



SIPROTEC Compact Motorschutz 7SK81 für Anschluss an Kleinsignalwandler

SIEMENS

SIEMENS
siemens-russia.com

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler

	Seite
Beschreibung	4/3
Funktionsübersicht	4/4
Anwendungen	4/6
Funktionsbeschreibungen	4/7
Anwendungsbeispiele	4/13
Auswahl- und Bestelldaten	4/17
Anschlusschaltpläne	4/19
Anschlussbeispiele	4/25

Eine detailliert Übersicht über die technischen Daten
(Auszug des Handbuchs) finden Sie unter:
<http://www.siemens.de/siprotec>

Beschreibung

Das SIPROTEC Compact 7SK81 verfügt über 4 Eingänge für den Anschluss von Kleinsignalstromwandlern und optional über 3 Eingänge für Kleinsignal-Spannungswandler. Mit einem Kleinsignalstromwandler kann ein großer Bereich primärer Leitungsnennströme abgedeckt werden. Bei der Anwendung mit Kleinsignal-Stromwandlern können Leitungen mit Betriebsnennströmen im Bereich von 40 A bis 5000 A geschützt werden. Die folgenden Kleinsignal-Stromwandler Übersetzungsverhältnisse eignen sich für die folgenden primären Betriebsnennstrombereiche:

- 100A/225mV für Betriebsnennstrombereich von 40A bis 600A
- 50A/22,5mV für Betriebsnennstrombereich von 200A bis 3000A
- 400A/225mV für Betriebsnennstrombereich von 200A bis 2500A
- 100A/22,5mV für Betriebsnennstrombereich von 400A bis 5000A

Als Kleinsignal-Spannungswandler (LPVT) sind ohmsche Spannungsteiler vorgesehen.

Auf Seite 4/5 finden Sie eine Übersicht verfügbarer Kleinsignalstromwandler, Kleinsignal-Spannungswandler (Spannungsteiler) und ein Kombiwandler mit integriertem Spannungsteiler der Firma TRENCH.

Das SIPROTEC Compact 7SK81 ist ein multifunktionales Motor-Schutzgerät, das für den Schutz von Asynchronmotoren aller Größen entwickelt wurde. Als Ergänzung zu einem Transformatordifferentialschutz erfüllt das Gerät alle Aufgaben eines Reserveschutzes.

Das Gerät verfügt über zahlreiche Funktionen um flexibel auf die Anlagenanforderungen reagieren zu können und um damit das eingesetzte Kapital wirtschaftlich einzusetzen. Beispielhaft seien hierfür: austauschbare Schnittstellen, flexible Schutzfunktionen und die integrierte Automatisierungsebene (CFC). Frei belegbare LEDs und ein sechszeiliges Display gewährleisten eine eindeutige und klare Anzeige der Prozesszustände. In Verbindung mit bis zu 9 Funktionstasten kann das Betriebspersonal in jeder Situation schnell und sicher reagieren. Dadurch wird eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet.

Besondere Merkmale

- Eingänge für Kleinsignal-Strom- und Spannungswandler gemäß IEC 61869-6 (vorher IEC 60044-7 und IEC 60044-8)
- Steckbare Anschlussklemmenblöcke
- Binäreingangsschwellen mit DIGSI einstellbar (3 Stufen)
- 9 parametrierbare Funktionstasten
- Sechszeiliges Display
- Pufferbatterie auf der Frontseite austauschbar
- USB-Port auf der Frontseite
- 2 weitere Kommunikationsschnittstellen
- IEC 61850 mit integrierter Redundanz (elektrisch oder optisch)
- Querkommunikation zwischen Geräten über Ethernet (IEC 61850 GOOSE)
- Millisekundengenaue Zeitsynchronisierung über Ethernet mit SNTP.



Bild 4/1 7SK81 Frontansicht



Bild 4/2 7SK81 Rückansicht

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Funktionsübersicht

Schutzfunktionen	IEC-Norm	ANSI-Norm
Überstromzeitschutz (unabhängig; abhängig)	$I>, I>>, I>>>, I_E>, I_E>>, I_E>>>; I_p, I_{Ep}$	50, 50N; 51, 51N
Gerichteter Überstromzeitschutz, Erde	$I_{E\ ger.>}, I_{E\ ger.>>}, I_{Ep\ ger.}$	67N
Gerichtete/ungerichtete empfindliche Erdfehlererfassung	$I_{EE>}, I_{EE>>}, I_{EEp}$	67Ns, 50Ns
Überspannung, Nullsystem	$U_E, U_0>$	59N
Unterstromüberwachung	$I <$	37
Temperaturüberwachung		38
Überlastschutz	$\vartheta >$	49
Lastsprungschutz		51M
Rotorblockierschutz		14
Wiedereinschaltsperr		66/86
Unter-/Überspannungsschutz	$U <, U >$	27/59
Vorwärts-/Rückwärts-Leistungsüberwachung	$P <>, Q <>$	32
Leistungsfaktor	$\cos \varphi$	55
Unter-/Überfrequenzschutz	$f <, f >$	81O/U
Schaltversagerschutz		50BF
Schiefelastschutz	$I_2 >$	46
Drehfeldüberwachung	$U_2 >, \text{Drehfeld}$	47
Anlaufzeitüberwachung		48
Verriegeltes AUS/Lockout		86
Frequenzänderungsschutz	df/dt	81R

Tabelle 4/1 Funktionsübersicht

Steuerfunktionen/programmierbare Logik

- Steuerbefehle für Leistungsschalter und Trenner
- Steuerung über Tastatur, Binäreingänge, DIGSI 4 oder SCADA-System
- Benutzerdefinierte Logik mit CFC (z.B. Verriegelung).

Überwachungsfunktionen

- Betriebsmesswerte U, I, f
- Arbeitsmesswerte W_p, W_q
- Leistungsschalter-Abnutzungsüberwachung
- Minimale und maximale Werte
- Auslösekreisüberwachung
- Sicherheitsausfallüberwachung
- 8 Störschriebe
- Motorstatistiken.

Kommunikationsschnittstellen

- System-/Serviceschnittstelle
 - IEC 61850
 - IEC 60870-5-103
 - PROFIBUS-DP
 - DNP 3.0
 - MODBUS RTU
- Ethernet-Schnittstelle für DIGSI 4, Thermobox
- USB-Frontschnittstelle für DIGSI 4.

Hardware

- 4 Stromwandler
- 0/3 Spannungswandler
- 3/7 Binäreingänge (Schwellwerte über Software konfigurierbar)
- 5/8 Binärausgänge (2 Wechsler)
- 0/5 Temperaturfühlereingänge
- 1 Live-Statuskontakt
- Steckbare Anschlussklemmenblöcke.

Type	Bestellnummer	Übersetzungs- verhältnis	Beschreibung	Zeichnungs- nummer
Kleinsignal-Stromwandler	16 100 008	100A/225mV	LPCT 25-A (D120) mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16100000
Kleinsignal-Stromwandler	16 100 005	50A/22,5mV	LPCT 25-A (D120) mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16100000
Kleinsignal-Stromwandler	16 110 005	50A/22,5mV	LPCT 25-B (D108) mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16110000
Kleinsignal-Stromwandler	16 120 005	50A/22,5mV	LPCT 25-C (D300) mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16120000
Kleinsignal-Stromwandler	16 130 005	50A/22,5mV	LPCT 25-D (D55) mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16130000
Kleinsignal-Kabelumbauwandler	16 140 005	60A/7,07V	LPCT K-60 (D120) mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16140000
Kleinsignal-Stromwandler	16 150 005	50A/22,5mV	LPCT 25-E (oval) mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16150003
Kleinsignal-Spannungswandler	siehe nächste Tabelle		LPVT-A mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16300000
Kleinsignal-Spannungswandler	siehe nächste Tabelle		LPVT-I mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker (Größe 2)	3-16320000
Kleinsignal-Spannungswandler	siehe nächste Tabelle		LPVT-I mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker (Größe 3)	3-16320010
Kleinsignal-Spannungswandler	siehe nächste Tabelle		LPVT-G mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16340000
Kleinsignal-Spannungswandler	siehe nächste Tabelle		LPVT-P mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16360000
Kleinsignal-Spannungswandler	siehe nächste Tabelle		LPVT-F mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16380000
Kleinsignal-Spannungswandler	siehe nächste Tabelle		LPVT-S mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker	3-16380101
Kombiwandler (Kleinsignal- stromwandler mit integriertem Spannungsteiler)	16 401 202	CT: 50A/22,5mV VT: prim: 10kV/√3 sek: 3,25V/√3	LPVCT-12 mit CAT.5 Kabel und RJ45 Stecker; 4 x M12	3-16400002

Tabelle 4/2 Verfügbare Kleinsignalwandler der Firma TRENCH

CAT.5 Kabellänge: Standard 6,5 m

Ansprechpartner: Rolf.Fluri@siemens.com

Trench Switzerland AG, Lehenmattstraße 353, CH-4028 Basel

Kleinsignal-Spannungswandler

		4	5	6	7	8									
Bestellnr.:	16 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
		↑	↑	↑	↑		01	02	03	04	05	06	07	08	
Maximale Spannung [kV]	→						7.2	12	15.5	24	36	38	40	52	
Übersetzungs- verhältnis	→						$\frac{6kV}{\sqrt{3}} / \frac{3.25V}{\sqrt{3}}$	$\frac{10kV}{\sqrt{3}} / \frac{3.25V}{\sqrt{3}}$	$\frac{15kV}{\sqrt{3}} / \frac{3.25V}{\sqrt{3}}$	$\frac{20kV}{\sqrt{3}} / \frac{3.25V}{\sqrt{3}}$	$\frac{30kV}{\sqrt{3}} / \frac{3.25V}{\sqrt{3}}$	$\frac{34.5kV}{\sqrt{3}} / \frac{3.25V}{\sqrt{3}}$	$\frac{36kV}{\sqrt{3}} / \frac{3.25V}{\sqrt{3}}$	$\frac{45kV}{\sqrt{3}} / \frac{3.25V}{\sqrt{3}}$	Zeichnungs Nr.
Typ	LPVT-A	0	0	→			✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	3-16300000
	LPVT-I Größe2	2	0	→			✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	3-16320000
	LPVT-I Größe3	2	1	→			✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	3-16320010
	LPVT-G	4	0	→			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	3-16340000
	LPVT-P	6	0	→			✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	3-16360000
	LPVT-F	8	0	→			✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	3-16380000
	LPVT-S	8	1	→			✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	3-16380101
RJ45 Stecker				2											

Tabelle 4/3 Bestellnummer für Kleinsignal-Spannungswandler

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Anwendung

Das SIPROTEC Compact 7SK81 ist ein numerisches Motorschutzgerät, das auch Steuerungs- und Überwachungsaufgaben erfüllt. Somit wird der Anwender in seiner wirtschaftlichen Betriebsführung unterstützt und die zuverlässige Versorgung der Kunden mit elektrischer Energie sichergestellt. Die Vor-Ort-Bedienung wurde nach ergonomischen Gesichtspunkten gestaltet. Sehr viel Wert wurde auf ein großes, gut ablesbares Display gelegt.

Steuerung

Die integrierte Steuerfunktion ermöglicht die Steuerung von Trennern und Leistungsschaltern über das integrierte Bedienfeld, Binäreingänge, DIGSI 4 oder Leittechnik (z.B. SICAM).

Programmierbare Logik

Die integrierte Logikfunktionalität ermöglicht es dem Anwender, über eine grafische Benutzerschnittstelle eigene Funktionen zur Automatisierung seiner Schaltzelle (Verriegelung) oder Schaltanlage zu implementieren und benutzerdefinierte Meldungen zu erzeugen.

Betriebsmesswerte

Umfangreiche Betriebsmesswerte, Grenzwerte und Zählwerte ermöglichen eine verbesserte Betriebsführung sowie vereinfachte Inbetriebsetzung.

Betriebsmeldungen

Mit der Speicherung von Störfallmeldungen, Fehlermeldungen, Fehlerdatensätzen und Statistiken wird der Betrieb der Schaltstation dokumentiert.

Motorschutz

Das 7SK81 ist insbesondere für den Schutz von Asynchronmotoren ausgelegt.

Leitungsschutz

Als Leitungsschutz werden die 7SK81-Geräte für Hoch- und Mittelspannungsnetze mit geerdeter, niederohmig geerdeter, isolierter oder kompensierter Sternpunktanschlussschaltung eingesetzt.

Transformatorschutz

Als Ergänzung zu einem Transformator-differentialschutz erfüllen die 7SK81-Geräte alle Aufgaben eines Reserveschutzes. Die Inrushunterdrückung verhindert wirksam eine Anregung durch Inrushströme.

Reserveschutz

Als Reserveschutz sind die 7SK81-Geräte universell einsetzbar.

Schaltanlagen der Hoch- und Mittelspannung

Alle Geräte passen optimal zu den Erfordernissen der Hoch- und Mittelspannungsanwendungen. In den Schaltschränken sind in der Regel keine gesonderten Messgeräte (z.B. für Strom, Spannung, Frequenz, Messumformer...) oder zusätzliche Steuerkomponenten erforderlich.

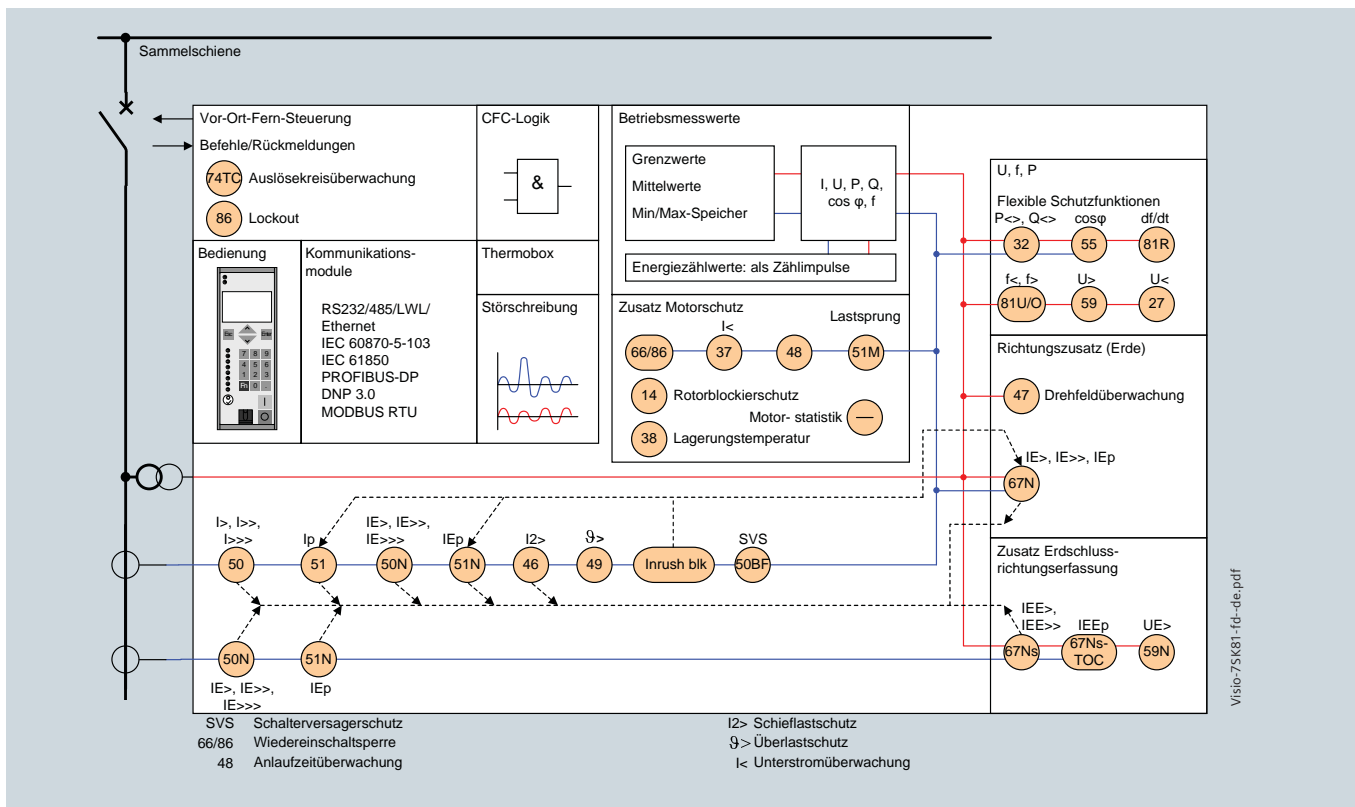


Bild 4/3 Funktionsumfang

Schutzfunktionen

Überstromzeitschutz (ANSI 50, 50N, 51, 51N)

Diese Funktion beruht auf der phasenselektiven Messung der drei Leiterströme und des Erdstromes (4 Wandler). Es existieren 3 stromunabhängige Überstromzeitschutzstufen (UMZ) sowohl für die Phasen als auch für die Erde. Für jede Stufe sind die Stromschwelle und die Verzögerungszeit in einem weiten Bereich einstellbar.

Außerdem können inverse Überstromzeitschutzkennlinien (AMZ) zugeschaltet werden.

Reset-Kennlinien

Zur Zeitkoordinierung mit elektromechanischen Relais gelten die Reset-Kennlinien gemäß IEC 60255-3 oder BS142 und ANSI-Norm C37.112. Bei Verwendung der Rückfallkennlinie (Disc Emulation) beginnt nach Verschwinden des Fehlerstromes ein Rückfallprozess, der dem Zurückdrehen einer Ferraris-Scheibe von elektromechanischen Relais entspricht (daher Disk Emulation).

Verfügbare AMZ-Kennlinien

Kennlinien nach	IEC 60255-3	ANSI/IEEE
Normal invers	•	•
Kurzzeit invers		•
Langzeit invers	•	•
Mäßig invers		•
Stark invers	•	•
Extrem invers	•	•

Tabelle 4/4 AMZ-Kennlinien

Inrushblockierung

Bei Erkennen der zweiten Harmonischen beim Zuschalten eines Transformators wird eine Anregung für die Stufen $I>$, I_p , $I>_{ger}$ und $I_{p_{ger}}$ unterdrückt.

Dynamische Parameterumschaltung

Zusätzlich zur statischen Parametersatzumschaltung können die Anreageschwellen und die Auslösezeiten für die gerichteten und ungerichteten Überstromzeitschutzfunktionen dynamisch umgeschaltet werden. Als Kriterium zur Umschaltung kann die Leistungsschalterposition oder ein Binäreingang gewählt werden.

Gerichteter Überstromzeitschutz, Erde (ANSI 67N)

Die Richtungsbestimmung erfolgt im 7SK81 für Erdfehler. Zwei separate gerichtete Erdstromstufen arbeiten parallel zu den ungerichteten Erdstromstufen und sind in Ansprechwert und Verzögerungszeit unabhängig von diesen einstellbar. Wahlweise können inverse gerichtete Überstromzeitschutzkennlinien (AMZ) für Erde zugeschaltet werden. Die Auslösekennlinie lässt sich im Bereich 0 bis ± 180 Grad drehen.

Für die Erdfunktion kann gewählt werden, ob die Richtungsbestimmung über Nullsystem- oder Gegensystemgrößen durchgeführt werden soll. Die Verwendung von Gegensystemgrößen kann von Vorteil sein, wenn die Nullspannung durch ungünstige Nullimpedanzen sehr klein wird.

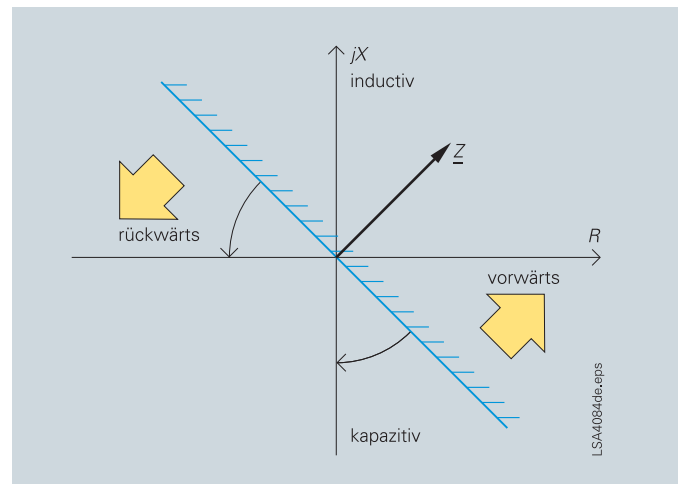


Bild 4/4 Richtungskennlinie des gerichteten Überstromzeitschutzes, Erde

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Funktionsübersicht

Empfindliche Erdschlussrichtungserfassung (ANSI 59N/64, 67Ns/67N)

Für isolierte und kompensierte Netze wird aus dem Nullstrom I_0 und der Nullspannung U_0 die Energieflussrichtung im Nullsystem ermittelt. Bei Netzen mit isoliertem Sternpunkt wird dabei der Blindstromanteil ausgewertet, bei kompensierten Netzen der Wirkstromanteil. Für besondere Netzverhältnisse, z.B. hochohmig geerdete Netze mit ohmschkapazitivem Erdschlussstrom oder niederohmig geerdete Netze mit ohmschinduktivem Strom, lässt sich die Auslösekennlinie um bis zu ± 45 Grad drehen (siehe Bild 4/5).

Die Erdschlussrichtungserfassung kann wahlweise mit Auslösung oder im „Nur Melden-Modus“ betrieben werden.

Sie verfügt über folgende Funktionen:

- AUS über die Verlagerungsspannung U_0
- Zwei unabhängige Stufen oder eine unabhängige Stufe und eine anwenderdefinierbare Kennlinie.
- Jede Stufe kann wahlweise vorwärts, rückwärts oder ungerichtet betrieben werden.
- Die Funktion kann auch unempfindlich, als zusätzlicher gerichteter Kurzschlusschutz betrieben werden.

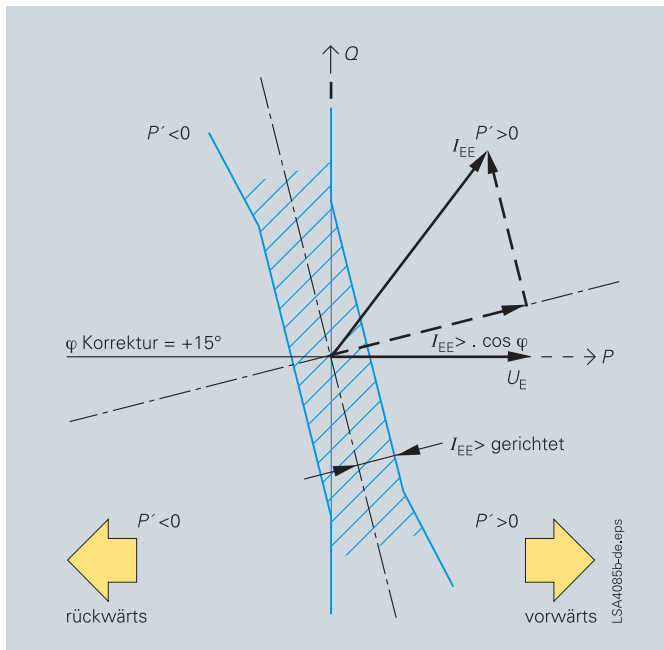


Bild 4/5 Richtungskennlinie der empfindlichen Erdschlussrichtungserfassung mit Cosinusbewertung für kompensierte Netze

Empfindliche Erdschlussfassung (ANSI 50Ns, 51Ns, 50N, 51N)

Für hochohmig geerdete Netze wird der empfindliche Eingangswandler an einen Kleinsignal-Kabelumwandler angeschlossen. Die Funktion kann auch unempfindlich, als zusätzlicher Kurzschlusschutz betrieben werden.

Schiefastschutz Gegensystemschutz (ANSI 46)

Im Leitungsschutz bietet der 2-stufige Schiefastschutz die Möglichkeit, hochohmige, zweipolige Fehler sowie einpolige Fehler, die auf der Unterseite eines Transformators, z.B. mit der Schaltgruppe Dy 5 liegen, auf der Oberseite zu erkennen. Damit besteht ein Reserveschutz für hochohmige Fehler über den Transformator hinweg.

Schalerversagerschutz (ANSI 50BF)

Wird nach einem Schutz-AUS-Kommando ein Fehler nicht abgeschaltet, so kann mit Hilfe des Schalerversagerschutzes ein weiteres Kommando ausgegeben werden, das z.B. auf den Leistungsschalter eines übergeordneten Schutzgerätes wirkt. Ein Schalerversagen wird erkannt, wenn nach erfolgtem AUS-Kommando weiterhin ein Strom in dem entsprechenden Abzweig fließt. Wahlweise können die Schalterstellungsrückmeldungen zu Hilfe genommen werden.

Flexible Schutzfunktionen

Die 7SK81-Geräte bieten die Möglichkeit, bis zu 20 Schutzstufen bzw. Schutzfunktionen auf einfache Weise zu ergänzen. Hierzu wird über Parametrierung eine Standard-schutzlogik mit einer beliebigen Kenngröße (Messgröße oder abgeleitete Größe) verbunden. Die Standardlogik besteht aus den schutzüblichen Elementen wie Anregemeldung, parametrierbare Verzögerungszeit, AUS-Kommando, Blockierungsmöglichkeit, usw. Die Größen Strom, Spannung, Leistung und Leistungsfaktor können 3-phasig als auch phasenselektiv bewertet werden. Nahezu alle Größen lassen sich als Größer- oder Kleinerstufen betreiben. Alle Stufen arbeiten mit Schutzpriorität bzw. mit Schutzgeschwindigkeit.

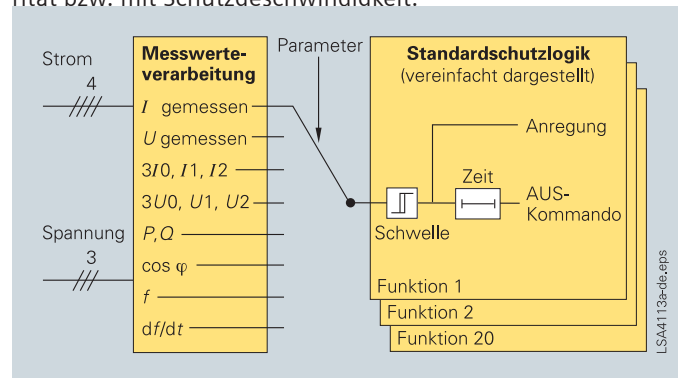


Bild 4/6 Prinzip der flexiblen Schutzfunktionen

Im Folgenden sind die aus den zur Verfügung stehenden Kenngrößen realisierbaren Schutzstufen/-funktionen aufgelistet:

Funktion	ANSI
$I >, I_E >$	50, 50N
$U <, U >, U_E >$	27, 59, 59N
$3 I_0 >, I_1 >, I_2 >, I_2 / I_1 >, 3 U_0 >, U_1 > <, U_2 > <$	50N, 46, 59N, 47
$P > <, Q > <$	32
$\cos \varphi$	55
$f > <$	81O, 81U
$df/dt > <$	81R

Tabelle 4/5 Realisierbare flexible Schutzfunktionen

So lassen sich beispielsweise realisieren:

- Rückleistungsschutz (ANSI 32R)
- Frequenzänderungsschutz (ANSI 81R).

Auslösekreisüberwachung (ANSI 74TC)

Ein oder zwei Binäreingänge können für die Überwachung der Leistungsschalterspule einschließlich ihrer Zuleitungen verwendet werden. Eine Alarmmeldung wird erzeugt, wenn eine Unterbrechung des Auslösekreises auftritt.

Verriegeltes AUS/Lockout (ANSI 86)

Alle Binärausgaben können wie LED gespeichert und mittels LED-Reset-Taste zurückgesetzt werden. Dieser Zustand wird auch bei Versorgungsspannungsausfall gespeichert. Eine Wiedereinschaltung ist erst nach Quittierung möglich.

Thermischer Überlastschutz (ANSI 49)

Für den Schutz von Kabeln und Transformatoren ist ein Überlastschutz mit integrierter Vorwarnstufe für Temperatur und Strom realisiert. Die Temperatur wird anhand eines thermischen Einkörpermodelles (nach IEC 60255-8) ermittelt, das eine Energiezufuhr in das Betriebsmittel sowie eine Energieabgabe an die Umgebung berücksichtigt und die Temperatur entsprechend ständig nachführt. Somit werden Vorlast und Lastschwankungen berücksichtigt.

Der Motorschutz verlangt nach einer zusätzlichen Zeitkonstante. Diese wird angewandt, um die Erwärmung des Ständers während des Motorlaufs und -stillstands genau zu erfassen.

Die Umgebungstemperatur oder die Temperatur des Kühlmittels können entweder über interne Temperaturerfassungseingänge oder über eine externe Thermobox erfasst werden.

Das thermische Modell passt sich automatisch an die Umgebungsbedingungen an, andernfalls wird von einer konstanten Umgebungstemperatur ausgegangen.

Parametrierbare Rückfallzeiten

Werden die Geräte in Netzen mit intermittierenden Fehlern parallel zu elektromechanischen Relais eingesetzt, so können die langen Rückfallzeiten der elektromechanischen Geräte (mehrere Hundert ms) zu Problemen hinsichtlich der zeitlichen Staffelung führen. Eine saubere zeitliche Staffelung ist nur möglich, wenn die Rückfallzeiten annähernd gleich sind. Aus diesem Grund lassen sich für gewisse Schutzfunktionen, wie z.B. Überstromzeitschutz, Erdkurzschlusschutz und Schiefastschutz Rückfallzeiten parametrieren.

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Funktionsübersicht

Motorschutz

Wiedereinschaltsperr (ANSI 66/86)

Wird ein Motor zu häufig hintereinander angefahren, kann der Läufer thermisch überlastet werden (besonders an den äußeren Kanten der Welle). Da es nicht möglich ist, die Temperatur des Läufers direkt (physisch) zu erfassen, wird die Läufertemperatur aus dem gemessenen Ständerstrom berechnet. Der Temperaturverlauf wird vereinfacht mit Hilfe einer I^2t -Kennlinie abgebildet. Die Wiedereinschaltsperr lässt ein Anfahren des Motors nur dann zu, wenn der Läufer genügend thermische Reserve für einen vollständig neuen Anlauf hat, siehe Bild.

Notanlauf

Der Notanlauf setzt die Wiedereinschaltsperr durch eine Binäreingabe außer Betrieb. Der Zustand des thermischen Abbildes bleibt gespeichert, solange der Binäreingang aktiv ist. Es ist möglich, das thermische Abbild zurückzusetzen.

Temperaturerfassung (ANSI 38)

Zur Temperaturerfassung können entweder 5 interne Temperaturfühlereingänge oder bis zu 12 Messfühler über externe Temperaturerfassungsgeräte verwendet werden. Als Beispiel für die Applikation mit 5 internen Temperaturfühlereingängen können 2 der Messfühler an jedes Lager angelegt werden (50 % der Motorausfälle werden durch Lagerüberhitzung verursacht). Der 5. Temperaturfühlereingang kann dann zur Überwachung der Umgebungstemperatur eingesetzt werden. Die Ständertemperatur wird mittels des Stromdurchflusses durch die Ständerwicklung errechnet. Alternativ können bis zu 2 Thermoboxen mit insgesamt 12 Messfühlern eingesetzt werden. Die Anbindung dieser Thermoboxen erfolgt entweder über RS485-Verbindung an Port B oder über Ethernet an Port A. Die Messfühler können auch zur Temperaturüberwachung von Transformatoren oder anderen Geräten der Primärtechnik verwendet werden.

Anlaufzeitüberwachung (ANSI 48/14)

Die Anlaufzeitüberwachung schützt den Motor vor zu langen Anlaufvorgängen. Diese können z.B. auftreten, wenn zu große Lastmomente vorliegen, zu große Spannungseinbrüche beim Zuschalten des Motors entstehen oder der Läufer blockiert ist. Die Auslösezeit wird entsprechend folgender Gleichung ermittelt:

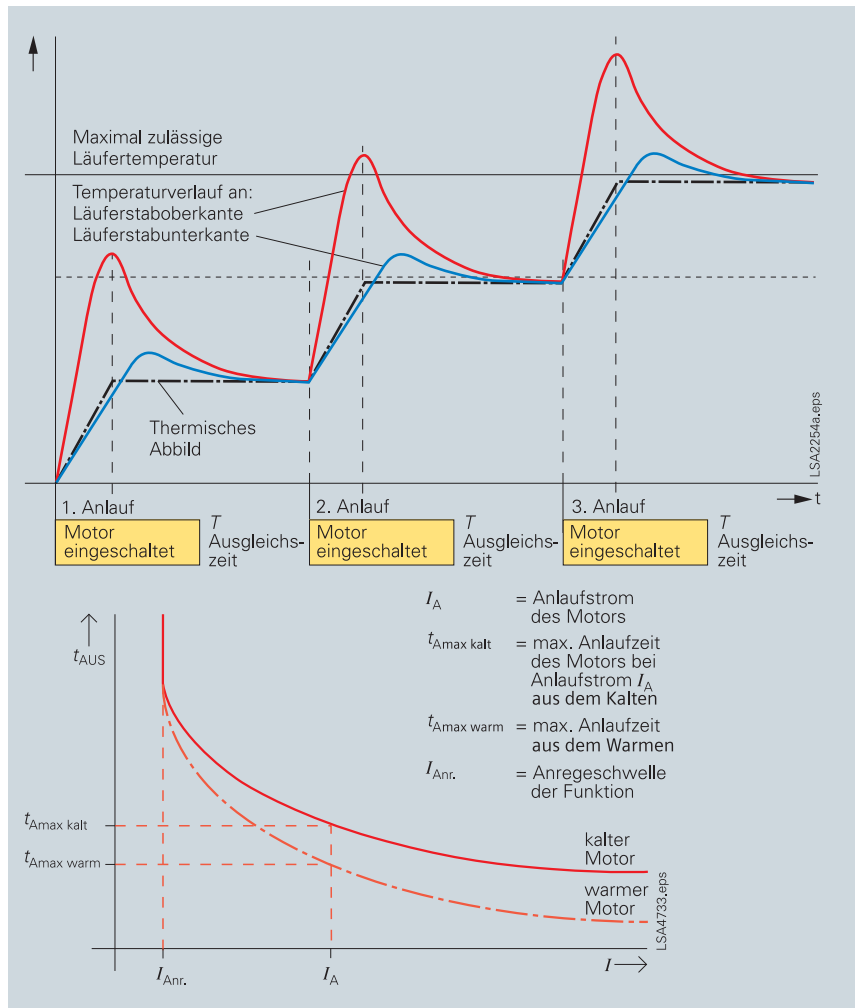


Bild 4/7 Kennlinie der Anlaufzeitüberwachung

$$t_{AUS} = \frac{I_A^2}{I} t_{Amax}$$

- t_{AUS} = Auslösezeit
- I_A = Anlaufstrom des Motors
- t_{Amax} = maximal zulässige Anlaufzeit
- I = tatsächlich fließender Strom

Da der Stromfluss die Ursache der Erwärmung der Motorwicklung ist, wird anhand dieser Gleichung die Anlaufüberwachungszeit berechnet. Durch die Bemessung der Auslösezeit nach oben genannter Formel wird auch ein verlängerter Anlauf bei verringerter Spannung (und verringertem Anlaufstrom) richtig bewertet. Die Auslösezeit entspricht einer AMZ-Kennlinie (I^2t).

Ein blockierter Läufer kann über einen Drehzahlsensor (Binärsignal) erfasst werden. So kann in diesem Fall ein sofortiges Abschalten bewirkt werden.

Lastsprungerkennung bei Motoren (ANSI 51M)

Zu hohe plötzliche Last kann zur Abbremsung und Blockierung des Motors und damit zu mechanischen Schäden führen. Der mit einem Lastsprung einhergehende Stromanstieg wird durch die Funktion mit Warnung und Auslösung überwacht. Der Überlastschutz arbeitet in diesem Fall zu langsam und ist deshalb als Schutz ungeeignet.

Schieflastschutz (ANSI 46)

Der Schieflastschutz erkennt einen Phasenausfall bzw. eine Schiefast infolge Netzunsymmetrie und schützt den Läufer vor unzulässiger Erwärmung.

Unterstromüberwachung (ANSI 37)

Mit dieser Funktion wird ein plötzlich zurückgehender Strom erkannt, welcher durch eine verringerte Last auftreten kann. Dadurch werden z.B. Wellenbruch, das Leerlaufen von Pumpen oder Gebläseausfall erkannt.

Motorstatistik

Wesentliche Informationen über den Motorstart (Dauer, Strom, Spannung) sowie allgemeine Information wie Anzahl der Starts, Gesamtlaufzeit, Gesamtstillstand usw. werden als Statistikwerte im Gerät gespeichert.

Überspannungsschutz (ANSI 59)

Der 2-stufige Überspannungsschutz erkennt unzulässige Überspannungen in Netzen und elektrischen Maschinen. Diese Funktion kann wahlweise mit den Leiter-Leiter- und Leiter-Erde-Spannungen sowie dem Spannungsmit- oder Spannungssystem arbeiten.

Unterspannungsschutz (ANSI 27)

Der 2-stufige Unterspannungsschutz schützt insbesondere elektrische Maschinen (Pumpspeichergeneratoren und Motoren) vor den Folgen gefährlicher Spannungsrückgänge. Er trennt die Maschinen vom Netz und vermeidet so unzulässige Betriebszustände und einen möglichen Stabilitätsverlust. Ein physikalisch richtiges Verhalten des Schutzes wird bei elektrischen Maschinen durch die Bewertung des Mitsystems erreicht. Die Schutzfunktion ist dabei in einem weiten Frequenzbereich (45 bis 55 Hz, 55 bis 65 Hz) spezifiziert, um im Fall von auslaufenden Motoren und der damit verbundenen Frequenzabsenkung weiterhin Schutzbetrieb zu ermöglichen. Die Funktion kann wahlweise auch mit den Leiter-Leiter- und den Leiter-Erde-Spannungen sowie dem Spannungsmitssystem arbeiten. Zudem kann sie mit einem Stromkriterium überwacht werden.

Frequenzschutz (ANSI 81O/U)

Der Frequenzschutz kann als Über- und Unterfrequenzschutz genutzt werden. Er schützt elektrische Maschinen und Anlagenteile vor den Folgen von Drehzahlabweichungen (Vibration, Erwärmung usw.). Frequenzänderungen im Netz werden erfasst und einstellwertabhängig ausgewählte Verbraucher abgeschaltet. Der Frequenzschutz ist über einen weiten Frequenzbereich einsetzbar (40 bis 60 Hz für 50 Hz, 50 bis 70 Hz für 60 Hz). Er ist vierstufig ausgeführt (wahlweise als Über- oder Unterfrequenz oder AUS). Jede Stufe ist einzeln verzögerbar. Neben der Blockierung der Frequenzstufen über einen Binäreingang wird diese zusätzlich durch eine Unterspannungsstufe vorgenommen.

Anwenderspezifische Funktionen (ANSI 32, 51V, 55, usw.)

Zusatzfunktionen können mit Hilfe von CFC oder flexiblen Schutzfunktionen realisiert werden. Typische Schutzfunktionen hierbei sind die Regelung des Rückleistungsschutzes sowie die Erfassung von spannungsabhängigem Überstromzeitschutz, Phasenwinkel und Nullspannung.

Weitere Funktionen

Messwerte

Aus den erfassten Größen Strom und Spannung werden Effektivwerte sowie $\cos \varphi$, Frequenz, Wirk- und Blindleistung errechnet. Für die Messwertverarbeitung stehen die folgenden Funktionen zur Verfügung:

- Ströme I_{L1} , I_{L2} , I_{L3} , I_N , I_{EE}
- Spannungen U_{L1} , U_{L2} , U_{L3} , U_{12} , U_{23} , U_{31}
- Symmetrische Komponenten I_1 , I_2 , $3I_0$; U_1 , U_2 , $3U_0$
- Wirk- und Scheinleistungen P , Q , S (P , Q auch phasenselektiv)
- Leistungsfaktor $\cos \varphi$ (auch phasenselektiv)
- Frequenz
- Energiefluss (positive und negative Wirk- und Scheinleistung)
- Schleppzeiger für mittlere sowie minimale und maximale Strom- und Spannungswerte
- Betriebsstundenzähler
- Betriebsmitteltemperatur bei Überlast
- Grenzwertüberwachung
Die Grenzwertverarbeitung erfolgt mit Hilfe der freiprogrammierbaren Logik im CFC. Von dieser Grenzwertmeldung können Befehle abgeleitet werden.
- Nullpunktunterdrückung
In einem bestimmten Bereich sehr geringer Messwerte wird der Wert auf Null gesetzt, um Störungen zu unterdrücken.

Zählwerte

Für Betriebszählungen bildet das Gerät aus Strom- und Spannungsmesswerten einen Energiezählwert. Wenn ein externer Zähler mit Zählimpulsausgang verfügbar ist, kann das 7SK81-Gerät Zählimpulse über einen Meldeeingang erfassen und verarbeiten. Die Zählwerte werden auf dem Display angezeigt und als Zählervorschub an die Zentrale weitergeleitet. Es wird zwischen abgegebener und bezogener Energie sowie zwischen Wirk- und Blindarbeit unterschieden.

Leistungsschalterabnutzung/ Leistungsschalterrestlebensdauer

Durch Verfahren zur Ermittlung der Leistungsschalterkontakt-abnutzung bzw. der Restlebensdauer des Leistungsschalters (LS) wird die Möglichkeit gegeben, Wartungsintervalle der LS an ihrem tatsächlichen Abnutzungsgrad auszurichten. Der Nutzen liegt in der Reduzierung von Wartungs- bzw. Instandhaltungskosten.

Ein mathematisch exaktes Verfahren zur Abnutzungs- bzw. Restlebensdauerberechnung von Leistungsschaltern, welches die physikalischen Bedingungen in der Schaltkammer berücksichtigt, die während einer LS-Öffnung durch den gezogenen Lichtbogen entstehen, existiert nicht.

Aus diesem Grund haben sich verschiedene Verfahren zur Ermittlung der LS-Abnutzung entwickelt, welche die unterschiedlichen Betreiberphilosophien widerspiegeln. Um diesen gerecht zu werden, bieten die Geräte mehrere Verfahren an:

- I
- I^x , mit $x = 1..3$
- i^2t .

Zusätzlich bieten die Geräte ein neues Verfahren zur Ermittlung der Restlebensdauer an:

- Zwei-Punkte-Verfahren.

Als Ausgangsbasis für dieses Verfahren dient das doppellogarithmische Schaltdiagramm des LS-Herstellers (siehe Bild) und der zum Zeitpunkt der Kontaktöffnung gemessene Ausschaltstrom. Durch das Zwei-Punkte-Verfahren werden nach einer LS-Öffnung die Anzahl der noch möglichen Schaltspiele berechnet. Hierzu müssen lediglich die zwei Punkte P1 und P2 am Gerät eingestellt werden, welche in den technischen Daten des LS angegeben sind.

Alle Verfahren arbeiten phasenselektiv und können mit einem Grenzwert versehen werden, bei dessen Über- bzw. Unterschreitung (bei der Restlebensdauerermittlung) eine Alarmmeldung abgesetzt wird.

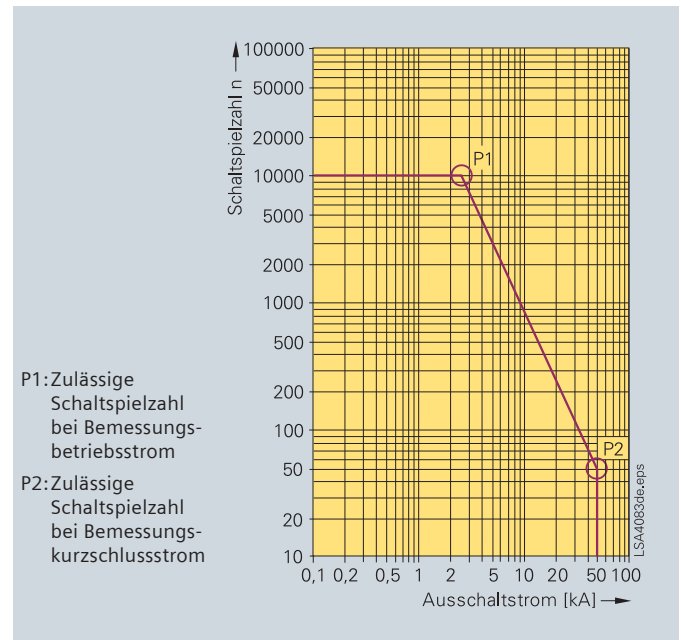


Bild 4/8 Zulässige Schaltspielzahl in Abhängigkeit vom Ausschaltstrom

Inbetriebsetzung

Die Inbetriebsetzung ist denkbar einfach und wird durch DIGSI 4 unterstützt. Der Status der binären Eingänge kann gezielt gelesen, der Zustand der binären Ausgänge gezielt gesetzt werden. Prüffunktionen für Schaltelemente (Leistungsschalter, Trenner) werden über Schaltfunktionen ausgeführt. Die analogen Messwerte sind als umfangreiche Betriebsmesswerte dargestellt. Die Übertragung von Informationen zur Zentrale während der Wartungsarbeiten kann durch eine Übertragungssperre verhindert werden. Zu Testzwecken während der Inbetriebnahme können alle Meldungen mit einer Testkennzeichnung versehen werden.

Testbetrieb

Zu Testzwecken können während der Inbetriebsetzung alle Meldungen mit einer Testkennzeichnung an eine angeschlossene Leittechnik abgesetzt werden.

Strahlennetze

Allgemeine Hinweise:

Das von der Einspeisung am weitesten entfernte Relais (D) hat die kürzeste Auslösezeit. Vorgeordnete Relais müssen zu nachgeordneten Relais in Schritten von ca. 0,3 s zeitlich gestaffelt werden.

- 1) Schiefastschutz (ANSI 46) als Reserve-schutz gegen asymmetrische Störungen

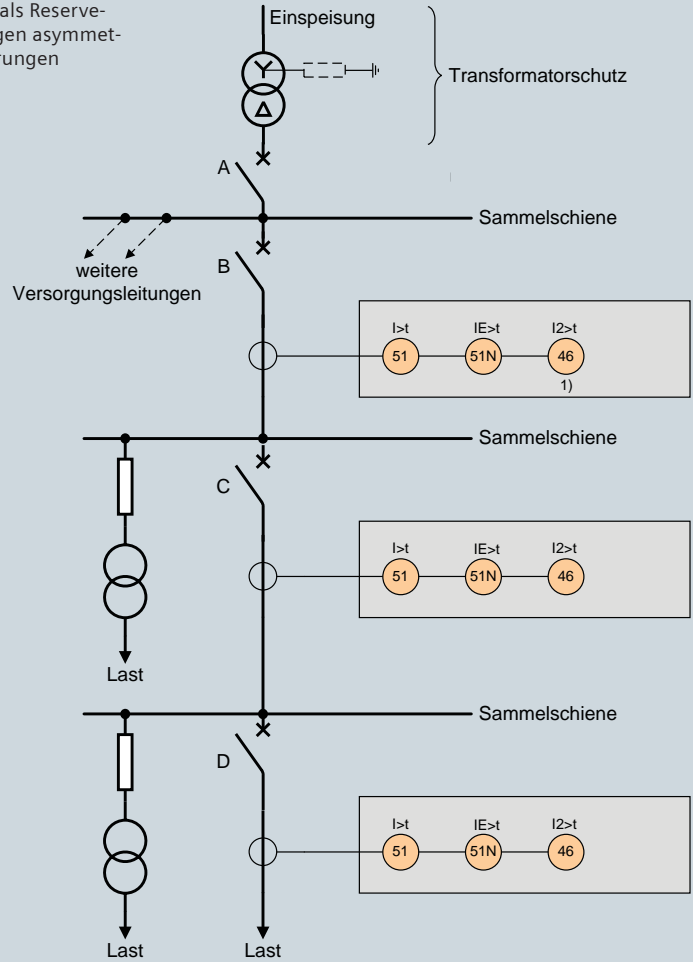


Bild 4/9 Schutzkonzept mit Überstromzeitschutz

Erdschlussfassung in isolierten oder kompensierten Netzen

In isolierten oder kompensierten Netzen kann mit Hilfe der empfindlichen Erdschlussrichtungserfassung ein aufgetretener Erdschluss schnell gefunden werden.

- 1) Die empfindliche Strommessung des Erdstromes sollte über einen Kleinsignal-Kabelumbauwandler erfolgen, z.B. LPCT K-60 von TRENCH

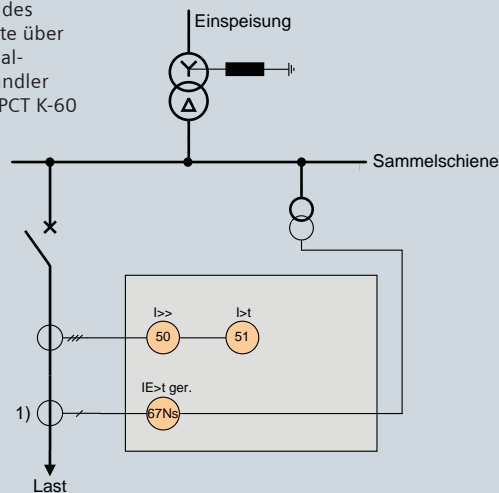


Bild 4/10 Schutzkonzept für Erdschlussrichtungserfassung

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Anwendungsbeispiele

Kleine und mittlere Motoren < 1MW

Mit effektiver oder niederohmiger Einspeisung ($I_E \geq I_{N, Motor}$) anwendbar bei Niederspannungsmotoren und Hochspannungsmotoren mit niederohmiger Einspeisung ($I_E \geq I_{N, Motor}$)

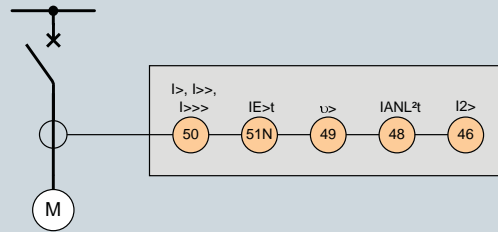
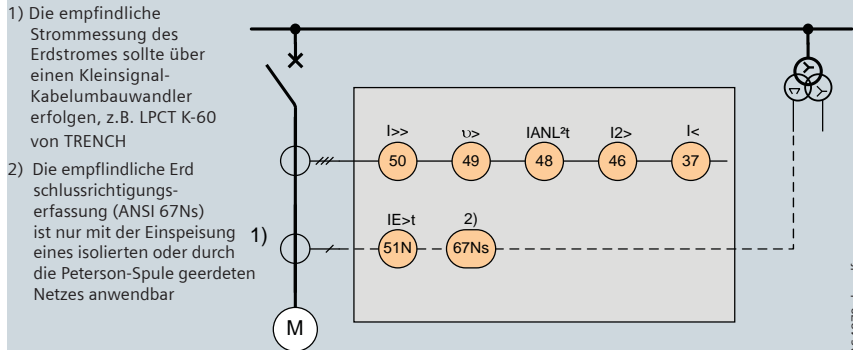


Bild 4/11 Schutzkonzept für kleine Motoren

Visio-LAS4869-de.pdf

Hochohmige Einspeisung

($I_E \leq I_{N, Motor}$)



- 1) Die empfindliche Strommessung des Erdstromes sollte über einen Kleinsignal-Kabelumbauwandler erfolgen, z.B. LPCT K-60 von TRENCH
- 2) Die empfindliche Erdschlussrichtigerfassung (ANSI 67Ns) ist nur mit der Einspeisung eines isolierten oder durch die Peterson-Spule geerdeten Netzes anwendbar

Bild 4/12 Schutzkonzept für mittlere Motoren

Visio-LAS4870-de.pdf

Generatoren < 500 kW

Wenn ein Kabelumbauwandler für den empfindlichen Erdschlusschutz zur Verfügung steht, sollte der 7SK80 mit dem empfindlichen Erdstromeingang verwendet werden.

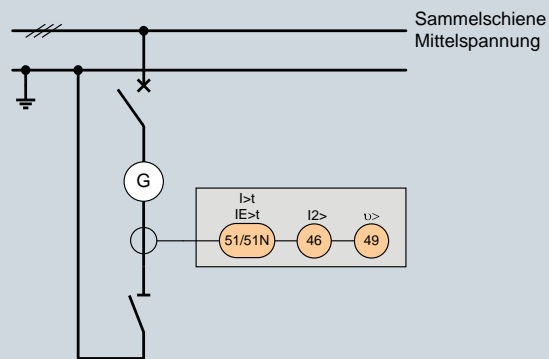
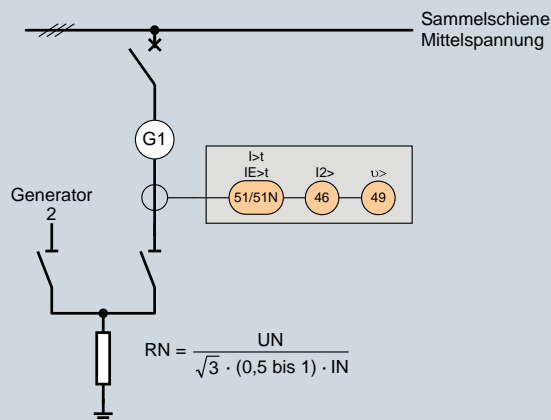


Bild 4/13 Schutzkonzept für kleinste Generatoren mit starr geerdetem Neutralleiter

Visio-LAS4871-de.pdf



$$R_N = \frac{UN}{\sqrt{3} \cdot (0,5 \text{ bis } 1) \cdot I_N}$$

Bild 4/14 Schutzkonzept für kleinste Generatoren mit niederohmiger Sternpunktterdung

Visio-LAS4872-de.pdf

Generatoren bis 1MW

Zwei Spannungswandler in V-Schaltung sind ausreichend.

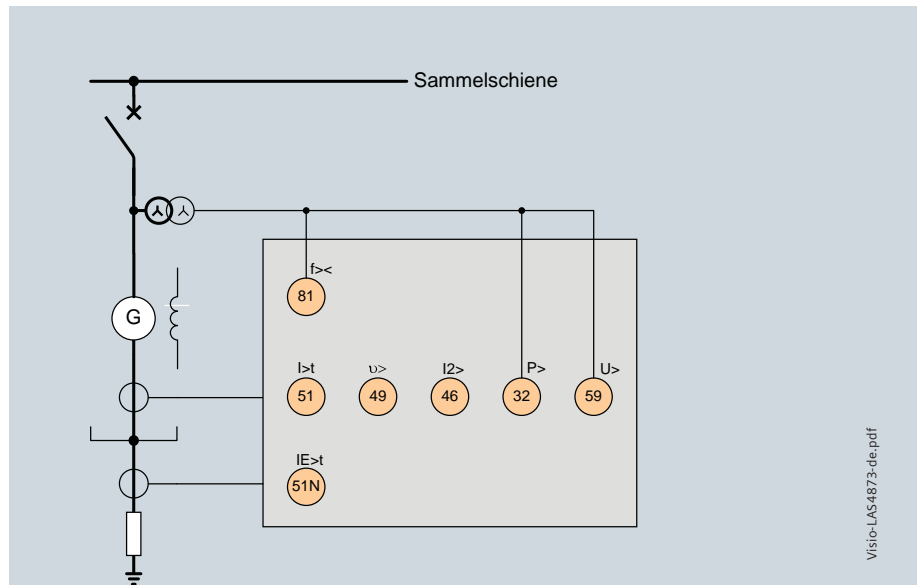


Bild 4/15 Schutzkonzept für kleine Generatoren

Sammelschienenschutz durch Überstromrelais mit rückwärtiger Verriegelung

Anwendbar bei Verteilersammelschienen ohne erhebliche ($< 0,25 \times I_N$) Rückspeisung von den Abgängen.

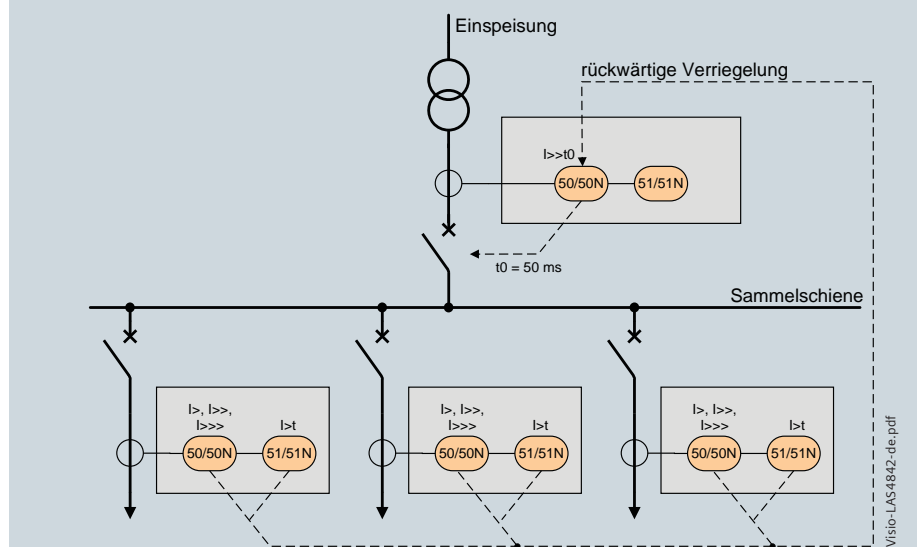


Bild 4/16 Sammelschienenschutz mit rückwärtiger Verriegelung

Leitungsabzweig mit Lastabwurf

In instabilen Netzen (z.B. Inselnetze, Notstromversorgung in Krankenhäusern) kann es erforderlich sein, ausgewählte Verbraucher zum Schutz des Gesamtnetzes vor Überlastung vom Netz zu trennen. Die Überstromzeitschutzfunktionen sind nur im Kurzschlussfall wirksam. Die Überlastung des Generators ist als Frequenz- bzw. Spannungsabfall messbar.

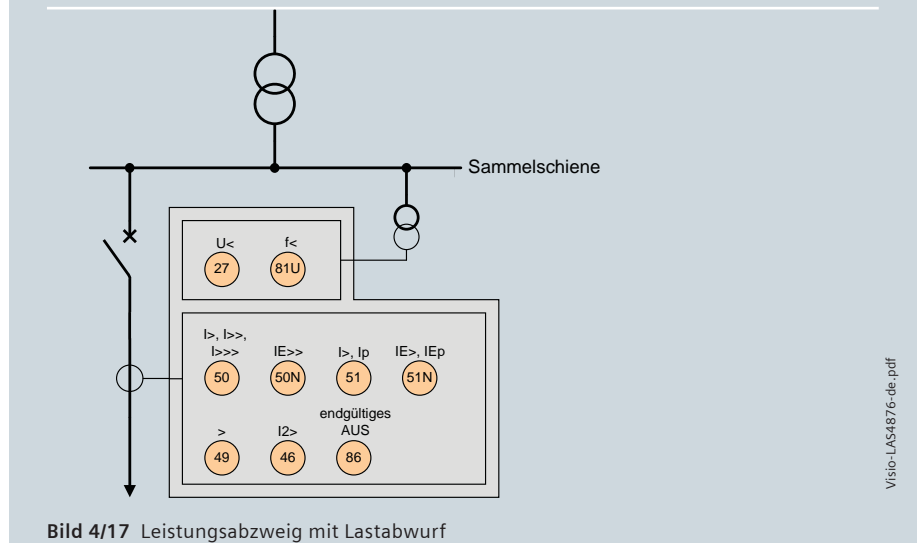


Bild 4/17 Leistungsabzweig mit Lastabwurf

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Anwendungsbeispiele

Motorschutz

Als Kurzschlusschutz stehen z.B. die Stufen $I_{>>}$ und $I_{E>>}$ zur Verfügung. Lastsprünge im laufenden Betrieb werden durch die $I_{Last>}$ -Funktion erfasst. Für isolierte Netze kann die empfindliche Erdfehlererfassung ($I_{EE>>}$, $U_{0>}$) verwendet werden. Der Ständer wird gegen thermische Überlastung durch u_s , der Läufer durch $I_{2>}$, Anlaufzeitüberwachung und Wiedereinschaltperre geschützt. Über einen Binäreingang wird ein blockierter Läufer erkannt und entsprechend schnell abgeschaltet. Die Wiedereinschaltperre kann durch einen „Notanlauf“ außer Funktion gesetzt werden.

Die Unterspannungsfunktion verhindert einen Start bei zu niedriger Spannung, die Überspannungsfunktion verhindert Isolationsschäden.

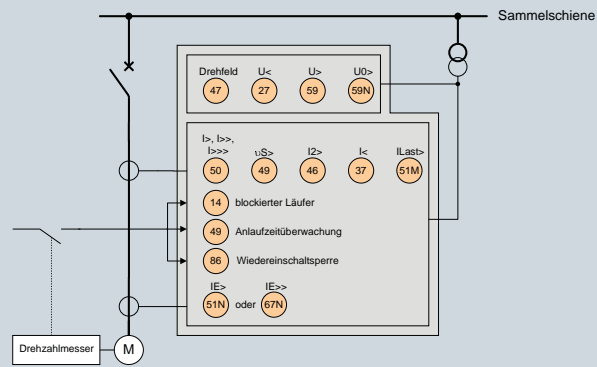


Bild 4/18 Typisches Schutzkonzept eines Hochspannungs-Asynchronmotors

Visio-LAS4204-de.pdf

Beschreibung	Bestell-Nr.		Kurzangabe	
	12345678910111213141516			
	7SK81	3-□□□□-3	□□□+	□□□
Messeingänge, Binäreingaben und -ausgaben				
Gehäuse 1/6 19"; 4 x I, 3 BE, 5 BA (2 Wechsler), 1 Livekontakt	1			
Gehäuse 1/6 19"; 4 x I, 7 BE, 8 BA (2 Wechsler), 1 Livekontakt	2			
Gehäuse 1/6 19"; 4 x I, 3 x U, 3 BE, 5 BA (2 Wechsler), 1 Livekontakt	3			
Gehäuse 1/6 19"; 4 x I, 3 x U, 7 BE, 8 BA (2 Wechsler), 1 Livekontakt	4			
Gehäuse 1/6 19"; 4 x I, 3 BE, 5 BA (2 Wechsler), 5 Temperaturfühler, 1 Livekontakt	5			
Gehäuse 1/6 19"; 4 x I, 3 x U, 3 BE, 5 BA (2 Wechsler), 5 Temperaturfühler, 1 Livekontakt	6			
Kleinsignalmesseingänge	3			
Hilfsspannung (Stromversorgung)				
DC 24 V/48 V	1			
DC 60 V/110 V/125 V/220 V/250 V, AC 115 V, AC 230 V	5			
Konstruktiver Aufbau				
Einbaugeschäube, Schraubklemmen	E			
Regionsspezifische Ausprägung und Sprachvoreinstellung				
Region DE, IEC, Sprache deutsch (Sprache änderbar)	A			
Region Welt, IEC/ANSI, Sprache englisch (Sprache änderbar)	B			
Port B (Geräteunterseite, hinten)				
keine Bestückung	0			
IEC 60870-5-103 oder DIGSI 4/Modem, elektrisch RS232	1			
IEC 60870-5-103 DIGSI 4/Modem oder Thermobox, elektrisch RS485	2			
IEC 60870-5-103 DIGSI 4/Modem oder Thermobox, optisch 820 nm, ST-Stecker	3			
PROFIBUS DP Slave, elektrisch RS485	9		L 0	A
PROFIBUS DP Slave, optisch, Doppelring, ST-Stecker	9		L 0	B
MODBUS, elektrisch RS485	9		L 0	D
MODBUS, optisch 820 nm, ST-Stecker	9		L 0	E
DNP 3.0, elektrisch RS485	9		L 0	G
DNP 3.0, optisch 820 nm, ST-Stecker	9		L 0	H
IEC 60870-5-103, redundant, elektrisch RS485, RJ45-Stecker	9		L 0	P
IEC 61850, 100 Mbit Ethernet, elektrisch, doppelt, RJ45-Stecker	9		L 0	R
IEC 61850, 100 Mbit Ethernet, optisch, doppelt, LC-Stecker	9		L 0	S
Port A (Geräteunterseite, vorne)				
keine Bestückung	0			
mit Ethernetschnittstelle (DIGSI-Schnittstelle, Thermoboxanschluss, nicht IEC 61850), RJ45-Stecker	6			
Messung/Störschreibung				
mit Störschreibung, mit Mittelwertbildung, mit Min/Max-Werten	3			

siehe
folgende
Seite

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Auswahl- und Bestelldaten

ANSI-Nr.	Beschreibung	Bestell-Nr.
		16 17 18 □ □ □ ↑ ↑ ↑ H D O ²⁾
	Grundausführung	
50/51	Überstromzeitschutz XMZ Phase $I>$, $I>>$, $I>>>$, I_p	
50N/51N	Erdkurzschlusschutz XMZ Erde $I_{E>}$, $I_{E>>}$, $I_{E>>>}$, I_{Ep}	
50N(s)/51N(s) ¹⁾	Erdschluss-/Erdkurzschlusschutz $I_{EE>}$, $I_{EE>>}$, I_{EEp}	
49	Überlastschutz	
74TC	Auslösekreisüberwachung	
50BF	Schalterversagerschutz	
46	Schieflastschutz	
86	Verriegeltes AUS/Lockout	
48	Anlaufzeitüberwachung	
37	Unterstromüberwachung	
66/86	Wiedereinschaltsperr	
14	Rotorblockierschutz	
51M	Lastsprungschutz	
	Motorstatistik	
	Parametersatzumschaltung	
	Überwachungsfunktionen	
	Leistungsschaltersteuerung	
	Flexible Schutzfunktionen (Kenngrößen aus Strom)	
	Inrushstabilisierung	
	Grundausführung + Erdschlussrichtungserfassung + Spannungsschutz + Frequenzschutz	H E O ³⁾
67N	Gerichteter Erdkurzschlusschutz $I_{E>}$, $I_{E>>}$, I_{Ep}	
67N(s) ¹⁾	Gerichteter Erdschluss-/Erdkurzschlusschutz $I_{EE>}$, $I_{EE>>}$, I_{EEp}	
59N	Verlagerungsspannung	
27/59	Unter-/Überspannung	
81 U/O	Unter-/Überfrequenz, $f<$, $f>$	
47	Drehfeldrichtung	
32/55/81R	Flexible Schutzfunktionen (Kenngrößen aus Strom und Spannung): Spannungsschutz, Leistungsfaktor-, Frequenzänderungsschutz	

1) Je nach verwendetem Kleinsignal-Erdstromwandler ist die Funktion entweder empfindlich (I_{EE}) oder unempfindlich (I_E)

2) Nur bei Stelle 6 = 1, 2 oder 5

3) Nur bei Stelle 6 = 3, 4 oder 6

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Anschluss Schaltpläne

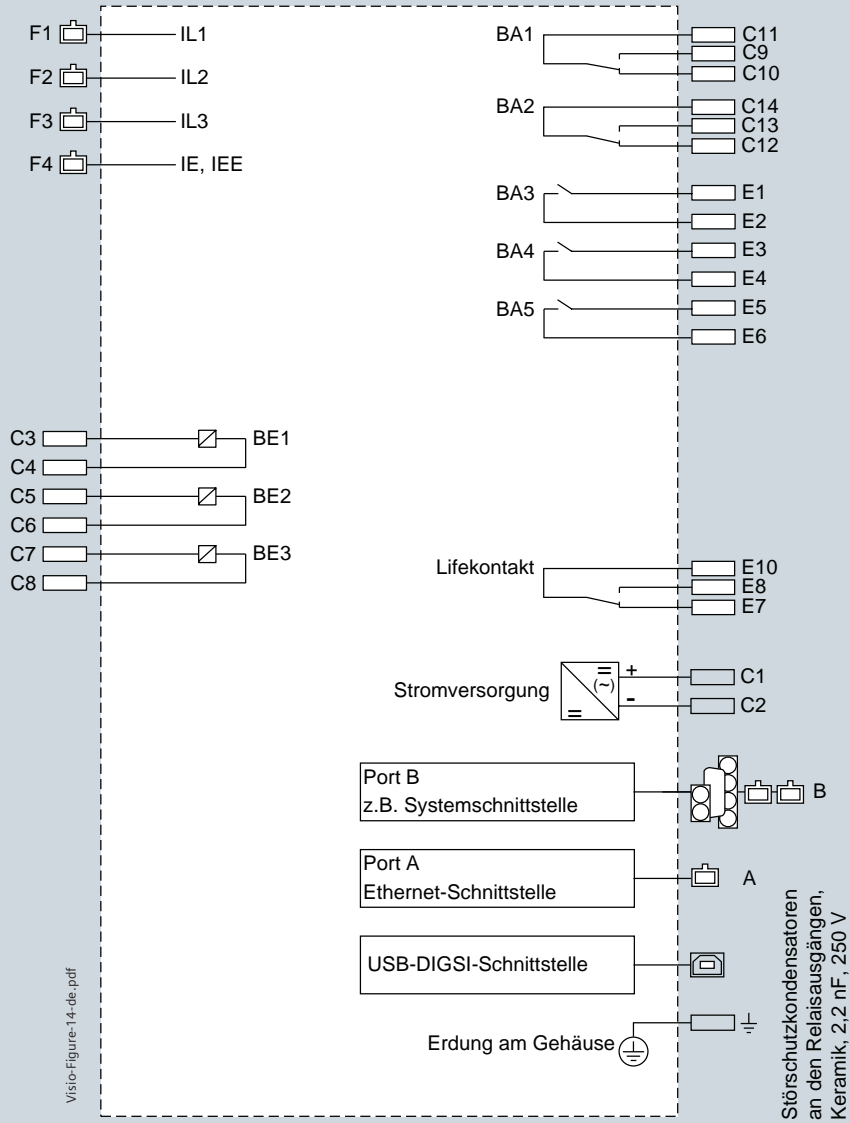


Bild 4/19 Motorschutz 7SK811

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Anschlusschaltpläne

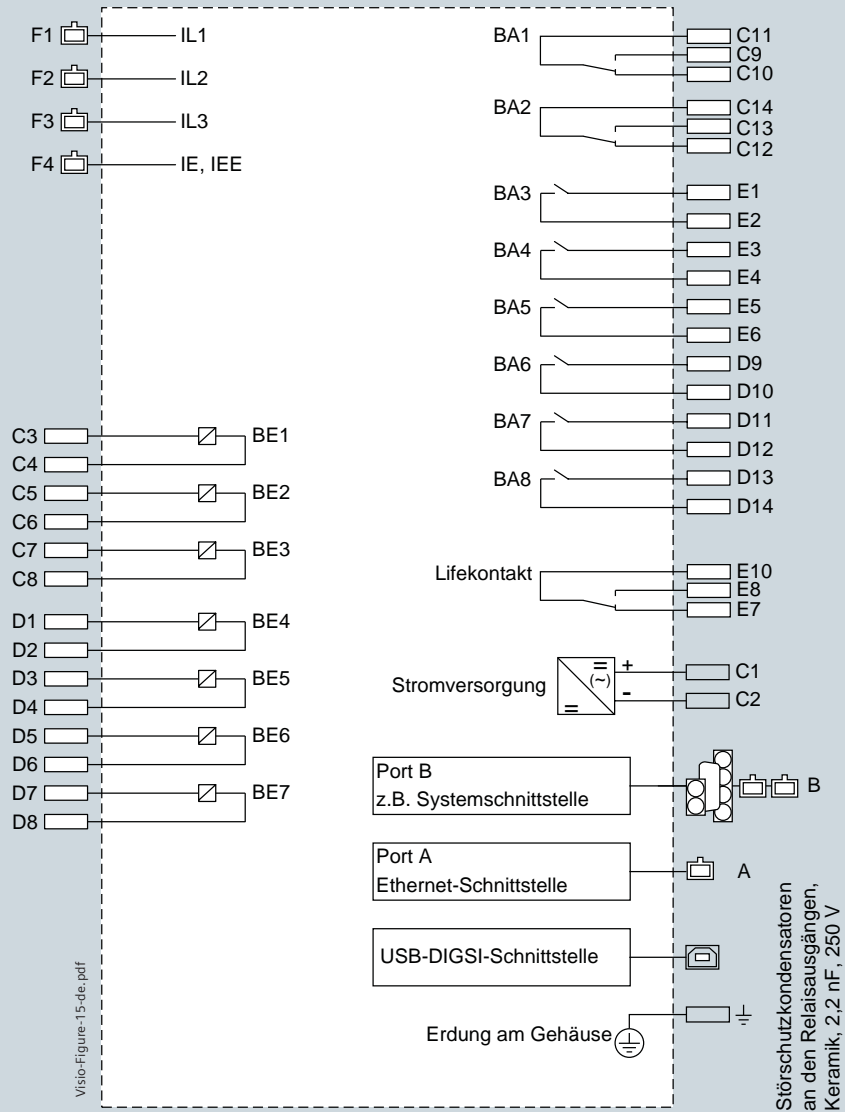


Bild 4/20 Motorschutz 7SK812

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Anschluss Schaltpläne

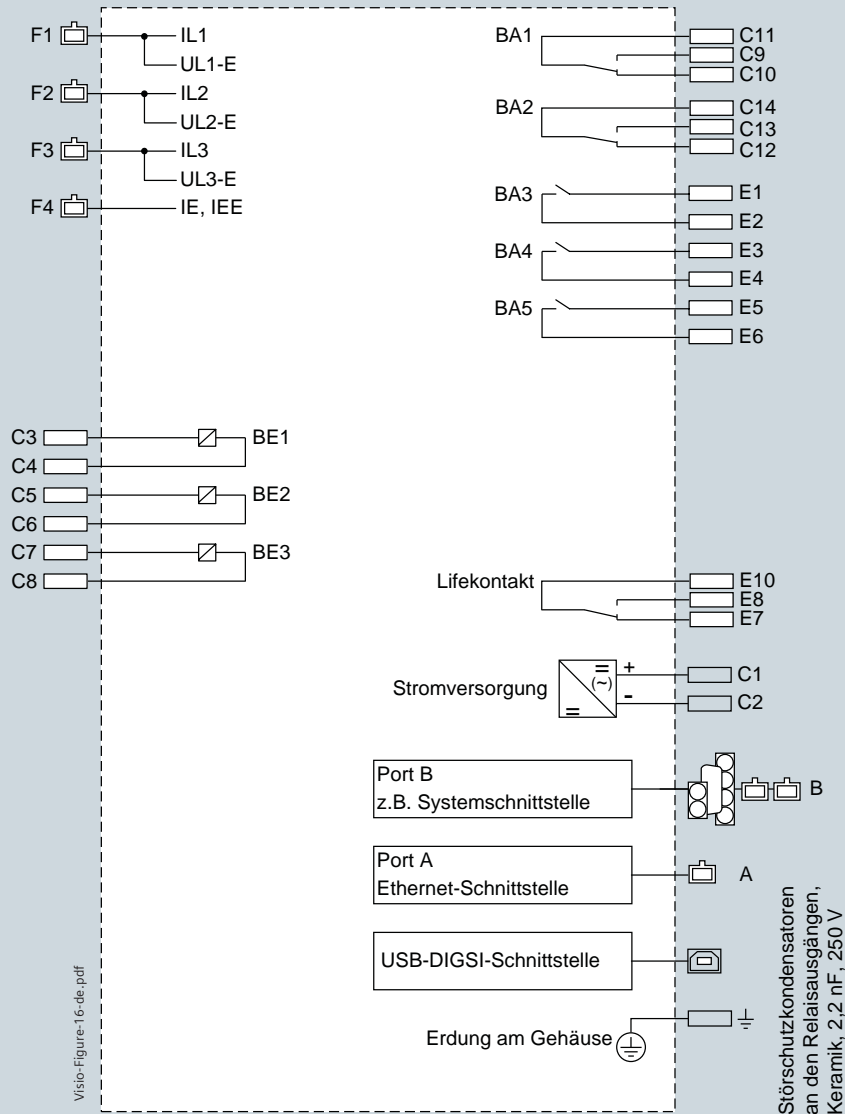


Bild 4/21 Motorschutz 7SK813

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Anschlusschaltpläne

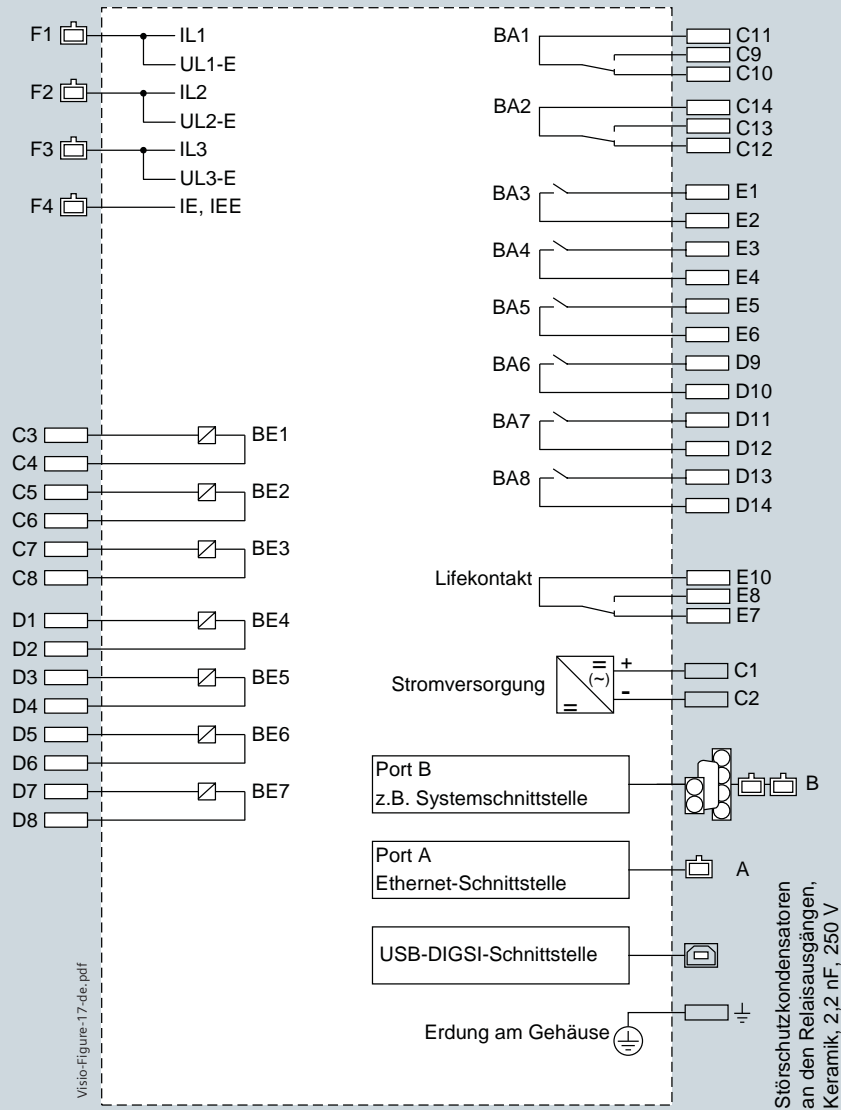


Bild 4/22 Motorschutz 7SK814

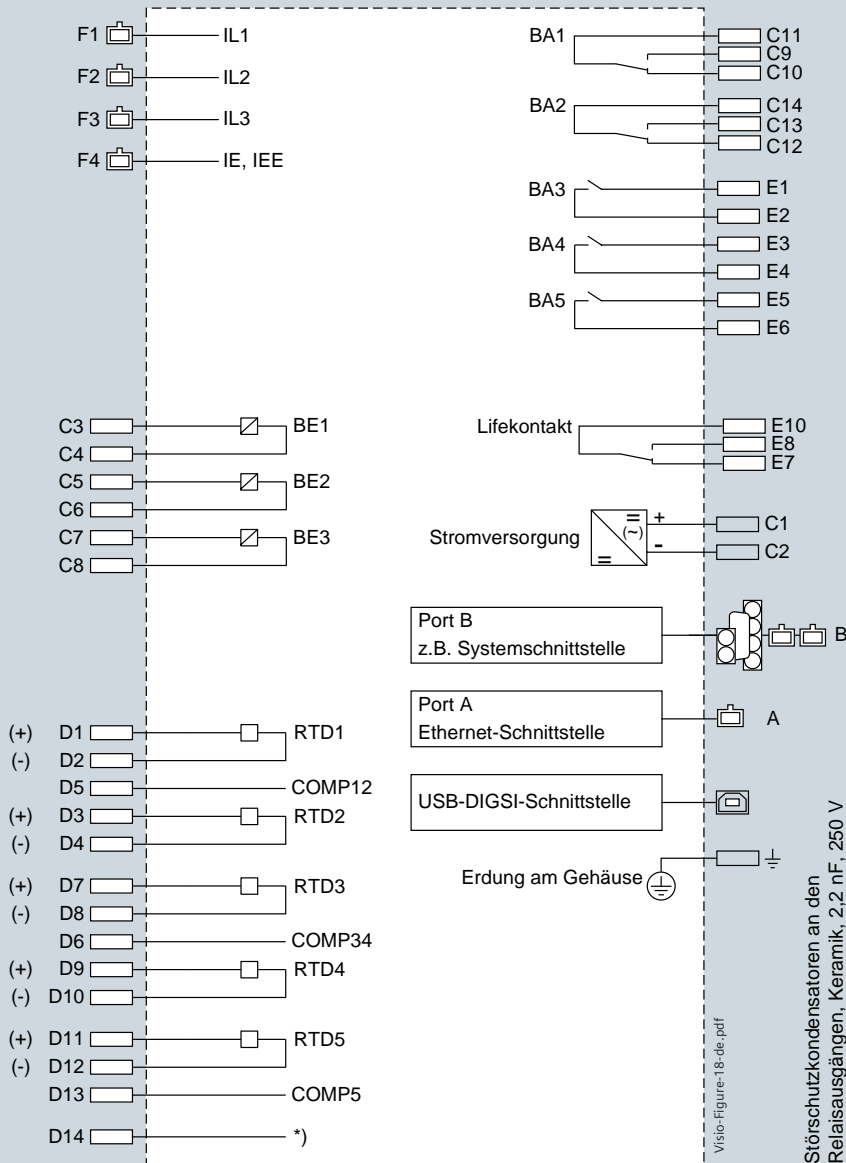


Bild 4/23 Motorschutz 7SK815

*) Der Schirm des Anschlusskabels wird direkt an die Schirmschraube angeschlossen.

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Anschlusschaltpläne

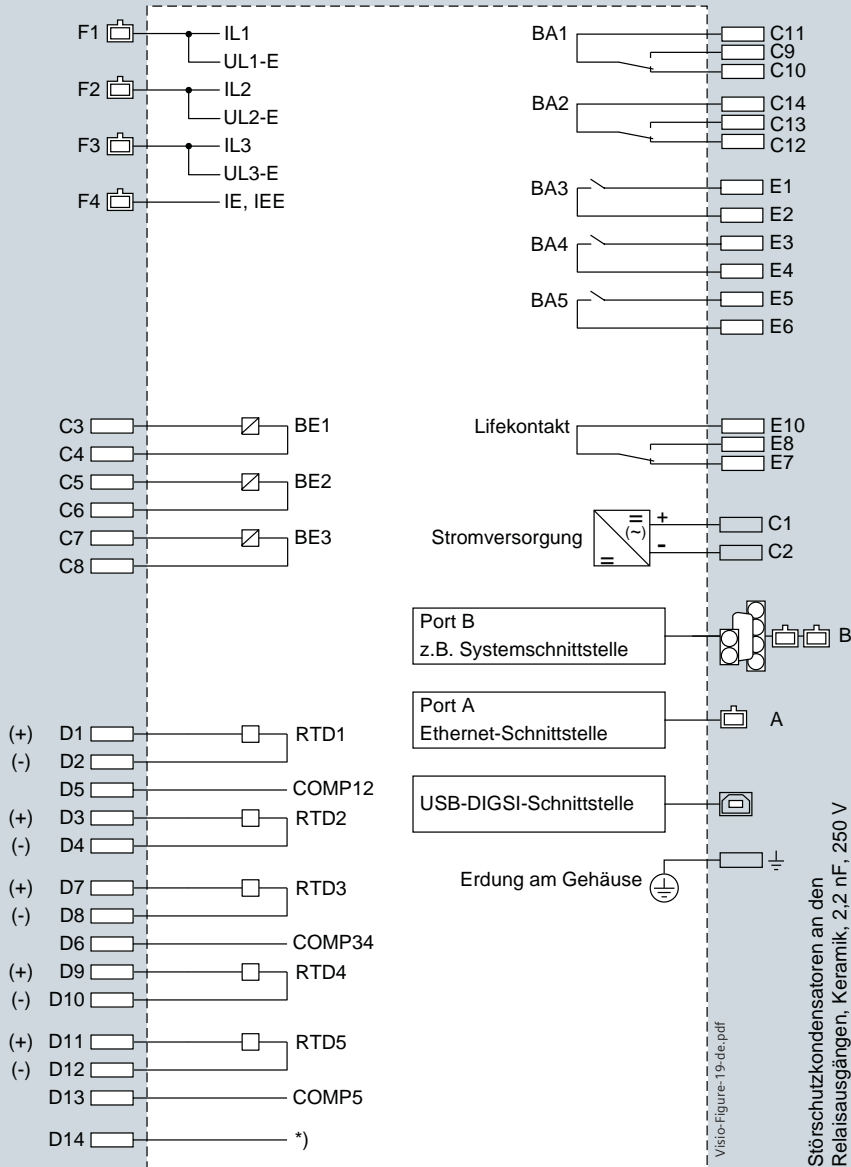


Bild 4/24 Motorschutz 7SK816

*) Der Schirm des Anschlusskabels wird direkt an die Schirmschraube angeschlossen.

Standardanschlussmöglichkeiten

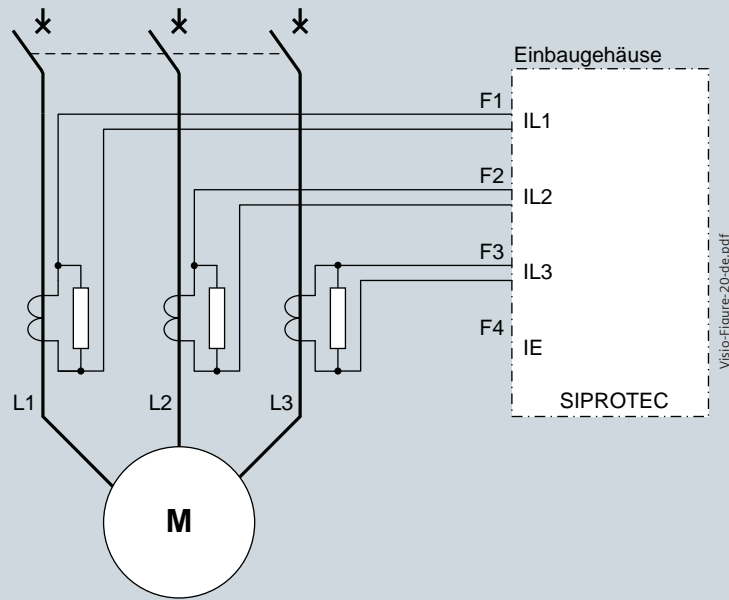


Bild 4/25 Anschlüsse über Kleinsignalwandler für 3 Leiterströme - Normalschaltung, geeignet für alle Netze

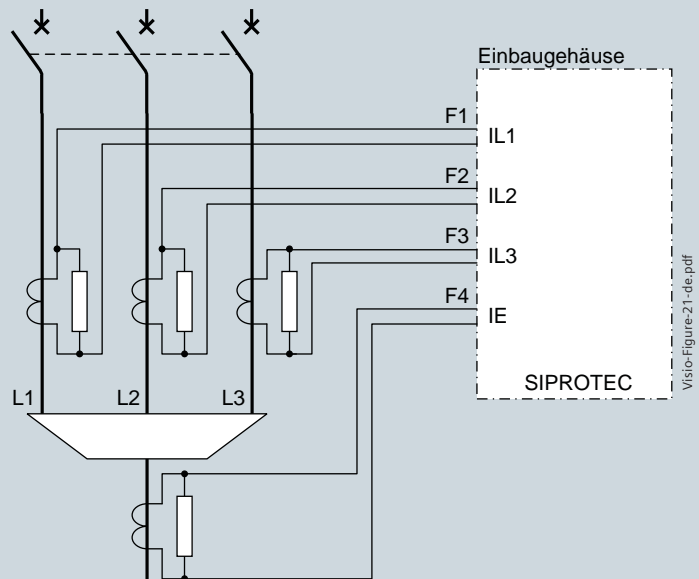
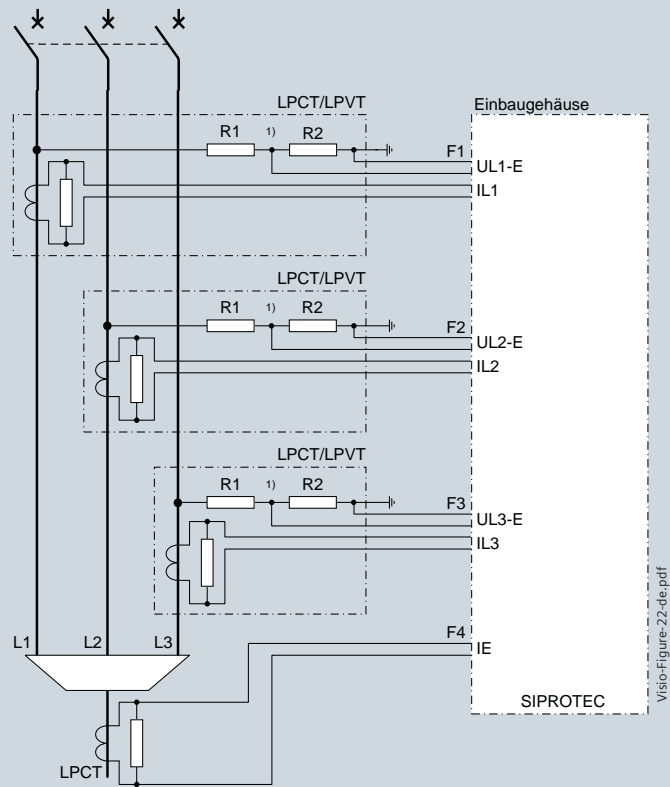


Bild 4/26 Anschlüsse über Kleinsignalwandler für 3 Leiterströme - zusätzlich Erdstrom IEE für empfindliche Erdschlusserfassung - nur für isolierte oder gelöschte Netze

Motorschutz 7SK81

für Anschluss an Kleinsignalwandler - Anschlussbeispiele

Standardanschlussmöglichkeiten

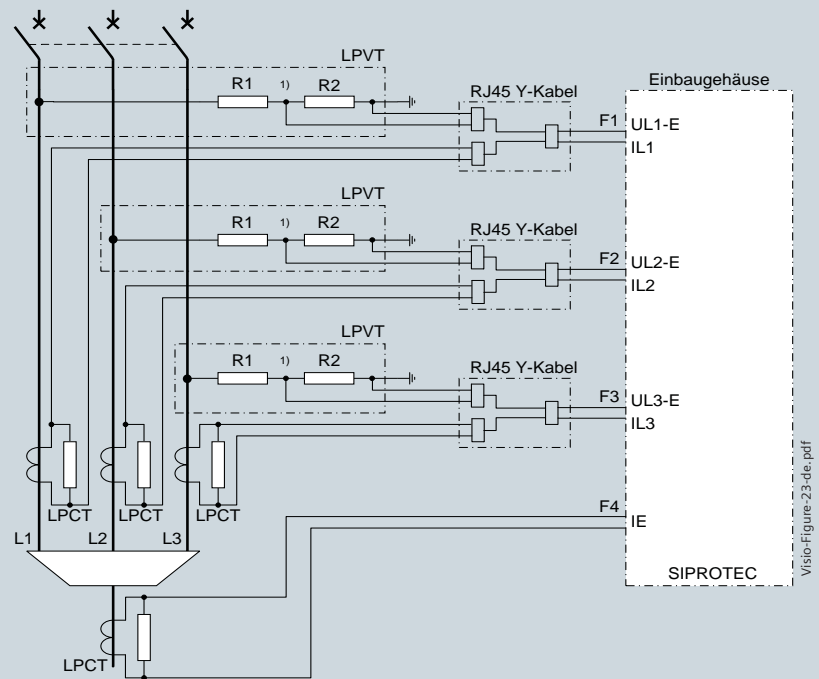


1) R1 und R2 stellen den primären Spannungsteiler dar.

Wichtig! Die Erdung des Kabelschirmes muss an der Kabelseite erfolgen!

Bild 4/27 Anschlüsse über Kombiwandler mit Kleinsignal-Stromwandler und integriertem Spannungsteiler für die 3 Phasen

Standardanschlussmöglichkeiten

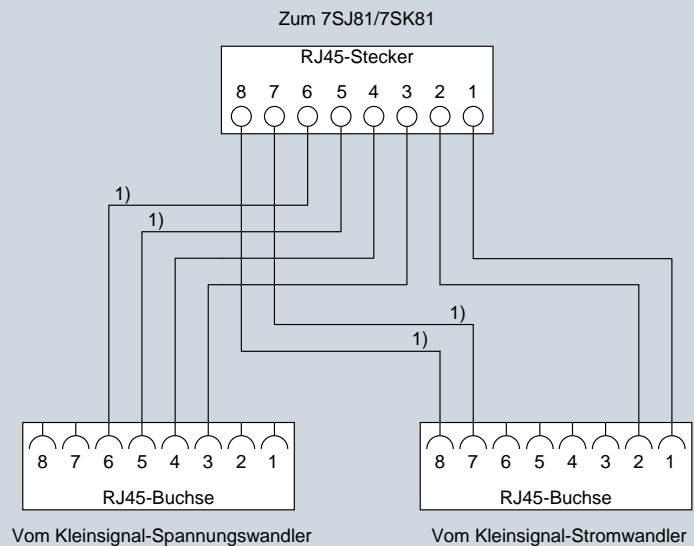


1) R1 und R2 stellen den primären Spannungsteiler dar.

Wichtig! Die Erdung des Kabelschirmes muss an der Kabelseite erfolgen!

Bild 4/28 Anschlüsse über Kleinsignalwandler für 3 Leiterströme, Erdstrom IEE und 3 Leiter-Erde-Spannungen.

LPCT und LPVT sind durch ein Y-Kabel mit 7SK81 verbunden (siehe Bild 4/29)



1) Die Anschlüsse 5, 6, 7 und 8 sind optional, aber nicht vorgeschrieben.

Bild 4/29 Y-Kabel für eine Verbindung von LPCT und LPVT mit 7SK81