

Technisches Anwendungshandbuch Nr. 1 Die Niederspannungs-Selektivität mit ABB Leistungsschaltern

Die Niederspannungs-Selektivität mit ABB Leistungsschaltern

Inhalt

Theoretische Anmerkungen zur Selektivität

Einleitung 2

Wichtigste Begriffe

Selektivität 3
 Volle Selektivität - Teilsselektivität 3
 Überlastbereich - Kurzschlussbereich 4
 Tatsächliche Ströme, die in den Leistungsschaltern umlaufen 5

Selektivitätstechniken

Zeit-Strom-Selektivität 7
 Stromselektivität 8
 Zeitselektivität 9
 Energieselektivität 10
 Zonenselektivität 11

Wie man mit ABB Leistungsschaltern Selektivität erhält

Typen von ABB Leistungsschaltern 12

Selektivität zwischen modularen Leistungsschaltern

Einspeisungsseite S200 - Lastseite S200 13
 Einspeisungsseite S290D/S800D - Lastseite S20013

Selektivität zwischen kompakten und modularen Leistungsschaltern

Einspeisungsseite T1/T2/T3/T4 - Lastseite modulare Leistungsschalter 14
 Einspeisungsseite T5/T6/T7 - Lastseite modulare Leistungsschalter 15

Selektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern

Stromselektivität 16
 Zeitselektivität 17
 Energieselektivität 18
 Zonenselektivität (T4L/T5L/T6L) 19

Selektivität zwischen alle Luft-Leistungsschalter mit offenen Leistungsschaltern ersetzen

Traditionelle Lösung 25
 Bereichselektivität zwischen Emax und Tmax 26

Selektivität zwischen Luft-Leistungsschaltern

Zeitselektivität 28
 Zonenselektivität zwischen Emax 29
 Richtungsabhängige Zeitselektivität 32
 Richtungsabhängige Zonenselektivität 34

Anhang A:

MS/NS-Selektivität 40

Anhang B:

Allgemeine Betrachtungen zur Fehlerstrom-Selektivität 43

Anhang C:

Beispiel zur Studie der MS/NS-Selektivität 45

Anhang D:

Weitere Betrachtungen zu den tatsächlichen Strömen, die in den Leistungsschaltern umlaufen 48

Lexikon 52

Theoretische Anmerkungen zur Selektivität

Probleme und Erfordernisse für die Koordination der Schutzeinrichtungen

Die Wahl des Schutzsystems der elektrischen Installation ist grundlegend sowohl für die Gewährleistung des korrekten wirtschaftlichen und funktionellen Betriebs der ganzen Installation als auch, um die Probleme, die durch anomale Betriebsbedingungen oder regelrechte Störungen verursacht werden, auf ein Minimum zu reduzieren.

Im Rahmen dieser Analyse wird die Koordination zwischen den verschiedenen dem Schutz von Anlagenabschnitten oder spezifischen Komponenten gewidmeten Einrichtungen studiert, um:

- die Sicherheit von Anlage und Personen in jedem Fall zu gewährleisten,
- den einzelnen Bereich, der von dem Problem betroffen ist, ohne unüberlegte Eingriffe, welche die Energiebereitstellung in Bereichen, die nicht von der Störung betroffen sind, verringern, schnell zu finden und auszuschalten,
- die Auswirkungen des Fehlers auf die anderen intakten Teile der Anlage zu verringern (Verringerung des Spannungswerts, Stabilitätsverlust von umlaufenden Maschinen),
- den Stress auf Komponenten und Schäden im betroffenen Bereich zu verringern,
- die Versorgungskontinuität mit einer guten Qualität der Speisespannung zu gewährleisten,
- eine angemessene Unterstützung im Fall der Funktionsstörung der Schutzeinrichtung zu gewährleisten, die für das Ausschalten verantwortlich ist,
- dem für Instandhaltung und Managementsystem verantwortlichen Personal die Informationen zu liefern, die für die Wiederaufnahme des Betriebs in der kürzestmöglichen Zeit und mit minimalen Auswirkungen auf das restliche Netz erforderlich sind,
- einen guten Kompromiss zwischen Zuverlässigkeit, Einfachheit und Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Genauer gesagt, muss ein gutes Schutzsystem in der Lage sein:

- wahrzunehmen, was vorgefallen ist und wo es passiert ist, wobei es zwischen anomalen, aber tolerierbaren Situationen und Fehlersituationen in seinem Zuständigkeitsbereich unterscheiden muss, um unerwünschte Auslösungen zu vermeiden, die den ungerechtfertigten Stillstand eines intakten Anlagenteils verursachen,
- so rasch wie möglich zu handeln, um die Schäden (Zerstörung, vorzeitige Alterung etc.) zu beschränken und die Kontinuität und die Stabilität der Stromversorgung sicherzustellen.

Die Lösungen entstehen aus dem Kompromiss zwischen diesen beiden antithetischen Anforderungen - genaue Identifikation des Fehlers und schneller Eingriff - und werden aufgrund der Anforderung festgelegt, die zu bevorzugt ist.

In dem Fall, in dem es beispielsweise wichtiger ist, unerwünschte Auslösungen zu vermeiden, bevorzugt man in der Regel ein indirektes Schutzsystem, das auf Verriegelungen und der Datenübertragung zwischen verschiedenen Einrichtungen basiert, die vor Ort die elektrischen Kenngrößen messen, während die Geschwindigkeit und die Begrenzung der zerstörerischen Auswirkungen des Kurzschlusses Systeme mit direkter Wirkung verlangen, die direkt in die Einrichtungen integrierte Schutzauslöser aufweisen.

In Niederspannungssystemen für die Primär- und Sekundärverteilung wird meistens diese zweite Lösung bevorzugt.

Was die Norm zu Niederspannungsanlagen CEI 64-8 "Elektrische Verbraucheranlagen mit Bemessungsspannung unter 1000 V in Wechselstrom und unter 1500 V in Gleichstrom" betrifft, wird im Teil 5 "Auswahl und Installation der elektrischen Komponenten" folgendes behauptet:

“Selektivität zwischen Schutzeinrichtungen gegen Überströme (536.1)

Wenn mehrere Schutzeinrichtungen in Serie angeordnet sind und wenn die Betriebserfordernisse es rechtfertigen, müssen ihre Betriebseigenschaften so gewählt werden, dass sie nur den Teil der Anlage, in dem sich der Fehler befindet, von der Stromzufuhr trennen.“

Im Kommentarteil wird folgendes hinzugefügt:

“Die Betriebssituationen, die Selektivität verlangen, werden vom Auftraggeber oder dem Anlagenplaner festgelegt.“

Die Norm behauptet also, dass die Betriebseigenschaften so zu wählen sind, dass man Selektivität hat, wenn die Betriebserfordernisse es rechtfertigen.

Eine selektive Anlage planen, bedeutet in der Regel, die Planung einer Anlage zu wählen, die im Fehlerfall viel effizienter als eine nicht selektive Anlage sein wird.

Eine selektive Anlage planen bedeutet, nicht nur ein "fachgerechtes" Projekt zu realisieren, sondern auch eine gute Anlage zu planen, die über die normativen Aspekte hinaus tatsächlich den Anforderungen des Kunden gerecht wird.

Wichtigste Begriffe

Selektivität

Die Festlegung des Begriffs Selektivität erfolgt in der Norm der Niederspannungsschaltgeräte IEC EN 60947-1 "Niederspannungsschaltgeräte - Teil 1: Allgemeine Festlegungen"

"Auslöse Selektivität (wegen Überstrom) (441-17-15)

Koordination zwischen den Ansprechkennlinien von zwei oder mehreren in Reihe geschalteten Überstromschutz-einrichtungen in der Weise, dass beim Auftreten von Überströmen zwischen bestimmten Grenzwerten die zum Ausschalten innerhalb dieses Bereichs vorgesehene Einrichtung ausschaltet, während die anderen nicht ansprechen."

Dabei wird unter Überstrom ein Strom mit einem Wert über dem Bemessungs-Strom verstanden, der auf einer beliebigen Ursache beruht (Überlast, Kurzschluss etc.). Es gibt daher Selektivität zwischen zwei in Reihe geschalteten Leistungsschaltern, wenn der Leistungsschalter auf der Lastseite bei einem Überstrom, der beide durchquert, ausschaltet, um den Stromkreis zu schützen, während der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite eingeschaltet bleibt, um der restlichen Anlage die Stromversorgung zu gewährleisten.

Volle Selektivität - Teil Selektivität

Die Festlegungen der vollen Selektivität und der teilweisen Selektivität werden dagegen im Teil 2 der gleichen Norm wiedergegeben: IEC EN 60947-2 "Niederspannungsschaltgerät - Teil 2: Leistungsschalter"

"Volle Selektivität (2.17.2)

Überstrom Selektivität von zwei Überstromschutz-einrich-

tungen in Reihe, wobei die Schutzeinrichtung auf der Lastseite den Schutz übernimmt, ohne dass die andere Schutzeinrichtung wirksam wird."

"Teil Selektivität (2.17.3)

Überstrom Selektivität von zwei Überstromschutz-einrichtungen in Reihe, wobei bis zu einem gegebenen Überstromwert die Schutzeinrichtung auf der Lastseite den Schutz übernimmt, ohne dass die andere Schutzeinrichtung wirksam wird."

Man kann daher von **voller Selektivität** sprechen, wenn die Selektivität für jeden möglichen Überstromwert in der Anlage besteht.

Zwischen einem Leistungsschalterpaar spricht man von voller Selektivität, wenn die Selektivität bis zum kleineren der **I_{cu}**-Werte der beiden Leistungsschalter besteht, weil der höchste unbeeinflusste Kurzschlussstrom der Anlage auf jeden Fall kleiner oder gleich wie der kleinste der **I_{cu}**-Werte der beiden Leistungsschalter sein wird.

Man spricht dagegen von **Teil Selektivität**, wenn die Selektivität nur bis zu einem gewissen Stromwert **I_s** (Grenzwert der Selektivität) besteht. Wenn der Strom diesen Wert überschreitet, wird die Selektivität zwischen den beiden Leistungsschaltern nicht mehr gewährleistet.

Zwischen einem Leistungsschalterpaar spricht man von, wenn die Selektivität bis zu einem bestimmten **I_s**-Wert besteht, der kleiner als die **I_{cu}**-Werte der beiden Leistungsschalter ist. Wenn der höchste unbeeinflusste Kurzschlussstrom der Anlage kleiner oder gleich dem Selektivitätswert **I_s** ist, kann man noch von voller Selektivität sprechen.

Beispiel

Betrachten wir die beiden folgenden Leistungsschalter:

Auf der Versorgungsseite T4N250 PR221 In250 (I_{cu}=36kA)
 Auf der Lastseite S294 C 100 (I_{cu}=15kA)

Der Veröffentlichung der Koordinations-Tabellen kann man entnehmen, dass zwischen den beiden Leistungsschaltern volle Selektivität (T) besteht.

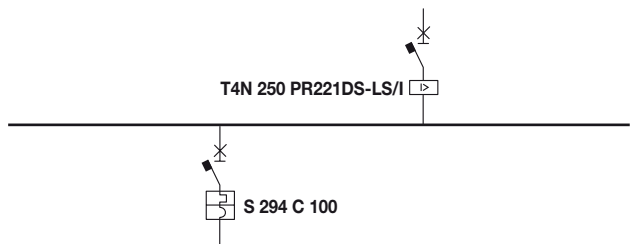
Das bedeutet, dass die Selektivität bis zu 15kA besteht, d.h. dem kleineren der beiden I_{cu}-Werte.

Der größtmögliche Kurzschlussstrom am Installationspunkt des Leistungsschalters S294 C 100 wird natürlich kleiner oder gleich 15kA sein.

Jetzt betrachten wir die beiden folgenden Leistungsschalter:

Auf der Versorgungsseite T4N250 PR221 In160 (I_{cu}=36kA)
 Auf der Lastseite S294 C 100 (I_{cu}=15kA)

Der Veröffentlichung der "Koordinations-Tabellen" kann man entnehmen, dass der Selektivitätswert zwischen den beiden Leistungsschaltern I_s=12kA ausmacht. Das bedeutet, dass man, wenn der höchste unbeeinflusste Kurzschlussstrom auf der Lastseite vom Leistungsschalter S294 C 100 kleiner als 12kA ist, totale Selektivität haben wird, während man Teil Selektivität haben wird, wenn der Kurzschlussstrom dagegen einen größeren Wert hat. Im letzteren Fall ist die Selektivität nur bei Fehlern mit Strom unter 12kA gewährleistet, während für Fehler zwischen 12 und 15 kA die Nicht-Auslösung des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite nicht gewährleistet ist.



Tmax T4 - S290 @ 400/415 V

Lastseite	Eigens.	I _{cu} [kA]	I _n [A]	T4						
				N,S H,L,V						
				TM, M				EL		
I _u [A]	250	320	160	250	320	160	250	320		
S290	C-K	15	80	5	11	T	T	T	T	T
			100	5*	8	T	T	12	T	T
	125			8*	12	T		T	T	
	80		5	11	T	T	T	T	T	
D	15	80	5	11	T	T	12	T	T	
		100		8	T	T	12	T	T	

* Wert gilt mit rein magnetischem Leistungsschalter auf der Versorgungsseite

Wichtigste Begriffe

Überlastbereich - Kurzschlussbereich

Hinsichtlich der Analyse der Selektivität, die wir in dieser Veröffentlichung vornehmen, werden die Begriffe "Überlastbereich" und "Kurzschlussbereich" eingeführt.

Unter "**Überlastbereich**" versteht man den Bereich der Stromwerte, und daher den entsprechenden Teil der Auslöse-Kennlinien des Leistungsschalter, die zwischen dem Bemessungs-Strom des Leistungsschalters und dem 8-10-fachen Wert desselben liegen.

Das ist der Bereich, in dem üblicherweise der thermische Schutz für die thermomagnetischen Auslöser oder die Schutzfunktionen L für die elektronischen Auslöser eingreifen sollen.

In der Regel entsprechen diese Ströme einem gesunden Stromkreis, in dem ein Verbraucher überlastet ist. Das ist ein Ereignis, das wahrscheinlicher als ein regelrechter Fehler ist.

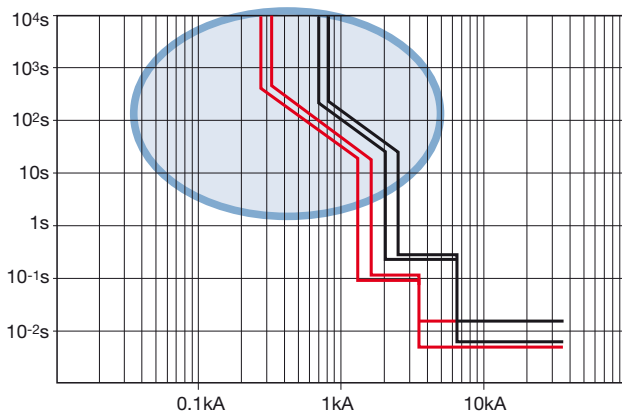
Unter "**Kurzschlussbereich**" versteht man den Bereich der Stromwerte, und daher den entsprechenden Teil der Auslöse-Kennlinien des Leistungsschalter, die 8-10 Mal größer als der Bemessungs-Strom des Leistungsschalters selbst sind.

Das ist der Bereich, in dem üblicherweise der magnetische Schutz für die thermomagnetischen Auslöser oder die Schutzfunktionen S, D und I für die elektronischen Auslöser eingreifen sollen.

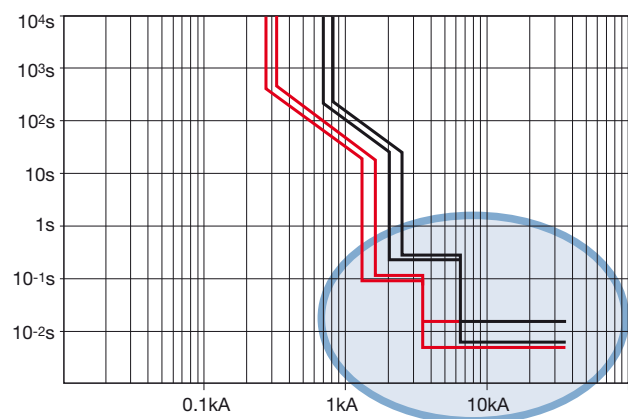
Diesen Werten entspricht in der Regel ein Fehler im Speisestromkreis.

Das ist ein Ereignis, das weniger wahrscheinlich als eine einfache Überlast ist.

Überlastbereich = $I_n \div 8-10I_n$



Kurzschlussbereich > $8-10I_n$



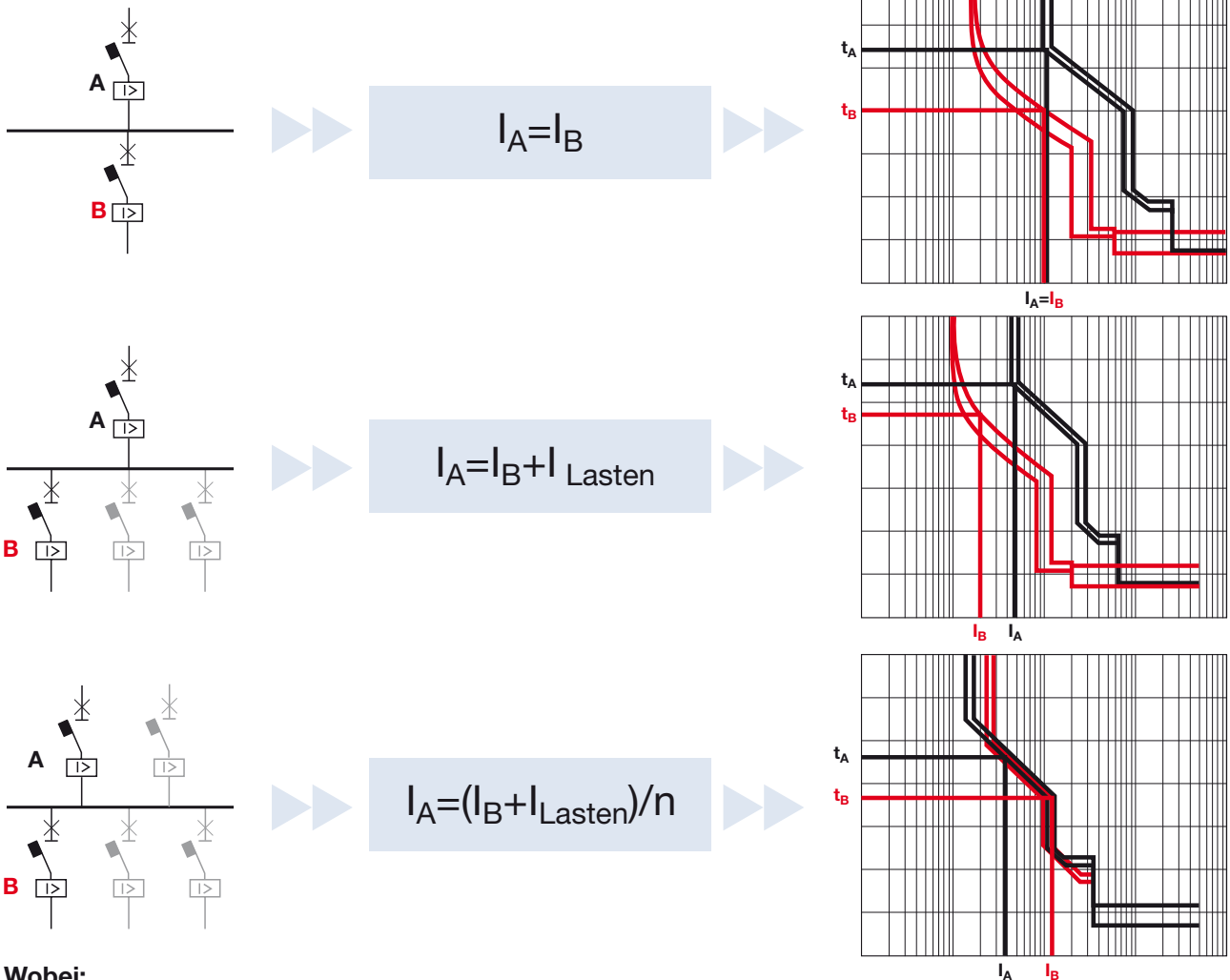
Effektive Stromflüssen in den Leistungsschaltern

Wenn man die Zeit-Strom-Kennlinien von zwei Leistungsschaltern vergleicht, wird man oft dazu verleitet, die Auslösezeiten der beiden Einrichtungen so zu betrachten, als würden sie von dem gleichen Strom durchfließen. Diese Betrachtung ist aber nur in dem Fall richtig, dass sich zwischen den beiden in Reihe geschalteten Leistungsschaltern keine anderen Abzweigungen befinden, d.h. dass es nur eine Zuleitung und eine Abgangsleitung gibt, die beiden am gleichen Knoten anliegen.

Wenn es dagegen mehrere versorgungsseitige Leistungsschalter auf der gleichen Sammelschiene oder mehrere Abgangsleitungen auf der Lastseite gibt, können die

Ströme, die diese Schaltgeräte durchfließen, auch stark voneinander abweichen. Hinsichtlich der tatsächlichen Ströme, die den Leistungsschalter durchfließen, kann man die drei folgenden wichtigsten Fälle annehmen:

- ein einziger Leistungsschalter auf der Versorgungsseite eines einzigen Leistungsschalters auf der Lastseite (vom gleichen Strom durchfließen)
- ein einziger Leistungsschalter auf der Versorgungsseite mehrerer Leistungsschalter auf der Lastseite (der versorgungsseitige Leistungsschalter wird von einem größeren Strom als der lastseitige Leistungsschalter durchflossen)
- zwei oder mehr Leistungsschalter auf der Versorgungsseite und mehrere Leistungsschalter auf der Lastseite. In erster Annäherung* kann man die folgenden Formeln als gültig betrachten.



Wobei:

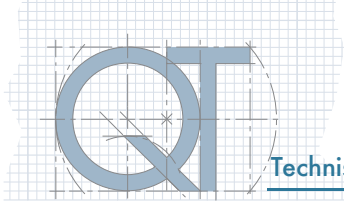
I_B der Überstrom ist, der den Leistungsschalter B durchläuft

I_A der Überstrom ist, der den Leistungsschalter A durchläuft

I_{Lasten} die Summe der Ströme ist, die beim normalen Betrieb von den Verbrauchern (mit Ausnahme von B) aufgenommen wird, die vom versorgungsseitigen Leistungsschalter A gespeist werden. Diese Summe kann eventuell durch passende Gleichzeitigkeits- und Gebrauchsfaktoren korrigiert werden.

n ist die Zahl der parallel geschalteten Leistungsschalter auf der Versorgungsseite.

* Diese Formeln berücksichtigen nicht die Phasenverschiebung zwischen den Strömen und die etwaige Asymmetrie des Stromkreises. Die ersten beiden Formeln sind auf jeden Fall konservativ und die dritte ist akzeptabel, wenn die beiden Speisestromkreise gleich sind.



Selektivitätstechniken

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Selektivitätstechniken und ihr Anwendungsbereich beschrieben.

Im Überlastbereich wird mit den im Spiel befindlichen Schutzeinrichtungen in der Regel eine Selektivität vom **Zeit-Strom**-Typ realisiert.

Im Kurzschlussbereich kann man mit den im Spiel befindlichen Schutzeinrichtungen unterschiedliche Selektivitätstechniken realisieren, insbesondere:

Stromselektivität

Zeitselektivität

Energieselektivität

Zonenselektivität.

Nach einer ersten theoretischen Beschreibung der verschiedenen Selektivitätstechniken gehen wir dazu über, zu untersuchen, welche dieser Techniken für die verschiedenen Typen der Leistungsschalter angemessen benutzt werden können.

Zeit-Strom-Selektivität

In der Regel haben die Überlastschutzeinrichtungen, egal ob mit einem Thermorelais oder durch die Funktion L eines elektronischen Relais erhalten, eine zeitabhängige Eigenschaft.

Unter zeitabhängiger Eigenschaft versteht man eine Ansprechereigenschaft, die bei zunehmendem Strom die Auslösezeit des Leistungsschalters verringert.

Wenn man Schutzeinrichtungen dieses Typs hat, ist die angewendete Selektivitätstechnik die Zeit-Strom-Selektivität.

Die Zeit-Strom-Selektivität realisiert die Auslöse Selektivität durch ein derartiges Regeln der Schutzeinrichtungen, dass die lastseitige Schutzeinrichtung für jeden möglichen Kurzstromwert schneller als der versorgungsseitige Leistungsschalter anspricht.

Wenn man die Auslösezeiten der beiden Leistungsschalter analysiert, ist folgendes zu berücksichtigen:

- die Toleranzen auf den Schwellenwerten und den Auslösezeiten
- die tatsächlichen Ströme, welche die Leistungsschalter durchfließen.

Praktisch bedeutet dies:

Was die Toleranzen angeht, stellt ABB SACE in den technischen Katalogen und in der Software DOC die Auslösekennlinien seiner Auslöser zur Verfügung. Insbesondere sind im Kennlinienmodul der Software DOC die Toleranzen bei den Kennlinien sowohl der elektronischen als auch der thermomagnetischen Auslöser schon inbegriffen. Das Ansprechen eines Auslösers ist daher durch zwei Kennlinien dargestellt, eine für längere Auslösezeiten (obere Kennlinie) und die andere für kürzere Auslösezeiten (untere Kennlinie).

Für eine korrekte Selektivitätsanalyse ist es erforderlich, die schlechteren Bedingungen zu berücksichtigen, d.h.:

- Der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite spricht mit seiner unteren Kennlinie an
- Der Leistungsschalter auf der Lastseite spricht mit seiner oberen Kennlinie an

Was die tatsächlichen Ströme angeht, welche die Leistungsschalter durchfließen:

- Wenn die beiden Leistungsschalter durch den gleichen Strom durchflossen werden, reicht es aus, dass keine Überdeckung zwischen der Kennlinie des versorgungsseitigen Leistungsschalters und des lastseitigen Leistungsschalters vorliegt.
- Wenn die beiden Leistungsschalter von unterschiedlichen Strömen durchflossen werden, ist eine Reihe signifikanter Punkte der Zeit-Strom-Kennlinie zu wählen und zu prüfen, dass die Auslösezeiten der Schutzeinrichtung auf der Versorgungsseite immer höher als die entsprechenden Zeiten der Schutzeinrichtung auf der Lastseite sind.

Im Fall von Leistungsschaltern welche mit elektronischen Auslösern ausgestattet sind, ist es insbesondere dort wichtig, wo der Verlauf der Kennlinien den Trend $I_2 t = \text{const}$ hat, für die korrekte Ausführung der Prüfung, die folgenden zwei Stromwerte in Betracht zu ziehen:

$1,05 \times I_1$ des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite (Wert, unterhalb dessen die versorgungsseitige Schutzeinrichtung nie anspricht)

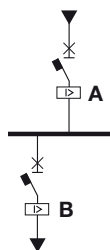
$1,20 I_3$ (oder I_2)² des Leistungsschalters auf der Lastseite

(Wert, oberhalb dessen die lastseitige Schutzeinrichtung bestimmt mit den Kurzschlussstrom-Schutzeinrichtungen anspricht)

1,05 x I1 des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite

Bei Annahme von $I_A = 1,05 \times I_1$, erhalten wir mit Bezug auf das, was zu den tatsächlich in der Leistungsschaltern umlaufenden Ströme gesagt wurde, den Strom I_B auf der Lastseite.

Der Zeit-Strom-Kennlinie entnimmt man die Auslösezeiten der beiden Einrichtungen.



1,20 I3 (oder I2) des Leistungsschalters auf der Lastseite

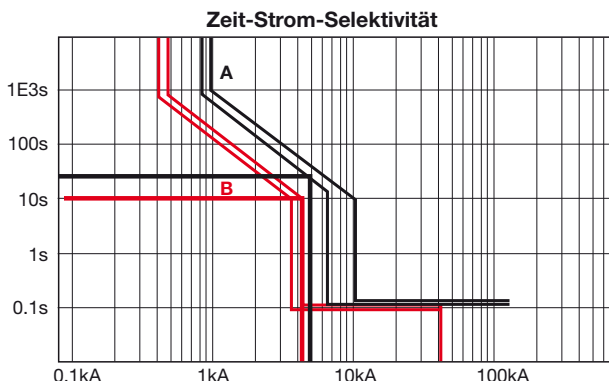
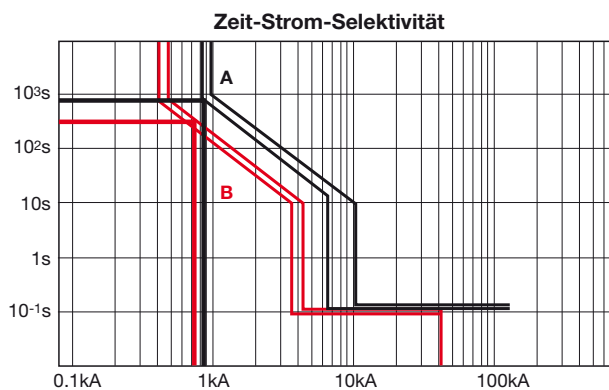
Unter der Annahme von $I_B = 1,20 \times I_3$ (oder I_2), erhält man analog wie vorher den Strom I_A auf der Lastseite und aus den Zeit-Strom-Kennlinien die Auslösezeiten der beiden Einrichtungen.

Wenn sich für die beiden betrachteten Punkte ergibt, dass:

$$t_A > t_B$$

ist die Selektivität im Überlastbereich gewährleistet.

In der Abbildung zur Seite wird eine Stromableitung durch andere Lasten angenommen.



1 $1,05$ ist der kleinste Wert für bestimmte Nichtauslösung, der von der Norm (IEC60947-2) gefordert wird. Für einige Typen von Leistungsschaltern könnte dieser Wert variieren (siehe den technischen Katalog für weitere Informationen).

2 $1,2$ ist der größte Wert für bestimmte Auslösung für den Schutz gegen Kurzschlussstrom, den die Norm fordert (IEC60947-2). Für einige Typen von Leistungsschaltern könnte dieser Wert tiefer sein (siehe den technischen Katalog für weitere Informationen).

Selektivitätstechniken

Stromselektivität

Dieser Selektivitätstyp basiert auf folgender Beobachtung: Je näher der Fehlerpunkt sich an der Stromversorgung der Anlage befindet, desto höher ist der Kurzschlussstrom. Es ist daher möglich, den Bereich, in dem der Fehler vorgekommen ist, zu unterscheiden, indem man die unverzögerten Schutzeinrichtungen auf unterschiedliche Stromwerte einstellt.

In der Regel gelingt es, die volle Selektivität nur in spezifischen Fällen zu erhalten, wo der Fehlerstrom nicht hoch ist und wo es eine Komponente mit hoher Impedanz gibt, die zwischen den beiden Schutzeinrichtungen vorhanden ist (Transformator, sehr langes Kabel oder Kabel mit kleinem Querschnitt etc.), und daher eine große Differenz zwischen den Werten des Kurzschlussstroms besteht.

Dieser Koordinationstyp wird daher vor allem in der Endverteilung benutzt (niedrige Werte des Bemessungs-

stroms und des Kurzschlussstroms, hohe Impedanz der Verbindungskabel).

Für die Studie werden in der Regel die Zeit-Strom-Kennlinien der Auslösung der Einrichtungen verwendet.

Sie ist intrinsisch schnell (unverzögert), einfach zu realisieren und wirtschaftlich.

Dagegen:

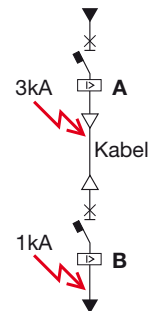
- ist der Selektivitätsgrenzstrom in der Regel niedrig, so dass man oft nur eine Teilsелеktivität erhält.
- Der Einstellwert der Schutzeinrichtungen gegen die Überströme steigt rasch an.
- Es ist nicht möglich, eine Redundanz der Schutzeinrichtungen zu erhalten, welche die Fehlerbeseitigung (in kurzen Zeiten) gewährleistet, wenn eine derselben nicht funktioniert.

Es ist ein Selektivitätstyp, den man auch unter Leistungsschaltern der gleichen Baugröße und ohne verzögerten Kurzschlusschutz (S) realisieren kann.

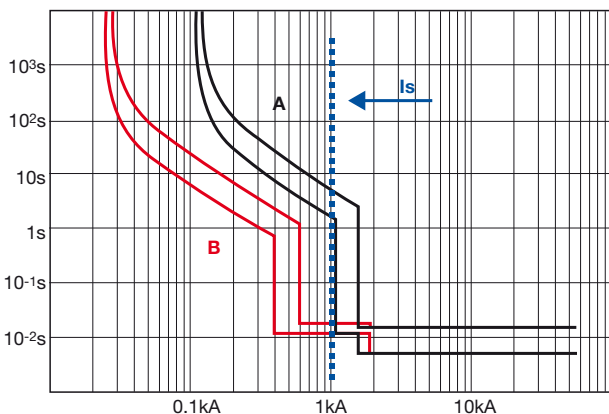
Praktisch bedeutet dies:

- Der Kurzschlusschutz des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite **A** wird auf einen Wert eingestellt, dass er für die Fehler nicht ausgelöst wird, die sich lastseitig von dem Schutz **B** ereignen. (Im Beispiel der Abbildung $I_{3_{\min A}} > 1\text{kA}$)
- Der Schutz des Leistungsschalters auf der Lastseite **B** wird so eingestellt, dass er für die Fehler anspricht, die sich auf der Lastseite der Schutzeinrichtung ereignen. (Im Beispiel der Abbildung $I_{3_{\max B}} < 1\text{kA}$)

Bei der Einstellung der Schutzeinrichtungen sind natürlich die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme zu berücksichtigen.



Stromselektivität



Der Selektivitätsgrenzwert, den man erhalten kann, ist so groß wie die unverzögerte Eingriffsschwelle der Schutzeinrichtung auf der Versorgungsseite minus eine etwaige Toleranz.

$$I_s = I_{3_{\min A}}$$

Anm.:

Dieser Selektivitätsgrenzwert, der an die magnetische Schwelle des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite gebunden ist, wird in allen Fällen überschritten, in denen man die Stromselektivität realisiert.

Für die Kombinationen von Leistungsschaltern, die einen Energieselektivitätswert haben, der in den von ABB veröffentlichten Koordinations-Tabellen steht, und wenn die Einstellwerte beachtet werden, die für die Energieselektivität angegeben sind, ist der zu berücksichtigende Selektivitätsgrenzwert der, der in den Tabellen steht und nicht der, den man mit der oben stehenden Formel erhält.

Zeitselektivität

Dieser Selektivitätstyp ist eine Weiterentwicklung des vorherigen. Bei diesem Koordinationstyp wird neben der Auslöseschwelle im Hinblick auf den Strom auch eine Auslösezeit festgelegt: Ein bestimmter Stromwert wird die Auslösung der Schutzeinrichtungen nach einem bestimmten Zeitintervall verursachen, das so beschaffen ist, dass etwaige Schutzeinrichtungen, die sich näher am Fehler befinden, ausgelöst werden und den Bereich, wo der Fehler sich befindet, ausschalten.

Die Einstellstrategie ist daher die, die Stromschwellen und die Verzögerungen bei der Auslösung progressiv zu erhöhen, wenn man sich die Stromversorgungsquellen nähert (Einstellniveau direkt mit dem hierarchischen Niveau verbunden).

Die verzögerten Auslöseschwellen müssen die Toleranzen der beiden Schutzeinrichtungen und die tatsächlichen Ströme berücksichtigen, die dort umlaufen.

Die Differenz zwischen den für die in Reihe geschalteten Schutzeinrichtungen eingestellten Verzögerungen müssen die Zeiten zur Erfassung und Beseitigung des Fehlers der Einrichtung auf der Lastseite und die Trägheitszeit

(Overshoot) der Einrichtung auf der Versorgungsseite berücksichtigen (Zeitintervall, während dem es zur Auslösung der Schutzeinrichtung kommen kann, auch wenn die Erscheinung schon abgeklungen ist).

Wie im Fall der Stromselektivität wird die Studie ausgeführt, indem man die Zeit-Strom-Kennlinien zur Auslösung der Schutzeinrichtungen vergleicht.

Dieser Koordinationstyp ist in der Regel wie folgt beschaffen:

- einfach zu studieren und zu realisieren,
- kostet wenig, weil er das Schutzsystem betrifft,
- gestattet es, auch hohe Selektivitätsgrenzwerte zu erhalten (wenn der I_{cw} hoch ist),
- gestattet eine Redundanz der Schutzfunktionen.

Dagegen:

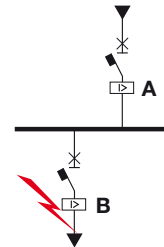
- sind die Auslösezeiten und die von den Schutzeinrichtungen durchgelassenen Energieniveaus, vor allem in der Nähe der Quellen hoch.

Es ist eine Selektivitätstyp, den man auch unter Leistungsschaltern der gleichen Baugröße realisieren kann, die mit elektronischen Auslösern mit verzögertem Kurzschlusschutz ausgestattet sind.

Praktisch bedeutet dies:

Die Schutzeinrichtungen gegen Kurzschluss der beiden Leistungsschalter werden wie folgt eingestellt:

- mit verzögerten Kurzschluss-Auslöseschwellen I_2 , die so eingestellt sind, dass sie keine Überdeckungen der Eingriffe verursachen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.
- mit Auslösezeiten t_2 , die so eingestellt werden, dass der Leistungsschalter auf der Lastseite **B** den Fehler löscht, während der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite **A**, der sich noch in der verzögerten Phase befindet, die Löschung des Stroms "sehen" kann und daher eingeschaltet bleibt.



Der Selektivitätsgrenzwert, den man erhält, ist so groß wie:

- die unverzögerte Auslöseschwelle der Schutzeinrichtung auf der Versorgungsseite, wenn diese Funktion freigegeben ist, minus eine etwaige Toleranz:

$$I_s = I_{3_{\min A}}$$

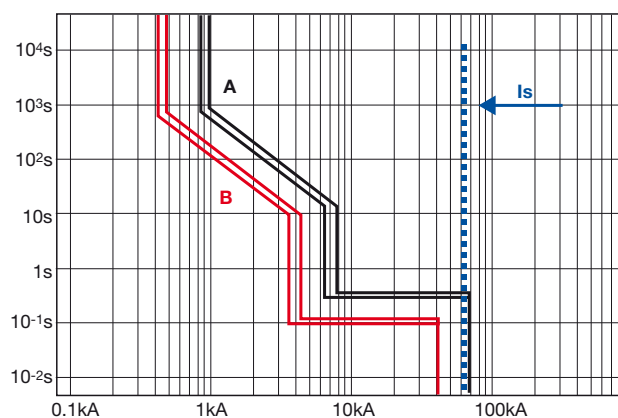
- der Wert I_{cw} für die Luft-Leistungsschalter auf der Versorgungsseite, wenn die unverzögerte Schutzfunktion auf OFF gestellt ist.

Anm.:

Diese Selektivitätsgrenzwerte werden in allen Fällen überschritten, in denen die Stromselektivität realisiert wird.

Für die Kombinationen von Leistungsschaltern, die einen Energieselektivitätswert haben, der in den von ABB veröffentlichten Koordinations-Tabellen steht, und wenn die Einstellwerte beachtet werden, die für die Energieselektivität angegeben sind, ist der zu berücksichtigende Selektivitätsgrenzwert der, der in den Tabellen steht und nicht der, den man mit den Betrachtungen dieses Abschnitts erhält.

Zeitselektivität



Selektivitätstechniken

Energieselektivität

Die Koordination auf der Basis der Durchlassenergie ein besonderer Selektivitätstyp, der die strombegrenzenden Eigenschaften der Kompakt-Leistungsschalter ausnutzt. Ein strombegrenzender Leistungsschalter ist nämlich "ein Leistungsschalter mit einer ausreichend kurzen Unterbrechungszeit, um zu vermeiden, dass der Kurzschlussstrom den Spitzenwert erreicht, den er sonst erreichen würde" (IEC EN 60947-2).

Praktisch haben alle Kompakt-Leistungsschalter ABB SACE der Serie Tmax, die modularen Leistungsschalter und die strombegrenzenden Luft-Leistungsschalter E2L E3L mehr oder weniger deutliche Strombegrenzungseigenschaften.

Unter Kurzschlussbedingungen sind diese Leistungsschalter extrem schnell (Auslösezeiten in der Größenordnung einiger Millisekunden) und schalten beim Vorliegen einer starken asymmetrischen Komponente aus.

Daher ist es nicht möglich, die Zeit-Strom-Auslösekennlinien der Leistungsschalter für die Koordinationsstudie zu verwenden, weil diese mit einer symmetrischen Sinuswellenform erhalten werden.

Die Erscheinungen sind überwiegend dynamischer Art (also dem Quadrat des unverzögerten Stromwertes proportional) und hängen stark von der Wechselwirkung zwischen zwei in Reihe geschalteten Schaltgeräten ab. Die Energieselektivitätswerte können daher nicht vom Endverbraucher festgelegt werden.

Die Hersteller stellen Tabellen, Rechenschieber und Berechnungsprogramme zur Verfügung, in denen die Grenzwerte der Stromselektivität I_s unter Kurzschluss zwischen verschiedenen Leistungsschalterkombinationen geliefert werden. Diese Werte werden durch theoretische Integration mit den Resultaten der Tests festgelegt, die in Übereinstimmung mit den Angaben des Anhangs A der Norm IEC EN 60947-2 ausgeführt werden.

Theoretische Anmerkungen zur Selektivität

Praktisch bedeutet dies:

Die Schutzeinrichtungen gegen Kurzschluss der beiden Leistungsschalter müssen die folgenden Bedingungen erfüllen:

- Thermomagnetischer Auslöser auf der Versorgungsseite

Die magnetischen Auslöseschwellen müssen so eingestellt sein, dass sie keine Überdeckungen der Eingriffe verursachen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

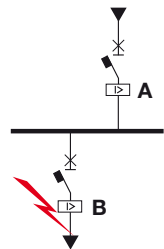
Die magnetische Schwelle des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite muss größer oder gleich $10 \times I_n$ sein oder auf den höchsten Wert eingestellt sein, sofern er einstellbar ist.

- Elektronischer Auslöser auf der Versorgungsseite

Die etwaigen verzögerten Kurzschlusschutzeinrichtungen S müssen so eingestellt werden, wie es für die Zeitselektivität angegeben wurde.

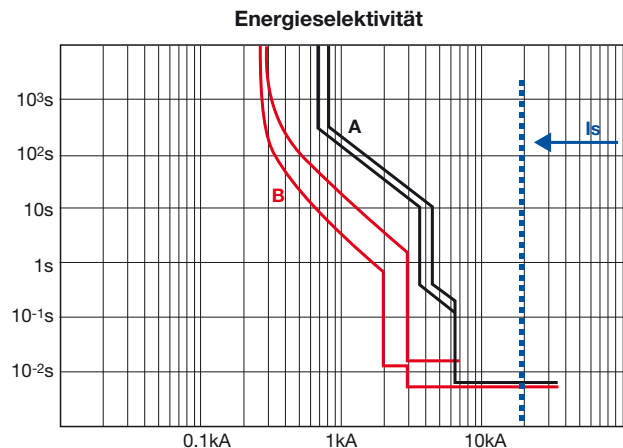
Die unverzögerte Schutzfunktion I der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite muss auf OFF gestellt worden sein.

I3=OFF



Der Selektivitätsgrenzwert I_s , ist in der Koordinationstabelle ersichtlich, welche ABB SACE dem Kunden zur Verfügung stellt.

Version		Versorg.		T5			
				N,S,H,L,W			
Relais		TM		TM		LL	
Lastseite		I _n [A]		400		630	
		I _n [A]		400		630	
N	T3	63	25	25	25	25	25
		80	25	25	25	25	25
		100	25	25	25	25	25
		125	20	20	20	20	20
		160			20	20	20
		200				20	20
S	TM	250			20	20	20
		63	25	25	25	25	25
		80	25	25	25	25	25
		100	25	25	25	25	25
		125	20	20	20	20	20
		160			20	20	20
200				20	20		
250				20	20		



Zonenselektivität

Dieser Selektivitätstyp ist eine Weiterentwicklung der Zeitkoordination.

In der Regel wird die Zonenselektivität durch den Dialog zwischen Strommesseinrichtungen erhalten, was es nach der Überschreitung der Einstellschwelle gestattet, den Fehler korrekt zu identifizieren und die Stromversorgung nur im Fehlerbereich auszuschalten.

Sie kann auf zwei Arten realisiert werden:

- Die Messeinrichtungen senden die Informationen, die mit der Überschreitung der Stromeinstellschwelle verbunden sind, einem Supervisionssystem und dieses identifiziert die Schutzeinrichtung, die ansprechen muss.

- Wenn Stromwerte vorliegen, die über ihrem Einstellwert liegen, sendet jede Schutzeinrichtung über eine direkte Verbindung der einen Bus an die hierarchisch übergeordnete Schutzeinrichtung (auf der Versorgungsseite im Bezug zur Richtung des Leistungsflusses) ein Sperrsignal und prüft, bevor sie anspricht, ob nicht ein analoges Sperrsignal von der Schutzeinrichtung auf der Lastseite eingetroffen ist. Auf diese Weise wird nur die unmittelbar stromauf befindliche Schutzeinrichtung ausgelöst.

Der zweite Fall gestattet bestimmte kürzere Auslösezeiten. Im Bezug zu einer Koordination vom Zeittyp entfällt die Notwendigkeit, die absichtliche Verzögerung nach und nach zu erhöhen, wenn man sie in Richtung auf die Versorgungsquelle bewegt. Die Verzögerung kann auf die Zeit verringert werden, die erforderlich ist, um das Vor-

liegen eines etwaigen Sperrsignals auszuschließen, das von der Schutzeinrichtung auf der Lastseite kommt.

Es handelt sich um einen Selektivitätstyp, der für Radialnetze geeignet ist, und im Fall der Zuordnung der richtungsabhängigen Schutzfunktion, auch für vermaschte Netze. Im Bezug zu einer Koordination vom Zeittyp gestattet die Zonenselektivität folgendes:

- Verringerung der Auslösezeiten (diese können auch kleiner als hundert Millisekunden sein)
- Verringerung sowohl der Schäden, die der Fehler verursacht hat, als auch der Störungen am Versorgungsnetz
- Verringerung der thermischen und dynamischen Belastungen der Anlagenkomponenten
- eine hohe Anzahl von Selektivitätsstufen zur Verfügung zu haben.

Dagegen:

- Es ist Anmerkung kostenmäßig als auch hinsichtlich der Anlagenkomplexität anspruchsvoller.
- Es verlangt eine Hilfsspeisespannung.

Diese Lösung wird daher vorwiegend in Systemen mit einem hohen Wert des Bemessungsstroms und des Kurzschlussstroms verwendet, wenn unverzichtbare Anforderungen sowohl an die Sicherheit als auch die Betriebskontinuität bestehen. Insbesondere findet man Beispiele der logischen Selektivität oft in Schaltanlagen der Primärverteilung, sofort lastseitig von Transformatoren und Generatoren.

Praktisch bedeutet dies:

Es ist ein Selektivitätstyp, der realisiert werden kann:

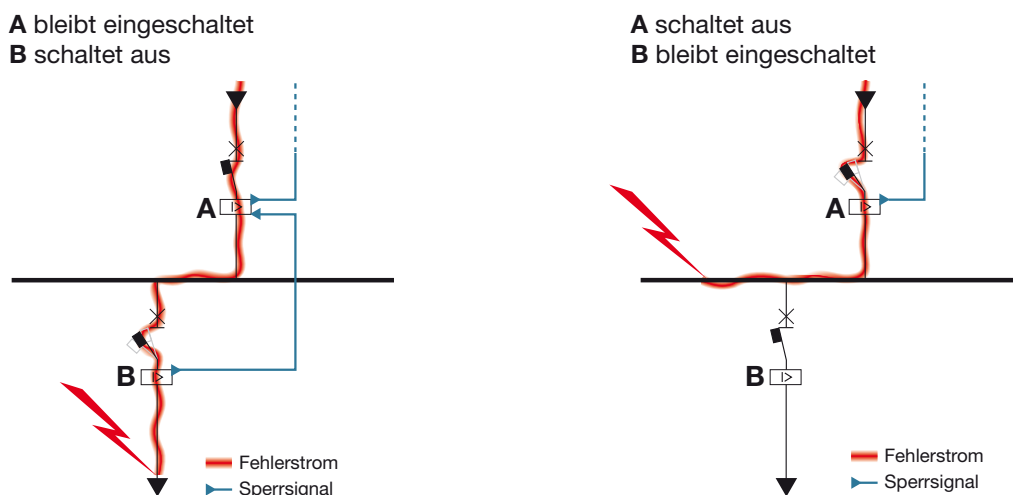
- zwischen offenen-Leistungsschaltern Emax, die mit den Auslösern PR122 und PR123 ausgestattet sind, Der Selektivitätsgrenzwert, den man erhält, ist gleich I_{cw} **$I_s = I_{cw}$**
- zwischen Kompakt-Leistungsschaltern Tmax T4L, T5L und T6L, die mit den Auslösern PR223 EF ausgestattet sind, Der Selektivitätsgrenzwert, den man erhält, ist gleich 100kA **$I_s = 100kA$**

Mit dem Kontakt **S51/P1** ist es möglich, eine Zonenselektivität zwischen Tmax und Emax zu realisieren.

Es ist auch möglich, eine Selektivitätskette zu realisieren, welche die ABB Mittelspannungs-Schutzeinrichtungen einschließt.

Das Betriebsprinzip der Zonenselektivität zwischen **ABB** Leistungsschaltern ist das folgende:

Wenn Stromwerte vorliegen, die über ihrem Einstellwert liegen, sendet jede Schutzeinrichtung über eine direkte Verbindung der einen Bus an die hierarchisch übergeordnete Schutzeinrichtung (auf der Versorgungsseite im Bezug zur Richtung des Leistungsflusses) ein Sperrsignal und prüft, bevor sie anspricht, ob nicht ein analoges Sperrsignal von der Schutzeinrichtung auf der Lastseite eingetroffen ist. Auf diese Weise wird nur die unmittelbar stromauf befindliche Schutzeinrichtung ausgelöst.



Wie man mit ABB Leistungsschaltern Selektivität erhält

In den folgenden Kapiteln befassen wir uns eingehend damit, wie man die Selektivität mit den verschiedenen Typen der ABB-Leistungsschalter erhält.

Jedes Kapitel ist einer Kombination von Leistungsschaltern und den Methoden gewidmet, wie an die Selektivität zwischen ihnen sucht. In dieser Veröffentlichung werden Angaben für eine schnelle Wahl der Einstellungen der Leistungsschalter gegeben, um die Selektivität zu erhalten.

Diese Angaben zu den Einstellungen der Relais sind allgemeiner Art und dienen für eine rasche Wahl der Einstellungen.

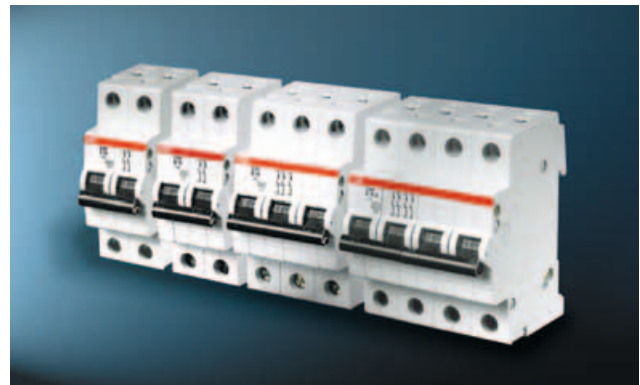
Für spezifische Anlagenbedingungen kann ABB SACE Angaben liefern, welche die in diesem Dokument stehenden Regeln nicht im engen Sinn beachten.

Untenstehend folgt eine kurze Beschreibung der unterschiedlichen Typen von ABB-Leistungsschaltern, die in diesem Heft berücksichtigt werden.

Typen von ABB Leistungsschaltern

Modulare Leistungsschalter

Das sind die Leistungsschalter der Serie System Pro-M. Sie sind mit thermomagnetischen Auslösern ausgestattet, deren Ansprechigenschaften der Norm CEI 23-3 (IEC 60898) und der DIN VDE 0660 entsprechen. Diese Leistungsschalter haben auch ein Ausschaltvermögen (I_{cu}), das der Norm IEC EN 60947-2 entspricht. Die Grenzen der Energieselektivität, die in den Tabellen stehen, beziehen sich auf diese letzte Norm.



Kompakt-Leistungsschalter

Das sind die Leistungsschalter der Serie Tmax und Isomax.

Sie können mit thermomagnetischen und elektronischen Auslösern ausgestattet werden.

Der ausgereifteste elektronische Auslöser der Serie Tmax ist der PR223EF, der es gestattet, die Zonenselektivität zwischen Kompakt-Leistungsschalter zu realisieren.



Offene-Leistungsschalter

Das sind die Leistungsschalter der Serie Emax.

Sie können nur mit elektronischen Auslösern ausgestattet werden.

Die ausgereiftesten elektronischen Auslöser der Serie Emax sind der PR122/P, der es gestattet, die Zonenselektivität zu realisieren, und der PR123/P, der es gestattet, neben der Zonenselektivität auch die Richtungsabhängige Zonenselektivität zu realisieren.



Selektivität zwischen modularen Typen

Es handelt sich um Leistungsschalter mit thermomagnetischem Auslöser, so dass sowohl die Zeitselektivität als auch die Zonenselektivität nicht möglich sind.

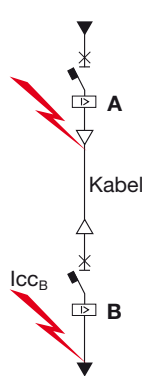
Die beiden Selektivitätstechniken, die man je nach den Typ der versorgungsseitigen modularen Leistungsschalter benutzen kann, sind die Stromselektivität und die Energieselektivität.

Einspeisungsseite S200 - Lastseite S200

Zwischen zwei Leistungsschaltern der Serie S200 kann nur die Stromselektivität gesucht werden.

Insbesondere gelten die folgenden Vorschriften:

- Im **Überlastbereich** muss der Leistungsschalter auf der Lastseite mit kürzeren Zeiten im Bezug zum Leistungsschalter auf der Versorgungsseite ansprechen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.
- im **Kurzschlussbereich** wenn:
 - $I_{3_{minA}}$ die untere magnetische Schwelle des Leistungsschalter auf der Versorgungsseite **A**
 - $I_{3_{MaxB}}$ die obere magnetische Schwelle des Leistungsschalter auf der Lastseite **B**
 - I_{ccB} der höchste unbeeinflusste Kurzschlussstrom auf der Lastseite von **B**



Wenn die folgenden Beziehungen nachwiesen werden:

$$I_{3_{minA}} > I_{ccB}$$

$$I_{3_{MaxB}} < I_{ccB}$$

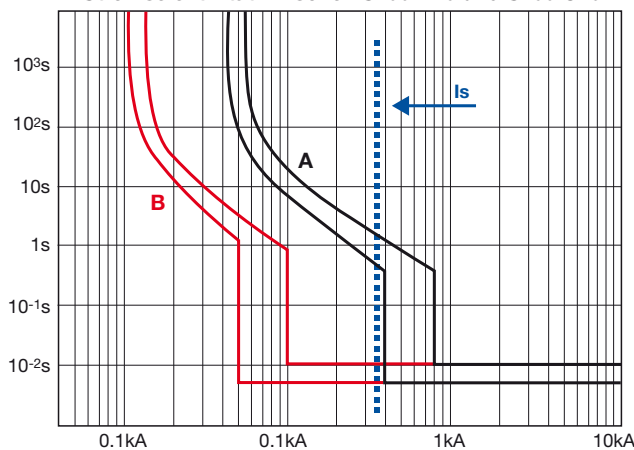
kann man von **voller Selektivität** sprechen.

Ansonsten handelt es sich um **Teilelektivität** und der Grenzwert der Selektivität wird sein:

$$I_s = I_{3_{minA}}$$

Dies gilt unter den Annahmen, dass die magnetischen Auslöseschwellen des versorgungsseitigen Leistungsschalters und des lastseitigen Leistungsschalters so eingestellt sein müssen, dass sie keine Überdeckungen der Eingriffe verursachen, wenn man die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Stromselektivität zwischen S200 D40 und S200 C10

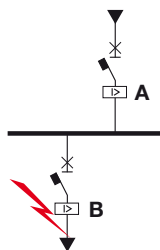


Einspeisungsseite S290D/S800D - Lastseite S200

Zwischen den Leistungsschaltern S800 Kennlinie D oder S290 Kennlinie D auf der Versorgungsseite und den Leistungsschaltern der Serie S200 auf der Lastseite liefert ABB SACE die Selektivitätstabellen, in denen die Werte der Energieselektivität stehen.

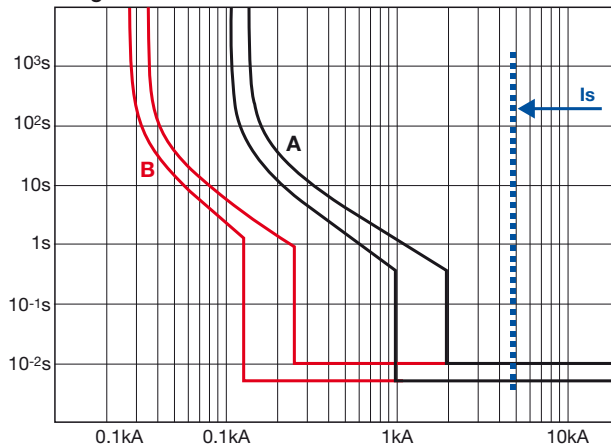
Damit die Werte der Tabellen als gültig zu betrachten sind, gelten die folgenden Bestimmungen:

- Im **Überlastbereich** muss der Leistungsschalter auf der Lastseite mit kürzeren Zeiten im Bezug zum Leistungsschalter auf der Versorgungsseite ansprechen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.
- im **Kurzschlussbereich** müssen die untere magnetische Auslöseschwellen des versorgungsseitigen Leistungsschalters und die obere magnetische Auslöseschwelle des lastseitigen Leistungsschalters so eingestellt sein, dass sie keine Überdeckungen der Eingriffe verursachen, wenn man die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.



Der Selektivitätsgrenzwert I_s ist in der Koordinationstabelle ersichtlich, welche ABB SACE dem Kunden zur Verfügung stellt.

Energieselektivität zwischen S290 D100 und S200L C25



		Vorsor.		S800N-S					
		D		D					
		15		36-50					
Eigenschaft		80	100	32	40	50	63		
Lastseite	S200L C	5	I_n [A]	80	100	32	40	50	63
			6-8	0,6	0,8	1,1	1,4		
			10	0,6	0,8	1,1	1,4		
			13	0,6	0,8	1,1	1,4		
			16	0,6	0,8	1,1	1,4		
			20	0,8	1,1	1,3			
			25	0,8	1,1	1,3			
			32	0,9	1,1				
			40	1,1					

Selektivität zwischen kompakten und modularen Typen

Wie man mit ABB Leistungsschaltern Selektivität erhält

Hier wird der Fall analysiert, in dem man die Selektivität zwischen einem Kompakt-Leistungsschalter auf der Versorgungsseite und einem modularen Leistungsschalter auf der Lastseite sucht.

In diesem Fall hat man dank der unterschiedlichen Baugröße der beiden Leistungsschalter immer die Möglichkeit, die Energieselektivität zu realisieren.

Einspeisungsseite T1/T2/T3/T4 - Lastseite modulare Typen

In der Veröffentlichung "Koordinations-Tabellen" stehen Tabellen mit der Leistungsschaltern der Serie Tmax T1, T2, T3 und T4 auf der Versorgungsseite der modularen Leistungsschalter der Serie S200, S290 und S800. Die angegebenen Werte der Energieselektivität sind gültig, nachdem die hier folgenden Bedingungen nachgewiesen worden sind.

Überlastbereich

Im **Überlastbereich** muss der Leistungsschalter auf der Lastseite mit kürzeren Zeiten im Bezug zum Leistungsschalter auf der Versorgungsseite ansprechen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Kurzschlussbereich

Thermomagnetischer Leistungsschalter auf der Versorgungsseite

Die magnetische Auslöseschwelle muss sein:

- größer oder gleich $10I_n$, wenn man eine feste magnetische Schwelle hat (TMD)
- auf den Höchstwert eingestellt, wenn man eine einstellbare magnetische Schwelle hat (TWA)
- so beschaffen sein, dass sie keine Überdeckungen der Eingriffe mit dem lastseitigen Leistungsschalter verursachen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Elektronischer Leistungsschalter auf der Versorgungsseite

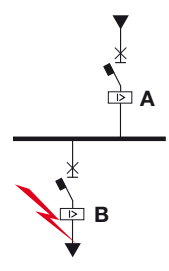
Die unverzögerte Schutzfunktion **I** muss auf OFF gestellt worden sein.

I3=OFF

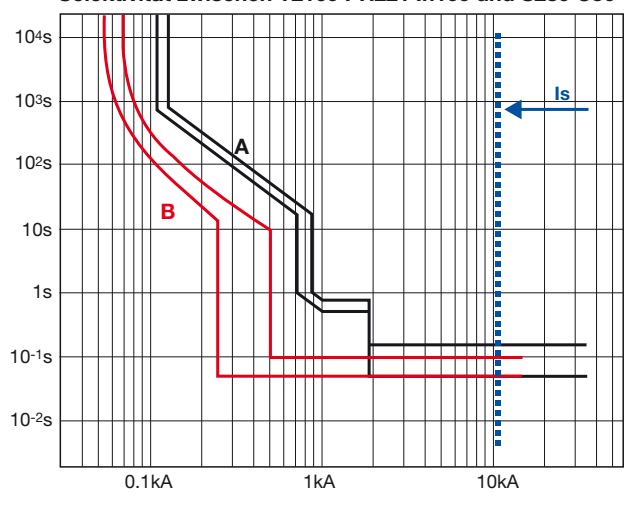
Die Stromschwelle **I2** der Funktion **S**, minus die etwaige Toleranz, wird so eingestellt, dass es nicht zur Überdeckung der Auslösung mit der oberen magnetischen Schwelle des Leistungsschalters aus der Lastseite **I3_{MaxB}** kommt. Natürlich sind die tatsächlichen Ströme, welche die Leistungsschalter durchfließen, zu berücksichtigen.

Was die Auslösezeit **t2** der **S** betrifft:

$$t_{2A} \geq 100ms \text{ sowohl mit } I^2t=const \text{ als auch mit } t=const$$



Selektivität zwischen T2160 PR221 In100 und S280 C50

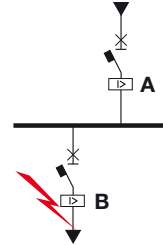


Der Selektivitätsgrenzwert **Is**, ist in der Koordinationstabelle ersichtlich, welche ABB SACE dem Kunden zur Verfügung stellt.

Lastseite	Eigensch.	I _{cu} [kA]	T2																	
			Version N,S,H,L																	
			Relais TM,M										EL							
			I _n [A]	160																
S200P	C	25	"2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
			3	15	15	15	15	15	15	15	15	15	17	T	T	T	T	T	T	
			4	15	15	15	15	15	15	15	15	15	17	T	T	T	T	T	T	T
			6	5.5*	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	10.5	15	17	T	T		T	T	T	T
			8			5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	10.5	15	17	T	T		T	T	T	T
			10				3*	3	3	3	4.5	7.5	8.5	17	T	T		T	T	T
	B-C	15	13				3*	3	3	4.5	7.5	7.5	12	20	T		T	T	T	T
			16					3*	3	4.5	5	7.5	12	20	T			T	T	T
			20						3*	3	5	6	10	15	T			T	T	T
			25							3*	5	6	10	15	T			T	T	T
			32								3*	6	7.5	12	T			T	T	T
			40										5.5*	7.5	12	T			T	T
			50							3*	5*	7.5	10.5				10.5	10.5		
			63								5*	10.5						10.5		

Einspeisungsseite T5/T6/T7 - Lastseite modulare Typen

Mir den Kompakt-Leistungsschaltern Tmax T5, T6, T7 und den modularen Leistungsschaltern auf der Lastseite hat man immer die **vollständige Selektivität**, wenn die im Folgenden beschriebenen Bedingungen nachgewiesen werden.



Überlastbereich

Im Überlastbereich muss der Leistungsschalter auf der Lastseite mit kürzeren Zeiten im Bezug zum Leistungsschalter auf der Versorgungsseite ansprechen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Kurzschlussbereich

Thermomagnetischer Leistungsschalter auf der Versorgungsseite

Die magnetische Auslöseschwelle muss sein:

- größer oder gleich $10 \times I_n$, wenn man eine feste magnetische Schwelle hat (TMD)
- auf den Höchstwert eingestellt, wenn man eine einstellbare magnetische Schwelle hat (TWA)
- so beschaffen sein, dass sie keine Überdeckungen der Eingriffe mit dem lastseitigen Leistungsschalter verursachen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern durchlaufenden Ströme berücksichtigt.

Elektronischer Leistungsschalter auf der Versorgungsseite

Die unverzögerte Schutzfunktion **I** muss auf OFF gestellt worden sein.

I3=OFF

Die Stromschwelle **I2** der Funktion **S**, minus die etwaige Toleranz, wird so eingestellt, dass es nicht zur Überdeckung der Auslösung mit der oberen magnetischen Schwelle des Leistungsschalters aus der Lastseite **I3_{MaxB}** kommt, wobei immer die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme zu berücksichtigen sind.

Was die Auslösezeit **t2** der **S** betrifft:

$$t_{2A} \geq 100\text{ms} \text{ sowohl mit } I^2t=\text{const} \text{ als auch mit } t=\text{const}$$

Der Grenzwert der Selektivität **I_s** ist der kleinere zwischen dem Ausschaltvermögen des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite und dem Ausschaltvermögen des Leistungsschalters auf der Lastseite.

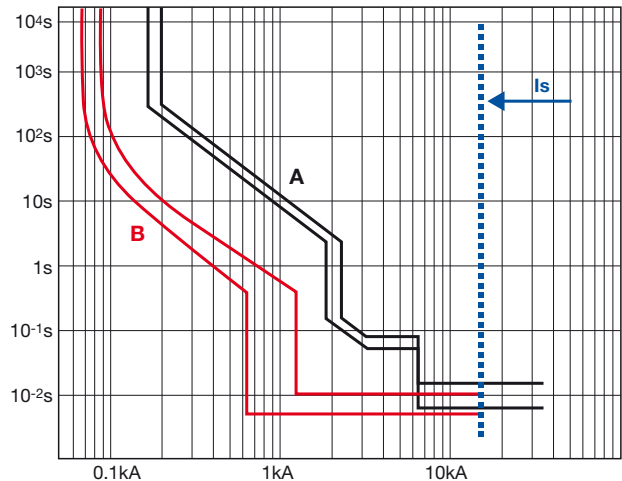
Mit Bezug auf das Beispiel der obigen Abbildung

S284D63 **I_{cu} = 15kA**

T5N400 **I_{cu} = 36kA**

daher ergibt sich **I_s = 15kA**

Selektivität zwischen T5N400 PR221In320 und S284 D63



Selektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern

Nun analysieren wir den Fall, in den man die Selektivität zwischen zwei Kompakt-Leistungsschaltern anstrebt. In diesem Fall kann man unterschiedliche Techniken anwenden, um die Selektivität zwischen den Leistungsschaltern zu erhalten:

Stromselektivität

für Leistungsschalterkombinationen, der keinen energetischen Selektivitätswert haben, wenn zwischen den beiden ein Element mit hoher Impedanz angeordnet ist

Zeitselektivität

für Leistungsschalterkombinationen, die keine Energie-

selektivität zueinander haben, und wenn der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite einen elektronischen Auslöser hat

Energieselektivität

für die Kombinationen, die in der offiziellen "Koordinations-Tabellen" stehen

Zonenselektivität

für die Leistungsschalter Tmax, die mit den Auslösern PR223EF ausgestattet sind

Stromselektivität

Die Verwendung von Stromselektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern kann erforderlich sein, wenn man Leistungsschalter der gleichen Baugröße hat, von denen keine Werte aus Tabellen der Energieselektivität vorliegen.

Man kann auf jeden Fall nur niedrige Selektivitätswerte in der Größenordnung von höchstens dem 10-fachen Wert des Bemessungsstroms I_n des Auslösers auf der Versorgungsseite haben.

Um die Stromselektivität zu erhalten, sind die folgende Bestimmungen zu beachten:

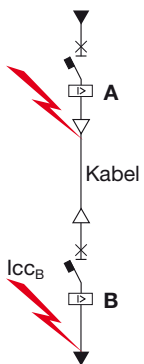
Im **Überlastbereich** muss der Leistungsschalter auf der Lastseite mit kürzeren Zeiten im Bezug zum Leistungsschalter auf der Versorgungsseite ansprechen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Im **Kurzschlussbereich** wenn:

$I_{3_{minA}}$ die untere magnetische Schwelle des Leistungsschalter auf der Versorgungsseite **A**

$I_{3_{MaxB}}$ die obere magnetische Schwelle des Leistungsschalter auf der Lastseite **B**

I_{CC_B} der höchste unbeeinflusste Kurzschlussstrom auf der Lastseite von **B**



Wenn die folgenden Beziehungen nachgewiesen werden:

$$I_{3_{minA}} > I_{CC_B}$$

$$I_{3_{MaxB}} < I_{CC_B}$$

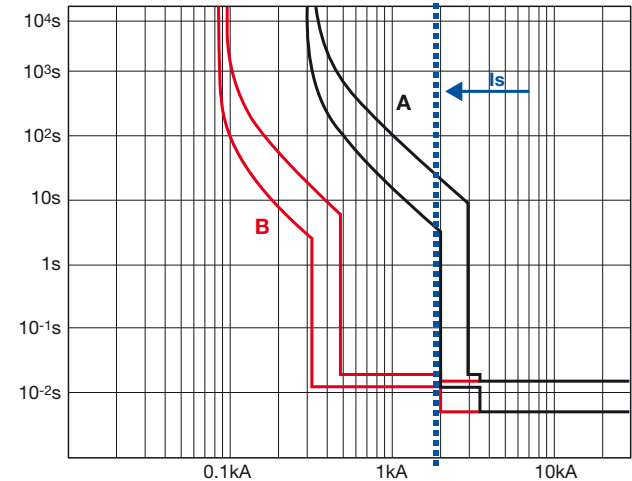
kann man von **voller Selektivität** sprechen.

Ansonsten handelt es sich um **Teilelektivität** und der Grenzwert der Selektivität wird sein:

$$I_s = I_{3_{minA}}$$

Dies gilt unter den Annahmen, dass die magnetischen Auslöseschwellen des versorgungsseitigen Leistungsschalters und des lastseitigen Leistungsschalters so eingestellt sein müssen, dass sie keine Überdeckungen der Eingriffe verursachen, wenn man die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Stromselektivität zwischen T4N250 TMA250 und T4N250 TMAi



Zeitselektivität

Die Suche der Zeitselektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern kann erforderlich sein, wenn man Leistungsschalter der gleichen Baugröße hat, von denen keine Werte aus Tabellen der Energiselektivität vorliegen und der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite mit einem elektronischen Auslöser mit Funktion S (T2-T4-T5-T6-T7) ausgestattet ist.

Man kann auf jeden Fall nur niedrige Selektivitätswerte in der Größenordnung von maximal 10-12 Mal der Bemessungsstrom I_n des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite haben.

Um die Zeitselektivität zu erhalten, sind die folgende Bestimmungen zu beachten:

Im **Überlastbereich** muss der Leistungsschalter auf der Lastseite mit kürzeren Zeiten im Bezug zum Leistungsschalter auf der Versorgungsseite ansprechen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Im Kurzschlussbereich

- Die Stromschwelle I_{2A} der Funktion **S** des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite wird so eingestellt, dass es nicht zur Überdeckung der Auslösung mit der Kurzschlussstromschwelle (**I3** oder **I2**) des Leistungsschalter auf der Lastseite kommt, wobei immer die Toleranzen die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme zu berücksichtigen sind.
- Was die Auslösezeit t_2 der Funktion **S** angeht, werden hier die Einstellungen des Kompakt-Leistungsschalters auf der Versorgungsseite je nach der Einstellung/des Typs des Kompakt-Leistungsschalters auf der Lastseite angegeben:

Wenn die Schwelle I_{2A} des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite über der einer unverzögerten Schutzfunktion des Leistungsschalter auf der Lastseite (magnetisch oder **I3=ON**) liegt, gilt folgendes:

$$t_{2A} \geq 150\text{ms} \quad \text{wenn } I^2t = \text{const}$$

$$t_{2A} \geq 100\text{ms} \quad \text{wenn } t = \text{const}$$

Wenn die Schwelle I_{2A} des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite über der der Schwelle I_{2B} des Leistungsschalter auf der Lastseite liegt und die Benutzung von Kennlinien mit gleichen Eigenschaften berücksichtigt wird, gilt folgendes:

$$t_{2A} - \text{Toleranz} \geq t_{2B} + \text{Toleranz} + 50\text{ms}$$

Diese Gleichung muss beachtet werden, wenn man durch den Dialog oder die Einheit PR010T die elektronischen Einstellungen benutzt. Im häufigsten Fall der Benutzung der mittels DIP-Schaltern zur Verfügung stehenden Einstellungen sind die Angaben der folgenden Tabelle zu beachten:

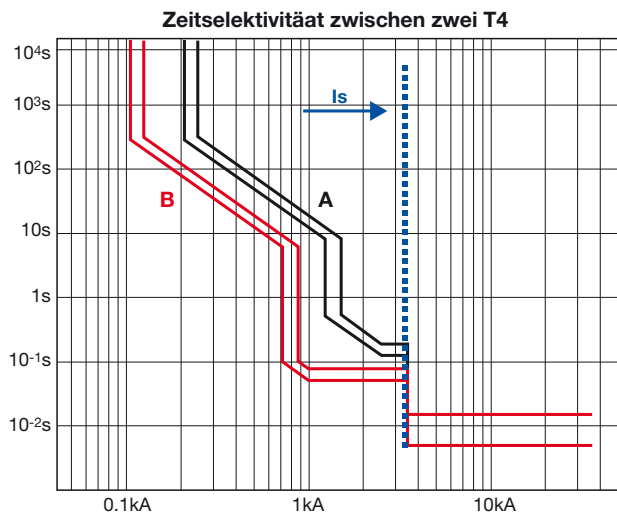
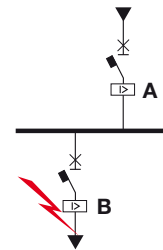
	eingestellte Zeiten t_2		
Kompakt-Leistungsschalter auf Versorgungsseite	$t_{2A}=250$	$t_{2A}=250$	$t_{2A}=500$
Kompakt-Leistungsschalter auf Lastseite	$t_{2B}=50$	$t_{2B}=100$	$t_{2B}=250$

Anm.:

Die Angaben zu den Einstellungen der Relais sind allgemeiner Art und dienen für eine rasche Wahl der Einstellungen, welche die Selektivität gewährleistet. Für spezifische Kombinationen von Leistungsschaltern und für spezifische Anlagenbedingungen kann ABB SACE Angaben liefern, welche die in diesem Dokument stehenden Regeln nicht beachten, aber dennoch die Selektivität gewährleisten können.

Was den Grenzwert der Selektivität betrifft, entspricht dieser der unterzögerten Auslöseschwelle **I3** des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite minus der Toleranz

$$I_s = I_{3 \text{ minA}}$$

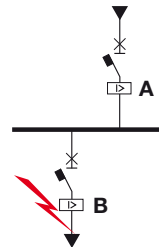


Selektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern

Wie man mit ABB Leistungsschaltern Selektivität erhält

Energieselektivität

ABB SACE stellt dem Kunden Selektivitäts-Tabellen zur Verfügung, welche die Werte der Energieselektivität bei 415V für die möglichen Kombinationen von Kompakt-Leistungsschaltern liefern. Da die Kompakt-Leistungsschalter mit thermomagnetischen und elektronischen Auslösern ausgestattet sind, die beide einstellbar sind, ist es erforderlich, dass der Anwender einige Kontrollen ausführt, damit man die Selektivität bis zu dem Kurzschlussstromwert erhalten kann, der in den Tabellen steht. Im **Überlastbereich** muss der Leistungsschalter auf der Lastseite mit kürzeren Zeiten im Bezug zum Leistungsschalter auf der Versorgungsseite ansprechen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.



Im Kurzschlussbereich

Thermomagnetischer Leistungsschalter auf der Versorgungsseite (T1-T2-T3-T4-T5-T6)

- Die magnetische Auslöseschwelle muss sein:
- größer oder gleich $10 \cdot I_n$, wenn man eine feste magnetische Schwelle hat (TMD)
 - auf den Höchstwert eingestellt, wenn man eine einstellbare magnetische Schwelle hat (TWA).
 - so beschaffen sein, dass sie keine Überdeckungen der Eingriffe mit dem lastseitigen Leistungsschalter verursachen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Elektronischer Leistungsschalter auf der Versorgungsseite (T2-T4-T5-T6-T7)

- Die unverzögerte Schutzfunktion I muss auf OFF gestellt worden sein. **I3=OFF**
- Die Stromschwelle I_{2A} des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite wird so eingestellt, dass es nicht zur Überdeckung der Auslösung mit der Kurzschlusschwelle (**I3** oder **I2**) des Leistungsschalter auf der Lastseite kommt, wobei immer die Toleranzen die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme zu berücksichtigen sind.
- Was die Auslösezeit **t2** der Funktion **S** angeht, werden hier die Einstellungen des Kompakt-Leistungsschalters auf der Versorgungsseite je nach der Einstellung/des Typs des Kompakt-Leistungsschalters auf der Lastseite angegeben: wenn die Schwelle I_{2A} des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite über der einer unverzögerten Schutzfunktion des Leistungsschalter auf der Lastseite (magnetisch oder I3=ON oder Eigenschutz) liegt, gilt folgendes:

$$t_{2A} \geq 150ms \quad \text{wenn } I^2t = \text{const}$$

$$t_{2A} \geq 100ms \quad \text{wenn } t = \text{const}$$

wenn die Schwelle I_{2A} des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite über der der Schwelle I_{2B} des Leistungsschalter auf der Lastseite liegt und die Benutzung von Kennlinien mit gleichen Eigenschaften berücksichtigt wird, gilt folgendes:

$$t_{2A} - \text{Toleranz} \geq t_{2B} + \text{Toleranz} + 50ms$$

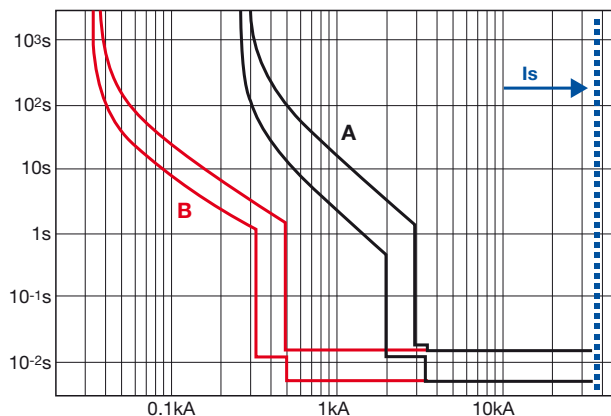
Diese Gleichung muss beachtet werden, wenn man durch den Dialog oder das Prüfgerät PR010T die elektronischen Einstellungen benutzt. Im häufigsten Fall der Benutzung der mittels DIP-Schaltern zur Verfügung stehenden Einstellungen sind die Angaben der folgenden Tabelle zu beachten:

	eingestellte Zeiten t2		
Kompakt-Leistungsschalter auf Versorgungsseite	t _{2A} = 250	t _{2A} = 250	t _{2A} = 500
Kompakt-Leistungsschalter auf Lastseite	t _{2B} = 50	t _{2B} = 100	t _{2B} = 250

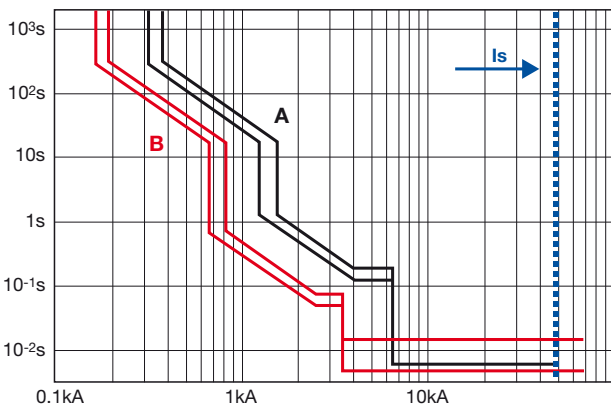
Die Angaben zu den Einstellungen der Relais sind allgemeiner Art und dienen für eine rasche Wahl der Einstellungen, welche die Selektivität gewährleistet. Für spezifische Kombinationen von Leistungsschaltern und für spezifische Anlagenbedingungen kann ABB SACE Angaben liefern, welche die in diesem Dokument stehenden Regeln nicht beachten, aber dennoch die Selektivität gewährleisten können.

Der Selektivitätsgrenzwert **Is**, ist in der Koordinationstabelle ersichtlich, welche ABB SACE dem Kunden zur Verfügung stellt.

Energieselektivität zwischen thermomagnetischen Kompakt-Leistungsschaltern



Energieselektivität zwischen elektronischen Kompakt-Leistungsschaltern



Kompakt-Leistungsschalter - Tmax T5 @ 400/415 V

		Versorg.		T6			S7						
				N,S,H,L			S,H,L,V ⁽¹⁾						
		Relais		TM, M		EL			EL				
		I _n [A]		630	800	630	800	1000	800	1000	1250	1600	
Last.		I _n [A]		630	800	630	800	1000	800 ⁽²⁾	1000 ⁽²⁾	1250	1600	
T5	N, S, H, L, V	TM	400	320	30	30	30	30	30	Y	Y	Y	Y
			630	400		30	30	30	30	Y	Y	Y	Y
	EL	400	320	30	30	30	30	30	Y	Y	Y	Y	
		630	400	30	30	30	30	30	Y	Y	Y	Y	

⁽¹⁾ Nur mit I_n ≤ 1250 A erhältlich

⁽²⁾ Nur gültig für elektronische Auslöser PR232/IP, PR331/IP und PR332/IP

Zonenselektivität (T4L-T5L-T6L)

Mit dem elektronischen Auslöser PR223EF ist es möglich, die Zonenselektivität zwischen Kompakte-Leistungsschaltern der Serie Tmax T4L, T5L und T6L zu realisieren.

Der PR223EF implementiert die neue Schutzfunktion **EF**, welche in der Lage ist, den Kurzschluss schon bei seinem Entstehen zu finden. Das ist dank der "Vorhersehung" des Fehlers aufgrund der Analyse des Verlaufs der Stromableitung im Bezug zur Zeit möglich, $di(t)/dt$ vs $i(t)$.

Wenn der Schutz **EF** freigegeben ist, spricht er für Fehler erheblicher Größe an, wobei er die unverzögerte Kurzschlusschutzfunktion **I** beim Vorhandensein vom Hilfsspannungsversorgung ersetzt.

Die Zonenselektivität zwischen Auslösern **PR223EF** wird gleichzeitig durch die Funktionen S, G und EF implementiert. Sie wird durch ein Verriegelungsprotokoll (Interlocking, **IL**) realisiert, das durch ein verdrehtes und abgeschirmtes Leiterpaar für Modbus RS485 gewährleistet wird, das die Leistungsschalter verbindet, die mit PR223EF ausgestattet sind (für nähere Informationen zum Kabeltyp bitte bei ABB SACE nachfragen).

Im Fall eines Kurzschlusses sendet der unmittelbar auf der Versorgungsseite vorgeschaltete Leistungsschalter über den Bus ein Sperrsignal an den hierarchisch übergeordneten Schutz und vor dem Ansprechen prüft, dass kein analoges Sperrsignal vom Schutz auf der Lastseite eingetroffen ist.

Die Intaktheit des Systems wird durch eine Überwachungsfunktion geprüft: Bei einem Kurzschluss wird beim Vorkommen eines Fehlers am Verriegelungssystem die Schutzfunktion EF ausgelöst (mit Auslösezeiten in der Größenordnung einiger Dutzend Millisekunden), aber die Zonenselektivität ist nicht garantiert.

Wenn der Leistungsschalter auf der Lastseite nicht ansprechen kann, fragt er den Leistungsschalter auf der Versorgungsseite um

Hilfe, der ausschaltet, auch wenn er den Fehler nicht sehen kann (**SOS-Funktion**).

Damit die Schutzfunktion EF und die Zonenselektivität funktionieren, muss die Hilfsspannungsversorgung von 24V DC vorliegen.

Der Selektivitätsgrenzwert, den man erhalten kann, beträgt 100kA

Is=100kA

Alle Schutzfunktionen können fernprogrammiert werden, wenn man die Dialogfunktion ausnutzt, die auf dem Auslöser vorhanden ist. Man kann sie auch lokal programmieren, und zwar mit dem Prüfgerät PR010/T, das an einen Serienport auf der Frontblende des PR223EF anzuschließen ist.

Einer der wichtigsten Vorteile bei der Benutzung der Zonenselektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern ist die Verringerung der Baugröße der Leistungsschalter, die sich daraus ergibt.

Bei der Suche der Selektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern mit klassischen Techniken ist es nämlich oft erforderlich, die Baugröße der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite zu erhöhen, um Selektivitätsgrenzen zu erhalten, die zu dem Kurzschlussstrom der Anlage passen.

Mit den Auslösern PR223EF, die angemessen verdrahtet sind, kann man auch zwischen zwei Leistungsschaltern der gleichen Baugröße eine Selektivität von 100kA erhalten.

Im weiteren Text (siehe Seiten 22/23) wird ein Beispiel gebracht, das zeigt, wie man mit der Zonenselektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern eine Verringerung der Baugrößen und eine wesentliche Reduzierung des Stromspitzenwertes und der spezifischen Durchlassenergie der Leistungsschalter erhalten kann, um die vollständige Selektivität zu gewährleisten.

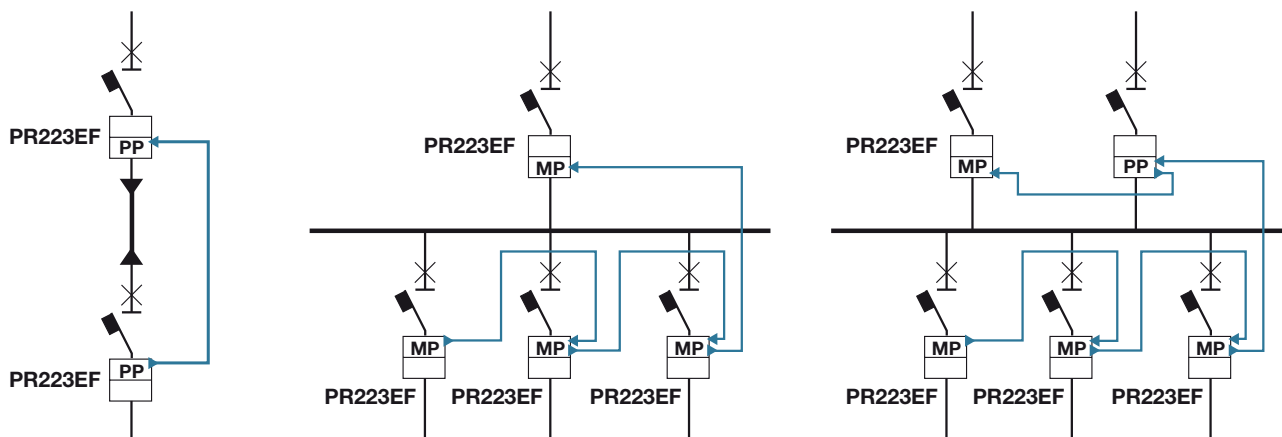
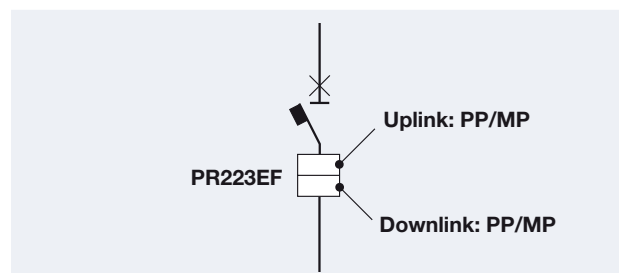
Konfiguration der Verriegelung

Jeder Auslöser ist gekennzeichnet durch:

- einen Eingang für den Anschluss an ein Relais auf der Versorgungsseite "**Uplink**"
- einen Ausgang für den Anschluss an die Relais auf der Lastseite "**Downlink**"

Jedes der beiden kann auf zwei Arten konfiguriert werden: **PP** (Punkt-zu-Punkt) oder **MP** (Mehrpunkt) je nach der Bedingung der Anlage, in der sich die Auslöser befinden.

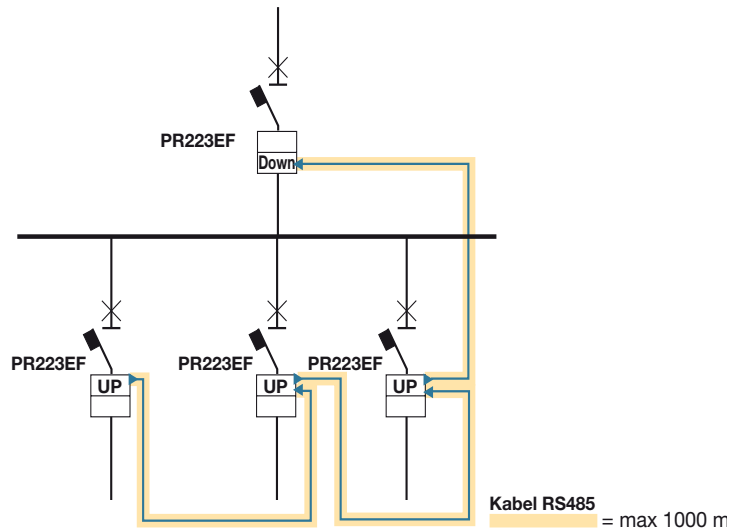
Die wichtigsten Konfigurationen sind hier unten dargestellt.



Selektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern

Die wichtigsten Parameter, die für einen Auslöser kennzeichnend sind, sind folgende:

Trip delayed	Die Freigabe dieses Parameters führt eine Verzögerung der Auslösung in dem Fall ein, in dem auf der Lastseite eines Auslösers Tmax mit kleinerer Baugröße oder modulare Leistungsschalter installiert sind. Der Zweck dieses Parameters ist es, die Selektivität mit den anderen Einrichtungen auf der Lastseite zu erhalten, die nicht mit PR223EF ausgestattet sind. Dieser Parameter wird nur bei den Leistungsschaltern freigegeben, bei denen sich die externe Einrichtung der Bereichsselektivität skette direkt auf der Lastseite befindet.
EF enable/disable	Freigabe/Sperrung der Schutzfunktion EF . Wenn die Schutzfunktion EF freigegeben wird: Das Vorhandensein von Vaux bringt zur automatischen Sperrung der Funktion I und der Freigabe der Schutzfunktion EF Das Fehlen von Vaux bringt zur automatischen Ausschaltung der Funktion EF und der Wiedereinschaltung der Schutzfunktion I (falls freigegeben).
100 kA	Selektivitätsgrenzwert, den man mit den PR223EF erhalten kann, wenn sie angemessen verdrahtet und gespeist werden.
16	Höchstanzahl der Relais, die an den BUS eines Niveaus angeschlossen werden können.
1000 Meter	Größte Gesamtlänge des Verbindungskabels. Die Verdrahtung der verschiedenen Relais erfolgt wie mit der klassischen "Busstruktur" (siehe Abbildung). Die maximale Länge des Kabels hängt vom benutzten Kabeltyp ab.



Angaben zu den Einstellungen

Um die volle Selektivität zu erhalten, sowohl bei Überlast als auch bei Kurzschluss, sollte man bei der Benutzung der Auslöser PR223EF, die angemessen verdrahtet und gespeist werden, die folgenden Einstellungen unter den verschiedenen Leistungsschaltern verwenden:

Überlastung

- Sicherstellen, dass keine Überdeckung des Eingriffs mit der Schutzfunktion **L** (gegen Überlastung) verursacht wird, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Kurzschluss

- Keine Überdeckung des Eingriffs der Stromschwelle **I₂** der Schutzfunktion **S**, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Auslösezeit **t₂**

So eingestellt, dass die Zeitselektivität eines etwaigen Leistungsschalters auf der Lastseite realisiert wird, der sich außerhalb der Zonenselektivität befindet.

Unter den Leistungsschaltern, die mit PR223EF ausgestattet und untereinander verriegelt sind. Wenn A der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite und B der Leistungsschalter auf der Lastseite ist, muss gelten, dass:

$$t_{2A} \geq t_{2B}$$

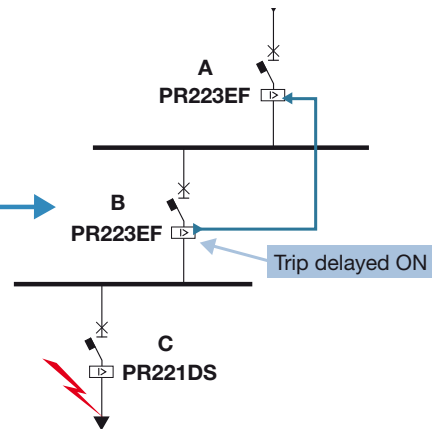
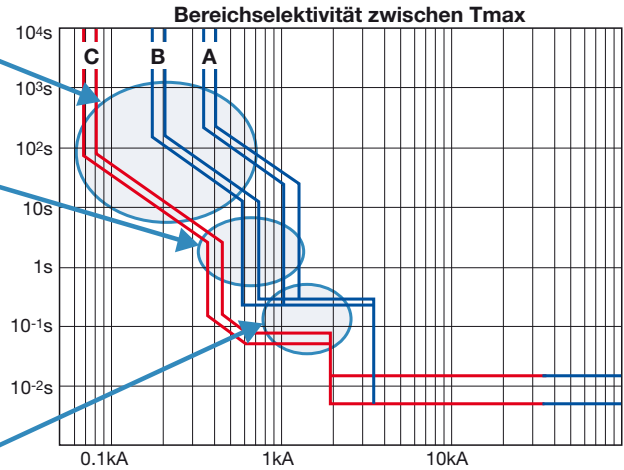
Wenn es möglich ist, sollte auch eine Zeitselektivität unter den verriegelten Leistungsschaltern gesucht werden, um eine Teilselektivität für den Fall des Verlusts der Hilfsspannungsversorgung zu garantieren.

Unverzögerte Schutzfunktion **I**

Diese Schutzfunktion wird automatisch gesperrt, wenn die Funktion EF freigegeben wird und die Hilfsspannungsversorgung vorhanden ist. Ihre Einstellungen sind nur dann relevant, wenn Vaux verloren geht.

Trip delayed

Wenn man diesen Parameter auf den Auslösern aktiv macht, die sich direkt auf der Lastseite eines Leistungsschalters befinden, erhält man die Selektivität mit den T_{max} der unteren Baugröße oder den modularen Leistungsschaltern auf der Lastseite.



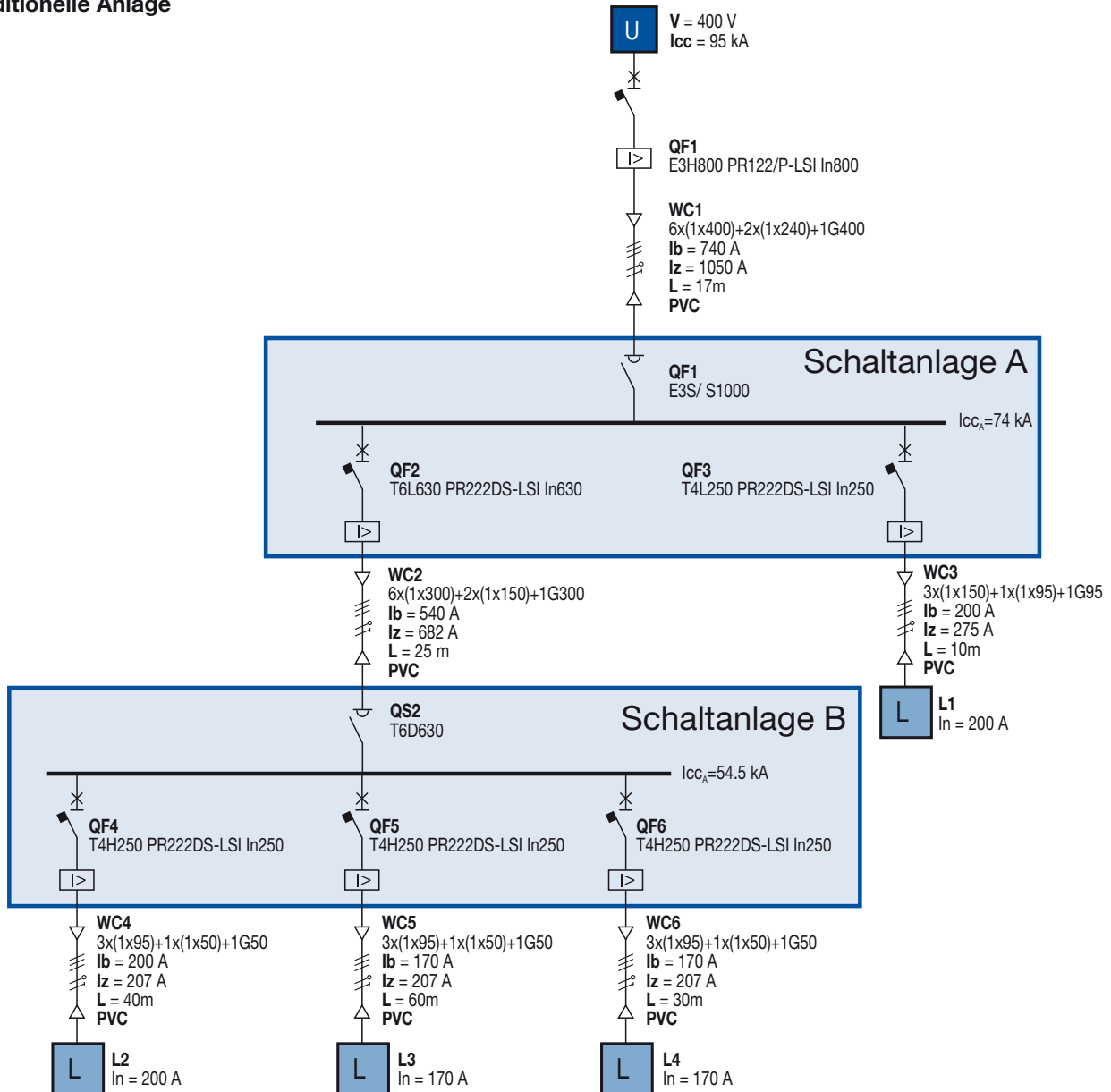
Selektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern

Anwendungsbeispiel

Im folgenden Beispiel wird ein Vergleich zwischen einer Anlage mit Realisierung der Selektivität nach traditionellen Techniken und der gleichen Anlage mit Erhalt der Selektivität nach den EFDP System wiedergegeben.

Traditionelle Anlage

Wie man mit ABB Leistungsschaltern Selektivität erhält



Die Wahl der Schutzeinrichtungen ist im Wesentlichen mit Bezug auf die Bemessungs-Ströme der Lasten und den Kurzschlussstrom der Sammelschienen auszuführen. Außerdem wird die Wahl durch die Suche der Selektivität beeinflusst, die mit den traditionellen Techniken realisiert wird, deren Werte in der Veröffentlichung "Koordinations-Tabellen" stehen.

Der Kurzschlussstrom an der Sammelschiene der Schaltanlage B (I_{cc,B}=54.5kA) beeinflusst die Wahl der Schutzeinrichtungen und zwingt dazu, die Leistungsschalter T4H 250 auf den abgehenden Speiseleitern zu benutzen.

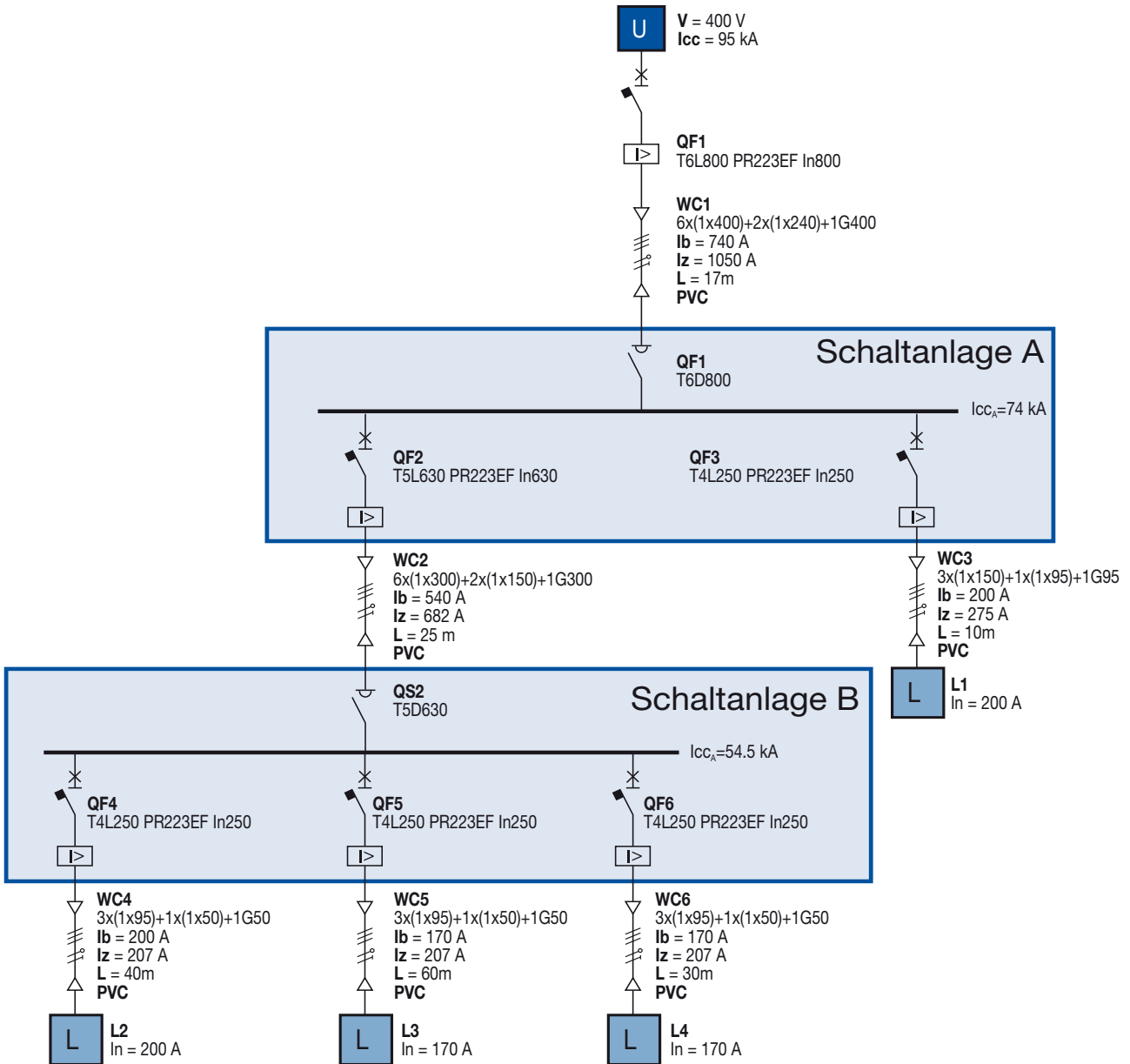
Um die Selektivität zu garantieren, muss der Leistungsschalter (QF2), der sich auf der Versorgungsseite der Schaltanlage B befindet und in der Schaltanlage A installiert ist, ein T6L 630 sein.

Die Sammelschiene der Schaltanlage A kennzeichnet sich durch einen Kurzschlussstrom I_{cc,A}=74kA: Das stellt eine starke Konditionierung für die Wahl der vorgeschalteten Schutzeinrichtung dar, die unabhängig vom Bemessungs-Strom ein Leistungsschalter der Serie Emax und insbesondere ein E3H sein muss, der in der Lage ist, die Selektivität zu den nachgeschalteten Schaltgeräten zu garantieren.

Jede Schaltanlage hat als Haupteinrichtung einen Lasttrennschalter, der durch einen Leistungsschalter auf der Versorgungsseite gegen Kurzschluss und Überlast geschützt werden muss. Um das zu gewährleisten, ist es in der Regel erforderlich, einen Lasttrennschalter zu benutzen, dessen Version sich von der des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite ableitet.

Daher ist es klar, dass die Anforderungen der Selektivität die Wahl der Einrichtungen stark beeinflussen und sie in Richtung auf differenzierte Baugrößen im Bezug zu der Anordnung der Leistungsschalter in der Anlage führt.

Anlage mit PR223EF



Wenn die Bemessungs-Ströme und die Kurzschlusswerte des in Betracht gezogenen Netzes unverändert bleiben, gestattet es die Benutzung des neuen Schutzrelais PR223EF, die Selektivität zu erhalten, ohne die Baugröße der zu benutzenden Schaltgeräte erhöhen zu müssen.

Als Leistungsschalter auf der Versorgungsseite der Schaltanlage B (QF2) kann insbesondere ein Leistungsschalter T5L630 benutzt werden, der immer mit PR223EF ausgestattet ist. Folglich kann auch der Lasttrennschalter auf der ankommenden Leitung der Schaltanlage B in der Baugröße reduziert werden.

Die deutlichste Reduzierung der Baugröße, die man dank der Benutzung des Relais PR223EF erhält, bezieht sich auf die Haupteinrichtung der Anlage. Dort kann man anstelle des offenen-Leistungsschalters einen Kompakt-Leistungsschalter wählen. Im spezifischen Fall wäre das ein T6L800, der einen nachgeschalteten Lasttrennschalter der gleichen Baugröße hat.

Selektivität zwischen Kompakt-Leistungsschaltern

Wie man mit ABB Leistungsschaltern Selektivität erhält

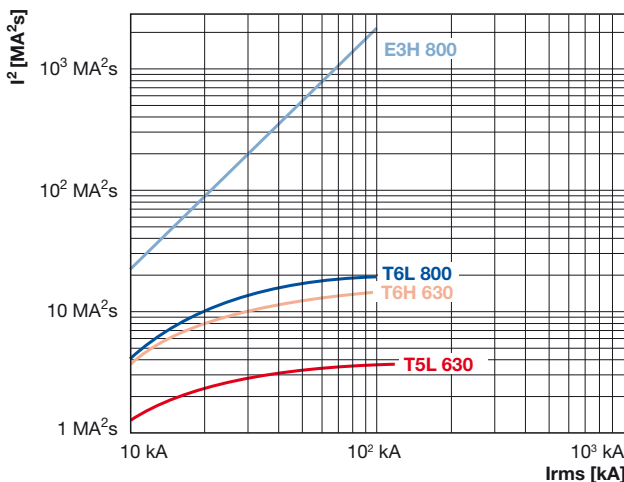
In der folgenden Tabelle sind die Vorteile zusammengefasst, die sich aus der Benutzung des neuen elektronischen Auslösers ergeben. Insbesondere war folgendes möglich:

- Ersetzen eines Kompakt-Leistungsschalters großer Baugröße durch einen Leistungsschalter kleinerer Abmessungen – T5L 630 PR223EF anstelle von T6L630 PR221-LS,
- Ersetzen eines offene-Leistungsschalters großer Baugröße durch einen viel kleineren Kompakt-Leistungsschalter – T6L 800 PR223EF anstelle von E3H800 PR122/P-LSIG,
- Ersetzen eines Lasttrennschalters großer Baugröße durch einen mit kleineren Abmessungen – T5D 630 anstelle von T6D630,
- Ersetzen eines offene-Lasttrennschalters durch eine Lasttrennschalter, der sich von einem viel kleineren Kompakt-Leistungsschalter ableitet – T6D 800 anstelle von E3S/MS1000

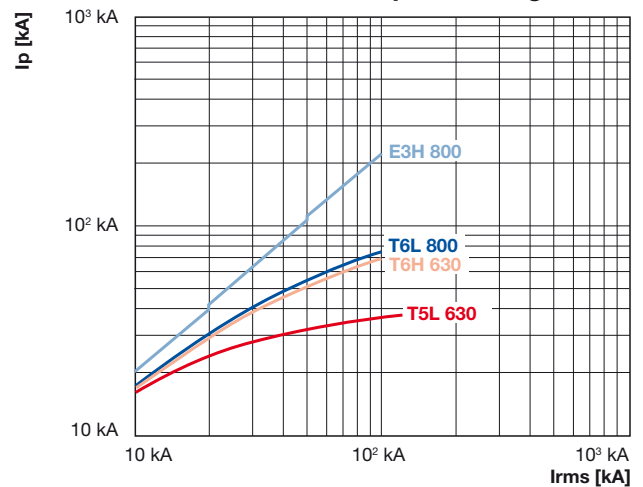
	Traditionelle Lösung	Lösung mit EFDP
QF1	E3H800 PR122/P	T6L800 PR223EF
QS1	E3S/MS1000	T6D800
QF2	T6L630 PR221DS	T5L630 PR223EF
QS2	T6D630	T5D630

Neben der Reduktion der benutzbaren Baugrößen, mit allen dimensional und wirtschaftlichen Vorteilen, die das mit sich bringt, wird die Anlage mit Auslösern PR223EF auch weniger elektrodynamischen und thermischen Belastungen ausgesetzt als die mit dem traditionellen System. Hier folgt eine Darstellung der Kennlinien der Begrenzung der spezifischen Durchlassenergie und der Spitzenenergie für verschiedene Leistungsschalter, die in dem Beispiel betrachtet werden.

Kennlinien der spezifischen Durchlassenergie



Kennlinie der Spitzenenergie



Aus den Kennlinien ersieht man, dass gegenüber einem Kurzschlusswert von 55kA die spezifische Durchlassenergie des T6H630 dem Wert 13 MA²s entspricht, während der T5L630 einen Wert von 3,5 MA²s aufweist. Auch die Spitzenwerte verringern sich drastisch, von den 54kA des T6H auf circa 35kA des T5L630.

Analog dazu ergibt sich gegenüber eines Kurzschlusswertes von 74kA, dass die spezifische Durchlassenergie und der beschränkte Spitzenwert des Leistungsschalters T6L800 die thermische und dynamische Belastungen gegenüber denen beim Gebrauch des Leistungsschalters E3H stark verringern.

In diesem Fall ist es insbesondere möglich, die strombegrenzenden Eigenschaften des Kompakt-Leistungsschalters zu benutzen, um die größenmäßige Auslegung des Sammelschienensystems der Schaltanlage A zu optimieren. Mit einem vorgeschalteten offene-Leistungsschalter ist es nämlich erforderlich, ein Sammelschienensystem anzuwenden, das für einen Kurzzeitstrom I_{cw} von 75kA ausgelegt ist und folglich einen wesentlich höheren Stromdurchfluss im Bezug zu dem von der Anlage benötigten Gesamtstrom hat. Wenn man dagegen einen Leistungsschalter T6L800 auf der Versorgungsseite der Schaltanlage benutzt, ist es möglich, eine Sammelschienensystem mit I_{cw} von 35kA anzuwenden, das dem Strom von 800A besser entspricht, den dieses Sammelschienensystem ertragen können muss.

Einem Kurzzeitstrom von 35 kA der Sammelschienensystems entsprechen im Detail:

- ein Spitzenwert $I_p = (35 \times 2,1) = 73,5 \text{ kA}$, der größer als der Spitzenwert von 66kA ist, den der Leistungsschalter T6L800 bei 75kA Kurzschlussstrom zulässt,
- eine spezifische Durchlassenergie $I^2t = 35^2 \times 1 = 1225 \text{ MA}^2\text{s}$, die größer ist als die Durchlassenergie, die den 20MA²s des Leistungsschalters T6L800 mit einem Kurzschlusswert von 75kA entsprechen.

	Traditionelle Lösung	Lösung mit EFDP
Sammelschienen Schaltanlage A	I_{cw} = 75kA	I_{cw} = 35kA

Selektivität zwischen Offene- und Kompakt-Leistungsschaltern

Hier wird der Fall analysiert, in dem man die Selektivität zwischen einem Offenen-Leistungsschalter auf der Versorgungsseite und einem Kompakt-Leistungsschalter auf der Lastseite sucht.
In diesem Fall stehen zwei Wege offen:

- Traditionelle Lösung mit Zeit-/Energieselektivität.
- Zonenselektivität, wenn der nachgeschaltete Leistungsschalter ein Tmax ist, der mit einem Auslöser PR223EF ausgestattet ist, und der vorgeschaltete Emax mit einem Relais PR122/P oder PE123/P ausgestattet ist.

Traditionelle Lösung

In diesem Fall stellt ABB SACE eine Tabelle zur Verfügung, in der die Selektivitätswerte zwischen Offenen-Leistungsschaltern auf der Versorgungsseite und Kompakt-Leistungsschaltern auf der Lastseite stehen.

Es ergibt sich eindeutig, dass die Auslöser angemessen einzustellen sind, um den Selektivitätswert zu erhalten, der in der Tabelle steht. Folgendes ist nachzuweisen:

Im **Überlastbereich** muss der Leistungsschalter auf der Lastseite mit kürzeren Zeiten im Bezug zum Leistungsschalter auf der Versorgungsseite ansprechen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Im Kurzschlussbereich

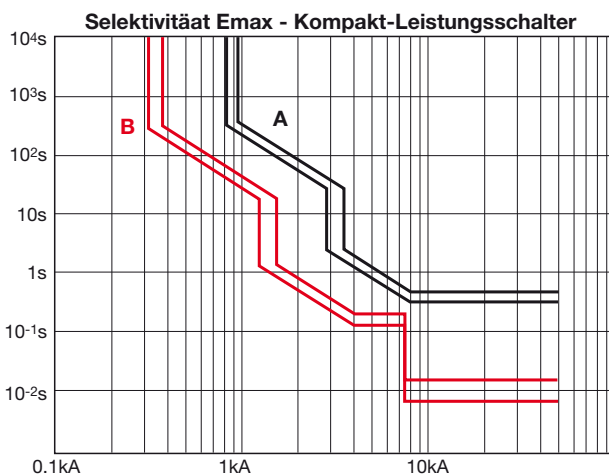
- Die unverzögerte Schutzfunktion I muss auf OFF gestellt worden sein.

I3=OFF

- Die Stromschwelle I_{2A} des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite wird so eingestellt, dass es nicht zur Überdeckung der Auslösung mit der Kurzschlusschwelle (I_3 oder I_2) des Leistungsschalters auf der Lastseite kommt, wobei immer die Toleranzen die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme zu berücksichtigen sind.
- Was die Auslösezeit t_2 der Funktion S angeht, werden hier die Einstellungen des Leistungsschalters Emax auf der Versorgungsseite je nach der Einstellung/des Typs der Kompakt-Leistungsschalter auf der Lastseite angegeben:

Wenn die Schwelle I_{2A} des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite über der einer unverzögerten Schutzfunktion des Leistungsschalter auf der Lastseite (magnetisch, I_{3B} =ON oder Eigenschutz) liegt, gilt folgendes:

$$t_{2A} \geq 100\text{ms} \text{ sowohl mit } I^2t = \text{const} \text{ als auch mit } t = \text{const}$$



Wenn die Schwelle I_{2A} des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite über der der Schwelle I_{2B} des Leistungsschalter auf der Lastseite liegt und die Benutzung von Kennlinien mit gleichen Eigenschaften berücksichtigt wird, gilt folgendes:

$$t_{2A} - \text{Toleranz} \geq t_{2B} + \text{Toleranz} + 50\text{ms}$$

Diese Gleichung muss beachtet werden, wenn man durch den Dialog oder das Prüfgerät PR1010T die elektronischen Einstellungen benutzt. Im häufigsten Fall der Benutzung der mittels DIP-Schaltern zur Verfügung stehenden Einstellungen sind die Angaben der folgenden Tabelle zu beachten:

		eingestellte Zeiten t_2			
Offene-Leistungsschalter auf Versorgungsseite		$t_{2A} = 200$	$t_{2A} = 200$	$t_{2A} = 400$	$t_{2A} = 700$
Kompakt-Leistungsschalter auf Lastseite		$t_{2B} = 50$	$t_{2B} = 100$	$t_{2B} = 250$	$t_{2B} = 500$

Anm.:

Die Angaben zu den Einstellungen der Relais sind allgemeiner Art und dienen für eine rasche Wahl der Einstellungen, welche die Selektivität gewährleistet. Für spezifische Kombinationen von Leistungsschaltern und für spezifische Anlagenbedingungen kann ABB SACE Angaben liefern, welche die in diesem Dokument stehenden Regeln nicht beachten, aber dennoch die Selektivität gewährleisten können.

Der Selektivitätsgrenzwert I_s , ist in der Koordinationstabelle ersichtlich, welche ABB SACE dem Kunden zur Verfügung stellt.

Offene-/Kompakt-Leistungsschalter @ 400/415 V

Lastse.	Version	Relais	I_u [A]	Versor.		E1				E2				E3			
				B	N	B	N	S	L*	N	S	H	V	L*	S		
				EL		EL		EL		EL							
				800 1000 1250 1600	800 1000 1250 1600	1600 2000	1000 1250 1600 2000	800 1000 1250 1600 2000	1250 1600	2500 3200	1000 1250 1600 2000 2500 3200	800 1000 1250 1600 2000 2500 3200	800 1000 1250 1600 2000 2500 3200	2000 2500	4000		
T1	B	TM	160	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		
	C			Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		
	N			Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	
T2	N	TM,EL	160	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		
	S			Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		
	H			Y	Y	Y	55	65	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	

Selektivität zwischen Offene- und Kompakt-Leistungsschaltern

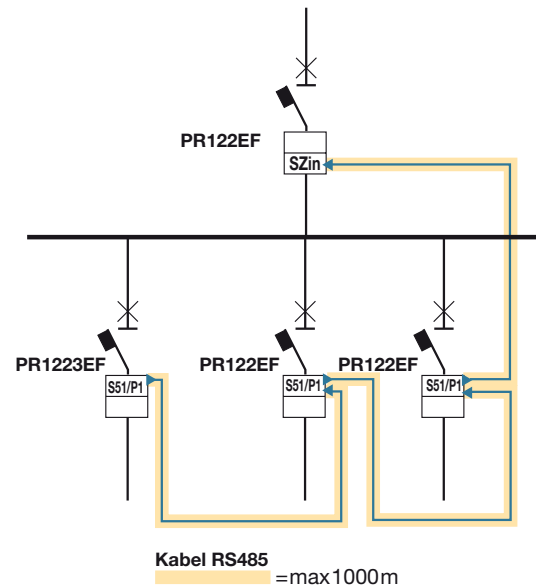
Bereichselektivität zwischen Emax und Tmax

Mit dem programmierbaren Kontakt S51/P1, der auf allen Leistungsschaltern Tmax vorhanden ist, kann man die Zonenselektivität von den Auslösern PR223EF auf die Auslöser PR122/P, PR332/P, PR123/P oder PR333/P auf der Versorgungsseite ausdehnen. Praktisch gesehen, macht der Kontakt die Verbindung zwischen dem Protokoll IL des PR223EF und der Zonenselektivität ZS der Auslöser für Emax und Tmax möglich.

Bei der Realisation dieser Selektivitätskette zwischen Emax und Tmax wird der Selektivitätsgrenzwert der kleinere zwischen den beiden folgenden sein:

- dem zulässigen Kurzzeitstrom des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite (I_{cw} des Emax)
- dem Ausschaltvermögen des Leistungsschalters auf der Lastseite (I_{cu} des Tmax in Version L → 100kA)

Der Kontakt S51/P1 ist ein blanker Schließkontakt, der eine Hilfsspannungsversorgung von 24V braucht, um den Relais, die in der Selektivitätskette vorgeschaltet sind, das Sperrsignal zu liefern. Der Kontakt befindet sich innerhalb des Relais und wird durch den Steckverbinder X3 verfügbar gemacht. Bei angemessener Programmierung ist es möglich, das Sperrsignal zum Eingang SZin des Relais zu schicken. Die Programmierung des Kontakts kann mit SDTestBus2, PR010/T und allen Programmierinstrumenten erfolgen, die eine Kommunikation über Modbus gestatten.



Angaben zu den Einstellungen

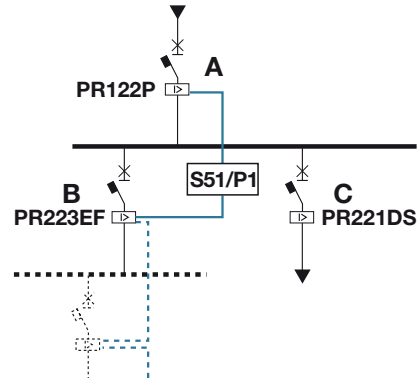
Wie es in dem der Zonenselektivität zwischen Emax gewidmeten Kapitel besser erläutert wird, kann es bei der Aktivierung der Zonenselektivität auf der Funktion **S** auf einem Auslöser PR122/P oder PR123/P zu zwei verschiedenen Situationen kommen:

- der Auslöser des Emax **empfängt ein Signal für "Sperr"**: wenn seine Schwelle **I2** überschritten worden ist, spricht er in der Zeit **t2** an, die auf dem Auslöser eingestellt ist.
- der Auslöser des Emax **empfängt kein Signal für "Sperr"**: wenn seine Schwelle **I2** überschritten worden ist, spricht er in einer Zeit **"Selektivitätszeit"** an, die auf dem Auslöser eingestellt ist.

Nach diesen Vorausschickungen empfiehlt es sich, um die volle Selektivität sowohl im Fall der Überlast als auch des Kurzschlusses zu erhalten, die Wahlen und die Einstellungen zu realisieren, die im folgenden beschrieben sind und wo folgendes gilt:

- A** ist der Emax mit PR122/P auf der Versorgungsseite von PR223EF
- B** ist der Tmax mit PR223EF
- C** ist eine Einrichtung außerhalb der Zonenselektivität

A und **B** sind über den Kontakt **S51/P1** miteinander verbunden



Überlastung

- Sicherstellen, dass keine Überdeckung des Eingriffs mit der Schutzfunktion **L** (gegen Überlastung) verursacht wird, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Kurzschluss

- Die Nichtüberdeckung des Eingriffs der Stromschwelle **I2** der Schutzfunktion **S** nachweisen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.
- Die Ansprechzeiten **t2_A** und **"Selektivitätszeit"** des Emax auf der Versorgungsseite werden auf die folgende Weise geregelt:

Selektivitätszeit

So eingestellt, dass die Zeit-Strom-Selektivität mit der lastseitigen Einrichtung **C** realisiert wird, die sich außerhalb der Zonenselektivität befindet.

t_{2A} (Zeit der S)

So eingestellt, dass die Nichtauslösung der Leistungsschalters **A** gewährleistet wird, der das Sperrsignal erhält, bzw. nach der Beziehung:

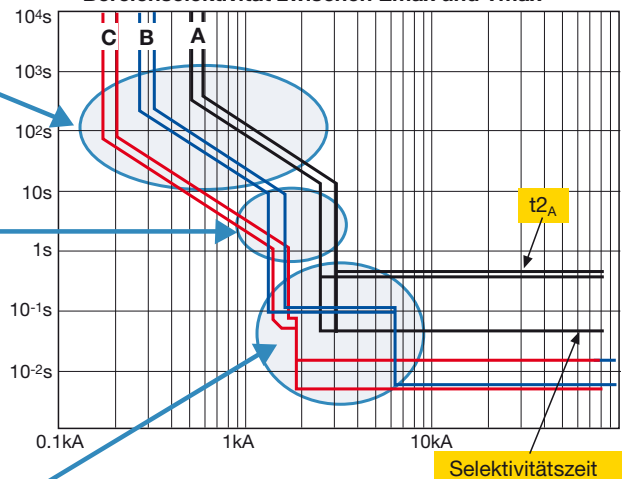
$$t_{2A} > t_{2B} + 70ms^*$$

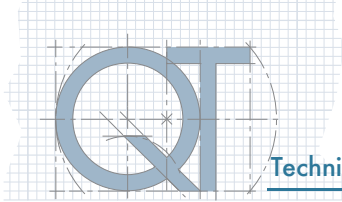
*Δt Mindestwert zwischen den Ansprechzeiten der beiden in Reihe geschalteten CB, bei Hilfsspannungsversorgung und mit Kennlinien mit konstanter Zeit, um die Nichtauslösung des CB auf der Versorgungsseite zu gewährleisten.

- Unverzögerte Kurzschlusschutzfunktion **I** auf OFF gestellt:

I3 = OFF

Bereichselektivität zwischen Emax und Tmax





Selektivität zwischen Offene-Leistungsschaltern

Nun analysieren wir den Fall, in dem man die Selektivität zwischen zwei offene-Leistungsschaltern sucht. In diesem Fall kann man unterschiedliche Methoden anwenden, um die Selektivität zwischen den Leistungsschaltern zu erhalten:

- Zeitselektivität** für Kombinationen von Emax mit jedem beliebigen Auslösertyp
- Zonenselektivität** für Kombinationen von Emax mit Auslösern PR122 und PR123
- Richtungsabhängige Zeitselektivität** für Kombinationen von Emax mit Auslösern PR123
- Richtungsabhängige Zonenselektivität** für Kombinationen von Emax mit Auslösern PR123

Zeitselektivität

Um sowohl im Fall der Überlast als auch des Kurzschlusses die höchste Selektivitätsstufe zu erhalten, das mit der gewählten Strategie zu vereinbaren ist, sollte man die folgenden Wahlen und Einstellungen zwischen den verschiedenen Leistungsschaltern realisieren:

Überlastung

- Sicherstellen, dass keine Überdeckung des Eingriffs mit der Schutzfunktion L (gegen Überlastung) verursacht wird, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

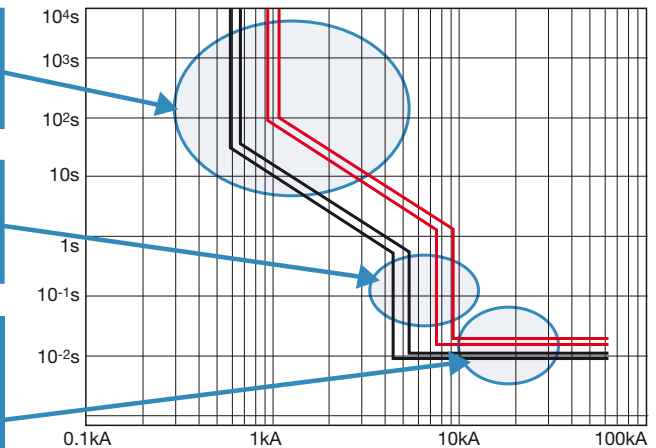
Kurzschluss

- Die unverzögerte Schutzfunktion I des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite muss auf OFF gestellt worden sein.

I_{3A}=OFF

- Die Stromschwelle **I_{2A}** des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite wird so eingestellt, dass es nicht zur Überdeckung der Auslösung mit der Kurzschlusschwelle (**I₃** oder **I₂**) des Leistungsschalters auf der Lastseite kommt, wobei immer die Toleranzen die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme zu berücksichtigen sind.

- Was die Ansprechzeiten **t₂** der **S** betrifft, müssen die Nichtüberdeckung der Kennlinien und die folgenden Beziehungen beachtet werden:



Kleinste Differenz zwischen den Zeiten t₂ der beiden Leistungsschalter Emax, die mit PR121, PR122 und PR123 ausgestattet werden können

t=const	t _{2A} > t _{2B} + 100ms*	*70ms wenn mit Hilfsspannungsversorgung oder in Selbstspeisung unter konstanten Bedingungen
I ² t=const	t _{2A} > t _{2B} + 100ms	t _{2A} < 400ms
I ² t=const	t _{2A} > t _{2B} + 200ms	t _{2A} ≥ 400ms

Anm.:

Die Angaben zu den Einstellungen der Relais sind allgemeiner Art und dienen für eine rasche Wahl der Einstellungen, welche die Selektivität gewährleisten. Für spezifische Kombinationen von Leistungsschaltern und für spezifische Anlagenbedingungen kann ABB SACE Angaben liefern, welche die in diesem Dokument stehenden Regeln nicht beachten, aber dennoch die Selektivität gewährleisten können.

Was den Selektivitätsgrenzwert betrifft

- Wenn die unverzögerte Funktion I des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite auf ON gestellt ist (**I₃=ON**), hat der Selektivitätsgrenzwert den Wert der Schwelle **I₃** der unverzögerten Auslösung dieses Leistungsschalters minus seiner Toleranz:

$$I_s = I_{3_{\min A}}$$

- Wenn die unverzögerte Funktion I des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite auf OFF gestellt ist (**I₃=OFF**), entspricht der Selektivitätsgrenzwert dem Wert I_{cw} dieses Leistungsschalters:

$$I_s = I_{cw}$$

Zonenselektivität zwischen Emax

Mittels der Zonenselektivität ist es möglich, die Selektivität zwischen Leistungsschaltern Emax zu erhalten, wenn man die Ansprechzeiten erheblich verringert, so dass man tiefere Kennlinien erhält, welche die Suche der Selektivität zu den Mittelspannungs-Leistungsschaltern vereinfachen können.

Verringert man die Ansprechzeiten, werden außerdem die Wärmebelastungen reduziert, denen alle Komponenten der Anlage bei einem Fehler ausgesetzt sind.

Die Zonenselektivität zwischen den Leistungsschaltern Emax, die auf die Schutzfunktionen S und G anwendbar ist, kann in dem Fall aktiviert werden, dass:

- für diese Schutzfunktionen die Kennlinie mit fester Zeit gewählt worden ist,
- eine Hilfsspannungsquelle von 24 V vorhanden ist,
- die Offene-Leistungsschalter Emax mit den Auslösern PR122 oder PR123 ausgestattet sind,

Der Selektivitätsgrenzwert, den man erhält, ist so groß wie der I_{cw} des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite, wenn I₃ auf OFF gestellt worden ist.

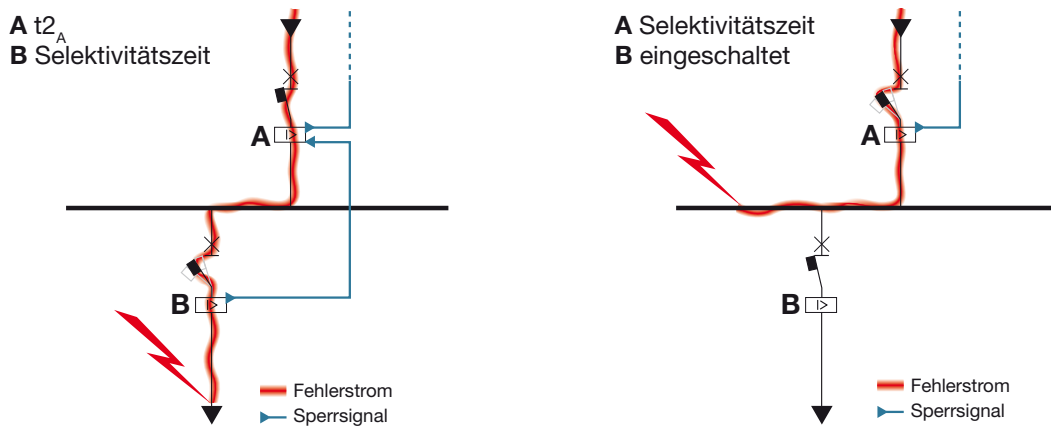
Das Betriebsprinzip der Zonenselektivität zwischen Emax ist das folgend beschriebene:

Unter Bereich versteht man den Teil der Anlage, der sich zwischen zwei in Reihe geschalteten Leistungsschaltern befindet. Der Fehlerbereich ist der, der sich direkt auf der Lastseite des Leistungsschalters befindet, der den Fehler erfasst. Durch einen einfachen Verbindungsdraht teilt jeder Leistungsschalter, der einen Fehler "fühlt", diesen dem auf der Versorgungsseite mit.

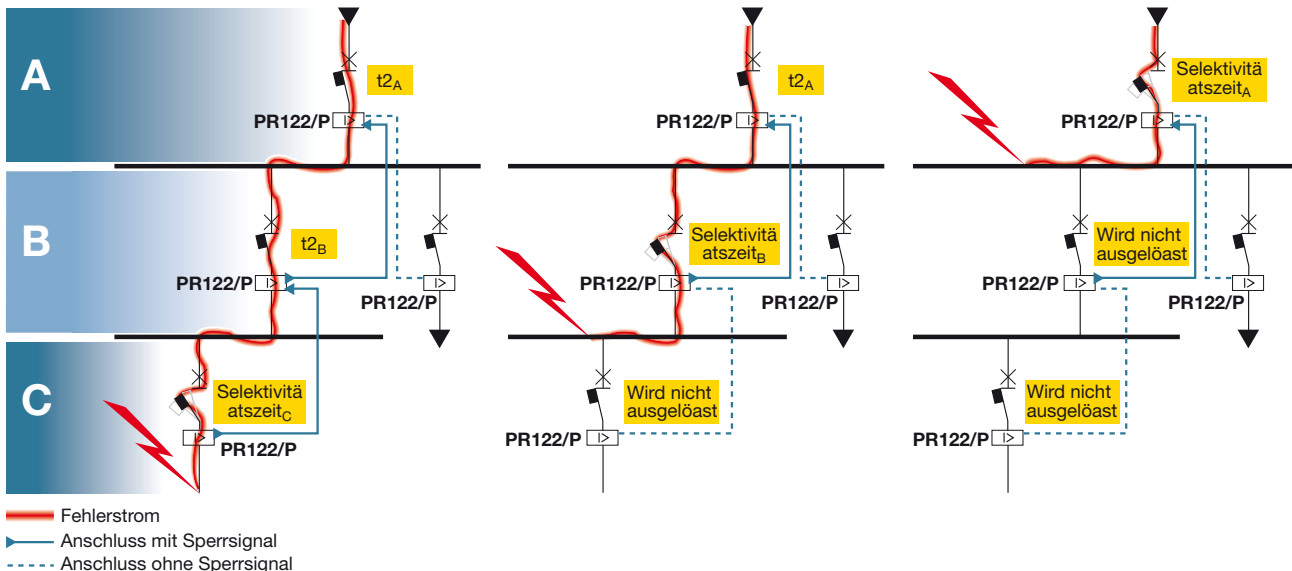
Der Leistungsschalter, der keine Kommunikation von denen auf der Lastseite erhält, erteilt in der eingestellten **Selektivitätszeit**, die von 40 bis 200ms gehen kann, einen Ausschaltbefehl.

Der Zweck der **Selektivitätszeit** ist der, die Zeitselektivität durch auf der Lastseite angeschlossene Schaltgeräte zu realisieren, die sich außerhalb der Zonenselektivität befinden (nicht verdrahtete Schaltgeräte).

Die Leistungsschalter, die dagegen ein Sperrsignal von einem anderen Auslöser erhalten, sprechen innerhalb der eingestellten Zeit **t₂** der Schutzfunktion **S** an.



Wie man sehen kann, wird im Kurzschlussfall, wenn die im Folgenden angegebenen Einstellungen beachtet worden sind, kein Leistungsschalter in der Zeit **t₂** ausgelöst, sondern alle sprechen in der eingestellten **Selektivitätszeit** an.



Selektivität zwischen Offene-Leistungsschaltern

Wie man mit ABB Leistungsschaltern Selektivität erhält

Angaben zu den Einstellungen

Um die volle Selektivität zu erhalten, sowohl bei Überlast als auch bei Kurzschluss, sollte man bei der Benutzung der Funktion "Zonenselektivität" die folgenden Einstellungen unter den verschiedenen Leistungsschaltern realisieren:

Überlastung

- Sicherstellen, dass keine Überdeckung des Eingriffs mit der Schutzfunktion **L** (gegen Überlastung) verursacht wird, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.

Kurzschluss

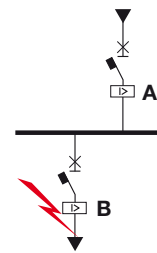
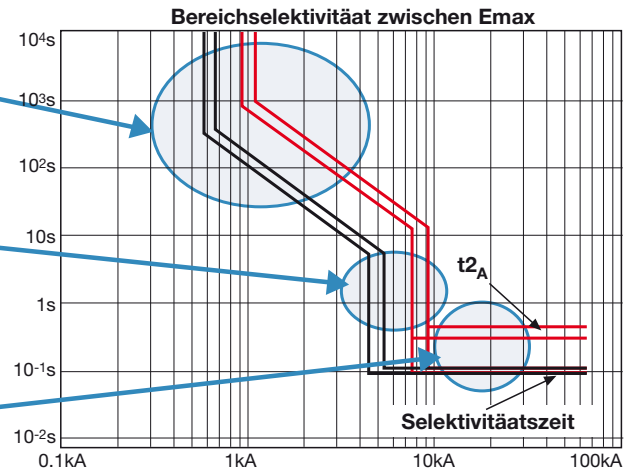
- Die Nichtüberdeckung des Eingriffs der Stromschwelle **I₂** der Schutzfunktion **S** nachweisen, wenn man die Toleranzen und die tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme berücksichtigt.
- Die Ansprechzeiten **t₂** und "Selektivitätszeit" werden auf die folgende Weise geregelt:

Selektivitätszeit So eingestellt, dass die Zeit-Strom-Selektivität mit einer etwaigen Einrichtung realisiert wird, die direkt auf der Lastseite angeschlossen ist und sich außerhalb der Zonenselektivität befindet.

t₂ (Zeit der S) So eingestellt, dass die Nichtauslösung der Schutzeinrichtung gewährleistet wird, die das Sperrsignal erhält, bzw. nach der Beziehung:

$$t_{2A} > \text{Selektivitätszeit}_B + 70\text{ms}^*$$

*Δt Mindestwert zwischen den Ansprechzeiten der beiden in Reihe geschalteten CB, bei Hilfsspannungsversorgung und mit Kennlinien mit konstanter Zeit, um die Nichtauslösung des CB auf der Versorgungsseite zu gewährleisten.



Was den Selektivitätsgrenzwert betrifft

- Wenn die unverzögerte Funktion **I** des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite auf **ON** gestellt ist (**I₃=ON**), hat der Selektivitätsgrenzwert den Wert der Schwelle **I₃** der unverzögerten Auslösung dieses Leistungsschalters minus seiner Toleranz:

$$I_s = I_{3_{\text{minA}}}$$

- Wenn die unverzögerte Funktion **I** des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite auf **OFF** gestellt ist (**I₃=OFF**), entspricht der Selektivitätsgrenzwert dem Wert **I_{cw}** dieses Leistungsschalters:

$$I_s = I_{cw}$$

Angaben zur Verdrahtung

Zur Realisierung der Verdrahtung kann ein abgeschirmtes verdrehtes Zweileiterkabel benutzt werden ($V_n \geq 50V$, AWG22, Bemessungswiderstand des Leiters in DC bei $20\text{ }^\circ\text{C} \leq 15\text{ Ohm}/1000\text{ft}$, Bemessungswiderstand der Abschirmung in DC bei $20\text{ }^\circ\text{C} \leq 3\text{ Ohm}/1000\text{ft}$).

Die Abschirmung braucht nur auf dem Auslöser des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite geerdet zu werden.

Die maximale Länge der Verdrahtung für die Zonenselektivität zwischen zwei Einheiten beträgt 300 Meter. Dieser Grenzwert kann mit besonderen Maßnahmen auch erhöht werden.

Die maximale Anzahl der Leistungsschalter, die an den Ausgängen (Z out) eines Relais angeschlossen werden können, beträgt 20.

Das Sperrsignal der Relais ist ein Signal von +24V.

Signalwiederholung

Wie in der Tabelle gezeigt, wird ein Auslöser, wenn er das Sperrsignal von der Lastseite erhält, auch wenn er nicht in die Schwelle von **S** eingetreten ist, das Sperrsignal auf der Lastseite wiederholen.

Das soll vermeiden, dass etwaige Einstellfehler, d.h. der Nichteintritt in die Schwelle eines Relais auf der Lastseite, sondern der Eintritt in die Schwelle eines Relais auf der Versorgungsseite, zum Ausfall der Selektivität führen:

Zonenselektivität	$I > I_2$	Signal ZSI	Signal ZSO	T Auslösung
Ausgeschaltet	NEIN	0	0	keine Auslösung
Ausgeschaltet	NEIN	1	0	keine Auslösung
Ausgeschaltet	JA	0	0	t2 programmiert
Ausgeschaltet	JA	1	0	t2 programmiert
Eingeschaltet	NEIN	0	0	keine Auslösung
Eingeschaltet	NEIN	1	1	keine Auslösung
Eingeschaltet	JA	0	1	Selektivitätszeit
Eingeschaltet	Ja	1	1	t2 programmiert

MODUL ZSA

Falls mehrere Leistungsschalter auf der Lastseite mehrere Leistungsschalter auf der Versorgungsseite blockieren müssen, aber auf eine differenzierte Art, ist es erforderlich, das Modul **ZSA** zu benutzen, das von **ABB** geliefert wird.

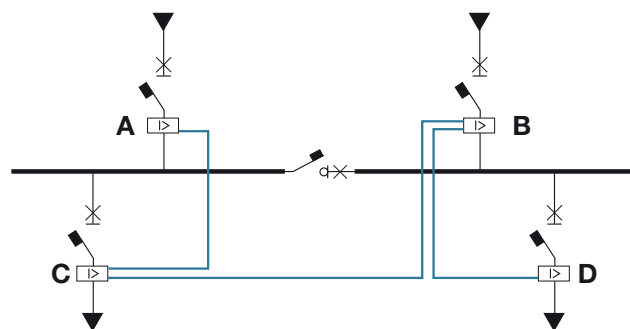
Nehmen wir als Beispiel und mit Bezug auf die seitliche Abbildung folgendes an:

C muss **A** und **B** blockieren

D muss nur **B** blockieren

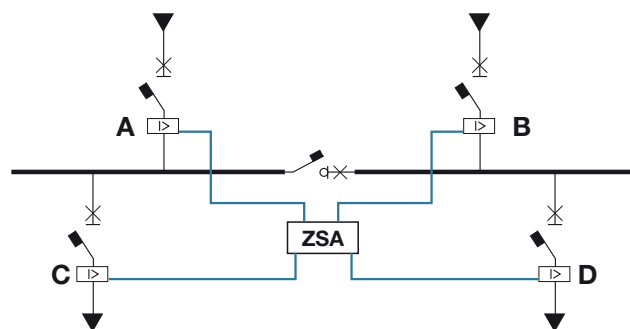
Mit der Verdrahtung, die in der seitlichen Abbildung realisiert wird, wäre es nicht möglich, die gewünschte Lösung zu erhalten.

Das von **D** kommende Sperrsignal würde nämlich durch die elektrische Durchgängigkeit, die durch die verschiedenen Verriegelungsanschlüsse **B-C** und **C-A** entsteht, auch an **A** übertragen.



Durch die angemessene Verdrahtung des Moduls **ZSA** wird das Sperrsignal nicht in einer Richtung übertragbar, so dass ein von **D** kommendes und für **B** bestimmtes Signal nicht auch an **A** übertragen werden kann.

Die seitliche Abbildung zeigt die Benutzung des Moduls **ZSA**.



Selektivität zwischen Offene-Leistungsschaltern

Richtungsabhängige Zeitselektivität

Mit der richtungsabhängigen Schutzfunktion **D**, die auf den Leistungsschaltern Emax vorhanden ist, die mit Auslösern PR123 ausgestattet sind, ist es möglich, eine Richtungsabhängige Zeitselektivität zu realisieren.

Dieser Selektivitätstyp hat alle Vorteile und Grenzen der Zeitselektivität, die mittels der Funktion **S** realisiert wird, ist aber zusätzlich in der Lage, je nach der Fehlerrichtung mit differenzierten Zeiten anzusprechen.

Die Benutzung dieses Selektivitätstyps ist besonders für all die Fälle angesagt, in denen es mehr als eine Speisequelle gibt. Im Fall eines Fehlers in der Nähe einer Speisequelle kann man nämlich mittels der richtungsabhängigen Schutzfunktion die Betriebsbeibehaltung der restlichen Stromversorgung gewährleisten.

Richtungsabhängige Schutz

Der richtungsabhängige Schutz basiert auf der Möglichkeit, das Verhalten des Leistungsschalters der Richtung des ihn durchfließenden Fehlerstroms im Bezug auf die auf dem Auslöser einstellbare Bezugsrichtung im Verbindung zu setzen.

Je nach der Stromrichtung können auf dem Relais PR123 zwei verschiedene Ansprechzeiten eingestellt werden:

eine Zeit ($t7Fw$) in der Richtung, die der eingestellten Bezugsrichtung entspricht (Fw), eine Zeit ($t7Bw$) in der Richtung, die der eingestellten Bezugsrichtung widerspricht (Bw).

Diese Zeiten werden beim Überschreiten der einzigen Stromschwelle ($I7$) aktiviert, die auf dem Relais PR123 eingestellt ist.

Wenn der Fehlerstrom gegenläufig (Bw) im Bezug zur der eingestellten Bezugsrichtung ist, spricht die Schutzfunktion nach Erreichen der Schwelle $I7$ in der eingestellten Zeit $t7Bw$ an (es sei denn, die Funktionen **S** und **I** sind nicht so eingestellt, dass sie von der Schutzfunktion **D** ansprechen).

Wenn der Fehlerstrom gleichläufig (Fw) im Bezug zur der eingestellten Bezugsrichtung ist, spricht die Schutzfunktion nach Erreichen der Schwelle $I7$ in der eingestellten Zeit $t7Fw$ an (es sei denn, die Funktionen **S** und **I** sind nicht so eingestellt, dass sie von der Schutzfunktion **D** ansprechen).

Wenn die Funktion **I** freigegeben ist und der Kurzschlussstrom den eingestellten Wert $I3$ überschreitet, schaltet der Leistungsschalter außerdem unverzüglich aus, und zwar unabhängig von der Stromrichtung.

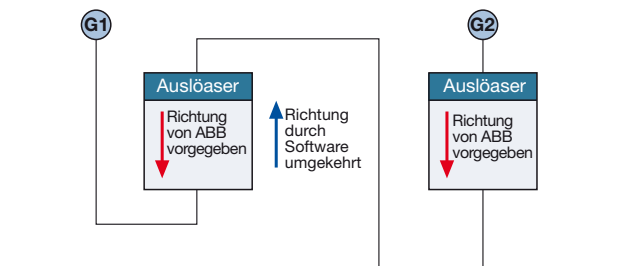
Die Default-Bezugsrichtung geht von oben im Leistungsschalters (Bereich, wo das Relais vorhanden ist) nach unten (top to bottom).

Die seitliche Abbildung zeigt die tatsächliche Konfiguration, die die beiden Leistungsschalter in einer Anlage haben.

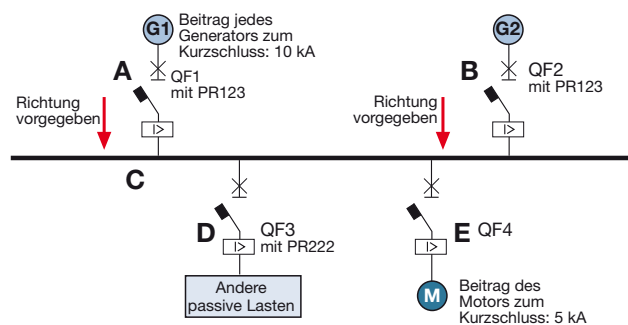
Mit dem roten Pfeil wird die Bezugsrichtung angegeben, die auf dem Leistungsschalter als Default eingestellt ist.

Wenn die Speiserichtung des Leistungsschalters von oben nach unten geht (Speisung von $G2$), bleibt als Bezugsrichtung die bestehen, die ABB als Default vorgibt.

Wenn die Speiserichtung des Leistungsschalters von unten nach oben geht (Speisung von $G1$), gestattet es das neue elektronische Relais PR123, die Default-Einstellung direkt auf der Software zu ändern. (bottom to top).



Auf diese Weise werden alle mit dem Relais PR123 gemessenen Größen so beurteilt, wie sie tatsächlich in der Anlage fließen. In dem Übersichtsschaltbild, das die Anlage darstellt, bleibt die Bezugsrichtung, um die Selektivitätsstudie zu realisieren und die Ansprechrichtungen Bw oder Fw als korrekt zu betrachten, immer die von oben nach unten.



In dem seitlichen Übersichtsschaltbild sind die Bezugsrichtungen in Rot angezeigt. Wenn wir die Leistungsschalter so wie in der vorstehenden Abbildung gespeist betrachten, ergibt sich: Für QF2 handelt es sich um die Default-Richtung, für QF1 ist die Richtung dagegen mittels der Software umgekehrt worden.

Um die Richtungsabhängige Zeitselektivität zu realisieren, ist es erforderlich, die signifikanten Fehlerpunkte anzunehmen und nach Beurteilung der Kurzschlussströme, die im Spiel sind, festzulegen, welche Leistungsschalter ansprechen müssen.

Um sicher zu sein, dass in einem Fehlerfall alles wie vorgesehen funktioniert, d.h. dass die Leistungsschalter immer mit der richtungsabhängigen Schutzfunktion ansprechen, sollten folgende Einstellungen und Wahlen vorgenommen werden:

- Die Leistungsschalter so wählen, dass sie für den zulässigen Kurzzeitstrom einen Wert haben, der größer als der höchste unbeeinflusste Kurzschlussstrom ist, der sich an dem Punkt ereignen kann, wo sie installiert sind:

$$I_{cw} \geq I_{cc \text{ MAX}}$$

- Die Ansprechschwellen der richtungsabhängigen Schutzfunktionen **D** auf einen Wert einstellen, der unter dem kleinsten unbeeinflussten Kurzschlussstrom liegt, der sich an dem Punkt vorkommen kann, wo dieser Auslöser installiert ist:

$$I7 < I_{cc \text{ min}}$$

- Die Ansprechschwellen der Schutzfunktionen **S** und **I** so einstellen, dass es nicht zu Überdeckungen der Auslösung mit der Funktion **D** kommt.

Außerdem ist nicht zu vergessen, dass im Fall von Kennlinien mit konstanter Zeit zur Gewährleistung der Auslösung eines Offene-Leistungsschalters, der mit PR121/P, PR122/P oder PR123/P ausgestattet ist, wie auch der Nichtauslösung eines anderen Offene-Leistungsschalters, der mit diesen Auslösern ausgestattet ist, eine Differenz zwischen den eingestellten Ansprechzeiten beibehalten werden muss, die den folgenden Wert aufweist:

$\Delta t = 100\text{ms}$ (reduzierbar auf 70ms, wenn eine Hilfsspannungsversorgung vorhanden ist oder wenn man berücksichtigt, dass der Fehler erfolgt, wenn die Auslöser mit Selbstspeisung sich unter konstanten Bedingungen befinden).

Anwendungsbeispiel

Mit Bezug auf die Anlage in der Abbildung werden die verschiedenen Betriebsbedingungen der Leistungsschalter im Bezug zu verschiedenen Fehlerpunkten analysiert.

Fehler auf der Versorgungsseite von QF1

Nur QF1 soll ansprechen.

QF1 sieht einen Strom von **15kA, der gegenläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7BW} ansprechen wird₁

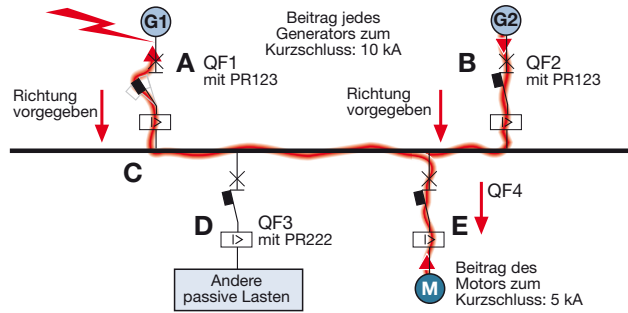
QF2 sieht einen Strom von **10 kA, der gleichläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7FW} ansprechen wird₂

QF3 siehe keinen Fehlerstrom

QF4 sieht einen Strom von **5kA, der gegenläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7BW} ansprechen wird₄

Wenn: $t_{7FW}_2 > t_{7BW}_1 + 100ms^*$
 $t_{7BW}_4 > t_{7BW}_1 + 100ms^*$

Folglich wird nur **QF1** ansprechen.



Fehler auf der Versorgungsseite von QF2

Nur QF2 soll ansprechen.

QF1 sieht einen Strom von **10 kA, der gleichläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7FW} ansprechen wird₁

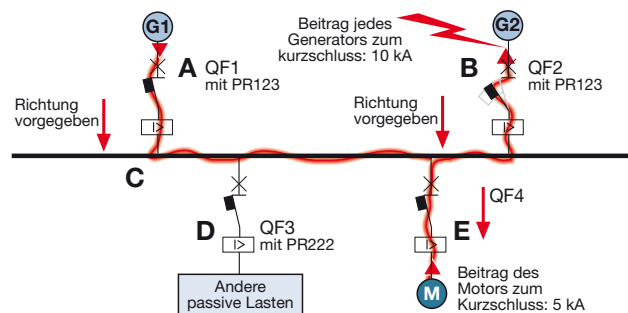
QF2 sieht einen Strom von **15kA, der gegenläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7BW} ansprechen wird₂

QF3 siehe keinen Fehlerstrom

QF4 sieht einen Strom von **5kA, der gegenläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7BW} ansprechen wird₄

Wenn: $t_{7FW}_2 > t_{7BW}_1 + 100ms^*$
 $t_{7BW}_4 > t_{7BW}_2 + 100ms^*$

Folglich wird nur **QF2** ansprechen.



Fehler auf der Lastseite von QF3

Nur QF3 soll ansprechen.

QF1 sieht einen Strom von **10 kA, der gleichläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7FW} ansprechen wird₁

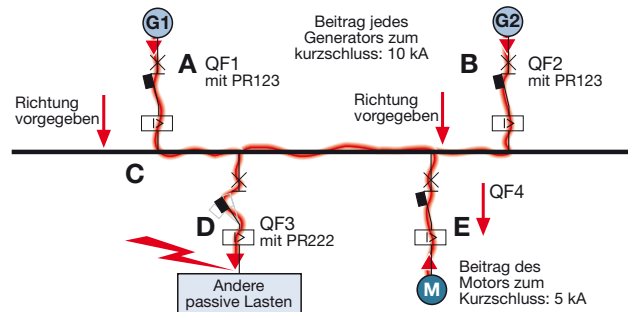
QF2 sieht einen Strom von **10 kA, der gleichläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7FW} ansprechen wird₂

QF3 sieht einen Fehlerstrom von **25kA**

QF4 sieht einen Strom von **5kA, der gegenläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7BW} ansprechen wird₄

Wenn: $t_{7FW}_3 > t_{2_3} + 100ms^*$
 $t_{7FW}_4 > t_{2_3} + 100ms^*$
 $t_{7BW}_4 > t_{2_3} + 100ms^*$

Folglich wird nur **QF3** ansprechen.



Fehler auf der Lastseite von QF4

Nur QF4 soll ansprechen.

QF1 sieht einen Strom von **10 kA, der gleichläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7FW} ansprechen wird₁

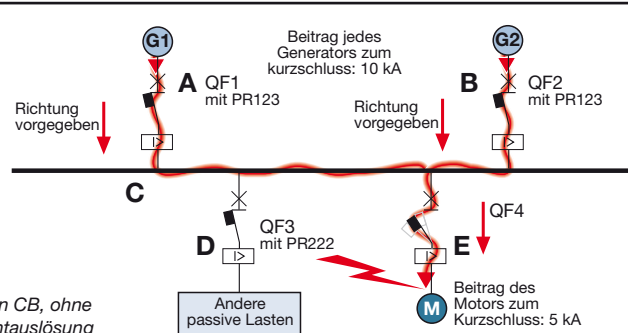
QF2 sieht einen Strom von **10 kA, der gleichläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7FW} ansprechen wird₂

QF3 siehe keinen Fehlerstrom

QF4 sieht einen Strom von **20 kA, der gleichläufig** zu seiner Bezugsrichtung ist, so dass er in der Zeit t_{7FW} ansprechen wird₄

Wenn: $t_{7FW}_4 > t_{7FW}_1 + 100ms^*$
 $t_{7FW}_4 > t_{7FW}_2 + 100ms^*$

Folglich wird nur **QF4** ansprechen.

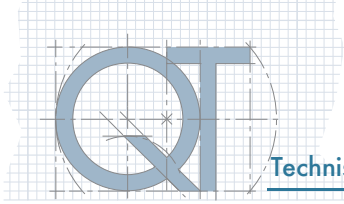


* Δt Mindestwert zwischen den Ansprechzeiten der beiden in Reihe geschalteten CB, ohne Hilfsspannungsversorgung und nicht bei konstanten Bedingungen, um die Nichtauslösung des CB auf der Versorgungsseite zu gewährleisten.

Die möglichen Einstellungen, die den vorgegebenen Bedingungen entsprechen, sind im Überblick:

Schutzfunktionen	S		D			I
	I ₂	t ₂	I ₇	t _{7FW}	t _{7BW}	I ₃
QF1		OFF	3kA	300ms	200ms	OFF
QF2		OFF	3kA	300ms	200ms	OFF
QF3	3kA	200ms	-	-	-	OFF
QF4		OFF	3kA	200ms	300ms	OFF

Der Selektivitätsgrenzwert, den man erhält, ist so groß I_{cw} der Leistungsschalter, wenn I₃=OFF.



Selektivität zwischen Offene-Leistungsschaltern

Richtungsabhängige Zonenselektivität

Diese Funktion gestattet es, die Selektivität auch in vermaschten Netzen und in Ringsnetzen zu erhalten.

Beim Vorhandensein eines Kupplungsfeldes ist es dank der Richtungsabhängige Zonenselektivität insbesondere möglich, eine Halbschiene auch dann spannungsführend zu halten, wenn die andere Halbschiene einen Fehler aufweist.

Damit es möglich ist, die Zonenselektivität auf die Schutzfunktion D (Richtungsabhängige Zonenselektivität) anzuwenden, sind eine Reihe von Bedingungen nachzuweisen:

- die Zonenselektivität von S und G sind auszuschalten [OFF]
- eine Hilfsspannungsquelle von 24 V DC ist vorhanden,
- die Leistungsschalter Emax sind mit den Auslösern PR123 ausgestattet,

Jedem Relais stehen 4 Ports zur Verfügung:

- zwei Eingänge (einer für die gleichläufige und einer für die gegenläufige Richtung), über welche das Relais das Sperrsignal erhält, das von anderen Relais kommt
- zwei Ausgänge (einer für die gleichläufige und einer für die gegenläufige Richtung), über welche das Relais das Sperrsignal an andere Relais sendet.

Das Verhalten des Auslösers wird hier unten beschrieben:

Die Leistungsschalter, die kein (mit der Stromrichtung koordiniertes) Sperrsignal erhalten, senden einen eigenen Ausschaltbefehl in einer Zeit, die der "Selektivitätszeit" entspricht, die von 130 bis auf 500 ms eingestellt werden kann.

Die Leistungsschalter, die das (mit der Stromrichtung koordinierte) Sperrsignal erhalten, werden je nach der Stromrichtung nach den Zeiten t_{7BW} oder t_{7FW} schalten.

Es ist wichtig, daran zu erinnern, dass der Leistungsschalter, wenn die Funktion I freigegeben ist und der Kurzschlussstrom den eingestellten Wert (I_3) überschreitet, unverzüglich und unabhängig von den Richtungen und den empfangenen Signalen ausschalten wird.

Mit dem Einsatz der Richtungsabhängige Zonenselektivität ist es möglich, die Selektivität auch in vermaschten Netzen bis zu einem Selektivitätsgrenzwert zu erhalten, der dem I_{cw} der am weitesten vorgeschalteten Leistungsschalter entspricht (wenn $I_3=OFF$).

Wie beim richtungsabhängigen Schutz sollen auch in diesem Fall, um sicher zu sein, dass in einem Fehlerfall alles wie vorgesehen funktioniert, d.h. dass die Leistungsschalter immer mit der richtungsabhängigen Schutzfunktion ansprechen, folgende Einstellungen und Wahlen benutzt werden:

- Die Leistungsschalter so wählen, dass sie für den zulässigen Kurzzeitstrom einen Wert haben, der größer als der höchste unbeeinflusste Kurzschlussstrom ist, der sich an dem Punkt ereignen kann, wo sie installiert sind:

$$I_{cw} \geq I_{cc_{MAX}}$$

- Die Ansprechschwellen der richtungsabhängigen Schutzfunktionen **D** auf einen Wert einstellen, der unter dem kleinsten unbeeinflussten Kurzschlussstrom liegt, der sich an dem Punkt vorkommen kann, wo dieser Auslöser installiert ist:

$$I_7 < I_{cc_{min}}$$

- Die Ansprechschwellen der Schutzfunktionen **S** und **I** so einstellen, dass es nicht zu Überdeckungen der Auslösung mit der Funktion **D** kommt.

Durch diese Einstellungen ist man sicher, dass die Leistungsschalter für jeden in der Anlage vorhersehbaren Fehler gemäß den Einstellungen der Funktion **D** ansprechen werden.

Bei der Einstellung der Ansprechzeiten ist folgendes zu bedenken:

Selektivitätszeit ist die Ansprechzeit der "nicht gesperrten" Leistungsschalter, die ausschalten müssen,
t_{7FW/BW} ist die Ansprechzeit der "gesperrten" Leistungsschalter, die nicht ausschalten dürfen.

Ausgehend von diesen Betrachtungen gilt:

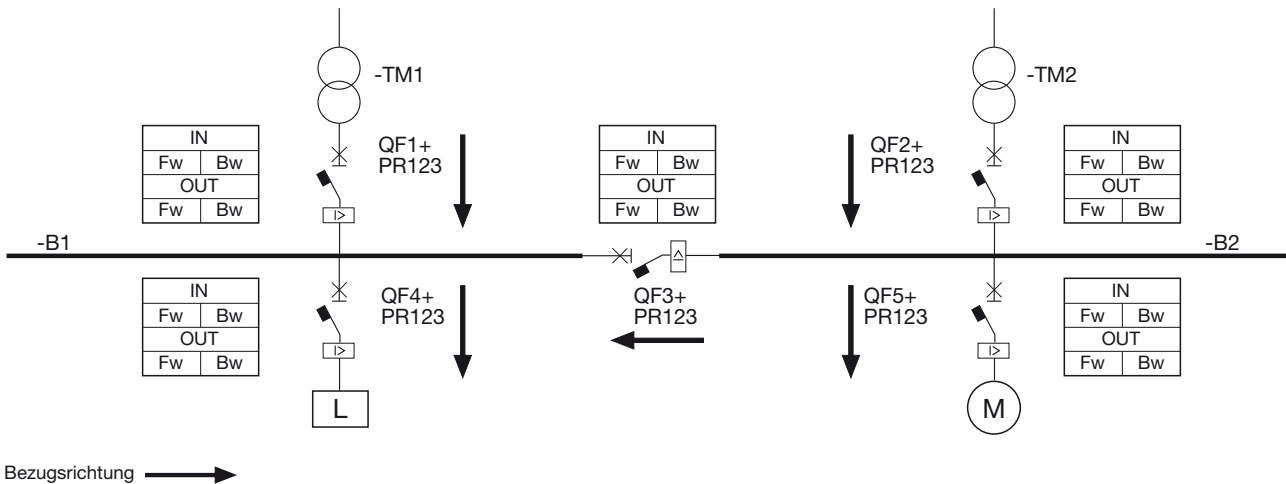
Selektivitätszeit Wird so eingestellt, dass die Zeit-Strom-Selektivität mit einer etwaigen Einrichtung realisiert wird, die direkt auf der Lastseite angeschlossen ist und sich außerhalb der Zonenselektivität befindet.

t_{7FW/BW} So eingestellt, dass die Nichtauslösung der Schutzeinrichtung gewährleistet wird, die das Sperrsignal erhält, bzw. nach der Beziehung:

$$t_7 > \text{Selektivitätszeit} + 70\text{ms}^*$$

*At Mindestwert zwischen den Ansprechzeiten der beiden in Reihe geschalteten CB, mit Hilfsspannungsversorgung, um die Nichtauslösung des CB auf der Versorgungsseite zu gewährleisten.

Nun wird ein Anwendungsbeispiel für diese Selektivitätstechnik illustriert. Dieses Beispiel zeigt auch, welches Verfahren zu benutzen ist, um die Verdrahtungen festzulegen, die zwischen den verschiedenen Auslösern erforderlich sind.



Mit Bezug auf die in der Abbildung dargestellte Anlage und wenn die kleinsten und größten Kurzschlussströme an den verschiedenen Punkten der Anlage bekannt sind, ist folgendes erforderlich:

- die verschiedenen signifikanten Fehlerpunkt annehmen,
- für den ersten Fehler: festlegen, welche Leistungsschalter den Fehler isolieren müssen,
 - festlegen, welche Leistungsschalter gesperrt werden müssen und von wem,
 - die angemessenen Verdrahtungen zeichnen,
- den Vorgang für die anschließenden Fehler wiederholen, um alle erforderlichen Verdrahtungen festzulegen.

Zum Abschluss ist es erforderlich nachzuweisen, dass die realisierten Verdrahtungen keine Konflikte erzeugen.

Anwendungsbeispiel

Die wichtigsten Fehler, die man annehmen kann, sind die folgenden:

Fehler in B1

Fehler in B2

Fehler auf der Lastseite von QF4

Fehler auf der Lastseite von QF5

Fehler auf der Versorgungsseite von QF1

Fehler auf der Versorgungsseite von QF2

Anm.:

Der Leistungsschalter QF4 könnte mit einem Auslöser PR122/P ausgestattet sein. Das ist möglich, weil der Kurzschlussstrom mit einer passiven Last nur eine Richtung haben kann und der Richtungsabhängige Schutz daher nicht erforderlich wäre.

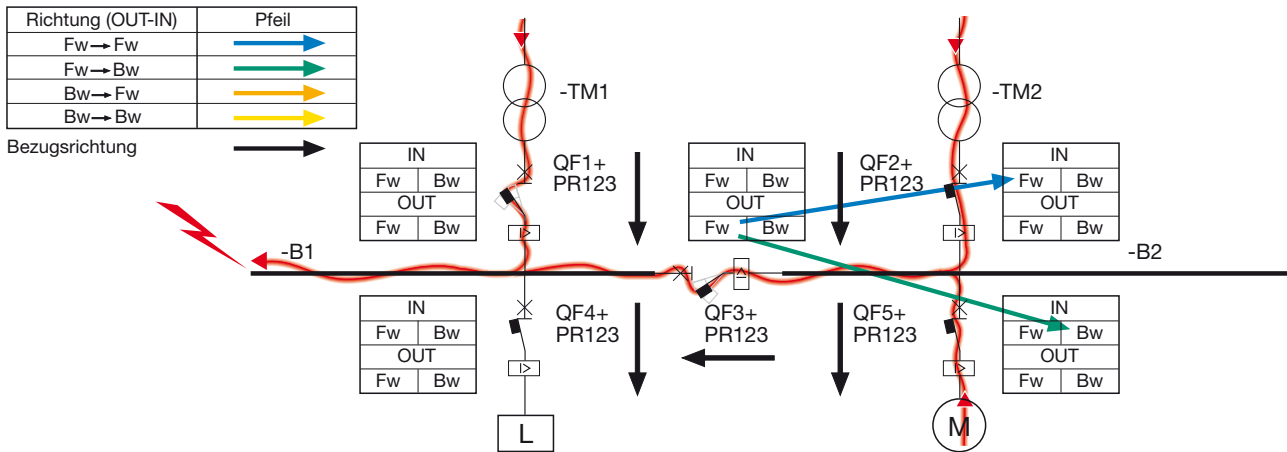
Die Benutzung des PR122/P mit der Zonenselektivität, die in der Schutzfunktion S implementiert ist, stellt einen Eingang und einen Ausgang zur Verfügung, die es gestatten, die Selektivität zu realisieren, falls auf der Lastseite von QF4 ein Fehler vorliegt.

Selektivität zwischen Offene-Leistungsschaltern

Wie man mit ABB Leistungsschaltern Selektivität erhält

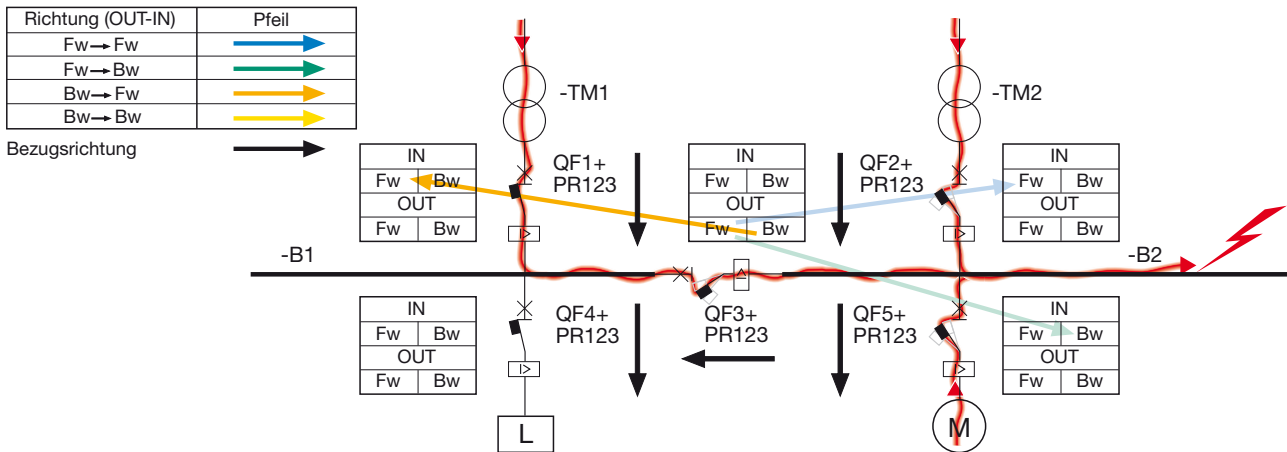
Fehler in B1:

Nur die Leistungsschalter QF1 und QF3 dürfen den Fehler unterbrechen: Insbesondere wird der Leistungsschalter QF3 durch einen Strom durchflossen, der von der Sammelschiene B2 kommt (daher in gleichläufiger Richtung mit der vorgeschriebenen). Der Bus OUT Fw sendet ein Sperrsignal an den Bus IN Fw des Leistungsschalters QF2 (der von einem Strom durchflossen wird, der von dem Transformator TM2 kommt und daher eine gleichläufige Richtung mit der vorgeschriebenen hat) und an den Bus IN Bw des Leistungsschalters QF5 (der durch einen Strom durchflossen wird, der vom Motor kommt und daher eine gegenläufige Richtung im Bezug zu der vorgeschriebenen hat).



Fehler in B2:

Die Leistungsschalter QF2 und QF3 und QF5 müssen den Fehler unterbrechen: Insbesondere wird der Leistungsschalter QF3 durch einen Strom durchflossen, der von der Sammelschiene B1 kommt (daher in gegenläufiger Richtung mit der vorgeschriebenen). Der Bus OUT Bw sendet ein Sperrsignal an den Bus IN Fw des Leistungsschalters QF1 (der von einem Strom durchflossen wird, der von dem Transformator TM1 kommt und daher eine gleichläufige Richtung mit der vorgeschriebenen hat).

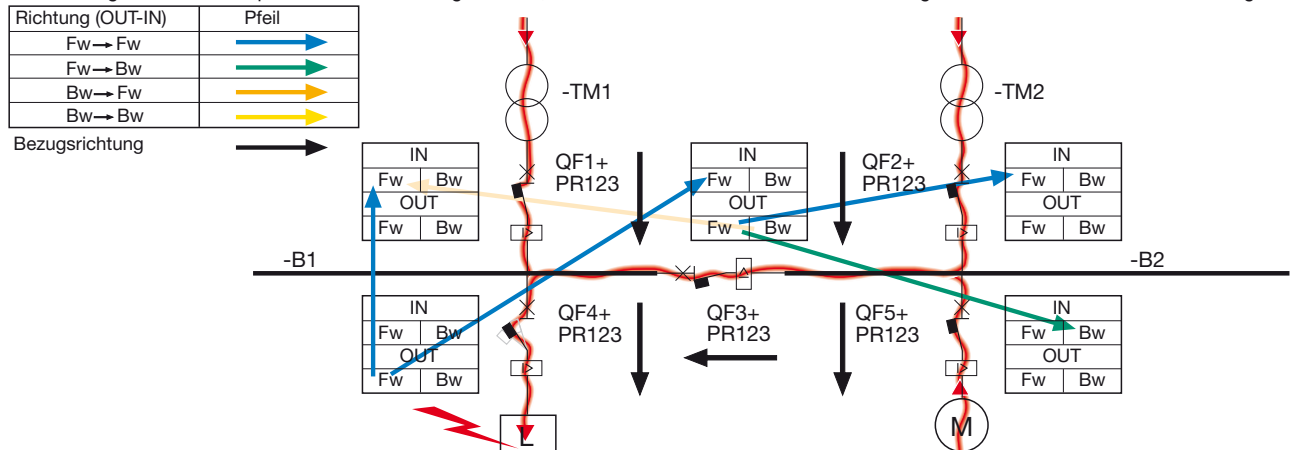


Verdrahtung			OUT									
			QF1		QF2		QF3		QF4		QF5	
			Fw	Bw	Fw	Bw	Fw	Bw	Fw	Bw	Fw	Bw
IN	QF1	Fw										
		Bw										
	QF2	Fw										
		Bw										
	QF3	Fw										
		Bw										
	QF4	Fw										
		Bw										
	QF5	Fw										
		Bw										

Fehler auf der Lastseite von QF4:

Nur der Leistungsschalter QF4 darf den Fehler unterbrechen: Der Leistungsschalter QF4 wird durch einen Strom durchflossen, der von der Sammelschiene B1 kommt (daher in gleichläufiger Richtung mit der vorgeschriebenen). Der Bus OUT Fw sendet ein Sperrsignal an den Bus IN Fw des Leistungsschalters QF1 (der von einem Strom durchflossen wird, der von dem Transformator TM1 kommt und daher eine gleichläufige Richtung mit der vorgeschriebenen hat) und an den Bus IN Fw des Leistungsschalters QF3 (der durch einen Strom durchflossen wird, der von der Sammelschiene B2 kommt und daher eine gleichläufige Richtung im Bezug zu der vorgeschriebenen hat). Diese beiden Verdrahtungen müssen realisiert werden.

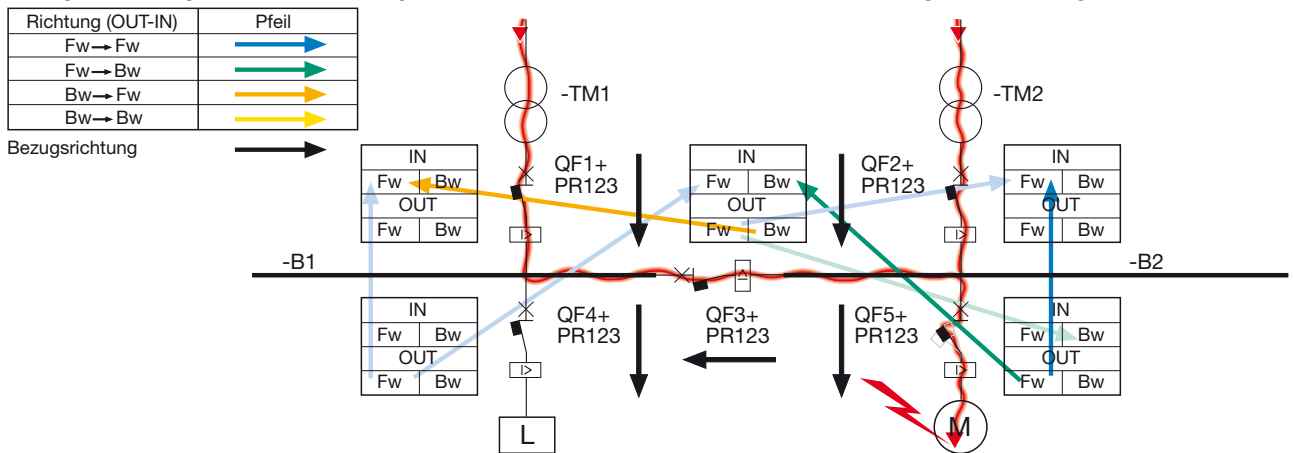
Der Leistungsschalter QF3 sperrt dann die Leistungsschalter, die über die schon realisierten Verdrahtungen auf der Sammelschiene B2 anliegen.



Fehler auf der Lastseite von QF5:

In diesem Fall darf nur der Leistungsschalter QF5 den Fehler unterbrechen: Der Leistungsschalter QF5 wird vom einem Strom durchflossen, der von den Sammelschienen B1 und B2 kommt, also in gleichläufiger Richtung mit der vorgeschriebenen. Der Bus OUT Fw von QF5 sperrt sowohl den Bus IN Fw von QF2 (der von einem Strom durchflossen wird, der von dem Transformator TM2 kommt und daher eine gleichläufige Richtung mit der vorgeschriebenen hat) als auch den Bus IN Bw von QF3 (der von einem Strom durchflossen wird, der von TM1 kommt und daher eine gegenläufige Richtung im Bezug zu der vorgeschriebenen hat). Diese beiden Verdrahtungen müssen realisiert werden.

Analog wie vorherig blockiert der Leistungsschalter QF3 mit den schon vorhandenen Verdrahtungen den Leistungsschalter QF1.



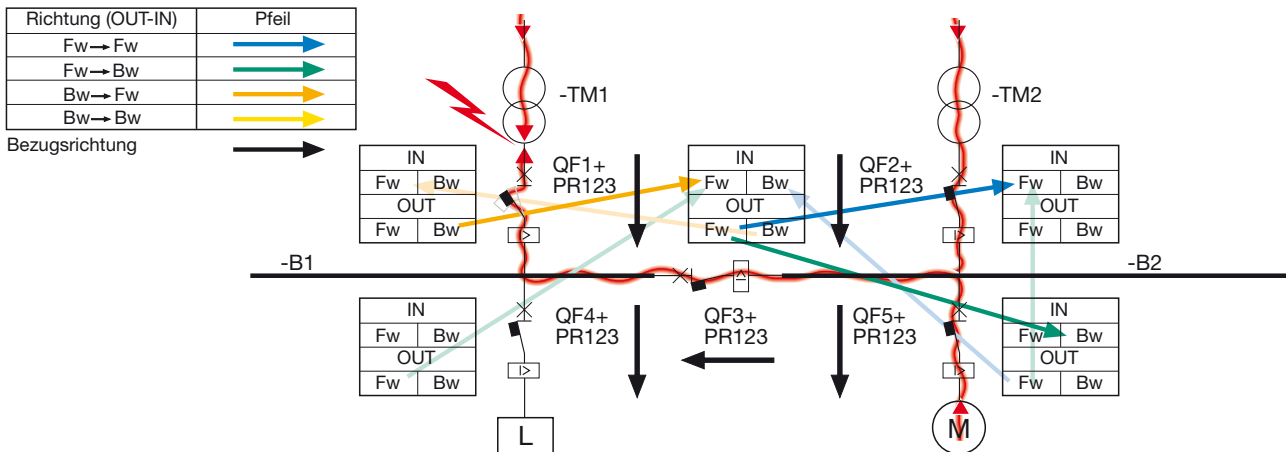
Verdrahtung			OUT										
			QF1		QF2		QF3		QF4		QF5		
			FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	
IN	QF1	FW											
		BW											
	QF2	FW											
		BW											
	QF3	FW											
		BW											
	QF4	FW											
		BW											
	QF5	FW											
		BW											

Selektivität zwischen Offene-Leistungsschaltern

Wie man mit ABB Leistungsschaltern Selektivität erhält

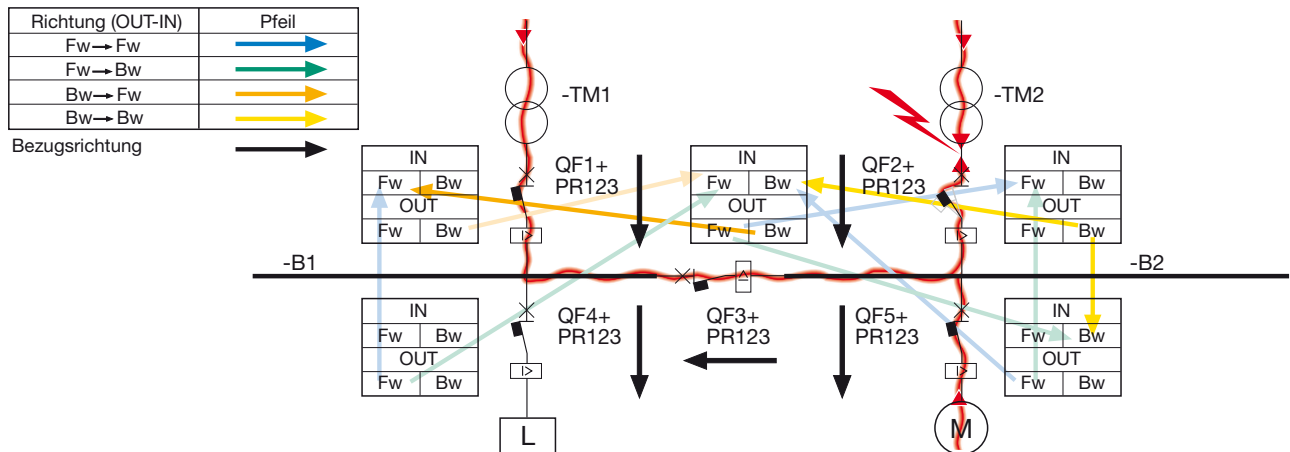
Fehler auf der Versorgungsseite von QF1:

Nur der Leistungsschalter QF1 darf den Fehler unterbrechen. Der Leistungsschalter QF1 wird von einem Strom durchflossen, der von der Sammelschiene B1 kommt (daher in gegenläufiger Richtung mit der vorgeschriebenen). Der Bus OUT Bw sendet ein Sperrsignal an den Bus IN Fw des Leistungsschalters QF3 (der von einem Strom durchflossen wird, der von dem Transformator TM2 kommt und daher eine gleichläufige Richtung mit der vorgeschriebenen hat). Diese Verdrahtung muss realisiert werden. Der Leistungsschalter QF3 sperrt dann die Leistungsschalter, die über die schon realisierten Verdrahtungen auf der Sammelschiene B2 anliegen.



Fehler auf der Versorgungsseite von QF2:

In diesem Fall darf nur der Leistungsschalter QF2 den Fehler unterbrechen. Der Leistungsschalter QF2 wird vom einem Strom durchflossen, der von der Sammelschiene B2 kommt, also in gegenläufiger Richtung mit der vorgeschriebenen. Der Bus OUT Bw von QF2 sperrt damit sowohl den Bus IN Bw von QF5 (der von einem Strom durchflossen wird, der vom Motor kommt und daher eine gegenläufige Richtung mit der vorgeschriebenen hat) als auch den Bus IN Bw von QF3 (der durch einen Strom durchflossen wird, der von TM1 kommt und daher eine gegenläufige Richtung im Bezug zu der vorgeschriebenen hat). Diese beiden Verdrahtungen müssen realisiert werden. Analog wie vorherig blockiert der Leistungsschalter QF3 mit den schon vorhandenen Verdrahtungen den Leistungsschalter QF1.



Verdrahtung			OUT									
			QF1		QF2		QF3		QF4		QF5	
IN	QF1	FW										
		BW										
	QF2	FW										
		BW										
	QF3	FW										
		BW										
QF4	FW											
	BW											
QF5	FW											
	BW											

Nach der Festlegung des Verdrahtungssystems wie in der Tabelle angegeben, schlagen wir ein Beispiel für die Einstellungen der fraglichen Anlage vor:

Schutzfunktionen CB	S		D				I
	I ₂	t ₂	I ₇	t _{7FW}	t _{7BW}	Selektivitätzert	I ₃
QF1	OFF		<I _{CCmin}	350ms	250ms	150ms	OFF
QF2	OFF		<I _{CCmin}	350ms	250ms	150ms	OFF
QF3	OFF		<I _{CCmin}	300ms	300ms	150ms	OFF
QF4	OFF		<I _{CCmin}	250ms	350ms	150ms	OFF
QF5	OFF		<I _{CCmin}	250ms	350ms	150ms	OFF

Mit den genannten Einstellungen gelingt es nicht nur, die Richtungsabhängige Zonenselektivität zu realisieren, sondern auch Selektivität zwischen den Leistungsschaltern QF4 und QF5 gegenüber den Leistungsschaltern auf der Versorgungsseite und zwischen QF1 und QF2 im Fall des Ausfalls der Hilfsspannungsversorgung zu haben.

Angaben zur Verdrahtung

Um die Verdrahtung zu realisieren, ist ein abgeschirmtes verdrahtes Zweileiterkabel zu benutzen (nicht zum Lieferumfang gehörend, bitte für Auskünfte bei ABB nachfragen).

Die Abschirmung des Kabels braucht nur in Übereinstimmung mit einem der beiden Auslöser geerdet zu werden. Wenn es möglich ist, zwischen den beiden einen Leistungsschalter zu finden, der sich weiter auf der Versorgungsseite befindet, empfiehlt es sich, diese Abschirmung auf der Höhe des Auslösers zu erden, der in diesem Leistungsschalter vorhanden ist.

Die maximale Länge der Verdrahtung für die Zonenselektivität zwischen zwei Einheiten beträgt 300 Meter. Dieser Grenzwert kann mit besonderen Maßnahmen auch erhöht werden.

Die maximale Anzahl der Leistungsschalter, die an den Ausgängen (Z out) eines Relais angeschlossen werden können, beträgt 20. Das Spersignal der Relais ist ein Signal von +24V.

Wird die Richtungsabhängige Zonenselektivität benutzt, empfiehlt es sich, das auf Seite 31 beschriebene Modul ZSA zu verwenden.

Anhang A

MS/NS-Selektivität

Allgemeines

Bevor wir uns mit dem Problem der Selektivität zwischen dem Mittelspannungs- (MS) und dem Niederspannungs-Leistungsschalter (NS) befassen, ist zunächst zu klären, welche Funktionen diese Leistungsschalter haben:

- Der MS-Schutz auf der Versorgungsseite des Transformators:
 - muss den Transformator gegen Kurzschluss schützen
 - muss den Transformator gegen die Fehler auf der Versorgungsseite des NS-Hauptleistungsschalters schützen (wenn keine dedizierte Schutzeinrichtung vorgesehen ist)
 - darf nicht ansprechen, wenn der Transformator mit Spannung versorgt wird (Einschaltstrom – Inrush)
 - muss so eingestellt sein, dass die vom Netzbetreiber vorgeschriebenen Grenzwerte beachtet werden
 - muss so eingestellt sein, dass er mit den Schutzeinrichtungen auf der Versorgungsseite selektiv ist (sofern verlangt)
- Der NS-Schutz auf der Lastseite des Transformators:
 - muss den Transformator gegen Kurzschluss und Überlast schützen*
 - muss so eingestellt sein, dass er mit den Schutzeinrichtungen auf der Lastseite selektiv ist.

Um die Selektivitätsstudie zwischen den beiden Leistungsschaltern mit mittlerer und niedriger Spannung auszuführen, muss man zunächst die untenstehend genannten Daten in ein logarithmisches Diagramm (auf eine einzige Bezugsspannung bezogen) eintragen.

* Die Benutzung einer thermometrischen Vorrichtung gestattet es, den Überlastschutz des Transformators zu verbessern.

Beispiel

Es soll die Selektivitätsstudie des in der Abbildung dargestellten Netzes ausgeführt werden:

Daten:

- Netzbetreiber:
 - Bemessungs-Spannung $U_n = 15 \text{ kV}$
 - Dreiphasiger Kurzschlussstrom $I_{cc3} = 12,5 \text{ kA}$
 - Einphasiger Fehlerstrom gegen Erde $I_{cc1E} = 50 \text{ A}$
 - Überstromschutz 51:
 - Erste Schwelle: $I > \leq 250 \text{ A}$, $t \leq 0,5 \text{ s}$
 - Zweite Schwelle: $I >> \leq 900 \text{ A}$, $t \leq 0,12 \text{ s}$
- Transformator 15/0,4 kV:
 - Bemessungs-Leistung $S_n = 1600 \text{ kVA}$
 - Kurzschlussleistung $u_k = 8 \%$
 - Primärer Bemessungs-Strom $I_{t1} = 61,6 \text{ A}$
 - Sekundärer Bemessungs-Strom $I_{t2} = 2309,4 \text{ A}$
 - Einschaltstrom $I_{i1} = 9 \cdot I_{t1} = 554,4 \text{ A}$
 - Einschaltzeitkonstante $t_i = 0,4 \text{ s} = \frac{I_{it}}{\sqrt{2}} \cdot e^{-\frac{t}{t_i}}$
 - Verlauf des Kurzschlussstroms
 - Kurzschlussstrom an den Sammelschienen des Transformators $I_{cc3BT2} = 28,9 \text{ kA}^{(1)}$
 - Kurzschlussstrom an den Sammelschienen des Transformators bezogen auf den Primärwicklung $I_{cc3BT1} = 770 \text{ A}^{(1)}$
 - Wärmefestigkeit 770 A für 2 s
- NS-Leistungsschalter⁽²⁾:
 - QF2 E3H 2500 PR121/P-LSI In 2500A
 - QF3 T4H 320 PR222DS/P-LSI In 320A
 - QF4 T2S 160 TMD In 125A

(1) Wenn man die Impedanz des Mittelspannungsnetzes als Null betrachtet

(2) Für alle Schutzeinrichtungen wird die Beachtung der von Lasten und Kabeln vorgegebenen Bedingungen angenommen

1. Transformator:

- Einschaltkennlinie (Inrush),
- Bemessungs-Strom,
- Kurzschlussstrom an den NS-Sammelschienen,
- Kurzschlussfestigkeit des Transformators,

2. Netzbetreiber:

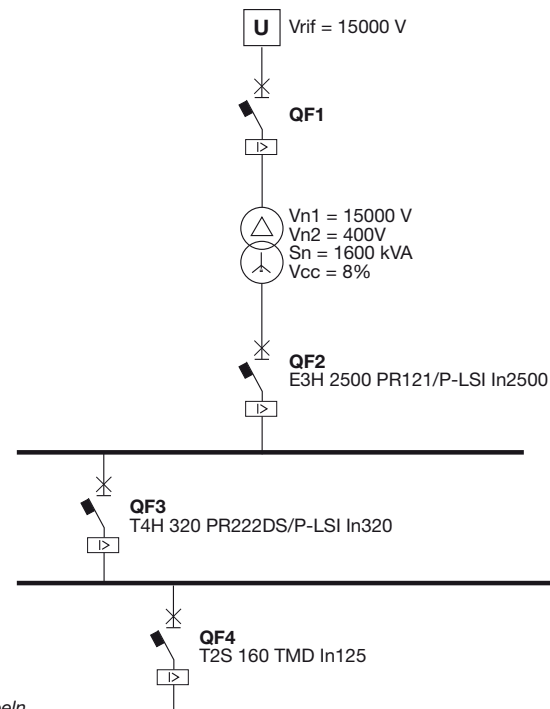
- obere Zeit- und Stromgrenzen für die verlangten Schutzfunktionen, die eingestellt werden können.

Nun ist die Auslösekennlinie des Niederspannungs-Hauptleistungsschalters so zu zeichnen, dass:

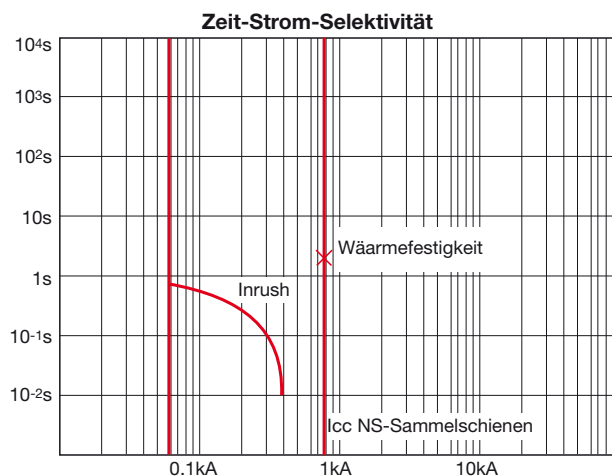
- der Schutz des Transformators gegen Überlast nachgewiesen wird (Schwelle I_1 der Schutzfunktion L in der Nähe des Bemessungs-Stroms des Transformators),
- er mit den anderen NS-Leistungsschaltern auf der Lastseite selektiv ist.

Nach der Festlegung des NS-Schutzes wird die Kennlinie des Mittelspannungs-Leistungsschalters so gezeichnet, dass:

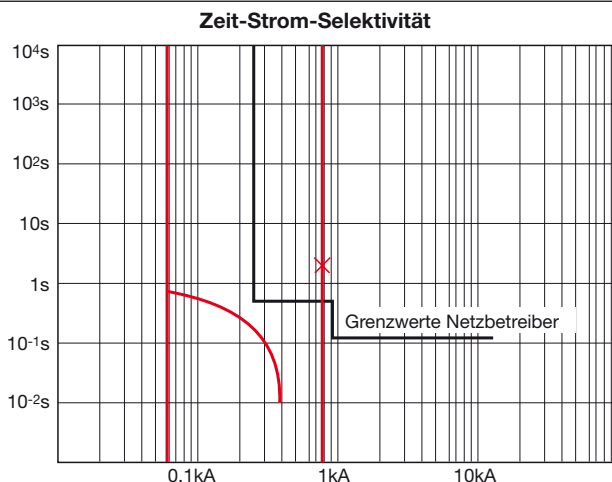
- er den Transformator gegen Überlasten schützt (dieser Schutz wird in der Regel durch den NS-Leistungsschalter gewährleistet),
- er oberhalb der Einschalt-Kennlinie des Transformators (Inrush) liegt),
- er unterhalb des repräsentativen Punkts der Wärmefestigkeit liegt (dieser Schutz kann vom NS-Leistungsschalter ausgeübt werden, aber ein etwaiger Kurzschluss zwischen dem NS-Leistungsschalter und den Transformator клемmen bleibt ungeschützt),
- er unterhalb der vom Netzbetreiber vorgeschriebenen Grenzwerte bleibt.



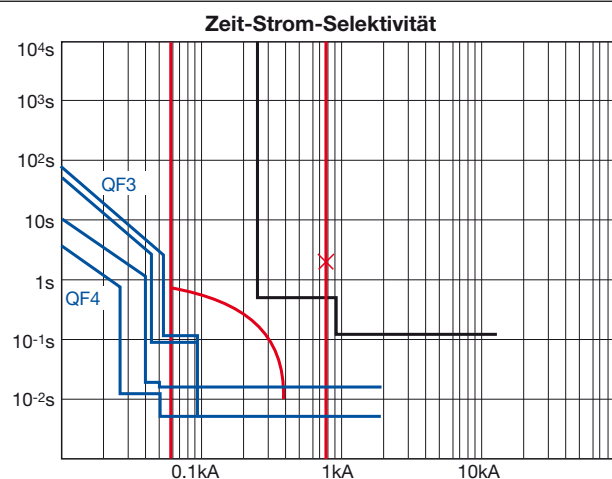
Wie vorstehend beschrieben, werden zunächst die Daten des Transformators bei der Bezugsspannung von 15 kV dargestellt:



Jetzt folgen die Daten zu den Grenzwerten, die vom Netzbetreiber vorgeschrieben werden:



Die Kennlinie des Niederspannungs-Hauptleistungsschalters muss nicht nur den Transformator schützen, sondern auch die Selektivität mit den Leistungsschaltern auf der Lastseite garantieren. Wir können daher die Kennlinien der Niederspannungs-Leistungsschalter zeichnen, um die untere Grenze für die Kennlinie des Hauptleistungsschalters festzulegen:



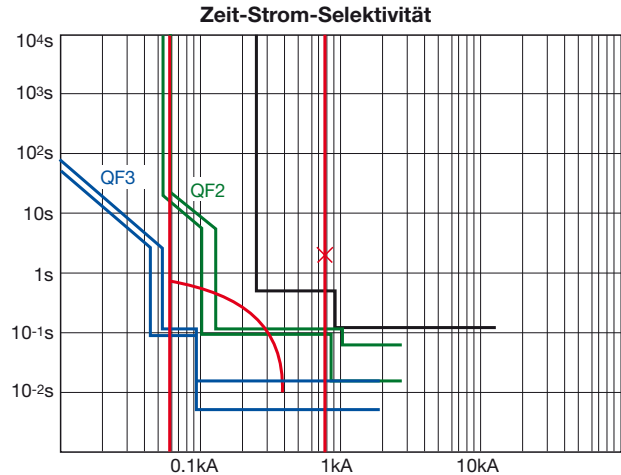
Um die Selektivität zwischen QF3 und QF4 sicherzustellen, muss man die Funktionen L und S des Leistungsschalters T4H 320 wie folgt einstellen:

QF3 T4H 320 PR222DS/P-LSI R320

L:	Einstellung: $0.9 \times 320 = 288 \text{ A}$	Kennlinie: 3s
S: t=const	Einstellung: $5.8 \times 320 = 1856 \text{ A}$	Kennlinie: 0.1s
I: OFF		

Nun ist die Auslösekennlinie des NS-Hauptleistungsschalters SF2 zu zeichnen, wobei folgendes zu berücksichtigen ist:

- Funktion L:
 - Schwelle I1, auf einen Wert einzustellen, der so nah wie möglich am Bemessungs-Strom des Transformators für seinen Schutz gegen Überlast liegt. Da der Bemessungs-Strom des Transformators 2309,4 A ausmacht und die Ungewissheit der Auslösung des Leistungsschalters für Ströme zwischen 1,05 und 1,2 (gemäß der Norm IEC60947) zu berücksichtigen ist, kann der eingestellte Strom I1 gleich $2309,4 / (1,2 \times 2500) \approx 0,77 \times I_n$ sein⁽¹⁾
 - Zeit t1, um ausreichend oberhalb der Kennlinie von QF3 zu liegen
- Funktion S:
 - Schwelle I2, so einzustellen, dass man einen Wert über 1856 A +10%, d.h. 2042,2 A erhält
 - Zeit t2, wenn man I2 über den Eigenschutzwert des Leistungsschalters QF3 einstellt, kann man ihn auf 0,1s regeln
- Funktion I:
 - Schwelle I3, auf einen Wert über dem Kurzschlussstrom einzustellen, den man in Übereinstimmung mit QF3 erhält. In dem Fall, der hier geprüft wird, ist dieser Strom der Sammelschienenstrom des Transformators (es wird angenommen, dass QF2 und QF3 sich in der gleichen Schaltanlage befinden und dass die Impedanz vernachlässigt werden kann).



(1) Weniger restriktive Einstellungen können verwendet werden, wenn die Überlastbarkeit der Maschine bekannt ist und/oder wenn eine thermometrische Vorrichtung vorhanden ist.

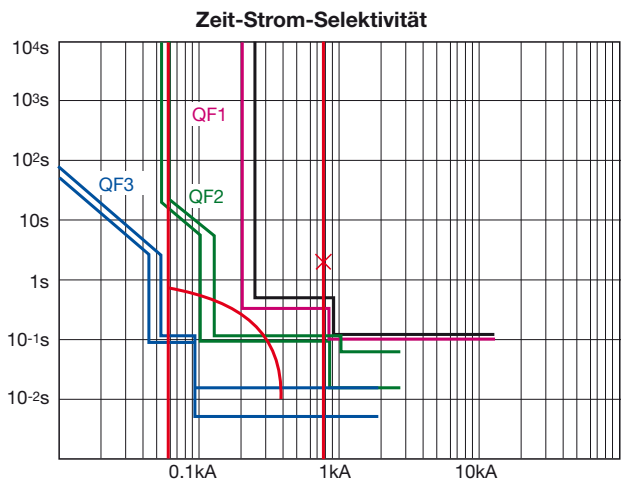
Die Einstellungen von QF2 sind hier folgend zusammengefasst:

QF2 E3H 2500 PR122/P-LSI $I_n=2500A$

L: Einstellung:	$0,77 \times 2500 = 1925 A$	Kennlinie:	3s
S: t=const Einstellung:	$1,7 \times 2500 = 4250 A$	Kennlinie:	0,10s
I:	Einstellung:		$14 \times 2500 = 35000 A$

Jetzt werden die Einstellwerte für das Mittelspannungsrelais festgelegt, wobei folgendes zu berücksichtigen ist:

- Erste Schwelle:
 - Strom höher (>30-35% des Stroms des Leistungsschalters auf der Lastseite nach CEI 11-35) als I2 des NS-Hauptleistungsschalters 125 A ($I_2 + 10\%$ Tol., bei 15000 V gegeben),
 - Verzögerungszeit, um selektiv zu sein, aber tiefer als die Kurzschlussfestigkeit des Transformators und weniger als die Grenze des Netzbetreibers von 0,5 s.
- Zweite Schwelle:
 - Strom höher als der Fehlerstrom auf der NS-Seite (falls möglich um 1,2-1,6 erhöht) und tiefer als die Grenze von 900 A, die vom Netzbetreiber vorgeschrieben wird,
 - unverzögerte Auslösezeit.



Die Einstellungen von QF1 sind hier folgend zusammengefasst:

Erste Schwelle I > 200 A, 0,35 s
Zweite Schwelle I >> 820 A, inst.

Anhang B

Allgemeine Betrachtungen zur Fehlerstromselektivität

Der FI-Leistungsschalter kann in seinen vielfältigen Funktionen und Typen wie folgt definiert werden:

eine gegen Erdströme empfindliche Einrichtung, die in der Lage ist, einen Stromkreis in einer bestimmten Zeit zu öffnen, wenn der Erdstrom einen festgelegten Wert überschreitet. Er wird benutzt, um Personen und Sachen bei direktem Berühren (Einrichtung mit hoher Empfindlichkeit, es ist ein zusätzlicher Schutz), bei indirektem Berühren und bei Isolationsausfall zu schützen.

Die geltenden Regeln für die Installation einer elektrischen Anlage sehen für zivile und industrielle Bauten immer das Vorhandensein einer Erdungsanlage vor, es sei denn, es handelt sich um Spezialanlagen. Außerdem macht die Norm IEC 60364 die Benutzung von Fehlerstrom-Leistungsschaltern in vielen Fällen des Personenschutzes obligatorisch, wobei auch Vorschriften hinsichtlich der Zeit und die Auslöseströme im Bezug auf die Anlagenspannung, das vorhandene Verteilungssystem und den Installationsort gemacht werden.

Ein guter Schutz der Anlage sollte folgendes vorsehen:

- einen Fehlerstrom-Hauptleistungsschalter, um einen Schutz gegen die Fehler zu haben, die zwischen dem Hauptleistungsschalter und der Verteilung vorkommen könnten,
- den Schutz jeder einzelnen Ableitung mit einer FI-Einrichtung.

Auf diese Weise ist es erforderlich, die Wahl der Einrichtungen aufmerksam zu studieren, um die Selektivität zu gewährleisten und zu vermeiden, dass ein Fehler gegen Erde an einem beliebigen Punkt des Verteilungsstromkreises zur Außerbetriebstellung der ganzen Anlage führt.

In der Regel sind die beiden FI-Schutzeinrichtungen für jeden Stromwert selektiv, wenn ihre Ansprechbereiche sich nicht überdecken. Diese Bedingung erhält man, wenn die folgenden Punkte beachtet werden:

- Die FI-Auslöseschwelle der Einrichtung auf der Versorgungsseite muss größer oder im Grenzfall so groß wie die FI-Auslöseschwelle der Einrichtung auf der Lastseite sein:

$$I_{\Delta n_{\text{Versorgungsseite}}} \geq 2 \times I_{\Delta n_{\text{Lastseite}}}$$

Diese Beziehung ist erforderlich, um das Konzept des Bemessungs-Nichtauslösungs-Fehlerstroms zu berücksichtigen, was der höchste Stromwert ist, bei dem der FI-Leistungsschalter bestimmt nicht ausgelöst wird.

Die Normen geben einen Stromwert von $I_{\Delta n}/2$ an und innerhalb dieses Wertes hat die Einrichtung kein definiertes Verhalten, d.h. sie kann ansprechen oder auch nicht ansprechen.

- Die kleinste Zeit für die Nichtauslösung des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite muss für jeden Stromwert über der höchsten Ausschaltzeit des Leistungsschalters auf der Lastseite liegen:

$$T_{\text{minversorgung}} > T_{\text{totlast}}$$

Für die FI-Leistungsschalter, die der Norm IEC 60947-2 (CEI EN 60947-2) entsprechen, stehen die Vorschriften zu den Auslösekennlinien für den verzögerten und den unverzögerten Fehlerstrom im Anhang B der gleichen Norm.

Die Differenzierung der Auslösezeit kann einfacher erhalten werden, wenn man Fehlerstromeinrichtungen vom zeitunabhängig oder stromabhängig verzögertem Typ verwendet (Angabe $\Delta t =$ Zeitgrenze der Nichtauslösung in ms oder **S**, wenn $\Delta t = 60 \text{ms}$), wobei die Auslösung eben je nach der gewählten Zeit verzögert werden kann.

In der Regel werden diese Geräte auf der Versorgungsseite anderer FI-Einrichtungen allgemeinen Typs installiert, wobei es sich empfiehlt, ein Verhältnis der Auslöseschwelle von 3 zu erhalten.

Funktion G

Es ist möglich, einen Schutz gegen Erdfehler zu realisieren, wenn man die Funktion G der elektronischen Relais benutzt, die auf Offene- oder Kompakt-Leistungsschaltern installiert sind.

Die Auslösungseigenschaften sind für Strom (von 0,2 bis $1 \times I_n$) und für die Zeit einstellbar, und zwar mit einem je nach den verschiedenen Versionen zeitunabhängigem oder stromabhängigem Verlauf.

Wenn man mit einer Schutzfunktion dieser Art einen Schutz bei indirektem Berühren realisieren will, ist eine aufmerksame Analyse des Verteilungssystems und der Größe des Erdfehlerstroms erforderlich.

Für die Leistungsschalter Emax ist es möglich, die Zonenselektivität für die Funktion "G" nach der gleichen Philosophie zu realisieren, wie es für die Funktion "S" beschrieben wird.

Das gestattet es, die Ansprechzeiten zwischen den beiden in Reihe geschalteten FI-Schutzeinrichtungen zu verringern und gleichzeitig die Sicherheitsspanne für einen etwaigen Fehler auf der Lastseite des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite zu erhöhen, weil seine Ansprechzeit nicht so hoch ist, wie sie sein sollte, um die Selektivität auf der Lastseite mit dem klassischen Verfahren der Zeitselektivität zu erhalten.

Beispiel

Es folgt das Beispiel eines Netzes, in dem man die Fehlerstrom-Selektivität auf 3 Stufen realisieren will. Betrachten wir nun die zur Verfügung stehenden FI-Auslöser

RC221 (Tmax T1-T2-T3)

Einstellbare Auslöseschwellen $I_{\Delta n}$ [A]	0,03 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 – 3
Auslösezeiten [s]	unverzögert

RC222 (Tmax T1-T2-T3-T4-T5)

Einstellbare Auslöseschwellen $I_{\Delta n}$ [A]	0,03 – 0,05 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10
Auslösezeiten [s]	unverzögert – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,5 – 1 – 2 – 3

RCQ

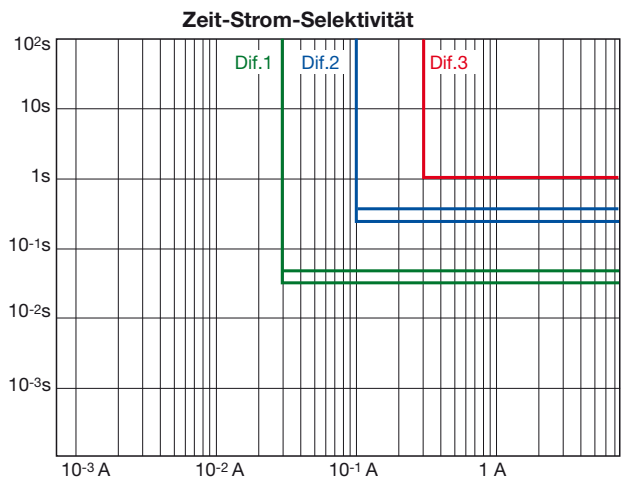
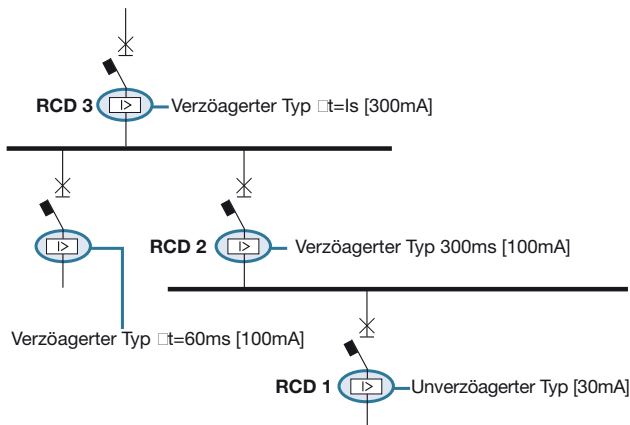
Einstellbare Auslöseschwellen $I_{\Delta n}$ [A]	0,03 – 0,05 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10 – 30
Auslösezeiten [s]	unverzögert – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,5 – 0,7 – 1 – 2 – 3 – 5

Um Selektivität zu erhalten, müssen die folgenden Einrichtungen benutzt werden:

RCD 1 Typ RC221	zum Beispiel installiert auf einem	Tmax T1
RCD 2 Typ RC222	zum Beispiel installiert auf einem	Tmax T5
RCD 3 Typ RCQ	zum Beispiel installiert auf einem Emax E3	

gekennzeichnet durch die Kennlinien, die im den beiliegenden Zeit-Strom-Diagramm dargestellt sind.

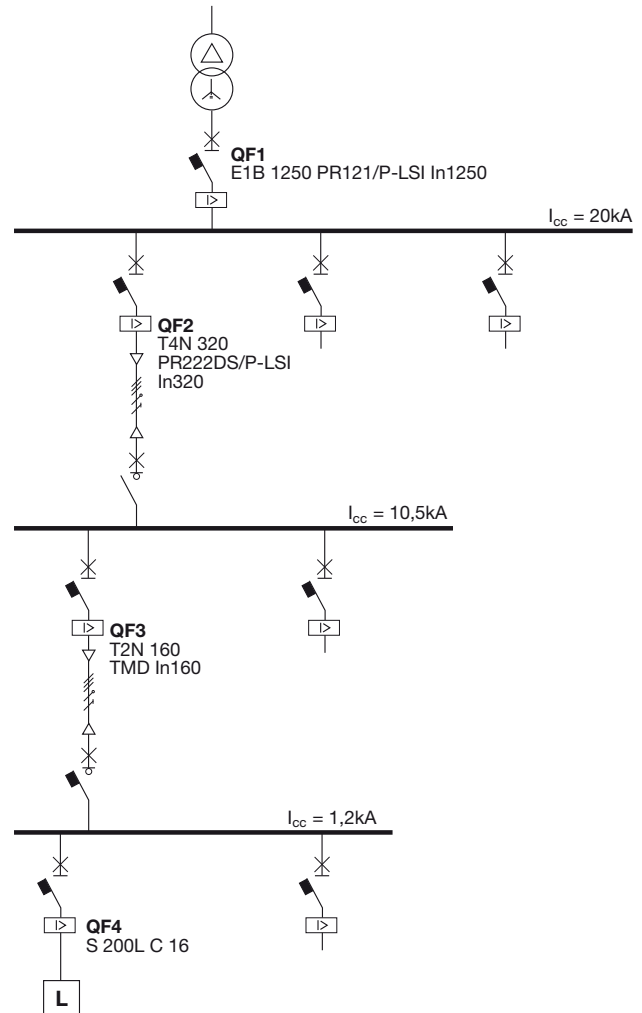
Wie man sieht, wird die Überdeckung der Kennlinien der drei benutzten Einrichtungen vermieden, so dass man die Fehlerstrom-Selektivität erhält.



Anhang C

Beispiel zur Studie der NS/NS-Selektivität

Es soll die Selektivitätsstudie für die in der Abbildung dargestellte Anlage ausgeführt werden, die durch einen Transformator mit Sekundärwicklung von 400V gespeist wird:

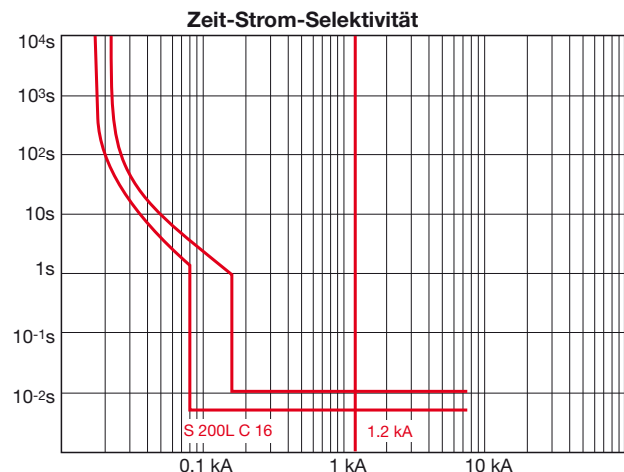


Es sind vier Stufen vorhanden:

- QF1 E1B 1250 PR121/P-LSI In 1250A ($I_b = I_{ntrafo} = 577 \text{ A}$, $I_z = 700 \text{ A}$)
- QF2 T4N 320 PR222DS/P-LSI In 320A ($I_b = 285 \text{ A}$, $I_z = 300 \text{ A}$)
- QF3 T2N 160 TMD In160 ($I_b = 120 \text{ A}$, $I_z = 170 \text{ A}$)
- QF4 S200L C16 ($I_b = 14 \text{ A}$, $I_z = 25 \text{ A}$)

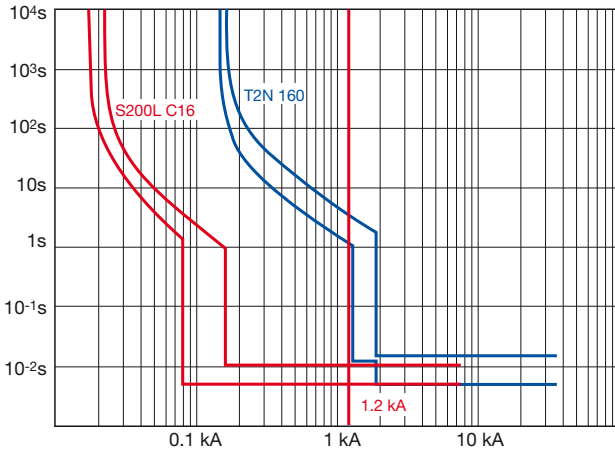
In der folgenden Studie wird angenommen, dass die Leistungsschalter von dem gleichen Fehlerstrom durchflossen werden (die tatsächlichen Ströme, die in den Leistungsschaltern umlaufen, werden vernachlässigt) und es wird ebenfalls angenommen, dass die gewählten Leistungsschalter in der Lage sind, die Kabel, die Lasttrennschalter und alles andere zu schützen.

Man beginnt damit, die Kennlinie des Leistungsschalters QF4 zu zeichnen:



Wenn man sieht, dass der größte Kurzschlussstrom an dem Punkt, an dem QF4 installiert ist, 1,2 kA beträgt, ist es für den Erhalt der vollen Selektivität ausreichend, dass die magnetische Schwelle des versorgungsseitigen Leistungsschalters QF3 über diesen Wert zu liegen kommt, wenn man die Toleranzen berücksichtigt.

Zeit-Strom-Selektivität



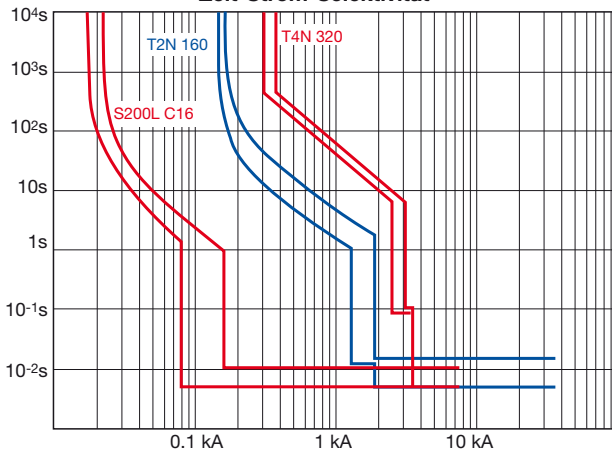
Den Koordinations-Tabellen entnimmt man auf jeden Fall einen Wert der vollen Energiselektivität, d.h. einen Wert, der dem Ausschaltvermögen des S200L (6 kA) entspricht. Die Einstellungen von QF3 sind die folgenden:

QF3, T2N 160 TMD In160

L: Einstellungen:	136 [A]
I: Einstellungen:	1600 [A]

Jetzt zeichnet man die Kennlinie des Leistungsschalters QF2 T4N 320:

Zeit-Strom-Selektivität



Die Einstellungen des QF2 sind in Übereinstimmung mit dem, was in den vorherigen Kapiteln gesagt wurde, folgende:

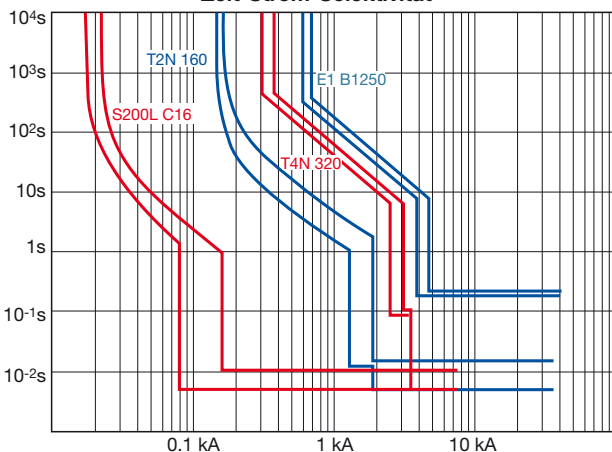
QF2, T4N 320 PR222DS/P-LSI In320

L:	Einstellung: 0,9	Kennlinie: 12s
S: t=const	Einstellung: 8,8	Kennlinie: 0,1s
I:	OFF	

In Übereinstimmung mit den Koordinations-Tabellen wird der Selektivitätswert auf diese Weise 25 kA betragen, was im spezifischen Fall volle Selektivität bedeutet.

Schließlich folgt die Kennlinie des Leistungsschalters QF1 E1B 1250:

Zeit-Strom-Selektivität



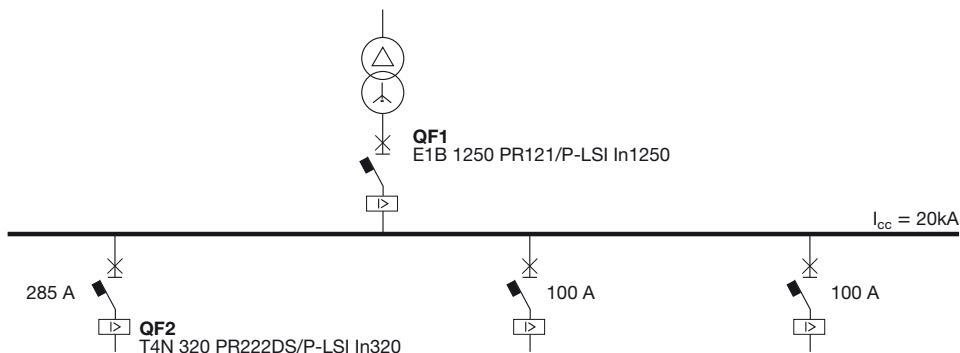
Die Einstellungen des QF1 sind in Übereinstimmung mit dem, was in den vorherigen Kapiteln gesagt wurde, folgende:

QF1, E1B 1250 PR121/P-LSI In1250

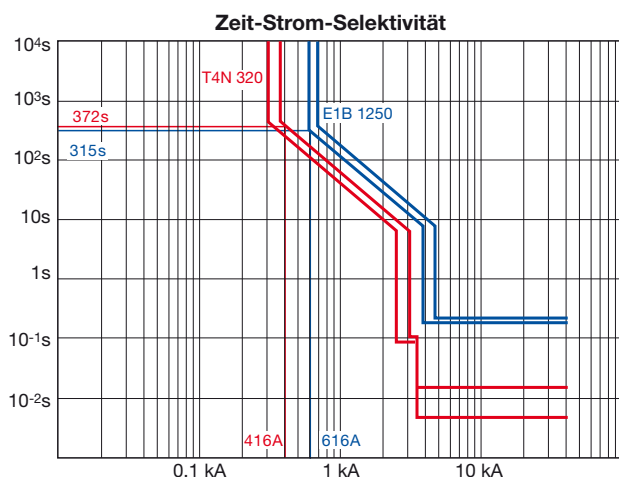
L:	Einstellung: 0,47	Kennlinie: 48s
S: t=const	Einstellung: 3,5	Kennlinie: 0,2s
I:	OFF	

Mit diesen Einstellungen aus den Koordinations-Tabellen erhält man die volle Selektivität, d.h. bis zum Ausschaltvermögen von T4N von 36 kA.

Falls man die tatsächlichen Ströme, die in den Leistungsschaltern umlaufen, berücksichtigen will, ist auch zu bedenken, dass ein Überlaststrom eines lastseitigen Leistungsschalters auf der Versorgungsseite infolge der Ströme der anderen Abzweigungen verstärkt erfasst wird. Zu diesem Zweck wird die geprüfte Anlage unter der Annahme berücksichtigt, dass zwei weitere Lasten von 100 A vorhanden sind:



Man analysiert die kritischste Bedingung, indem man die Ansprechzeiten für den versorgungsseitigen Leistungsschalter mit der kleinsten Toleranz und für den lastseitigen Leistungsschalter mit der größten Toleranz berücksichtigt: Wir nehmen eine Überlast von 416 A in QF2 an. Der Strom, der QF1 durchläuft, ist 616 A groß.



Unter diesen Bedingungen wird der versorgungsseitige Leistungsschalter QF1 E1B 1250 in einer Zeit von 315 s ausgelöst, während der lastseitige QF2 T4N 320 in einer Zeit anspricht, die etwas länger ist und 372 s beträgt. Für diesen Stromwert wird die Selektivität im Überlastbereich nicht garantiert.

Unterhalb von 416 A wird der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite natürlich nicht ausgelöst, während für Werte, die deutlich über 416 A liegen (z.B. 700 A), die Ansprechzeit des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite größer als die des lastseitigen ist, weil die Summe der Ströme der anderen Lasten weniger auf den Gesamtstrom 'wiegt', der ihn durchläuft.

Die Beurteilung der Ströme, welche die Leistungsschalter tatsächlich durchfließen, könnte die Selektivität für besondere Überlastströme kritisch machen. In diesen Fällen könnte die Lösung die sein, eine höhere Kennlinie der Funktion L zu verwenden.

Anhang D

Weitere Betrachtungen zu den tatsächlichen Strömen, die in den Leistungsschaltern umlaufen

Wie auf Seite 5 dieser Veröffentlichung gesagt, kann man hinsichtlich der tatsächlich in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme drei Fälle unterscheiden:

- ein einziger Leistungsschalter auf der Versorgungsseite eines einzigen Leistungsschalters auf der Lastseite (vom gleichen Strom durchflossen)
- ein einziger Leistungsschalter auf der Versorgungsseite mehrerer Leistungsschalter auf der Lastseite (der

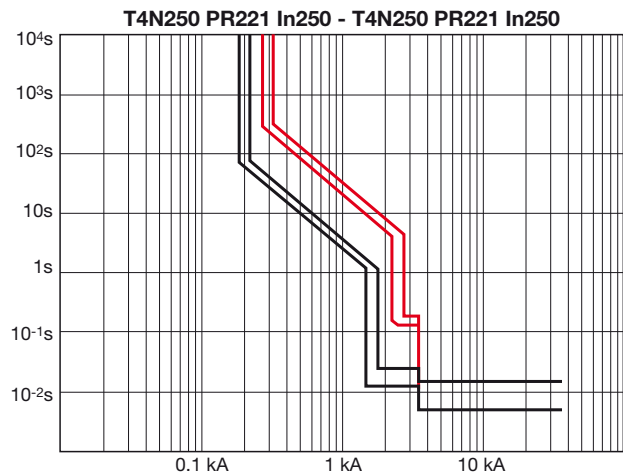
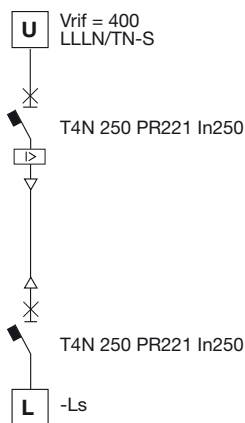
- versorgungsseitige Leistungsschalter wird von einem größeren Strom als der lastseitige Leistungsschalter durchflossen)
- mehrere Leistungsschalter auf der Versorgungsseite und mehrere Leistungsschalter auf der Lastseite.

Anhand einiger Beispiele wird gezeigt, wie die nicht korrekt ausgeführte Bestimmung der tatsächlichen in den Leistungsschaltern umlaufenden Ströme zum Fehlen der Selektivität im Überlastbereich oder der Überdimensionierung der Leistungsschalter führen kann, um die Selektivität im Kurzschlussbereich zu erhalten.

Ein Leistungsschalter auf der Versorgungsseite und ein Leistungsschalter auf der Lastseite

In diesem Fall werden die beiden Leistungsschalter sowohl bei normalen Betriebsverhältnissen als auch bei Überstrom durch den gleichen Strom durchflossen.

Um die Zeit-Strom-Selektivität im Überlast- und Kurzschlussbereich zu prüfen, reicht es daher aus, nachzuweisen, dass die Auslöse-Kennlinien der beiden Einrichtungen sich nicht überschneiden.



Ein Leistungsschalter auf der Versorgungsseite und mehrere Leistungsschalter auf der Lastseite

Diese Anlagenbedingung ist bestimmt diejenige, die man in der Praxis am häufigsten anfindet.

Da auf der Lastseite mehrere Leistungsschalter vorhanden sind, gibt es unterschiedliche Stromwerte zwischen dem Leistungsschalter auf der Versorgungsseite und dem Leistungsschalter auf der Lastseite, zu dem man die Selektivität sucht.

Daher muss man also die Ansprechzeit des Leistungsschalters auf der Lastseite für einen Überstrom mit der Ansprechzeit des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite in Übereinstimmung mit der Summe aller Ströme vergleichen, die ihn durchfließen.

Beispiel

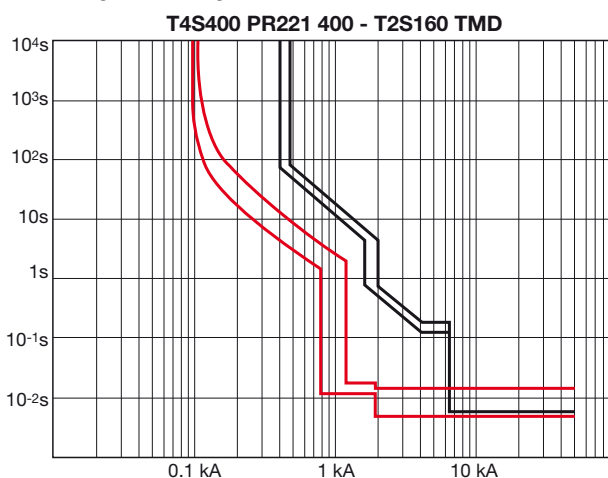
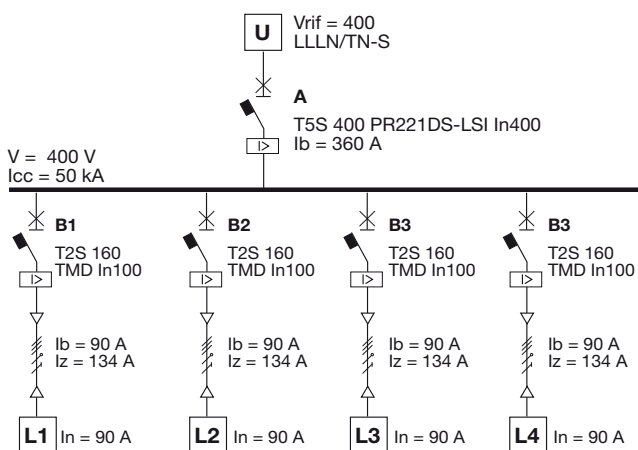
In der Anlage der Abbildung wird der Leistungsschalter auf der Versorgungsseite unter normalen Bedingungen von einem Strom von 360A durchflossen, während jeder beliebige Abgang von einem Strom in Höhe von 90A durchfließen wird.

Mögliche Einstellungen des Leistungsschalters, die auf den Strömen basieren, die ihn durchfließen, sind:

CB A: $I_1 = 0,92 \times 400 = 368A$ ($t_1=3s$)

CB B: $I_1 = 0,90 \times 100 = 90A$

In der Abbildung sind die Kennlinien der Leistungsschalter mit den oben genannten Einstellungen dargestellt. Nach einer ersten Analyse sieht es so aus, als ob die Zeit-Strom-Selektivität zwischen den beiden Leistungsschaltern gewährleistet wäre.

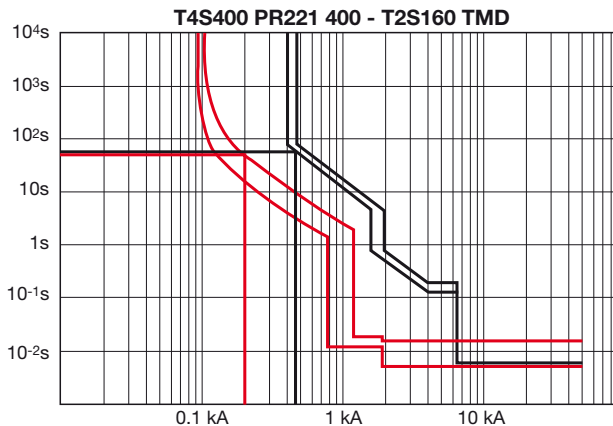


Nehmen wir nun an, dass Überlastbedingungen mit der Last L1 vorliegen, die einen Strom von 200A aufnimmt.

Der Leistungsschalter B1 wird daher von einem Strom von 200A durchflossen, während der Leistungsschalter A durch einen Strom von 470A ($200 + 90 + 90 + 90$) durchflossen wird.

Mit den vorstehend angenommenen Einstellungen liegen daher die Bedingungen vor, die in der Abbildung dargestellt sind, wo beide Leistungsschalter in einer Zeit von circa 50s ansprechen.

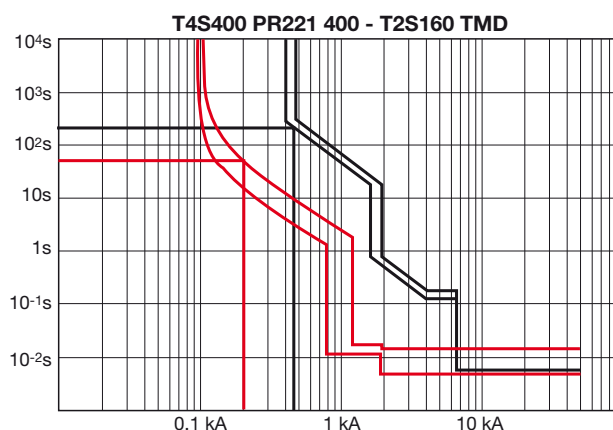
Daher ergibt sich, dass mit den angenommenen Einstellungen im Überlastfall **keine Selektivität** zwischen dem betrachteten Leistungsschalterpaar vorliegen wird.



Durch Ändern der Einstellungen des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite, beispielsweise durch Erhöhen der Ansprechzeit des Überlastschutzes L:

CB A: $I_1 = 0,92 \times 400 = 368A$ ($t_1=12s$)

kann man die Selektivität im Überlastbereich erhalten, weil: der Leistungsschalter B auf der Lastseite in circa 50s ausgelöst wird der Leistungsschalter B auf der Versorgungsseite in circa 200s ausgelöst wird.



In den meisten Fällen gestatten das Ausmaß und die Verteilung der Überlast zwischen den Leistungsschaltern, auch wenn wir diese Analyse nicht ausführen wollen, eine Differenzierung in den Ansprechzeiten zu erhalten, die in der Lage sind, die Zeit-Strom-Selektivität zu realisieren.

Mehrere Leistungsschalter auf der Versorgungsseite und mehrere Leistungsschalter auf der Lastseite

Um eine vereinfachte Analyse auszuführen, ist anzunehmen, dass der Stromkreis perfekt symmetrisch ist und dass daher der gesamte von den Lasten abgerufene Strom sich in den drei Leistungsschaltern auf der Versorgungsseite in gleiche Teil teilt.

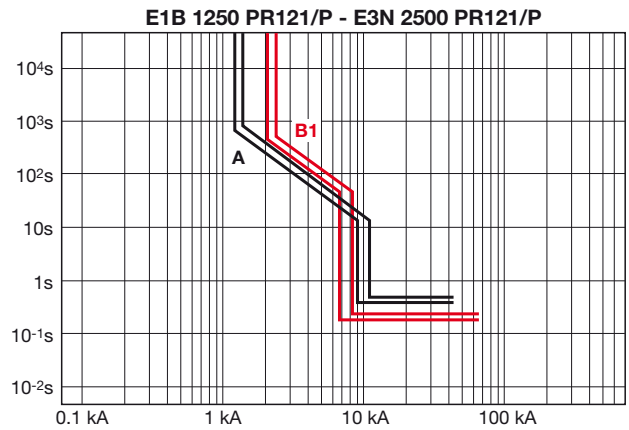
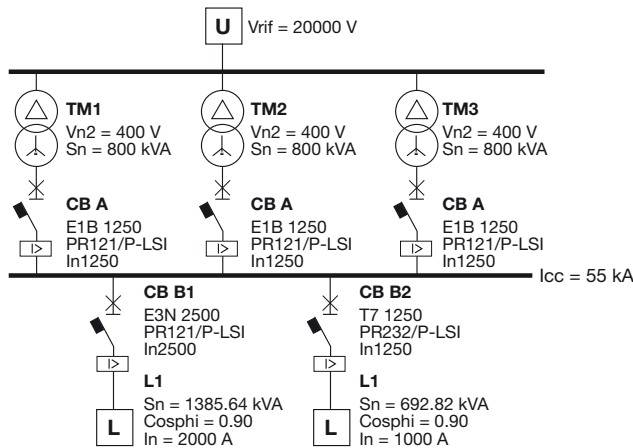
Beispiel

In der Anlage der Abbildung wird jeder Leistungsschalter auf der Versorgungsseite unter normalen Bedingungen von einem Strom von 1000A durchfließen, während von den beiden Abgängen einer von einem Strom in Höhe von 1000A und der andere von 2000A durchfließen werden.

Bei der hier vorgeschlagenen Analyse wird die Selektivität zwischen einem Leistungsschalter auf der Versorgungsseite **A** und dem größeren Abgang **B1** nachgewiesen.

Mögliche Einstellungen der Leistungsschalter, die auf den Strömen basieren, welche die Schaltgeräte durchfließen, sind:

- CB A: I1 = 0,925 x 1250 = 1156A (t1=12s)
I2 = 8 x 1250 = 10000A (t2=0,4s)
I3=OFF
- CB B1: I1 = 0,80 x 2500 = 2000A (t1=3s)
I2 = 3 x 2500 = 7500A (t1=0,2s)
I3=OFF



In der Abbildung stehen die Kennlinien der beiden in Betracht gezogenen Leistungsschalter mit den oben genannten Einstellungen. Nach einer ersten Beobachtung sieht es so aus, als ob die Zeit-Strom-Selektivität zwischen den beiden Schaltgeräten nicht gegeben sei.

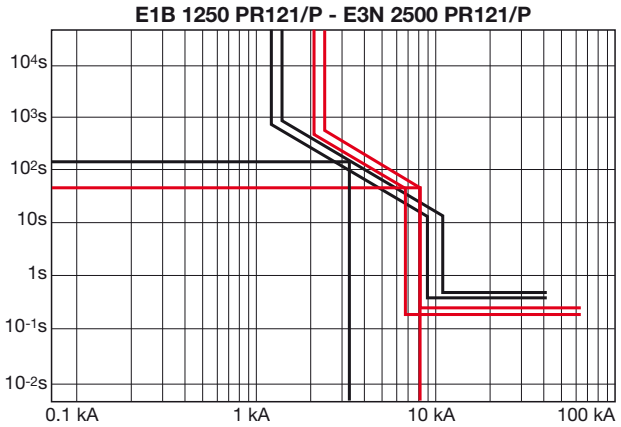
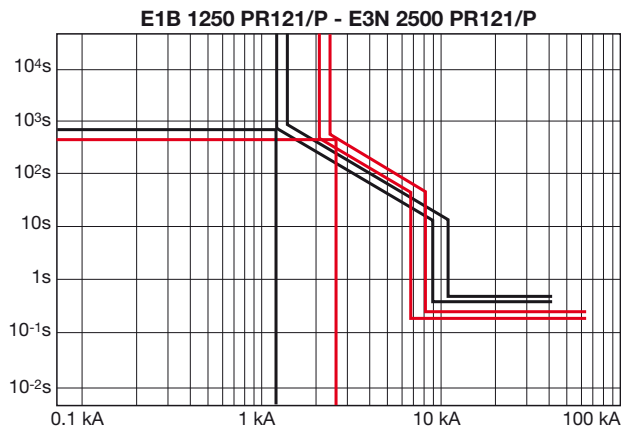
Da es sich um Leistungsschalter handelt, die mit elektronischen Auslösern ausgestattet sind, prüfen wir die Ansprechzeiten der beiden Einrichtungen bei signifikanten Stromwerten.

1,05 x I1 des Leistungsschalters auf der Versorgungsseite

I_A = 1156 x 1,05 = 1214 A t_A = 700 s
dem ein Strom auf B1 vom folgenden Wert entspricht:
I_B = (1214x3) - (1000) = 2642 A t_B = 450 s

1,2 x I3 des Leistungsschalters auf der Lastseite

I_B = 7500x1,1 = 8250 A t_A = 45 s
dem ein Strom auf A vom folgenden Wert entspricht:
I_A = (8250+1000)/3 = 3083 A t_B = 174 s



Wie man sieht, haben die Kennlinien wohl eine Überdeckung, aber im Überlastbereich ist die Zeit-Strom-Selektivität gegeben.

Auch die Wahl des I_{cw} muss die tatsächlichen Ströme berücksichtigen, die im Leistungsschalter umlaufen.

Die Leistungsschalter **A** werden von einem Höchststrom durchfliessen, der den folgenden Wert hat:

36kA für Fehler zwischen dem Leistungsschalter und dem Transformator

18kA für Fehler an der Sammelschiene.

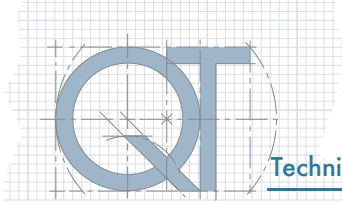
Diese Leistungsschalter werden daher mit den folgenden Werten gewählt:

$I_{cu} > 36kA$ weil das Ausschaltvermögen größer als der höchste Kurzschlussstrom sein muss

$I_{cw} > 18kA$ weil man die Zeitselektivität zu den Schaltgeräten auf der Lastseite sucht.

Der Leistungsschalter **B1** muss für eine etwaige Selektivität zu den anderen Schaltgeräten auf der Lastseite den folgenden Wert haben:

$I_{cw} > 55kA$.



Lexikon

Is	Grenzwert der Selektivität
Icu	Grenzkurzschlussausschaltvermögen eines Leistungsschalters
Icw	Zulässiger Bemessungs-Kurzzeitstrom
Kategorie A	Leistungsschalterttyp ohne Icw (für die Energiselektivität geeignet)
Kategorie B	Leistungsschalterttyp mit Icw (für die Zeitselektivität geeignet)
In	Bemessungs-Strom eines Auslösers (identifiziert den Bemessungs-Strom des Leistungsschalters, den der fragliche Auslöser ausstattet)
Iu	Bemessungs-Dauerstrom eines Leistungsschalters (identifiziert die "Baugröße" des Leistungsschalters)
I_{3Max} / I_{3min}	<p>obere/unter Schwelle des unverzögerten Kurzschlusschutzes</p> <p>Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> -für einen modularen Leistungsschalter Kennlinie C → I_{3Max}=10In, I_{3min}=5In (I_m=5..10In) -für einen Kompakt-Leistungsschalter TMD → I_{3Max}=12In, I_{3min}=8In (I_m=10In±20%*) -für den I eines elektronischen Auslösers → I_{3Max}=11In, I_{3min}=9In (I₃=10In±10%*)
Icc	Kurzschlussstrom
TMD	thermomagnetischer Auslöser mit einstellbarer thermischer und fester magnetischer Schwelle
TMA	thermomagnetischer Auslöser mit einstellbarer thermischer und magnetischer Schwelle
EL	elektronischer Auslöser
Funktion L	Überlastschutz
Funktion S	verzögerter Kurzschlusschutz
Funktion I	unverzögerter Kurzschlusschutz
Funktion G	Erdfehlerschutz
Funktion D	Richtungsabhängiger Kurzschlusschutz
I1	Ansprechschwelle der Funktion L
t1	Ansprechzeit der Funktion L
I2	Ansprechschwelle der Funktion S
t2	Ansprechzeit der Funktion S
I3	Ansprechschwelle der Funktion I
I4	Ansprechschwelle der Funktion G
t4	Ansprechzeit der Funktion G
I7	Ansprechschwelle der Funktion D
t7	Ansprechzeit der Funktion D
Selektivitätszeit	Ansprechzeit des elektronischen Auslösers, wenn die Zonenselektivität freigegeben ist und im Eingang keine Sperrsignal vorhanden ist.
Eigenschutz:	Schutz des Kompakt-Leistungsschalters, mit elektronischem Auslöser ausgestattet, der schnelle Zeiten für die Fehlerlöschung gestattet, für Ströme, die dem 10- bis 12-fachen Wert des Iu des Leistungsschalters entsprechen, auch wenn der unverzögerte Schutz auf OFF gestellt worden ist.
ft	(foot)Maßeinheit in Fuß (1ft=30,48cm)

Kontakt

ABB SACE

A division of ABB S.p.A.

L.V. Breakers

Via Baioni, 35

24123 Bergamo - Italy

Phone: +39 035 395 111

Fax: +39 035 395 306-433

www.abb.com

The data and illustrations are not binding.
We reserve the right to make changes in the
course of technical development of the product.

Copyright 2011 ABB. All rights reserved.