

Schutzkonzepte für 110-kV-/MS-Anlagen der Verteilnetzbetreiber

„OMICRONcamp“ Anwendertagung 2010

Dipl.-Ing. Klaus Hinz
VDE Region Nord
hinzk@t-online.de

Dipl.-Ing. Walter Schossig
VDE Thüringen
info@walter-schossig.de



Schutzkonzepte

- Grundlagen/Notwendigkeit für ein Schutzkonzept
- Bilder von Störungen
- Inhalt eines Schutzkonzeptes
- Beispiele für Schutzkonzepte
- Empfehlungen und Richtlinien

Schutzkonzepte

Grundlagen/Notwendigkeit für ein Schutzkonzept

Einhaltung anerkannter Regeln der Technik Forderung in den Energiewirtschafts- bzw. Elektrizitätsgesetzen der Länder

Bereits das Energiewirtschaftsgesetz - **EnergG (D)** von 1935 verpflichtete die Energiewirtschaft die Bevölkerung und Industrie so sicher und billig wie möglich zu versorgen.

Energiewirtschaftsgesetz – EnWG (D) vom 24. April 1998 (BGBl I S. 730)

§ 1 Zweck des Gesetzes

... eine möglichst sichere, preisgünstige und umweltverträgliche Versorgung

§ 4 Betrieb des Elektrizitätsversorgungsnetzes

(1) EVU sind zu einem Betrieb ihres Versorgungsnetzes nach §1 verpflichtet

§ 49 Anforderungen an Energieanlagen

- (1) Energieanlagen sind 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.

Schutzkonzepte

Grundlagen/Notwendigkeit für ein Schutzkonzept

Elektrizitätswirtschafts- und organisationsgesetz EIWOG / TOR (A)

„Regeln der Technik“ technische Regeln, die aus Wissenschaft oder Erfahrung auf technischem Gebiet gewonnene Grundsätze enthalten und deren Richtigkeit und Zweckmäßigkeit in der Praxis allgemein als erwiesen gelten; die Einhaltung der einschlägigen Regeln der Technik wird vermutet, wenn bei der Errichtung, bei der Erweiterung, bei der Änderung, beim Betrieb und bei der Instandhaltung die technischen Regeln des ÖVGW sowie die ÖNORMEN eingehalten werden;

„Geltende technische Regeln“

- die anerkannten Regeln der Technik
- die sonstigen technischen Regeln für die Netzbenutzung, wie sie beispielsweise in den „Technischen Anschlussbedingungen mit Erläuterungen der einschlägigen Vorschriften für elektrische Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1.000 V“ (kurz TAEV genannt) einschließlich deren Anhänge zusammengefasst sind
- die „Technischen und Organisatorischen Regeln für Betreiber und Benutzer von Übertragungs- und Verteilernetzen gemäß EIWOG“ (im folgenden kurz TOR genannt)

Schutzkonzepte

Grundlagen/Notwendigkeit für ein Schutzkonzept



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

EleG (CH)

Bundesamt für Energie BFE

Elektrizitätsgesetz wird 100-jährig

Bern, 21.06.2002 - Das Bundesgesetz über die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen wird am Montag, dem 24. Juni 2002, 100-jährig. Das sogenannte Elektrizitätsgesetz (EleG) wurde am 24. Juni 1902 vom Parlament verabschiedet. Es bildet unverändert auch heute noch die Grundlage für den sicheren Einsatz des mit Abstand wichtigsten einheimischen Energieträgers.

Das Elektrizitätsgesetz enthält neben der grundsätzlichen Anforderung, dass elektrischen Anlagen sicher sein müssen, vor allem Vorschriften, wie diese Sicherheit gewährleistet und kontrolliert werden soll. Zum einen regelt das EleG deshalb das Verfahren für die Genehmigung von elektrischen Anlagen. In diesem Verfahren wird bereits vor der Erstellung und Inbetriebnahme von elektrischen Anlagen geprüft, ob diese nach den Regeln der Technik geplant und erstellt werden. In einem weiteren Teil wird die laufende Kontrolle der bestehenden Anlagen geregelt, damit ihre Sicherheit auch während der ganzen Betriebsdauer gewährleistet bleibt.

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

5

Schutzkonzepte

Grundlagen/Notwendigkeit für ein Schutzkonzept

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, EICom, GridCodes)

Beispiele

VDN/VEÖ Digitale Schutzsysteme
FNN/VEÖ Leitfadeneinsatz Schutzsysteme
TC bzw. DC Transmission- bzw. DistributionCode

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

6

Schutzkonzepte

Grundlagen/Notwendigkeit für ein Schutzkonzept

□ DIN VDE 0101

- Für Anlagen müssen selbständige Einrichtungen zum Abschalten von Kurzschlüssen vorgesehen werden.
- Für Anlagen müssen entweder Einrichtungen zum selbständigen Abschalten von gefährlichen Erdschlüssen oder zum Anzeigen des Erdschlusszustandes vorgesehen werden

□ Schutzeinrichtungen müssen u.a. aus Selektivitätsgründen konzeptionell aufeinander abgestimmt werden



Notwendigkeit einer Schutzkonzeption

Schutzkonzepte

Grundlagen/Notwendigkeit für ein Schutzkonzept

□ Grundanforderungen an Schutzsysteme

- Selektivität
- Schnelligkeit
- Empfindlichkeit
- Genauigkeit
- Zuverlässigkeit
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
- Wirtschaftliche Angemessenheit

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

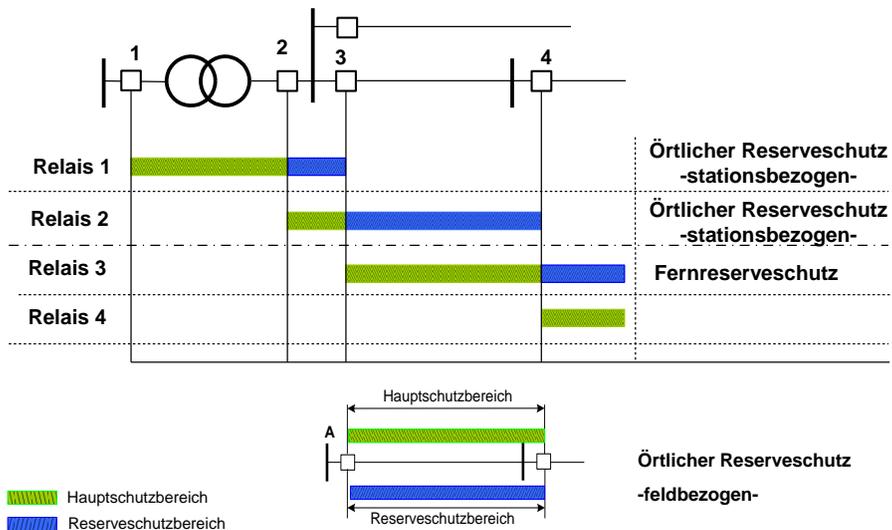
- ❑ Ein durchgängiges Haupt- und Reserveschutzsystem stellt sicher, dass ein Versagen einzelner Elemente aufgefangen werden kann.
- ❑ Das System sollte über den Normalschaltzustand hinaus auch für länger andauernde Sonderschaltzustände ausgelegt werden.

❑ Reserveschutzkonzepte

- Der Reserveschutz kommt zur Wirkung, wenn der Hauptschutz einen Fehlerzustand in der vorgegebenen Zeit nicht oder nicht korrekt klären kann.
- Der Reserveschutz kann verzögert und/oder mit verminderter Selektivität arbeiten.
- Hinsichtlich des Versagens werden einbezogen:
 - ✓ Strom- und Spannungswandler
 - ✓ Schutzeinrichtungen
 - ✓ Leistungsschalter
 - ✓ Hilfsenergieversorgung

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes



Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

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_g 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]

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

13

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

Anregesicherheitsfaktor f_{AS} für Lastbedingungen

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

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

[E2]

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

14

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

Anregeverlässlichkeit f_{AV-I}

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

	Hauptschutz		Reserveschutz
Anregeverlässlichkeitsfaktor f_{AV-I}	≥ 1,5	≥ 1,8	≥ 1,3
Genauigkeit der Impedanzwerte	5 %	10 %	10 %
Anregemessfehler	5 %	5 %	5 %
Spannungsbeiwert c	1,0	1,0	1,0
Reglerstellung des Transformators	Mittelstellung	Mittelstellung	Mittelstellung
Lichtbogeneinfluss	berücksichtigt	vernachlässigt	vernachlässigt

Anmerkung: Wandlerfehler sind in den angegebenen Werten enthalten

[E2]

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

15

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

Vorschlag für Fehlererfassungszeiten

Schutzbereich	Hauptschutz	Reserveschutz	Schalterversagerschutz
110-kV-Leitung	120 ms / 400 ms *	2 s	-
MS-Leitung u. -Anlagen	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

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

16

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

Gründe für eine Fehlerabschaltung $t \max. 1 \text{ s}$:

- 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)

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

Beispiel: Herstellerangabe MS-Schaltanlage

Elektrische Daten

Bemessungs-Spannung		7,2 kV	12 kV	15 kV	17,5 kV	24 kV
Bemessungs-Kurzzeit-Stehwechselfspannung		20 kV	28 kV	36 kV	38 kV*	50 kV
Bemessungs-Stehblitzstoßspannung		60 kV	75 kV	95 kV	95 kV	125 kV
Bemessungs-Kurzschlußausschaltstrom; Bemessungs-Kurzzeitstrom, 3 s	max.	25 kA	25 kA	25 kA	25 kA	25 kA
Bemessungs-Kurzschlußeinschaltstrom		63 kA	63 kA	63 kA	63 kA	63 kA
Bemessungs-Betriebsstrom der Sammelschiene	max.	1600 A	1600 A	1600 A	1600 A	1600 A
Bemessungs-Betriebsstrom der Abzweige	max.	1250 A	1250 A	1250 A	1250 A	1250 A

gilt nicht für innenliegende Lichtbogenfehler

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

VDE 0101

Tabelle 5: Maßgebende Ströme für die Bemessung von Erdungsanlagen

Art des Hochspannungsnetzes		Maßgebend für die thermische Belastung ¹⁾		Maßgebend für Erdungs- und Berührungsspannungen
		Erder	Erdungsleiter	
Netze mit isoliertem Sternpunkt		- ⁶⁾	I_{KEE}'' ⁹⁾	$I_E = r \times I_C$ ⁷⁾
Netze mit Erdschlußkompensation	In Anlagen mit Erdschlußspule	- ⁶⁾	I_{KEE}'' ³⁾ ⁹⁾	$I_E = r \times \sqrt{I_L^2 + I_{RES}^2}$ ²⁾
	In Anlagen ohne Erdschlußspule			$I_E = r \times I_{RES}$

⁹⁾ Wenn die Fehlerdauer kleiner als 1 s ist, kann I_C bzw. I_{RES} verwendet werden.

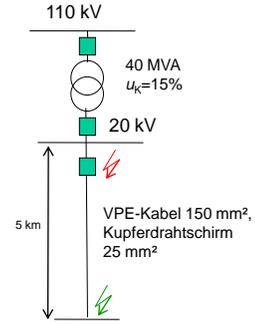
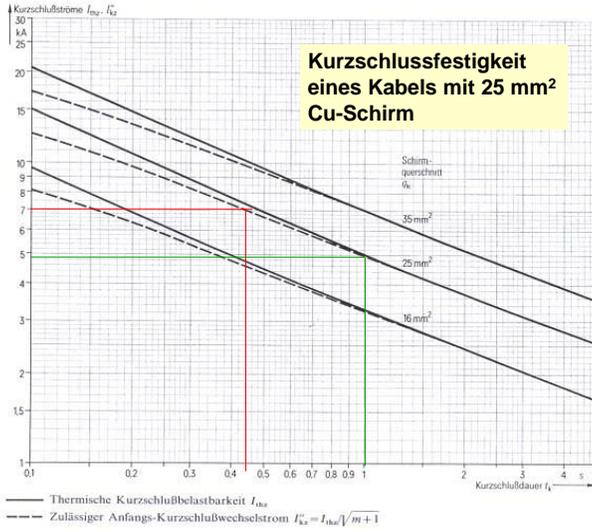
Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

- **Versorgungsunterbrechung**
 - VDN/VEÖ-Störungsstatistik
Ausfallbedingte oder geplante Unterbrechung der Versorgung eines oder mehrerer Netzkunden, die länger als 1 Sekunde dauert

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes



SIEMENS-Kabelbuch [Hei-Kab]

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

21

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

Die Netzqualitätskriterien gemäß EN 50160

Merkmal	Anforderungen	Messintervall	Beobachtungsdauer
Netzfrequenz	50 Hz ± 0,5 Hz während 95% einer Woche; 50 Hz + 4% / - 6% während 100% einer Woche	10 sec.-Mittelwert	1 Woche
Spannungsänderungen	$U_n \pm 10\%$ während 95% einer Woche; $U_n + 10\%$ / - 15% während 100% einer Woche	10 min.-Mittelwert	1 Woche
Flicker	Langzeitflickerstärke $P_{st} < 1$ während 95% einer Woche	2 h (nach EN 61000-4-15)	1 Woche
Unsymmetrie	Verhältnis U (Gegensystem) / U (Mitsystem) < 2% während 95% einer Woche	10 min.-Mittelwert	1 Woche
Oberschwingungen	$U_{H25} \dots U_{H25} <$ Grenzwert gemäß Tabelle; THD < 8%	10 min.-Mittelwert jeder Harmonischen (nach EN 61000-4-7)	1 Woche
Spannungseinbrüche	Anzahl < 10 ... 1000 / Jahr; davon > 50% mit Dauer < 1 s	10 ms-Effektivwert $40\% U_n \leq U_{10ms} \leq 90\% U_n$	1 Jahr
Kurze Spannungsunterbrechungen	Anzahl < 10 ... 1000 / Jahr; davon > 70% mit Dauer < 1 s	10 ms-Effektivwert $U_{10ms} \leq 1\% U_n$	1 Jahr
Lange Spannungsunterbrechungen	Anzahl < 10 ... 50 / Jahr mit Dauer > 3 min		1 Jahr
Transiente Überspannung	$(L - N) < 6 \text{ kV} / \mu\text{s} \dots \text{ms}$		
Zwischenharmonische u. Signalspigen	In Beratung		

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

22

Schutzkonzepte

Inhalt eines Schutzkonzeptes

Kurzschlussfestigkeit von Transformatoren

EN 60076-5 VDE 0532 Teil 5, Nov.2001

4.1.3 Dauer des dreipoligen Kurzschlussstroms

Die Dauer des dreipoligen Kurzschlussstroms I_k , der für die Berechnung der thermischen Kurzschlussfestigkeit verwendet wird, muss 2 s betragen, solange keine andere Dauer festgelegt wurde.
ANMERKUNG Bei Spartransformatoren und Transformatoren, deren Kurzschlussstrom den 25fachen Bemessungsstrom übersteigt, darf eine geringere Kurzschlussdauer als 2 s zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.

Einstellwerte beim Trafo-UMZ von 3 bis 5 s waren früher üblich

Schutzkonzepte

Beispiele für Schutzkonzepte

Feldbezogener Reserveschutz bzw. Hauptschutz 1 und 2

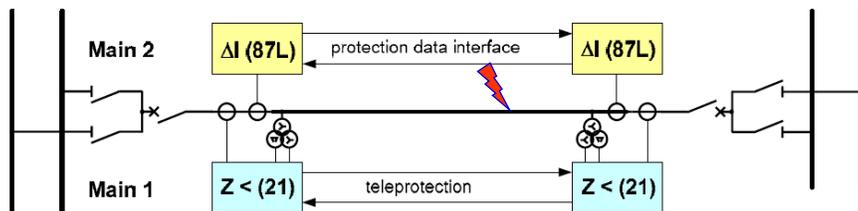


Figure 8: Distance protection as main 1 and differential protection as main 2

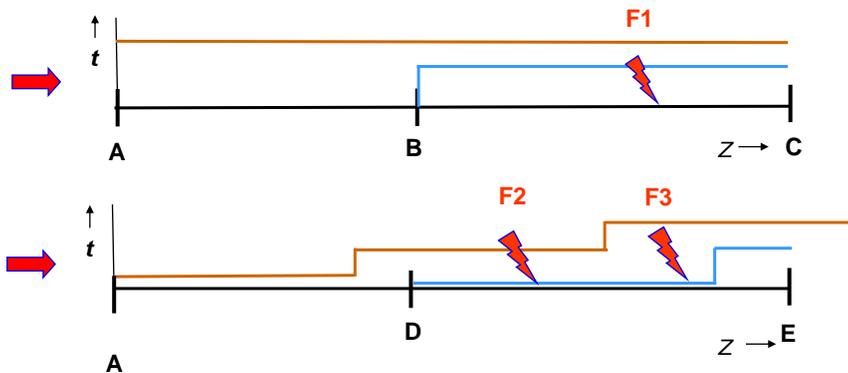
[ÜNB-Konzept]

Schutzkonzepte

Beispiele für Schutzkonzepte

Ortsferner Reserveschutz

Die Reserveschutzauslösung erfolgt durch den gestaffelten Überstromzeit- oder Distanzschutz in der vorgeordneten Station.



Dresden, 18.-20. Mai 2010

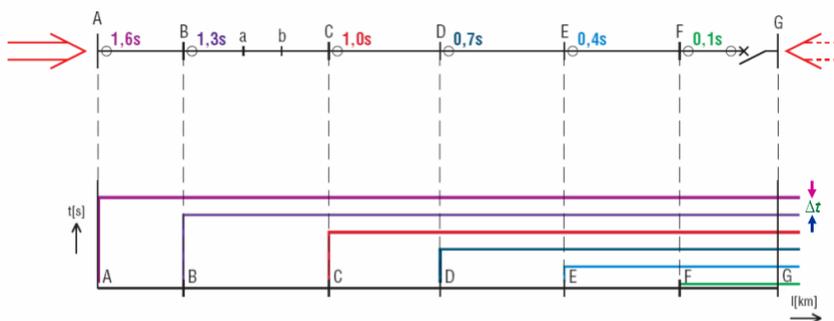
OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

25

Schutzkonzepte

Beispiele für Schutzkonzepte

Zeitstaffelung



Legende:

A,B,...G SSSt mit Sekundärschutz im Abgang

a,b ON-Station ohne Sekundärschutz

→ Einspeisung

⇄ Reservereinspeisung

⊖

Δt berücksichtigt:

- LS-Zeit in B

- Rückfallzeit in A

- Kommandozeitstreuung in A ⇄ B

- Sicherheitszuschlag

➤ **Staffelzeit $\Delta t = 0,3$ s bei digitalem und $0,4$ s bei elektromechanischem Schutz**

➤ **Fehler in gekapselten Schaltanlagen müssen mit $t < 1$ s erfasst werden**

➤ **Beispiel Distanzschutz $t_1 = 0$ s, $t_2 = 0,3$ s, $t_3 = 0,6$ s usw.**

Dresden, 18.-20. Mai 2010

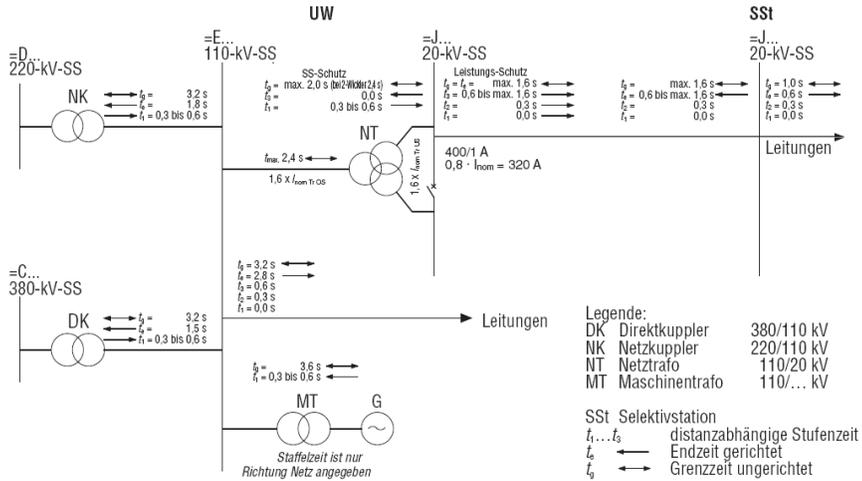
OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

26

Schutzkonzepte

Beispiele für Schutzkonzepte

Stufen- und Endzeiten im HS- und MS-Netz



Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

27

Schutzkonzepte

Beispiele für Schutzkonzepte

Ermittlung des Lichtbogenwiderstandes

Prüfung luftisolierter gekapselter MS-Schaltzellen, IPH

Lichtbogenbrennstrom	U_n	gemessene Lichtbogen-spannung	errechneter Lichtbogen-widerstand
5 - 20 kA	10	800 - 1000 V	0,05 - 9,2 Ω
	20	1000 - 1500 V	0,07 - 0,3 Ω
	30	1500 - 2000 V	0,1 - 0,4 Ω

[PV-Dist]

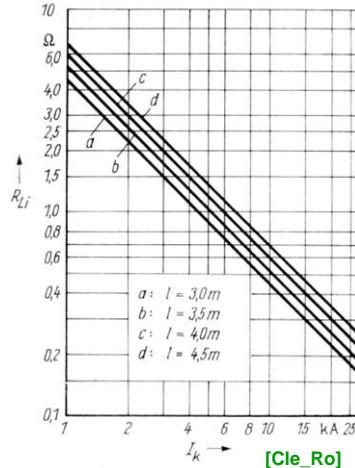
Berechnung des Lichtbogenwiderstandes

$$R_{Li} = U_{Li} \cdot \frac{l}{I_{kmin}}$$

- R_{Li} Lichtbogenwiderstand in [Ω]
- U_{Li} Lichtbogenspannung = 2500 V/m (mittlerer Erfahrungswert)
- I_{kmin} Minimaler Kurzschlussstrom
- l Lichtbogenlänge (üblich ist zweifache Isolatorlänge)

[E2]

Lichtbogenwiderstände im Übertragungsnetz



[Cle_Ro]

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

28

Schutzkonzepte

Beispiele für Schutzkonzepte

Berücksichtigung des Lichtbogenwiderstandes

Spannungsebene	10 kV	20 kV	60 kV	110 kV	220 kV	380 kV
Lichtbogenwiderstand R_{Li} in $[\Omega]$	1,0...1,5	2,5...3	4	5...6	10	15

Anmerkung: Die angegebenen Impedanzwerte sind Primärwerte in $[\Omega / \text{Leiter}]$

Die Mindesteinstellung der Zonen in R-Richtung beträgt:

$$R_{Zone} = \Re\{Z_{Zone}\} + R_{Li}$$

$$\Re \text{ Realteil}$$

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.

[E2]

Dresden, 18.-20. Mai 2010

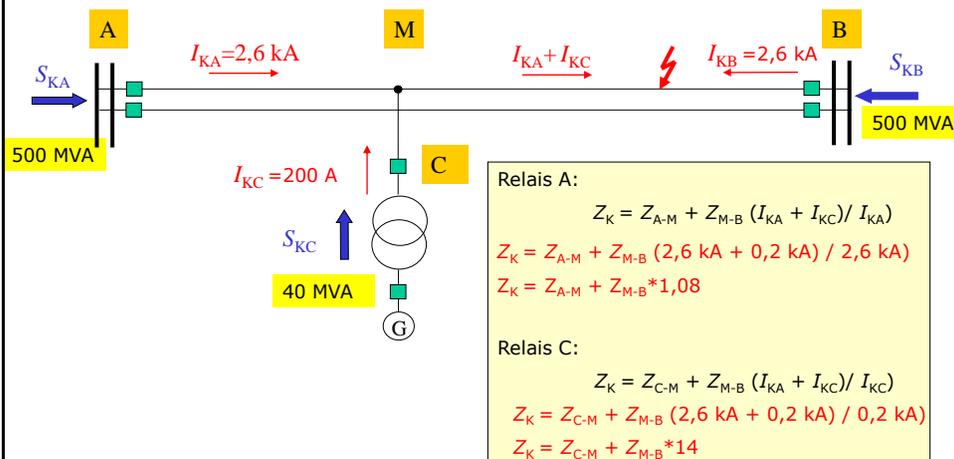
OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

29

Schutzkonzepte

Erzeugungsanlagen am Hochspannungsnetz

Windumspannwerk Stichanschluss - Bewertung Messfehler Distanzschutz-



Dresden, 18.-20. Mai 2010

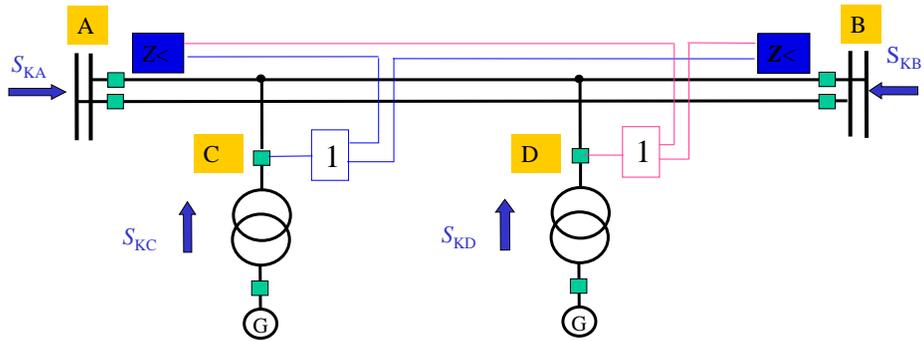
OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

30

Schutzkonzepte

Erzeugungsanlagen am Hochspannungsnetz

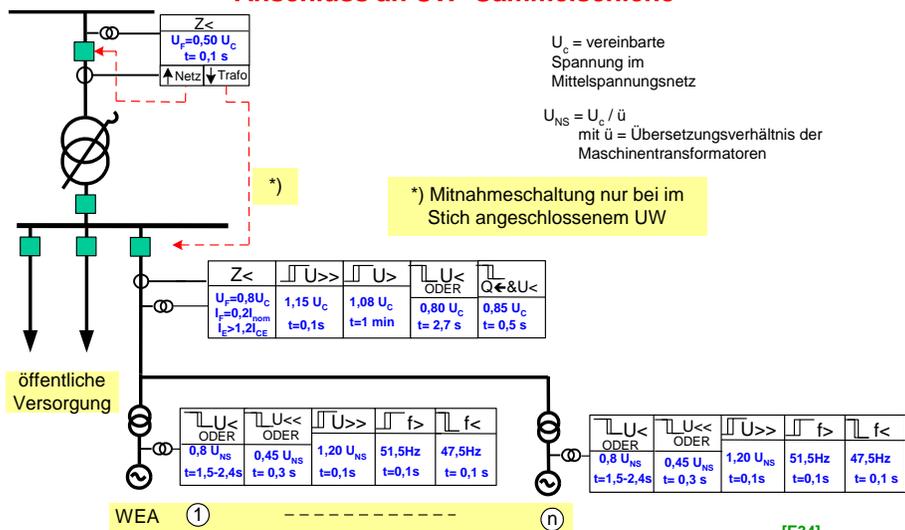
Stichanschluss mehrerer EZA - Schaltermitnahmeschaltung



Schutzkonzepte

Erzeugungsanlagen am Hochspannungsnetz

Anschluss an UW- Sammelschiene

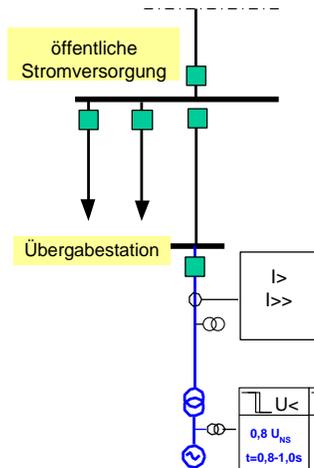


[E34]

Schutzkonzepte

Erzeugungsanlagen am Hochspannungsnetz

Anschluss im MS-Netz - ohne Blindstromeinspeisung im Fehlerfall



U_c = vereinbarte Spannung im Mittelspannungsnetz

$$U_n = U_c / \ddot{u}$$

mit \ddot{u} = Übersetzungsverhältnis der Niederspannungstransformatoren

[E34]

Dresden, 18.-20. Mai 2010

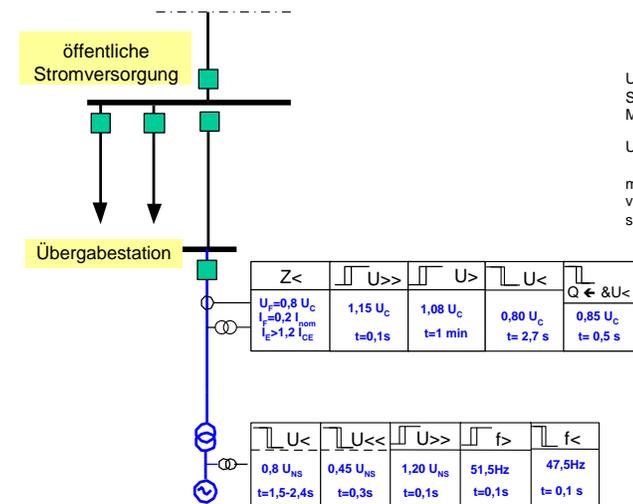
OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

33

Schutzkonzepte

Erzeugungsanlagen am Hochspannungsnetz

Anschluss im MS-Netz - mit Blindstromeinspeisung im Fehlerfall



U_c = vereinbarte Spannung im Mittelspannungsnetz

$$U_n = U_c / \ddot{u}$$

mit \ddot{u} = Übersetzungsverhältnis der Niederspannungstransformatoren

[E34]

Dresden, 18.-20. Mai 2010

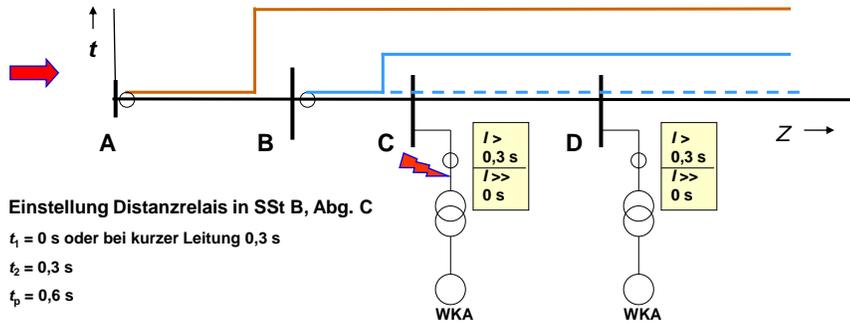
OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

34

Schutzkonzepte

Staffelbeispiel zur Einbeziehung einer Erzeugungsanlage

Staffelung zur selektiver Fehlererfassung angeschlossener Einspeiser im MS-Netz



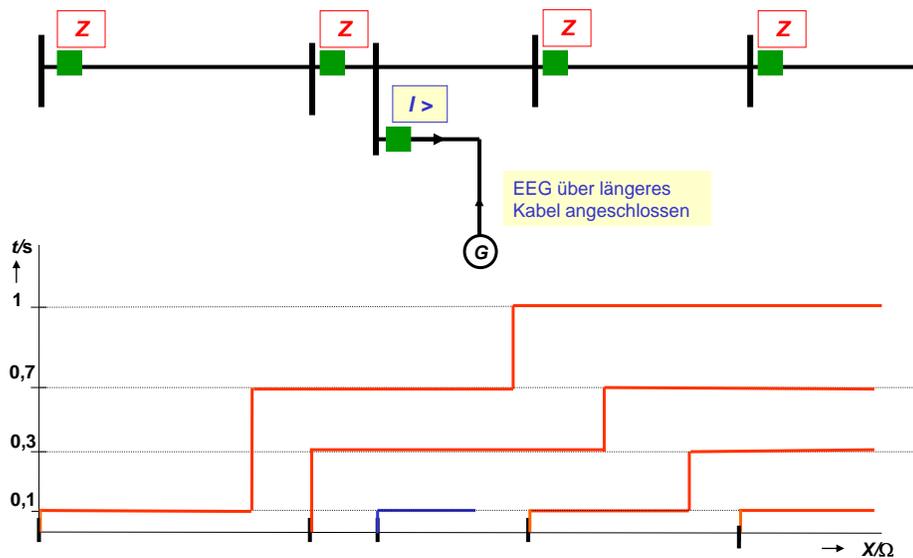
Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

35

Schutzkonzepte

Staffelbeispiel zur Einbeziehung einer Erzeugungsanlage



Dresden, 18.-20. Mai 2010

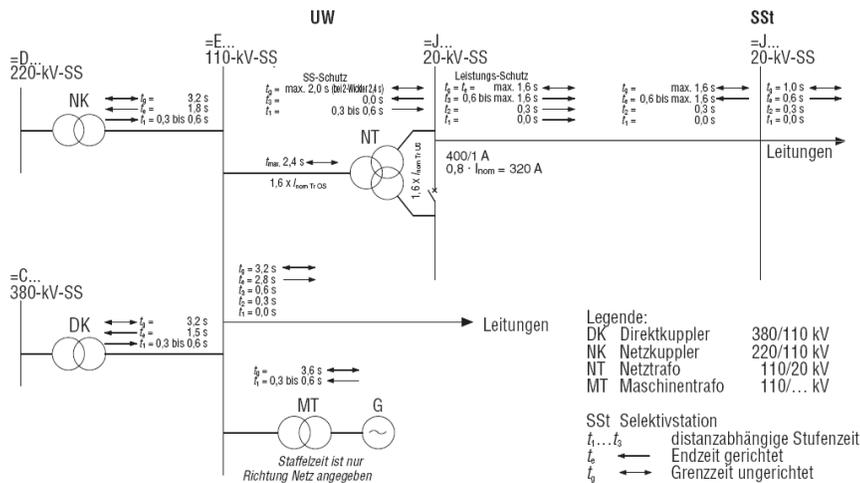
OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

36

Schutzkonzepte

Beispiele für Schutzkonzepte

Stufen- und Endzeiten im HS- und MS-Netz



Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

37

Schutzkonzepte

Weitere Schwerpunkte einer Schutzkonzeption

- Verwendung der $R-X$ -Anregung in der MS-Transformatoreneinspeisung als Leitungsreserveschutz
- Haupt- und Reserveschutz bei Transformatoren
- Kupplungsschutz
- Einbauhinweise
- Schaltungsunterlagen

Eine Behandlung war aus Zeitgründen nicht möglich

Dresden, 18.-20. Mai 2010

OMICRONcamp Hinz, K. / Schossig, W.

38

Schutzkonzepte 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. 1. Auflage 2003, VDN/VEÖ. 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. <http://www.vde.de/de/infocenter/seiten/details.aspx?eslshopitemid=0a2decea-9c27-4541-aa57-6b75845f7602>
- [E12] VDEW-Ringbuch: Richtlinie für den Sammelschienenschutz. 3. Auflage 2001 und Anregeprobleme beim Reserveschutz. Ausg. Juni 1992. VDEW. <http://www.vde.com/FNN>
- [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 Hochspannungs-Schaltanlagen bei inneren Lichtbögen (Störlichtbögen).
- [E33] Albrecht,E.W.: Effektive Staffelung von Überstromzeitrelais.OMICRON Anwendertagung 2003. <http://www.omicron.at/de/support/customer/appnotes/03-awt/>
- [E34] Technische Richtlinie Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. Ausgabe Juni 2008, BDEW http://www.vde.de/de/fnn/dokumente/documents/rl_ea-am-ms-netz_bdew2008-06.pdf

Fortsetzung s. nächste Folie

Schutzkonzepte Empfehlungen und Richtlinien (Fortsetzung)

- [P11] Realisierung eines gerichteten Überstromzeitschutzes mit SIPROTEC 7SA6. S. 117-120, Applikations-Beispiele für SIPROTEC-Schutzgeräte. SIEMENS 2005, E50001-K4451-A101-A1, <http://siemens.siprotec.de>
- [P4] Mittelspannungsschutz mit AWE und Steuerung. S. 21-29, Applikations-Beispiele für SIPROTEC-Schutzgeräte. SIEMENS 2005, E50001-K4451-A101-A1, <http://siemens.siprotec.de>
- [P21]-; Einfacher Sammelschienenschutz durch rückwärtige Verriegelung. S. 223-225, Applikations-Beispiele für SIPROTEC-Schutzgeräte. SIEMENS 2005, E50001-K4451-A101-A1, <http://siemens.siprotec.de>
- [Cle_Ro] Clemens,H.; Rothe,K.: Schutztechnik in Elektroenergiesystemen. 3.Auflage1991, Berlin: VDE-Verlag
- [PV-Dist] Schossig,W.: Distanzschutz. VEM-Projektierungsvorschrift 3.7/3.90 vom 1.7.1990
- [ÜNB-Konzept] Herrmann.H.-J.; Ludwig,A.; Föhring,H.; Kühn,H.; Oechsle,F.: German Practice of Transmission System Protection. CIGRE 306-1 bis 12, 2007 October 15-20, Madrid