



Kurzschlussschutz von Sekundärverteilungen

SNG 481449:2023 | Unerwünschte Kurzschlüsse und daraus entstehende Störlichtbogen können verheerende Auswirkungen auf Personen und Sachwerte haben. Technische Schutzmassnahmen wie Kurzschlussschutzeinrichtungen oder lichtbogensichere Anlagen können diese zerstörerischen Wirkungen eines Kurzschlusses wesentlich begrenzen.

MARCEL SCHELLENBERG

Im Auftrag des Eidgenössischen Starkstrominspektorates ESTI erarbeitete das TK121B (technisches Komitee des CES), das für die technische Normung von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen zuständig ist, ab 2018 eine Schweizer Guideline SNG zum Thema «Kurzschlussschutz von Sekundärverteilungen». Unter dem Begriff «Sekundärverteilung» versteht die SNG eine

Niederspannungs-Schaltgerätekombination SK, die direkt von einem oder mehreren Transformatoren gespeist ist.

Eine SNG ist eine Publikation mit Erläuterungen zur Erstellung und Anwendung von Normen und Regeln und enthält keine normativen Festlegungen. Die SNG 481449:2023 ist bis auf Weiteres nur in deutscher Sprache erhältlich und kann im Electrosuisse-Normenshop bezogen werden.

Die SNG hat einen Umfang von insgesamt 62 Seiten. Sie definiert den Anwendungsbereich, stellt die gesetzlichen Grundlagen für ihre Anwendung vor, beschreibt die Auslegung des Kurzschlussschutzes in Abhängigkeit vom Ort der Fehlerstelle sowohl für Primärschutz als auch für Sekundärschutz. Auf detaillierte Weise wird anschliessend die mögliche Beurteilung und Umsetzung von Massnahmen

erläutert, wobei auch auf das mögliche Schadensausmass gemäss Auswertung der Übersichtstabelle und die Eintrittswahrscheinlichkeit eingegangen wird.

Ziel der Guideline

Die in der SNG enthaltenen Erläuterungen und Bestimmungen gelten sowohl für die Erstellung neuer Starkstromanlagen wie auch für bestehende Starkstromanlagen, wenn diese:

- vollständig umgebaut werden,
- in bedeutendem Mass verändert werden und die Sicherheit dadurch wesentlich beeinträchtigt wird,
- für Menschen und Umwelt eine drohende Gefahr darstellen oder andere elektrische Anlagen in erheblichem Masse störend beeinflussen.

Die hier vorgestellte SNG enthält Erläuterungen und Anwendungen zur Beurteilung und Umsetzung des Kurzschlusschutzes mittels geeigneter Risikobeurteilung. Betriebsinhaber von Sekundärverteilungen können damit ihre Verantwortung bezüglich des sicheren Betriebes ihrer Anlagen wahrnehmen.

Anforderungen

Zum Thema Kurzschlusschutz von Sekundärverteilungen sind folgende gesetzliche Anforderungen (technisch) aus der SR 734.2 (Starkstromverordnung) und SR 734.26 (Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse NEV) umzusetzen:

- 1. SR 734.2 Starkstromverordnung**
 Art. 47 Überstromschutz
 Art. 62 Schutzmassnahmen bei Kurz- und Erdschluss
 Art. 63 Abschaltung
 Art. 64 Änderung der Verhältnisse

- 2. SR 734.26 NEV**
 Art. 3 Sicherheit
 Art. 10 Erfüllung der Anforderungen

Anwendungsbereich

Bei der SNG 481449 berücksichtigt der Anwendungsbereich (Bild 1) insbesondere den Art. 47 der SR 734.2, der besagt, dass die hochspannungsseitigen Schutzeinrichtungen (Primärschutzeinrichtungen) für den Transformator auch den Kurzschlusschutz bis und mit den ersten Niederspannungsschutzeinrichtungen gewährleisten müssen.

Es gibt zwei Möglichkeiten, um den Kurzschlusschutz der Sekundärverteilung zu realisieren, wobei aus Erkenntnissen der SNG 481449 die Variante B zu bevorzugen ist.

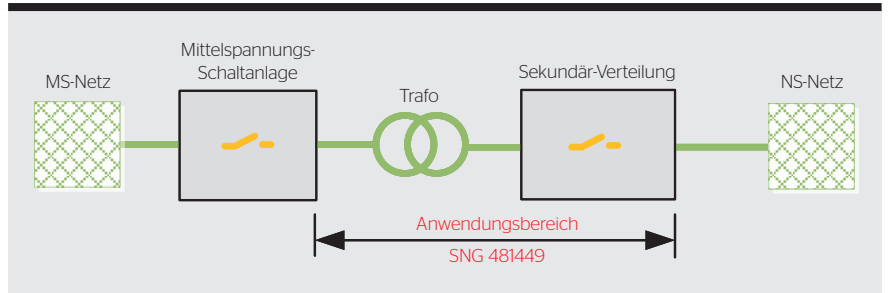


Bild 1 Anwendungsbereich der SNG 481449.

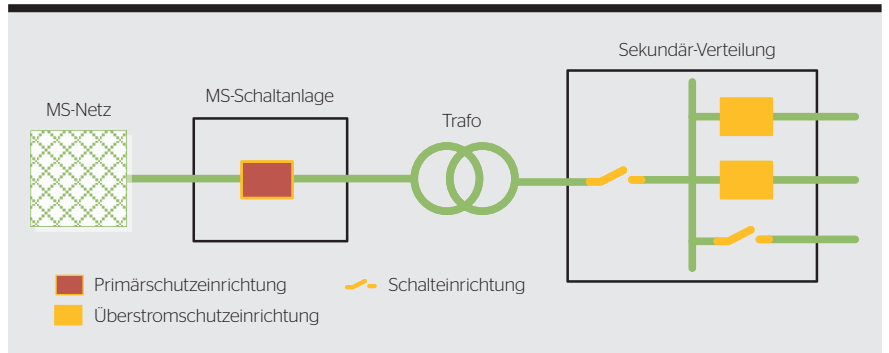


Bild 2 Variante A: Primärschutz.

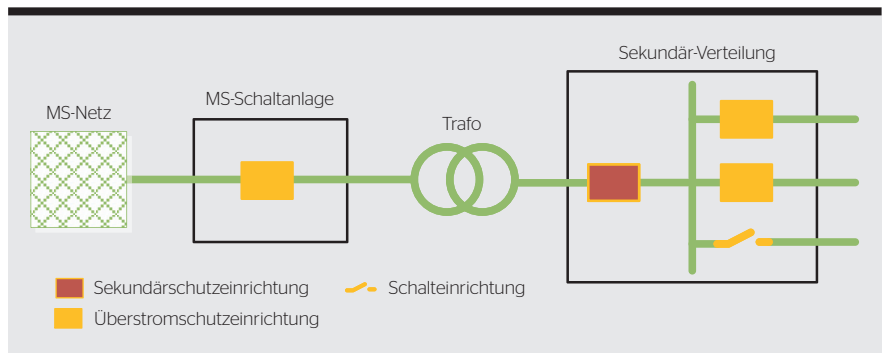


Bild 3 Variante B: Sekundärschutz.

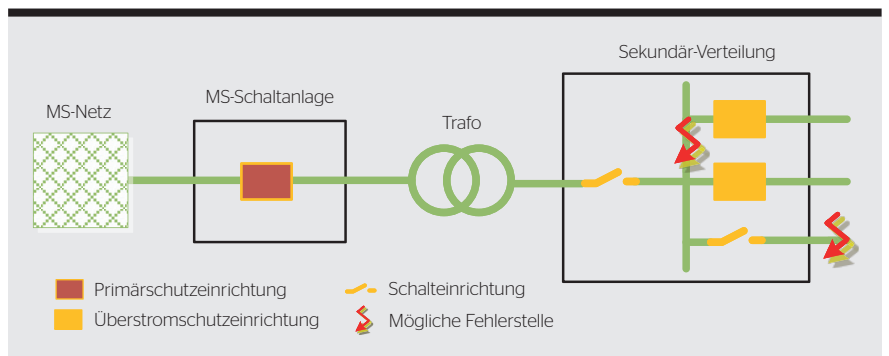


Bild 4 Primärschutz und Kurzschluss an der Sammelschiene der Sekundärverteilung oder in einem Abgang ohne Kurzschlusschutz.

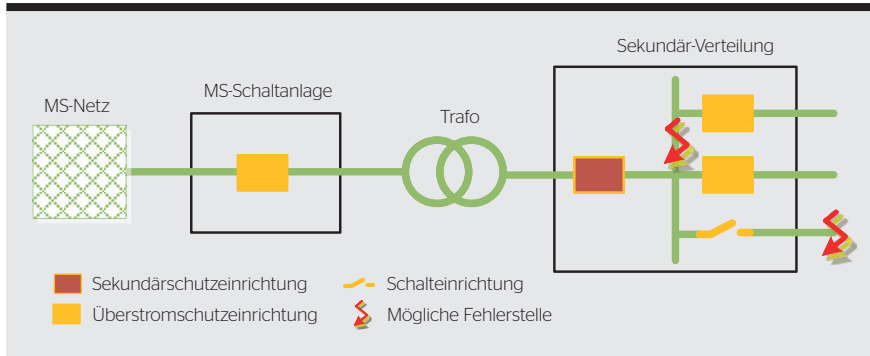


Bild 5 Sekundärschutz und Kurzschluss an der Sammelschiene der Sekundärverteilung oder in einem Abgang ohne Kurzschlusschutzeinrichtung.

Variante A: Die Sekundärverteilung ist mittels Primärschutzeinrichtung geschützt und basiert auf dem Art. 47 der SR 734.2, wobei die Kurzschlusschutzeinrichtung hochspannungsseitig angeordnet ist (Bild 2).

Variante B: Die Sekundärverteilung ist mittels Sekundärschutzeinrichtung geschützt, wobei die Kurzschlusschutzeinrichtung in der Einspeisung der Sekundärverteilung angeordnet ist (Bild 3).

Die Anforderungen sowie die Umsetzung des Kurzschlusschutzes sind detailliert in **Tabelle 1** aufgeführt.

Beurteilung des vorhandenen oder geplanten Schutzes

Im Abschnitt 6 der SNG 481449 wird anhand eines Beispiels eine mögliche Beurteilung und Umsetzung erläutert, welche in diesem Beitrag nicht 1:1 wiedergegeben wird. Es sind die in den **Bildern 4 und 5** gezeigten Situationen zu beurteilen. Zur Beurteilung des Kurzschlusschutzes kann das Schema in **Bild 6** angewendet werden.

Geeignete Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung bewertet auf Grundlage der Risikoanalyse, ob das Risiko unter den gegebenen Rahmen-

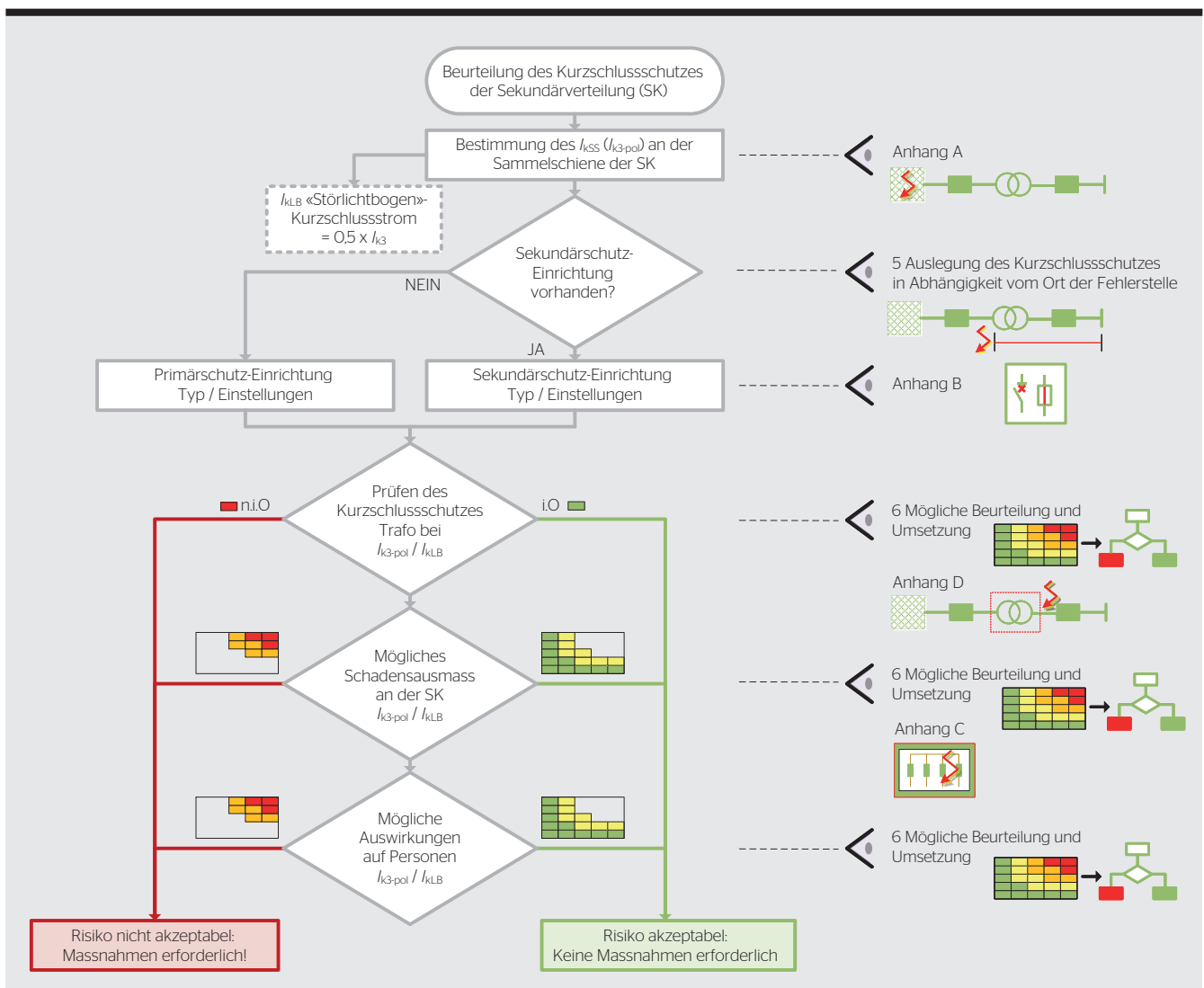


Bild 6 Flussdiagramm zur Beurteilung des Kurzschlusschutzes.

	Anforderung	Umsetzung
SR 734.2 Art. 62 Schutzmassnahmen bei Kurz- und Erdschluss	¹ Alle Teile einer Starkstromanlage müssen so erstellt werden, dass sie den mechanischen und thermischen Beanspruchungen widerstehen, die betriebsmässig oder bei Kurz- und Erdschlüssen am Einbauort auftreten können. Dabei ist die Art der Nullpunktbehandlung zu berücksichtigen.	Mit der Einführung der Normenreihe SN EN IEC 60439 «Niederspannungs-Schaltgeräte-kombinationen) ab 1985, die 2009 durch die Normenreihe SN EN IEC 61439 abgelöst wurde, müssen Sekundärverteilungen eine Kurzschlussfestigkeit bezüglich den Kurz- und Erdschlüssen am Einbauort entsprechen. Diese Thematik wird im Anhang C «Kurzschlussfestigkeit» und Anhang E «Nachweise von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen» der SNG 481449 erläutert.
SR 734.2 Art. 62 Schutzmassnahmen bei Kurz- und Erdschluss	² Elektrische Anlagen müssen so erstellt werden, dass sich Betriebsstörungen und Schäden durch Lichtbögen auf ein Minimum beschränken. Das Wandern von Lichtbögen ist zu verhindern.	Im Unterschied zu Mittelspannungsnetzen, wo der wesentliche Spannungsfall jeweils an den Reaktanzen des Netzes und nicht am Lichtbogen erfolgt, fallen in Niederspannungsnetzen durchaus 50% der Netzspannung am Lichtbogen ab. Daraus folgt, dass der Lichtbogen den Kurzschlussstrom merklich beeinflusst (IEEE 1584 standard). Der Strombegrenzungsfaktor beträgt dann 0,5; es folgt $I_{kLB} = 0,5 \times I_{k3}$. Die Abschaltzeit der Überstromschutzeinrichtung ist mit Hilfe der Kennlinie und dem ermittelten Lichtbogen-Kurzschlussstrom I_{kLB} zu berücksichtigen. Diese Thematik wird im Anhang A «Kurzschlussströme in Drehstromnetzen» der SNG 481449 erläutert.
SR 734.2 Art. 62 Schutzmassnahmen bei Kurz- und Erdschluss	³ Wo Personen durch die Auswirkungen von Lichtbögen unmittelbar gefährdet sind, müssen besondere Schutzmassnahmen (Verschalungen, Schutzverkleidung usw.) getroffen werden.	Zusätzliche Schutzmassnahmen gegen die Auswirkungen von Störlichtbogen infolge von Fehlern innerhalb von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen (SK) sind gemäss der Normenreihe SN EN IEC 61439 nicht explizit gefordert. Werden Schutzmassnahmen in Absprache mit dem Anwender getroffen, so sind diese nach dem Technischen Report IEC TR 61641 (Guide for testing under conditions of arcing due to internal fault) durch den Hersteller der Sekundärverteilung umzusetzen und zu prüfen. Diese Thematik wird im Anhang C «Kurzschlussfestigkeit» der SNG 481449 erläutert.
SR 734.2 Art. 63 Abschaltung	¹ In Starkstromanlagen sind Einrichtungen einzubauen, die durch das Abschalten der Anlage Schäden infolge von Überlast-, Kurzschluss- und Erdschlussströmen möglichst begrenzen.	Diese Thematik wird im Anhang B «Überstromschutzeinrichtungen» und Anhang D «Schutz von Transformatoren» der SNG 481449 erläutert.

Tabelle 1 Anforderungen und Umsetzung des Kurzschlusschutzes.

bedingungen akzeptabel und eventuelle Restrisiken vertretbar sind. Eine Risikobeurteilung wird nicht nur einmalig für Neuanlagen gemacht, sondern ist Teil der Instandhaltung und muss in festgelegten Zyklen in Abhängigkeit der Alterung und der Umgebungsbedingungen wiederholt werden.

In der SNG 481449 wurde im Beispiel bezüglich des möglichen Schadensausmasses und dessen Auswirkungen ein Index erstellt. Bei diesem Index reicht der voraussichtliche Sachschaden von «Kein Schaden, uneingeschränkter Betrieb nach dem Fehler möglich» bis zu «Totalschaden. Ganze Sekundärverteilung muss ersetzt werden». Entsprechend reichen die möglichen Auswirkungen von «Auswirkungen auf Personen sind ausgeschlossen» bis zu «Es ist mit Verbrennungen, Schädigun-

gen der Atemwege und Verletzungen durch abgesprengte Anlagenteile der Sekundärverteilung zu rechnen.»

Schadensausmass mindernde Massnahmen

Um das Schadensausmass an der Sekundärverteilung und auf Personen in unmittelbarer Nähe zur Sekundärverteilung auf ein akzeptables Ausmass zu begrenzen, können verschiedene Massnahmen umgesetzt werden wie strombegrenzende Kurzschluss-schutz-einrichtungen, lichtbogensichere Sekundärverteilungen nach IEC TR 61641 oder kurze Abschaltzeiten unter Störlichtbogenbedingungen.

Eintrittswahrscheinlichkeit

Entscheidend für eine Risikobeurteilung ist nicht nur das mögliche Schadensausmass, sondern auch die Ein-

trittswahrscheinlichkeit. Diese ist wiederum abhängig von den möglichen Ursachen zur Entstehung eines Kurzschlusses oder eines Störlichtbogens innerhalb einer geschlossenen Sekundärverteilung während des Betriebes und den realisierten Schutzmassnahmen bezüglich dieser Ursachen (**Tabelle 2**). Wesentliche Faktoren sind dabei die Umgebungsbedingungen und die Alterung.

Fazit

Die SNG 481449:2023 ist eine Guideline, die dafür sorgen soll, dass Kurzschlüsse in Sekundärverteilungen nicht zu schwerwiegenden Folgen führen. Dies tut sie, indem sie die Auslegung des Kurzschlusschutzes in Abhängigkeit vom Ort der Fehlerstelle für Primär- und Sekundärschutz definiert. Zudem beschreibt sie die Beurteilung und Umsetzung von Massnahmen, unter Berücksichtigung des möglichen Schadensausmasses und der Eintrittswahrscheinlichkeit. Es lohnt sich, diese Guideline sowohl für die Erstellung neuer Starkstromanlagen wie auch beim Umbau bestehender Starkstromanlagen zu berücksichtigen.

Mögliche Ursachen	Mögliche Schutzmassnahmen
Eindringen von Nagetieren oder grösser (Fremdkörper)	Öffnungen $\leq 12,5$ mm (IP 2X)
Verschmutzung	Sichtprüfung und Reinigung
Alterung der Isolation	Regelmässige Isolationsprüfung
Lockere Verbindungen	Schraubenkontrollen / Thermografische Prüfung
Aussergewöhnliche Überspannungen im Netz	Einsatz von geeigneten Überspannungsschutz-Einrichtungen
Bildung von Whisker	Verwendung von geeignetem Material und Zwischenabdeckungen
Materialermüdung	Ersatz nach dem Erreichen der zu erwartende Lebensdauer

Tabelle 2 Beispiele von möglichen Ursachen und entsprechenden Schutzmassnahmen. Diese Auflistung ist nicht abschliessend und berücksichtigt das Thema Tätigkeiten an Schaltanlagen nicht.

Autor

Marcel Schellenberg ist Ingenieur Elektro- und Sicherheitstechnik bei Electrosuisse sowie Mitglied des TK 121B.
 → Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
 → marcel.schellenberg@electrosuisse.ch