

**Netzschutz von Mittelspannungsleitungen.
Arbeitsweise, Auswahl,
Einbau und Ermittlung der Einstellwerte**
Cerberus Anwendertreffen 2013 am 06.11.2013 in Chemnitz

Dipl.-Ing. Walter Schossig

info@walter-schossig.de

www.walter-schossig.de

Tel. 03621/701016



Netzschutztechnik

— Einhaltung anerkannter Regeln der Technik —

Energiewirtschaftsgesetz – EnWG (D) vom 07.07.2005

§ 49 Anforderungen an Energieanlagen

- (1) ...so zu errichten und zu betreiben, dass technische Sicherheit gewährleistet ist. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger **Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik** zu beachten.
- (2) Die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik wird vermutet, wenn bei Anlagen zur Erzeugung, Fortleitung und Abgabe ... die technischen **Regeln des VDE** ... eingehalten worden sind.

Anerkannte technische Regeln

▼ Normen (IEC, EN, VDE, OVE, SEV/AES)

Beispiele

DIN VDE 0101 Errichten von Anlagen

DIN VDE 0105 Betreiben von Anlagen

▼ Richtlinien (VDEW ... FNN, VEÖ, TOR, VSE sowie BNetzA, E-CONTROL, ElCom, GridCodes)

Beispiele

VDN/VEÖ Digitale Schutzsysteme

FNN/VEÖ/VSE Leitfadeneinsatz Schutzsysteme

TC bzw. DC Transmission- bzw. DistributionCode

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Inhalt der S 1000 u.a.:

„ 3 Aufgaben- und Tätigkeitsfelder
Zur Erfüllung der wahrzunehmenden
Aufgaben muss das Unternehmen in
der Lage sein, grundsätzlich folgende
für die Technik relevanten Tätigkeits-
felder sach- und fachgerecht zu bear-
beiten bzw. deren Erledigung sicher-
zustellen:

- Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Netzen, Anlagen und Schutzeinrichtungen (im folgenden "Stromversorgungsanlagen") mit zugehöriger Dokumentation
- Betrieb und Instandhaltung von Betriebsmitteln
- Lastführung, Lastverteilung
- Organisation und Durchführung des Bereitschaftsdienstes (z.B. Störungsannahme, Entstörung) ...“



VDN-Richtlinie S 1000

Anforderungen an die Qualifikation und die
Organisation von Unternehmen für den Betrieb
elektrischer Energieversorgungsnetze

Stand: Dezember 2003



© VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung
des VDE, Frankfurt am Main, gestattet.
Vertriebsdurch VDE VERLAG GMBH, 10625 Berlin

Preisgr. 11 K
VDE-Vern.-Nr. 0060028

April 2011

	VDE-AR-N 4001	VDE
	Das ist eine VDE-Anwendungsregel im Sinne von VDE 0222 unter gleichzeitiger Einhaltung des in der VDE-AR-N 100 beschriebenen Verfahrens. Sie ist nach der Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „Liste Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	FNN
Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.		
ICS 03.100.30; 29.240.01		
Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Unternehmen für den Betrieb von Elektrizitätsversorgungsnetzen (S 1000)		
Requirements on the qualification and organisation of companies for operation of electrical power networks (S 1000)		
Gesamtumfang 11 Seiten		
VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.		

2 Aufgabe

- Vom Normalbetrieb abweichende gefährliche Zustände im Netz sicher und schnell zu erkennen und den fehlerbehafteten Anlagenteil abzuschalten.
- Schutzeinrichtungen müssen zuverlässig arbeiten.
- Schutzeinrichtungen müssen selektiv wirken.
- Schutzeinrichtungen müssen schnell arbeiten.
- Schutzeinrichtungen müssen unabhängig vom Bedienenden wirken.

Schutzobjekte

- Leitungen (Freileitungen und Kabel)
- Transformatoren
- Schaltanlagen
- Generatoren
- Motoren

Fehlerursachen

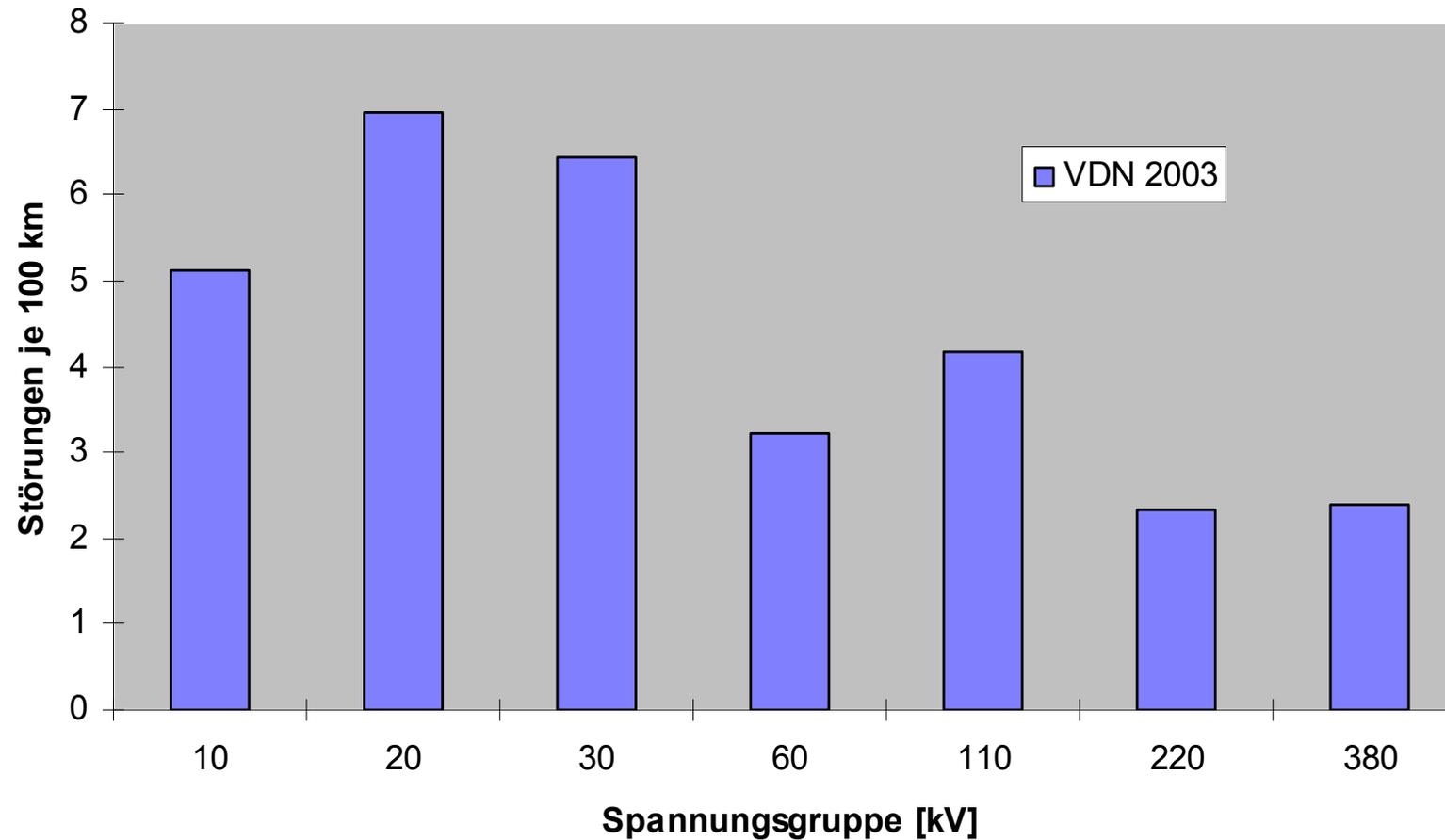
- Überspannungen durch Blitzeinschlag
- mechanische Zerstörung bei Baggararbeiten und Überbrückung der Isolation durch Tiere, Äste bzw. infolge Seilriß
- therm. Überbeanspruchung durch Überlastung
- klimatische Beeinflussung durch Feuchtigkeit
- Alterung der Isolation
- Bedienungsfehler infolge Schalten auf eingebaute EuK bzw. geschlossenen ET oder Öffnen von Trennern unter Last

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



Diagramm 3-1 Anzahl der Störungen



[Scho-Ns]

Schaden je Unterbrechung nach Netzebenen

Spannung	ausgefallene Leistung	Betroffene Kunden	Schaden je Stunde
380 kV	5.000 MW	7 Mio.	40 Mio EUR
110 kV	250 MW	350.000	2 Mio EUR
10 – 30 kV	20 MW	40.000	0,16 Mio EUR
0,4 kV	0,3 MW	300	2.400 EUR

Quelle: VEÖ-Journal, 2004

3 Fehlerarten

- **Erdfehler** - häufigster Fehler im Netz

Eigenschaft und Charakteristik ist stark abhängig von der Art der Sternpunktbehandlung des Trafos

- **Netzarten**

- Isoliert (**Ohne Sternpunkterdung**) **OSPE**
- Kompensiert (**Resonanzsternpunkterdung**) **RESPE**
- **Niederohmige Sternpunkterdung** **NOSPE**
- **Kurzzeitige niederohmige Sternpunkterdung**
KNOSPE
- **Starre bzw. teilstarre Sternpunkterdung** **SSPE** bzw.
TSPE

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

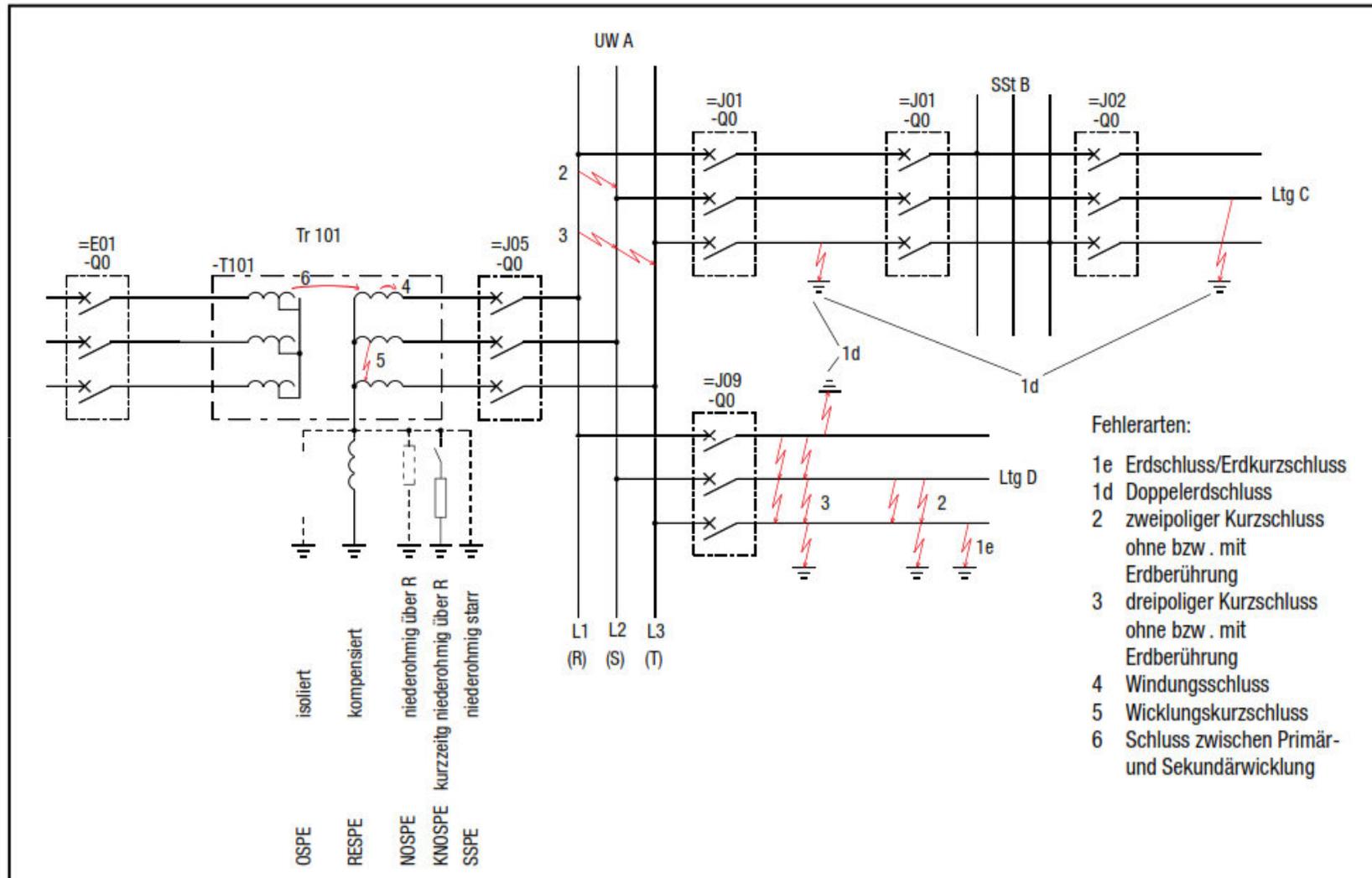


Bild 3-1 Fehlerarten

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

5 Wirkungsweise

Tabelle 5-1 Schutzkriterien und ihre Anwendungen

Kriterium	Anwendung Schutzart	Aufgabe	Schutzobjekt
Strom			
Überstrom $I >$	Überstromzeit-, Distanzschutz	Anregung des Schutzes	Leitung, Transformator, Generator
Hochstrom $I >>$	Hochstromschnellschutz		Transformator, Leitung
Stromdifferenz ΔI	Differenzialschutz		Transformator, Generator, Leitung, Sammelschiene
Spannung			
Überspannung $U >$ Verlagerungsspannung $U_o >$	Überspannungsschutz, Erdschlussfassung	Anregung der Meldung	Transformator, Sammelschiene, Generator
Unterspannung $U <$	Umschaltautomatik	Anregung der Automatik	Leitung, Transformator, Generator
Impedanz			
Widerstand Z oder X	Distanzschutz	Fehlerortmessung	Leitung, Transformator, Generator, Sammelschiene
Unterimpedanz U/I , Impedanz-Polygon $R-X$		Anregung des Schutzes	
Leistungsrichtung			
Wirkleistung $P \rightarrow$	Überstromrichtungs-, Distanzschutz, Netzentkopplung/-trennung	Fehlerrichtung	Leitung, Generator
Nulleistung $P_o \rightarrow$	Erdschlusschutz		
Frequenz			
Unterfrequenz $f <$	Frequenzlastabwurf	Anregung des Schutzes	Transformator, Leitung
Überfrequenz $f >$	Netztrennung		Generator
Frequenzänderung df/dt			
Vektor			
Spannungsvektorsprung $\Delta \varphi$	Netztrennung	Anregung des Schutzes	Generator

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Tabelle 5-1 Schutzkriterien und ihre Anwendungen (Fortsetzung)

Kriterium		Anwendung Schutzart	Aufgabe	Schutzobjekt
Temperatur				
	Übertemperatur $\delta >$	Überlastwarnung	Anregung des Schutzes	Transformator
		Lüftersteuerung		
	Untertemperatur $\delta <$			
Geschwindigkeit				
	Ölströmung $v >$	Buchholzschutz	Anregung des Schutzes	Transformator
Volumen				
	Ölstand $V <$	Ölstandsüberwachung	Anregung des Schutzes	Transformator, Wandler
Oberwellen				
	2. Harmonische (100 Hz), 5. Harmonische (250 Hz)	Differenzialschutz Erdschlussrichtung	Einschaltstrom- stabilisierung	Transformator Leitung
Gasdruck				
	Überdruck $p >$, Unterdruck $p <$	Schaltanlagen-schutz, Kabelüberwachung	Anregung des Schutzes	Schaltzelle, Kabel
Licht				
	Lichtstrom Φ_v	Lichtbogenschutz	Anregung des Schutzes	Schaltzelle
Körperschall				
	Schwingungs- beschleunigung α	Schaltanlagen-schutz	Anregung des Schutzes	Schaltzelle
Zeit				
	Staffelzeit Δt	Überstromzeit-, Distanzschutz	Selektivität	Leitung, Transformator, Generator
	Verzögerung t	Erdschlussmeldung	Wischerunterdrückung	Transformator, Sammelschiene, Leitung

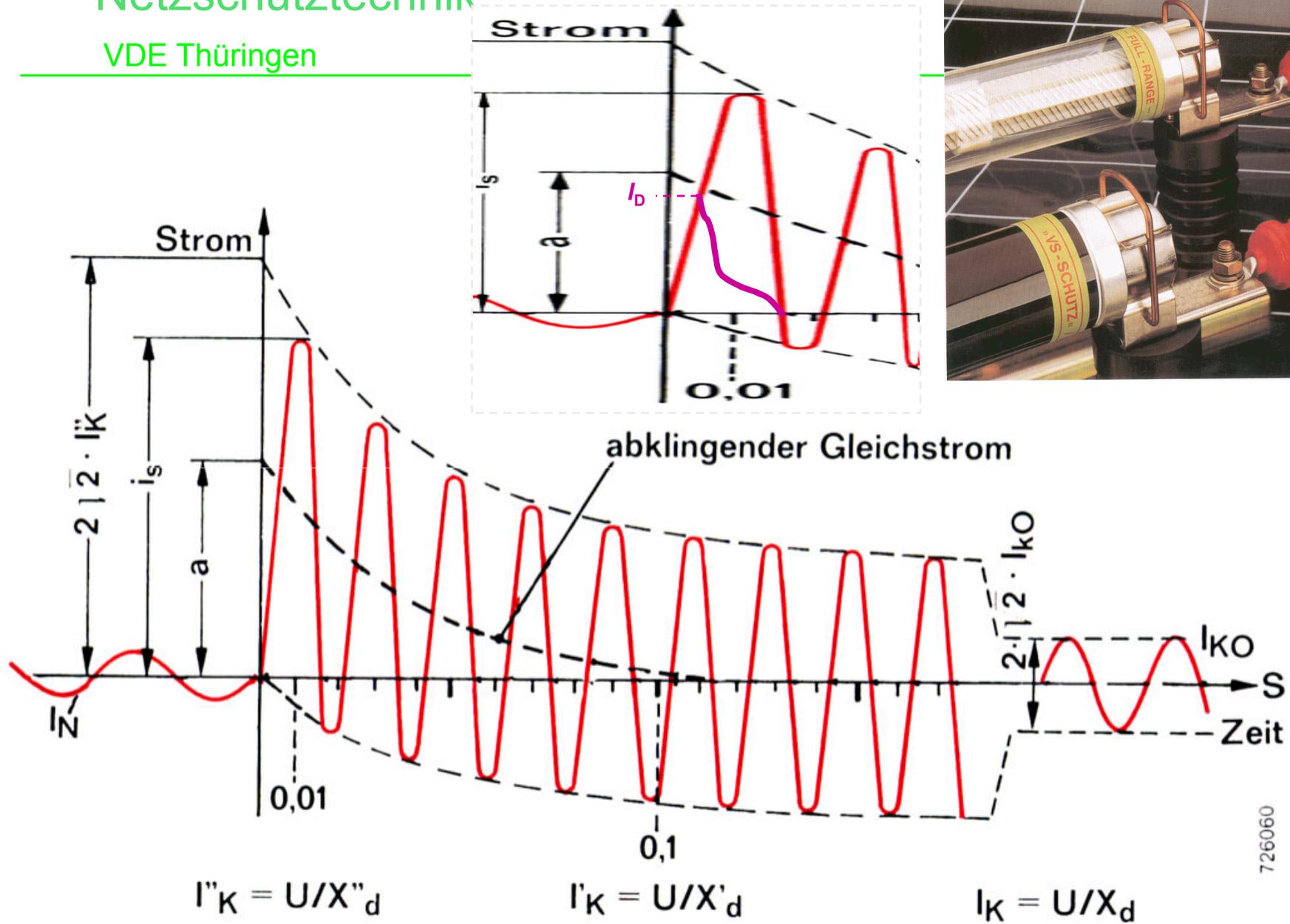
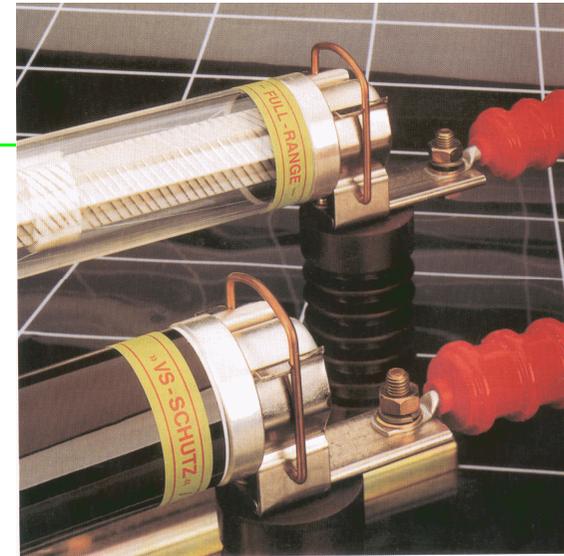
[Scho-Ns]

Sicherung

- preiswerter Kurzschlußschutz
- Einsatzgebiet
 - ON- bzw. Kunden- oder Eigenbedarfs-Trafos
 - Sticheleitungen
- sehr schnell, stoßkurzschlußstrombegrenzend
- aber nur einmalig verwendbar
- bis max. 630 kVA bzw. ca. 100 A

Netzschutztechnik

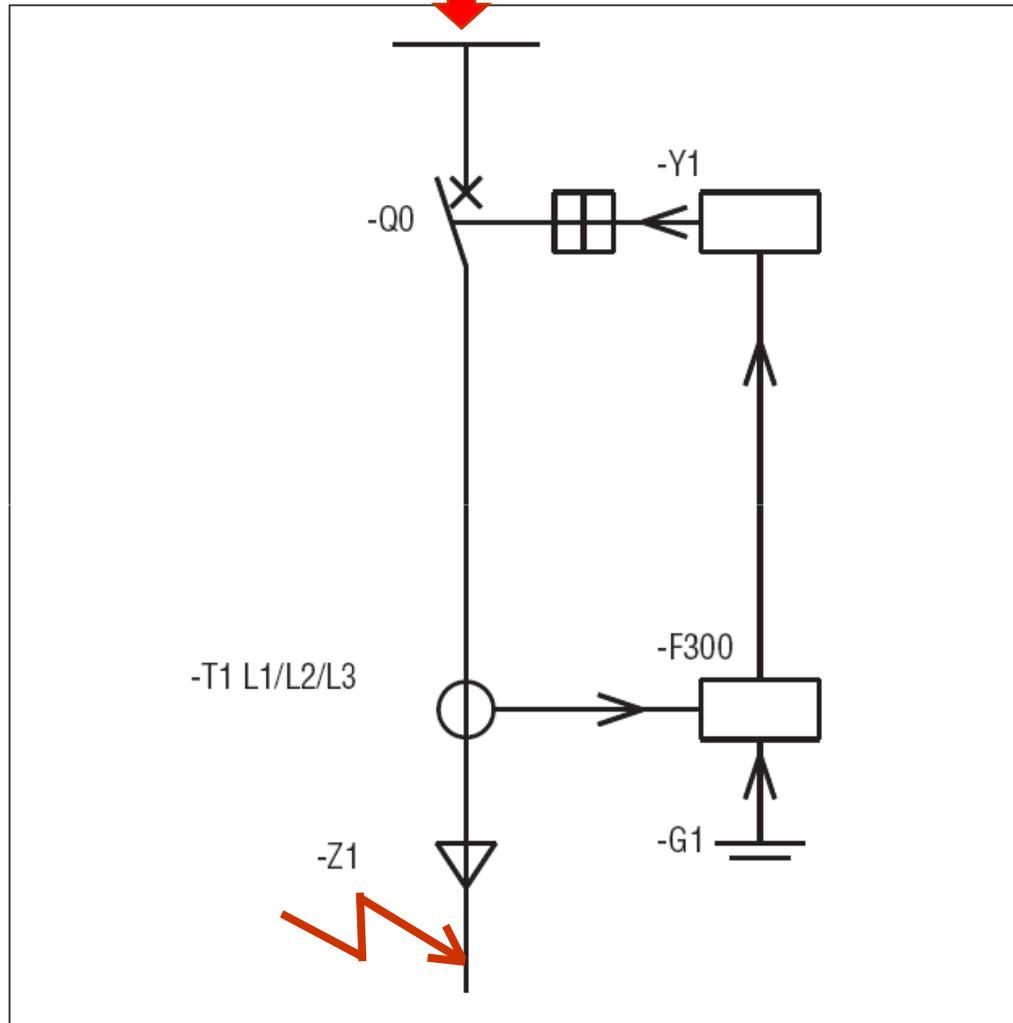
VDE Thüringen



726060

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



- Q0 Leistungsschalter
- T1 Stromwandler
- F300 Schutzrelais
- G1 Batterie
- Z Endverschluss

**Optimale Relaiseinstellung
und
Prüfung**

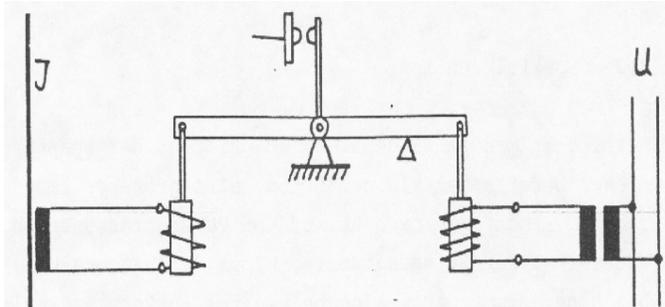
Bild 5-1 Schutzsystem

[Scho-Ns]

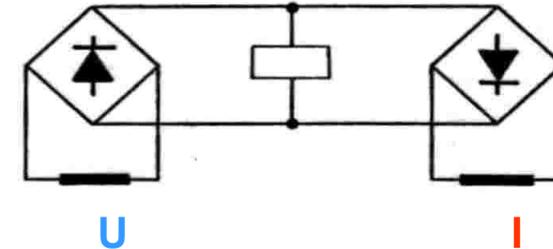
Anforderungen an Schutzsysteme

- **Selektivität:** Erkennen des fehlerbehafteten bzw. gefährdeten Betriebsmittels
- **Schnelligkeit:** Störungsauswirkung, es gilt so schnell wie nötig bzw. techn. möglich; HöS-Netz. 50...120 ms, 110-kV-Netz ≤ 200 ms u. MS-Netz 0,1...1 s üblich
- **Zuverlässigkeit:** Sicherheit gegen:
 - Unterfunktion, d.h. kein Auslösen bei Primärfehler
 - Überfunktion, d.h. Auslösen ohne Primärfehler bzw. Falschauslösung.
- **Empfindlichkeit:** Störfall vom Normalbetrieb bzw. zul. Überlastung unterscheiden können
- **Wirtschaftlichkeit:** Finanzielle Aufwand im Verhältnis Wert und Netzauswirkung

mechanische Waage

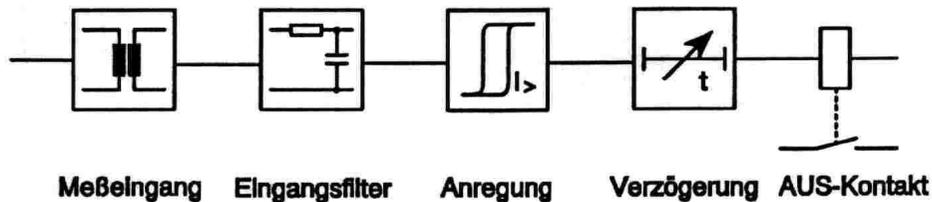


elektrische Waage



Elektromechanischer Schutz 1. Generation

Analogtechnik



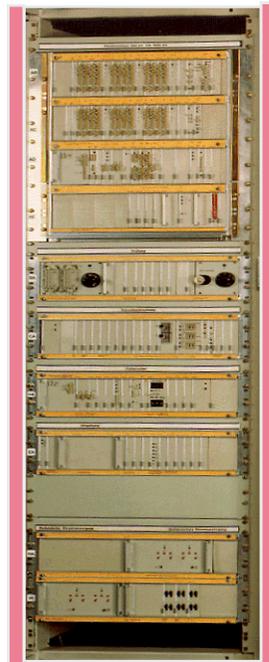
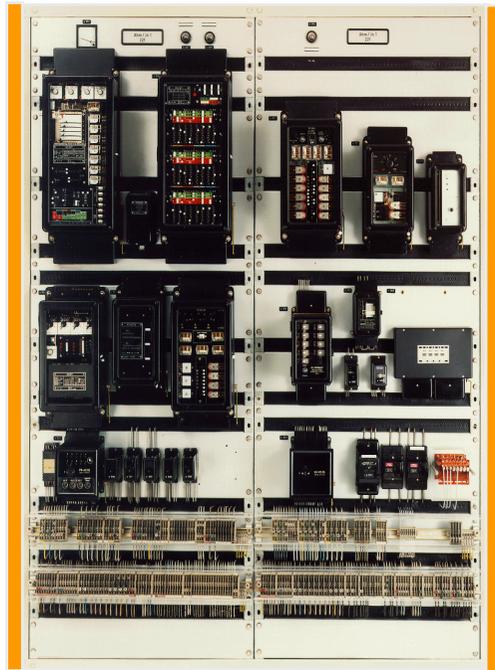
Statischer Schutz 2. Generation

Digitaltechnik

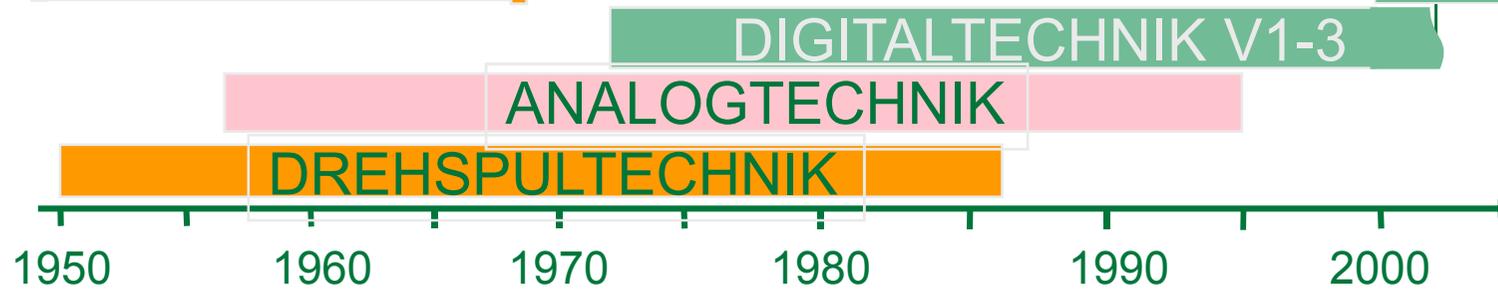
$$u = R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

Digitaler Schutz 3. Generation

Entwicklung der Schutztechnik bei SIEMENS



V4-Reihe



6 Messwandler

Aufgabe

- Umwandlung hoher U - und I -Primärgrößen in Werte, die sich messtechnisch weiterverarbeiten lassen
- galvanische Trennung HS-Pot. zu Mess- und Schutz-einrichtungen

Wandlerarten

- Spannungswandler
- Stromwandler
- Kombi-Wandler

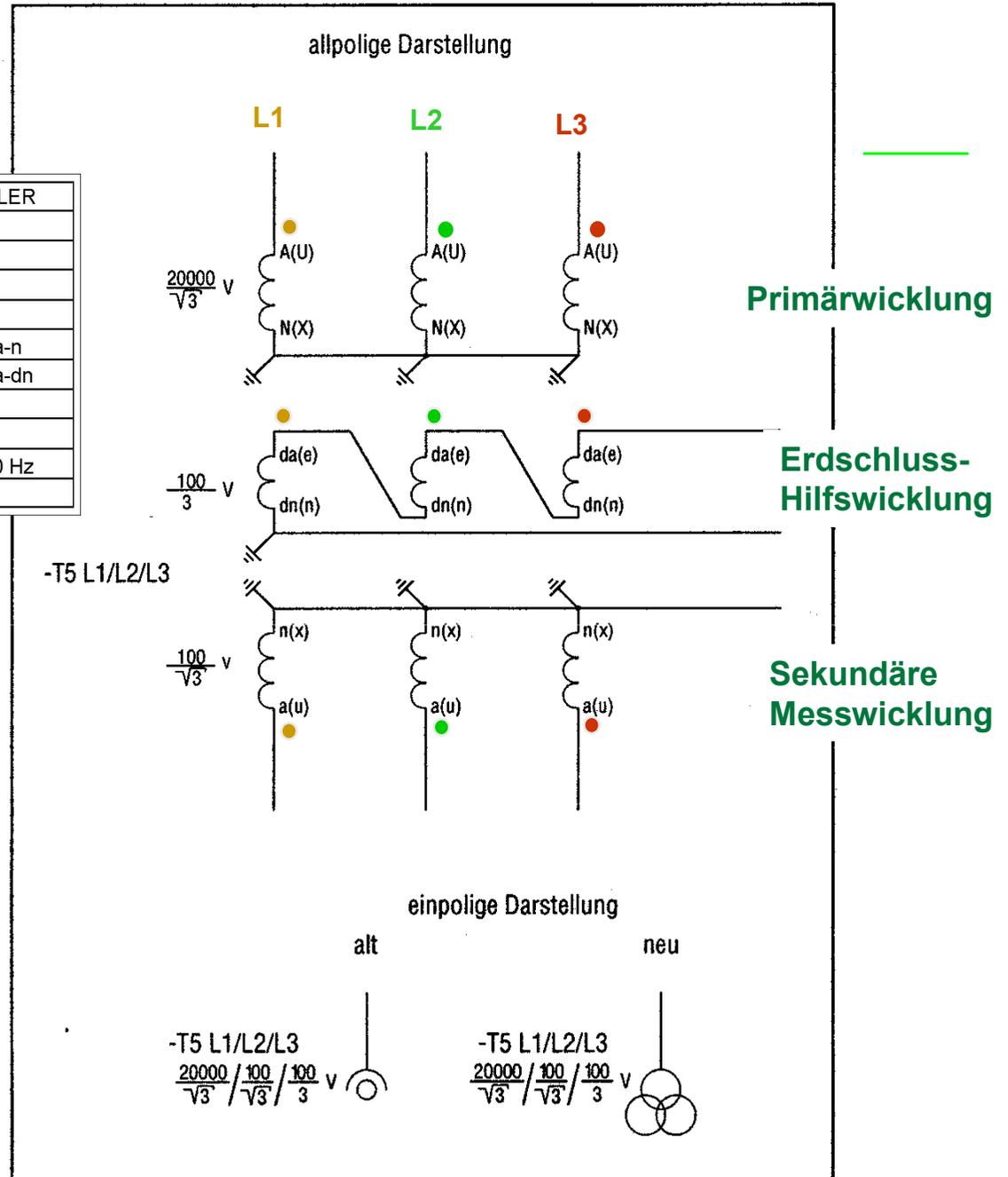
Spannungswandler

- Die Arbeitsweise gleicht einem leistungsmäßig kleinen und in der Übersetzung sehr genauen Trafo
- Netzgröße U von genormten Primär- auf genormte Sek.-Werte (100 bzw. $100/\sqrt{3}$ und $100/3$ V oder 110 V...)
- Klasse
0,2 ; 0,5 und 1 mit 50 oder 100 VA für Messung
1 oder 3P mit 100 VA für Schutz
- Beispiel:
 $20\ 000/\sqrt{3} // 100/\sqrt{3} // 100/3$ V einpol. U-Wdl
VA: 25 | 50; KI: 0,5 | 3 P Messwicklung
25 | 6 P Erdschlußhilfswickl.

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

		SPANNUNGSWANDLER			
		10/ 30685059			
EGSES24D		24/50/125 kV			
24/50/125 kV		20000/√3			
V	VA	KI	VA _{th}		
100/√3	15	0,2	400	a-n	
100/3	30	3P	100	da-dn	
1,9*U _n 8 h		403089	50 Hz		
20.25/79.04		DIN EN 60044-2			



[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Nach DIN VDE 0414 muss ein Wandler 8 h $1,9 U_n$ ($1,1 \cdot \sqrt{3} U_n$) im Erdschlussfall vertragen.

$$R = \frac{100V}{5,7A} = 17,5\Omega$$

$$R = \frac{110V}{5,7A} = 19,2\Omega$$

Bemessung des Kippschwingungsdämpfers
22 bis $25 \Omega \pm 10 \%$ und 600 W



RITZ Messwandler Dresden GmbH
Bergener Ring 65/67 01458 Ottendorf Okrilla



RITZ		SPANNUNGSWANDLER		
GSZS12		02/ 30132933		
7.2/20/80 kV		6000 V		
V	VA	KI	VA*	
100	120	1	400	a-b
480122A		E	50 Hz	
DIN VDE 0414				

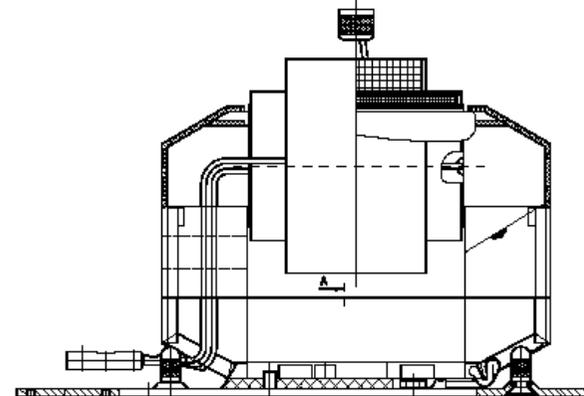
RITZ		SPANNUNGSWANDLER		
EGSES24D		10/ 30685059		
24/50/125 kV		20000/ $\sqrt{3}$		
V	VA	KI	VA _{th}	
100/ $\sqrt{3}$	15	0,2	400	a-n
100/3	30	3P	100	da-dn
1,9*Un 8 h		403089	50 Hz	
20.25/79.04		DIN EN 60044-2		

Nennspannung:

100 VA 100/3 V ergibt: 3A 11.11 Ω

Erdschlussfall: $1,9 \cdot U_n$

11.11 Ω $1,9 \cdot 100V / 3$ ergibt: 5.7 A 361 VA



Stromwandler

- Netzgröße I von genormten Primär- auf genormte Sek.-Werte (5 A bzw. neuerdings verstärkt 1 A)
- $I > I_{\text{nom Wdl}} \times \text{Genauigkeitsgrenzfaktor}$, geht Wdl in die Sättigung, sek. Fehler von -10%
- Mess- und Schutzkern
- Typische Wandlerdaten:
 - 0,5FS5 5 VA 5 oder 1 A für Messzwecke
 - 5P10 30 VA 5 oder 1 A für elektrom. Schutz
 - 5P20 5 VA 1 A für digitalen Schutz
 - TPZ 5 W $\pm 1\% + 180' \pm 10\%$ 50 ms 1 A dig. HS

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Beispiele:

4x200/1/1/1 A prim. umschaltbar auf 200, 400 o. 800 A;
400-200/1 A sek. umschaltbar (Anzapfung, z.B. in GIS)

Messkern:

5 VA Bemessungsleistung bei $\cos \beta = 0,8$
Kl. 0,5 Genauigkeitsklasse
ext. 200 % erweiterter Messbereich
FS10 Überstrom-Begrenzungsfaktor (alte
Bezeichnung M10, Measuring)
S Zulassungszeichen zur Eichung für
Verrechnung

Schutzkern:

5P Genauigkeitsklasse
20 Genauigkeitsgrenzfaktor
G Dauerbelastbarkeit 200 %
(Großbereichswdl.; g 20 %)

Schutzkern:

5P Genauigkeitsklasse
20 Genauigkeitsgrenzfaktor
G Dauerbelastbarkeit 200 %
(Großbereichswdl.; g 20 %)

TPZ Linearkern (Transient Performance)
5 W Bemessungsleistung bei $\cos \beta = 1,0$
 $\pm 1\%$ Stromfehler F_i
 $+ 180' \pm 10 \%$ Fehlwinkel δ_i
50 ms Nenn-Netzzeitkonstante T_{nN}

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

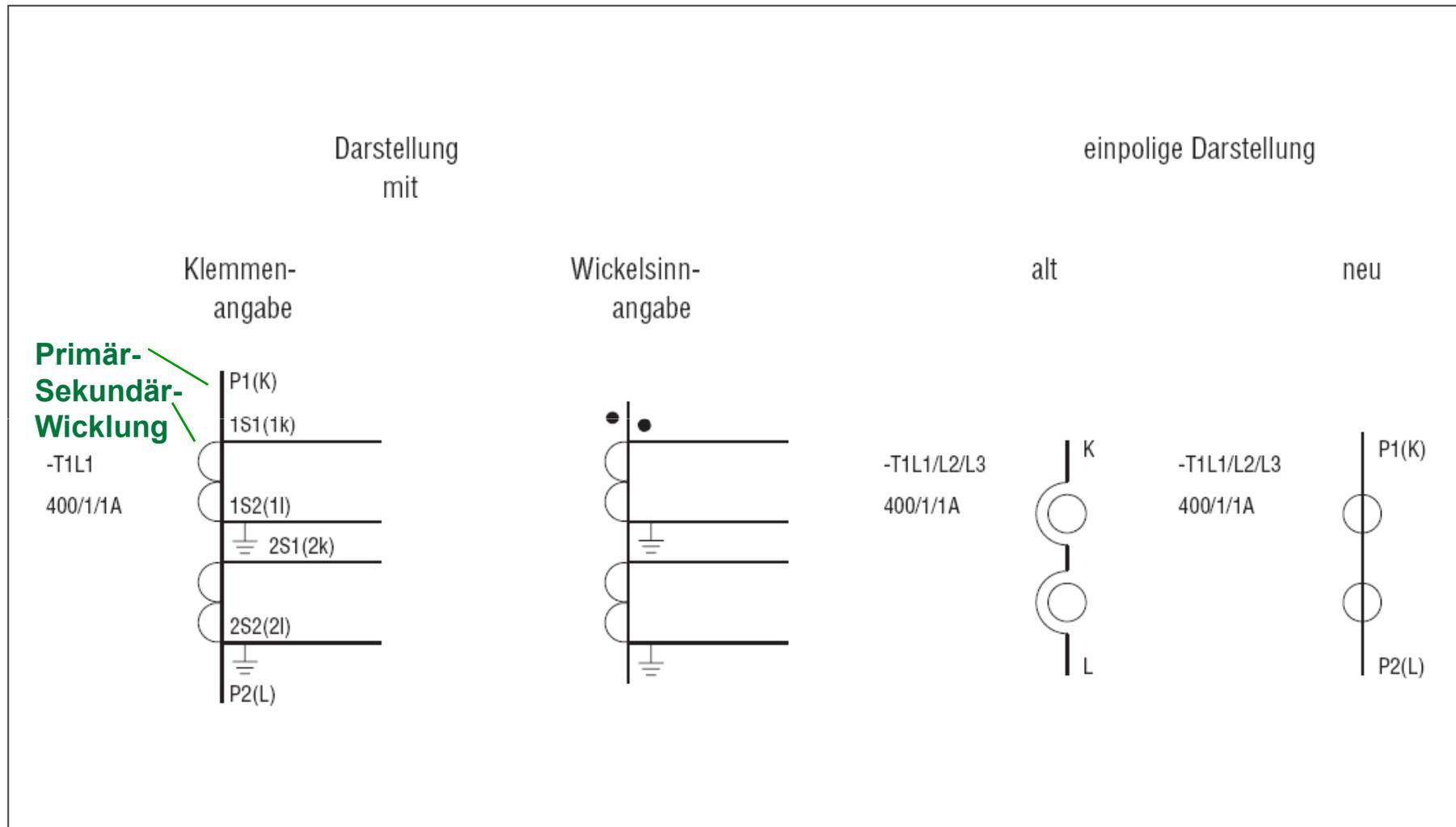


Bild 6-2 Schaltbild eines Zweikern-Stromwandlers bzw. Wandleratzes

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

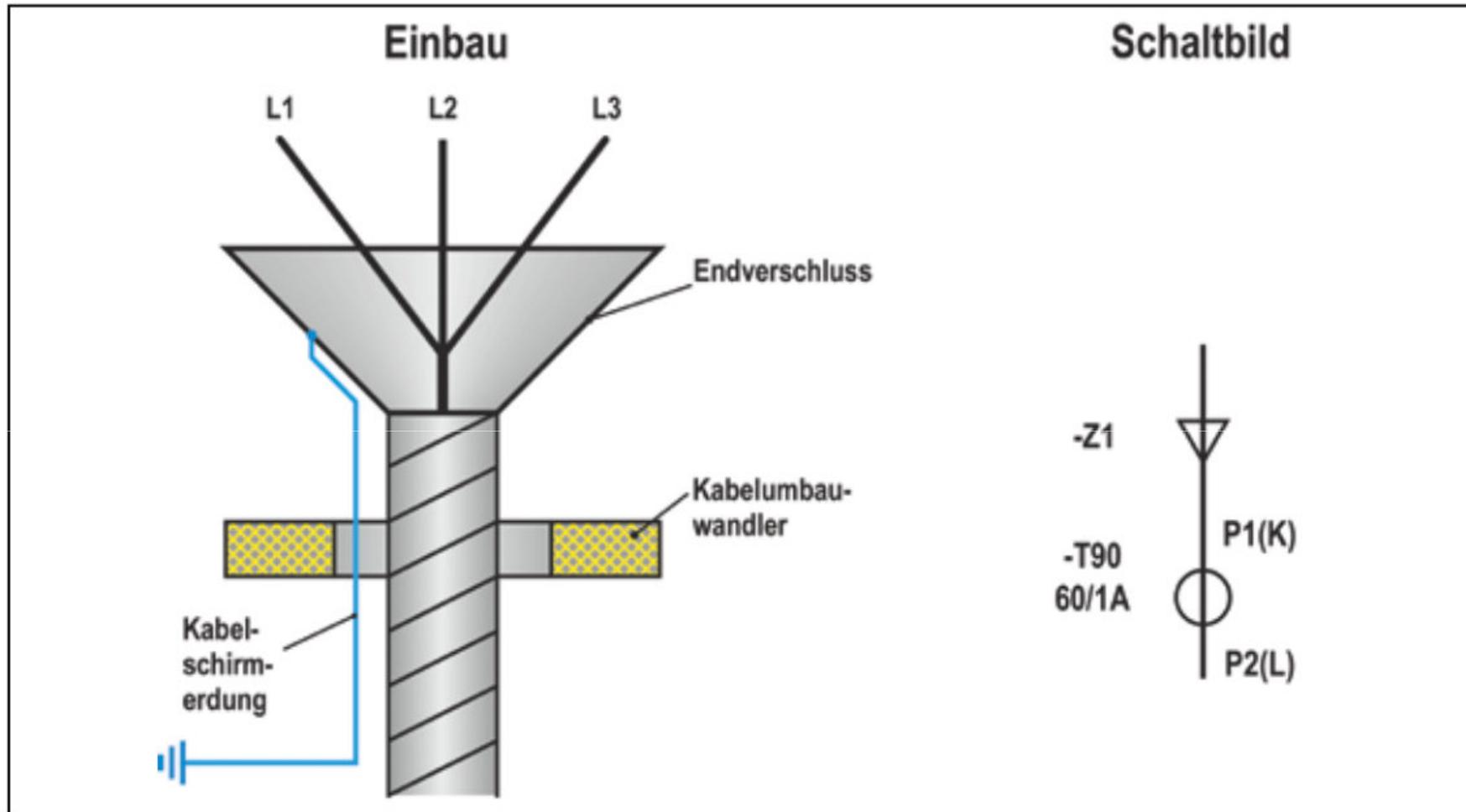


Bild 6-3 Kabelumbauwandler

[Scho-Ns]

Leitungsschutz

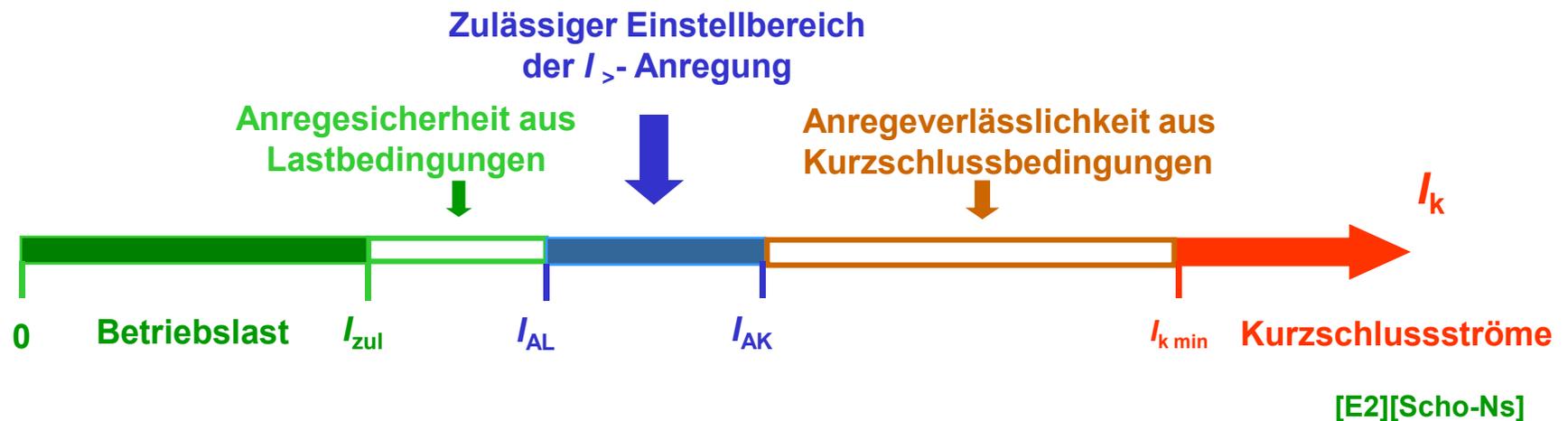
- Leitungsschutz wird als **KS-Schutz** ausgelegt, d.h. er stellt in der Regel kein Schutz gegen Überlast dar
- **Anregewert** muss über maximal zu erwartenden Belastungsstrom ($I_{Lo\ max}$) liegen und wiederum so tief sein, dass im Fehlerfall dieser Wert auch erreicht wird
- Für **oberen Wert** gilt minimal zu erwartender KS-Strom; beim generatorfernen Fehler (für den Netzfehler allg. zutreffend) ist dies der zweipolige KS

$$I_{kmin} = U_N / 2Z$$

- Bei **unterer Grenze** ist das Rückgangsverhältnis (elektromech. Relais etwa 0,85) zu beachten
- Berücksichtigung von **Sicherheitsfaktoren**

Zuverlässigkeit der Schutzanregung ist sowohl die Eigenschaft

- sicher gegen Falschanregungen im störungsfreien Betrieb zu sein (**Anregesicherheit**)
- als auch bei Kurzschlüssen auf den zu schützenden Selektionsabschnitten verlässlich anzuregen (**Anregeverlässlichkeit**)



Anregesicherheit im Lastbereich (kleinster zul. Ansprechwert I_{AL})

$$I_{AL} = \frac{I_{zul} \cdot f_{\ddot{U}L} \cdot f_{transient}}{f_M \cdot R_V \cdot f_S}$$

- $f_{\ddot{U}L}$ Überlastfaktor, max. Betriebsstrom im gestörten Netzbetrieb bezogen auf I_{zul}
- f_M max. Messfehler Schutzeinrichtung einschl. Wandler $f_M = 0,9$
- f_S Sicherheitsfaktor (üblicher Wert $f_S = 0,9$)
- $f_{transient}$ Faktor transiente Übergänge, wie Anlaufströme von Motoren (nur erforderlich, wenn sie über t_e andauern, sonst = 1)
- R_V Rückfallverhältnis der Schutzanregung, elektromech.: 0,8...0,85; digital: 0,95
- I_{zul} zulässige Dauerbelastbarkeit der zu schützenden Betriebsmittel [E2]

Anregesicherheitsfaktor f_{AS} für Lastbedingungen

$$f_{AS} = \frac{f_{\text{ÜL}} \cdot f_{\text{transient}}}{f_M \cdot R_V \cdot f_S}$$

$$I_{AL} = f_{AS} \cdot I_{zul}$$

Anwendungsbeispiel	Einfachleitung Schutz digital	Doppelleitung Schutz digital	Doppelleitung Schutz elektromech.
Anregesicherheitsfaktor f_{AS}	$\geq 1,4$	$\geq 1,7$	≥ 2
Überlastfaktor $f_{\text{ÜL}}$	1,25	1,5	1,5
Rückfallverhältnis Anregung R_V	0,95	0,95	0,80
Transientenfaktor $f_{\text{transient}}$	1	1	1

[E2][Scho-Ns]

Anregeverlässlichkeit f_{AV-I} bei Kurzschlüssen $f_{AV-I} = \frac{I_{kmin}}{I_A}$

	Hauptschutz		Reserveschutz
Anregeverlässlichkeitsfaktor f_{AV-I}	$\geq 1,5$	$\geq 1,8$	$\geq 1,3$
Genauigkeit der Impedanzwerte	$\pm 5 \%$	$\pm 10 \%$	$\pm 10 \%$
Anregemessfehler	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$
Spannungsbeiwert c	1,0	1,0	1,0
Reglerstellung des Transformators	Mittelstellung	Mittelstellung	Mittelstellung
Lichtbogeneinfluss	berücksichtigt	vernachlässigt	vernachlässigt
Anmerkung: <i>Wandlerfehler sind in den angegebenen Werten enthalten</i>			[E2][Scho-Ns]

Einstellempfehlung für Leitungsschutz

Überstromanregung

$$I_A = 1,6 I_{Wdl}$$

Beispiel:

NA2XS(F)2Y 3x1x150mm² °° $I_{th} = 280 \text{ A}$, Wandler 300/1 A

Doppelleitung Anregesicherheitsfaktor $f_{AS} = 1,7$

$$I_A = 1,7 I_{th} = 1,7 * 280 \text{ A} = 476 \text{ A} \quad \text{gewählt: } 480/1,6 \text{ A}$$

d.h. bei Anregeverlässlichkeit $f_{AV} \geq 1,8$ muss

$$I_{kmin} \geq 1,8 * 480 \text{ A} = 864 \text{ A} \text{ sein}$$

und

$\Delta t = 0,4 \text{ s}$ bei elektromechanischen Relais bzw.

$\Delta t = 0,3 \text{ s}$ bei digitalem Schutz

Sind ältere Leistungsschalter im Einsatz, wird ein Δt von 0,5 bzw. 0,4 s berücksichtigt

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Tabelle 5-2 Zulässige Fehlerklärungszeiten im 110-kV- und MS-Netz

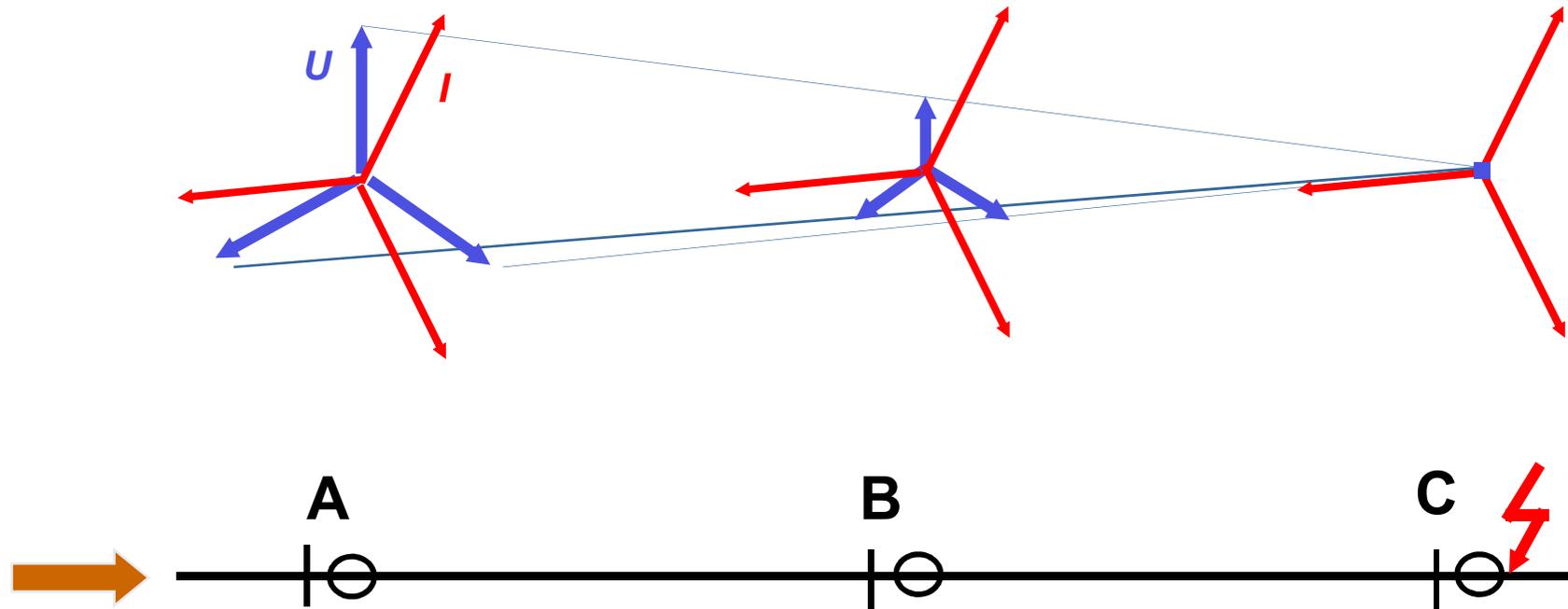
Schutzbereich		Haupt-schutz	Reserve-schutz	Schalerver-sagerschutz
110-kV-Leitung und -Anlage		120 ms / 400 ms *	2 s **	
110-kV-SF ₆ -Anlage ***	< 40 kA	0,2 s	0,5 s	
	≥ 40 kA	0,1 s	0,3 s	
MS-Leitung und -Anlage		1 s	2 s	
110-kV-/MS-Trafo		150 ms	2 s ***	300 ms
MS-/0,4-kV-Trafo		300 ms	2 s	

* zur Überstaffelung von Kupplungen kann 600 ms erforderlich sein

** durch Laufzeitadditionen kann diese überschritten werden

*** soweit nicht anders vereinbart

[E2][E37][Scho-Ns]



Zeigerdiagramm für Strom und Spannung bei dreipol. Kurzschluss

Verhalten von U und I bei Kurzschluss

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

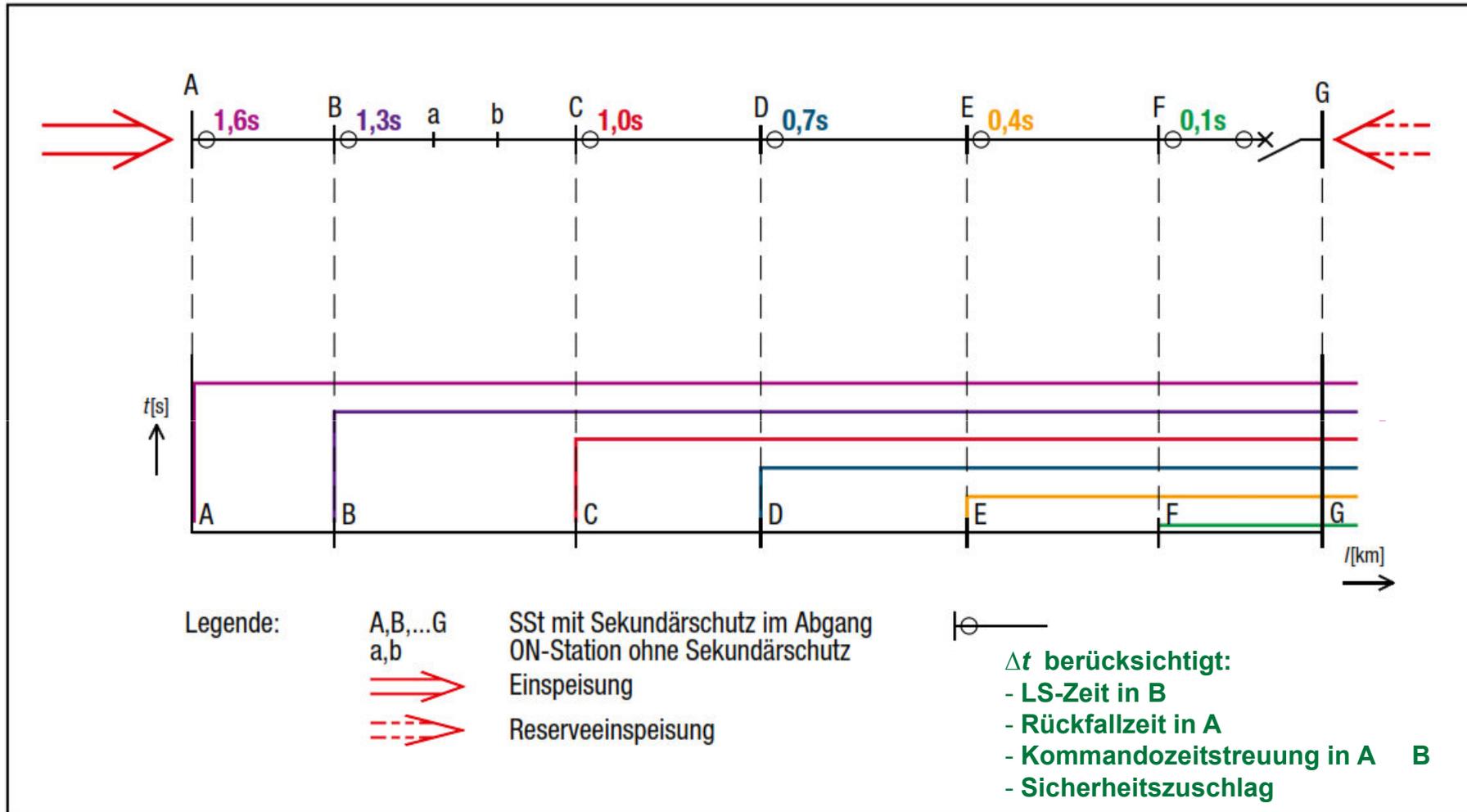


Bild 7-2 Staffelplan Überstromzeitschutz

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

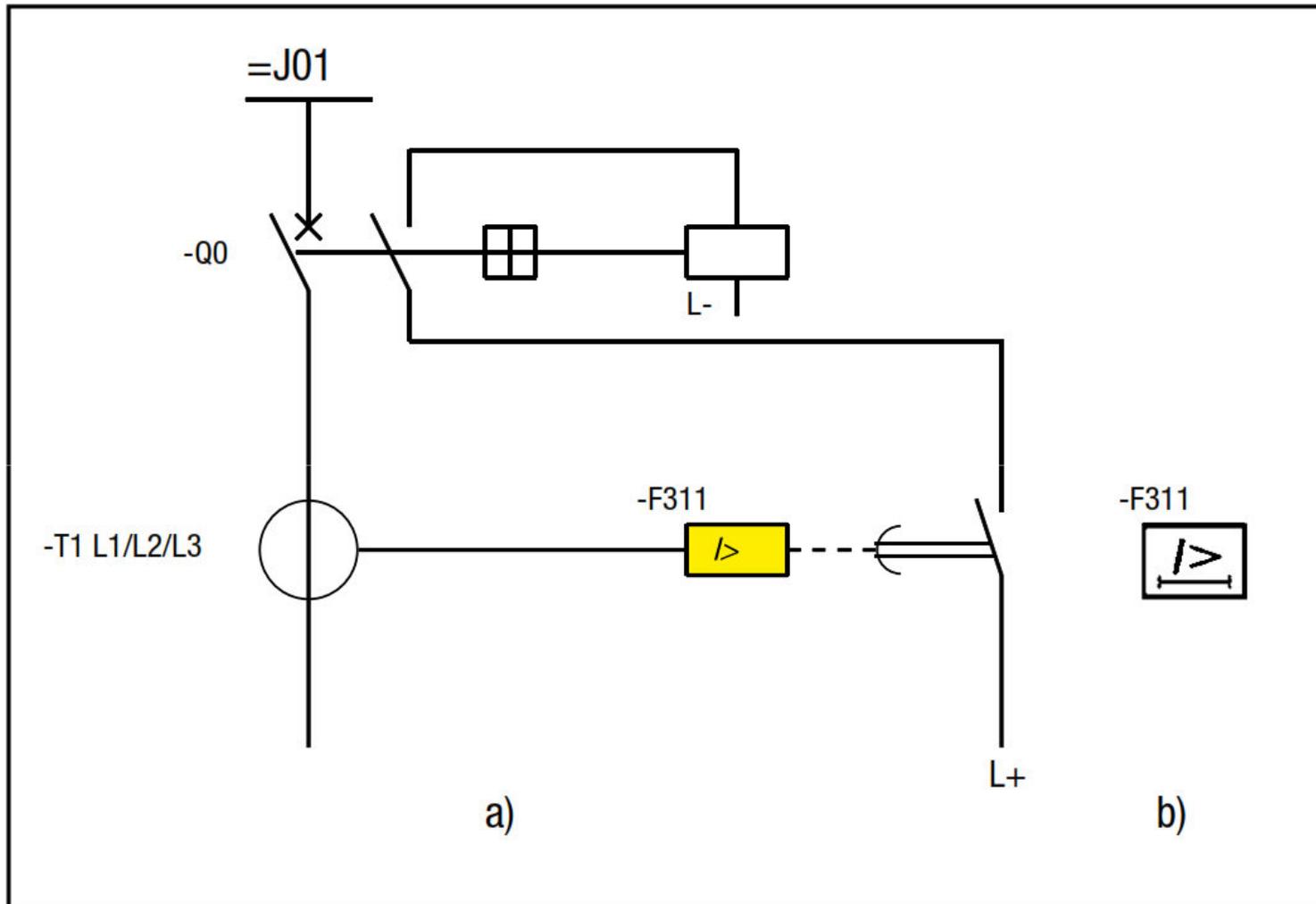


Bild 7-1 Überstromzeitschutz / a) Schaltbild / b) Schaltzeichen

Scho-Ns]

Umrechnung der prim. Ansprechwerte auf im Relais einzustellende Sekundärwerte:

$$I_{A\text{sek}} = \frac{I_{A\text{prim}}}{k_{I\text{Wdl}}}$$

Beispiel:

Stromwandler 200/5 A

primärseitiger Anregewert 320 A

$$I_{A\text{sek}} = \frac{320\text{A}}{200/5} = 8\text{A}$$

übliche Angabe: $I_A = 320/8 \text{ A}$

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



Gründe für Fehlerklärungszeit $t_{\max} = 1 \text{ s}$ im MS-Netz:

- PEHLA-Richtlinie, IEC 62271-200 / VDE 0671-200
- VDE 0101
- EN 50160
- zul. Belastung der Kabelmäntel
- Kurzschlussfestigkeit der Betriebsmittel
- Versorgungsunterbrechung
- EN 50341-1 (DIN VDE 0210-1)

Bei den geforderten Fehlerabschaltzeiten muss unterschieden werden zwischen:

- Bemessungs-Kurzzeitstrom I_k ; Bemessungs-Kurzdauer t_k ;
z.B. $I_k=16 \text{ kA}$; $t_k= 3 \text{ s}$
- Störlichtbogenqualifikation IAC AFL (Internal Arc Classified - IAC)
 - Werte sind auf dem Typenschild anzugeben
z.B. IAC AFL 16 kA 1 s

Bedeutung IAC AFLR

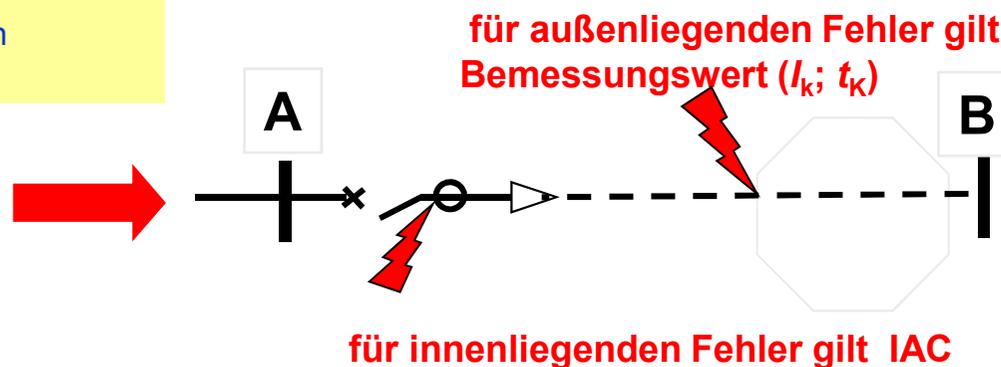
Zugänglichkeit für:

A- nur für befugtes Personal

F- für die Vorderseite

L- für die Seitenflächen

R- für die Rückseite



[E37]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



a)



d)



c)



d)



e)

Bild 7-3 Digitaler Überstromzeitschutz
a) REF610, ABB
b) P130C, Schneider Electric Energy
c) DS6-1, Sprecher Automation
d) MRI4, Woodward
e) 7SJ80, SIEMENS

[Scho-Ns]

Tabelle 7-5 Typisches Sortiment Überstromzeitschutz

Hersteller	elektro- mechanisch	statisch	digital
ABB	JSM21	IKT943	REF610
AEG/ALSTOM/AREVA/SEE	RSZ3gk	RSZ3n/s	P122C
EAW/Sprecher Automation	RSZ3f2	012	DS6-1
SEG/Woodward			MRI4
SIEMENS	R3As52	7SJ7	7SJ80

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

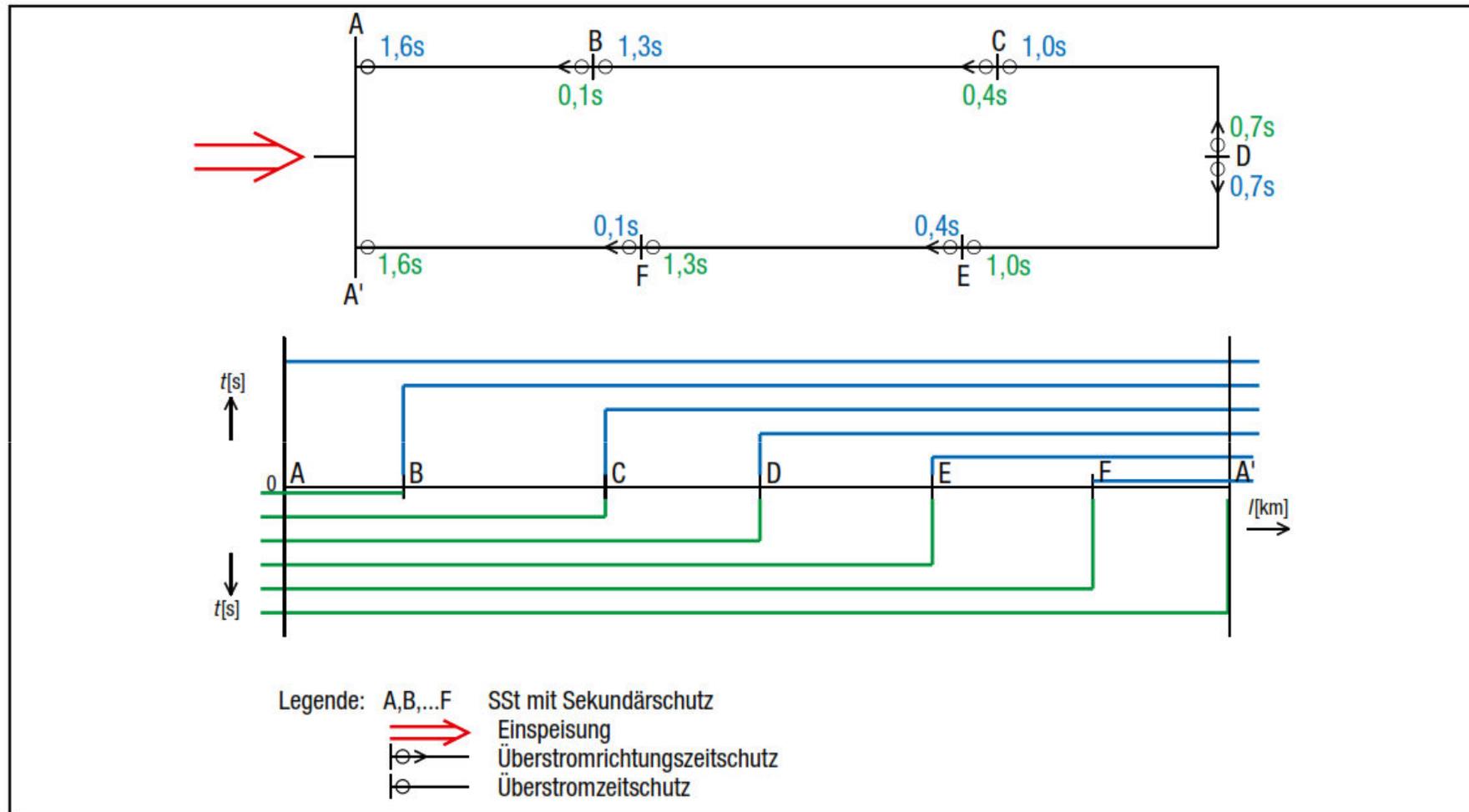


Bild 7-5 Staffelplan Überstromrichtungszeitschutz

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

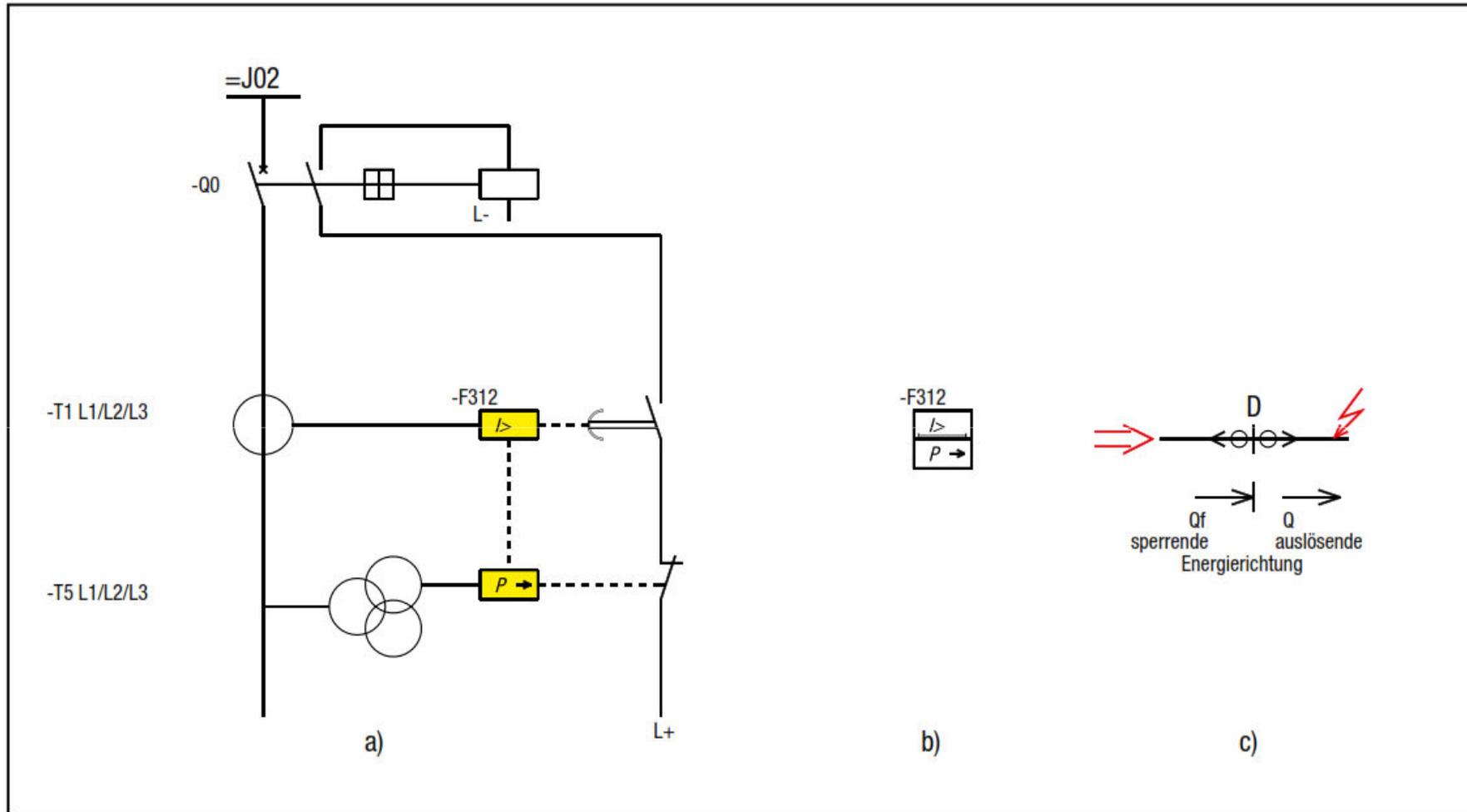


Bild 7-4 Überstromrichtungszeitschutz / a) Schaltbild / b) Schaltzeichen / c) Funktion des Richtungsgliedes

[Scho-Ns]

Elektromechanischer Schutz

Bei Nahfehler (F2) tritt infolge fehlender Spannung für den Richtungsentscheid „tote Zone“ auf.

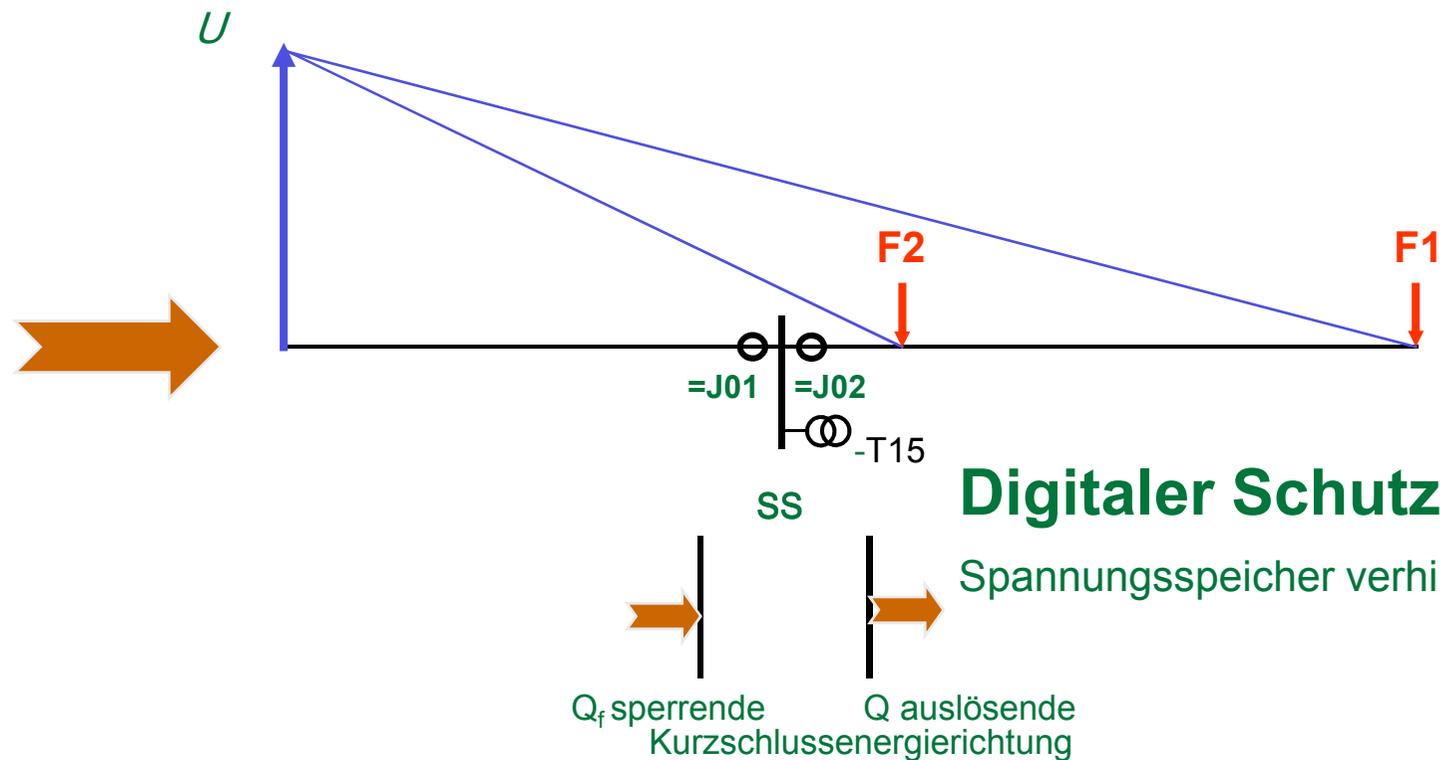


Tabelle 7-6 Typisches Sortiment Überstromrichtungs-(Zeit-)Schutz

Hersteller	elektro- mechanisch	statisch	digital
ABB		IKT943 + RMX913	REF615
AEG/ALSTOM/AREVA/SEE	RRSw	SMR201	P132
EAW/Sprecher Automation	RSRw5	031	DSRE6-1
SEG/Woodward		MRA4	
SIEMENS	R3AW12	7SJ7 + 7SP20	7SJ80

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Bild 7-6

Digitaler Überstromrichtungszeitschutz

a) REF615, ABB

b) P132C, Schneider Electric Energy

c) DSRE6-1, Sprecher Automation

d) MRA4, Woodward

e) 7SJ80, SIEMENS



a)



b)



c)



d)



e)

[Scho-Ns]

Distanzschutz

Stufenzeiten: 0,1 / 0,5 / 0,9 s ... bzw. 0 / 0,4 / 0,7 s ...

- die Endzeit t_e normalerweise \rightarrow und Grenzzeit $t_g \leftrightarrow$
- im Einspeisepunkt (z.B. MS-Abg. im UW) $t_e = t_g \leftrightarrow$
- Reserveschutz sollte unter der Endzeit wirken

Impedanzkennlinien: Sicherheitsabstand berücksichtigt

- die Abbildtreue der Strom- und Spannungswandler,
- den Messfehler der Schutzeinrichtungen sowie
- einer Ungenauigkeit der Leitungsimpedanzen bis 5%

Staffelungsfaktor: $f_S = X_{Zone} / X_{zu \text{ überstaffelnde Impedanz}} = 0,85$

Strahlennetze:

$$X_1 = 0,85 X_{AB}$$

$$X_2 = 0,85 X_{AB} + 0,72 X_{BC} \text{ (BC ist die kürzeste von B abgehende Leitung)}$$

$$X_3 = 0,85 X_{AB} + 0,72 X_{BC} + 0,61 X_{CD} \text{ (BC und CD sind die kürzesten von B und C abgehenden Ltg-en)}$$

$$X_{\ddot{U}} = 1,25 X_{AB}$$

Maschennetze:

$$X_1 = 0,85 X_{AB}$$

$$X_2 \geq 1,25 X_{AB}$$

$$X_3 \geq 1,25 (X_{AB} + X_{BC}) \text{ (BC ist die längste von B abgehende Leitung)}$$

$$X_{\ddot{U}} = 1,25 X_{AB} \text{ bei Einfachleitungen}$$

$$X_{\ddot{U}} = 1,35 X_{AB} \text{ bei Mehrfachleitungen}$$

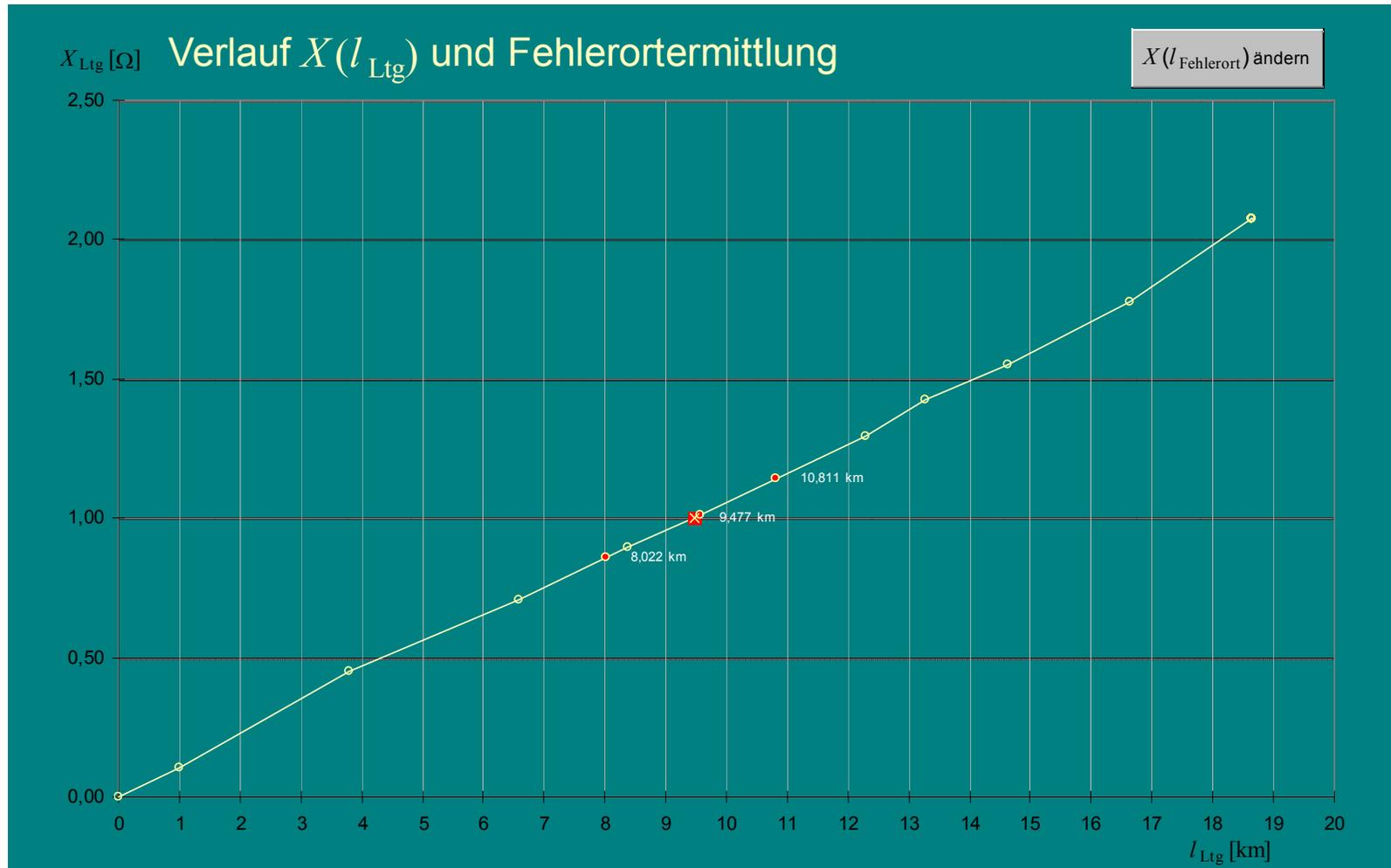
Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Berechnung von Leitungsimpedanzen

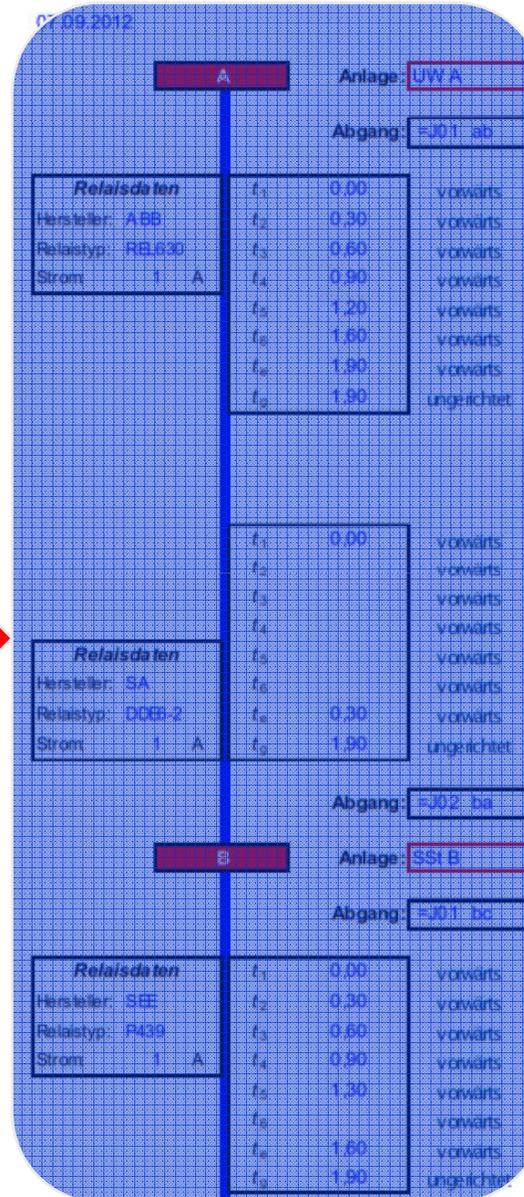
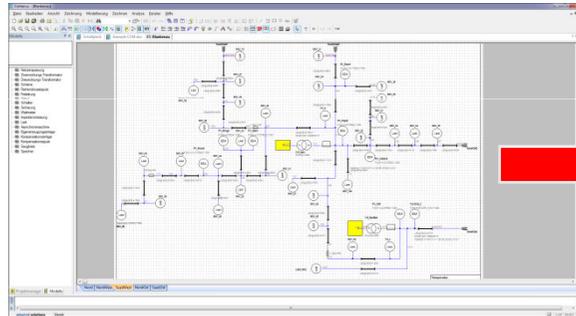
Nr.	von Knoten		nach Knoten		Kabel / Freitg. Typ oder Bezeichnung	U_{nom} [kV]	Kabel		Freileitung Art	A [mm ²]	l [km]	R' [Ω/km]	X' [Ω/km]	R_{Ltg} [Ω]	X_{Ltg} [Ω]	Z_{Ltg} [Ω]	X_{kum} [Ω]	$X_{kumRü}$ [Ω]
	Bezeichnung	Nr.	Bezeichnung	Nr.			Schl.-Nr.	A [mm ²]										
1.	Amselstraße	001	Buchfinkweg	002		30	715	500			1,000	0,061	0,107	0,061	0,107	0,123	0,11	2,08
2.	Buchfinkweg	002	Drimsehweg	003		30	715	185			2,700	0,161	0,122	0,451	0,342	0,566	0,45	1,97
3.	Drimsehweg	003	Entendasse	004		30	225	500			2,700	0,037	0,093	0,103	0,259	0,278	0,71	1,63
4.	Entendasse	004	Fabianhof	005		30	225	185			1,800	0,097	0,106	0,175	0,191	0,259	0,90	1,37
5.	Fabianhof	005	Ganssmarkt	006		30	225	500			1,200	0,037	0,093	0,044	0,112	0,120	1,01	1,18
6.											2,700	0,097	0,106	0,262	0,286	0,388	1,30	1,07
7.											1,000	1,170	0,129	1,170	0,129	1,177	1,42	0,78
8.											1,350	0,037	0,093	0,050	0,126	0,135	1,55	0,65
9.											2,000	0,097	0,114	0,194	0,228	0,299	1,78	0,53
10.											2,000	0,641	0,149	1,282	0,298	1,316	2,08	0,30
11.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
12.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
13.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
14.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
15.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
16.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
17.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
18.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
19.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
20.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
21.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
22.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
23.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
24.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
25.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
26.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
27.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
28.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
29.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
30.											0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,08	0,00
		Gesamtstrecke						10 Teilabschnitte		$\sum l_{Ltg}$ [km]		$\sum R_{Ltg}$ [Ω]	$\sum X_{Ltg}$ [Ω]	$\sum Z_{Ltg}$ [Ω]				
von Knoten		nach Knoten								18,630		3,792	2,076	4,661				
Amselstraße		Zeisigweg																

Programm Impedanzermittlung MS-Leitungen RX_Werte.xls [Scho-Ns]



Bearbeiter: M. Weber

07.09.2012



Anlage: UWA

Abgang: =J01 ab

Relaisdaten			
Hersteller: ABB	t_{11}	0,00	vowarts
Relaisstyp: RB.630	t_{12}	0,30	vowarts
Strom: 1 A	t_{13}	0,60	vowarts
	t_{14}	0,90	vowarts
	t_{15}	1,20	vowarts
	t_{16}	1,60	vowarts
	t_{17}	1,90	vowarts
	t_{18}	1,90	ungeichtet

Spannungswandler		
20.000 V	100 V	V
Stromwandler		
400 A	1 A	A
* I_{nom}	Überstromanregung	
1,2	480 A	1,2 A
Ansprechwert Erdschluss		
30	mA	

$R_{AB} = R_{BA}$	$X_{AB} = X_{BA}$	$Z_{AB} = Z_{BA}$	$l_{AB} = l_{BA}$
0,184 Ω	0,100 Ω	0,209 Ω	0,910 km

Abgang: =J02 ba

Anlage: SSB

Abgang: =J01 bc

Relaisdaten			
Hersteller: SA	t_{11}	0,00	vowarts
Relaisstyp: DCC-2	t_{12}	0,30	vowarts
Strom: 1 A	t_{13}	0,60	vowarts
	t_{14}	0,90	vowarts
	t_{15}	1,20	vowarts
	t_{16}	1,60	vowarts
	t_{17}	1,90	vowarts
	t_{18}	1,90	ungeichtet

Spannungswandler		
20.000 V	100 V	V
Stromwandler		
300 A	1 A	A
* I_{nom}	Überstromanregung	
1,6	480 A	1,6 A

Kennlinie: 2012.02

Kennlinie: 2011.03

Spannungswandler		
20.000 V	100 V	V
Stromwandler		
300 A	1 A	A
* I_{nom}	Überstromanregung	
1,6	480 A	1,6 A

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

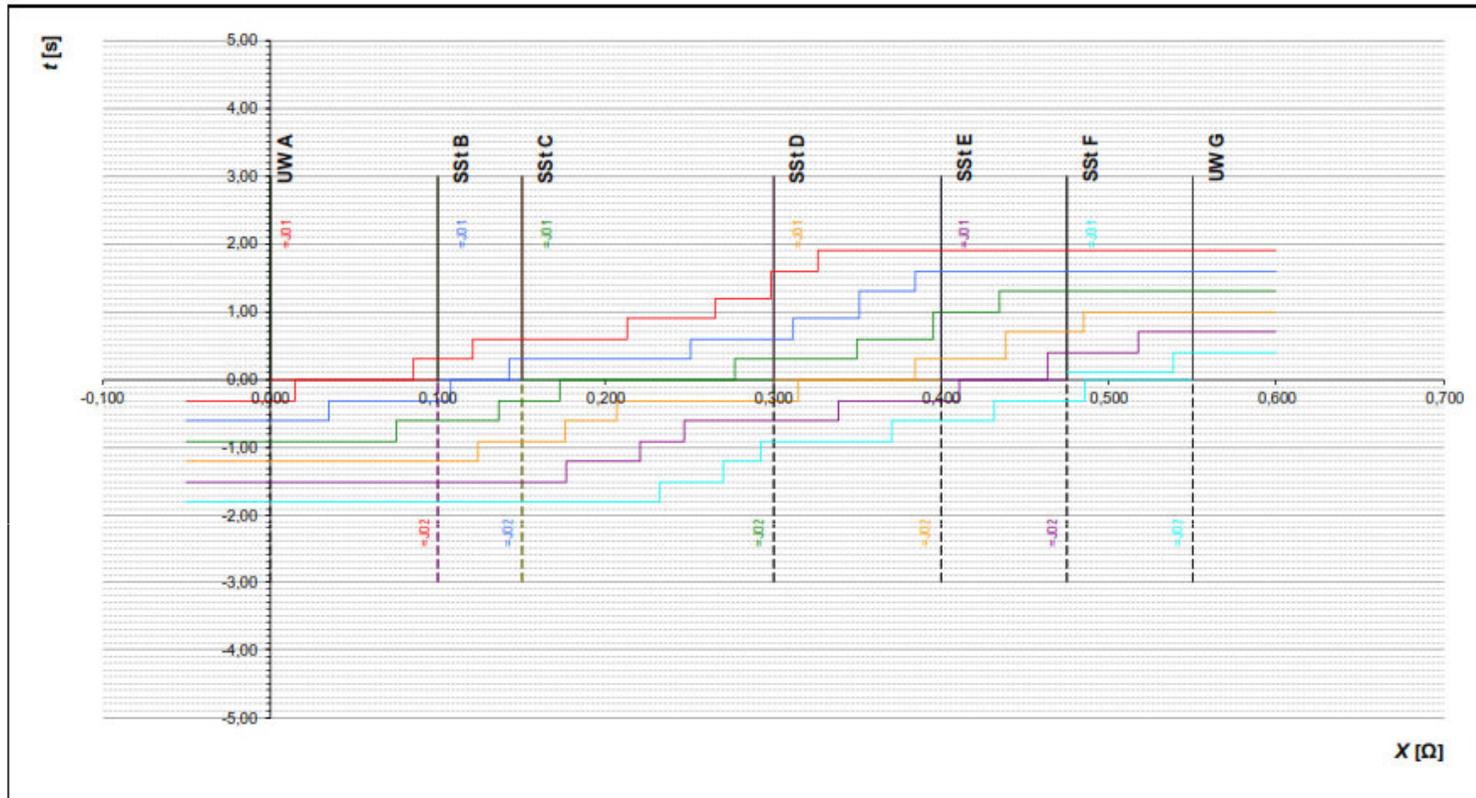
EW Medien und Kongresse		Relaisstellblatt					
erstellt am		07.09.2012		durch		M. Weber	
Anlage:		UWA		Abgang:		=J01 ab	
Relaisdaten							
Hersteller:		SA		Typ:		DDE6-2	
Fabriknummer:		100		Nennstrom:		1 A	
Spannung:		100 V		Hilfsspannung:		VDC	
Erdfaktor:		1		Version:		Firmware:	
Anfangsdaten							
Spannungswandler		prim	20.000	V	sek	100	V
Stromwandler		prim	400	A	sek	1	A
Kabelumbauwandler		prim	60	A	sek	1	A
				Verh. KUW / W		0,15	
Überstromregung							
I> Distanz		1,2	*I _{nom}	prim	480	A	sek
Ie> Distanz/Not-UMZ		0,4	*I _{nom}	prim	160	A	sek
I> Not-UMZ		1,2	*I _{nom}	prim	480	A	sek
I>> Not-UMZ		2,4	*I _{nom}	prim	960	A	sek
Leitungsdaten							
R _{ÜB0}		Ω	0,184	Ω	0,100	Ω	0,209
AB		Ω	0,184	Ω	0,100	Ω	0,209
BC		Ω	0,092	Ω	0,050	Ω	0,105
CD		Ω	0,276	Ω	0,150	Ω	0,314
DE		Ω	0,184	Ω	0,100	Ω	0,209
EF		Ω	0,138	Ω	0,075	Ω	0,157
FG		Ω	0,138	Ω	0,075	Ω	0,157
Ü _{AB}		Ω	0,221	Ω	0,120	Ω	0,251
Ü _{R1, X1}		Ω	0,221	Ω	0,120	Ω	0,251
Digitalschutz AEG/ALSTOM/AREVA/SEE/EAW/SA				1,40		entspricht Ü _{AB}	
Leitungswinkel		29 Grad		Impedanzanregung			
Leitungslänge [FO]		0,910 km		Ω			
prim		X	0,100	Ω	X _{+A}	Ω	R _{AIE}
sek		X	0,200	Ω	X _{-A}	Ω	R _{AIE}
prim		X	0,110	Ω/km	R _{A1}	Ω	φ _A
sek		X	0,220	Ω/km	R _{A2}	Ω	φ _{AE}
				Mindeststrom für Impedanzanregung			
Einstellwerte							
	prim	sek	prim	sek	Kennlinie	Zeit	Richtung
	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	2012.01	[s]	
R ₁	2,656	5,31	Z ₁	0,178	0,36	t ₁	0,00
R ₂	2,723	5,45	Z ₂	0,254	0,51	t ₂	0,30
R ₃	2,892	5,78	Z ₃	0,447	0,89	t ₃	0,60
R ₄	2,988	5,98	Z ₄	0,556	1,11	t ₄	0,90
R ₅	3,050	6,10	Z ₅	0,626	1,25	t ₅	1,20
R ₆	3,102	6,20	Z ₆	0,685	1,37	t ₆	1,60
R ₀	3,715	7,43	Z ₀	0,250	0,50	t ₀	1,90
X ₁	0,085	0,17	2*Z ₁	0,356	0,71		ungerichtet
X ₂	0,121	0,24	2*Z ₂	0,507	1,01	1. Pausenzeit	0,4
X ₃	0,213	0,43	2*Z ₃	0,893	1,79	1. Bereitmachung	20
X ₄	0,265	0,53	2*Z ₄	1,112	2,22	2. Pausenzeit	20
X ₅	0,299	0,60	2*Z ₅	1,251	2,50	2. Bereitmachung	
X ₆	0,327	0,65	2*Z ₆	1,370	2,74	Z _{richtungs} [Ω]	
X ₀	0,120	0,24	2*Z ₀	0,500	1,00		
Toleranz Z		Toleranz t		Toleranz t abs. L-E		Wattmetrische Erdschlusserfassung	
5 %		15 %		50 mA		kompensiert 30 mA 40 V	
Bemerkungen							
zusätzliche Erdschlusserfassung EOR-3D							
Einschaltung erfolgte am: 10.09.2012 durch N. Schuchardt							

Bild 7-15 Relaisstellblatt

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



Anlage	UWA	SSSt B	SSSt C	SSSt D	SSSt E	SSSt F	UW G
Abgang	=J01 ab	=J01 bc	=J01 cd	=J01 de	=J01 ef	=J01 fg *)	
Kennlinie	2012.01	2011.03	2012.05	2012.07	2012.09	2012.11	

Anlage	UW G	SSSt F	SSSt E	SSSt D	SSSt C	SSSt B	UWA
Abgang	=J02 gf	=J02 fe	=J02 ed	=J02 dc	=J02 cb	=J02 ba	
Kennlinie	2012.12	2012.10	2012.08	2012.06	2012.04	2012.02	

Variable für
Diagrammverlängerung
0,05



Bearbeiter: M. Weber

Datum: 07.09.2012

*) elektromechanisches Relais

Bild 7-13 Distanzschutz – „klassischer Staffelplan“

[Scho-Ns]

Umrechnung der primären Impedanzwerte für die Kippstufen und Impedanzanregung auf sekundäre Einstellwerte:

$$Z_{\text{sek}} = \frac{Z_{\text{prim}}}{k} \text{ bzw. } X_{\text{sek}} = \frac{X_{\text{prim}}}{k} \text{ bzw. } R_{\text{sek}} = \frac{R_{\text{prim}}}{k}$$

$$k = \frac{k_{\text{UWdl}}}{k_{\text{IWdl}}}$$

Beispiel:

Spannungswandler 20 000/100 V und

Stromwandler 200/5 A

Kippwert $X_{1\text{prim}} = 1 \Omega$

$$k = \frac{20000/100}{200/5} = 5$$

$$X_{1\text{sek}} = \frac{1\Omega}{5} = 0,2\Omega$$

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Erdfaktor Der **Erdfaktor** berücksichtigt die unterschiedlichen Impedanzverhältnisse bei den Fehlern Leiter-Leiter (mehrpoliger Kurzschluss) und Leiter-Erde (Doppelerdschluss bzw. Erdkurzschluss). Er errechnet sich aus:

$$f_E = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1} \text{ bzw. } \frac{X_0 - X_1}{3X_1} \text{ bzw. } \frac{R_0 - R_1}{3R_1}$$

110-kV-Netz: Ermittlung muss durch Netzberechnung oder Messung erfolgen. Als Richtwert für Freileitungen gilt: $f_E = 0,7$

MS-Netz: $f_E = 1,0$ für Freileitung $f_E = 0,4$ für Kabel

Doppelerdschlusserfassung: L3 vor L1 vor L2 (evtl. mit U<)

Fehlerortung X'_{prim} in Ω/km ; bei nicht homogenen Leitungen ist $X_{\text{AB}} / I_{\text{AB}}$ als mittlerer Wert für Displayanzeige einzugeben; genauen Wert über X (z.B. in der Netzleitstelle)

Displayanzeige

- Laufzeit bei Anregung, sonst I_{L2}
 - Fehlerort in km bei Anregung, sonst P
- mindestens jedoch: Fehlerort in km bei Anregung

[Scho-Ns]

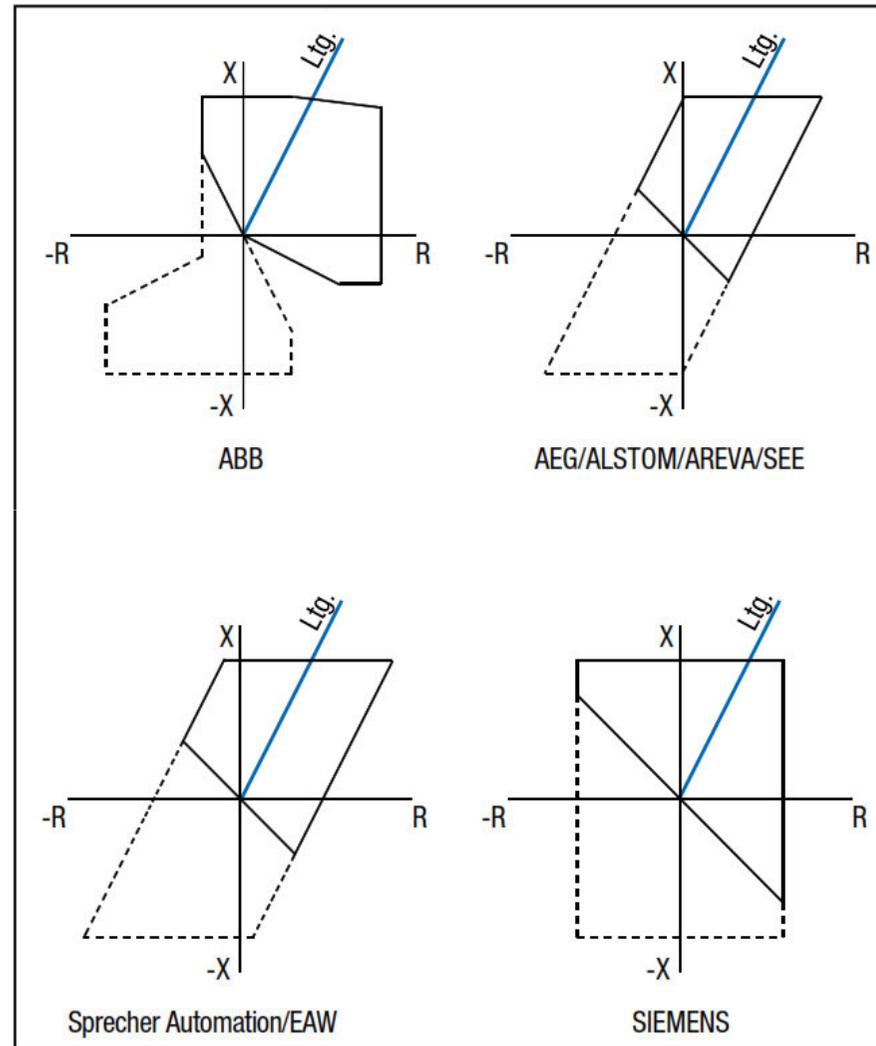


Bild 7-10 Distanzschutz – Auslösekennlinien

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

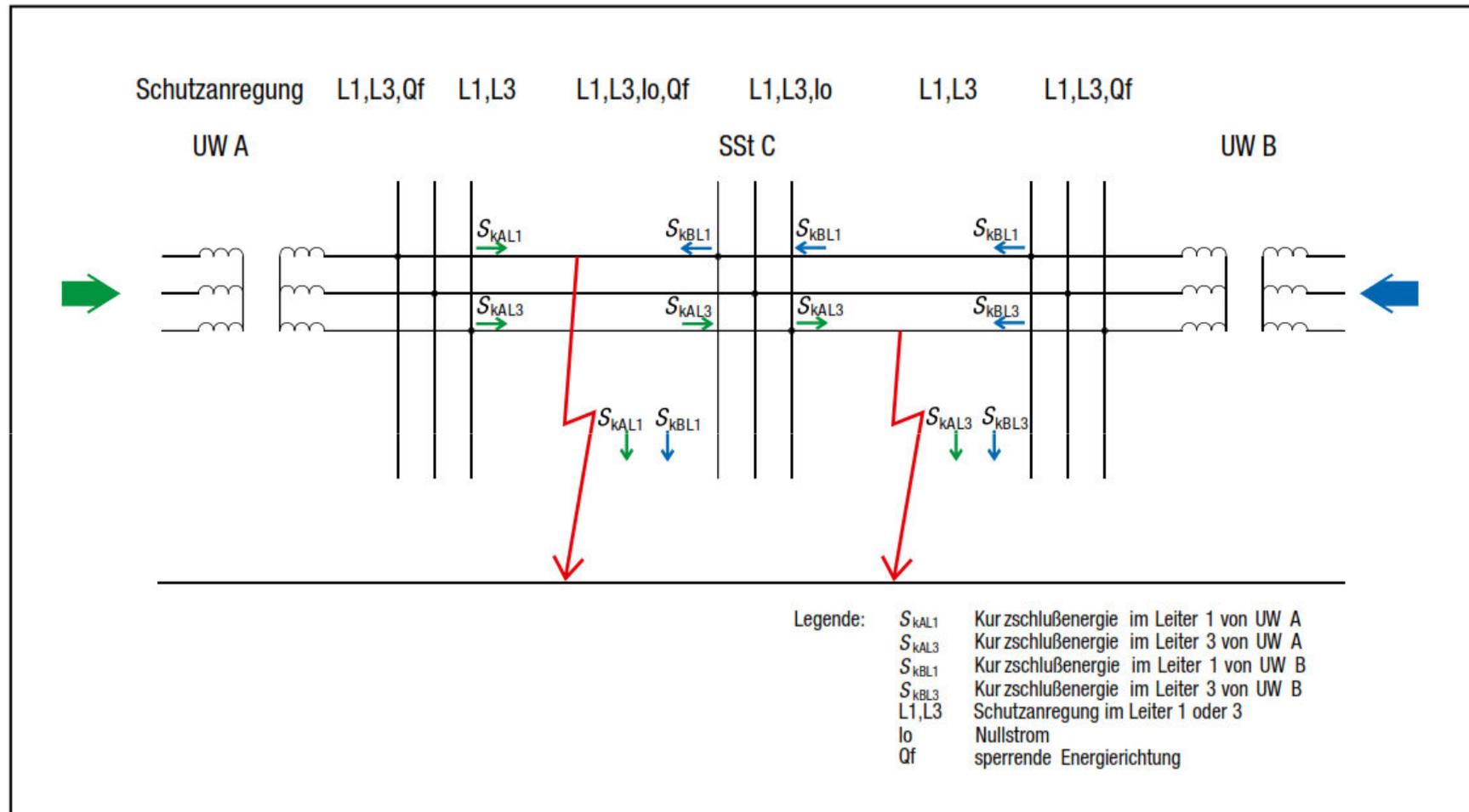


Bild 7-11 Azyklische Doppelerdschlusserfassung

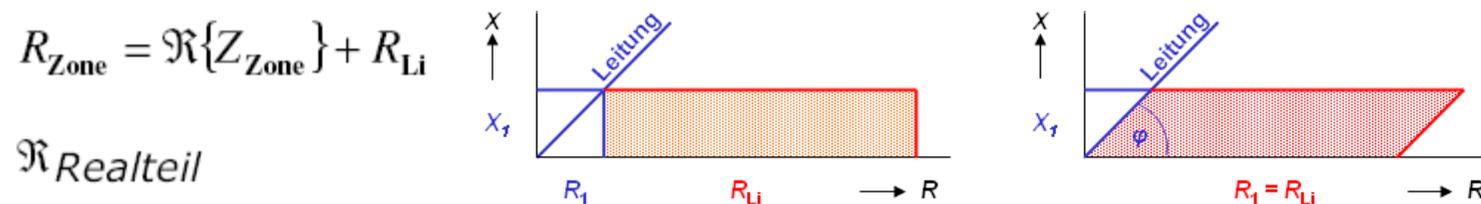
[Scho-Ns]

Berücksichtigung des Lichtbogenwiderstandes

Tabelle 7-7 Einstellung des Lichtbogenwiderstandes

Spannungsebene	10 kV	20 kV	60 kV	110 kV
Lichtbogenwiderstand R_{Libo} [Ω]	1,0...1,5	2,5...3	4	5...6
Die angegebenen Werte sind Primärwerte in [Ω / Leiter]				

Die Mindesteinstellung der Zonen in R-Richtung beträgt:



Die Summe aus Realteil und R_{Li} gibt die Mindesteinstellung an - eine größere Lichtbogenreserve ist zulässig und oftmals vorteilhaft.

In Mittelspannungsnetzen wird bei der Berücksichtigung des Lichtbogenwiderstandes nicht zwischen Leiter-Leiter-Fehler und Leiter-Erde-Fehler unterschieden.

In Hoch- und Höchstspannungsnetzen ist neben dem Lichtbogenwiderstand auch der Mastwiderstand zu berücksichtigen.

Rechteck

[E2]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Tabelle 7-3 Einstellbeispiele für die Distanzschutzanregung in Leitungsabgängen

Spannungsebene		20 kV								110 kV							
Sternpunkt- behandlung		gelöscht / niederohmig geerdet								gelöscht / niederohmig geerdet							
Beseilungs- gruppe ¹⁾		Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3				Gruppe 4		Gruppe 5		Gruppe 6			
Leiterseil- quer- schnitt [mm ²]	I_{Dauer} [A]	bis 50/8	max. 170	70/12	290	120/20	410	120/20	410	230/30	630	340/30	790	2×340/40	1580		
				95/15	350	150/25	470	150/25	470	240/40	645	380/50	840	2×385/50	1700		
				Alukabel:		185/30	535	185/30	535			385/35	850				
				150	320							560/50	1050				
Stromwandler		200/1		200/1...400/1		200/1...600/1		400/1 G		400/1 G		400/1 G...800/1 G		800/1 G...1200/1 G			
$I_{L>> \text{prim.}}$ [A]		320		320...600		320...800		800...1200 ¹⁾		1000...1200 ¹⁾		1500		2400			
$I_o > \text{prim.}$ [A]		80		80...160		80...240		160		160		160...320		320...480			
$I_F > \text{prim.}$ [A] ³⁾		-		-		-		200		200		200...400		400...600			
$U < [\%]$		-		-		-		75...80		75...80		75...80		75...80			
$X_{A \text{ prim.}}$ [Ω]		-		-		-		110		110		110		110			
$R_{A1 \text{ prim.}}$ [Ω] ⁴⁾		-		-		-		55		44		30,25		19,25			
$R_{A2 \text{ prim.}}$ [Ω] ⁵⁾		-		-		-		82,5		82,5		82,5		82,5			
Z_{-A} / Z_{+A}		-		-		-		1		1		1		1			
α [°]		-		-		-		35		35		35		35			

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Tabelle 7-3 Einstellbeispiele für die Distanzschutzanregung in Leitungsabgängen (Fortsetzung)

Spannungsebene	20 kV				110 kV		
Sternpunkt- behandlung	gelöscht / niederohmig geerdet				gelöscht / niederohmig geerdet		
Beseilungs- gruppe ¹⁾	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3		Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6
Mitn. 1pol. Anr. ⁶⁾	LL / LE	LL / LE	LL / LE	LL / LE	LL / LE	LL / LE	LL / LE
Leiterausw. 2pol.-E	LE	LE	LE	LE	LE	LE	LE
Leiterbev. 2pol.-E ⁷⁾	L3 (L1)azykl.	L3 (L1) azykl.	L3 (L1) azykl.	L3 (L1) azykl.	L3 (L1) azykl.	L3 (L1) azykl.	L3 (L1) azykl.
Ausw. mehrpol.	LL	LL	LL	LL	LL	LL	LL

Die Angaben der Tabelle sind beispielhaft – es können davon abweichende Einstellungen erforderlich werden.

- 1) Leitungsabschnitt mit der schwächsten Beseilung zugrundelegen!
- 3) Bei niederohmiger Sternpunkterdung Fremdanregung vermeiden!
- 4) Mindest-Stromanregewert bei $U = 0$
 Gleiche Einstellungen für LE und LL; ($\varphi < \alpha$)
 Parameter ist nur fabrikatabhängig vorhanden
 $R_{A1} = 110 \text{ kV} \cdot 0,75 / \sqrt{3} \cdot I_{>} [\text{kA}]$
- 5) Gleiche Einstellungen für LE und LL; ($\varphi < \alpha$)
- 6) Unterschiedliche Einstellung für „gelöschtes Netz / Netz mit niederohmiger Sternpunkterdung“
- 7) oder andere im Teilnetz einheitliche Einstellung

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

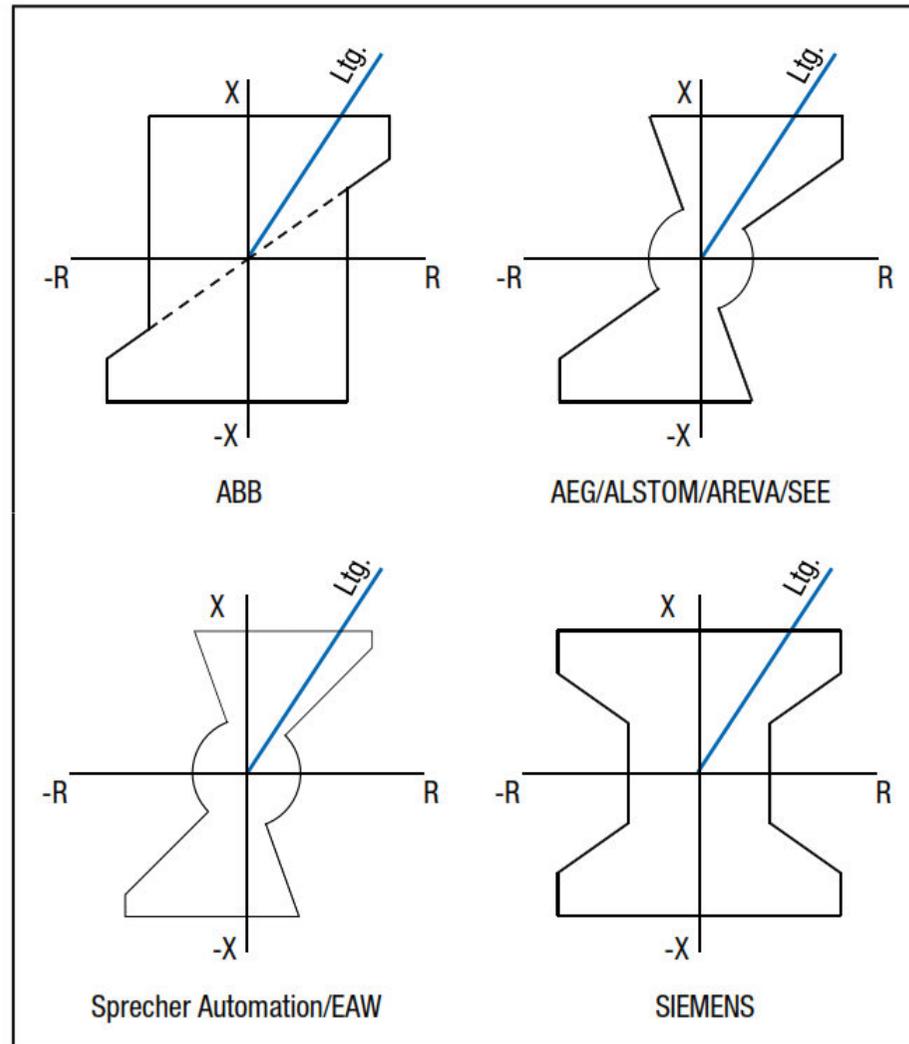


Bild 7-8 Distanzschutz – Anregekennlinien

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

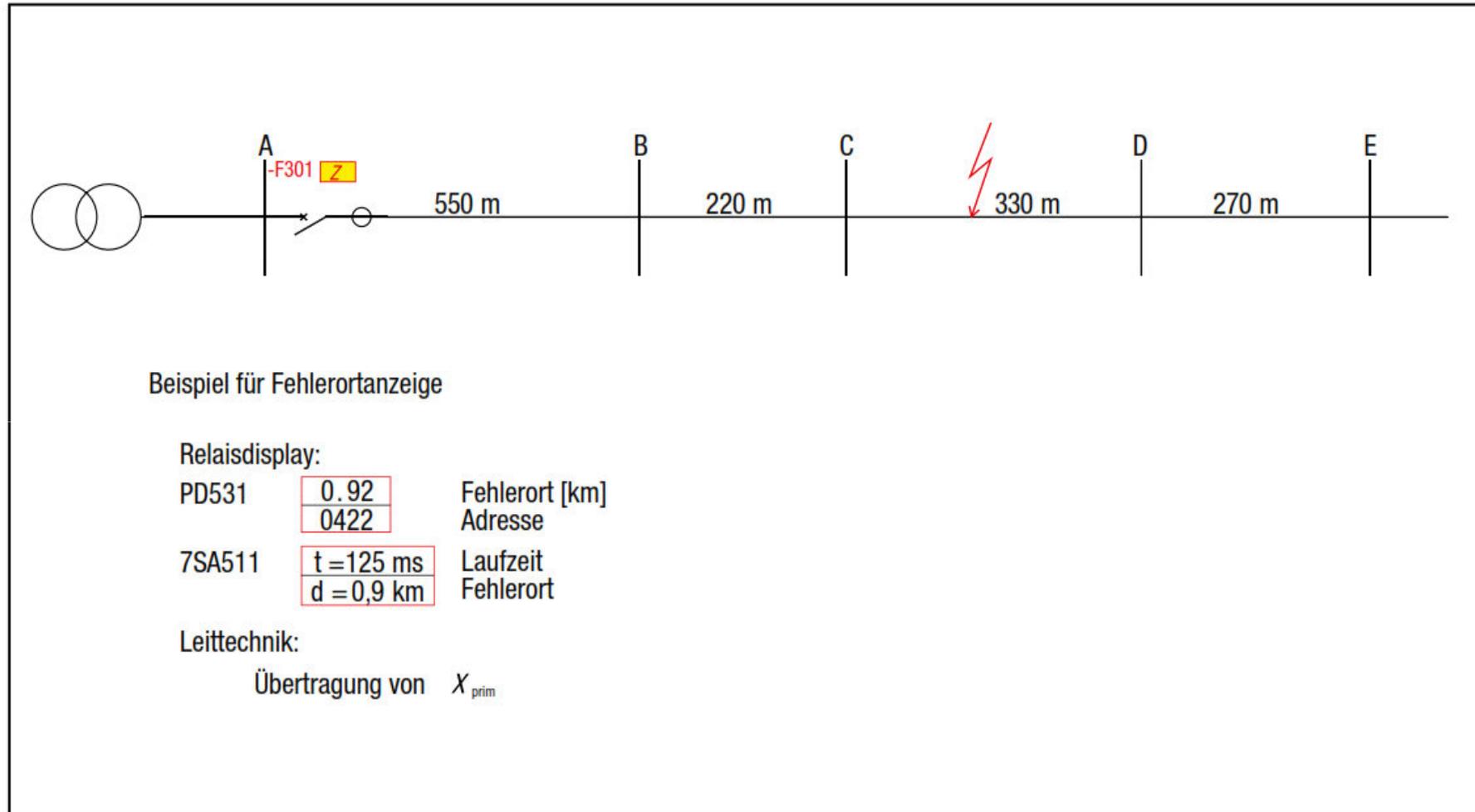


Bild 7-12 Fehlerortung mit digitalen Schutzrelais

[Scho-Ns]



Bild 7-7 Distanzschutz-Schaltzeichen

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



a)



b)



c)

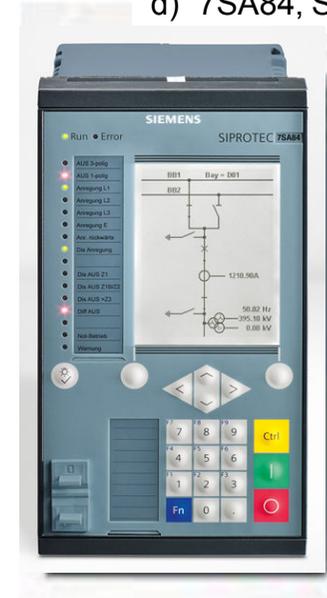
Bild 7-18 Digitaler Distanzschutz

a) REL670, ABB

b) P430C, Schneider Electric Energy

c) DD6-1, Sprecher Automation

d) 7SA84, SIEMENS



d)

[Scho-Ns]

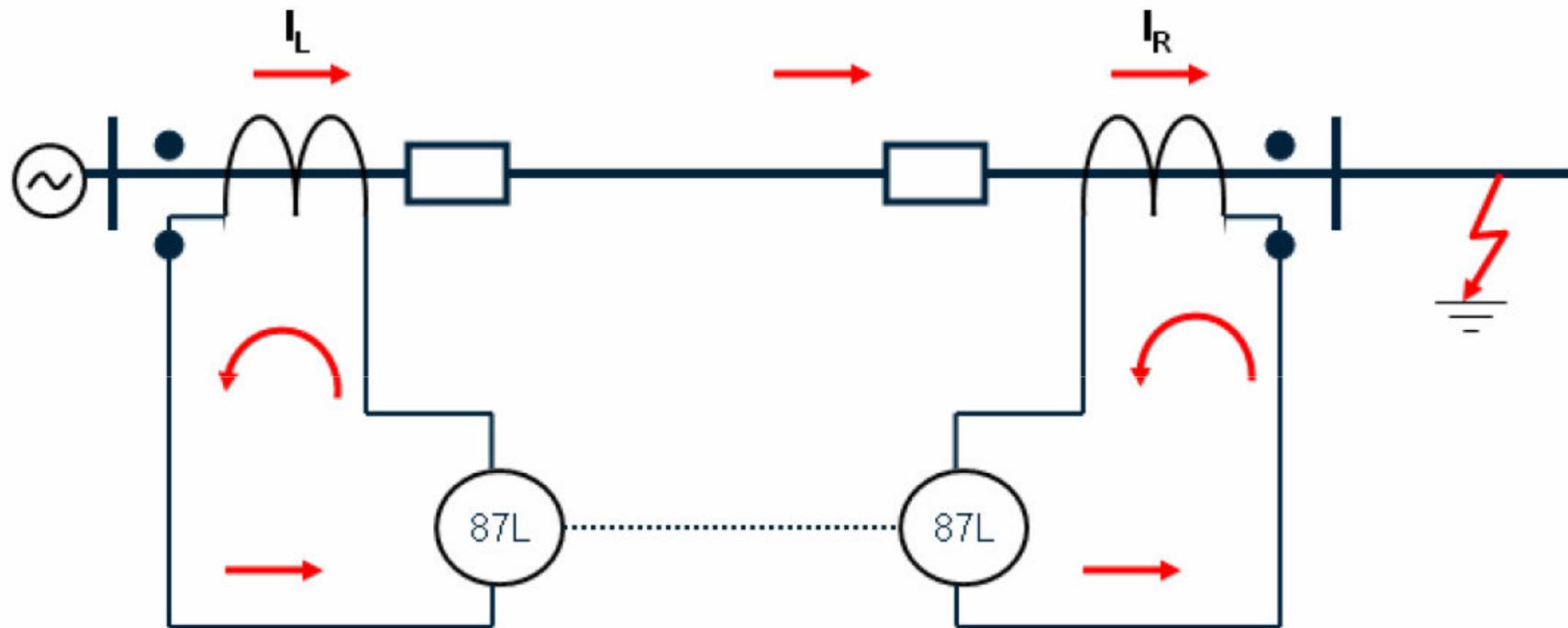
Netzschutztechnik

VDE Thüringen

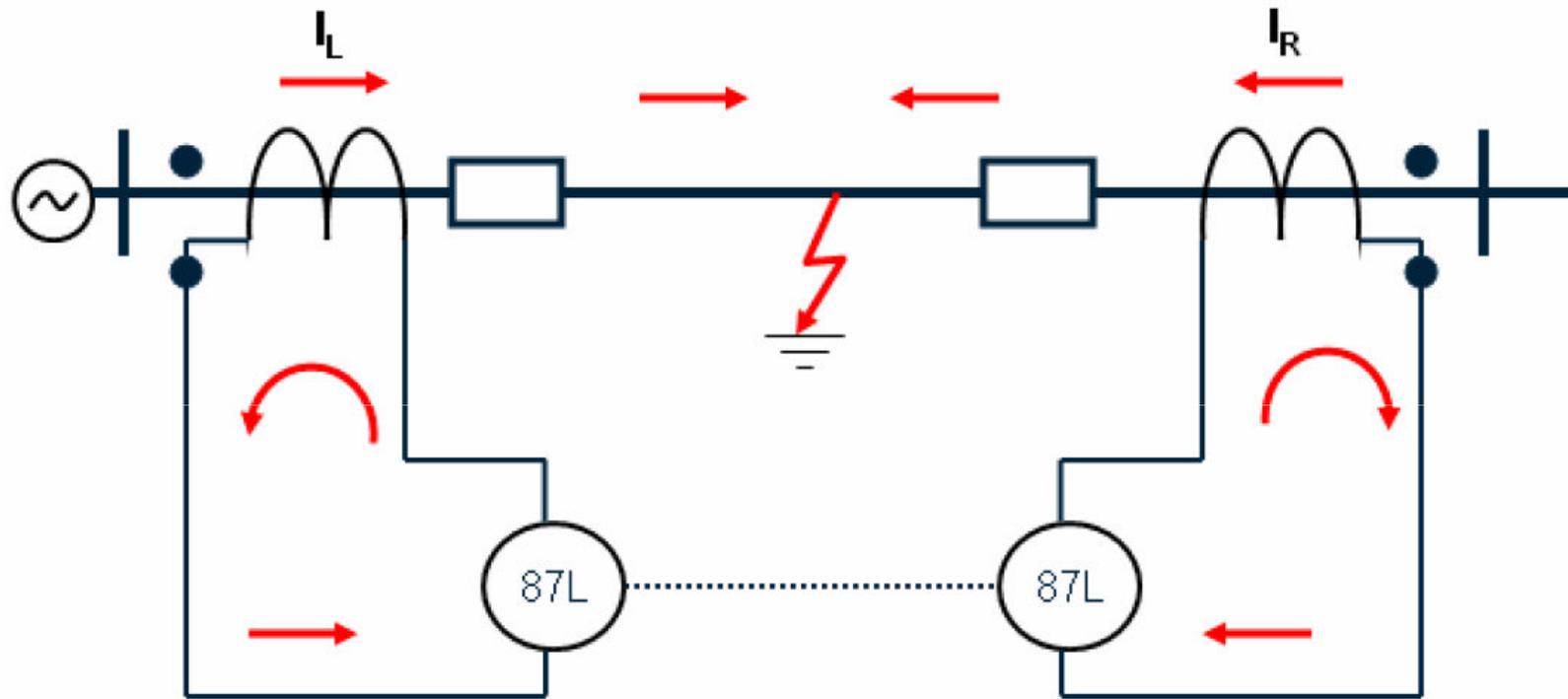
Tabelle 7-8 Typisches Sortiment Distanzschutz

Hersteller	ABB	AEG/ALSTOM/ AREVA/SEE	EAW/Sprecher Automation	SIEMENS
MS-Netz				
elektromechanisch	LZ41	SD14	RD10	R1KZ4
statisch	LZ91	SD35	051	7SL17
digital	REL630	P433	DD6-1	7SA8
110-kV-Netz				
elektromechanisch		SD124	RD110	R1Z23
statisch	LZ92-1	SD135A		7SL24
digital	REL670	P430C	DD6-1	7SA8
220-/380-kV-Netz				
elektromechanisch	L8a(b)	SD324	RD310	R3Z27
statisch	LZ96a	SD335A		7SL31
digital	REL670	P437		7SA8

[Scho-Ns]



Leitungsdifferenzialschutz, ANSI,
außen liegender Fehler bzw. Last



Leitungsdifferenzialschutz, ANSI,
innen liegender Fehler

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

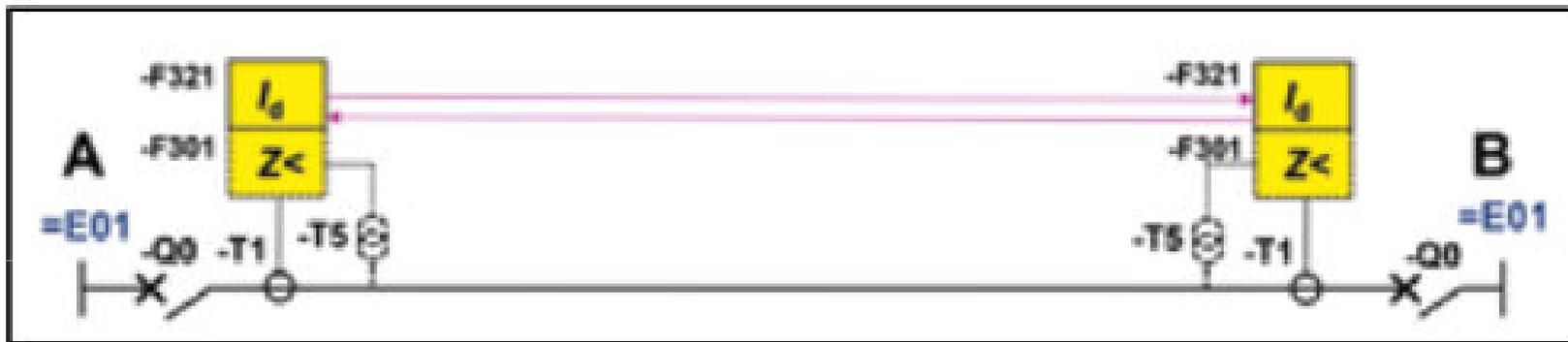
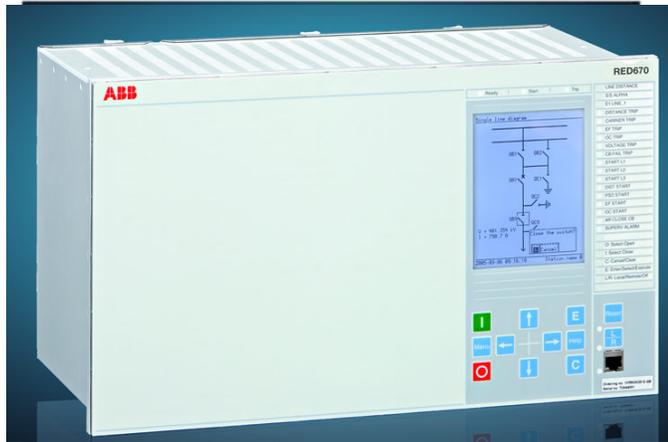


Bild 7-19 Leitungs-Differenzialschutz

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



a)



b)



c)



d)

Bild 7-20 Digitaler Leitungs-Differenzialschutz

- a) RED670, ABB
- b) P532, Schneider Electric Energy
- c) DQL6-1 Sprecher Automation
- d) 7SD80, SIEMENS

[Scho-Ns]

Tabelle 7-9 Typisches Sortiment Leitungs-Differenzialschutz

Hersteller	elektro- mechanisch	statisch	digital
ABB	DLM	DL91	RED670
AEG/ALSTOM/AREVA/SEE	RQW11	SQL	P541
EAW/Sprecher Automation	RQU2		DQL6-1
SEG/Woodward		XD1-L	CSP2-L
SIEMENS	RN27	7SD7	7SD80

AWE - Automatische **W**iedereinschaltung

Die AWE dient dazu die Leitung nach einem Fehler automatisch wieder zuzuschalten.

Warum ?

Rund 80-85% aller Fehler in der Freileitung sind Lichtbogenfehler, die nach Abschalten verlöschen, die Leitung ist wieder fehlerfrei. Bei stehenden Fehlern erfolgt nach der Zuschaltung eine endgültige Abschaltung

KU Kurzunterbrechung früherer Begriff für AWE,
jetzt

KU für erste (Schnell-)Wiedereinschaltung

LU für zweite (Langsam-)Wiedereinschaltung

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



AWE (VDEW-Empfehlung)

	einpolige AWE	dreipolige AWE
Mittelspannung	-	0,3 ... 0,5 s
Hochspannung	0,4 ... 1,2 s	0,3 ... 0,5 s
Höchstspannung	0,4 ... 2,0 s	0,3 ... 0,5 s

Einstellempfehlung:

Spannungslose Pause $t_{\text{Pause}} = 0,4 \text{ s}$ für KU
und $t_{2.\text{Pause}} = 20 \text{ s}$ für LU

Sperrzeit > Federspeicher-Aufzugszeit:

üblich $t_{\text{Sperr}} = 20 \text{ s}$ bei älteren und 10 s bei
neueren LS, bei 110-kV-LS bis 3 min

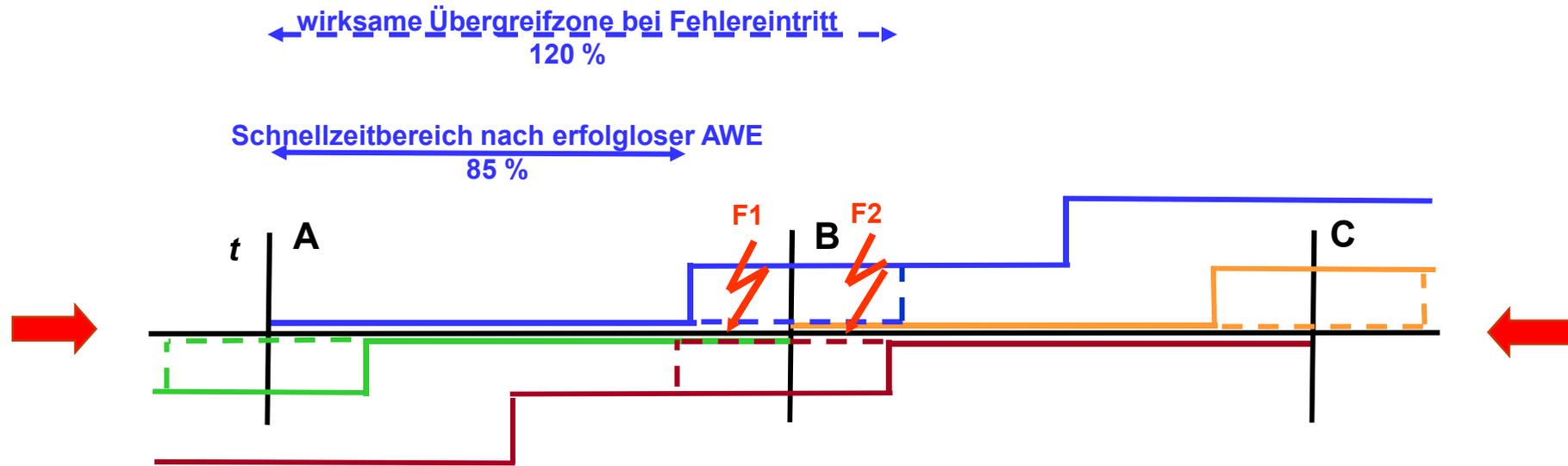
Schalten auf Fehler : Auslösung bei Schutzanregung

Funktionen beim Einschalten

- Sperrung der AWE
(Motoraufzugszeit)
- Unverzögerte Auslösung bei Schutzanregung oder
- Unverzögerte Auslösung bei Fehler in der
Übergreifzone $0 \dots 1,2 Z_{AB}$ (bei Distanzschutz)
(Schalten auf geschlossenen ET in Gegen-
station bzw. AE)

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



Netzschutztechnik

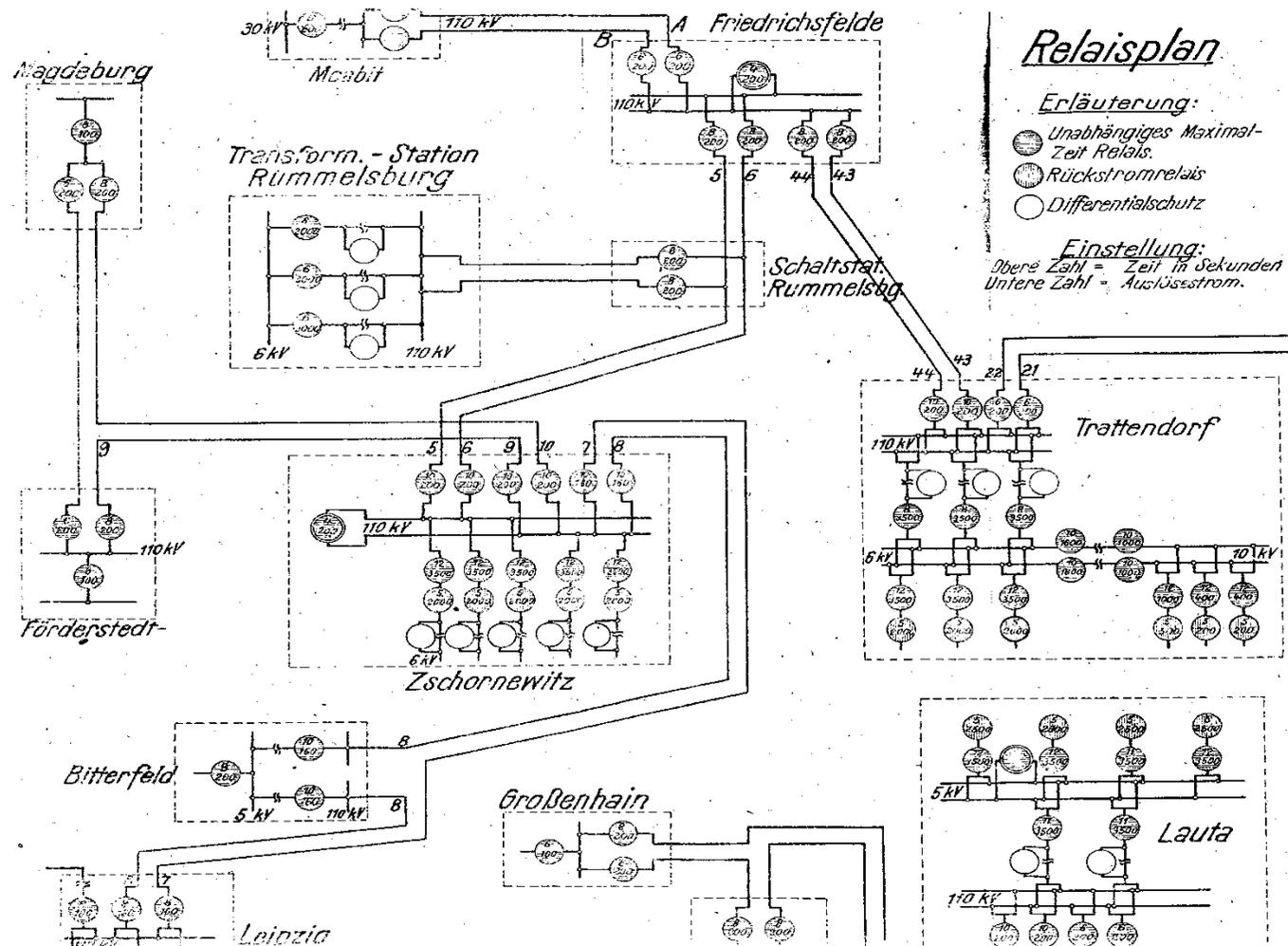
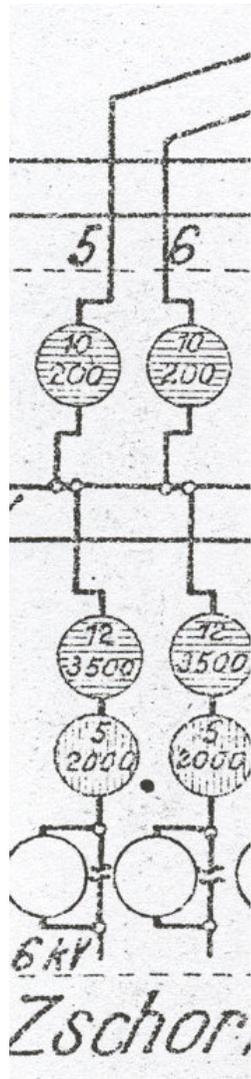
VDE Thüringen



Abb. 1. 380-kV-Lichtbogen-Kurzschluß über einen grünen Baum, Kurzschlußdauer 80 ms

Netzschutztechnik

VDE Thüringen



Relaisplan

Erläuterung:

- Unabhängiges Maximal-Zeit Relais.
- ⊙ Rückstromrelais
- Differentialschutz

Einstellung:

Oberer Zahl = Zeit in Sekunden
Untere Zahl = Auslösestrom.

Schutzrelaisplan 110-kV-Netz 1922

Feldbezogener Reserveschutz bzw. Hauptschutz 1 und 2

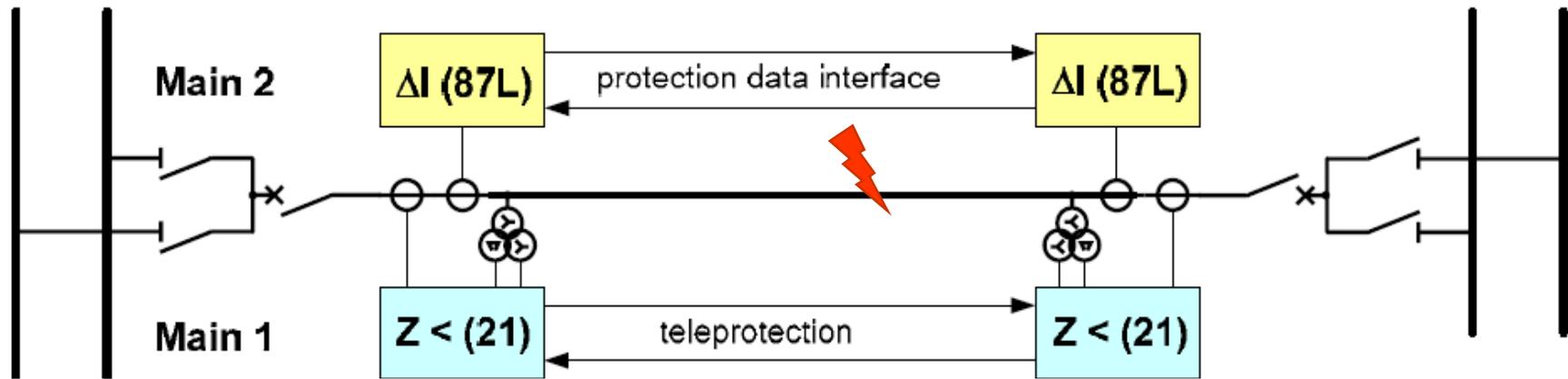
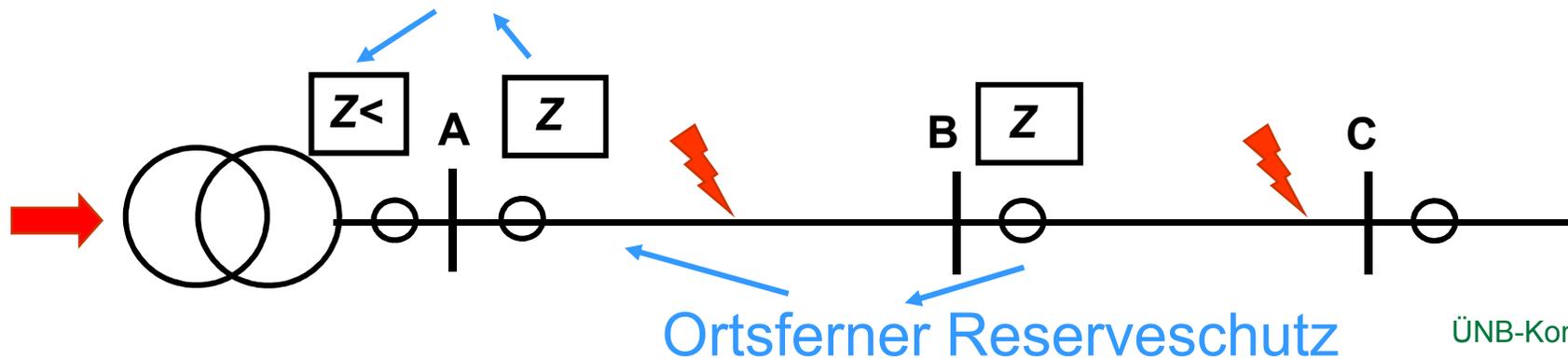


Figure 8: Distance protection as main 1 and differential protection as main 2

Stationsbezogener Reserveschutz



ÜNB-Konzept [E36]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Tabelle 7-11 Typisches Sortiment Integrierte Schutz- und Steuereinheiten, Kombinierte Schutz- und Steuergeräte (Überstrom/richtungs/zeit- und Distanzschutz)

Hersteller	ABB	AREVA/ SEE	EAW/ Sprecher Automation	IDS	SEG/ Wood- ward	SIEMENS/ SAT
MS-Netz						
Steuerung		C232	SPRECON- E-C	ACOS750		SICAM BC
Überstrom- zeitschutz und Steuerung	REF542 plus (SCU)	P139	DSE6-2	ACOS351	CSP2- F3/F5	7SJ63 AP55
Überstrom- richtungszeit- schutz und Steuerung	REF542 plus (SCU)	P139	DSRE6-2	ACOS353	MCA4- F3/F5	7SJ63 AP56
Distanzschutz und Steuerung	REF542 plus (SCU)	P439	DDE6-2	ACOS354		7SA86
110-kV-Netz						
Steuerung	REC670	C434	SPRECON- E-C	ACOS750		6MD66
Distanzschutz und Steuerung	REL670	P439	SPRECON- E-P94- DD6-2			7SA86

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Bild 7-23 Integrierte Schutz- und Steuereinheiten, kombinierte Schutz- und Steuergeräte

- a) REF524plus, ABB
- b) P439, Schneider Electric Energy
- c) DDE6-2, Sprecher Automation
- d) ACOS351, IDS
- e) MCA4, Woodward
- f) 7SJ86, SIEMENS
- g) SICAM BC, SIEMENS



a)



e)



b)



f)



c)



d)



g)

[Scho-Ns]

Netzschutztechnik

VDE Thüringen

Tabelle 14-1 Schutzrelais- und Wandlerauswahl (Beispiel)

Abgang	Einbauort	Schutz	Optionen	Stromwandler
110-kV-Leitung, -Kupplung oder -Ersatzschalter	=E..+SR01 Relaishaus bzw. R01 Relaiswarte	Distanz	AWE, Z<, PU, Fehlerort, Störschrieb, Ed-Wi	TPZ 5 W ± 1% + 180' ± 10% 50 ms 400/1/1/1 A ext. 200%
110-kV-Trafo, OS und Diff.	=E..+SR01 Relaishaus bzw. R01 Relaiswarte	UMZ Diff.	$I_{>>}$, Störschrieb $I_{>>}$, $I_{0d>}$, Störschrieb	TPZ 5 W ± 1% + 180' ± 10% 50 ms 30 VA 5P30 200/1/1/1 A ext. 200%
20-kV-Trafoeinspeisung	=J00+SR01 Relaishaus bzw. =J..+SR1 NS-Nische	Distanz	Z<, Störschrieb	1200-600/1/1 A 5 VA 5P20
20-kV-Leitung	=J..+SR1 NS-Nische	Distanz	AWE, Ed, Fehlerort, Störschrieb	400/1 A 5 VA 5P20 60/1 A
20-kV-Eigenbedarf	=J..+SR1 NS-Nische	UMZ	$I_{>>}$	100/1 A 5 VA 5P20
20-kV-Quer- oder Längskupplung	=J..+SR1 NS-Nische	nur Steuergeräte, ohne Schutz und Wandler		
Digitaler Schutz mit den technischen Daten: 220 V DC, 1 A, 100, V Schnittstelle zur Leittechnik mit LWL-Anschluss, für Schalttafel- oder Schrankeinbau				

AWE Automatische Wiedereinschaltung

Ed Selektive Erdschlussrichtungserfassung im Distanzrelais oder separates Relais

Ed-Wi Selektive Erdschlussrichtungs-Wischererfassung

$I_{>>}$ Hochstromstufe

$I_{0d>}$ Nullstromdiff.-Schutz

PU Parameter- (Kennlinien-) Umschaltung

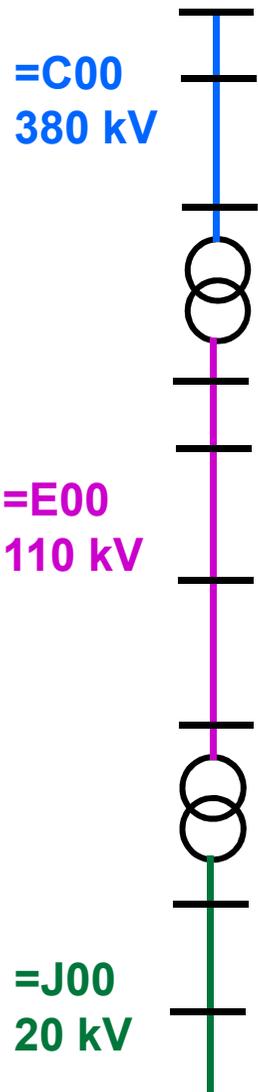
Z< Unterimpedanz - (R-X-) Anregung

=E 110-kV-Abgang

=J 20-kV-Abgang

[Scho-Ns]

Schutzkonzept für Leitungen



Distanzschutz

- R-X-Anregung
- AWE einpolig
- Synchrocheck
- Pendelsperre
- Signalvergleich
- Fehlerorter

Leitungs-Differenzialschutz

unterschiedliche Hersteller

Distanzschutz

- R-X-Anregung
- AWE dreipolig
- Erdschlussrichtung
- Fehlerorter

Distanzschutz

- AWE dreipolig
- Erdschlussrichtung
- Fehlerorter

Netzschutztechnik

Empfehlungen und Richtlinien

- [E1] Bergauer,G.; Fischer,W.; Hauschild,J.; Hinz,K.; Hupfauer,H.; Hübl,I.; Kühn,H.; Nowak,W.; Roth,H.; Sack,H.; Wührmann,B.: Richtlinie für digitale Schutzsysteme. VDN/VEÖ. 1. Auflage 2003, http://www.vde.de/de/fnn/dokumente/documents/richtlinie-digitale-schutzsysteme_vdn2003-11.pdf
- [E2] Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen. VDE-FNN / VEÖ. Aug. September 2009 und Anhang für die Schweiz. VSE/AES. Ausgabe: 17.11.2011.
- [E22] PEHLA Richtlinie Nr. 4. Empfehlung für die Anwendung von VDE 0670, Teil 601/9.84 oder IEC 298 (1981) – Appendix AA für die Prüfung des Verhaltens von metallgekapselten [E37] Hinz,K.; Schossig,W.: Schutzkonzepte für 110-kV-/MS-Anlagen der Verteilnetzbetreiber. „OMICRONcamp“ Anwendertagung, Teil 1, 2010, Teil 2, 2011, Teil 3, 2012 und Teil 4, 2013. <http://www.omicron.at>
- [DC] DistributionCode 2007 Regeln für den Zugang zu Verteilungsnetzen. Version 1.1, VDN Berlin, August 2007, <http://www.vde.de/de/fnn/dokumente/documents/distributioncode2007.pdf>
- [TC] TransmissionCode 2007 Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber. Version 1.1, VDN Berlin, August 2007, <http://www.vde.de/de/fnn/dokumente/documents/transmissioncode2007.pdf>
- [MS] Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz. TAB Mittelspannung 2008. bdew, Ausgabe Juni 2008 http://www.vde.de/de/fnn/dokumente/documents/tab_mittelspannung_bdew2008-05-29.pdf
- [MS-EZ] Technische Richtlinie Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. Ausgabe Juni 2008, bdew, http://www.vde.de/de/fnn/dokumente/documents/rl_ea-am-ms-netz_bdew2008-06.pdf
Ergänzung http://www.vde.de/de/fnn/dokumente/documents/bdew_rl_ea-am-ms-netz_2008-06_ergaenzung_2009-01.pdf

weitere Literaturhinweise in [Scho-Ns]

Netzschutztechnik

Literatur

- [Cle_Ro] Clemens,H.; Rothe,K.: Schutztechnik in Elektroenergiesystemen. 3. Auflage 1991, Berlin: VDE-Verlag
- [Doe] Doemeland,W.; Götz,K.: Handbuch Schutztechnik. Grundlagen, Schutzsysteme, Inbetriebsetzung. 9. Auflage 2010, Berlin: Huss-Medien GmbH, VDE Verlag
- [FGH] Herstellerunabhängiges Datenmodell für die Parametrierung und die Verwaltung von Netzschutzgeräten in der elektrischen Energieversorgung. Abschlussbericht AiF-Forschungsvorhaben 13561, 74 S., FGH Mannheim Mai 2005
- [Her] Herrmann,H.-J.: Digitale Schutztechnik. Berlin: VDE-Verlag, 1997
- [Mü_Ma] Müller,L.; Matla,W.: Selektivschutz elektrischer Anlagen. 3. Auflage 2001, Frankfurt am Main: VWEW Energieverlag
- [Ne_Op] Nelles,D.; Opperskalski,H.: Digitaler Distanzschutz. Verhalten der Algorithmen bei nichtidealen Eingangssignalen. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, Vieweg, 1991
- [NPAG] -; Network Protection & Automation. Guide. Protective Relays, Measurement & Control. @2011ALSTOM GRID. May 2011
- [Scho-Ns] Schossig,W.; Schossig,T.: Netzschutztechnik. EW Medien und Kongresse GmbH, Frankfurt a.M. / VDE Verlag, Berlin, 4. Auflage 2013
- [Sie-Appl] Applikations-Beispiele für SIPROTEC-Schutzgeräte. SIEMENS 2005, E50001-K4451-A101-A1, <http://siemens.siprotec.de>
- [Zi-Dis] Ziegler,G.: Digitaler Distanzschutz. Grundlagen und Anwendung. SIEMENS: 2. Auflage 2008, Publicis Corporate Publishing. www.publicis-erlangen.de
- [Zi-Dif] Ziegler,G.: Digitaler Differentialschutz. Grundlagen und Anwendung. SIEMENS: 2. Auflage 2013, Verlag: Publicis Corporate Publishing, Erlangen