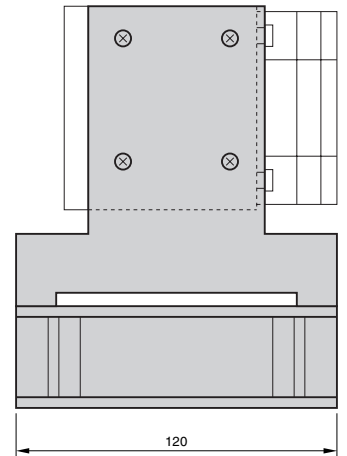
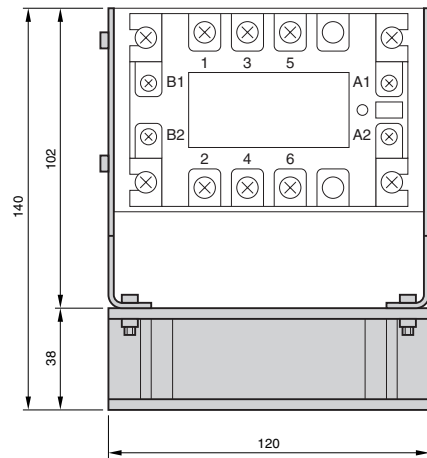
## Zubehör

### Lüfter zu Dreiphasenrelais



#### Lüfterbausatz zu Kühlkörper Typ HRK 0,8

Typ	HRK 0,8LB 230
Betriebsspannung	230 VAC
Leistungsaufnahme	20 W
Wärmeableitwert montiert auf HRK 0,8	0,25 °C/W
Gewicht ohne Kühlkörper	730 g
Befestigungsschrauben im Lieferumfang enthalten	
Artikel-Nummer	41920002
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)	



## Zubehör

### Thermoschutz zu Dreiphasenrelais

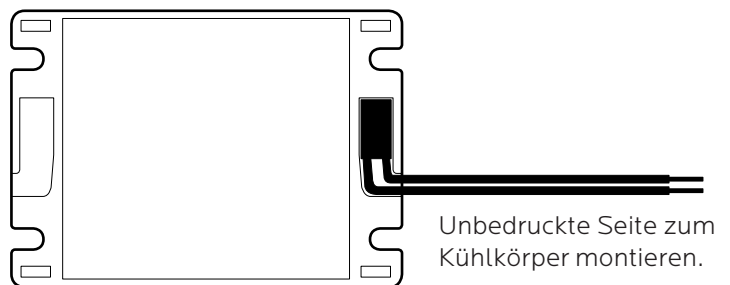
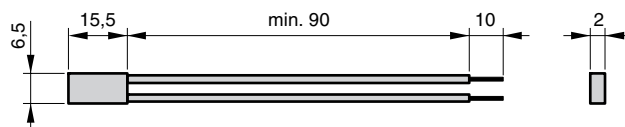
#### Hinweis:

Durch das sehr kleine Gehäuse des Thermoschalters und die direkte Montage auf dem Kühlkörper erfolgt eine schnelle Reaktion bei Temperaturänderungen.

Wird der Thermoschalter in Reihe mit der Ansteuerspannung geschaltet, unterbricht der Schalter die Ansteuerung, sobald die zulässige Betriebstemperatur überschritten wird. Sinkt die Betriebstemperatur auf den zulässigen Wert, wird die Ansteuerung wieder freigegeben.

Wahlweise kann der Thermoschalter beim Dreiphasen-Lastrelais auch an die zwei freien Klemmen B1 und B2 angeschlossen werden, um eine Übertemperaturmeldung über eine Alarmleuchte oder ein Relais zu ermöglichen.

**Vorsicht beim Betrieb von Motoren, da diese beim Absinken der Temperatur automatisch wieder eingeschaltet werden.**



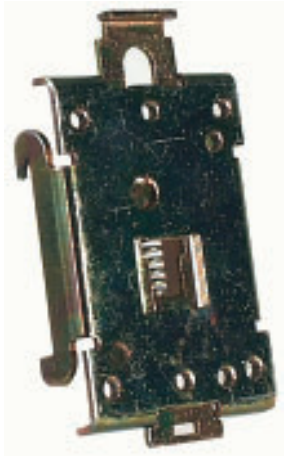
Bezeichnung	Typ	Gewicht	Artikel-Nr.
Thermoschalter 70 °C	TS 70	-	41920014
Thermoschalter 90 °C	TS 90	-	41920016

(Bestellangaben siehe Kapitel 1)

Nur zu verwenden mit der Bauform HRL.

## Zubehör

### DIN-Schienenbefestigung, Wärmeleitfolien und Überspannungsschutz



#### DIN-Befestigung DB 2

zu Bauform HRS

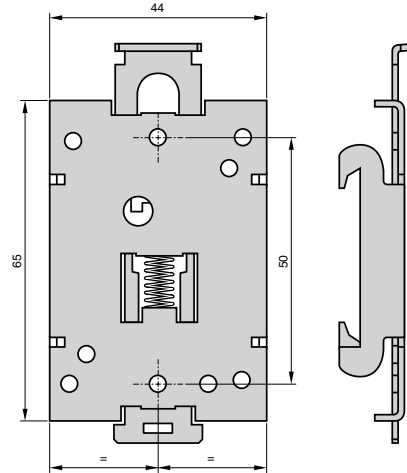
(Bestellangaben siehe Kapitel 1)

**Gewicht**

60 g

**Artikel-Nr.**

41920013



#### Wärmeleitfolie

Typ B: WLF 1PH

Typ C: WLF 3PH

(Bestellangaben siehe Kapitel 1)

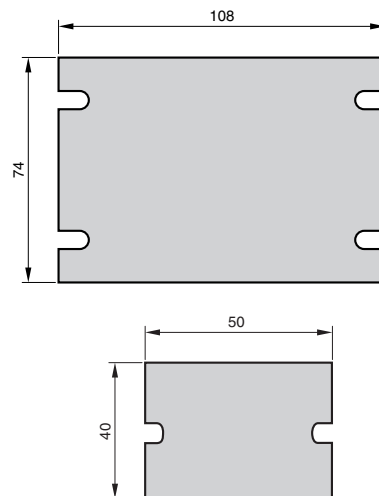
**Gewicht**

-

**Artikel-Nr.**

41920005

41920025



1PH



3PH

#### Metalloxydvaristor

V250 1PH

V460 1PH

V460 3PH (Set zu 3 Stück)

(Bestellangaben siehe Kapitel 1)

**Gewicht**

4 g

4 g

4 g

**Artikel-Nr.**

41920010

41920011

41920024

Dauerbelastbarkeit

0,2 W

Stossstrom (8 / 20  $\mu$ s)

6,5 kA

Ansprechzeit

<25 ns

Betriebstemp. bei Vollast

-40 ... +85 °C

Spannungsfestigkeit

$\leq 2,5$  kV ACeff

Isolationswiderstand

$\leq 1$  GW

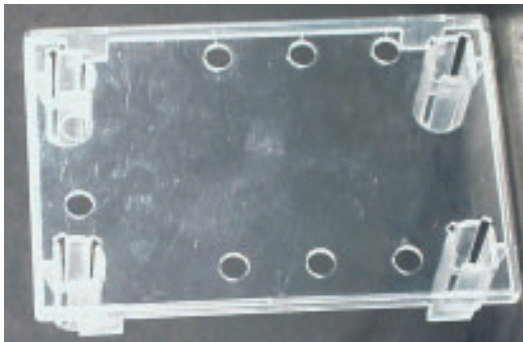
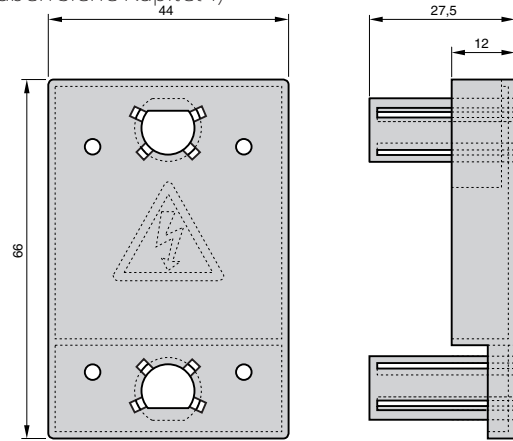
## Zubehör

### Schutzabdeckung



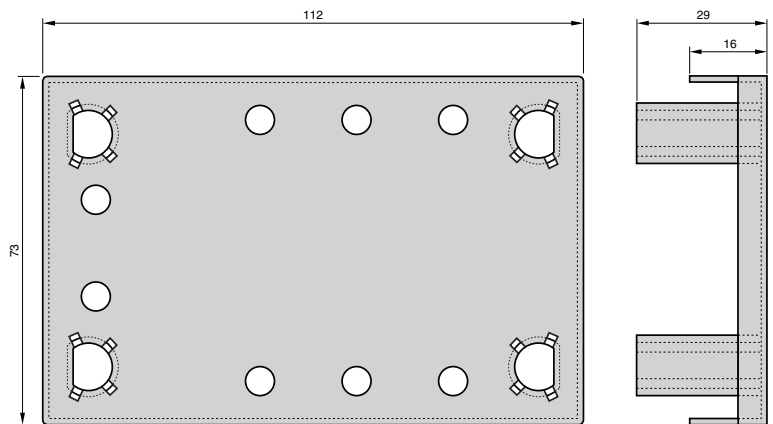
Bezeichnung Nr.	Typ	Gewicht	Artikel-
Schutzabdeckung zu HRS	SA 2	11 g	41920012

(Bestellangaben siehe Kapitel 1)



Bezeichnung	Typ	Gewicht	Artikel-Nr.
Schutzabdeckung zu HRV	SA 3	28 g	41920026

(Bestellangaben siehe Kapitel 1)





## Anwendungshinweise

### Kontaktloses Schalten in allen Bereichen

Halbleiterrelais von Selectron Systems AG eignen sich besonders für Bereiche wo hohe Ströme schnell geschaltet werden müssen wie zum Beispiel zur Temperaturregelung bei Heizungen, oder wo starke Vibrationen vorhanden sind (keine mechanisch beweglichen Teile), oder wenn erschwerte Umweltbedingungen herrschen wie hohe Luftfeuchtigkeit, extreme Temperaturen, usw.

- AC-Lastspannungsbereiche bis 660 VAC
- AC-Laststrombereiche bis 125 A
- DC-Lastspannungsbereiche bis 200 VDC
- DC-Laststrombereiche bis 40 A
- Nullspannungsschalter
- Momentanschalter
- Wartungsfrei
- Hohe Schaltfrequenz
- Betriebstemperatur -40 °C bis +80 °C



### Die Surface-Mount-Technologie SMT

Alle Relais von Selectron Systems AG basieren auf SMT. Dank modernster Bestückungstechnik konnte die Fehlerquote entscheidend gesenkt werden. Das Ergebnis ist eine unübertroffene und gleich bleibende Qualität.

### Solid state relays (SSR) überschreiten 2 000 000 Betriebsstunden

Der durch SMT und andere raffinierte Fertigungsmethoden erreichte Qualitätsstandard zeigt sich in der Berechnung der "Mean Time Between Failure" (Durchschnittliche Zeit zwischen zwei Fehlern) (MTBF).

Der Berechnung zugrunde gelegt ist die zu erwartende Betriebsstundenzahl einer Relaisfamilie dividiert durch die Anzahl der nicht applikationsbedingten Ausfälle.

Als festgelegte Annahme werden nur 10% gemeldete Ausfälle in der Berechnung angenommen.

Die kalkulierte MTBF wird beeinflusst von den jeweiligen Betriebsstunden einer Relaisfamilie, die zwischen 2 Mio. und 40 Mio. liegen.

### Der Test-Vorteil

Alle von Selectron Systems AG vertriebenen SSRs durchlaufen sowohl vor als auch nach der Einkapselung eine umfassende Testreihe. Dabei werden zur Qualitätssicherung nacheinander folgende Tests durchgeführt:

- Selbsttest der automatischen Tester
- Spannungsabfall in Durchlassrichtung
- Sperrspannung
- Einschaltspannung (in Abhängigkeit vom Modell AC oder DC)
- Ausschaltspannung (in Abhängigkeit vom Modell AC oder DC)
- Korrekte Arbeitsweise bei ohmscher Last
- 100 %ige Funktionstests bei einem Leistungsfaktor von 0,5 induktive Last
- Leckstrom bei Nennspannung
- Isolationsspannung Eingang-Ausgang und Ausgang-Bodenplatte



## Sicherheitstechnische Hinweise

Diese Dokumentation enthält die erforderlichen Informationen für den bestimmungsgemäßen Gebrauch der darin beschriebenen Produkte. Sie wendet sich an technisch qualifiziertes Personal, das

- entweder als Projektierungs-personal mit den Sicherheits-Konzepten der Automatisierungstechnik vertraut ist;
- oder als Bedienungspersonal im Umgang mit Einrichtungen der Automatisierungstechnik unterwiesen ist und den auf die Bedienung der Geräte bezogenen Inhalt dieser Dokumentation kennt;
- oder als Inbetriebsetzungs- und Servicepersonal eine zur Reparatur derartiger Einrichtungen der Automatisierungstechnik befähigende Ausbildung besitzt bzw. die Berechtigung hat, Stromkreise und Geräte/Systeme gemäss den Standards der Sicherheitstechnik in Betrieb zu nehmen, zu erden und zu kennzeichnen.

Die Produkte werden entsprechend der einschlägigen VDE-Bestimmungen, VDE-Vorschriften und IEC-Empfehlungen konstruiert, hergestellt und geprüft.

### Gefahrenhinweise

Diese Hinweise dienen einerseits als Leitfaden für die am Projekt beteiligten Personen und andererseits der Sicherheit vor Beschädigung des beschriebenen Produktes oder angeschlossener Geräte. Sie sind unbedingt zu beachten.

In Anbetracht der fortschreitenden technischen Entwicklung kann es vorkommen, dass das Schaltschema im Katalog mit dem am Gerät angebrachten Schema nicht mehr übereinstimmt. In allen Fällen, wo dies der Fall ist, ist das Schema am Gerät ausschlaggebend für elektrische Anschlüsse.

### Bestimmungsgemässer Gebrauch, Geräteaufbau und Montage

Die Geräte dürfen nur für die im Katalog und in der technischen Beschreibung vorgesehene Einsatzfälle und nur in Verbindung mit von Selectron Systems AG empfohlenen bzw. zugelassenen Fremdgeräten und -Komponenten verwendet werden.

Weiter ist zu beachten, dass :

- die Geräte spannungsfrei sein müssen, bevor sie montiert oder demontiert werden oder der Aufbau verändert wird.
- elektronische Halbleiterausgänge weder mit Lampen getestet noch an Spannungen angeschlossen werden dürfen, die die angegebenen Werte übersteigen.
- der einwandfreie und sichere Betrieb der Produkte sachgemässen Transport, sachgerechte Lagerung, Aufstellung und Montage sowie sorgfältige Bedienung voraussetzt.
- die Geräte nur durch eine Fachkraft installiert werden dürfen. Dabei sind die entsprechenden Vorschriften nach VDE 0100, VDE 0113, IEC 364 usw. zu berücksichtigen.

### Verhütung von Material- oder Personenschäden

Überall dort, wo in der Automatisierungseinrichtung auftretende Fehler grosse Materialschäden oder sogar Personenschäden verursachen können, müssen zusätzliche, externe Sicherheitsvorkehrungen getroffen oder Einrichtungen geschaffen werden, die auch im Fehlerfall einen definierten Betriebszustand gewährleisten bzw. erzwingen (z.B. durch unabhängige Grenzwertschalter, mechanische Verriegelungen usw.).

### Hinweise zur Projektierung und Installation der Produkte

- Die im spezifischen Einsatzfall geltenden Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften sind zu beachten.
- Bei Geräten, die mit Netzspannung betrieben werden, ist vor Inbetriebnahme zu kontrollieren, ob der eingestellte Spannungsbereich mit der örtlichen Netzspannung übereinstimmt.
- Bei 24V-Versorgung ist auf eine sichere elektr. Trennung der Kleinspannung zu achten. Nur nach IEC 364-4-41 bzw. HD 384.04.41 (VDE 0100 Teil 410) hergestellte Netzgeräte verwenden.
- Einrichtungen der Automatisierungstechnik und deren Bedienelemente sind so einzubauen, dass diese gegen unbeabsichtigte Betätigung ausreichend geschützt sind.

### Garantie / Haftung

Selectron Systems AG leistet für ihre Produkte dem Besteller vom Versanddatum an gerechnet ein Jahr Garantie. Alle Garantieansprüche müssen innerhalb von 30 Tagen nach Feststellung des Defektes gemacht und die fehlerhaften Produkte auf Kosten des Bestellers retourniert werden. Das Recht des Bestellers auf Schadenersatz wird nach Befund von Selectron Systems AG wahrgenommen und die defekten Produkte entweder repariert oder ersetzt.

Im übrigen verweisen wir auf die "Allgemeinen Geschäftsbedingungen" der Selectron Systems AG.

### Technische Spezifikationen

Die Angaben in dieser Dokumentation entsprechen dem Stand der Entwicklung zur Zeit der Drucklegung. Selectron Systems AG behält sich vor, Änderungen, die dem technischen Fortschritt, bzw. der Produktverbesserung dienen, jederzeit und ohne Angabe von Gründen vorzunehmen.

# Technik der Halbleiterrelais (SSR)

## Allgemeines

### Definition

Halbleiterrelais (auch: kontaktloses Relais oder Solid-State-Relais = SSR) erfüllen viele Aufgaben, die auch von einem elektromechanischen Relais (EMR) ausgeführt werden können. Im Unterschied zum EMR weist das SSR keine beweglichen mechanischen Teile auf, d.h. es ist im wesentlichen ein elektronisches Bauteil, das auf den elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften von Halbleitern und elektrischen Komponenten basiert, um eine Trenn- und Schaltfunktion vorzunehmen.

In den letzten zehn Jahren wurden viele Standards erarbeitet, welche die SSR-Gehäuse betreffen. In erster Linie in Bezug auf die rechteckige Form, die inzwischen zum Industriestandard für das Leistungsschalten geworden ist.

### Anwendungen

Seit seiner Einführung hat das SSR als Technologie auch in denjenigen Bereichen Einzug gefunden, die bis dahin ausschließlich dem EMR oder den Schaltschützen vorbehalten waren. Halbleiterrelais werden hauptsächlich zum Schalten von ohmschen, induktiven und kapazitiven Lasten eingesetzt wie z.B. Heizelemente, Licht, Antriebe, Motoren, Magnete, Ventile, Transformatoren, usw.

Einige typische Anwendungsgebiete für den Einsatz von Halbleiterrelais sind Fertigungsanlagen, Kunststoff- und Verpackungsmaschinen, Anlagen der Nahrungsmittelindustrie, Industriebeleuchtungen, Brandschutz- und Sicherheitssysteme, Abfüllmaschinen, Produktionsanlagen, bordeigene Leistungsregelung, Verkehrsregelung, Messgeräte, Automaten, Prüfsysteme, Büromaschinen, Medizintechnik, Aufzugsteuerung u.v.m.

### Vorteile der Halbleiterrelais

Wird ein SSR in der für die vorgesehene Anwendung richtigen Weise eingesetzt, weist es viele Merkmale auf, die beim EMR oft nur schwer zu erreichen sind. So gehören Zuverlässigkeit, lange Nutzungsdauer, eine signifikant verringerte elektromagnetische Beeinflussung (EMB), schnelles Ansprechen und hohe Schwingungsfestigkeit zu seinen Vorzügen.

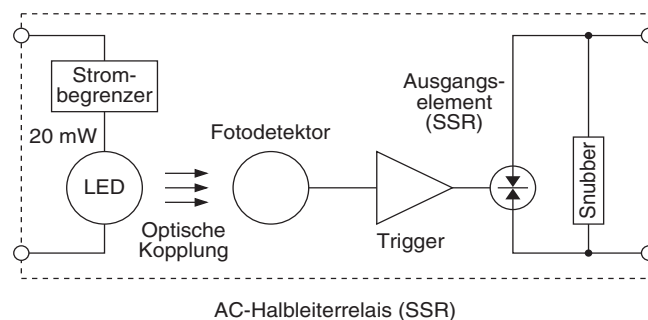
Heute wird von Selectron Systems AG nicht nur eine bessere Wirksamkeit der benutzten Komponenten erwartet, sondern verlangt. Dank der Anwendung von auf der Oberfläche montierten Halbleiterschaltkreisen bietet ein SSR den Konstrukteuren, Ingenieuren und Wartungstechnikern wesentliche Vorteile gegenüber den alternativen Technologien.

Diese Vorteile sind in erster Linie gleich bleibende Arbeitsweise und längere Lebensdauer. Solid state relays haben weder bewegliche Teile die verschleissen

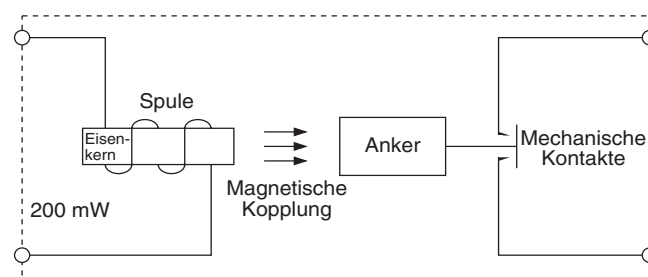
können, noch Abreisskontakte die abgebaut werden können, was oft die Ursachen für eine Störung in einem EMR sind. Diese Tatsachen sind in der Industrie längst bekannt und lassen sich kurz auf einen Nenner bringen: Keine mechanisch beweglichen Teile = kein mechanischer Stress

- Nullspannungs-Einschalten, niedrige elektromagnetische Beeinflussung/niedrige Hochfrequenzstörung
- Zufälliges Einschalten, Proportionalsteuerung
- Lange Lebensdauer (Zuverlässigkeit)  $> 10^9$  Operationen
- Keine Kontakte - bewältigt hohe Einschaltspitzen
- Kein akustisches Rauschen
- Hohe Schaltfrequenz
- Mikroprozessor kompatibel
- Flexibilität der Konstruktion
- Schnelles Ansprechen
- Keine beweglichen Teile
- Kein Kontaktprellen

Den inneren Aufbau betreffend sind sich SSR und EMR ähnlich. Das heisst, beide haben einen Eingang, der elektrisch gegen den Ausgang isoliert ist, der eine Last steuert. Abb. 1 zeigt die Grundkonfiguration sowohl des SSRs als auch des EMRs. Die Trennung erfolgt beim



AC-Halbleiterrelais (SSR)



Elektromagnetisches Relais (EMR)

Abb. 1: Konfiguration von Halbleiter- und elektromechanischem Relais

SSR durch Fotokopplung oder induktiver Kopplung und beim EMR mit Hilfe einer magnetischen Kopplung.

Vergleichen wir die beiden Technologien miteinander, kann man den Eingangssteuerkreis des SSR funktionell mit der Spule des EMR gleichsetzen, während das Ausgangsbaulement des SSRs die Schaltfunktion der Kontakte des EMR übernimmt.

Die Ansprechzeit des EMR ist von der Zeit abhängig, die

seine mechanische Masse braucht, um auf das Anlegen und die Aufhebung eines magnetischen Feldes zu reagieren. Die Ansprechzeit des SSRs wird in erster Linie durch die Schaltgeschwindigkeit des Ausgangsbauelements bestimmt, die im typischen Fall viel schneller ist d.h. Mikrosekunden bei einem DC-SSR im Vergleich zu Millisekunden beim EMR. Bei den meisten AC-SSR steht die Ansprechzeit im Verhältnis zum Phasenwinkel und zur Frequenz der Leitung und kann bei Elementen mit Nullspannung/Nullstrom beliebig verlängert werden.

Bei einer AC-Eingangssteuerung wird die Ansprechzeit sowohl des EMR als auch des SSR auf Grund des Phasenwinkels und von Filtererwägungen in gleicher Weise verlängert.

## SSR-Arbeitsweise

Zum besseren Verständnis sei hier eine kurze Funktionsbeschreibung der SSR eingefügt. Dabei sei jedoch darauf hingewiesen, dass in zahlreichen Anwendungen weder das Verstehen des inneren Schaltungsaufbaus noch dessen Funktionsweise eine Voraussetzung für den Einsatz von SSRs sind.

Die meisten SSR in den höheren Strombereichen werden mit AC- oder DC-Steuerung angeboten. Tatsächlich ist bei vielen am Eingang eine Art Strombegrenzung vorhanden, um einen praktischen Betriebsspannungsbereich zu schaffen.

### DC-Eingänge

Die Abbildungen 2A und 2B veranschaulichen zwei typische DC-Eingangsschaltungen für die Steuerung des Stroms durch den Fotokoppler LED. Das untere Ende des Eingangsbereichs ist darauf abgestimmt, den Mindesteingangsstrom bereitzustellen, den das SSR zur

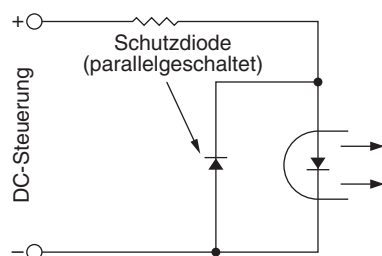


Abb. 2A: Vorwiderstand

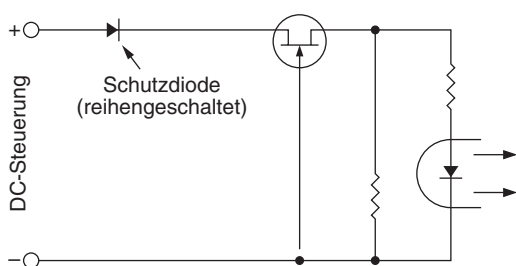


Abb. 2B: Konstantstrom-Schaltkreis

Arbeit bei der angegebenen Einschaltspannung (Ansprechspannung) braucht (im typischen Fall 3 VDC). Das obere Ende des Bereichs wird durch die Verlustleistung in der Strombegrenzungskomponente diktiert (im typischen Fall 32 VDC).

Um die Eingänge vor kurzzeitigen Spannungsspitzen zu schützen ist in der Regel eine Diode im Eingangskreis integriert. Diese kann Parallel (Abb. 2A) oder in Reihe (Abb. 2B) geschaltet sein. So wird eine Beschädigung der LED und der Konstantstromquelle vermieden. Selectron Systems AG bevorzugt die Reihenschaltung und garantiert eine Verpolungsschutzspannung von -5 VDC.

### AC-Eingänge

Modelle mit AC-Eingängen sind in der Regel für Netzspannungen von 120 und 240 VAC geeignet. Dabei liegt der typische Arbeitsbereich, bei einer Eingangsimpedanz von 60 k $\Omega$ , zwischen 90 und 280 VAC. Es wird mit Vollweggleichrichtung und kapazitiven Sieb- und Vorwiderständen (Abb. 3A und 3B) gearbeitet. Obwohl beide Schaltungen gut arbeiten, wird die Schaltung in Abb. 3B als die zuverlässigere und ausfallsicherere bevorzugt. Um eine Störung herbeizuführen, müssten zwei oder mehr Komponenten ausfallen.

In einer Schaltung gemäss Abbildung 3A würde der Durchbruch einer einzigen Diode einen Kurzschluss an der ankommenden Leitung verursachen, was zu einer Überhitzung führen könnte.

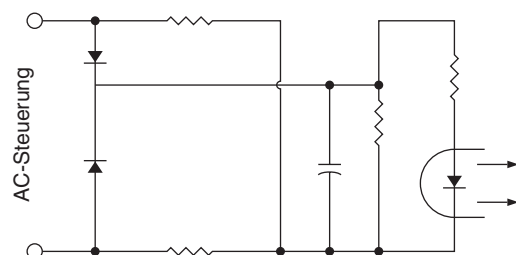


Abb. 3A: Zweiodeneingang

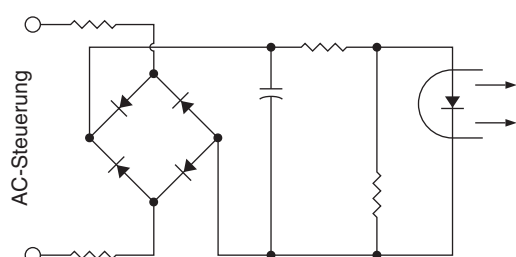


Abb. 3B: Brückeneingang

Beide in der Abbildung 3 gezeigten AC-Eingangsschaltungen sind in der Lage, mit einer DC-Quelle zu arbeiten und könnten daher als eine AC-/DC-Schaltung betrachtet werden; allerdings werden SSR-Eingänge nur selten

auf diese Weise charakterisiert. Die Schaltung in Abb. 3B müsste mit einem ähnlichen DC-Regelbereich wie die AC-Quelle (Effektivwert) arbeiten. Andererseits könnten bei der Schaltung von Abb. 3A Probleme mit der Verlustleistung bei den Eingangswiderständen auftreten, da diese bei 50 % Auslastungsgrad nicht mehr arbeiten würden. In beiden Fällen zeichnet sich das SSR dadurch aus, dass es mit einem DC-Signal jeder Polarität arbeitet. Gut konstruierte AC-Eingangs-Ausgangs-SSRs können mit getrennten Energiequellen unterschiedlicher Frequenzen arbeiten, solange sich beide innerhalb der festgelegten Grenzen von Spannung, Frequenz und Isolierung bewegen. Die Netzfrequenz für den Eingang wie auch für den Ausgang ist im typischen Fall auf 47 bis 63 Hz festgelegt, wobei die Obergrenze nicht von kritischer Bedeutung für die Eingangssteuerleistung ist, da der Eingang gleichgerichtet und gefiltert wird. Dagegen ist die Obergrenze der Frequenz für einen Ausgang weniger flexibel, besonders bei einem Triac, das definitive Frequenzgrenzen aufweist, die mit dessen Kommutationsfähigkeit im Zusammenhang stehen. Ein SCR-Ausgangspaar kann mit wesentlich höheren Frequenzen arbeiten. In diesem Fall werden jedoch auf Grund der Beschränkungen der Schaltungszeit in der Treiberschaltung andere SSR-Parameter zu begrenzenden Faktoren (z.B. kann durch jede Halbperiode das Null-Schaltfenster erweitert und/oder das Einschalten verzögert werden, was letztlich zum Aufschalten oder zur Sperrung führt).

## Nullspannungsschalter

Im Normalfall wird mit AC-SSRs mit Nullspannungseinschalten (oder dem Nulldurchgang) gearbeitet (Abb. 4), um während des anfänglichen Einschaltens sowohl die elektromagnetische Beeinflussung als auch die hohen Einschaltstossströme zu verringern. Ohne den Nulldurchgang wird die Lastspannung zufällig an jedem beliebigen Punkt im Netzspannungszyklus an der Last angelegt.

Mit dem Nulldurchgang wird die Netzspannung nur dann auf die Last geschaltet, wenn diese annähernd gleich Null ist, was im typischen Fall mit einem Höchstwert von  $\pm 15$  V Spitze angegeben wird. Folglich ergibt sich nur eine sehr geringe Änderung in der Leistung und es werden proportional niedrigere Pegel der elektromagnetischen Beeinflussung erzeugt. Nach dem Nulldurchgang kann die «Null»-Schaltspannung, welche die Grenzen des Schaltfensters definiert, auch in Begriffen des Phasenwinkels oder, entsprechend umgewandelt, der Zeit ausgedrückt werden:

Spannung zu Phasenwinkel (15 V) oder Phasenwinkel zur Zeit ( $5^\circ$ ):

$$\phi = \sin^{-1} \frac{U \text{ schalt. max.}}{\text{Netz } V_{\text{eff}} (\sqrt{2})} \quad T = \frac{\frac{1}{2} \text{ Periode ms}}{\frac{1}{2} \text{ Periode Grad}} \times \phi$$

$$\phi = \sin^{-1} \frac{15}{120 \times 1,41} \quad T = \frac{8,3}{180} \times 5$$

$$\underline{\underline{\phi = 5^\circ}} \quad \underline{\underline{T = 0,23 \text{ ms}}}$$

Die Nullstrom-Ausschaltung ist ein besonderes Merkmal der Thyristoren, die in AC-SSRs eingesetzt werden, unabhängig davon, ob mit einer Nullspannung gearbeitet wird. Sobald der Thyristor getriggert ist, bleibt er für den Abgleich der Halbperiode eingeschaltet. Bei einer ohmschen Last liegt dieser Punkt nahe der Nullspannung (Abb. 4). Bei einer induktiven Last ist die Menge der in der Last gespeicherten Energie eine Funktion des durch diese fließenden Stromes. Da dieser im Ausschaltmoment nahe Null ist, ist ein induktiver «Rückprall» faktisch ausgeschlossen. Dies ist wahrscheinlich das vorteilhafteste Merkmal des SSRs, angesichts der zerstörerischen Wirkungen von «Abreisskontakten», die beim Schalten von induktiven Lasten mit einem EMR auftreten.

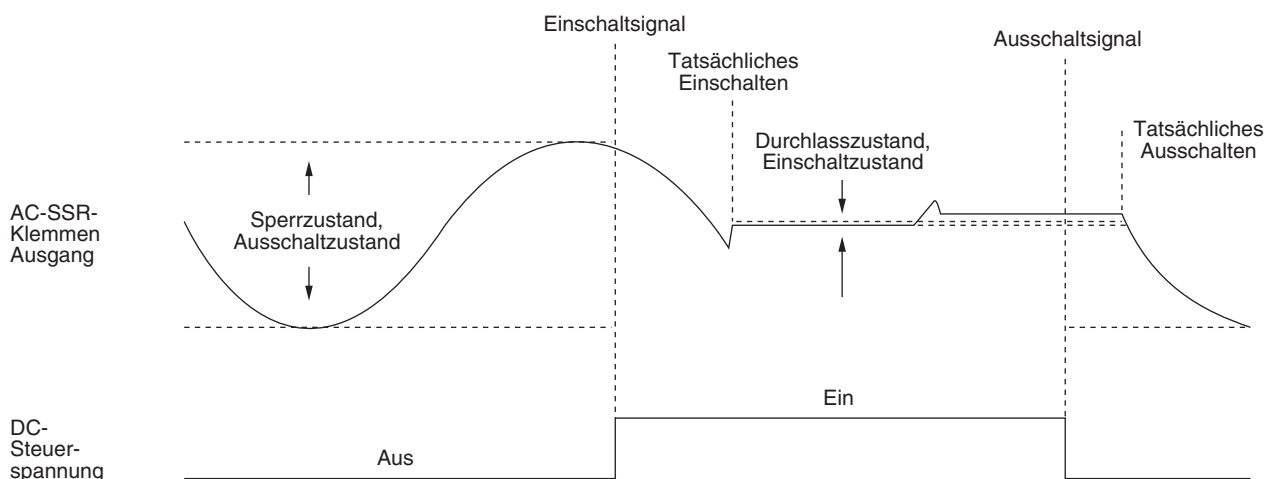


Abb. 4: Nullspannungseinschalten

## Eigenschaften von SSRs

Um Ihnen die Wahl eines für Ihre Anwendungen geeigneten SSRs so leicht wie möglich zu machen, bietet Selectron Systems AG eine breite Produktpalette mit verschiedenen Gehäusen, Montageoptionen, Anschlusstypen und mit unterschiedlichen Schaltfähigkeiten an.

### Auswahl des idealen SSRs

Ist für eine bestimmte Anwendung das geeignete SSR zu ermitteln, sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- die Anforderungen an die Eingangssteuerung
- die Ausgangsspannung
- den Last- oder Ausgangsstrom
- die Anforderungen an die Isolation und die Installation

In vielen Fällen ist es in erster Linie von der Belastungsleistung abhängig, ob das SSR auf einer Leiterplatte, Schalttafel oder DIN-Schiene montiert wird. Bei Lasten von mehr als 5 bis 7 A ist eine Wärmeableitvorrichtung erforderlich, um die entstehende Wärme vom SSR wegzuführen. Je nach Ausführung der SSRs von SIG Positec Systems sind Wärmeableitvorrichtungen standardmässig integriert oder sind separat zu Bestellen.

## Ansteuern des SSRs

Um den Ausgang eines SSRs zu aktivieren, wird am Eingang eine Spannung angelegt, die grösser als jene ist, die als maximale Einschaltspannung festgelegt ist (im typischen Fall 3 VDC). Der ausgeschaltete Zustand tritt ein, wenn Null oder weniger als die minimale Ausschaltspannung angelegt wird (im typischen Fall 1 VDC). Bei einem AC-Eingang wären die typischen Effektivwerte zum Einschalten 90 V und zum Ausschalten 10 V. Dabei wird davon ausgegangen, dass DC eine gleichbleibende DC-Spannung einer Polarität ist und AC eine ausreichend gut geformte Sinuswelle darstellt.

Unter Berücksichtigung der Eingangs-/Ausgangsisolierung kann der Schalter, der den Eingang zu einem SSR steuert, mit jeder der beiden Eingangsklemmen in Reihe angeordnet werden, wenn man davon ausgeht, dass die Polarität eingehalten wird (DC). Die gleiche Flexibilität gilt für die Ausgangsseite, bei der die Last ebenfalls mit jeder der Ausgangsklemmen in Reihe angeordnet werden kann. Es gibt einige spezielle Typen mit in der Regel mehr als zwei Eingangs- oder Ausgangsklemmen, bei denen die Funktionen festgelegt sind (d.h. VCC-Logik-Eingang und gemeinsam).

Das Aktivierungssignal kann von mechanischen Kontakten oder anderen elektrischen Bauteilen abgeleitet werden (Abb. 5). Die Mindestspeisespannung durch diese Kontakte kann gleich der Einschaltspannung des SSRs sein (im typischen Fall 3 V), während die positiv

oder negativ bezogenen Transistoren eine Mindestspeisespannung benötigen, die einige Zehntel Volt über dem festgelegten Einschaltswellenwert liegt, beispielsweise 3,5 VDC. Das ist auf deren Spannungsabfall in Durchlassrichtung von ca. 0,2 bis 0,4 V zurückzuführen, wenn sie im Emitterbasismodus angesteuert werden.

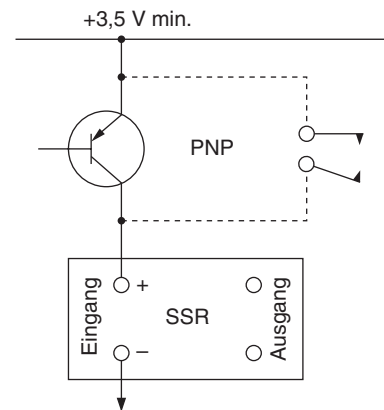


Abb. 5A: PNP-Transistor

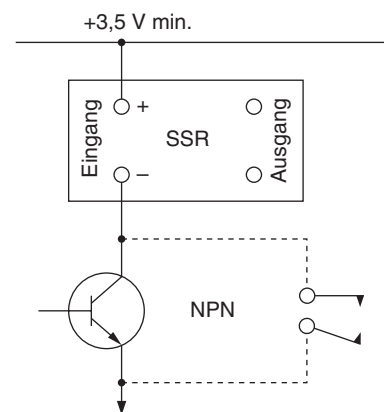


Abb. 5B: NPN-Transistor

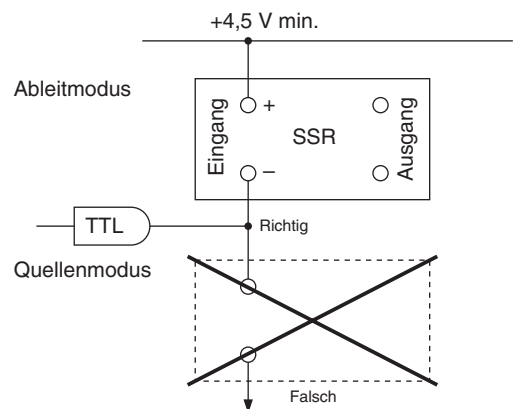


Abb. 5C: TTL-Gate

## TTL-Ansteuerungsmethoden (Transistor-Transistor-Logik)

Ein Standard-TTL-Gate kann mit seiner Ableitfähigkeit von 16 mA die meisten SSRs ansteuern. Aber nur wenige SSRs können zuverlässig mit dem den Gates zur Verfügung stehenden Sourcedstrom von nur 400  $\mu\text{A}$  betrieben werden. Ausserdem können im Sourcemodus (d.h. Gate-Ausgang im positiven Zweig des SSR) die Mindestanforderungen an den Spannungsschwellenwert des SSR nicht erfüllt werden.

Das Verhältnis des TTL-Gates zu einem SSR ist in Abb. 6 schematisch dargestellt. Bei dieser Konfiguration sollte die SSR-Speisespannung und die Gate-VCC gemeinsam sein und mit den für TTL spezifizierten Grenzen von beispielsweise 5 V  $\pm 10\%$  übereinstimmen. Man kann feststellen, dass Q2 im wesentlichen wie ein einzelner NPN-Transistor im Emitter-Sättigungszustand arbeitet, wenn das SSR auf Positiv bezogen ist und das Gate bei logisch «0» ist. In diesem Modus kann das Gate bei einem maximalen Spannungsabfall von 0,4 V bis zu

logisch «1» ist, leitet Q1, sättigt sich aber nicht, da es als Emittterverstärker wirkt (gemeinsamer Kollektor). In diesem Modus kann das Gate bis zu 400 A Sourcedstrom bringen, der Gesamtspannungsabfall aber ist gleich:

$$R1_{(IR \text{ Abfall})} + Q1_{VBE} + CR1_{VF}$$

Die Summe dieser Werte, subtrahiert vom schlimmsten Fall VCC, ergibt eine minimale Ausgangsspannung von 2,4 V, was um 0,6 V unter dem Einschalt-Schwellenwert des SSRs liegt (wenn eine Einschaltspannung von 3 V angenommen wird). Obwohl bestimmte SSRs durchaus zufriedenstellend in diesem Modus arbeiten können, wird das nicht empfohlen. Sowohl der verfügbare Strom als auch die Mindestspannung werden als unzureichend für das typische, optisch isolierte SSR angesehen.

Es ist zu Beachten, dass sich der Gate-Ausgang von 2,4 V im Logik-Zustand «1» nur auf eine negativ bezogene Last bezieht. Er stellt keine Spannungsquelle für eine positiv bezogene Last (SSR) dar, da er in diesem Fall offensichtlich grösser als die Spannung im ausgeschalteten Zustand wäre. Es wird erneut auf Abb. 6 Bezug

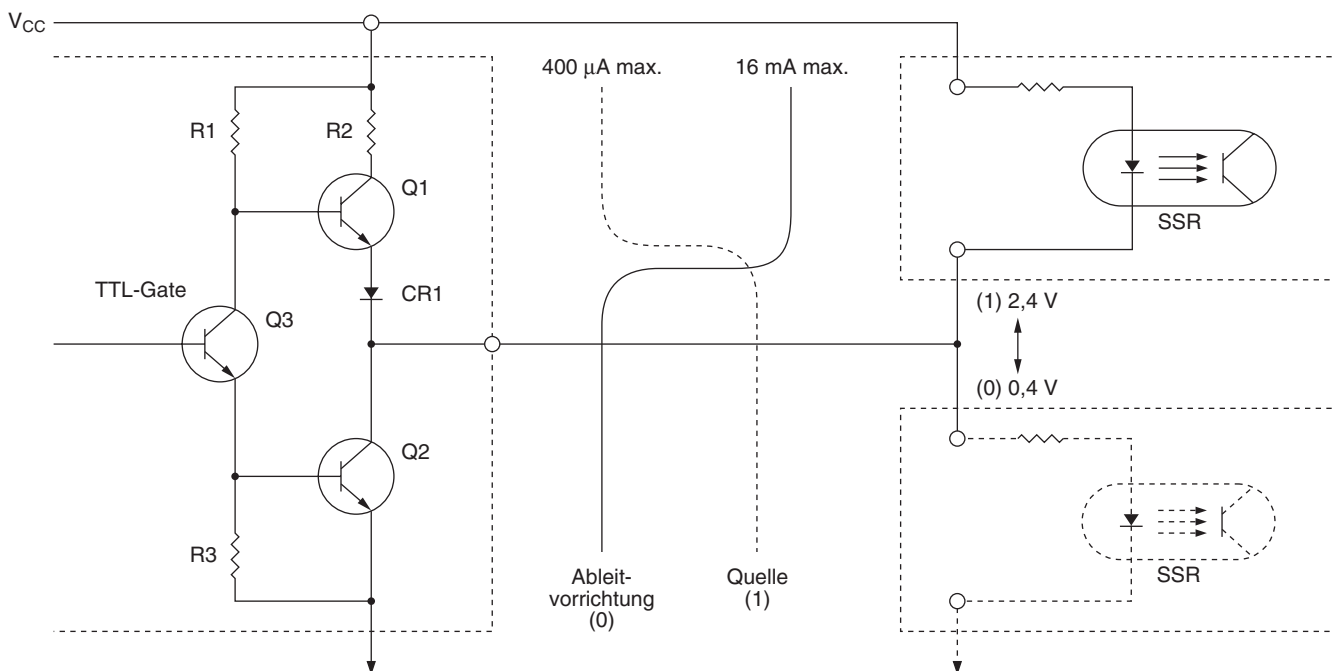


Abb. 6: Ansteuerung mittels TTL-Gates

16 mA ableiten. Subtrahiert man 0,4 V vom schlimmsten Fall wenn VCC = 4,5 V, erscheint an den Eingangsklemmen des SSRs ein Minimum von 4,1 V, was zum Einschalten der meisten SSRs ausreicht. Bei unterschiedlichen Toleranzen der Speisespannung müssten die Werte entsprechend abgestimmt werden.

Wenn das SSR auf Negativ bezogen ist und das Gate bei

genommen, Q2 wäre ausgeschaltet und CR1 ist in Sperrrichtung vorgespannt, folglich handelt es sich im wesentlichen um einen offenen Stromkreis mit einem Potential von faktisch Null am SSR.



## Festkörperschaltkreis-(IS) und andere Treiberquellen

Die meisten CMOS- und NMOS- (N-Kanal-MOS) Logik-Familien lassen sich nicht direkt mit SSR kombinieren, von einigen wenigen speziell konstruierten Typen abgesehen. Ein gepuffertes CMOS-Gate kann jedoch zuverlässig ein SSR ansteuern, das niedrige Anforderungen an die Eingangsleistung hat (d.h.  $>1500 \Omega$  bei 5 V) und ebenso wie die TTL im Ableitmodus betrieben wird.

Abbildung 7 zeigt 1/6 eines 4049- (umkehrenden) oder 4050- (nicht umkehrenden) CMOS-Hex-Puffers, der ein solches SSR mit einer gemeinsamen 5 V Versorgung ansteuert. Der CMOS kann natürlich auch bei höheren Spannungen arbeiten, es muss aber darauf geachtet werden, dass das Gate nicht durch eine zu hohe Verlustleistung überlastet wird.

Häufig werden zum Ansteuern von SSRs auch integrierte Schaltungen mit offenem Kollektorausgang einge-

setzt (Abb. 8). Die IS mit offenem Kollektor hat ohne einen aktiven oder passiven "pull-up"-Widerstand genügend Leistung, um ein SSR direkt zu steuern. Ausgänge mit offenem Kollektor können, wie Einzelbauelemente, auch durch eine logische ODER-Operation verknüpft werden, so dass das SSR durch jeden der zahlreichen Ausgänge gesteuert werden kann. Ausserdem braucht die SSR Speisespannung nicht gleich der IC VCC zu sein, vorausgesetzt, dass eine Seite gemeinsam ist und die Höchstspannung und der Strom von Transistor und SSR nicht überschritten werden.

SSRs brauchen zur Rauschminderung oder aus anderen funktionellen Gründen im allgemeinen keinen Anzugs- oder Nebenschlusswiderstand. Ein offener Eingang erzeugt, wenn er nicht einem bestimmten Logik-Pegel

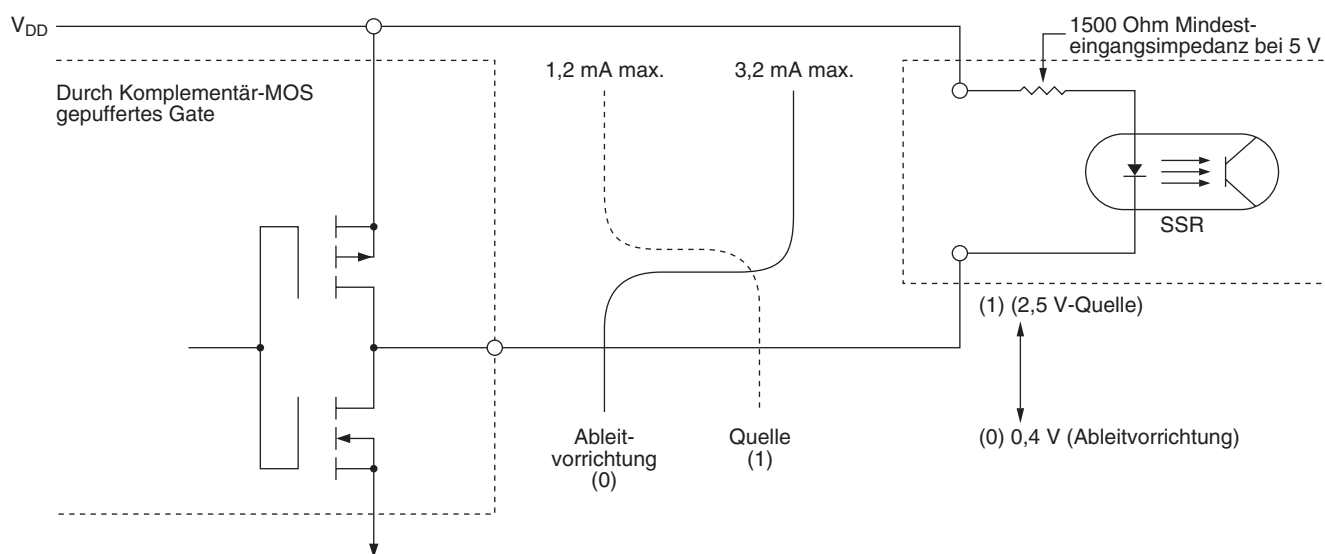


Abb. 7: Ansteuerung über gepuffertes CMOS-Gate

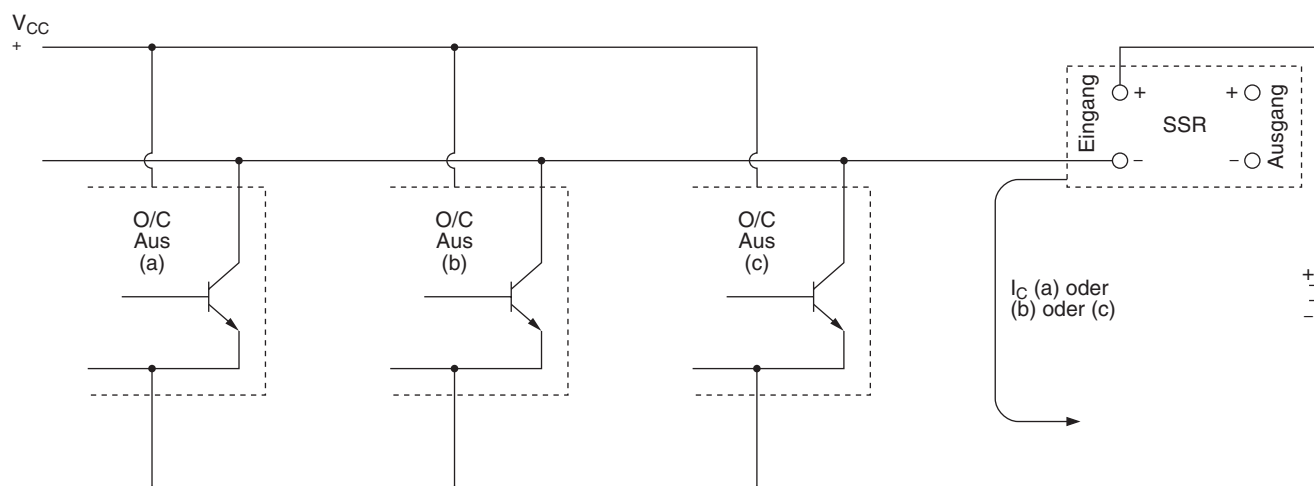


Abb. 8: Ansteuerung über offenen Kollektor

zugeordnet ist, am Ausgang einen offenen oder Ausschaltzustand (sofern keine andere Zuweisung erfolgte). Die Eingangsleitungen müssten ausserordentlich lang sein und durch eine rauschbehaftete Umgebung führen, damit an den Eingangsklemmen ein Rauschen von Bedeutung auftreten könnte, das eine Zustandsänderung des SSRs bewirken würde.

### Leckverlust von der Treiberquelle

Im Blockierzustand führt der Leckstrom in den steuernden Halbleitern (Abb. 6 bis 8) normalerweise nicht zum Einschalten des SSRs, da er nur einige Mikroampère beträgt. Trotzdem sollte zuerst der Leckstrom im Blockierzustand (Ausgang) jedes gepackten Solid-State-Treiberelements (z. B. Temperaturregler usw.) auf Verträglichkeit mit dem SSR überprüft werden.

Eine geeignete Methode besteht darin, den maximalen Leckstrom (A) mit der maximalen Eingangsimpedanz (Ohm) des SSRs zu multiplizieren. Die dabei ermittelte Spannung sollte niedriger sein als die festgelegte Ausschaltspannung. Ist das nicht der Fall, kann ein ohmscher Nebenschluss am Eingang des SSRs erforderlich werden.

## Thermische Überlegungen

Beim Einsatz eines Solid-State-Relays ist unbedingt zu beachten, dass die im SSR entstehende Wärme effizient abgeleitet wird. SSRs haben eine relativ hohe «Kontakt»-Verlustleistung von mehr als 1 Watt pro Ampère. Übliche Methoden zur Wärmeableitung ist die Kühlung durch einen freiströmenden oder erzwungenen Luftstrom um das SSR oder die Verwendung von Kühlkörpern.

Bei Lasten von weniger als 5 A ist die Kühlung durch einen freiströmenden oder erzwungenen Luftstrom um das SSR in der Regel ausreichend. Bei höheren Lasten muss sichergestellt sein, dass die abstrahlende Oberfläche guten Kontakt zu einer Wärmeableitvorrichtung hat. Im wesentlichen heisst das, dass die Grundplatte des

SSRs auf einen guten Wärmeleiter, in der Regel Aluminium, montiert werden muss. Für eine gute Wärmeübertragung zwischen dem SSR und der Wärmeableitvorrichtung ist eine Wärmeleitpaste oder eine Wärmeleitfolie zu verwenden. Dadurch lässt sich der Wärmewiderstand zwischen SSR-Gehäuse und Wärmeableitvorrichtung ( $R_{\theta CS}$ ) auf einen vernachlässigbaren Wert von 0,1 °C/W (Grad Celsius pro Watt) oder weniger senken. Dieser Wert liegt in der Regel den Wärmedaten als Annahme zugrunde. Das vereinfachte Wärmemodell in Abb. 9 bezeichnet die Grundelemente, die bei der thermischen Konstruktion berücksichtigt werden müssen. Zu den Werten, die vom Anwender bestimmt werden können, gehören die Fläche zwischen SSR-Gehäuse und Wärmeableitvorrichtung ( $R_{\theta CS}$ ) und die Oberfläche der Wärmeableitvorrichtung zur Umgebung ( $R_{\theta SA}$ ).

### Thermische Berechnungen

Abb. 9 zeigt das Wärmeverhältnis zwischen dem Übergang des Halbleiters und der Umgebung.  $T_J - T_A$  ist der Temperaturgradient oder -abfall vom Übergang zur Umgebung. Der Temperaturgradient oder -abfall ist demnach die Summe der Wärmewiderstände multipliziert mit der Verlustleistung des Übergangs ( $P$  [Watt]). Folglich:

$$T_J - T_A = P (R_{\theta JC} + R_{\theta CS} + R_{\theta SA})$$

wobei:

$T_J$  = Temperatur des Übergangs, [°C]

$T_A$  = Umgebungstemperatur, [°C]

$P$  = Verlustleistung ( $I_{LAST} \times E_{ABFALL}$ ), [W]

$(R_{\theta JC})$  = Wärmewiderstand, Übergang nach Gehäuse, [°C/W]

$(R_{\theta CS})$  = Wärmewiderstand, Gehäuse nach Wärmeableitvorrichtung

$(R_{\theta SA})$  = Wärmewiderstand, Wärmeableitvorrichtung nach Umgebung, [°C/W]

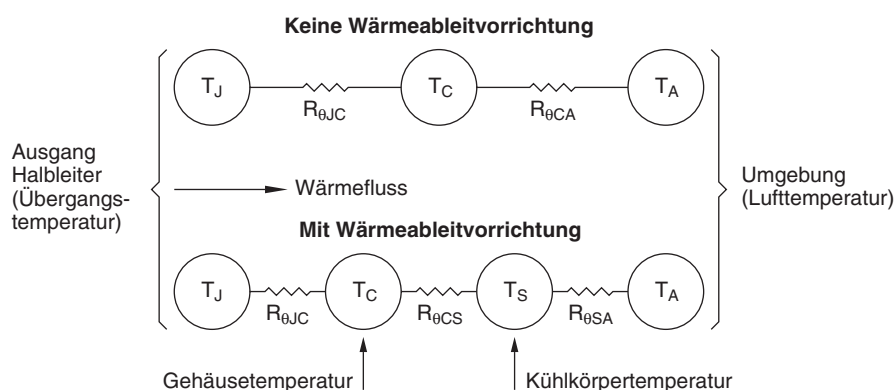


Abb. 9: Vereinfachtes Wärmemodell



Um die Gleichung anwenden zu können, müssen folgende Variablen bekannt sein; die Höchsttemperatur des Übergangs (im typischen Fall 125 °C) und die tatsächliche Verlustleistung (z.B. 12 W bei einem 10 A-SSR), dabei wird ein effektiver (nicht tatsächlicher) Spannungsabfall von 1,2 V am Ausgangshalbleiter angenommen. Die Verlustleistung ( $P_{Watt}$ ) wird durch Multiplikation des effektiven Spannungsabfalls ( $E_{ABFALL}$ ) mit dem Laststrom ( $I_{LAST}$ ) bestimmt.

Wenn man z.B. einen Wärmewiderstand von 1,3 °C/W zwischen Übergang und Gehäuse annimmt und die oben gegebenen typischen Werte ( $R_{\theta CS}$ ) von 0,1 °C/W in die Gleichung einsetzt, kann man die Lösungen für die unbekannt Parameter ermitteln, wie z. B. den maximalen Laststrom, die maximale Betriebstemperatur und den entsprechenden Wärmewiderstand der Wärmeableitvorrichtung.

Wenn zwei dieser Parameter bekannt sind, lässt sich der Dritte entsprechend den folgenden Beispielen ermitteln:

(a) Bestimmen der maximal zulässigen Umgebungstemperatur: Wärmeableitvorrichtung = 1 °C/W, Last = 10 A (12 W),  $T_J$ -max. = 100 °C

$$T_J - T_A = P (R_{\theta JC} + R_{\theta CS} + R_{\theta SA}) \quad \text{Daraus folgt:} \quad T_A = T_J - 28,8$$

$$T_J - T_A = 12 (1,3 + 0,1 + 1,0) \quad T_A = 100 - 28,8$$

$$\underline{T_J - T_A = 28,8} \quad \underline{T_A = 71,2 \text{ °C}}$$

(b) Bestimmen des erforderlichen Wärmewiderstandes der Wärmeableitvorrichtung: Maximale Umgebungstemperatur = 71,2 °C, Last = 10 A (12 W):

$$R_{\theta SA} = \frac{T_J - T_A}{P} - (R_{\theta JC} + R_{\theta CS})$$

$$R_{\theta SA} = \frac{100 - 71,2}{12} - (1,3 + 0,1)$$

$$\underline{R_{\theta SA} = 1 \text{ °C/W}}$$

(c) Bestimmen des maximalen Laststroms: Wärmeableitvorrichtung = 1 °C/W, Umgebungstemperatur = 71,2 °C:

$$P = \frac{T_J - T_A}{R_{\theta JC} + R_{\theta CS} + R_{\theta SA}} \quad \text{Daraus folgt:} \quad I_{Last} = \frac{P}{E_{Abfall}}$$

$$P = \frac{100 - 71,2}{1,3 + 0,1 + 1,0} \quad I_{Last} = \frac{12}{1,2}$$

$$\underline{P = 12 \text{ W}} \quad \underline{I_{Last} = 10 \text{ A}}$$

Unabhängig davon, ob das SSR mit einer Wärmeableitvorrichtung benutzt, oder das Gehäuse durch andere Mittel gekühlt wird, können die korrekten Betriebsbedingungen durch eine direkte Messung der Basisplatten-Temperatur bestätigt werden, wenn bestimmte Parameter bekannt sind. Es wird mit derselben Grundgleichung gearbeitet, nur wird anstelle der Umgebungstemperatur ( $T_A$ ) die Temperatur der Basisplatte ( $T_C$ ) eingesetzt und  $R_{\theta CS}$  und  $R_{\theta SA}$  werden gestrichen. Der Temperaturgradient lautet nun  $T_J - T_C$ , das ist der Wärmewiderstand ( $R_{\theta JC}$ ), multipliziert mit der Verlustleistung des Übergangs ( $P_W$ ). Folglich:

$$T_J - T_C = P (R_{\theta JC})$$

Die Beziehungen zwischen den Parametern sind insofern ähnlich, als Lösungen für die maximal zulässige Gehäusetemperatur, den maximalen Laststrom und den erforderlichen Wärmewiderstand von Übergang nach Gehäuse ( $R_{\theta JC}$ ) ermittelt werden können. Wenn zwei Parameter bekannt sind, lässt sich auch hier der Dritte ermitteln, wie das in den folgenden Beispielen gezeigt wird (wobei die obigen Werte genutzt werden):

(d) Bestimmen der maximal zulässigen Gehäusetemperatur bei  $R_{\theta JC} = 1,3 \text{ °C/W}$  und Last = 10 A (12 W):

$$T_J - T_C = P (R_{\theta JC}) \quad \text{Daraus folgt:} \quad T_C = T_J - 15,6$$

$$T_J - T_C = 12 \times 1,3 \quad T_C = 100 - 15,6$$

$$\underline{T_J - T_C = 15,6} \quad \underline{T_C = 84,4 \text{ °C}}$$

(e) Bestimmen des maximalen Laststroms bei  $R_{\theta JC} = 1,3 \text{ °C/W}$  und 84,4 °C Gehäusetemperatur:

$$P = \frac{T_J - T_C}{R_{\theta JC}} \quad \text{Daraus folgt:} \quad I_{Last} = \frac{P}{E_{Abfall}}$$

$$P = \frac{100 - 84,4}{1,3} \quad I_{Last} = \frac{12}{1,2}$$

$$\underline{P = 12 \text{ W}} \quad \underline{I_{Last} = 10 \text{ A}}$$

(f) Bestimmen des erforderlichen Wärmewiderstandes ( $R_{\theta JC}$ ) bei 84,4 °C Gehäusetemperatur und 10 A Last (12 W):

$$R_{\theta JC} = \frac{T_J - T_C}{P}$$

$$R_{\theta JC} = \frac{100 - 84,4}{12}$$

$$\underline{R_{\theta JC} = 1,3 \text{ °C/W}}$$

In den Beispielen (a) bis (c) wurden die SSR-Betriebsbedingungen im Verhältnis zur Temperatur der umgebenden Luft bei Verwendung einer Wärmeableitvorrichtung bestimmt. Ebenso können die Bedingungen für ein SSR bestimmt werden, das ohne Wärmeableitvorrichtung in freier Luft arbeitet, vorausgesetzt, dass ein Wert für die Strahlungseigenschaften des Paketes ( $R_{\theta CA}$ ) gegeben ist. Dieser Wert wird allerdings selten angegeben, und wenn, dann ist er meistens kombiniert mit ( $R_{\theta C}$ ) und wird als ( $R_{\theta JA}$ ) angegeben. Die Gleichung würde dann wie folgt lauten:

$$T_J - T_A = P (R_{\theta JC} + R_{\theta JA})$$

oder  $T_J - T_A = P (R_{\theta JA})$

wobei:

- ( $R_{\theta CA}$ ) = Wärmewiderstand, Gehäuse nach Umgebung, [ $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ]
- ( $R_{\theta JA}$ ) = Wärmewiderstand, Übergang nach Umgebung, [ $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ]

Die Gleichung dient der Berechnung von maximalem Laststrom und maximaler Umgebungstemperatur. Aber auf Grund der vielen Variablen, die das Gehäuse-Luft-Verhältnis beeinflussen (z.B. Positionierung, Befesti-

gung, Stapelung, Luftbewegung usw.), sind die Resultate nicht sehr präzise.

Im allgemeinen wird dieses Freiluftverhalten bei Leiterplattenmontierten SSRs oder Einschub-SSRs mit Leistungen  $\leq 5 \text{ A}$  angewendet, die keine Metallbasis zum Messen haben. Auf die oft gestellte Frage, wo die Lufttemperatur zu messen ist, gibt es keine eindeutige Antwort. Zusätzlich erschwert wird eine Messung durch dicht gestapelte SSRs, da jedes eine falsche Umgebung für das benachbarte SSR erzeugt. Ein Vorschlag geht dahin, eine Temperatursonde oder ein Thermoelement in der waagerechten Ebene in einem Abstand von etwa 25 mm von dem betreffenden SSR anzuordnen. Diese Methode ist ausreichend genau und gewährleistet die Wiederholbarkeit.

### Technische Daten

Das Freiluftverhalten von niedriger gespeisten SSRs wird im Katalog im allgemeinen durch eine einzelne "derating"-Kurve (Leistungsverlustkurve, Abb. 10) definiert. Diese berücksichtigt das Verhältnis von Strom zu der Umgebungstemperatur und wird mittels obenstehender Formel berechnet. Für die meisten Situationen wird eine angemessene Genauigkeit erreicht.

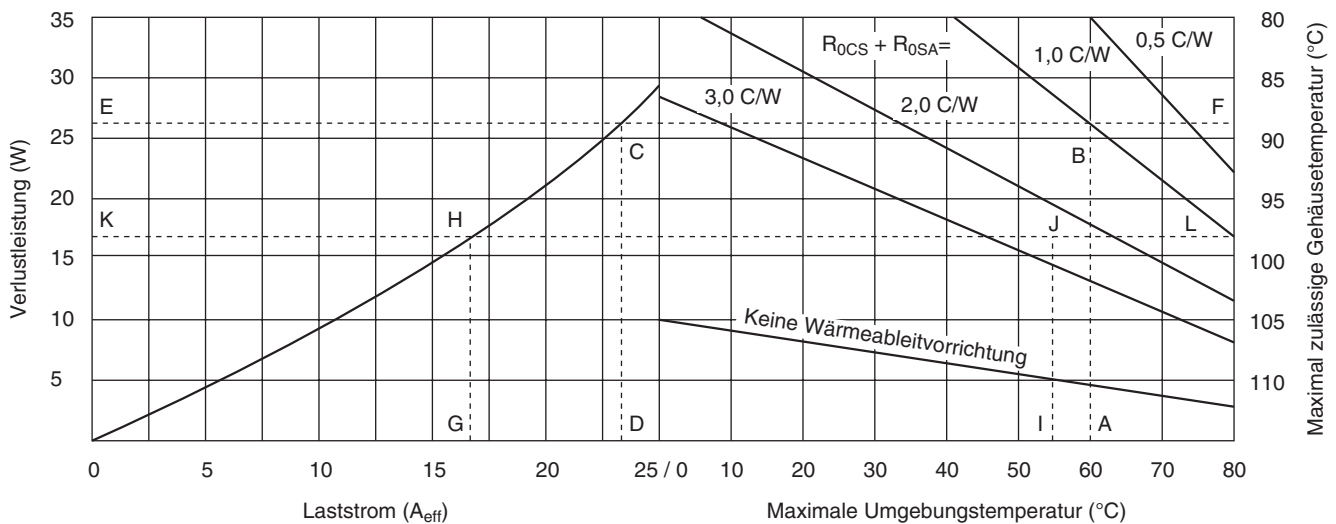


Abb. 10: Thermische Derating-Kurve

## Stossstrom-Nennwerte und hohe Einschaltspitzen

Neben einer unzureichenden Wärmeableitung gehört der Stossstrom zu den häufigsten Ursachen für einen SSR-Ausfall. Überlastungen dieser Art können auch die Lebensdauer des SSRs ernsthaft beeinträchtigen. Es ist daher ratsam, bei einer neuen Anwendung den max. Stossstrom der Last sorgfältig zu untersuchen.

Es gibt nur sehr wenige Lasten, die frei von Stossströmen sind. Heizelemente mit einem geringen Kaltwiderstand sowie Glühlampen können sich insofern als kritisch erweisen, dass man den Stossstrom berücksichtigen muss. Kapazitive Lasten müssen auf Grund ihres anfänglichen Kurzschlussverhaltens evtl. mit einem zusätzlichen Widerstand begrenzt werden. Dagegen tendieren induktive Lasten dazu, hohe Einschaltstromstösse zu unterbinden; tatsächlich wird oft eine Induktivität mit dem ausdrücklichen Ziel in eine Schaltung eingeführt, hohe, schnell ansteigende Spitzenströme zu begrenzen (z. B. EMB-Filter, Drosselspulen usw.). Induktive Lasten können jedoch hohe Einschalt-Spannungsspitzen verursachen.

Bisher haben induktive Lasten beim Ausschalten mehr Probleme verursacht als beim Einschalten, was auf die gespeicherte Energie und die «elektromagnetische Gegenkraft» (Gegen-EMK) zurückzuführen ist. In dieser Hinsicht haben sich die inhärenten Nullstrom-Ausschalt-Eigenschaften von Thyristoren, die in AC-SSRs eingesetzt werden, als sehr vorteilhaft erwiesen.

### Stossstrom-Nennwerte

Der maximale Stossstrom ( $I_s$ ) eines SSRs beträgt im typischen Fall das 10fache des Laststroms ( $I_{eff}$ ), und er wird in der Regel als der maximale nichtwiederkehrende Spitzenstrom für eine Netzperiode angegeben. Es ist zu beachten, dass der max. Stossstrom während der Lebensdauer eines SSRs nur 100 mal zulässig ist. Ein Stossstrom in dieser Grössenordnung sollte die Ausnahme sein, denn die SSRs sind nicht für solche Extremdauerbelastungen konstruiert. Allerdings wird die Lebensdauer nicht wesentlich beeinträchtigt, wenn der Stossstrom nie den maximalen Wert erreicht.

Gleichstrom-SSRs sind sehr empfindlich gegen Stossströme und die Ausgangsschaltung ist in der Regel für den Dauerbetrieb ausgelegt. Falls das SSR längere Zeit einem Stossstrom ausgesetzt ist, wird eine zu hohe Verlustleistung das SSR zerstören. Wenn ein Überstrom nicht auszuschliessen ist, sollte entweder das SSR durch eine geeignete Sicherung geschützt werden oder ein SSR mit dem nächsthöheren Stromwert eingesetzt werden.

Um die richtige Sicherungswahl zu treffen, wird in der Regel der  $I^2t$ -Wert angegeben. Dieser Parameter, der in  $A^2s$  ausgedrückt wird, ist insofern von Nutzen, als er direkt auf die veröffentlichten technischen Daten der

Sicherung bezogen werden kann. Er wird in der Regel folgendermassen von den Angaben des Spitzenstossstromes (eine Periode) des Ausgangsthyristors abgeleitet:

$$I^2t = \frac{I_{PK}^2 t}{2}$$

wobei:

$I$  = Spitzenstossstrom – (sinusförmig)

$t$  = Dauer des Stosses (normalerweise 8,3  $\mu s$ )  
(0,0083 s in der Formel)

Beispielsweise wäre der Wert bei einem SSR von 25 A mit einem Einperioden-Stromstoss-Wert von 250 A gleich 260  $A^2s$ .

### Induktive Belastungen

Lampen mit einem hohen Einschaltstossstrom und kapazitive Belastungen schliessen manchmal einen Reiheninduktor, wie eine Drosselspule oder einen Transformator, ein.

Dadurch besteht die Tendenz, den anfänglichen Einschaltstossstrom zu begrenzen, vom SSR aber wird die Kombination in erster Linie als eine induktive Belastung gesehen. Während die meisten SSR-Lasten, selbst Lampen, eine gewisse Induktivität einschliessen, ist ihre Wirkung bei ohmschen Belastungen in der Regel vernachlässigbar. Nur bei solchen Lasten, die zur Ausführung ihrer Funktion den Magnetismus nutzen (z.B. Transformatoren, Drosselspulen), ist es wahrscheinlich, dass sie einen signifikanten Einfluss auf die Arbeitsweise des SSRs haben.

Die Mehrzahl der SSRs arbeiten bei induktiven Lasten bis zu einem Leistungsfaktor von  $\cos\phi$  0,3, besonders bei relativ kleinen Strömen (im Verhältnis zum Nennstrom). Selectron-Relais sind 100 %ig für die Arbeit bis zu einem Leistungsfaktor von  $\cos\phi$  0,5 getestet. Wenn eine Last so gering ist, dass ihre Nenndaten den Minimalstrom-Nenndaten des SSRs nahekommen, kann der Leckstrom im Sperrzustand im Vergleich zum Laststrom signifikant werden. Der Leckstrom kann nachteilige Auswirkung auf bestimmte Lasten haben, beispielsweise kleine Magnetventile, die nicht abfallen, oder Motoren, die brummen oder sogar weiter laufen. Die Lösung für dieses Problem besteht darin, die Belastungsimpedanz mit Hilfe einer künstlichen Last zu verringern, um so diese Spannung unter die Abfall- oder Freigabeschwelle der Last zu senken.

Auch eine induktive Last in der Sättigung kann zu Schaltproblemen beim SSR führen. Die AC-Impedanz einer solchen Last ist unter normalen Bedingungen verhältnismässig hoch. Wenn jedoch Sättigung eintritt, fällt die Induktivität auf einen sehr niedrigen Wert, was zu einem Absinken der Impedanz in die Nähe des Kupferwiderstands der Spulenwicklung führt. Das kann mehrere Zyklen von Stossströmen von mehr als dem 30fachen des stationären Wertes auslösen, was die Lebensdauer ernsthaft beeinträchtigen kann.

## Schalten von Transformatoren

Extrem hohe Stromstösse treten normalerweise bei Transformatoren auf, insbesondere bei solchen, die zur Sättigung neigen. Diese Möglichkeit kann durch das Merkmal des Nullspannungs-Einschaltens von SSRs noch verstärkt werden und könnte besondere Vorkehrungen erforderlich machen.

Beim direkten Einschalten ist der Transformatorstrom im wesentlichen gleich Null, während die höchste Spitze in der Regel innerhalb einer Halbperiode auftritt, was abhängig ist vom Phasenwinkel der Leitung, vom Leistungsfaktor der Last und vom magnetischen Zustand des Kerns. Wird das SSR beim idealen Phasenwinkel erregt (diktiert durch den Leistungsfaktor), wird eine maximale Gegen-EMK erzeugt, die dazu tendiert, dem Magnetisierungsstrom entgegenzuwirken, um dadurch den Stromstoss zu verringern oder auszuschalten.

Wenn das Einschalten jedoch bei oder annähernd der Null-Spannung erfolgt, wird die Gegen-EMK verringert, was eine Zunahme des Magnetisierungsstroms ermöglicht, der noch durch den Restmagnetismus im Kern verstärkt werden kann. Dieser ist fast immer vorhanden ist, da ferromagnetisches Material die natürliche Tendenz hat, beim Abschalten magnetisiert zu bleiben.

Wird zum Schalten von Transformatorlasten ein SSR mit zufälliger Einschaltung verwendet, wird die Wahrscheinlichkeit der Sättigung des Transformator-kerns stark verringert.

## Schalten

Um mit einem SSR dynamische Lasten wie Motoren und Magnetventile usw. zu schalten, sind einige Dinge zu beachten. Es wird ein hoher anfänglicher Stossstrom gezogen, da die stationäre Impedanz in der Regel sehr niedrig ist. Beispielsweise wird ein Magnetkern nach dem anfänglichen Stromstoss ansprechen und bei einem viel niedrigeren stationären Strom «abdichten», möglicherweise durch einen Abfall auf weniger als 25 %. Bei Motoren kann die Stromänderung vom Stillstand zum Laufen sogar noch grösser sein, in Abhängigkeit vom Typ kann möglicherweise ein Abfall auf weniger als 20 % erfolgen.

Wenn der Läufer eines Motors rotiert, entwickelt er eine Gegen-EMK, die den Stromfluss verringert. Diese gleiche Gegen-EMK kann sich auch zur angelegten Netzspannung addieren und während des Abschaltens zu «Überspannungs-Bedingungen» führen. Mechanische Belastungen mit einem hohen Anlassmoment oder einer hohen Trägheit, wie Lüfter und Schwungräder, verlängern natürlich die Dauer des Anlauf-Stromstosses,

was bei der Auswahl des ansteuernden SSRs berücksichtigt werden sollte. Wenn die mechanische Last nicht bekannt ist (z.B. bei einem Elektrowerkzeug), sollten die Bedingungen des schlimmsten Falls zu Grunde gelegt werden.

Die Einschaltstossstrom-Charakteristik von Wolframfadenlampen (Glühlampen) ähnelt in gewisser Weise der Stossstrom-Charakteristik der Thyristoren, die im Ausgang von AC-SSRs eingesetzt werden, wodurch sie ein gutes Gegenstück bilden. Auf Grund des typ. Zehnfachen des Nennstromes, wenn man vom Kaltzustand ausgeht, können viele SSRs Lampen mit Stromdaten schalten, die den eigenen stationären Nenndaten nahe kommen. Einige Lampen haben sogar einen höheren momentanen Einschaltstossstrom. Das kommt in der Praxis allerdings nur selten vor, da bei höheren Strömen Leitungs- und Quellenimpedanz und die Induktivität des Glühfadens signifikanter werden, was wiederum dazu führt, den Spitzenstrom zu begrenzen. Im Allgemeinen wird die Angabe des Zehnfachen Laststroms als ein sicherer Wert für Lampen betrachtet.

## Schutzmassnahmen

### Elektromagnetische Verträglichkeit

Eine elektromagnetische Beeinflussung (EMV) bewirkt im Allgemeinen keinen sprunghaften Vollaussfall von SSRs. Einige der Methoden, die zur EMV-Senkung in Koppler- und Treiberschaltungen eingesetzt werden, sind auch gegen falsches Triggern wirksam, das durch Spannungssprünge auf den Eingangsleitungen verursacht wird. Wenn beispielsweise ein Kondensator hinzugefügt wird, kann die Ansprechzeit, die bei einem AC-SSR nicht von kritischer Bedeutung ist, verlängert werden. Möglicherweise von einigen Mikrosekunden auf Zehntel Millisekunden. Auf Grund dieser Verzögerung werden Spannungssprünge oder -stösse von kürzerer Dauer zurückgewiesen, wodurch sich die EMV verbessert.

Die meisten AC-SSRs nutzen in ihren Treiber- und Ausgangsschaltungen Thyristoren, die auf Grund ihres rückkoppelnden Charakters für eine ganze Halbperiode durchschalten können, wenn sie durch einen kurzen Spannungssprung getriggert werden, so dass sie als Impulsdehner wirken. Abgesehen davon, dass ein Thyristor auf die Amplitude des Sprungs anspricht, kann er auch fehlgetriggert werden, wenn die Spannungssteilheit ( $du/dt$ ) einer transienten oder angelegten Spannung bestimmte Grenzen übersteigt.

### $du/dt$ (Spannungssteilheit)

Der Ausdruck  $du/dt$  definiert eine ansteigende Spannung im Verhältnis zur Zeit, ausgedrückt in Volt pro Mikrosekunden ( $V/\mu s$ ). Wenn dieser Parameter bei einem AC-SSR als «statische» Spannungssteilheit

definiert wird, meint man die minimale  $du/dt$ -Haltetauglichkeit eines SSRs oder, mit anderen Worten, die maximal zulässige Anstiegssteilheit der Spannung an den Ausgangsklemmen, bei der das SSR nicht eingeschaltet wird (im typischen Fall  $500 \text{ V} / \mu\text{s}$ ).

### RC - Beschaltung

Die in AC-SSRs eingesetzte innere RC-Beschaltung begrenzt die Spannungsteilheit  $du/dt$ . Zudem wird auch die Amplitude der Störimpulse durch diese Beschaltung begrenzt. Obwohl die interne RC-Beschaltung und die typische  $du/dt$ -Spezifikation für die meisten Anwendungen ausreichend ist, können Spannungsspitzen zu einem ungewollten Einschalten des SSRs führen. Das heisst, wenn der Kombination «SSR - Last» zunächst Energie zugeführt wird, in der Regel über einen mechanischen Schalter, dann kann die resultierende, schnell ansteigende transiente Spannung das SSR fehltriggern und möglicherweise einen Halbperi-

odenimpuls «durchlassen». Normalerweise werden die meisten Lasten durch diesen Impuls nicht gestört.

### Schutz

Wenn Transienten auftreten, muss man das SSR mit Mitteln schützen, die über die Möglichkeiten der RC-Beschaltung hinausgehen. Ein verbreitetes Verfahren besteht darin, an den SSR-Klemmen einen externen Schutz hinzuzufügen, der die transiente Energie oberhalb eines festgelegten Pegels absorbiert.

Solche Bauelemente wie Zenerdioden (Z-Dioden) und MOV (Metall-Oxid-Varistoren) leiten ab einer bestimmten Spannung und teilen damit die transiente Energie mit der Last. Wenn eine transiente Energie von der Last nicht aufgenommen werden kann, kommen u.U. als Lösung in Frage entweder die Ableitung der Transienten, oder ein SSR mit einer Spitzensperrensorgung die höher als die transiente Energie ist.

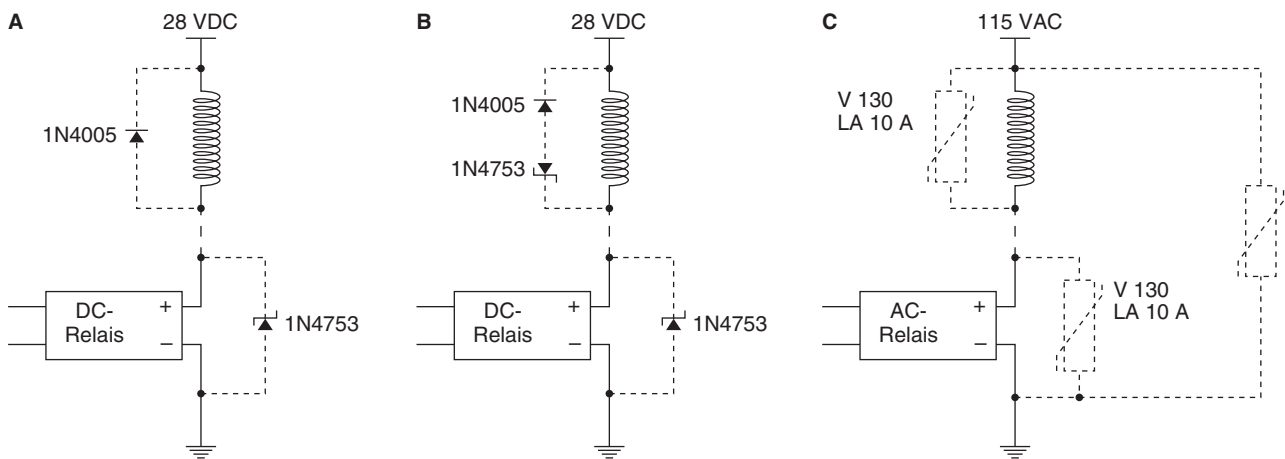


Abb. 11: Verfahren zum Unterdrücken von transienten Vorgängen

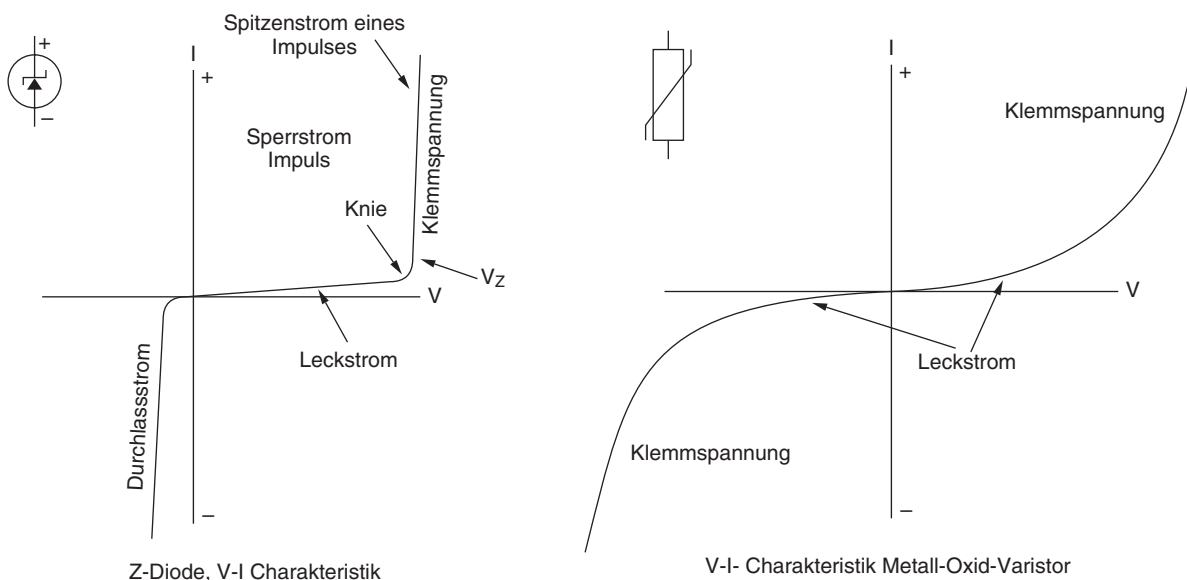


Abb. 12: Vergleich der Kenndaten von Zehnderdiode und MOV



Abb. 11 veranschaulicht typische Verfahren zur Unterdrückung von Transienten an den SSR-Ausgangs-«Klemmen», sowie die Unterdrückung von transienten Vorgängen an der Quelle, die bei induktiven DC-Lasten die eigentliche Last sein kann.

### Dioden und Zenerdioden

Die Diode, die an der Last in Abb. 12 (Z-Diode) gezeigt wird, ist die effektivste Form der Unterdrückung von möglicherweise Hunderten von Volt der Gegen-EMK, die beim Ausschalten von der Spule erzeugt werden können. Die Nachteile dieser Methode bestehen darin, dass das SSR nicht vor anderen transienten Quellen geschützt ist und die Abfallzeit der Last auf mehrere Millisekunden ausgedehnt werden kann.

Die allgemeine Regel bei der Auswahl von Schutzdioden und Zenerdioden (Z-Dioden) lautet, dass die Nenndaten des nichtwiederkehrenden (Impuls-) Spitzenstromes (Abb.12) gleich oder grösser als der minimale Laststrom sein sollten. Konservative stationäre Leistungsangaben für diese Elemente können aus der folgenden Gleichung ermittelt werden:

$$P_{\text{Watt}} = \frac{I_L^2 L}{t_r}$$

wobei:

$I_L$  = Laststrom in Ampère, DC

$L$  = Lastinduktivität in Henry

$t_r$  = Ein-Aus-Wiederholungsgeschwindigkeit in Sekunden

**Beispiel:** Eine Last mit einem Widerstand von 4 Ohm und einer Induktivität von 0,0025 Henry wird mit einer 28 VDC-Zuleitung gespeist, während sie fünfmal in der Sekunde ein- und ausgeschaltet wird:

$$I_L = \frac{28 \text{ Volt}}{4 \text{ Ohm}} \quad t_r = \frac{1}{5} \quad P = \frac{7^2 \times 0,0025}{0,2}$$

$$I_L = 7 \text{ Ampere} \quad t_r = 0,2 \text{ Sekunden} \quad P = 0,613 \text{ Watt}$$

Eine Schutzdiode oder eine Z-Diode mit einer Nennleistung von 0,6 Watt wäre ausreichend.

Die Z-Diode ist die ideale Wahl für den Schutz von Niederspannungs-DC-SSRs (unter 100 VDC), die parallel mit dem Ausgang eingesetzt werden. Im Durchlass-Modus (Sperr-Richtung für das SSR) blockiert die Z-Diode als einzelne Diode im typischen Fall etwa ein Volt, wodurch sie einen zusätzlichen Spannungsschutz bietet. Wenn zwei identische Z-Dioden antiparallel geschaltet werden, können sie dazu genutzt werden, SSR-Ausgänge in zwei Richtungen zu schützen, wenn AC-Lasten geschaltet werden. Bei höheren Spannungen (über 100 VAC oder VDC) kann es auf Grund einer Abwägung der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum

Leistungsverhalten angezeigt sein, andere Schutzvorrichtungen anzuwenden, wie z.B. den weit verbreiteten MOV (Metall-Oxid-Varistor).

### MOV (Metall-Oxid-Varistoren)

Der MOV kann in folgenden Fällen eingesetzt werden:

An der ankommenden Leitung, um äussere Übergangsvorgänge zu unterdrücken, bevor sie in das System gelangen können.

An der Last, um von der Last erzeugte Übergangsvorgänge zu unterdrücken, oder, was am gebräuchlichsten ist, am SSR, um dieses vor allen transienten Quellen zu schützen. Im letzteren Fall kann der MOV praktischerweise direkt an den SSR-Ausgangsklemmen angebracht werden. Wenn die Impedanz der Last mit dem MOV in Reihe geschaltet ist, um den Strom zu begrenzen, reicht im Allgemeinen ein Element mit 30 Joule für kurze Spitzen aus, während es gleichzeitig ausreichend klein ist, um von den eigenen Leitungen getragen werden zu können.

Die verbreitetste Lösung ist aber, den MOV direkt an die Ausgangsklemmen zu setzen. Hierbei wird das SSR vor starken Störimpulsen geschützt. Dadurch, dass ein MOV sehr schnell sehr niederohmig wird, wenn seine Nennspannung überschritten wird, ist dieses der am häufigsten angewendete Schutz.

Detaillierte Informationen betreffend Energieabsorption, Klemmeneigenschaften und Abmessungen sind der jeweiligen MOV-Spezifikation zu entnehmen, da die Beziehungen dieser Parameter untereinander bei den einzelnen Herstellern unterschiedlich sind.

### Sicherungen

In Verbindung mit SSRs werden in der Regel Halbleitersicherungen eingesetzt. Diese wurden von Spezialisten konstruiert, um auch bei annähernd voller Auslastung Schutz zu gewähren.

Oft werden sie auch als Strombegrenzungs-Sicherungen bezeichnet, die ein extrem schnelles Öffnen ermöglichen, während sie den Durchlassstrom weit unter dem möglichen maximalen Kurzschlussstrom begrenzen, der das SSR zerstören könnte. Zwar sind diese Sicherungen nicht billig, aber sie schützen das SSR vor hohen Strömen und Zerstörung in allen Fällen, wo die Funktionssicherheit des SSRs von zentraler Bedeutung ist.

Folgende Parameter sind für die Auswahl einer Halbleitersicherung von Bedeutung:

- Nennspannung der Sicherung
- Nennstromstärke der Sicherung
- Maximal im System auftretender Strom
- Spitzenstrom der Sicherung
- Freigabegesamtwert (oder Durchlass) der Sicherung
- Stoss-Haltetauglichkeit des SSR

# SSR-Anwendungen

Die Diagramme in diesem Abschnitt sind konzeptionelle Darstellungen einiger typischer SSR-Anwendungen. Sie sind als Richtlinie für Konstrukteure gedacht, um den Anwender in die richtige Richtung zu führen und weitere Ideen aufzuzeigen. Einige der Diagramme stellen Problemlösungen dar oder zeigen den Schaltungschutz, während andere auf die Funktionsweise der Relais eingehen.

## Relais mit Selbsthaltung (Abb. 13)

Die Steuerung durch einen Taster erlaubt es dem SSR, sich für Ein-Aus-, Stop-Start-Operationen selbst zu halten. Es kann gleichermassen für SSRs des Typs DC

Eingang/DC Ausgang konfiguriert werden. Der Widerstand R1 (10 kΩ) wird für einen Leitungskurzschluss nur gebraucht, wenn ein Wechselschalter (NO = normalerweise offen, Schliesser) verwendet wird.

## SSR-Schaltung mit Kurzschlusschutz (Abb. 14)

Steuerung durch einen Drucktaster wie im vorigen Beispiel, aber R2 ist so dimensioniert, dass er den Kurzschlussstrom der Last auf den Stossstrom-Nennwert (für die Abschaltzeit) des SSRs begrenzt, so dass das SSR gehalten wird, während das Steuersignal weggenommen wird. Dieses Signal hält die Sperre aufrecht, bis die Schaltung zurückgestellt wird.

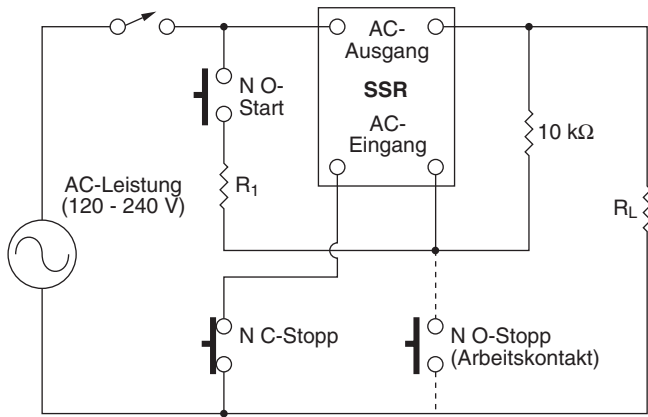


Abb. 13: Schaltung des Sperr-SSR

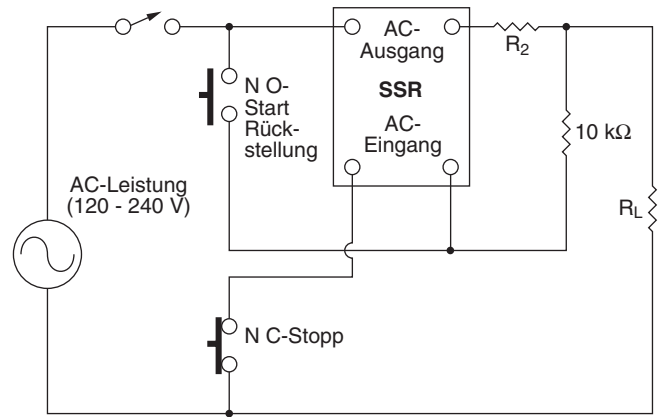


Abb. 14: Sperr-SSR mit Kurzschlusschutz

## Motoranlasser-Schalter (Abb. 15)

Der bei gebremstem Läufer durch R1 fließende Anfangsstrom erzeugt eine Spannung, die (sofern gleichgerichtet und gefiltert) das SSR einschaltet und somit die Anlasswicklung aktiviert. Sobald der Motor eine bestimmte Drehzahl erreicht, wird die Spannung an R1 reduziert und somit die Anlasswicklung deaktiviert.

Um der Überspannung standzuhalten, die durch den Strom LC erzeugt wird, sollte die Nennspannung am SSR etwa das Doppelte der angelegten Netzspannung betragen.

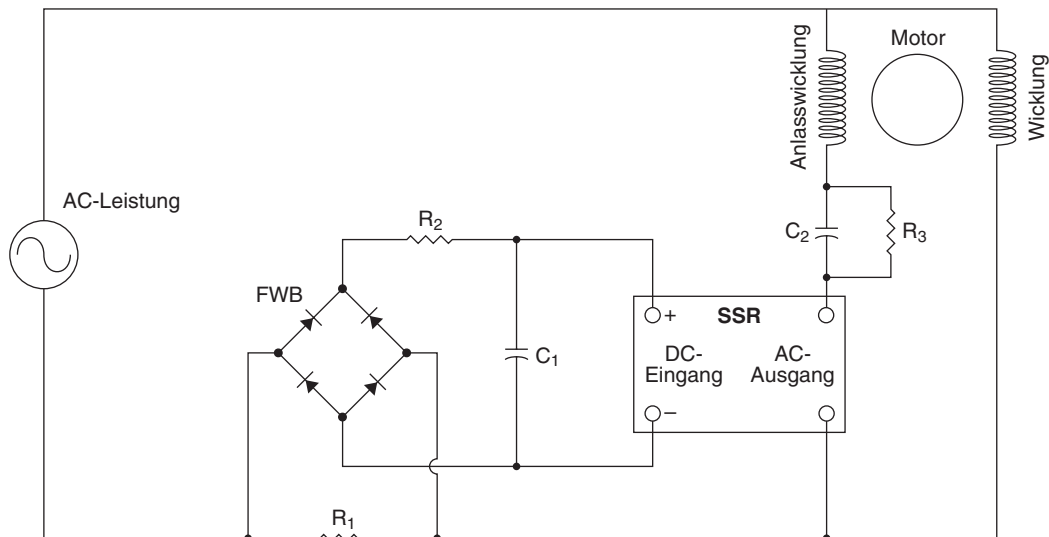


Abb. 15: Motoranlasser-Schalter

### Funktionaler Dreiphasenschalter für Dreileitersystem (Abb. 16)

Mit zwei SSRs lässt sich eine Stern- oder Dreiecklast in einem Dreileitersystem steuern. Ein drittes SSR in der Phase C ist erforderlich, wenn die Mitte der Sternschaltung geerdet ist, wie das in einem Vierleitersystem der Fall ist. Die Nennspannung des SSRs muss bei Dreileitersystemen grösser sein als die verkettete Spannung und grösser als die Netz-Erd-Spannung bei einem Vierleitersystem (mit Nullpunkterdung).

SSRs werden vor allem in Dreiphasenanwendungen eingesetzt, um Motoren zu steuern, bei denen der Nennstrombereich ebenso abhängig ist vom Strom bei gebremstem Läufer wie vom Strom bei normalem Lauf und richtiger Wärmeableitung. Wenn keine Nennleistung des Motors angegeben ist, kann der Minimalstromwert des SSRs aus den Stossstromwerten des Elements ermittelt werden, wobei die allgemeine Regel vom Sechsfachen des Arbeitsstroms des Motors für eine Sekunde zugrundegelegt wird. Dieser Wert muss sowohl die thermischen Anforderungen als auch die Anforderungen an die Lebensdauer berücksichtigen.

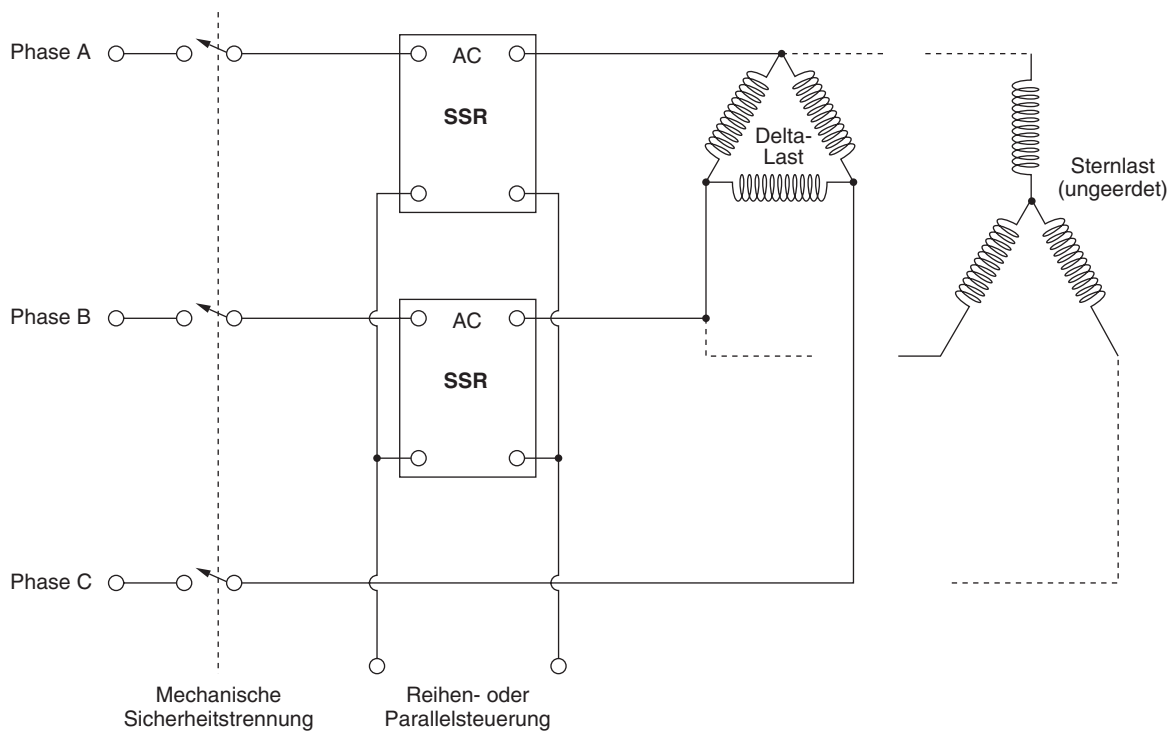


Abb. 16: Funktionaler Dreiphasenschalter für Dreileitersystem



### Drehrichtungswechsel eines Dreiphasenmotors (Abb. 17)

Vier AC-SSRs können den Drehrichtungswechsel bei einem Dreiphasenmotor unter Anwendung der vorgeschlagenen Antriebslogik übernehmen. Die Zeitverzögerung von einer halben Periode vor der Freigabe des Antriebs, in beiden Richtungen, verhindert einen Schliessen-vor-Öffnen-Zustand, der zu einem Kurzschluss Leiter gegen Leiter führen würde. Trotzdem könnten auf Grund von  $du/dt$  oder Hochspannungssprüngen immer noch zwei entgegengesetzte SSRs gleichzeitig fehltriggern (Nr. 1 und 4, oder 2 und 3); deshalb werden die Widerstände R1 bis einschliesslich R4 eingefügt, um den resultierenden Stossstrom zu begrenzen. Die Summe jeder zwei Widerstände plus der Quellenimpedanz sollten den Kurzschlussstrom auf weniger als die Einperioden-Stossstromwerte jedes Relais begrenzen.

Um einen solchen Zustand für eine Periode zuzulassen und danach so schnell wie möglich öffnen zu können, sollten Halbleitersicherungen gewählt werden.

Um der kombinierten Netz- und Gegen-EMK standhalten zu können, die zum Zeitpunkt des Drehrichtungswechsels erzeugt wird, sollten SSRs einen Übergangsnennbereich (sperrend) aufweisen, der gleich dem Zweifachen der verketteten Spannung ist.

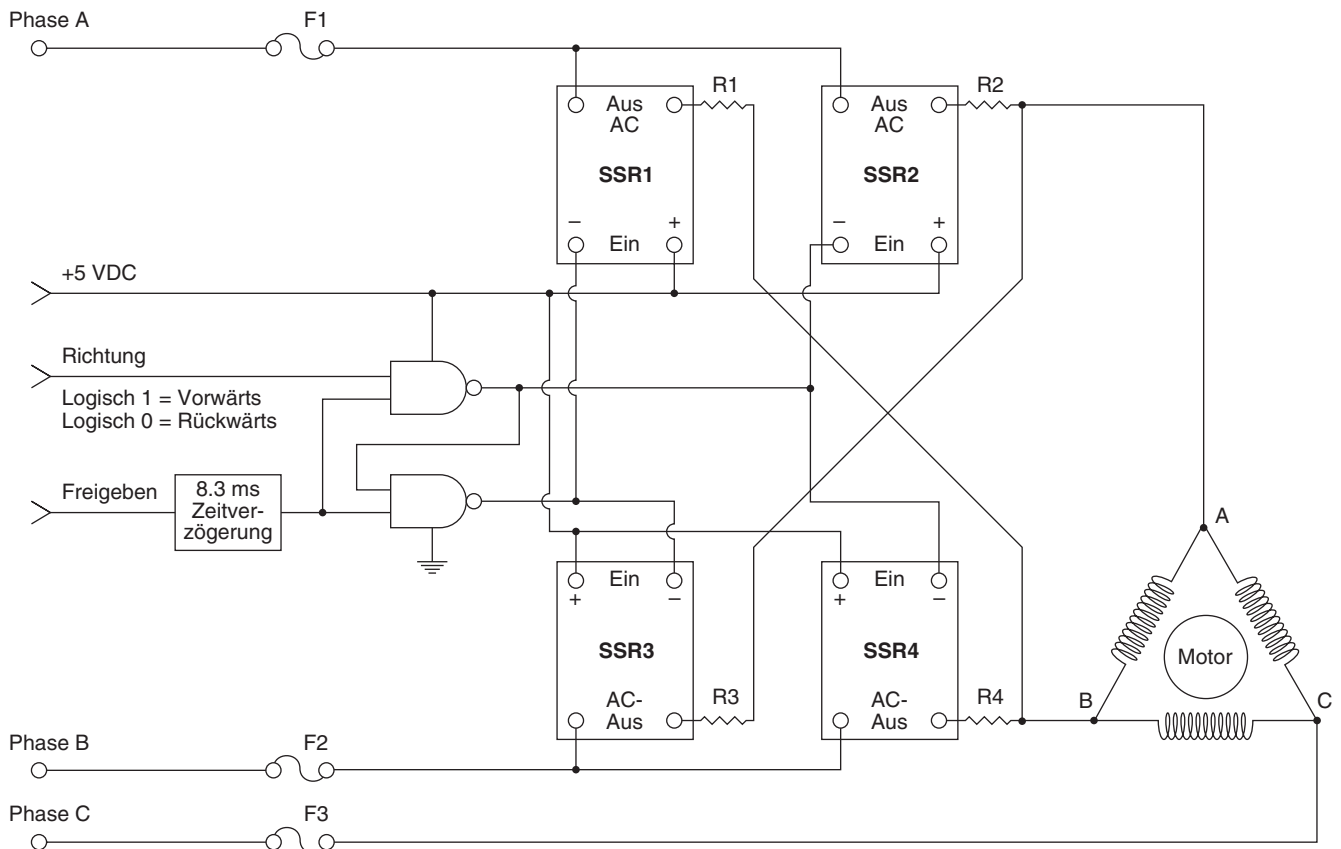


Abb. 17: Drehrichtungswechsel eines Dreiphasenmotors

### Drehrichtungswechsel bei DC- Motorantrieben (Abb. 18)

Bei dieser Konfiguration werden vier DC-SSRs für den Drehrichtungswechsel als «H-Brücke» eingesetzt. Um die Möglichkeit eines gefährlichen Schliessen-vor-Öffnen-Zustands zu verhindern, muss die Zeitverzögerung vor der Freigabe des Antriebs in jeder der Richtungen grösser sein als die Ausschaltzeit der SSRs. Interne Freilaufdioden oder Z-Dioden unterdrücken Überspannungen, die durch diese Lastart entstehen. Sind keine inneren Schutzmassnahmen vorhanden, sollte an jedem SSR-Ausgang eine Freilaufdiode installiert werden, oder als Alternative dazu können SSRs mit höheren Spitzensperrspannungen eingesetzt werden, die zumindest das Doppelte der Nennspannung betragen sollte.

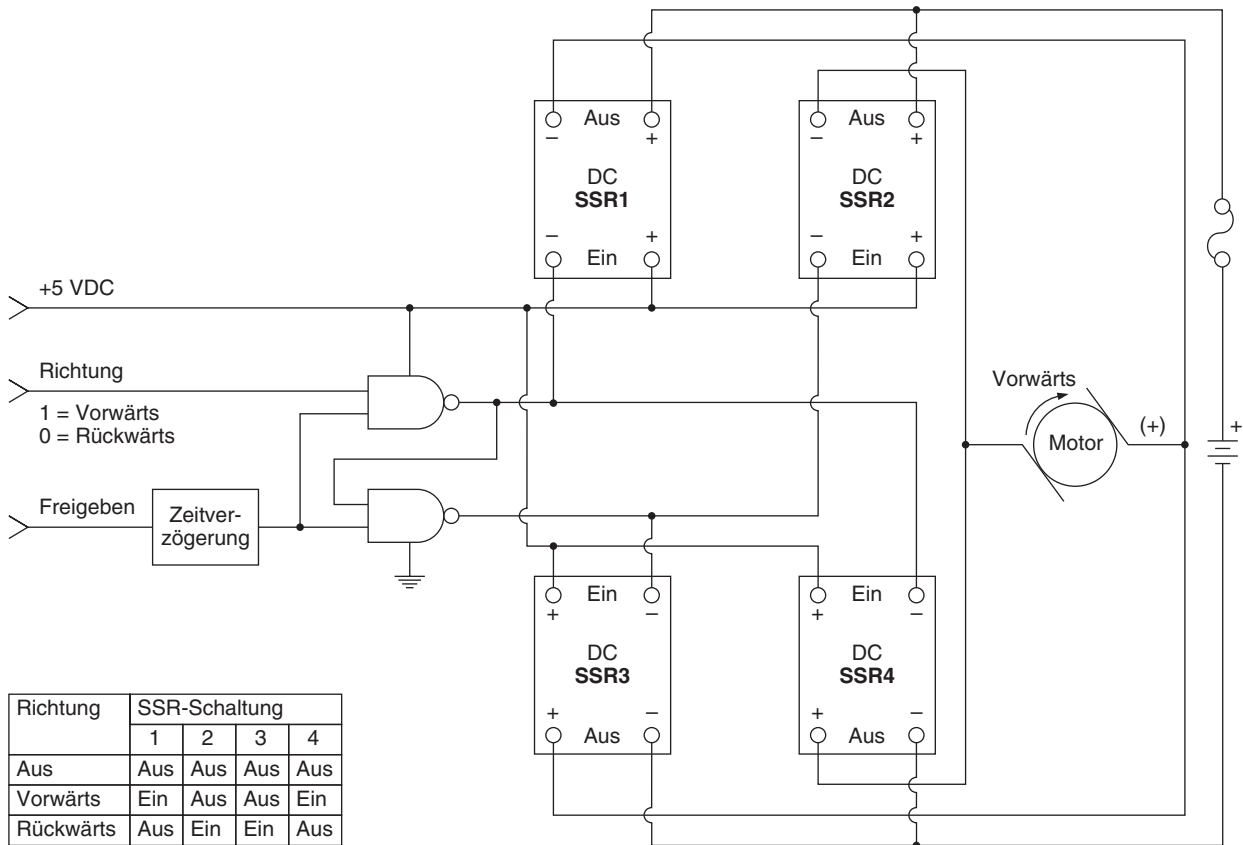


Abb. 18: Drehrichtungswechsel eines DC-Motors

### Parallelschalten von SSRs (Abb. 19)

SSRs mit MOSFET-Ausgängen lassen sich leicht parallelschalten, während sich andere Relaisarten nur mit erheblichem Mehraufwand parallel schalten lassen. Im Idealfall sollte der Spannungsabfall der einzelnen Relais angeglichen werden, um das thermische Gleichgewicht und eine gleichmässige Verlustleistung zu erreichen. Als Alternative werden Ausgleichswiderstände (RX) eingesetzt, um eine günstige Stromverteilung zu erzwingen. Beispielsweise muss SSR2 einen Strom von 32 A führen, wenn 40 A durch SSR1 zulässig sind.

Ausgehend von der Annahme  $V_1 = 1,3 \text{ V}$  und  $V_2 = 1,5 \text{ V}$  (schlimmster Fall):

$$R_x = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{V_2 - V_1}{I_1 - I_2} = \frac{1,5 - 1,3}{40 - 32} =$$

$$\underline{\underline{R_x = 0,025 \text{ Ohm}}}$$

Folglich entsteht ein Spannungsabfall von insgesamt 2,3 V.

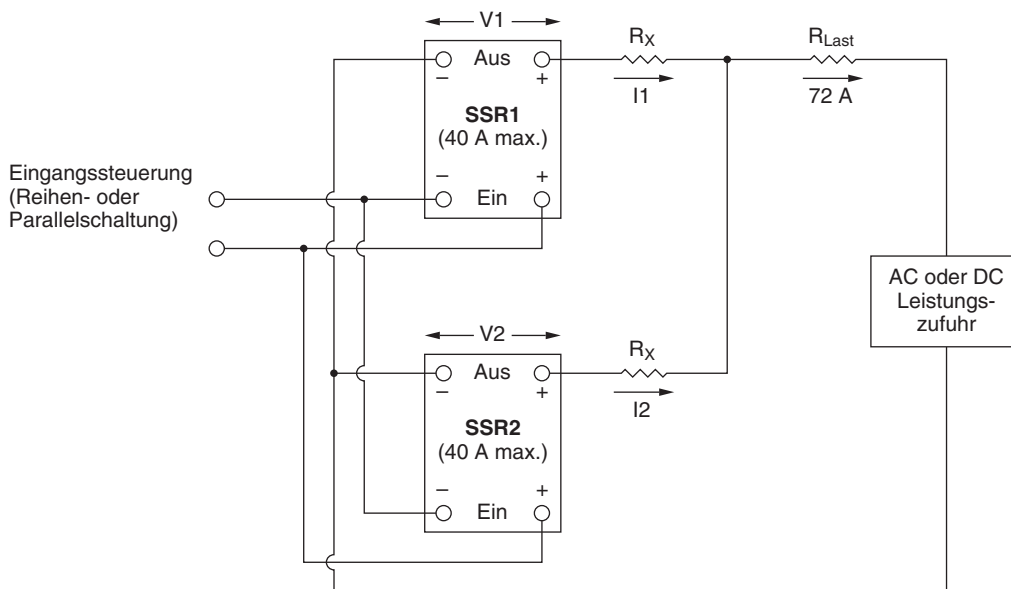


Abb. 19: Parallelschalten von SSR

Bei SSRs mit Thyristorausgang muss jedes einzelne SSR in der Lage sein, auf Grund einer möglichen Einschaltverzögerung der anderen Relais, den vollen anfänglichen Laststoss allein zu bewältigen.

**Schalten des Transformatorabgriffs (Abb. 20)**

Wenn eine kurzzeitige Spannungsunterbrechung akzeptabel ist, wird eine Zeitverzögerung zum Ansprechen vorgeschlagen, um eine Überlappung und den daraus resultierenden hohen Stromstoss von einer kurzgeschlossenen Wicklung zu verhindern. Zweimal  $R_x$  plus der Wicklungswiderstand sollten ausreichen, um den Stossstrom auf den Einperioden-Stossnennbereich der SSRs zu begrenzen.

Als zusätzliche Vorsichtsmaßnahme sollte die Sperrspannung (Durchbruchspannung) des SSRs grösser sein als die Spannung der Hauptwicklung plus der höchsten Abgriffsspannung. Für das Schalten mit Mehrfachabgriff kommen im Allgemeinen DC-gesteuerte Elemente mit AC-Ausgang zum Einsatz, für die keine besonderen Anforderungen gelten. In Abb. 20B und 20C handelt es sich in jedem Fall um einen 240 VAC-Ausgang mit einem 120 VAC-Eingang für SSR1 und um einen 240 VAC-Eingang für SSR2. Eine wichtige Forderung für SSR2 besteht darin, dass es unter der höchsten zu erwartenden Schwankung der 120 VAC-Leitung (z.B. 150 VAC) ausgeschaltet sein muss. Wenn SSR2 ausgeschaltet ist, ist SSR1 eingeschaltet und umgekehrt, so dass die entsprechende Wicklung aktiviert wird.

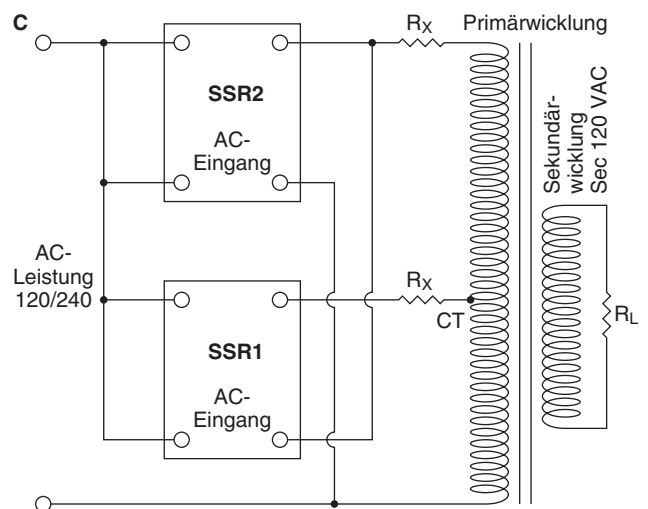
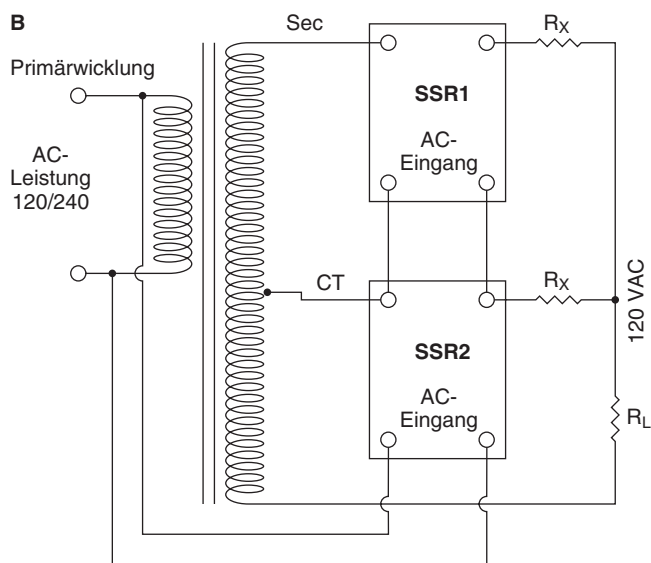
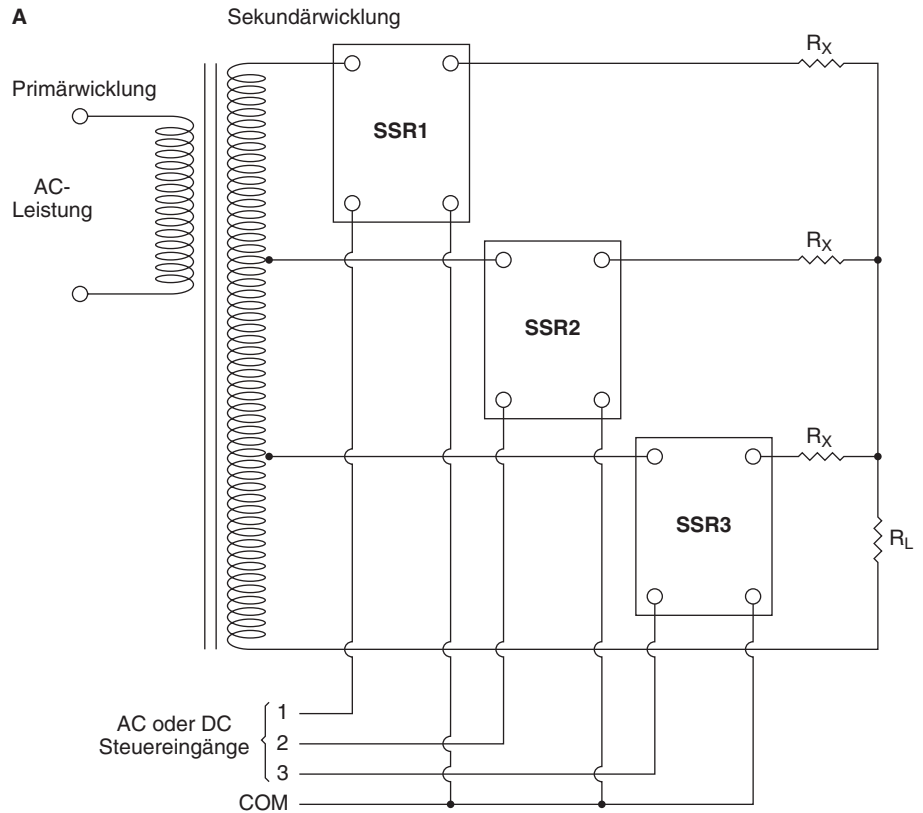


Abb. 20: Schalten des Transformatorabgriffs

### Testen von SSR (Abb. 21)

Viele für die Überprüfung der Arbeitsweise von SSRs erforderlichen Tests sind von Natur aus gefährlich. Deshalb ist mit äusserster Vorsicht vorzugehen. Ebenso sind unbedingt geeignete Sicherheits- und Schutzmassnahmen für das Personal zu ergreifen, das diese Tests ausführt.

Ein einfacher Test der korrekten Arbeitsweise eines AC-SSR lässt sich mit Hilfe einer 3 V-Batterie, einer Glühbirne und einem Stück isoliertem Draht durchführen. Dieser einfache Gut-Schlecht-Test ist in Abb. 21 dargestellt.

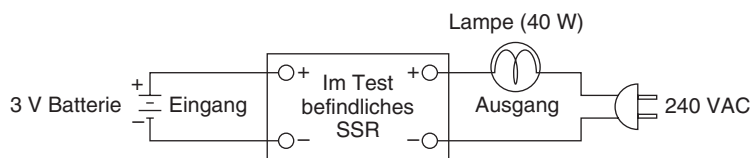


Abb. 21: Einfacher Gut-Schlecht-Test eines SSR

Eine umfassendere Funktionsprüfung ist das Betreiben des SSRs in Verbindung mit seiner tatsächlichen Last, während die Systeminstallation funktionell durch alle spezifizierten Umwelt- und Leistungskombinationen geführt wird.

Wenn die Prüfausrüstung direkt mit dem Betriebsstromkreis eines SSR-Ausgangs verbunden wird, ist mit einer Schutzabsicherung zu arbeiten. Ausserdem sei daran erinnert, dass bei manchen Geräten (z.B. ein Oszilloskop) das Gehäuse erdfrei gemacht (ungeerdet) werden muss und es ein Netzpotential aufweisen kann. Bei bestimmten Testschaltungen kann mit einer isolierten Stromsonde oder einem Trenntransformator gearbeitet werden, um diese Gefahr zu vermeiden. Die Ausgangsfunktionen eines SSRs dürfen niemals mit einem Vielfachmessgerät im Widerstandsmodus gemessen werden, da die Mindestspannungen und Mindestströme, die für eine korrekte Arbeitsweise des SSRs notwendig sind, nicht vorhanden sind, wodurch es zu fehlerhaften Messergebnissen kommt.

## Begriffserläuterungen

**Anode, Anschluss eines Thyristors.** Im leitenden Zustand positiv in Bezug auf Steuerelektrode und Kathode (wenn negativ, dann sperrend).

**Ausschaltspannung (Abfallwert).** Die Spannung, bei deren Wert sichergestellt ist, dass das SSR vom leitenden in den gesperrten Zustand wechselt.

**Ausschaltzeit (maximale).** Die Zeit zwischen der Wegnahme des Steuersignals und dem Übergang des SSR in den vollständigen ausgeschalteten Zustand (Sperrzustand).

**Basis.** Der Steueranschluss eines Bipolartransistors.

**Bipolar.** Wird im allgemeinen verwendet zur Beschreibung eines Transistorstyps, bei dem der Fluss eines Gleichstroms zwischen Kollektor und Emitter durch einen kleineren Strom moduliert wird, der zwischen Basis und Emitter fließt. Die Verstärkung des Transistors steht mit dem Verhältnis dieser beiden Ströme in Beziehung, das bei Emitterschalt-Konfigurationen als Beta oder  $h_{fe}$  definiert ist.

**Bistabil.** Ein Element mit zwei stabilen Zuständen, das in seinem zuletzt betriebenen Zustand verbleibt, nachdem die Steuerenergie weggenommen wurde (z.B. Sperr-Relais).

**di/dt.** Maximale Anstiegsgeschwindigkeit eines Laststroms in Durchlassrichtung, dem ein SSR ohne Schaden standhalten kann. Ein Merkmal von Thyristoren, die in Wechselstrom-SSRs eingesetzt werden.

**du/dt (Spannungssteilheit) im Blockierzustand (statisch).** Die Anstiegssteilheit der an den Ausgangsklemmen angelegten Spannung, die das SSR (AC) standhalten kann, ohne beim Fehlen eines Einschalt-Steuersignals einzuschalten. In der Regel ausgedrückt als Minimalwert bei maximaler Nennspannung in Begriffen von «Volt je Mikrosekunde» [ $V/\mu s$ ].

**Durchschlag (Überschlag).** Der Punkt, an dem die Sperrfähigkeit in einem SSR zusammenbricht, da die Spannung über dessen maximale (Kurzzeit-) Nenngröße erhöht wird.

**Durchlassspannung (maximale).** Spannungsfall (Scheitelwert) bei voller Nennlast an den Ausgangsklemmen eines SSR.

**Effektivwert Spannung (quadratischer Mittelwert).** Der Wert der Wechselspannung (Wechselstrom), der in einer ohmschen Last dieselbe Verlustleistung wie Gleichspannung (Gleichstrom) erzeugen würde. Bei einer Sinuswelle ist der Effektivwert gleich 0,707 mal dem Spitzenwert.

**Eingangsimpedanz/-widerstand.** Wirksamer Mindest-Eingangswiderstand des SSR bei einer gegebenen Spannung, die die zugeführte Leistung und die Empfindlichkeit definiert.

**Einschaltspannung (Ansprechwert).** Die am Eingang eines SSR angelegte minimale Spannung, bei der das SSR vom gesperrten in den leitenden Zustand wechselt.

**Eingangsstrom (maximaler).** Stromverbrauch des SSR bei festgelegten Eingangsspannungen und Ein-Aus-Bedingungen.

**Einschaltzeit (maximale).** Die Zeit zwischen der Zuführung eines Einschalt-Steuersignals und dem Übergang des Ausgangs des SSR in den vollständig leitenden Zustand.

**Emitter.** Hauptschluss eines Transistors, auch der Basisklemme und deren Steuerstrom zugeordnet.

**FET.** Feldeffekttransistor. Die Arbeitsweise unterscheidet sich von derjenigen der bipolaren Typen. Die Spannung, die zwischen dem Gate- und dem Sourceanschluss angelegt wird, moduliert den Widerstand des Bauelementes auf den Stromfluss zwischen dem Drain- und dem Sourceanschluss mit Hilfe eines Feldes, das im Kanalbereich aufgebaut wird.

**Halbleiterrelais (Solid-State-Relay, SSR).** Ein Halbleiterschalter, dessen Ein- und Ausgänge galvanisch getrennt sind, zum verschleißfreien Schalten von unterschiedlichen Lasten.

**Halbleitersicherung.** Eine speziell konstruierte, schnell wirkende Sicherung, die in der Lage ist, Halbleiterbauelemente zu schützen, mit Öffnungszeiten, die im typischen Fall kürzer als 10 ms sind.

**Haltestrom.** Der Mindeststrom (Laststrom), der gebraucht wird, um einen Thyristor im leitenden Zustand zu halten.

**Induktivität.** Eine elektrische Eigenschaft, die einer Stromänderung entgegenwirkt und auch eine Ladung speichern kann. Die Einheit der Induktivität ist das Henry [H].

**Isolierwiderstand (minimaler).** Ohmscher Wert, in der Regel gemessen bei 500 V Gleichstrom, Eingang nach Ausgang, oder beide zum Gehäuse.

**I<sup>2</sup>t (Maximum).** Nicht wiederkehrende Impuls-Strom-Fähigkeit des SSR, angegeben zur Auswahl der Sicherung. Wird ausgedrückt als «Amperequadrat-Sekunden» bei typ. einer Halbperioden-Impulsbreite.

**Kapazität.** Die Fähigkeit, eine elektrische Ladung zu speichern. Wird auch angegeben als Trennparameter eines SSR, gemessen vom Eingang zum Ausgang oder von beiden zum Gehäuse, vorgesehen als ein Mittel zur Bestimmung der Kopplung von hochfrequentem Rauschen.

**Kathode.** Anschluss eines Thyristors, der einem Gate-Anschluss zugeordnet ist. Im leitenden Zustand negativ im Verhältnis zur Anode.

**Kollektor.** Ein Hauptschluss eines bipolaren Transistors.

**Lastspannung.** Der Bereich der minimalen bis maximalen Netzspannung, die an den Ausgang eines SSRs angelegt werden kann.

**Laststrom (maximaler).** Der maximale stationäre Laststrom eines SSRs, der bei Anwendung der thermischen Regeln, in Abhängigkeit des Kühlkörpers und der Umgebungstemperatur weiter eingeschränkt sein kann.

**Laststrom (minimaler).** Der minimale Laststrom, den das SSR braucht, um gemäss Spezifikation arbeiten zu können.

**Leckstrom.** Der maximale Leckstrom, der im Sperrzustand durch den Ausgang des SSRs fließt.

**Maximale Kapazität Eingang zu Ausgang.** Höchstwert der kapazitiven Kopplung zwischen Steuer- und Leistungsausgangsklemmen.

**Maximaler Überstrom (nicht wiederkehrend).** Ähnlich wie oben, aber im typischen Fall ausgedrückt als Effektivwert für eine Dauer von einer Sekunde.

**MTBF** (Mean Time between failure): Durchschnittliche Zeit zwischen zwei Fehlern.

**Momentaneinschaltung.** Das SSR schaltet nach dem Anlegen der Steuerspannung unabhängig des momentanen Phasenwinkels.

**MOSFET.** Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor. Die Steuerelektrode (Gate-Elektrode) ist im Allgemeinen durch eine Schicht Siliziumoxyd von der Quallelektrode getrennt. Eine zwischen Gate-Elektrode und Quelle angelegte Spannung ergibt einen Stromfluss zwischen Drain und Quelle.

**MOV.** Metall-Oxid-Varistor, im Allgemeinen eingesetzt bei Wechselstrom-SSR, um in zwei Richtungen wirkende Spannungssprünge zu unterdrücken. Hat eine nichtlineare spannungsabhängige Widerstandskennlinie, die mit ansteigender Spannung rasch abfällt.

**Nullspannung-Einschalten.** Das SSR schaltet, nach dem Anlegen der Steuerspannung, im darauf folgenden Nulldurchgang der Netzspannung.

**Phasenanschnittsteuerung.** Einschalten eines SSR bei einem beliebigen Phasenwinkel, der durch die Steuersignalquelle bestimmt wird.

**Snubber oder R/C Beschaltung.** Eine Kombination aus Widerstand und Kondensator, die an den Ausgangsklemmen eines SSRs angeordnet wird, um die Ausgangsthyristoren vor kritischen Spannungssteilheiten zu schützen.

**Sperrspannung.** Maximal zulässige Spannung (Scheitelwert) vor dem Durchschlag.

**Steuerspannung.** Der Bereich einer Spannung, die, wenn sie an den Eingangsklemmen eines SSR angelegt wird, einen Durchlasszustand an den Ausgangsklemmen (die normalerweise offen sind) aufrechterhalten.

**Stossstrom.** Der maximal zulässige momentane Stromfluss über ein SSR für eine festgelegte Zeitdauer. (Wird angegeben als Spitzenwert für eine Periode).

**Thyristor.** Ein bistabiles Halbleiterbauelement, das drei oder mehr Übergänge (PNPN usw.) umfasst. Die Sam-

melbezeichnung für eine Familie von gate-gesteuerten Schaltern, einschliesslich siliziumgesteuerter Gleichrichter und Zweiweg-Thyristordioden.

**Transient.** Kurzer Überspannungs-, Überstromauschlag gegenüber dem Normalzustand.

**Transiente Überspannung.** Der maximal zulässige kurze Ausschlag der angelegten Spannung, dem ein SSR ohne Schaden oder Störung standhalten kann, während es seinen Sperrzustand bewahrt.

**Transistor.** Im allgemeinen ein Halbleiterbauelement mit drei Klemmen, wobei der Gleichstromfluss zwischen zwei Klemmen durch die dritte moduliert wird. Ein Bipolartransistor ist im wesentlichen ein stromgesteuertes Bauelement, während ein Feldeffekttransistor ein spannungsgesteuertes Bauelement ist.

**Triac (Zweigweg-Thyristortriode).** In zwei Richtungen wirkender Halbleiter der Thyristor-Familie. Die Wirkungsweise ist ähnlich der eines umgekehrten Paares von siliziumgesteuerten Gleichrichtern, die durch eine einzige Gate-Elektrode ausgelöst werden.

**Umgebungstemperaturbereich.** Die Temperaturgrenzen der umgebenden Luft, in der Regel gegeben sowohl für Betriebs- als auch für Lagerbedingungen. Es kann erforderlich sein, die maximale Betriebstemperatur auf Grund der thermischen Regeln der Wärmeabstrahlung genau zu beachten und möglicherweise einen Kühlkörper vorzusehen.

**Varistor.** Siehe Metall-Oxid-Varistor (MOV).

**Verlustleistung.** Die maximale durchschnittliche Verlustleistung [Watt], die aus dem effektiven Spannungsabfall über dem SSR und dem Nennstrom resultiert.

**Wärmewiderstand (R $\theta$ ).** Ausgedrückt in «Grad Celsius pro Watt» [°C/W]. Dieser Wert definiert das Temperaturgefälle zwischen der Energie, die im Ausgang des SSR-Halbleiters erzeugt wird und dem abführenden Medium (Kühlkörper/Luft).