



Vishay Electronic GmbH  
Hofmark-Aich-Str.36  
D-84030 Landshut  
Telefon +49 871 86-0  
www.vishay.com

Document number: 13174 - Rev. 02

## Unsymmetrieschutzrelais

# ESTAsym MD



## Bedienungshandbuch

QUALITY MANAGEMENT



Certified by VDE according to  
DIN EN ISO 9001  
Reg. No. 2556/QM/03.94

---

### Revisionsliste

Date	Name	Revision	Kommentar
25.08.11	drt	00	Erste Ausgabe
20.12.11	brm	01	Inhaltliche Änderungen
04.05.12	fez	02	Korrekturen

---

**Inhalt**

1	Einleitung .....	4
2	Beschreibung der Schutzfunktionen .....	4
2.1	Unsymmetrie .....	4
2.2	Phasenunsymmetrie .....	5
2.3	Überspannungsschutz .....	5
2.4	Thermischer Überstromschutz .....	5
2.5	Erdfehlerschutz .....	5
2.6	Grundwellenüberstromschutz .....	5
2.7	RMS-Überstromschutz .....	5
2.8	Unterstromschutz .....	6
2.9	Wiederzuschaltzeit – Überwachung .....	6
3	Zuordnung der Schutzfunktionen .....	7
4	Schaltbild und Anschlussbelegung ESTAsym MD .....	8
5	Stromwandlereingänge .....	9
6	Optokopplereingänge .....	9
7	LCD Display .....	10
8	Tastenfeld .....	10
9	Relaisausgänge .....	10
10	Leuchtdioden (LED) .....	11
11	Boot- Loader    Updaten der Betriebssoftware .....	13
12	Einstellungen .....	14
12.1	Beispiel der Parameter-Eingabe ESTAsym MD .....	21
12.2	Parameter-Eingabe mittels PC .....	24
13	Display Menu .....	30
14	Technische Daten .....	45
15	Immunitätstest .....	46
16	Abmessungen und Panel-Ausschnitt .....	48
17	Warnung und Auslösezeiten für thermischen Überstromschutz .....	49
18	Auslösezeiten für Überspannungsschutz .....	49

---

## 1 Einleitung

Der prozessorgesteuerte Unsymmetrieschutz ESTAsym MD ist ein universales Schutzrelais für die Überwachung von Kondensatorbatterien. Mittels FFT – Technik errechnet der ESTAsym MD aus den gemessenen Phasen- und Unsymmetriemesswerten die Ströme für die Netzfrequenz und der Harmonischen. Diese Werte stehen für die verschiedenen Schutzfunktionen zur Verfügung, die der Anwender auswählen kann.

Standardmäßig werden die Kondensatorbatterien in Doppelstern- oder Brückenschaltung aufgebaut. Der ESTAsym MD kann beide Schaltungen überwachen und bietet je nach ausgewähltem Anlagenaufbau die optimale Kombination der Schutzfunktionen an.

Der ESTAsym MD bietet Schutz für:

- Unsymmetrie
- Phasenunsymmetrie
- Überspannungsschutz
- Thermischer Überstromschutz
- Erdfehlerschutz
- Grundwellen und RMS-Überstromschutz
- Unterstromschutz
- Wiedereinschaltzeit-Überwachung

## 2 Beschreibung der Schutzfunktionen

### 2.1 Unsymmetrie

Das Gerät errechnet aus dem gemessenen Unsymmetriestrom die Netzfrequenz- Komponente. Diese kann in Amplitude und Phasenwinkel auf Null kompensiert werden. Hierzu wird der Phasenstrom L1 als Referenz genutzt. Sollte nun aufgrund von Kapazitätsänderungen ein Unsymmetriestrom entstehen, wird dieser in Amplitude und Phase ausgewertet. Der Phasenwinkel wird nach der Störung gespeichert und zeigt, in welchem Teil der Bank der Fehler aufgetreten ist. Die Bewertung kann anhand der Bilder **6** und **7** erfolgen.

Die Schutzfunktion hat zwei Stufen - Warnung und Auslösung - für beide können getrennte Auslösezeiten eingestellt werden. Die Auslösung erfolgt, wenn der eingestellte Ansprechwert für die Auslösezeit überschritten wird.

Der ESTAsym MD gleicht die Unsymmetrieansprechwerte der aktuellen Phasenspannung an. Wenn zum Beispiel die Phasenspannung fällt, werden auch die Ansprechwerte um das gleiche Verhältnisse reduziert. Da der ESTAsym MD die Phasenspannung nicht erfassen kann, wird diese Änderung indirekt über den Phasenstrom ermittelt.

---

## 2.2 Phasenunsymmetrie

Durch Vergleich der Netzfrequenzkomponente der drei Phasenströme können Unsymmetrien erkannt werden, die auf einen Fehler in der Kondensatorbank hinweisen.

Die Schutzfunktion hat zwei Stufen, Warnung und Auslösung, für beide können getrennte Auslösezeiten eingestellt werden. Die Auslösung erfolgt, wenn der eingestellte Ansprechwert die Auslösezeit überschreitet.

## 2.3 Überspannungsschutz

Der Überspannungsschutz verhindert die unzulässige Beanspruchung der Kondensatorbatterie durch überhöhte Spannung. Für die Bewertung wird die arithmetische Summe der Grundwellenkomponente und Harmonischen für jede Phase gebildet.

Der Ansprechwert wird mit einem Überspannungsfaktor festgelegt. Für die Auslösezeit kann entweder eine feste Zeit vorgegeben werden, oder die Zeit wird anhand der ANSI-Kurve ermittelt.

## 2.4 Thermischer Überstromschutz

Zum Schutz der Drosseln und Widerstände von Filterkreisanlagen kann ein thermischer Überstromschutz aktiviert werden. Für jede Phase wird der RMS-Phasenstrom mit dem eingestellten Warnungs- und Auslösungswert verglichen. Für die Auslösezeit kann entweder eine feste Zeit vorgegeben werden, oder die Zeit wird anhand der ANSI-Kurve ermittelt.

## 2.5 Erdfehlerschutz

Der Erdfehlerschutz errechnet die Grundwellenkomponente des Erdfehlerstromes aus der Vektorsumme der drei Grundwellenströme. Die Schutzfunktion hat zwei Stufen, Warnung und Auslösung, für beide können getrennte Auslösezeiten eingestellt werden. Die Auslösung erfolgt, wenn der eingestellte Ansprechwert die Auslösezeit überschreitet.

## 2.6 Grundwellenüberstromschutz

Der ESTAsym MD errechnet für jede Phase den Grundwellenstrom aus dem entsprechenden Phasenstrom und vergleicht ihn mit dem eingestellten Auslösewert.

Die Schutzfunktion hat zwei Stufen. Erste Stufe  $I_1 > I_{1st}$  und  $I_2 >> I_{1st}$ . Die Auslösung erfolgt, wenn der eingestellte Ansprechwert die Auslösezeit überschreitet.

## 2.7 RMS-Überstromschutz

Der ESTAsym MD errechnet für jede Phase den  $I_{rms}$ -Wert aus dem entsprechenden Phasenstrom und vergleicht ihn mit dem eingestellten Auslösewert.

Die Schutzfunktion hat zwei Stufen. Erste Stufe  $I_1 > I_{1st}$  und  $I_2 >> I_{1st}$ . Die Auslösung erfolgt, wenn der eingestellte Ansprechwert die Auslösezeit überschreitet.

---

## 2.8 Unterstromschutz

Mit Hilfe des Unterstromschutzes können Spannungsunterbrechungen oder Spannungseinbrüche erkannt werden. Mittels eines Hilfskontaktes des Leistungsschalters kann der ESTAsym MD erkennen, ob es sich um eine tatsächliche Spannungsunterbrechung oder um eine betriebsmäßige Abschaltung (**Bild.2**) handelt. Gleichzeitig mit der Kontaktgabe-Auslösung schließt für die eingestellte Zeit auch der Kontakt der Relais Überwachung.

Das Auslösesignal wird ausgegeben, wenn alle drei Phasenströme den eingestellten Stromschwellwert für die eingestellte Zeit unterschreiten und der Leistungsschalter eingeschaltet ist.

## 2.9 Wiederschaltzeit – Überwachung

Durch die Wiederschaltsperrung kann ein Zuschalten der Kondensatorbank während der vorgeschriebenen Entladezeit verhindert werden. Hierzu stellt der ESTAsym MD einen Steuerkontakt bereit. Gesteuert wird die Zuschaltsperrung über einen Hilfskontakt des Leistungsschalters (siehe auch Punkt 2.8).

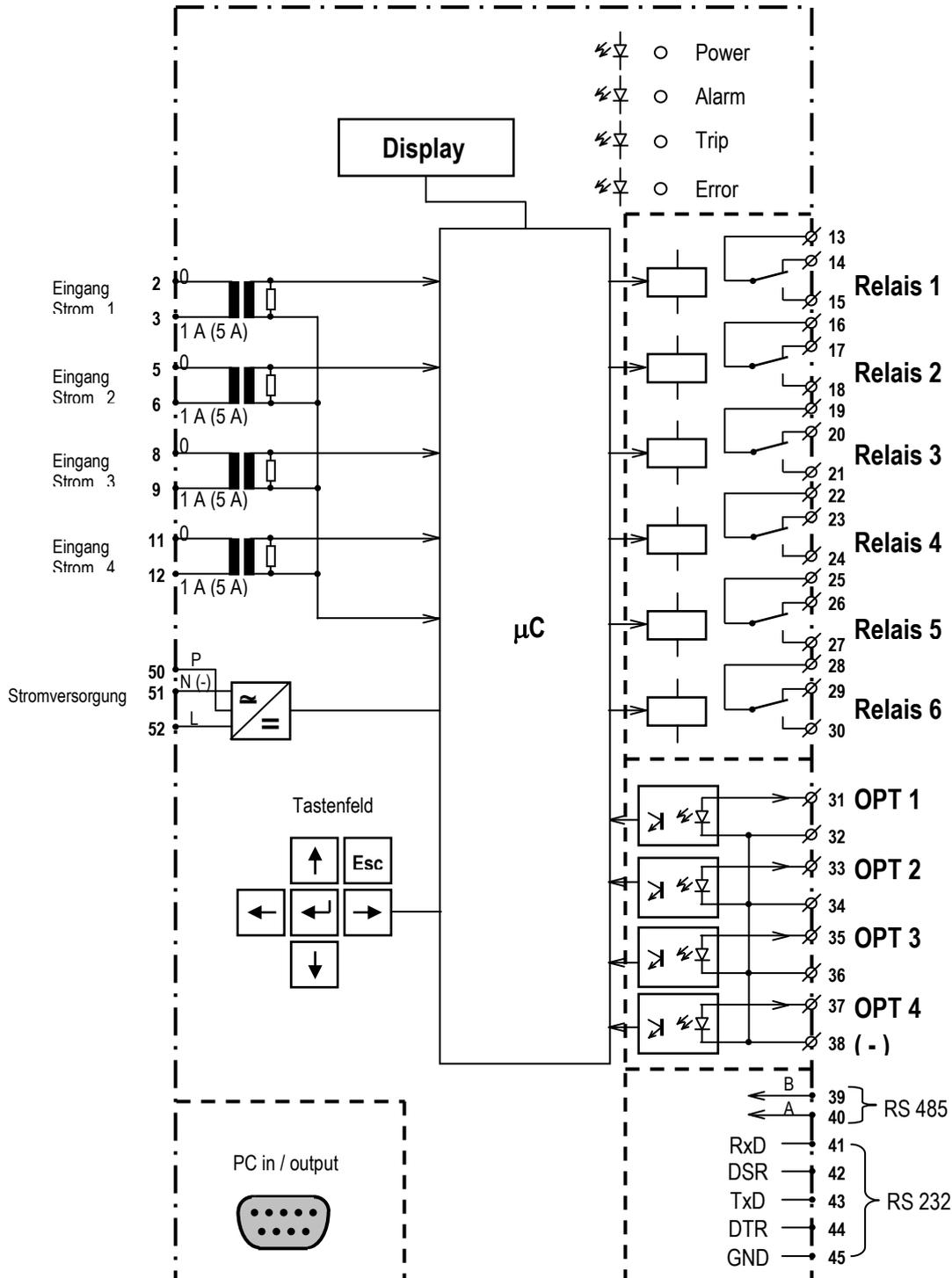
Es kann eine Sperrzeit von 2 s bis zu 10 Minuten eingestellt werden, Schritt 1s.

### 3 Zuordnung der Schutzfunktionen

Zuordnung der Schutzfunktionen	
Schaltung der Kondensatorbank	Schutzfunktion
Doppelstern mit Drosseln	Unsymmetrie Phasenunsymmetrie Überspannungsschutz Thermischer – Überstromschutz Erdfehlerschutz Grundwellenüberstromschutz RMS - Überstromschutz Unterstromschutz Wiederschaltzeit - Überwachung
Doppelstern ohne Drosseln	Unsymmetrie Phasenunsymmetrie Überspannungsschutz Erdfehlerschutz Grundwellenüberstromschutz RMS - Überstromschutz Unterstromschutz Wiederschaltzeit – Überwachung
H3- Schaltung	Unsymmetrie Wiederschaltzeit - Überwachung
H1- Schaltung mit Drosseln	Unsymmetrie Überspannungsschutz Thermischer – Überstromschutz Grundwellenüberstromschutz RMS– Überstromschutz Unterstromschutz Wiederschaltzeit - Überwachung
H1- Schaltung ohne Drosseln	Unsymmetrie Überspannungsschutz Grundwellenüberstromschutz RMS - Überstromschutz Unterstromschutz Wiederschaltzeit - Überwachung
Dreifach-Doppelsternschaltung	Unsymmetrie Wiederschaltzeit - Überwachung

Der Anwender kann mittels PC die einzelnen Schutzfunktionen aktivieren oder sperren.

## 4 Schaltbild und Anschlussbelegung ESTAsym MD



**Bild.1** Schaltbild und Anschlussbelegung ESTAsym MD

## 5 Stromwandleringänge

Der ESTAsym MD hat vier Stromwandleringänge. Diese können wahlweise für x/1A oder x/5A verwendet werden.

Zuordnung der Stromwandleringänge	
Schaltung der Kondensatorbank	Stromwandleringänge
Doppelstern	Eingang 1 – Phasenstrom L1 Eingang 2 – Phasenstrom L2 Eingang 3 – Phasenstrom L3 Eingang 4 – Unsymmetriestrom
H- Schaltung; Dreifach-Doppelstern	Eingang 1 – Phasenstrom L1 Eingang 2 – Unsymmetriestrom 1 Eingang 3 – Unsymmetriestrom 2 Eingang 4 – Unsymmetriestrom 3

Bei den Phasenströmen können Übersetzungsverhältnisse von 10-3000/1A oder zu /5A eingestellt werden. Das Gerät kann Phasenströme bis 6000A auswerten. Das Übersetzungsverhältnis der Unsymmetriewandler kann im Bereich von 1-100/1A oder 1-100/5A liegen.

## 6 Optokopplereingänge

Die Optokopplereingänge OPT 1 und OPT 2 dienen zur Steuerung der Wiederzuschaltsperr (siehe auch 2.9). Die Optokopplereingänge OPT 3 und 4 sind Reserve.

Die Eingangsspannung kann im Bereich von 20 bis 220 V DC liegen.

Leistungsschalter der Kondensatorbatterie

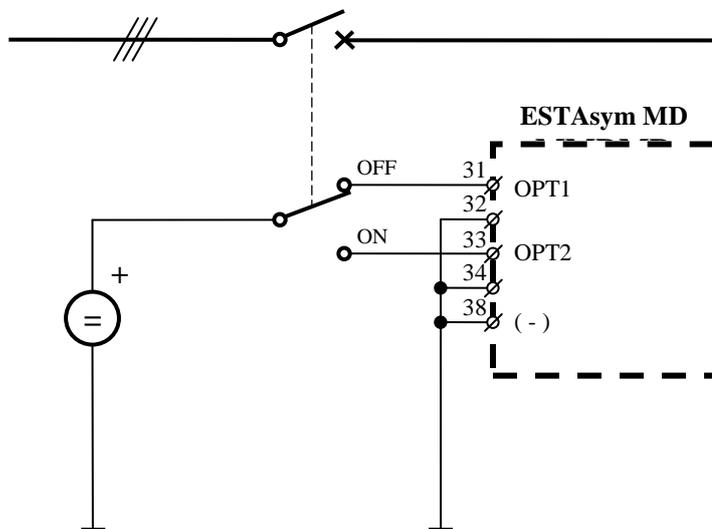


Bild. 2 Anschluss der Optokopplereingänge

## 7 LCD Display

Ein zweizeiliges LCD-Display (**Bild 3**) dient zur Anzeige:

- während des normalen Betriebes:  
Zur Darstellung der Messwerte, Parameter und falls vorhanden, Fehlermeldungen
- während Parametrierung des Gerätes:  
Interaktive Parametrierung des Gerätes
- nach der Schutz-Auslösung:  
Protokollierung von Strom - und Spannungswerten bei Warnung und Auslösung

## 8 Tastenfeld

Des Weiteren steht ein Tastenfeld (Bild 3) mit sechs Tasten für:

- Interaktive Parametrierung des Gerätes
- Quittierung und Rücksetzen der Auslösung zur Verfügung

## 9 Relaisausgänge

Der ESTAsym MD hat sechs Relaisausgänge:

- Relais 1 Warnung für alle Schutzfunktionen
- Relais 2 und 3 Auslösung für alle Schutzfunktionen

- Relais 4 Wiederschaltzeit - Überwachung
- Relais 5 Selbstüberwachung
- Relais 6 Reserve

Der Benutzer kann für jedes Relais 1 - 4:

Hand-RESET oder Auto-RESET und Low aktiv oder High aktiv auswählen.

Die Relais haben Umschaltkontakte, die dem Anwender zur Verfügung stehen.

## 10 Leuchtdioden (LED)

Vier Leuchtdioden (**Bild 3**) zeigen Folgendes an:

- Grüne LED – Power, Versorgungsspannung
- Rote LED – Alarm, Warnung
- Rote LED – Trip – Auslösung
- Rote LED – Error – Störung

**Bild.3 Frontseite ESTAsym MD**



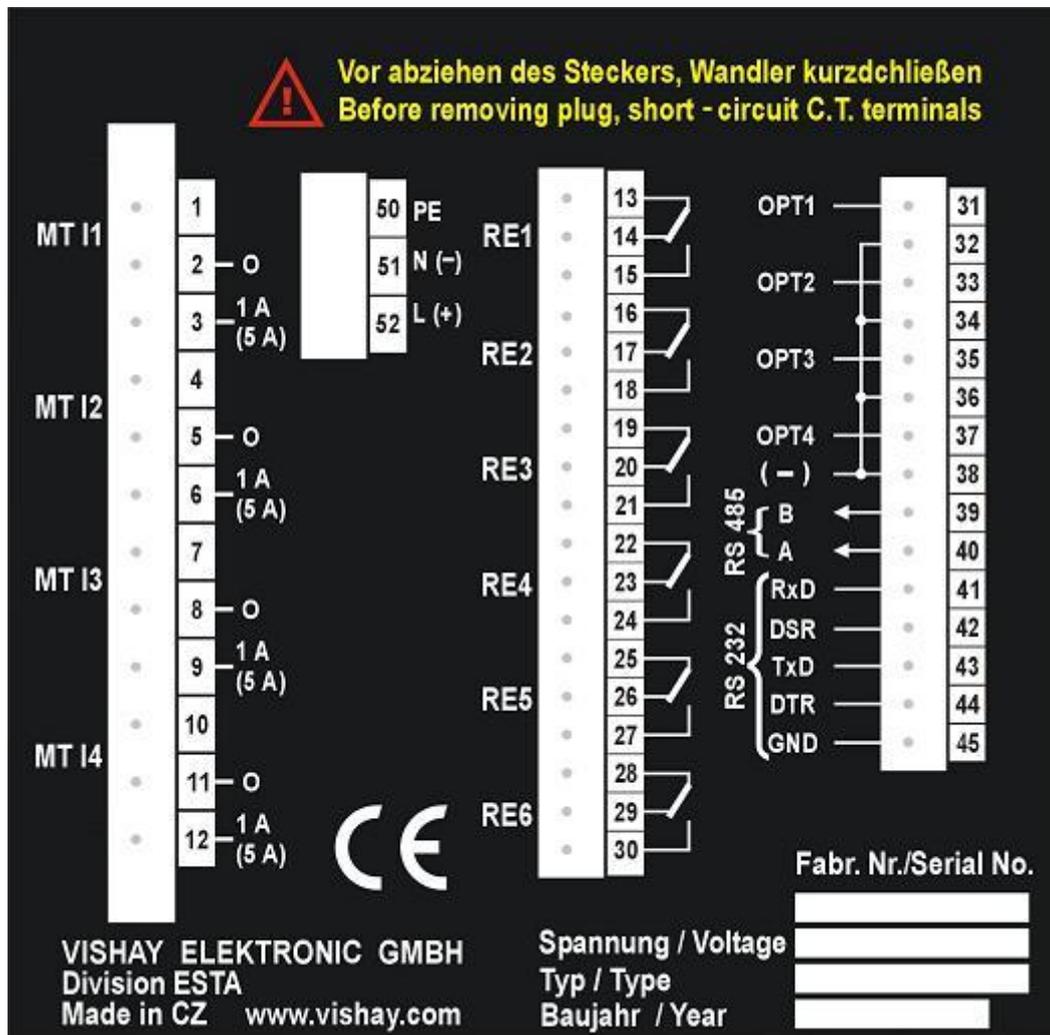


Bild.4 Rückseite ESTAsym MD

---

## 11 Boot-Loader    Updaten der Betriebssoftware

Der Boot-Loader ist ein Hilfsmittel zur Änderung der bestehenden Software des ESTAsym MD mittels der RS232. Diese Funktion wird ausschließlich von Hersteller durchgeführt.

## 12 Einstellungen

Parameter Einstellung ESTAsym MD		
Schutzfunktion	Parameter	Einstellungsbereich
Unsymmetrie	Warnung	$I_u$ 0,1 -100A Verzögerung 0,1 - 6 s
	Auslösung	$I_u$ 0,1 -100A Verzögerung 0,1 - 6 s
	Minimalwert $I_u$	$I_u$ 0,01 – 1 A
	Minimalwert $I_{L1}$	in A, (5% - 30%) $I_{L1}$
Phasenunsymmetrie	Warnung	1 - 30% $I_n$ Verzögerung 0,3 – 6s
	Auslösung	2 - 30% $I_n$ Verzögerung 0,3 – 6s
	Nennstrom	$I_n$ 10 - 3000A
Überspannungsschutz	<b>IEC(ANSI):</b>	
	Überspannungsfaktor	0,8; 0,9; 1,0; 1,10; 1,25; 1,50
	Phasenkapazität	1 - 6400 $\mu$ F
	Verkettete Nennspannung	2 - 450 kV
	<b>Set time:</b>	
Überspannungsfaktor	0,8 – 2,0	
	Verzögerung	0,1 - 6 s
	Verkettete Nennspannung	2 - 450 kV
Thermischer Überstromschutz	Warnung	10 - 6000 A
	Auslösung	10 - 6000 A
	<b>Set time on:</b>	
	Verzögerung: Warnung	1 -7200 s
	Verzögerung: Auslösung	1 -7200 s
	<b>Set time off:</b>	
	Die Zeitverzögerung sinkt mit dem Quotient Iststrom zu Nominalstrom	
	Warnungszeit ist immer die Hälfte von der Auslösungszeit.	
Erdfehlerschutz	Warnung	1 - 30% $I_n$ Verzögerung 0,3 – 6 s
	Auslösung	2 - 30% $I_n$ Verzögerung 0,3 – 6 s
	Nennstrom	$I_n$ 10 - 3000A
Grundwellenüberstromschutz und RMS-Überstromschutz	Auslösung $I_L$	10 - 6000A Verzögerung 0,1 - 6 s
	Auslösung $I_{rms}$	10 - 6000A Verzögerung 0,3 - 6 s
Unterstromschutz	Auslösung	10 - 3000A Verzögerung 0,3 - 6 s
Wiederzuschaltzeit - Überwachung		Verzögerung: von 2 s; bis 10 min in 1 s Schritt

**Legende:** - Minimalwert  $I_u$ : Minimalwert des Unsymmetriestromes, bei dem das Gerät den

---

natürlichen Unsymmetriestrom noch kompensieren kann. Für Stromeingang 1A ist  $I_u = 5\text{mA}$ , für 5A ist  $I_u = 25\text{mA}$  (Sekundärwerte).

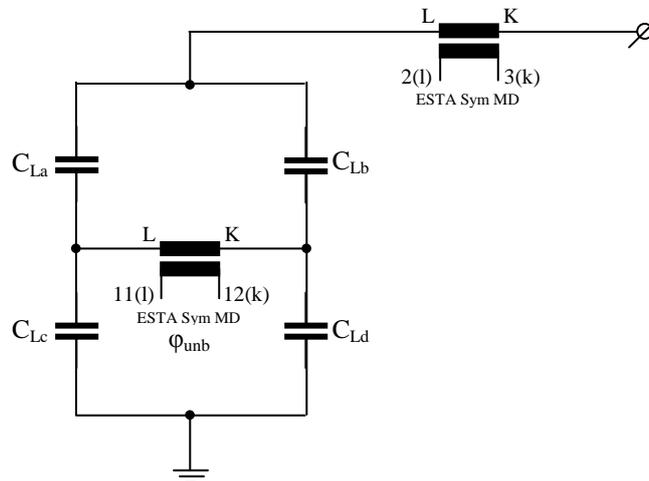
- Lower threshold  $I_{L1}$ : Minimalwert des Phasenstromes, den das Gerät akzeptiert. Die Werte sind die gleiche wie bei  $I_u$ .
- Overheating – set Time: Wenn nicht aktiv, hängt die Zeitverzögerung vom Quotient Iststrom zu Nominalstrom ab.
- Alle Stromwerte sind Primärwerte.
- Alle eingegebenen Parameter der einzelnen Schutzfunktionen werden bei jeder Dateneingabe softwaremässig verglichen, um die zuverlässige Gerätefunktion sicherzustellen.
- Mit Rücksicht auf Spannungsschwankungen im Netz wird die eingestellte Alarmschwelle ( $I_w$ ) und Abschaltsschwelle ( $I_T$ ) softwaremässig auf Werte  $I'_w$  bzw.  $I'_T$  entsprechend nachstehender Regeln umgerechnet:

$$I'_{w(T)} = 0.8 * I_{w(T)} \dots\dots \text{für } (I_{L1}/I_N) \leq 0,8;$$

$$I'_{w(T)} = (I_{L1}/I_N) * I_{w(T)} \dots \text{für } 0,8 < (I_{L1}/I_N) < 1,2;$$

$$I'_{w(T)} = 1.2 * I_{w(T)} \dots\dots \text{für } (I_{L1}/I_N) > 1,2$$

**Bild. 6a: Einphasige Kondensatorbatterie in H1-Schaltung mit fehlerhaftem Element**



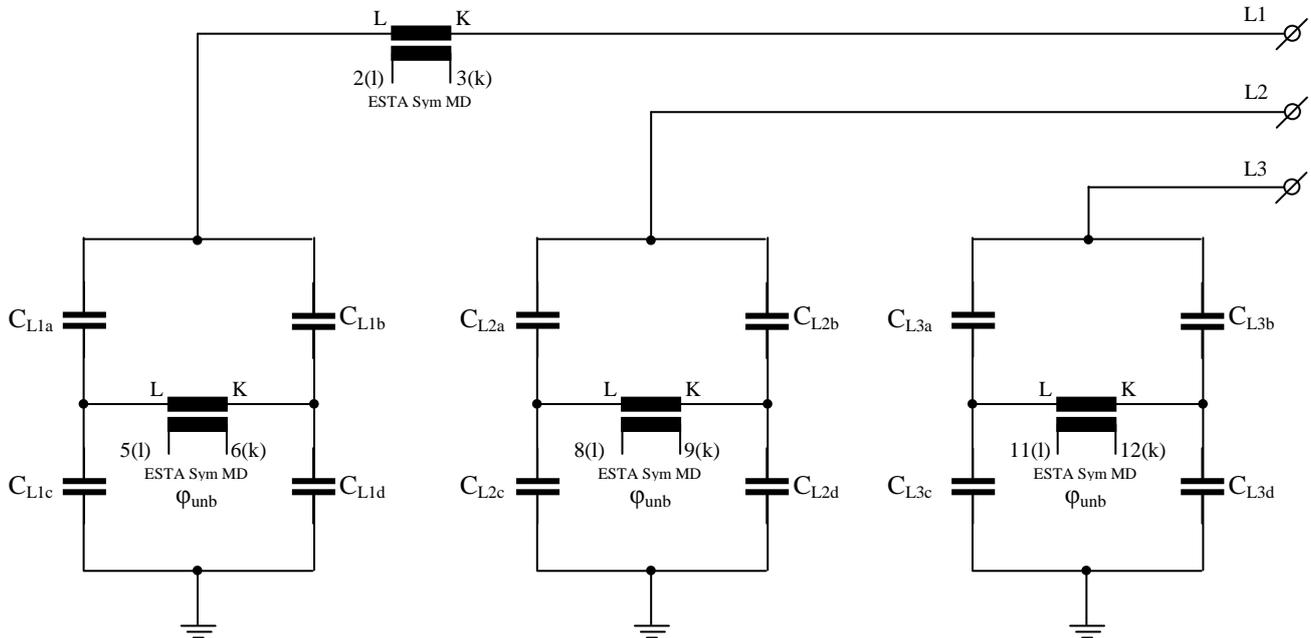
1.) Wickelfehler bei Kondensatoren mit Wickelsicherungen

Phasenwinkel $\varphi_{unb}$	Kondensator mit Fehler
$0^\circ$	$C_{La}$ oder $C_{Ld}$
$180^\circ$	$C_{Lc}$ oder $C_{Lb}$

2.) Wickelfehler bei Kondensatoren ohne Wickelsicherungen

Phasenwinkel $\varphi_{unb}$	Kondensator mit Fehler
$0^\circ$	$C_{Lc}$ oder $C_{Lb}$
$180^\circ$	$C_{La}$ oder $C_{Ld}$

**Bild. 6b: Dreiphasige Kondensatorbatterie in H3-Schaltung mit fehlerhaftem Element**



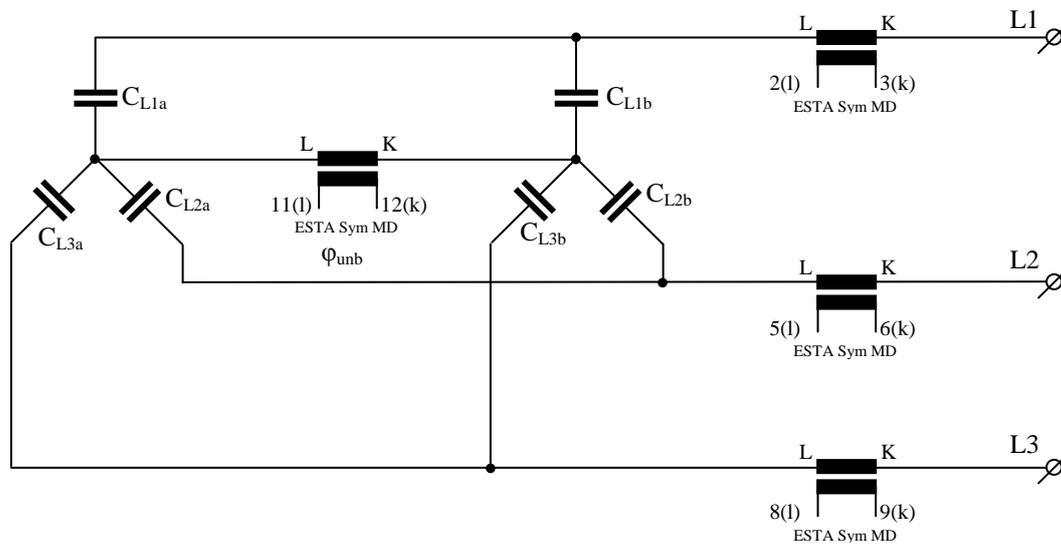
1.) Wickelfehler bei Kondensatoren mit Wickelsicherungen

Phasenwinkel $\varphi_{\text{umb}}$	Kondensator mit Fehler
0°	CL1a oder CL1d
60°	CL3c oder CL3b
120°	CL2a oder CL2d
180°	CL1c oder CL1b
240°	CL3a oder CL3d
300°	CL2c oder CL2b

2.) Wickelfehler bei Kondensatoren ohne Wickelsicherungen

Phasenwinkel $\varphi_{\text{umb}}$	Kondensator mit Fehler
0°	CL1c oder CL1b
60°	CL3a oder CL3d
120°	CL2c oder CL2b
180°	CL1a oder CL1d
240°	CL3c oder CL3b
300°	CL2a oder CL2d

**Bild. 7a: Dreiphasige Kondensatorbatterien in Doppelsternschaltung mit Wickelfehler**



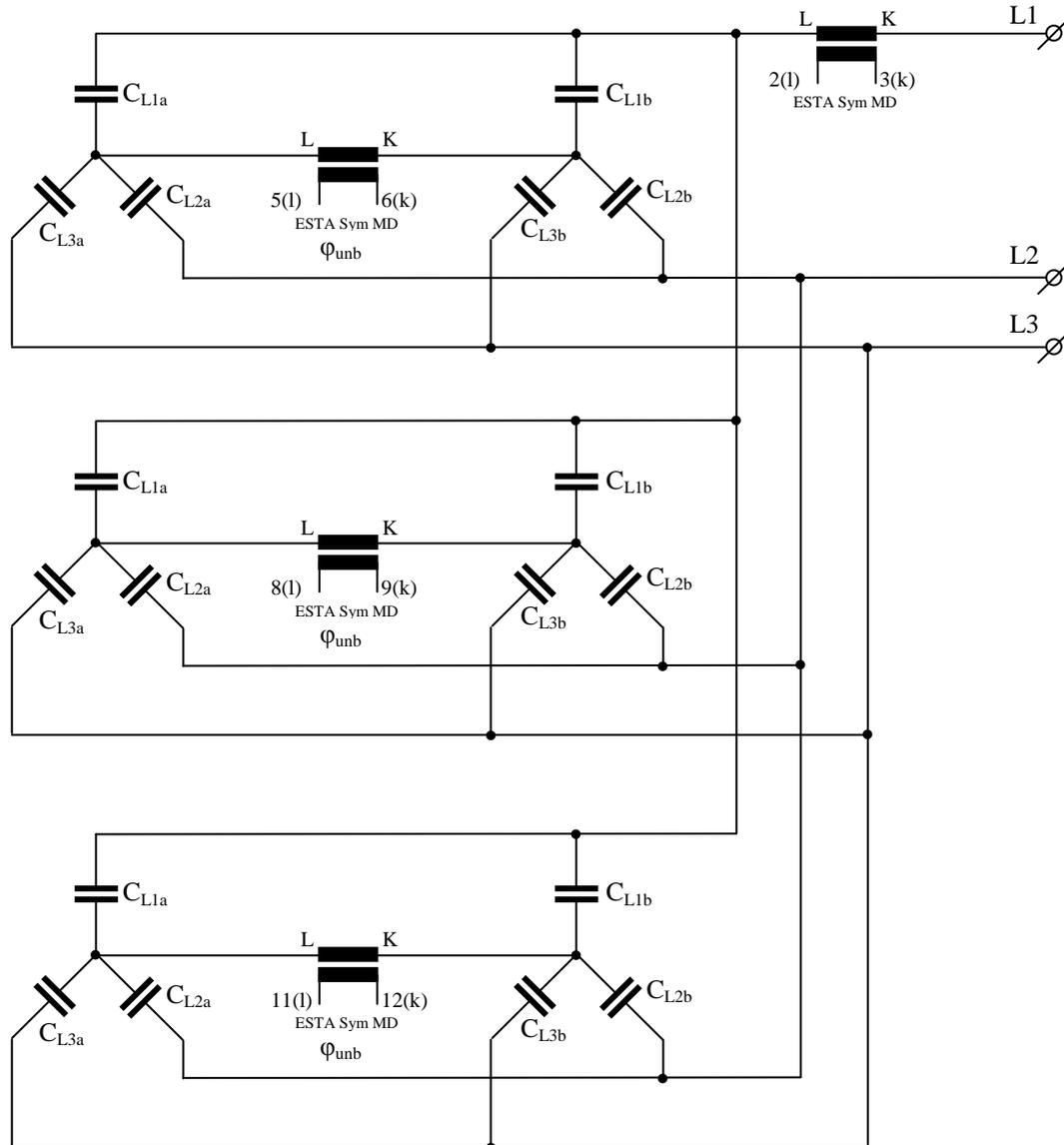
1.) Wickelfehler bei Kondensatoren mit Wickelsicherungen

Phasenwinkel $\varphi_{unb}$	Kondensator mit Fehler
0°	$C_{L1b}$
60°	$C_{L3a}$
120°	$C_{L2b}$
180°	$C_{L1a}$
240°	$C_{L3b}$
300°	$C_{L2a}$

2.) Wickelfehler bei Kondensatoren ohne Wickelsicherungen

Phasenwinkel $\varphi_{unb}$	Kondensator mit Fehler
0°	$C_{L1a}$
60°	$C_{L3b}$
120°	$C_{L2a}$
180°	$C_{L1b}$
240°	$C_{L3a}$
300°	$C_{L2b}$

**Bild. 7b: Dreiphasige Kondensatorbatterien in Dreifach-Doppelsternschaltung mit Wickelfehler**



## 1.) Wickelfehler bei Kondensatoren mit Wickelsicherungen

Phasenwinkel $\varphi_{unb}$	Kondensator mit Fehler
0°	C <sub>L1b</sub>
60°	C <sub>L3a</sub>
120°	C <sub>L2b</sub>
180°	C <sub>L1a</sub>
240°	C <sub>L3b</sub>
300°	C <sub>L2a</sub>

## 2.) Wickelfehler bei Kondensatoren ohne Wickelsicherungen

Phasenwinkel $\varphi_{unb}$	Kondensator mit Fehler
0°	C <sub>L1a</sub>
60°	C <sub>L3b</sub>
120°	C <sub>L2a</sub>
180°	C <sub>L1b</sub>
240°	C <sub>L3a</sub>
300°	C <sub>L2b</sub>

## 12.1 Beispiel der Parameter-Eingabe ESTAsym MD

### Kondensatorbatterie – Technische Daten:

Nennleistung	4MVA <sub>r</sub> , Doppelsternschaltung
Verkettete Nennspannung	$U_n = 11\text{kV}$
Nennphasenstrom	$I_n = 231\text{A}$
Phasen Kapazität	$C_n = 127,3\mu\text{F}$
Kondensator Nennspannung	$U_n = 6,35\text{kV}$ , (Verkettete Spannung 11kV)
Kondensator Kapazität	$C_n = 31,8\mu\text{F}$

### ESTAsym MD - Grundeinstellung :

Doppelsternschaltung mit Drosseln  
Nennstrom 231A  
Nennfrequenz 50Hz  
Stromwandlerübersetzung:  $I_{L1} 1000/5$ ;  $I_u 20/5$

#### Unsymmetrieschutz:

Alarmschwelle 0,8A; Verzögerung 5s; Ausgangsrelais RE1;  
Abschaltung Schwelle 2A; Verzögerung 0,3s; Ausgangsrelais RE2;  
Unterer Schwellwert  $I_{L1} 50\text{A}$   
Unterer Schwellwert  $I_u 0,1\text{A}$

#### Überspannungsschutz:

Überspannungsfaktor: 1,25  
Phasenkapazität: 127,3 $\mu\text{F}$   
Verkettete Spannung: 11kV  
(im Fall das Feld "Zeit einstellen" bezeichnet wird und „Verzögerung“ dadurch aktiviert, wird der Schutz entsprechend ANSI-Kurven im Absatz 17 funktionieren);  
Abschaltung: Ausgangsrelais RE2;

#### Übertemperaturschutz:

Alarmschwelle 240A; Verzögerung 300s; Ausgangsrelais RE1;  
Abschaltung Schwelle 250A; Verzögerung 600s; Ausgangsrelais RE2;  
(falls das Feld "Zeit einstellen" bezeichnet wird und „Verzögerung“ dadurch aktiviert, wird der Schutz entsprechend ANSI-Kurven im Absatz 18 funktionieren)

#### Phasenunsymmetrieschutz:

Alarmschwelle 10%; Verzögerung 1s; Ausgangsrelais RE1;  
Abschaltung Schwelle 30%, Verzögerung 1s; Ausgangsrelais RE2;

#### Erdfehlerschutz:

Alarmschwelle 10%, Verzögerung 1s; Ausgangsrelais RE1;  
Abschaltschwelle 20%; Verzögerung 1s; Ausgangsrelais RE2;

#### Unterstromschutz:

Abschaltschwelle 10A; Verzögerung 0,3s; Ausgangsrelais RE2;

Überstromschutz IL:

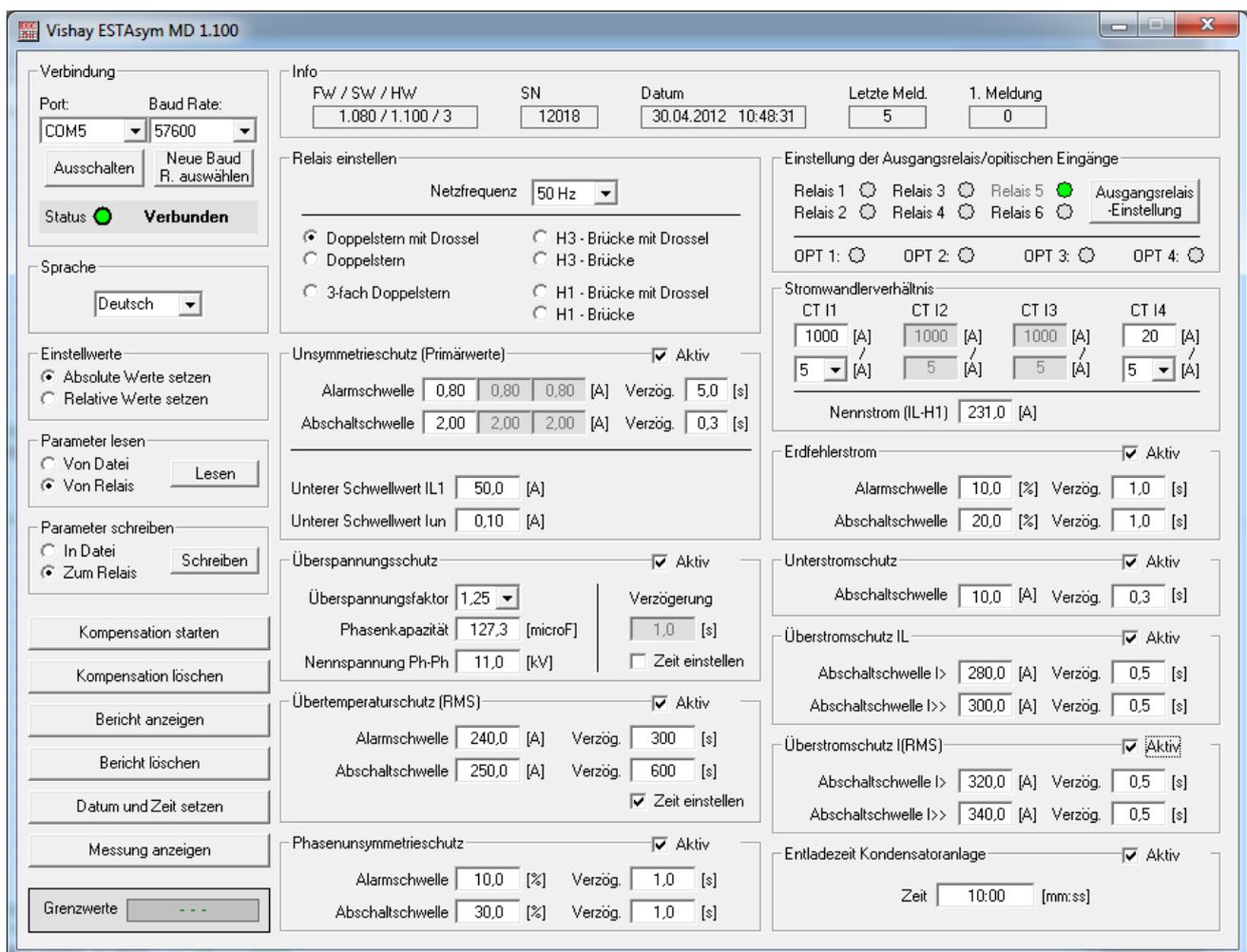
Abschaltswelle I> 280A; Verzögerung 0,5s; Ausgangsrelais RE1;  
Abschaltswelle I>> 300A; Verzögerung 0,5s; Ausgangsrelais RE2;

Überstromschutz I(RMS):

Abschaltswelle I> 320A; Verzögerung 0,5s; Ausgangsrelais RE2;  
Abschaltswelle I>> 340A; Verzögerung 0,5s; Ausgangsrelais RE2;

Entladezeit - Kondensatoranlage : 10 min; Ausgangsrelais RE4;

Leistungsschalter-Fehler : Ausgangsrelais RE3;



**Verbindung**  
Port: CDM5 Baud Rate: 57600  
Ausschalten Neue Baud R. auswählen  
Status: ● **Verbunden**  
Sprache: Deutsch

**Info**  
FW / SW / HW: 1.080 / 1.100 / 3 SN: 12018 Datum: 30.04.2012 10:48:31 Letzte Meld.: 5 1. Meldung: 0

**Relais einstellen**  
Netzfrequenz: 50 Hz  
 Doppelstern mit Drossel  H3 - Brücke mit Drossel  
 Doppelstern  H3 - Brücke  
 3-fach Doppelstern  H1 - Brücke mit Drossel  
 H1 - Brücke

**Einstellung der Ausgangsrelais/optischen Eingänge**  
 Relais 1  Relais 3  Relais 5  Ausgangsrelais  
 Relais 2  Relais 4  Relais 6   
 OPT 1:  OPT 2:  OPT 3:  OPT 4:

**Stromwandlerverhältnis**  
 CT I1: 1000 [A] / 5 [A] CT I2: 1000 [A] / 5 [A] CT I3: 1000 [A] / 5 [A] CT I4: 20 [A] / 5 [A]  
 Nennstrom (IL-H1): 231,0 [A]

**Erdfehlerstrom**  Aktiv  
 Alarmschwelle: 10,0 [%] Verzög.: 1,0 [s]  
 Abschaltswelle: 20,0 [%] Verzög.: 1,0 [s]

**Unterstromschutz**  Aktiv  
 Abschaltswelle: 10,0 [A] Verzög.: 0,3 [s]

**Überstromschutz IL**  Aktiv  
 Abschaltswelle I>: 280,0 [A] Verzög.: 0,5 [s]  
 Abschaltswelle I>>: 300,0 [A] Verzög.: 0,5 [s]

**Überstromschutz I(RMS)**  Aktiv  
 Abschaltswelle I>: 320,0 [A] Verzög.: 0,5 [s]  
 Abschaltswelle I>>: 340,0 [A] Verzög.: 0,5 [s]

**Entladezeit Kondensatoranlage**  Aktiv  
 Zeit: 10:00 [mm:ss]

**Überspannungsschutz**  Aktiv  
 Überspannungsfaktor: 1,25 Verzögerung: 1,0 [s]  
 Phasenkapazität: 127,3 [microF]  Zeit einstellen  
 Nennspannung Ph-Ph: 11,0 [kV]

**Übertemperaturschutz (RMS)**  Aktiv  
 Alarmschwelle: 240,0 [A] Verzög.: 300 [s]  
 Abschaltswelle: 250,0 [A] Verzög.: 600 [s]  Zeit einstellen

**Phasenunsymmetrieschutz**  Aktiv  
 Alarmschwelle: 10,0 [%] Verzög.: 1,0 [s]  
 Abschaltswelle: 30,0 [%] Verzög.: 1,0 [s]

**Parameter lesen**  
 Von Datei  Von Relais

**Parameter schreiben**  
 In Datei  Zum Relais

Kompensation starten  
Kompensation löschen  
Bericht anzeigen  
Bericht löschen  
Datum und Zeit setzen  
Messung anzeigen  
Grenzwerte: - - -

**Ausgangsrelais - Einstellung :**

Inverse Funktion: kein Relais;

RE1: Bestätigungsbetrieb;

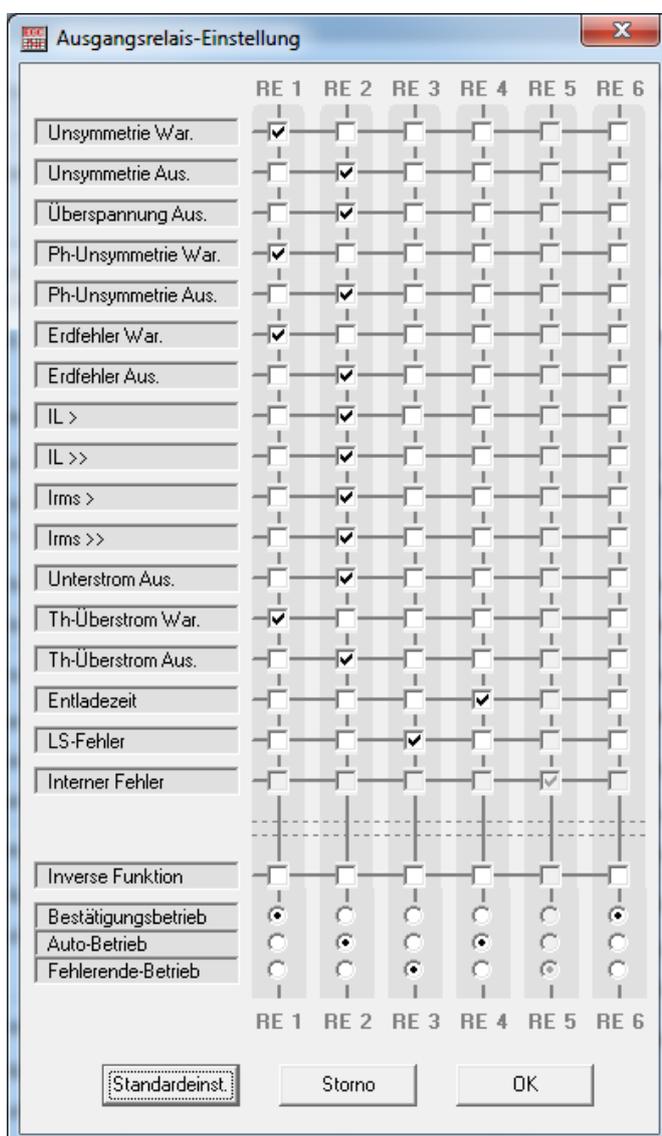
RE2: Auto-Betrieb;

RE3: Fehlerende-Betrieb;

RE4: Auto-Betrieb;

RE5: Ausschließlich nur für interner Fehler vorbehalten;

RE6: Bestätigungsbetrieb (in diesem Beispiel wird nicht ausgenutzt);



	RE 1	RE 2	RE 3	RE 4	RE 5	RE 6
Unsymmetrie War.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unsymmetrie Aus.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Überspannung Aus.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ph-Unsymmetrie War.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ph-Unsymmetrie Aus.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erdfehler War.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erdfehler Aus.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IL >	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IL >>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I <sub>rms</sub> >	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I <sub>rms</sub> >>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unterstrom Aus.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Th-Überstrom War.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Th-Überstrom Aus.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entladezeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LS-Fehler	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interner Fehler	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<hr/>						
Inverse Funktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Bestätigungsbetrieb	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auto-Betrieb	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fehlerende-Betrieb	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Buttons: Standardeinst., Storno, OK

---

## 12.2 Parameter-Eingabe mittels PC

### Verbindung:

- Port – COM 1 – COM 8 am Front-Panel oder am hinteren Panel
- Verbinden - Verbindung mit dem Gerät wird durchgeführt oder getrennt
- Wahl der Baudrate

### Sprache:

- Wahl der Sprache

### Parameter lesen:

- Aus Datei
- Aus Relais

### Parameter schreiben:

- In Datei
- In Relais

Start Kompensation: Kompensation der natürlichen Unsymmetriestrom wird gestartet

Kompensation löschen: Kompensation der natürlichen Unsymmetriestrom wird gelöscht

Bericht: Anzeige des Fehlerprotokolles

Fehlermeldung löschen: Löschen des Berichtes

Datum und Zeit setzen: Einstellung der Daten und Zeit im Gerät aus PC

Messung: Anzeige der gemessenen Daten

Grenzwerte: Abbildung der Grenzwerte von allen Größen

Info: Datenservice, Programmversion, Kommunikation usw.

Relais Einstellen: Einstellung der Netzfrequenz, Bestätigung (Automatic, Manual) und Schaltung der Kondensatorbatterie.

### Einstellung der Ausgabereleais:

Jedes Relais kann man unabhängig in einen der folgenden Modi einstellen:

- Bestätigung – Ausgangsignal dauert bis Taste Betätigung gedrückt wird, dann verschwindet es
- Automatik 1s- Ausgangsignal dauert 1s, dann verschwindet es
- Automatik – Signal - Ausgangsignal dauert so lange wie sein Anlass

Optische Eingänge: Anzeige aktiv oder passiv der Optokoppler-Eingänge

### Schutzfunktionen deaktivieren:

Mittels klick auf das Feld „Frei“ kann man die einzelnen Schutzfunktionen aktivieren oder sperren.

Unsymmetrieschutz: Einstellung der Parameter

Unterer Schwellwert  $I_{L1}$  ist der Minimalwert von  $I_{L1}$

Unterer Schwellwert  $I_u$  ist der Minimalwert von  $I_u$

Überspannungsschutz: Einstellung der Parameter

IEC(ANSI):

Überspannungsfaktor

- Phasenkapazität
- Verkettete Spannung
- Zeit Einstellung
- Verzögerung
- Verkettete Spannung

Kondensatoranlage Entladezeitgeber: Einstellung der Zeit

Stromwandlerübersetzung: Einstellung von Wandlersekundärstromwert x/1A oder x/5 A.

Einstellung der Ausgabereleais: Einstellung der Relaiskontakte als Schließer oder Öffner bei Anwesenheit der Speisespannung.

Einstellung der Parameter für folgenden Schutzfunktionen:

Phasenunsymmetrieschutz

Erdfehlerschutz

RMS - Überstromschutz

Unterstromschutz

Thermischer Überstromschutz: Einstellung der Zeit - ein:

Einstellung der Parameter und der Zeitverzögerung

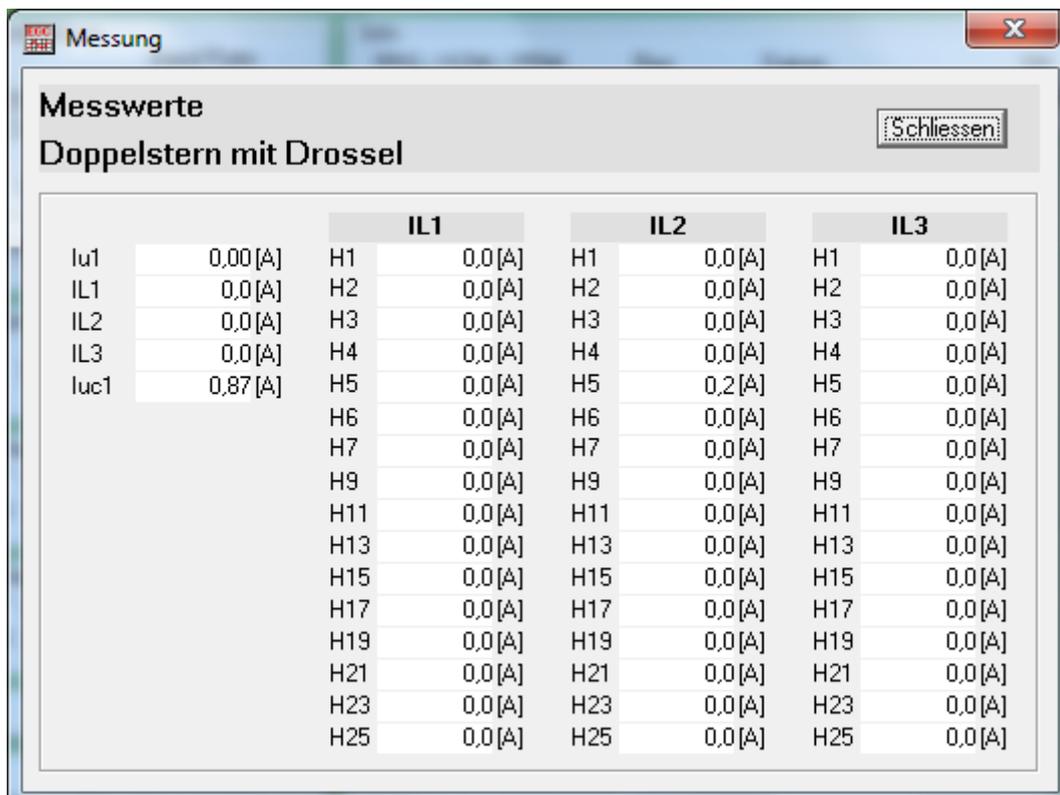
Einstellung der Zeit - aus:

Einstellung der Parameter

Die Zeitverzögerung hängt vom Quotient Ist-Strom zu Nominalstrom ab.

### Gemessene Daten

Gemessene Daten angezeigt am PC-Bildschirm



		IL1			IL2			IL3		
Iu1	0,00 [A]	H1	0,0 [A]							
IL1	0,0 [A]	H2	0,0 [A]	H2	0,0 [A]	H2	0,0 [A]	H2	0,0 [A]	
IL2	0,0 [A]	H3	0,0 [A]	H3	0,0 [A]	H3	0,0 [A]	H3	0,0 [A]	
IL3	0,0 [A]	H4	0,0 [A]	H4	0,0 [A]	H4	0,0 [A]	H4	0,0 [A]	
Iuc1	0,87 [A]	H5	0,0 [A]	H5	0,2 [A]	H5	0,0 [A]	H5	0,0 [A]	
		H6	0,0 [A]							
		H7	0,0 [A]							
		H9	0,0 [A]							
		H11	0,0 [A]							
		H13	0,0 [A]							
		H15	0,0 [A]							
		H17	0,0 [A]							
		H19	0,0 [A]							
		H21	0,0 [A]							
		H23	0,0 [A]							
		H25	0,0 [A]							

Messung X

**Messwerte** Schliessen

**Doppelstern ohne Drossel**

		IL1		IL2		IL3	
Iu1	0,00 [A]	H1	0,0 [A]	H1	0,0 [A]	H1	0,0 [A]
IL1	0,0 [A]	H2	0,0 [A]	H2	0,0 [A]	H2	0,0 [A]
IL2	0,0 [A]	H3	0,0 [A]	H3	0,0 [A]	H3	0,0 [A]
IL3	0,0 [A]	H4	0,0 [A]	H4	0,0 [A]	H4	0,0 [A]
Iuc1	0,87 [A]	H5	0,0 [A]	H5	0,0 [A]	H5	0,0 [A]
		H6	0,0 [A]	H6	0,0 [A]	H6	0,0 [A]
		H7	0,0 [A]	H7	0,0 [A]	H7	0,0 [A]
		H9	0,0 [A]	H9	0,0 [A]	H9	0,0 [A]
		H11	0,0 [A]	H11	0,0 [A]	H11	0,0 [A]
		H13	0,0 [A]	H13	0,0 [A]	H13	0,0 [A]
		H15	0,0 [A]	H15	0,0 [A]	H15	0,0 [A]
		H17	0,0 [A]	H17	0,0 [A]	H17	0,0 [A]
		H19	0,0 [A]	H19	0,0 [A]	H19	0,0 [A]
		H21	0,0 [A]	H21	0,0 [A]	H21	0,0 [A]
		H23	0,0 [A]	H23	0,0 [A]	H23	0,0 [A]
		H25	0,0 [A]	H25	0,0 [A]	H25	0,0 [A]

Messung X

**Messwerte** Schliessen

**H3 - Brücke mit Drossel**

		IL1	
Iu1	0,00 [A]	H1	0,0 [A]
Iu2	0,00 [A]	H2	0,0 [A]
Iu3	0,00 [A]	H3	0,0 [A]
IL1	0,0 [A]	H4	0,0 [A]
Iuc1	461,59 [A]	H5	0,0 [A]
Iuc2	461,59 [A]	H6	0,0 [A]
Iuc3	0,87 [A]	H7	0,0 [A]
		H9	0,0 [A]
		H11	0,0 [A]
		H13	0,0 [A]
		H15	0,0 [A]
		H17	0,0 [A]
		H19	0,0 [A]
		H21	0,0 [A]
		H23	0,0 [A]
		H25	0,0 [A]

Messung

Messwerte

H3-Brücke ohne Drossel

Schliessen

		IL1	
Iu1	0,03 [A]	H1	0,0 [A]
Iu2	0,00 [A]	H2	0,0 [A]
Iu3	0,01 [A]	H3	0,0 [A]
IL1	0,0 [A]	H4	0,0 [A]
Iuc1	0,00 [A]	H5	0,0 [A]
Iuc2	0,00 [A]	H6	0,3 [A]
Iuc3	0,00 [A]	H7	0,3 [A]
		H9	0,0 [A]
		H11	0,0 [A]
		H13	0,0 [A]
		H15	0,3 [A]
		H17	0,3 [A]
		H19	0,0 [A]
		H21	0,0 [A]
		H23	0,3 [A]
		H25	0,0 [A]

Messung

Messwerte

H1 - Brücke

Schliessen

		IL	
Iu	0,01 [A]	H1	0,3 [A]
IL	0,3 [A]	H2	0,0 [A]
Iuc	0,00 [A]	H3	0,0 [A]
		H4	0,0 [A]
		H5	0,0 [A]
		H6	0,0 [A]
		H7	0,0 [A]
		H9	0,0 [A]
		H11	0,0 [A]
		H13	0,0 [A]
		H15	0,0 [A]
		H17	0,0 [A]
		H19	0,0 [A]
		H21	0,3 [A]
		H23	0,0 [A]
		H25	0,3 [A]

Messung

**Messwerte** Schliessen

**H1 - Brücke mit Drossel**

		IL	
Iu	0,00 [A]	H1	0,3 [A]
IL	0,3 [A]	H2	0,0 [A]
Iuc	0,00 [A]	H3	0,0 [A]
		H4	0,0 [A]
		H5	0,0 [A]
		H6	0,0 [A]
		H7	0,0 [A]
		H9	0,0 [A]
		H11	0,0 [A]
		H13	0,0 [A]
		H15	0,0 [A]
		H17	0,0 [A]
		H19	0,0 [A]
		H21	0,0 [A]
		H23	0,3 [A]
		H25	0,0 [A]

Messung

**Messwerte** Schliessen

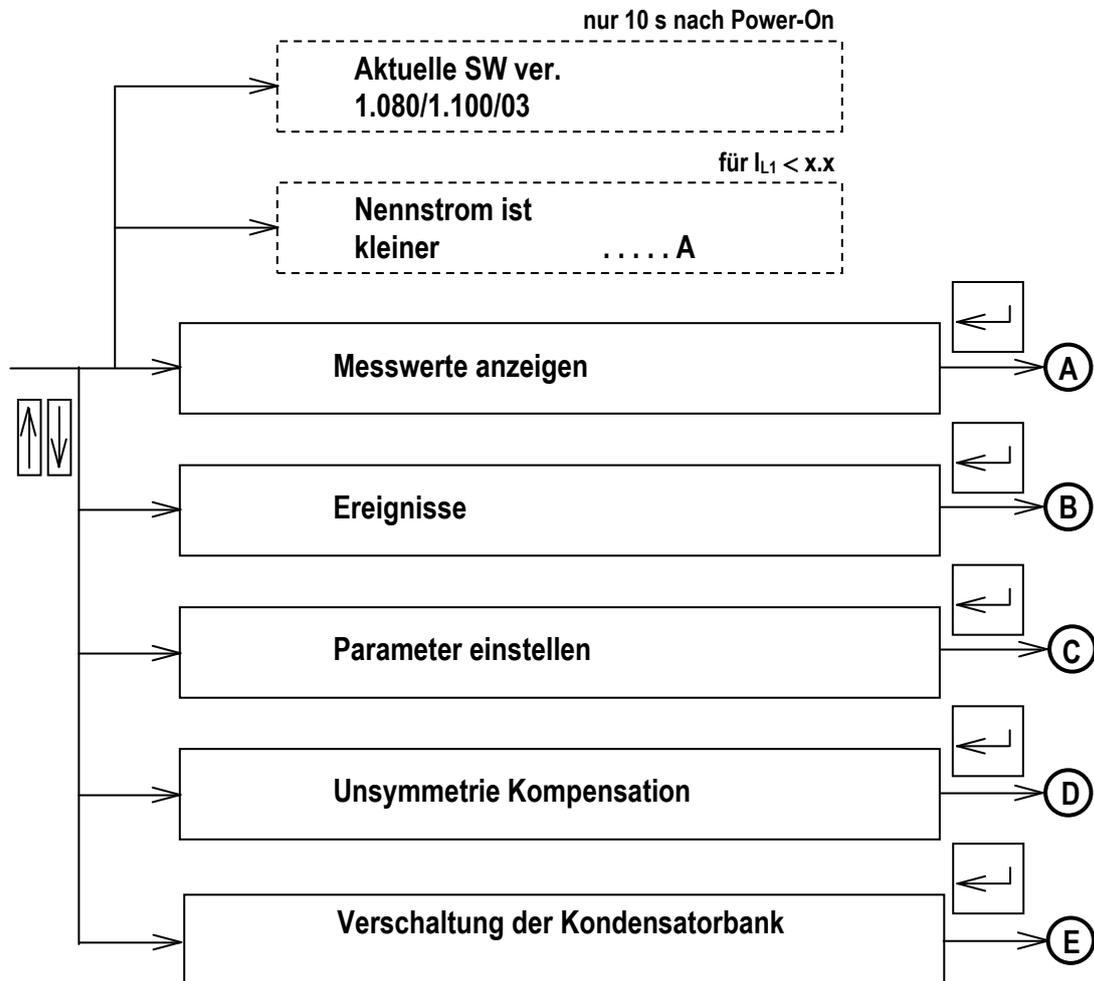
**3-fach Doppelstern**

		IL1	
Iu1	0,00 [A]	H1	0,0 [A]
Iu2	0,00 [A]	H2	0,0 [A]
Iu3	0,00 [A]	H3	0,0 [A]
IL1	0,0 [A]	H4	0,0 [A]
Iuc1	461,59 [A]	H5	0,0 [A]
Iuc2	461,59 [A]	H6	0,0 [A]
Iuc3	0,87 [A]	H7	0,0 [A]
		H9	0,0 [A]
		H11	0,0 [A]
		H13	0,0 [A]
		H15	0,0 [A]
		H17	0,0 [A]
		H19	0,0 [A]
		H21	0,0 [A]
		H23	0,0 [A]
		H25	0,0 [A]



## 13 Display Menu

### HAUPTMENÜ

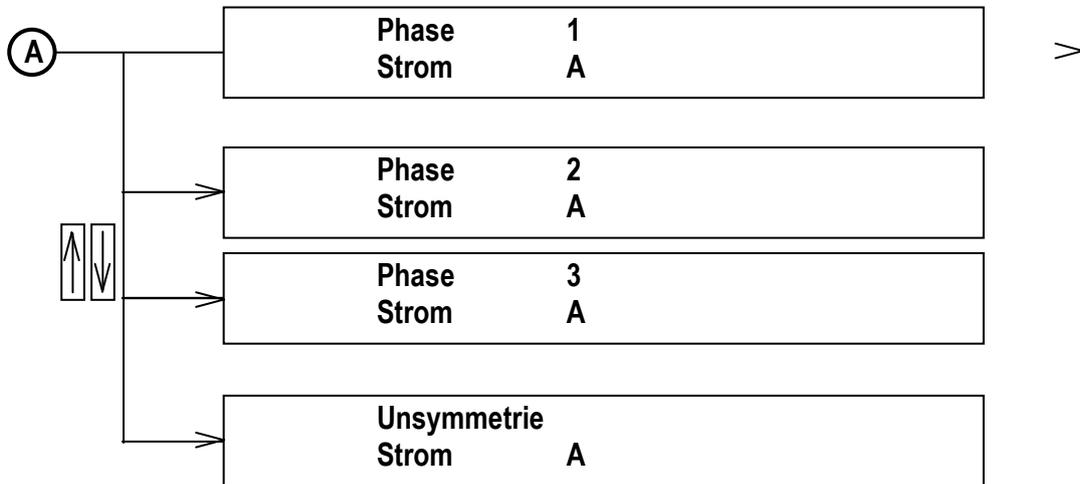


Legende

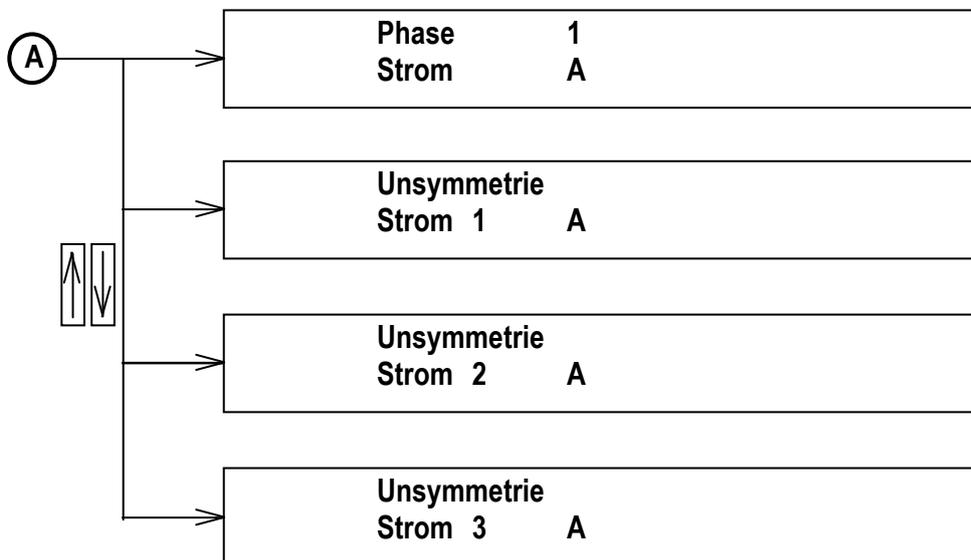


**MESSWERTE ANZEIGEN**

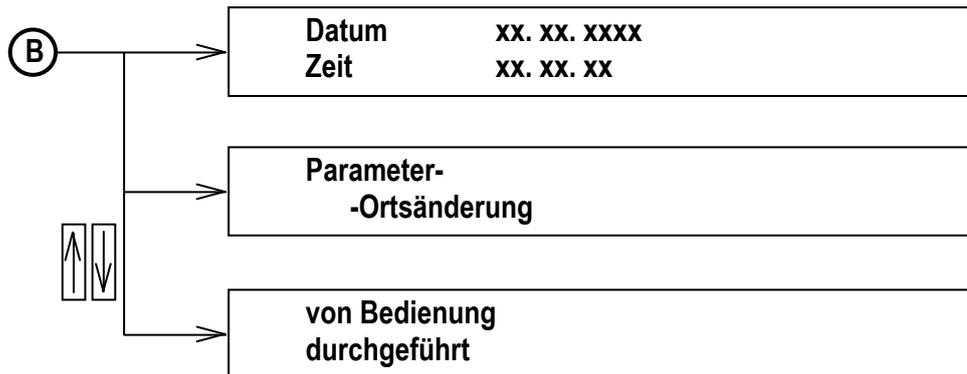
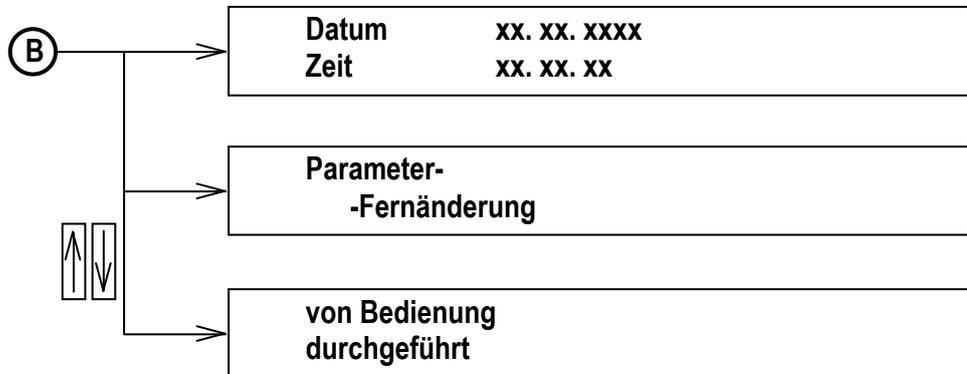
DOPPELSTERN (MIT DROSSEL)



BRÜCKENSCHALTUNG (MIT DROSSEL), MEHRFACH DOPPELSTERN

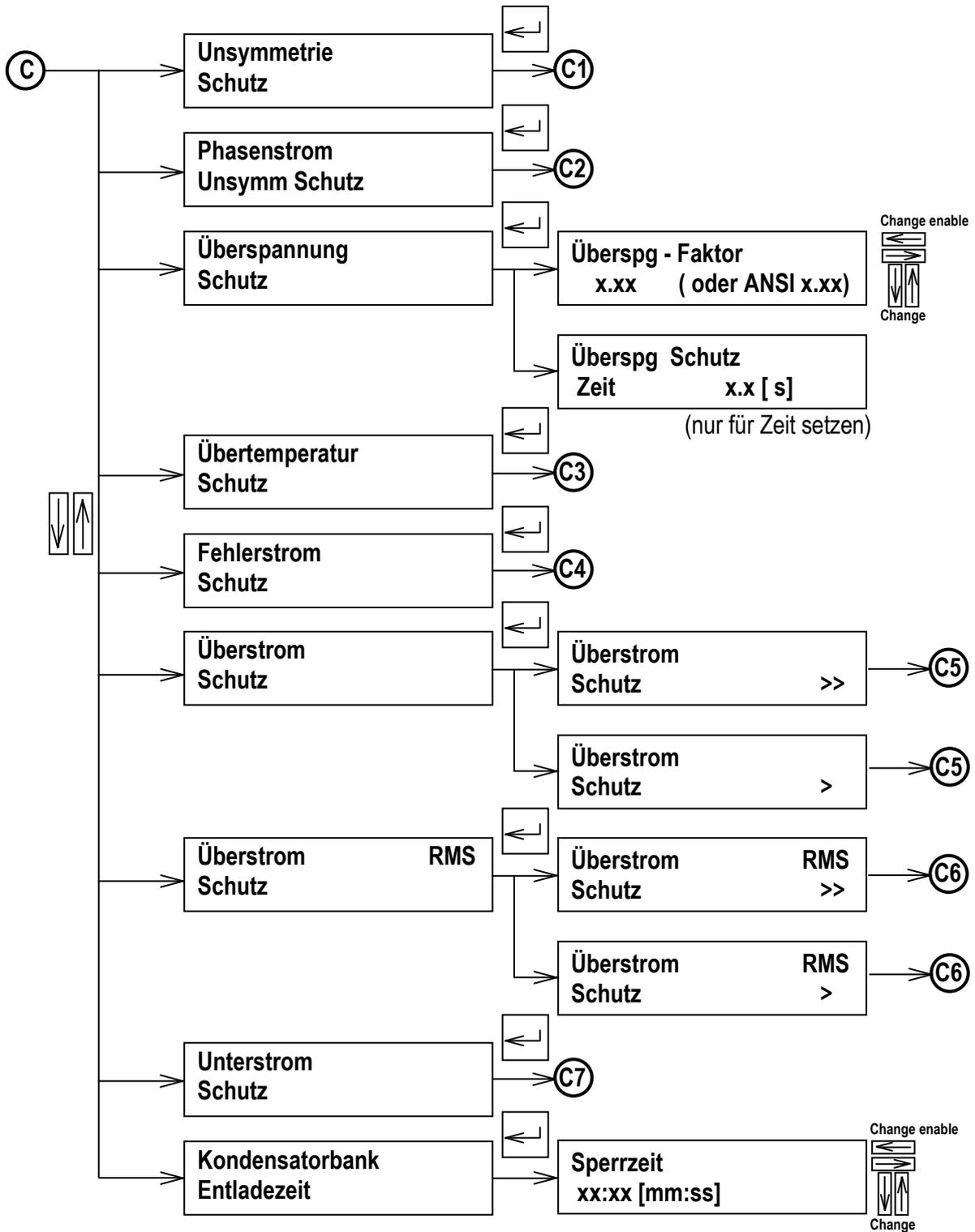






**PARAMETER EINSTELLEN**

DOPPELSTERN MIT DROSSEL

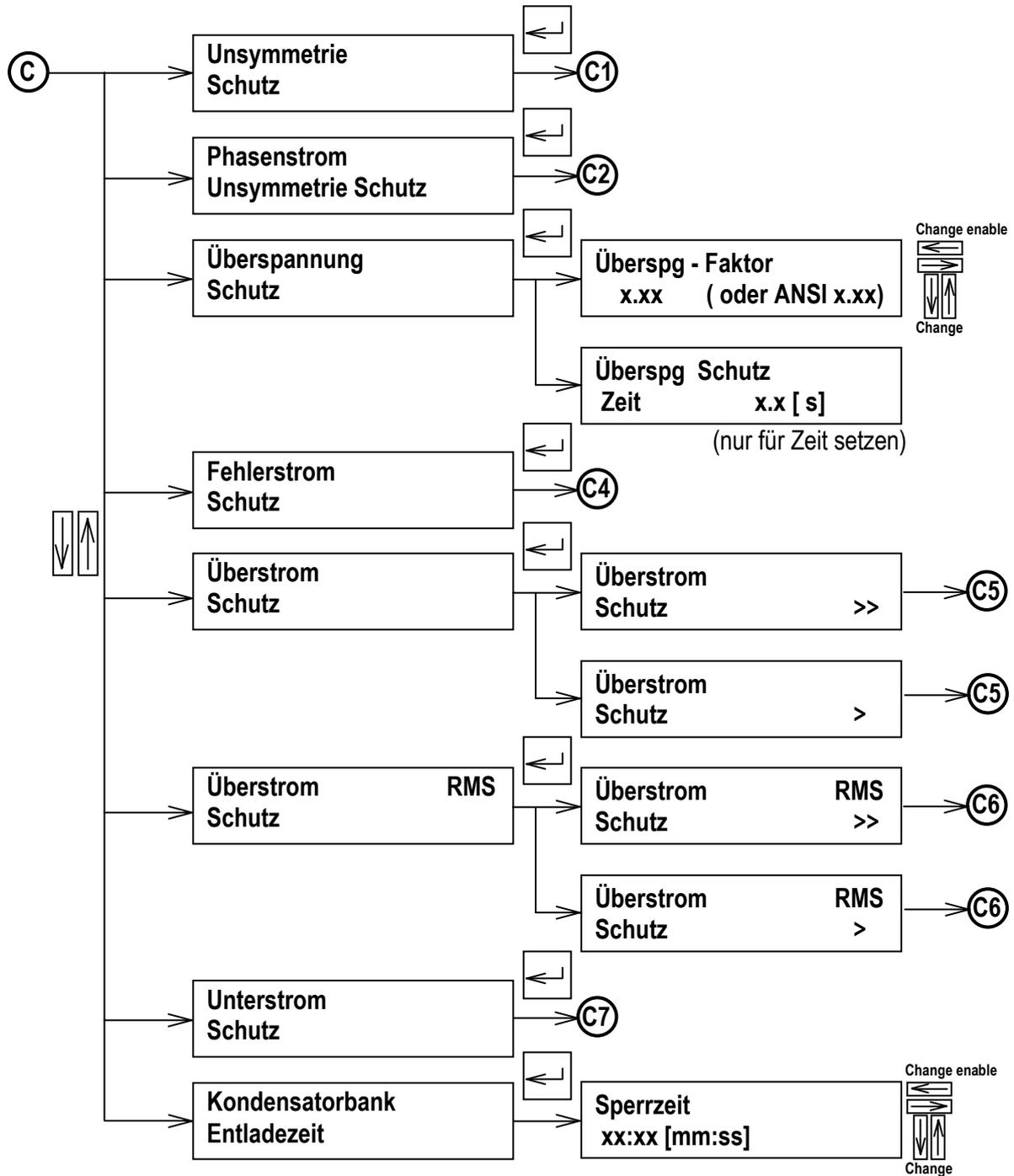


Legende



## PARAMETER EINSTELLEN

### DOPPELSTERN OHNE DROSSEL



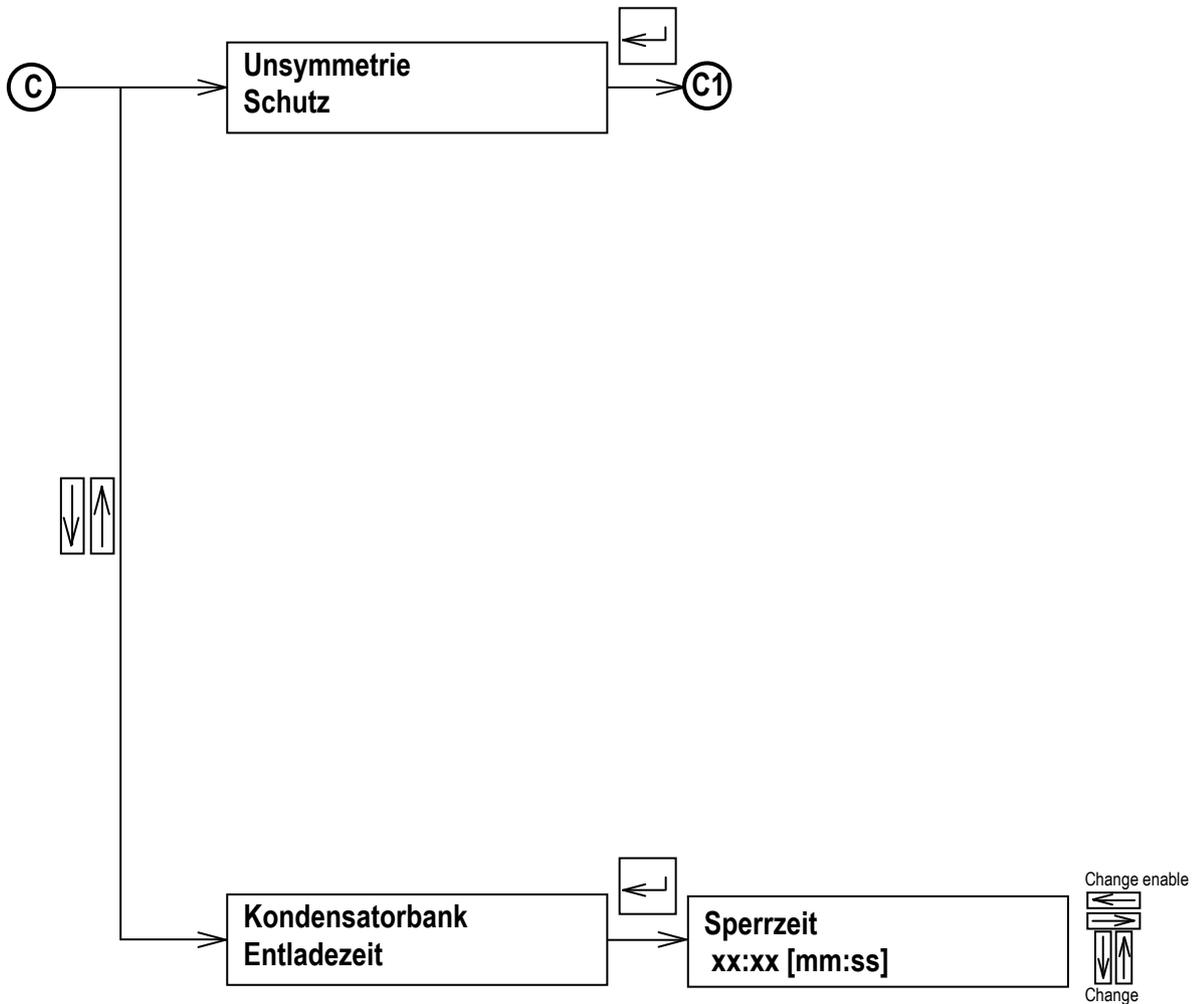
Legende



---

**PARAMETER EINSTELLEN**

## BRÜCKENSCHALTUNG H1 MIT ODER OHNE DROSSEL

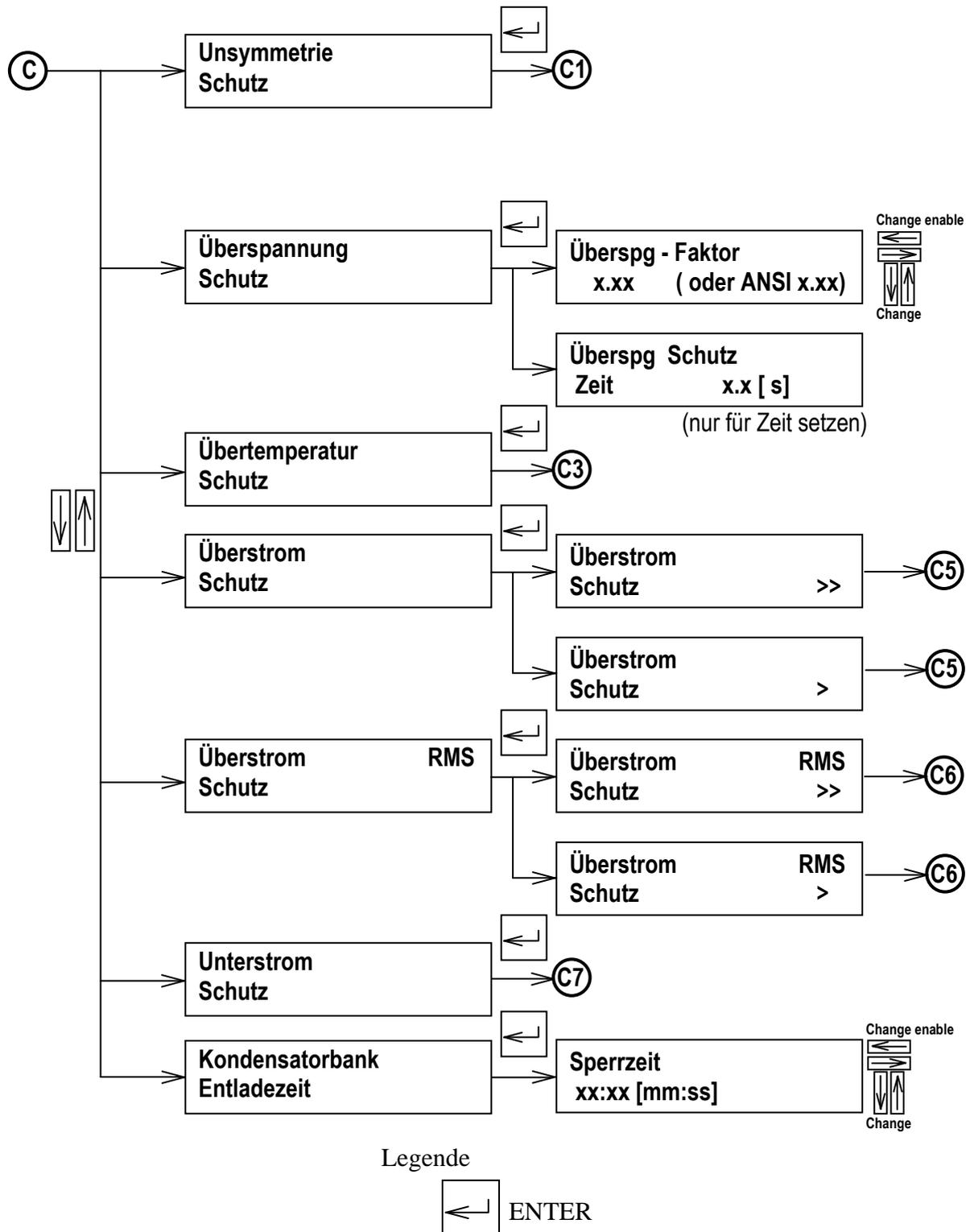


## Legende



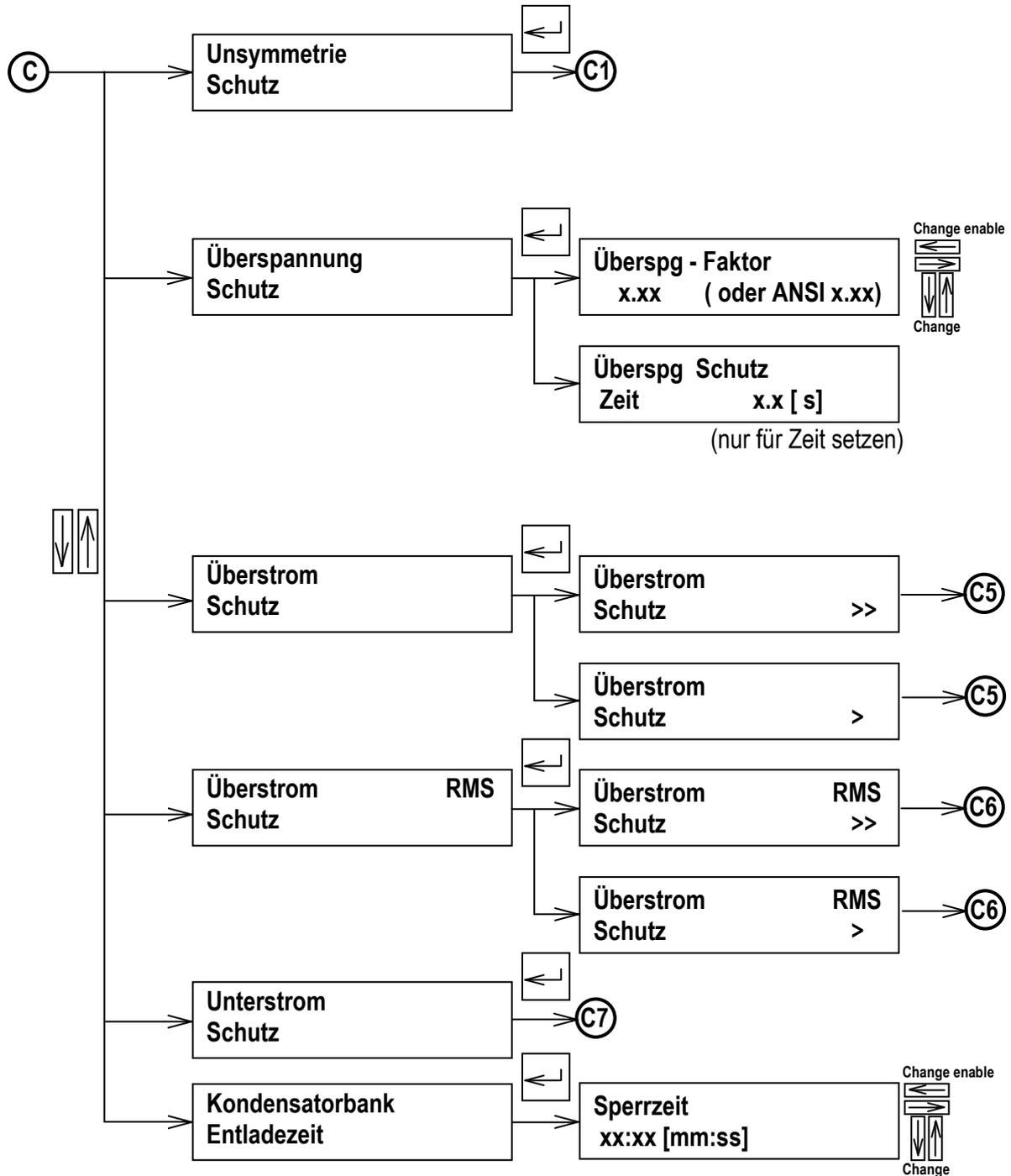
**PARAMETER EINSTELLEN**

BRÜCKENSCHALTUNG H1 MIT DROSSEL



## PARAMETER EINSTELLEN

### BRÜCKENSCHALTUNG H1 OHNE DROSSEL



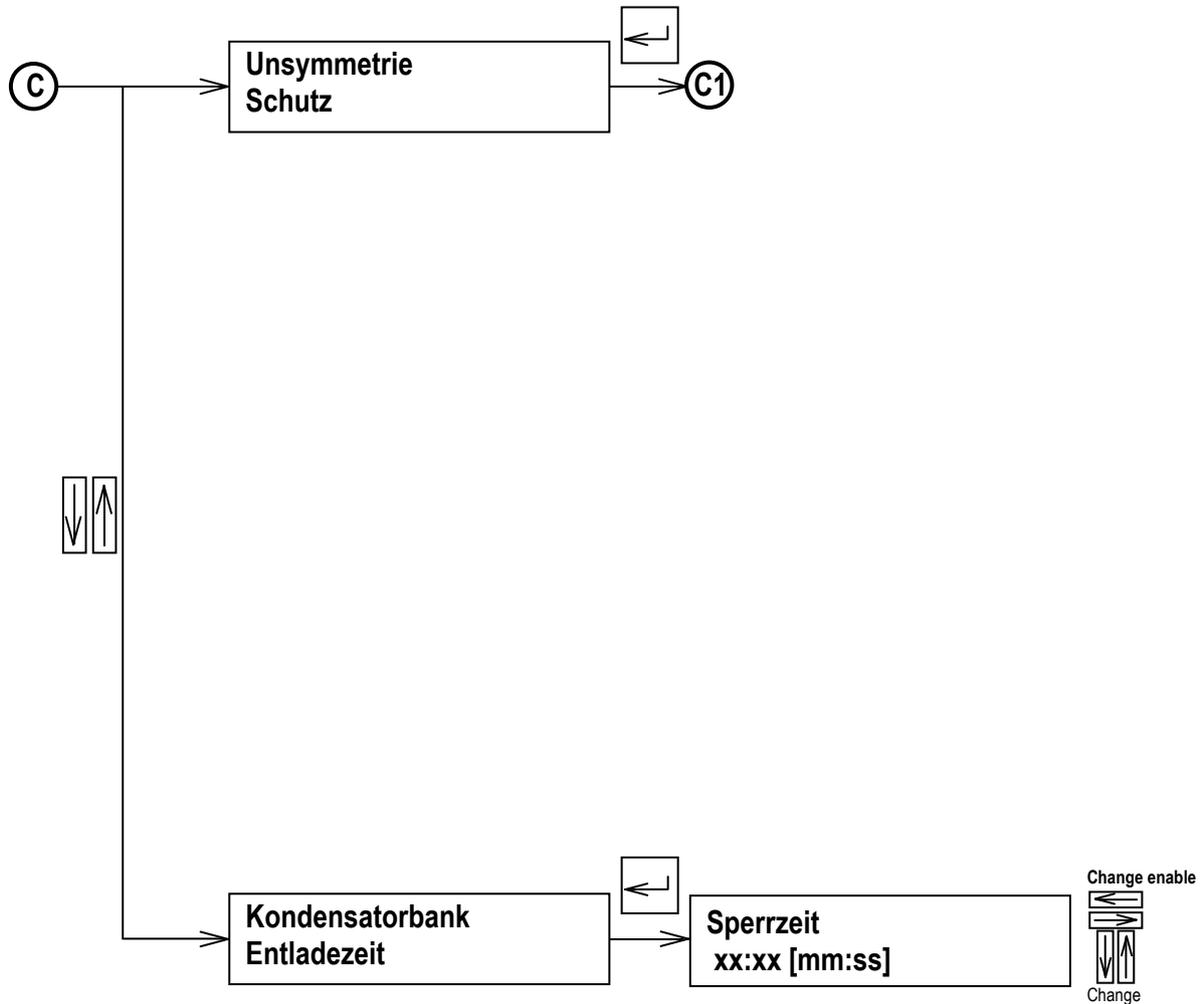
Legende



---

**PARAMETER EINSTELLEN**

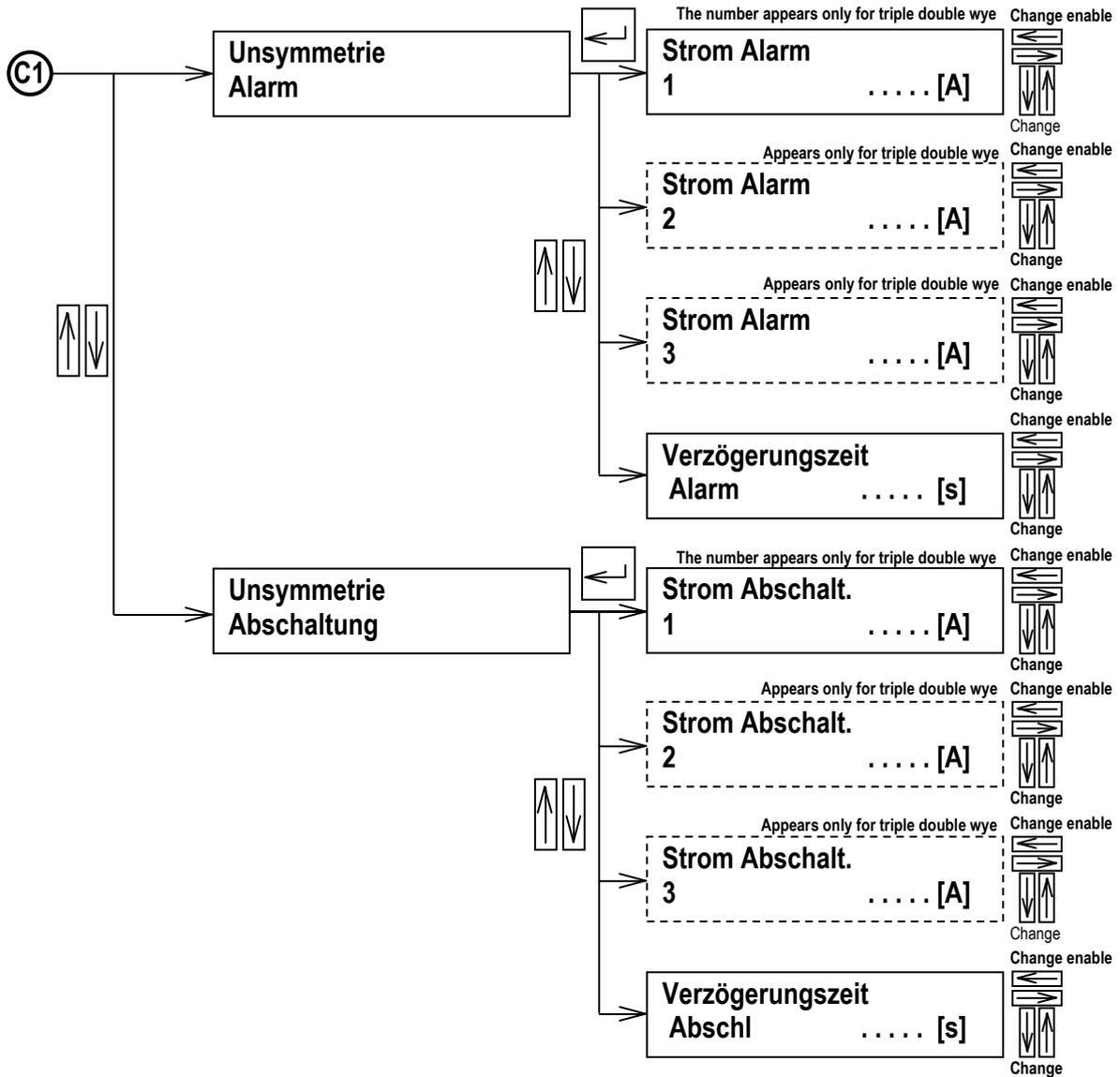
## MEHRFACH DOPPELSTERN



## Legende



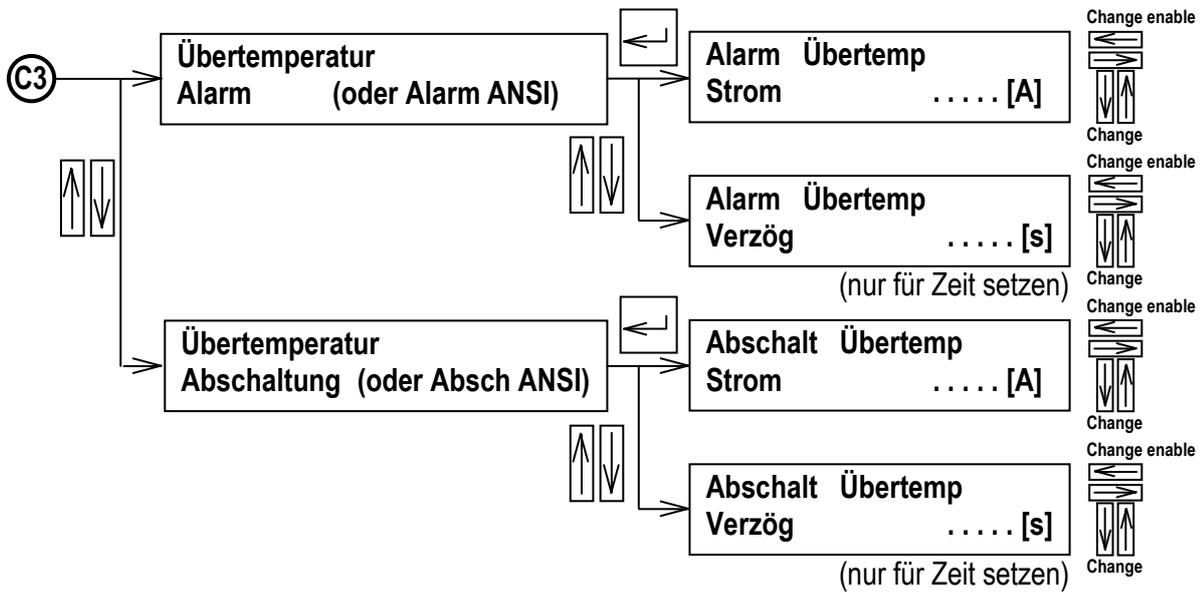
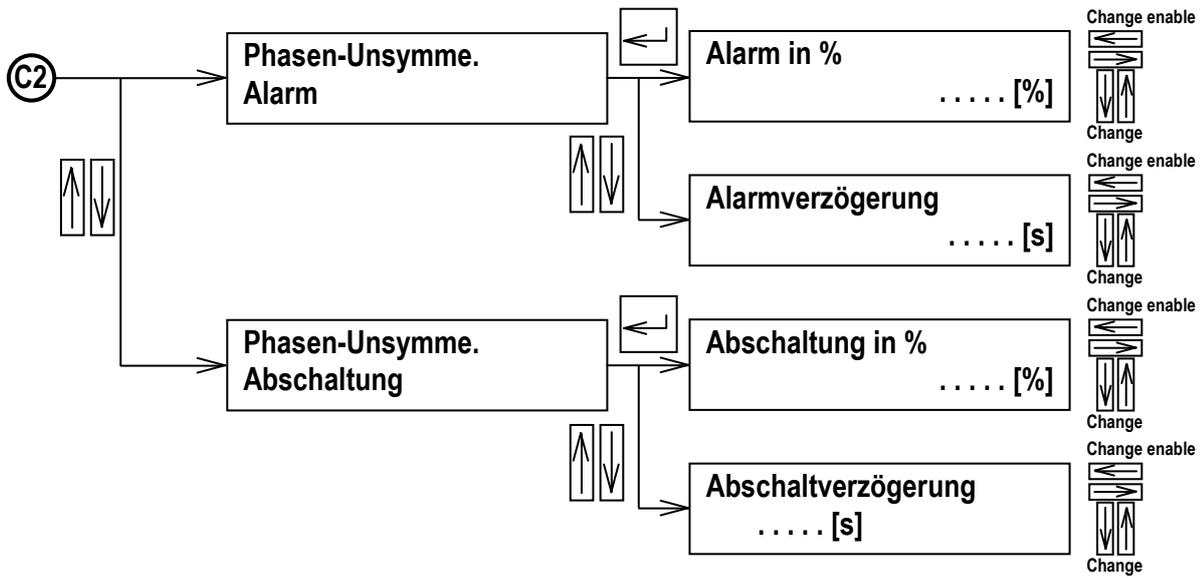
## PARAMETER EINSTELLEN



Legende



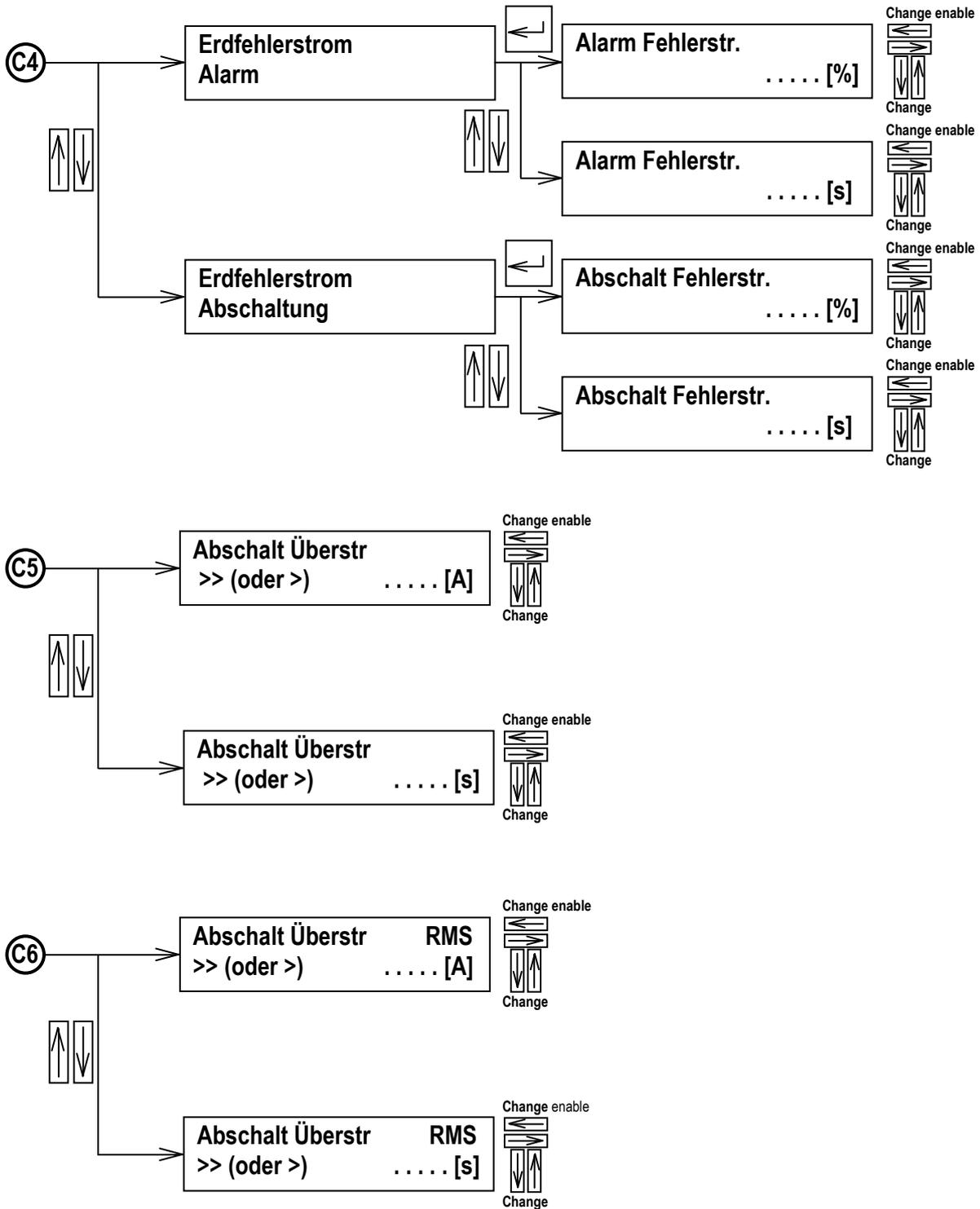
**PARAMETER EINSTELLEN**

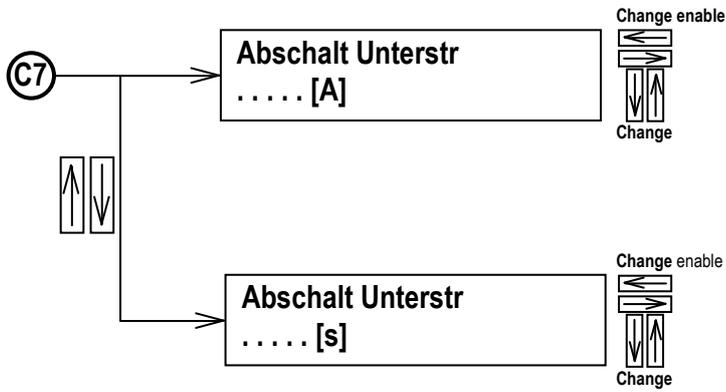


Legende



**PARAMETER EINSTELLEN**

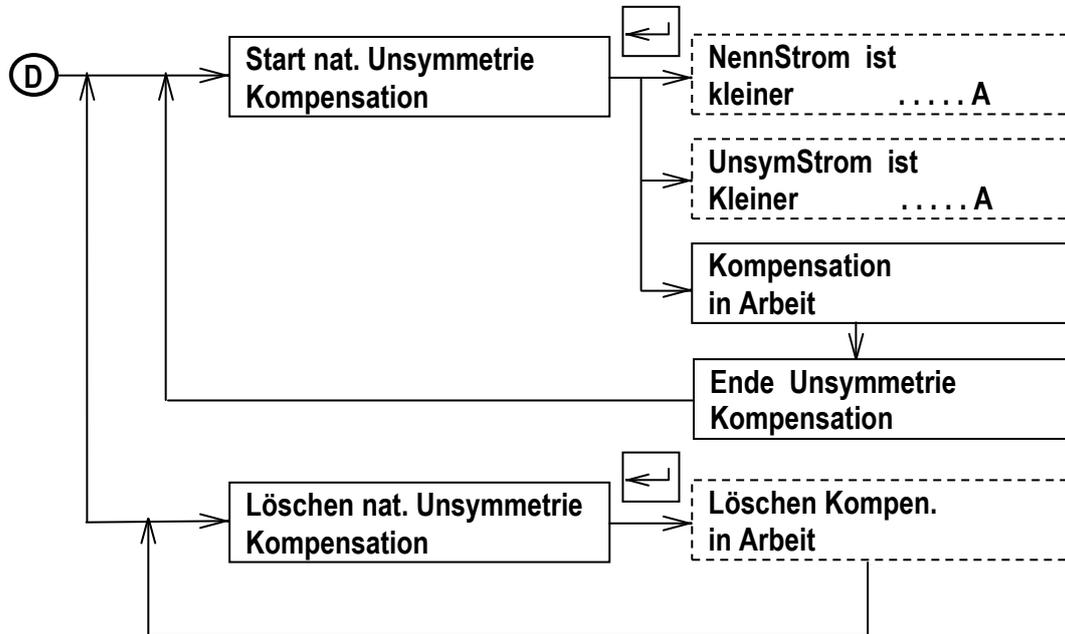




Legende



### UNSYMMETRIE KOMPENSATION



Legende



## 14 Technische Daten

Stromeingänge:

Nennstrom

Vier Stromeingänge, jeden kann man an 1A oder 5A parametrisieren. Maximaler Übersetzungsfaktor der Stromwandler 3000/x.

Thermischer Strom:

- Dauernd
- Während 1s

15A

100A

Optokopplereingänge:

20 – 220 V DC

Nennfrequenz:

50Hz / 60Hz

Stromversorgung:

Standard  
Kundenwunsch  
Leistung

100-375 V DC or 100-240 AC 50/60Hz  
18-75V DC  
10 VA

Belastung der Relaiskontakte:

8A / 265 V AC  
0,3A / 300V DC  
8A / 30V DC

Datenübertragung:

Interface RS 232 am Frontalen Panel und RS 485 oder 232 am hinteren Panel, Baudrate kann man mittels PC einstellen. RS 485 ist softwaremäßig nicht aktiv

Messung der Harmonischen:

Ungerade bis 25 H, gerade bis 6H

Umgebungsbedingungen:Arbeitstemperatur:

- 10 bis + 60°C

Lagerungstemperatur:

- 20 bis + 70° C

Abmessungen:

135 x 135 x 121 mm (w x h x d)

Schutzart:

IP 54

---

## 15 Immunitätstest

Leitergebundene Störungsprüfungen je nach: EN 61000-6-4, industrielle Umgebung und je nach EN 550 11/A.

<u>Niveau:</u>	<u>Zulässigen Werte:</u>
30 – 230 MHz	40dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )
230 – 1000 MHz	47 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ), $l = 10 \text{ m}$ .
0,15 – 0,5 MHz	79 dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )/66 dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )
0,5 – 30 MHz,	73 dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )/60 dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )

Interferenz-Spannungen im Netz je nach: EN 55011/A

0, 15 – 30 MHz, Schritt 8 kHz, Messzeit 1 s

Interferenzstrahlung im Band 30 – 1000 MHz 38,9 – 50,9 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )

Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen elektrische Entladungen je nach: EN 61000-4-2 (IEC 801-2), IEC 1000-4-2, ČSN EN 610000-4-2. Temperatur: 22 °C, relative Feuchtigkeit: 51%

Prüfspannung:           4 kV Kontakt  
                              8 kV Luft

Prüfung der strahlenden elektromagnetischen Felder je nach: EN 61000-4-3, IEC 1000-4-3 (IEC 801-3)

Operationsbedingungen: Spektrumsbreite: 80 bis 1000 MHz, mod. 80% AM/1 kHz, Feldintensität: 10V/m

Prüfung der schnellen Transienten je nach: EN 61 000-4-4, IEC 100-4-4 (IEC 801-4).

Prüfspannungen:

Mit Kopplungskreis in die Einspeisung, Prüfspannung:  $\pm 2 \text{ kV}$

Mit Kapazitivklemme in die Einspeisung, Prüfspannung:  $\pm 1 \text{ kV}$

Mit Kapazitivklemme in in/out Kabel, Prüfspannung:  $\pm 1 \text{ kV}$

Überspannungsprüfung je nach: EN 61000-4-5, IEC 1000-4-5, IEC 801-5.

Prüfspannung:

Leiter - Leiter  $\pm 1 \text{ kV}$

Leiter - Erde  $\pm 2 \text{ kV}$

Bei in/out  $\pm 1 \text{ kV}$

Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen leitergebundene Störungen induziert von Feldern der Funkfrequenzen, je nach: EN 61000- 4-6, IEC 61000-4-6, EN 61000-4-6.

Prüfungsniveau 10V, Frequenzspektrum 150 kHz – 80 MHz, mod 80% AM/1 kHz.

Spannungssenkungen, kurze Spannungsunterbrechungen und Spannungsänderungen, je nach EN 61000-4-11:1996

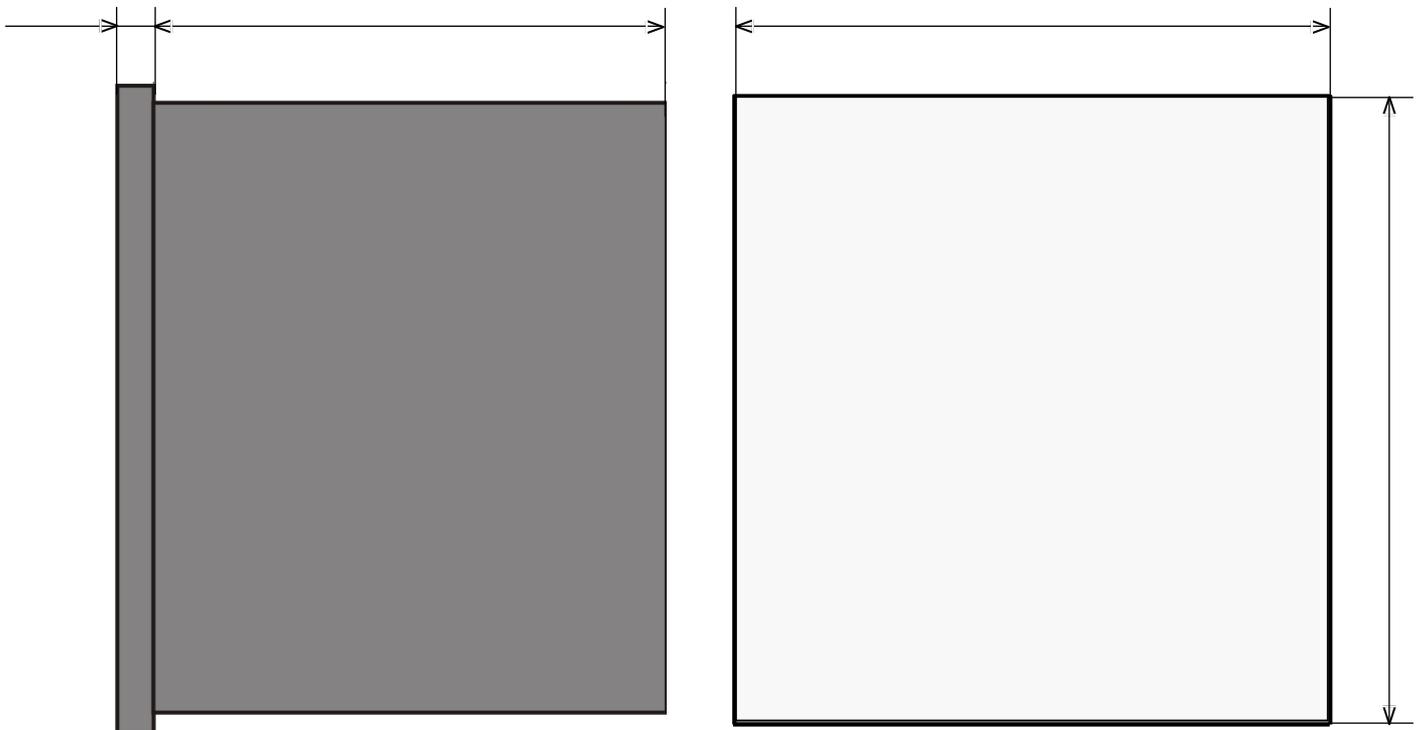
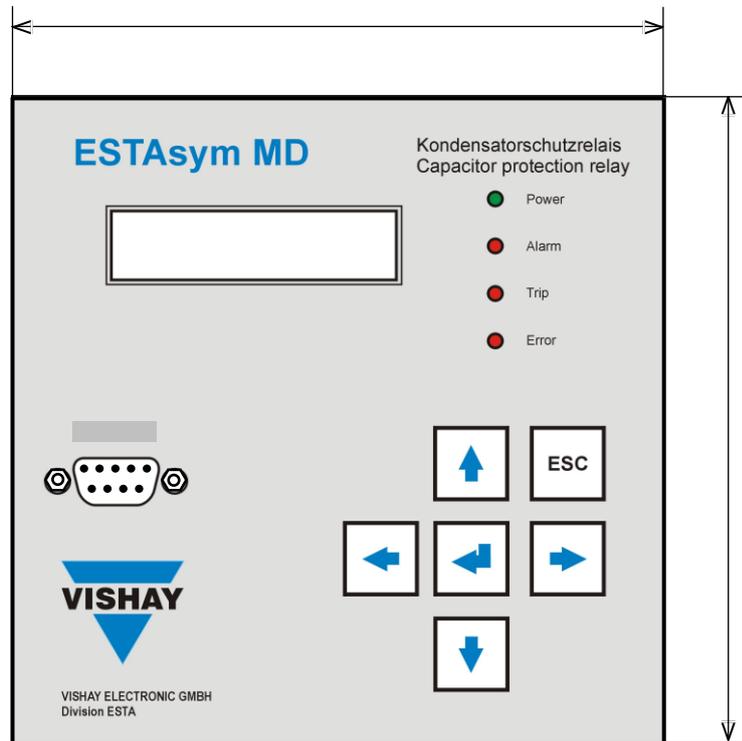
Änderungen vorbehalten. FÜR DIE HIER BESCHRIEBENEN PRODUKTE GELTEN BESTIMMTE HAFTUNGSAUSSCHLÜSSE; EINZELHEITEN SIEHE UNTER [www.vishay.com/doc?99904](http://www.vishay.com/doc?99904)



---

Prüfungsniveau	70%U <sub>t</sub> , dauer 10 ms
Prüfungsniveau	40%U <sub>t</sub> , dauer 100ms
Prüfungsniveau	40%U <sub>t</sub> dauer 1000 ms

## 16 Abmessungen und Panel-Ausschnitt



**Bild. 8** Abmessungen und Schranktafel-ausschnitt

## 17 Warnung und Auslösezeiten für thermischen Überstromschutz

$I_{ist}/I_n$	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Warnung [s]	4041	2700	1853	1302	935	683	508	383	293	227	177	140	112
Auslösung [s]	8082	5400	3706	2604	1869	1366	1015	765	585	453	354	280	223
$I_{ist}/I_n$	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8
Warnung [s]	90	73	60	49	41	34	29	24	21	18	15	13	11
Auslösung [s]	180	146	119	98	81	68	57	48	41	35	30	25	22
$I_{ist}/I_n$	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	>= 5	
Warnung [s]	10	8	7	7	6	5	5	4	4	3	3	0	
Auslösung [s]	19	16	14	13	11	10	9	8	7	6	5	0	

## 18 Auslösezeiten für Überspannungsschutz

### Faktor 0,80

Uc/Ucr	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,92	0,94	0,96
Zeit [s]	1000	850	700	550	400	250	100	84	68	52

Uc/Ucr	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,14	1,17	1,20
Zeit [s]	36	20	16,8	13,6	10,4	7,2	4,0	2,9	2,0	1,2

Uc/Ucr	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20
Zeit [s]	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

### Faktor 0,90

Uc/Ucr	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08
Zeit [s]	1000	828,8	657,6	486,4	315,2	144	121,2	98,4	75,6	52,8

Uc/Ucr	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,23	1,26	1,30	1,40
Zeit [s]	30	25,2	20,4	15,6	10,8	6,0	4,8	3,6	2,0	0,9

Uc/Ucr	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40
Zeit [s]	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

### Faktor 1,00

Uc/Ucr	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20
Zeit [s]	1000	800	600	400	200	170	140	110	80	50

Uc/Ucr	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,35	1,38	1,40	1,50
Zeit [s]	42	34	26	18	10	8,6	6,5	4,4	3,0	1,4

Uc/Ucr	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50
Zeit [s]	0,8	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

**Faktor 1,10**

Uc/Ucr	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30
Zeit [s]	1000	825	650	475	300	252	204	156	108	60

Uc/Ucr	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42	1,45	1,48	1,50	1,60
Zeit [s]	51	42	33	24	15	13	10	7	5	2

Uc/Ucr	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60
Zeit [s]	1,0	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

**Faktor 1,25**

Uc/Ucr	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,42
Zeit [s]	1000	890	780	670	560	450	340	230	120	105

Uc/Ucr	1,44	1,46	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56	1,58	1,60	1,63
Zeit [s]	90	75	60	45	38,4	31,8	25,2	18,6	12	9,7

Uc/Ucr	1,66	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50
Zeit [s]	7,4	4,4	2,0	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

**Faktor 1,50**

Uc/Ucr	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68
Zeit [s]	1000	700	640	580	520	460	400	340	280	220

Uc/Ucr	1,69	1,70	1,72	1,74	1,76	1,78	1,80	1,83	1,86	1,90
Zeit [s]	160	100	88,8	77,6	66,4	55,2	44	35,3	26,6	15

Uc/Ucr	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
Zeit [s]	6	3	1,7	1,0	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1