

A photograph of a Siemens electrical cabinet, likely a distribution transformer protection unit. The cabinet is light grey and features a control panel with various components including a digital display, several analog meters, and a complex wiring arrangement with red and black cables. The Siemens logo is visible on the top left of the panel. The cabinet is mounted on a base and is shown from a slightly elevated, angled perspective.

SIEMENS

Technische Schriftenreihe Ausgabe 2

Schutz von Verteilungstransformatoren
in der Mittelspannung durch Lastschal-
ter-Sicherungs-Kombinationen

1. Grundlagen

Der Kurzschlusschutz von Mittelspannungs-Verteilungstransformatoren wird entweder über Leistungsschalter-Relaiskombination oder über Lastschalter-Sicherungskombination sichergestellt. Dabei wird die Wahl des Schutzes bestimmt durch

- Investitionskosten
- Technischen Anschlussbedingungen (TAB) des Verteilnetzbetreibers
- Länderspezifische Gewohnheiten
- Geforderte Selektivität zum nachgeordneten Niederspannungsnetz
- Schaltvermögen des Lastschalters
- Betriebsströme
- Begrenzung der thermischen und dynamischen Beanspruchung des Transformators durch einen Kurzschlussstrom
- Art der Sternpunktbehandlung im Mittelspannungsnetz
- Schalzhäufigkeit

Sowohl in der Infrastruktur als auch in der Industrie werden beide Varianten des Schutzes für Mittelspannungs-Verteilungstransformatoren eingesetzt. In Tabelle 1 werden ausgewählte Kriterien kurz bewertet. Sie kann nur eine erste Entscheidungshilfe sein und hat nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

Nachfolgend soll keine Entscheidungshilfe mit detaillierter Auflistung der Vor- und Nachteile für oder gegen die eine oder die andere Kombination präsentiert werden. Vielmehr sollen die Kriterien für die Projektierung einer Lastschalter-Sicherungskombination veranschaulicht werden.

Tabelle 1: Bewertung ausgewählter Kriterien bei Leistungsschalter-Relais- bzw. Lastschalter-Sicherungs-Kombination

	Leistungsschalter-Relais-Kombination	Lastschalter-Sicherungs-Kombination
Investitionskosten	-	+
Selektivität zum nachgeordneten Niederspannungsnetz	+	-
Schaltvermögen	+	-
Thermische / dynamische Beanspruchung des Transformators bei Kurzschluss	-	+
Zulässige Betriebsströme	+	o
Unabhängigkeit von der Sternpunktbehandlung im MS-Netz	+	o
Schalzhäufigkeit	+	o

2. Lastschalter-Sicherungs-Kombination

Die Lastschalter-Sicherungs-Kombination besteht aus zwei Funktionseinheiten:

- Aus dem Lastschalter nach IEC 62271-103 (VDE 0671-103 bzw. DIN EN 62271-103) und
- aus der Hochspannungs-Hochleistungs-(HH)-Sicherung nach IEC 60282-1 (VDE 0670-4 bzw. DIN EN 60282-1),

die über das Schlagstiftsystem miteinander verknüpft sind. Der Schlagstift der Sicherung hat dabei die Aufgabe, den Lastschalter mechanisch auszulösen, damit eine dreipolige Abschaltung durch den Lastschalter erfolgt. Da der Lastschalter nur Betriebsströme schaltet und ein begrenztes Ausschaltvermögen aufweist, muss die Sicherung den Kurzschlusschutz übernehmen. Zwischen Bemessungs-Betriebsstrom der Sicherung und Kurzschlusschutz durch die Sicherung gibt es einen Überstrombereich, in dem unter Umständen Lastschalter und Sicherung sich die Schutzaufgabe teilen. Hierzu müssen beide Geräte aufeinander abgestimmt sein. Diese Koordination wird in IEC 62271-105 (VDE 0671-105 bzw. DIN EN 62271-105) geregelt.

Um die Aufgabenverteilung innerhalb der Kombination besser aufzeigen zu können, sind die Arbeitsbereiche einer HH-Teilbereichssicherung in Bild 1 vereinfacht dargestellt.

Bemessungs-Betriebsstrom der Kombination

Aufgrund der thermischen Verhältnisse am Einbauort der Sicherung, zum Beispiel im Isolierstoffbehälter, und der damit begrenzten Verlustwärmeableitung im Vergleich zu Sicherungen in Luft, liegt der Bemessungs-Betriebsstrom der Kombination unterhalb des Bemessungs-Betriebsstroms der Sicherung I_{r-HH} . Damit kann die Kombination nicht mit dem vollen Sicherungs-Bemessungs-Strom belastet werden. In diesem Bereich schaltet nur der Lastschalter.

Überlastbereich

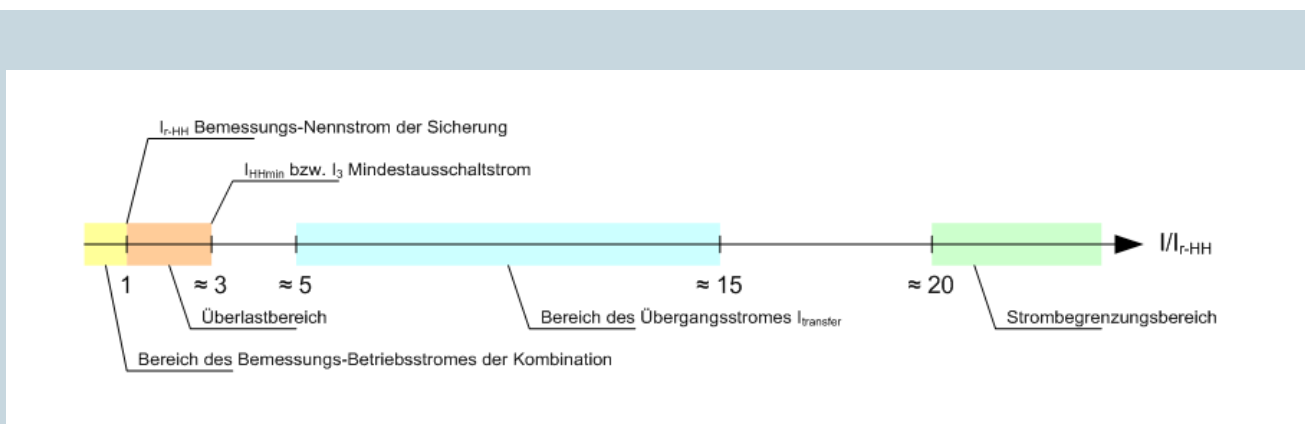
Der Überlastbereich ist zwischen dem Bemessungs-Strom und dem Mindestausschaltstrom (I_{HHmin} bzw. I_3) der Sicherung definiert. In diesem Bereich ist die Teilbereichssicherung thermisch überlastet und bis zum ca. Zweifachen des Sicherungs-Bemessungs-Stroms hat die Sicherung kein definiertes Ausschaltverhalten; man spricht dabei vom „verbotenen Bereich“. Hierbei besteht die Gefahr, dass der Keramikkörper platzt und damit die Sicherung ihr Ausschaltvermögen verliert. Mit Hilfe eines Thermoschutzes bzw. Thermoschlagstifts kann dies verhindert werden, indem bei Übertemperatur im Sicherungskörper der Schlagstift und damit der Lasttrennschalter ausgelöst wird. Im Bereich ab dem zweifachen Sicherungs-Bemessungs-Strom bis zum Mindestausschaltstrom werden die Haupt- und Nebenschmelzleiter in der Sicherung galvanisch unterbrochen. Der in der Sicherung dabei entstehende Lichtbogen kann jedoch nicht gelöscht werden. Über das Auslösen des Schlagstifts und damit des Lasttrennschalters kann der Fehler abgeschaltet werden.

Mindestausschaltstrom I_{HHmin} bzw. I_3

Ab diesem Mindestausschaltstrom, der ca. das Dreifache des Sicherungs-Bemessungs-Stroms beträgt, arbeitet die Sicherung definiert. Das heißt, nach dem Durchschmelzen der Haupt- und Nebenschmelzleiter kann der Lichtbogen in der Sicherung gelöscht werden.

Ab diesem Wert kann es aufgrund der Fertigungstoleranzen dazu kommen, dass z. B. bei einem dreipoligen Fehler im zeitlichen Ablauf zunächst nur eine der Sicherungen den Fehler löscht, den Schlagstift freigibt und damit den Lastschalter auslöst. Nun kann aufgrund der kurzen Schaltzeit die Situation eintreten, dass der Lastschalter schneller den verbleibenden zweipoligen Fehlerstrom abschaltet als die verbleibenden beiden Sicherungen.

Bild 1: Schematische Darstellung der Bereiche einer HH-Teilbereichssicherung



Bereich des Übergangstroms („Transfer Current“ I_{transfer} bzw. $I_{r\text{-transfer}}$)

Der Übergangstrom I_{transfer} bzw. $I_{r\text{-transfer}}$ ist als der Strom definiert, bis zu dem bei einem dreipoligen Fehler zunächst nur eine Sicherung löscht, und der Lastschalter dann den verbleibenden zweipoligen Fehler abschaltet. Dabei darf es nicht zum Überschreiten des Ausschaltvermögens des Lastschalters kommen. Dies ist ein kritischer Bereich für den Lastschalter. In der Regel liegt dieser Stromwert im Bereich des 5- bis 15-Fachen des Sicherungsbemessungs-Stroms.

Bei größeren Strömen löschen alle Sicherungen, bevor dann der Lastschalter stromlos schaltet. Das Ausschaltvermögen des Lastschalters wird als Bemessungs-Übergangstrom $I_{r\text{-transfer}}$ bezeichnet und muss vom Hersteller angegeben werden.

Bild 2 zeigt das prinzipielle Verfahren zu Ermittlung des Übergangstroms, wobei T_0 der Schaltereigenzeit des Lasttrennschalters (gegebenenfalls einschließlich einer zusätzlichen Relaiszeit). Der mathematische Hintergrund dieses Verfahrens wird in IEC 62271-105 (VDE 0671-105 bzw. DIN EN 62271-105) beschrieben.

Strombegrenzungsbereich

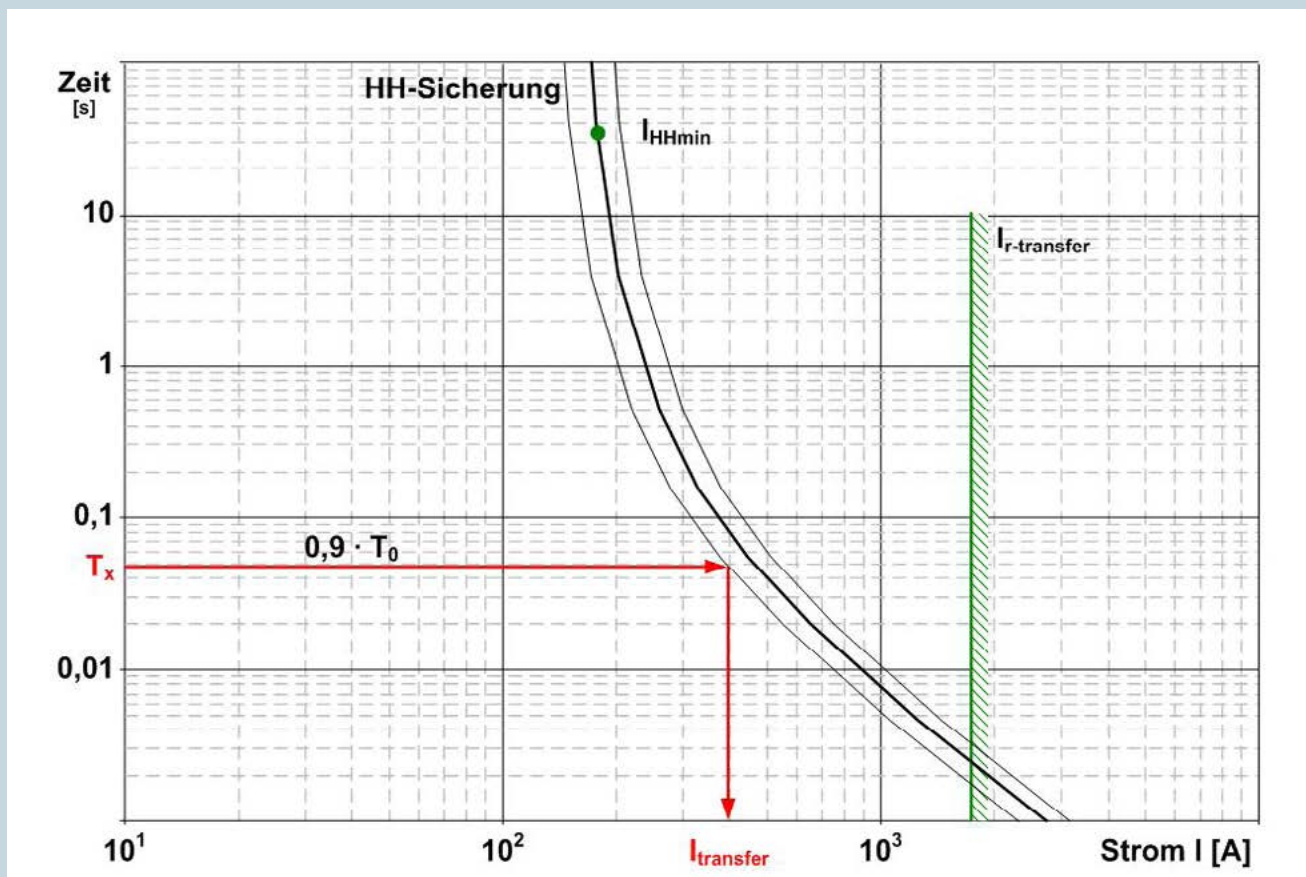
Stromwerte ab dem etwa 20-Fachen des Sicherungsbemessungs-Stroms werden durch die Sicherung strombegrenzend innerhalb der ersten Halbwelle abgeschaltet und der Lastschalter öffnet anschließend stromlos aufgrund seiner Auslösung mit dem Schlagstift.

Nach IEC 60282-1 Abschnitt 6.6 wird das Ausschaltvermögen von HH-Sicherungen im Rahmen der Typprüfung bei nur 87 % ihrer Bemessungs-Spannung geprüft.

In dreiphasigen Netzen mit gelöschtem oder isoliertem Sternpunkt kann, unter Doppelerdschluss und anderen Bedingungen, beim Ausschalten die volle Leiter-Leiter-Spannung an der HH-Sicherung anliegen. Deshalb darf die maximale Betriebsspannung eines Netzes nicht größer sein als 87 % der Bemessungs-Spannung der HH-Sicherung.

Es ist deshalb schon bei der Projektierung der Schaltgeräte und der Auswahl der HH-Sicherungen sicherzustellen, dass nur solche Sicherungseinsätze verwendet werden, die entweder die zuvor genannte Bedingung erfüllen oder deren Ausschaltvermögen mindestens bei der maximalen Spannung des Netzes geprüft wurde. Im Zweifelsfall ist zusammen mit dem Sicherungshersteller eine geeignete HH-Sicherung auszuwählen.

Bild 2: Bestimmung des Übergangstroms aus der Sicherungskennlinie



3. Zuordnung der HH-Sicherung

Neben den in Abschnitt 2 beschriebenen Bedingungen zum Schutz von Verteilungstransformatoren mittels Lastschalter-Sicherungs-Kombination in gasisolierten Mittelspannungs-Schaltanlagen müssen zudem

- der dauernd zulässige Überlaststrom des Transformators,
- die Wärmewirkung des Einschaltstroms (Rush-Strom) und
- die zulässige Verlustleistung bei Sicherungseinbau in einem Isolierstoffbehälter

berücksichtigt werden.



In der Norm IEC 62271-105 (VDE 0671-105 bzw. DIN EN 62271-105) wird eine alleinige Abschaltung eines dreipoligen Klemmenkurzschlusses sekundärseitig am Transformator durch die HH-Sicherungen empfohlen, um den Lastschalter vor zu hohen Belastung und vor Anlagenschaden zu schützen. Der dreipolige Klemmenkurzschlussstrom sekundärseitig am Transformator soll also größer sein als der Transferstrom der Lastschalter-Sicherungs-Kombination ($I''_{k3} > I_{transfer}$). Die in den Katalogen der Schaltanlagen 8DJH und NXPLUS C (HA 40.2 und HA 35.41) angegebenen Zuordnungen der HH-Sicherungen erfüllen diese zusätzliche Anforderung.

Aufgrund ihres hohen Qualitätsstandards garantiert Siemens sogar die Sicherheit seiner Anlagen, auch wenn diese Bedingung nicht immer zu 100% eingehalten wird. Auf Basis der in Tabelle 2 angegebenen Mindestausschaltströme und Transferströme der HH-Sicherungen vom Typ SIBA sowie der in Tabelle 3 angegebenen Bemessungs-Übergangsströme für die in den gasisolierten Schaltanlagen 8DJH und NXPLUS C eingesetzten Lastschalter dürfen die Zuordnungen von HH-Sicherungen der Tabellen 4 und 5 generell mit Verteilungstransformatoren mit einer Kurzschlussspannung u_k bis 7% eingesetzt werden.

Tabelle 2: Mindestausschalt- und Übergangsströme der HH-Sicherungen vom Typ SIBA

HH-Sicherung – Typ SIBA – für 8DJH und NXPLUS C					
	HHD		SSK		
	*)	*)	*)	6–12 kV	10–24 kV
I_n in A	I_{HHmin} in A	$I_{transfer}$ in A	I_{HHmin} in A	$I_{transfer}$ in A	
6,3	22	40	–	–	–
10	34	69	–	–	–
16	56	101	–	–	–
20	70	178	–	–	–
25	90	228	–	–	–
31,5	110	266	–	–	–
40	140	360	–	–	–
50	170	461	–	–	–
63	210	647	210	490	480
80	280	880	280	640	580
100	320	1.124	320	825	780
125	–	–	450	1.080	–

*) gilt für Sicherungs-Nennspannungen 3–7,2 kV, 6–12 kV, 10–17,5 kV und 10–24 kV

Tabelle 3: Bemessungs-Übergangsströme der Schaltanlagen 8DJH und NXPLUS C

Bemessungs-Übergangsstrom I_4 der Schaltanlage		
	$U \leq 12$ kV	12 kV $< U \leq 24$ kV
8DJH	1.500 A	1.300 A
NXPLUS C	1.150 A	830 A

Tabelle 4: Zuordnung der HH-Sicherung von Typ SIBA bei Schaltanlage 8DJH
Zuordnungstabelle gilt generell für Verteilungstransformatoren mit einer Kurzschlussspannung u_k bis 7 %

Transformator		Einsetzbare HH-Sicherung – Typ SIBA – für 8DJH								
		HHD						SSK		
		3–7,2 kV	6–12 kV		10–17,5 kV		10–24 kV	6–12 kV		10–24 kV
		292 mm	292 mm	442 mm	292 mm	442 mm	442 mm	292 mm	442 mm	442 mm
U_n in kV	S_n in kVA	I_n in A	I_n in A		I_n in A		I_n in A	I_n in A		
6–7,2	50	10–16	10–16		–		–	–		
	75	16–20	16–20		–		–	–		
	100	16–25	16–25		–		–	–		
	125	20–31,5	20–31,5		–		–	–		
	160	31,5–40	31,5–40		–		–	–		
	200	31,5–50	31,5–50		–		–	63	–	
	250	40–63	40–63		–		–	63–80	80	
	315	50–63	50–63		–		–	63–80	80	
	400	63–80	63–80		–		–	63–100	80–100	
	500	80–100	80–100		–		–	80–125		
630	–	–		–		–	125	100–125		
10–12	50	–	10		10		10	–		
	75	–	10–16		10–16		10–16	–		
	100	–	16		16		16	–		
	125	–	16–20		16–20		16–20	–		
	160	–	20–25		20–25		20–25	–		
	200	–	25–31,5		25–31,5		25–31,5	–		
	250	–	25–40		25–40		25–40	–		
	315	–	31,5–50		31,5–50		31,5–50	–		
	400	–	40–50		40–50		40–50	63–80	80	
	500	–	50–63		50–63		50–63	63–80	80	
	630	–	63–80		80	63–80	80	63–100	80–100	
	800	–	63–100	80–100		–		–	80–125	80–125
	1.000	–	–	100		–		–	125	100–125
1.250	–	–		–		–	–	125	–	
13,8	50	–	–		–	6,3	6,3	–		
	75	–	–		–	6,3–10	6,3	–		
	100	–	–		–	10–16	16	–		
	125	–	–		–	10–16	16	–		
	160	–	–		–	16–20	20	–		
	200	–	–		–	16–20	20	–		
	250	–	–		–	20–25	25	–		
	315	–	–		–	25–31,5	31,5	–		
	400	–	–		–	31,5	31,5	–		
	500	–	–		–	40	40	–		
	630	–	–		–	50	50	–		
800	–	–		–	63	63	–			
1.000	–	–		–	80	–	–			
15–17,5	50	–	–		–	6,3	6,3	–		
	75	–	–		–	6,3–10	10	–		
	100	–	–		–	10–16	16	–		
	125	–	–		–	16	16	–		
	160	–	–		–	16	–	–		
	200	–	–		–	20	20	–		
	250	–	–		–	25–31,5	25–31,5	–		
	315	–	–		–	31,5	31,5	–		
	400	–	–		–	31,5–40	31,5–40	–		
	500	–	–		–	31,5–50	31,5–50	–		
	630	–	–		–	40–63	40–63	–		
	800	–	–		–	63	63	–		
	1.000	–	–		–	80	–	–		
	1.250	–	–		–	100	–	–		
20–24	50	–	–		–	–	6,3	–		
	75	–	–		–	–	6,3	–		
	100	–	–		–	–	6,3–10	–		
	125	–	–		–	–	10	–		
	160	–	–		–	–	10–16	–		
	200	–	–		–	–	16	–		
	250	–	–		–	–	16–20	–		
	315	–	–		–	–	16–25	–		
	400	–	–		–	–	20–31,5	–		
	500	–	–		–	–	25–40	–		
	630	–	–		–	–	31,5–50	–		
	800	–	–		–	–	31,5–50	–		
	1.000	–	–		–	–	50–63	–		
	1.250	–	–		–	–	80	–		
	1.600	–	–		–	–	–	–		
2.000	–	–		–	–	–	–			

Tabelle 5: Zuordnung der HH-Sicherung von Typ SIBA bei Schaltanlage NXPLUS C
 Zuordnungstabelle gilt generell für Verteilungstransformatoren mit einer Kurzschlussspannung u_k bis 7 %

Transformator		Einsetzbare HH-Sicherung – Typ SIBA – für NXPLUS C								
		HHD						SSK		
		3–7,2 kV	6–12 kV		10–17,5 kV		10–24 kV	6–12 kV		10–24 kV
		292 mm	292 mm	442 mm	292 mm	442 mm	442 mm	292 mm	442 mm	442 mm
U_n in kV	S_n in kVA	I_n in A	I_n in A		I_n in A		I_n in A	I_n in A		
6–7,2	50	10–16	10–16		–		–	–		
	75	16–20	16–20		–		–	–		
	100	16–25	16–25		–		–	–		
	125	20–31,5	20–31,5		–		–	–		
	160	31,5–40	31,5–40		–		–	–		
	200	31,5–50	31,5–50		–		–	63	–	–
	250	40–63	40–63		–		–	63–80	80	–
	315	50–63	50–63		–		–	63–80	80	–
	400	63–80	63–80		–		–	63–100	80–100	–
	500	80–100	80–100		–		–	80–125		–
	630	100	100		–		–	100–125		–
800	–	–		–		–	–	125	–	
10–12	50	–	10		10		10	–		–
	75	–	10–16		10–16		10–16	–		–
	100	–	16		16		16	–		–
	125	–	16–20		16–20		16–20	–		–
	160	–	20–25		20–25		20–25	–		–
	200	–	25–31,5		25–31,5		25–31,5	–		–
	250	–	25–40		25–40		25–40	–		–
	315	–	31,5–50		31,5–50		31,5–50	–		–
	400	–	40–50		40–50		40–50	63–80	80	63–80
	500	–	50–63		50–63		50–63	63–80	80	63–80
	630	–	63–80		63–80		63–80	63–100	80–100	63–100
	800	–	63–100		80–100		100	80–125		80–100
1.000	–	100	100		–		100–125		100	
1.250	–	–		–		–	125		–	
13,8	50	–	–		–		6,3	6,3	–	
	75	–	–		–		6,3–10	6,3	–	
	100	–	–		–		10–16	16	–	
	125	–	–		–		10–16	16	–	
	160	–	–		–		16–20	20	–	
	200	–	–		–		16–20	20	–	
	250	–	–		–		20–25	25	–	
	315	–	–		–		25–31,5	31,5	–	
	400	–	–		–		31,5	31,5	–	
	500	–	–		–		40	40	–	
	630	–	–		–		50	50	–	
	800	–	–		–		63	63	–	
	1.000	–	–		–		–	–	63	
1.250	–	–		–		–	–	80		
15–17,5	50	–	–		–		6,3	6,3	–	
	75	–	–		–		6,3–10	10	–	
	100	–	–		–		10–16	16	–	
	125	–	–		–		16	16	–	
	160	–	–		–		16	–	–	
	200	–	–		–		20	20	–	
	250	–	–		–		25–31,5	25–31,5	–	
	315	–	–		–		31,5	31,5	–	
	400	–	–		–		31,5–40	31,5–40	–	
	500	–	–		–		31,5–50	31,5–50	–	
	630	–	–		–		40–63	40–63	–	
	800	–	–		–		63	63	–	
	1.000	–	–		–		63	–	–	
1.250	–	–		–		–	–	–		
20–24	50	–	–		–		6,3	–		–
	75	–	–		–		6,3	–		–
	100	–	–		–		6,3–10	–		–
	125	–	–		–		10	–		–
	160	–	–		–		10–16	–		–
	200	–	–		–		16	–		–
	250	–	–		–		16–20	–		–
	315	–	–		–		16–25	–		–
	400	–	–		–		20–31,5	–		–
	500	–	–		–		25–40	–		–
	630	–	–		–		31,5–50	–		63
	800	–	–		–		31,5–50	–		63
	1.000	–	–		–		50–63	–		63–80
	1.250	–	–		–		63	–		63–80
	1.600	–	–		–		–	–		80–100
2.000	–	–		–		–	–		100	

4. Einsatz bei Verteilungs- transformatoren mit Zusatzlüfter

GEAFOL-Verteilungstransformatoren bieten die Möglichkeit, ihre Leistung mittels Zusatzlüfter (Querstromlüfter) zu erhöhen. Bei freier Aufstellung und ausreichender Belüftung ist so eine Leistungssteigerung von bis zu 50 % möglich. In der Praxis und bei Verwendung von Transformatorgehäusen wird jedoch die maximal zur Verfügung stehende Leistung auf 140 % der Nennleistung des Verteilungstransformators begrenzt. Neben der Leistungssteigerung können die Querstromlüfter dazu genutzt werden, die Transformatorleistung auch bei heißen Umgebungsbedingungen dauerhaft zur Verfügung zu stellen.

Da die Verluste im Quadrat zum Belastungsstrom ansteigen, ist die Wirtschaftlichkeit von Querstromlüftern erst über einer Transformatorleistung von 400 kVA gegeben.

Aus dem gleichen Grund sollte daher die Verwendung von Querstromlüftern zur Belastung oberhalb der Transformatorleistung nicht im Normalbetrieb, sondern nur im Reservebetrieb erfolgen.

Gerade in der Industrie und bei großen Infrastrukturprojekten konzentriert sich eine große Einspeiseleistung an einer Stelle. Mit steigender Transformatorleistung und Parallelbetrieb von Transformatoren steigt auch die notwendige Kurzschlussbelastbarkeit der eingespeisten Niederspannungs-Hauptverteilung. Bei Einsatz der Querstromlüfter kann in solchen Fällen auch die Kurzschlussleistung begrenzt bzw. verringert werden, um so zu wirtschaftlicheren Niederspannungs-Hauptverteilungen zu kommen. Das nachfolgende Beispiel 1 verdeutlicht dies.

Beispiel 1:

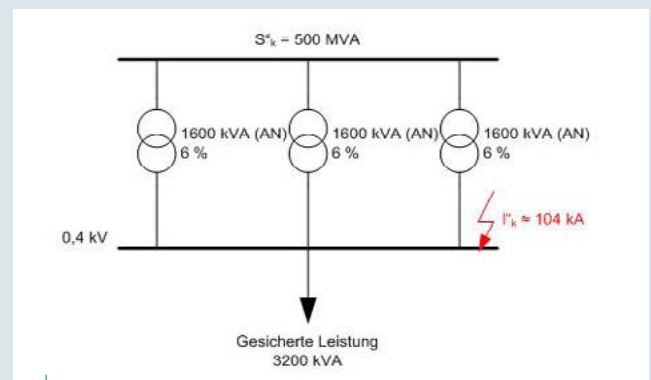
Drei Transformatoren je 1.600 kVA Nennleistung mit einer Kurzschlussspannung $u_{kr} = 6\%$ ohne Querstromlüfter stellen eine gesicherte Leistung unter Berücksichtigung eines Transformatorausfalls von 3.200 kVA zur Verfügung. Mit einer anstehenden Netzkurzschlussleistung $S''_{kr} = 500$ MVA ergibt sich bei Parallelbetrieb aller drei Transformatoren an der Niederspannungs-Hauptverteilung ($U_n = 0,4$ kV) und ein maximaler Kurzschlusswechselstrom I''_k von ca. 104 kA.

Werden nun Transformatoren je 1.250 kVA Nennleistung und einer Kurzschlussspannung $u_{kr} = 6\%$ mit Querstromlüfter verwendet, so stehen sogar 3.500 kVA (2×1.250 kVA $\times 1,4$) Leistung gesichert zur Verfügung und der maximale Kurzschlussstrom I''_k an der Niederspannungs-Hauptverteilung ($U_n = 0,4$ kV) beträgt nur noch ca. 84 kA.

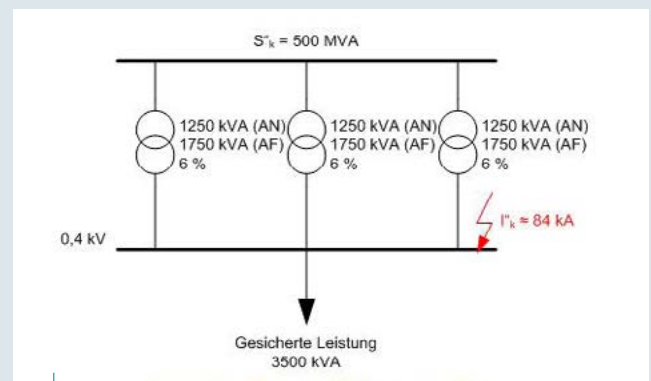
Anmerkung:

Ohne Zusatzbelüftung wird die Transformatorleistung mit AN bezeichnet (englisch: **air natural**), mit Zusatzbelüftung mit AF (englisch: **air forced**).

Sollen nun Transformatoren mit Querstromlüfter mittels einer Lastschalter-Sicherungs-Kombination abgesichert werden, so ist zunächst grundsätzlich die Absicherung nach der Transformatorleistung (im unbelüfteten Betrieb) unter Berücksichtigung von Abschnitt 3 bzw. den dort genannten Tabellen zu wählen.



Transformatoren ohne Querstromlüfter



Transformatoren mit Querstromlüfter

Bild 3: Beispiel für den Einsatz von Querstromlüftern

Max. Belastung der HH-Sicherung – Typ SIBA – für 8DJH und NXPLUS C

Sicherung			HHD				SSK			
			8DJH	NXPLUS C			8DJH	NXPLUS C		
U_r in kV	Länge	I_r in A	I_{bmax} in A		P_v in W	MLFB	I_{bmax} in A		P_v in W	MLFB
3–7,2	292	10	8,1	9,2	17	SIB:3009813-10	–	–	–	–
		16	13,1	14,0	17	SIB:3009813-16	–	–	–	–
		20	16,3	18,4	13	SIB:3009813-20	–	–	–	–
		25	20,4	23,0	16	SIB:3009813-25	–	–	–	–
		31,5	25,7	29,0	21	SIB:3009813-31,5	–	–	–	–
		40	32,7	36,8	27	SIB:3009813-40	–	–	–	–
		50	40,8	46,0	30	SIB:3009813-50	–	–	–	–
		63	51,5	58,0	38	SIB:3009913-63	–	–	–	–
		80	53,0	63,2	47	SIB:3009913-80	–	–	–	–
	100	54,5	79,0	64	SIB:3009913-100	–	–	–	–	
6–12	292	10	8,1	9,2	28	SIB:3000413-10	–	–	–	–
		16	13,1	14,7	28	SIB:3000413-16	–	–	–	–
		20	16,3	18,4	23	SIB:3000413-20	–	–	–	–
		25	20,4	23,0	29	SIB:3000413-25	–	–	–	–
		31,5	25,7	25,7	38	SIB:3000413-31,5	–	–	–	–
		40	26,2	29,3	50	SIB:3000413-40	–	–	–	–
		50	32,8	36,6	56	SIB:3000413-50	–	–	–	–
		63	46,2	49,8	63	SIB:3001213-63	46,1	46,1	62	SIB:3001243-63
		80	49,9	55,0	76	SIB:3001213-80	49,9	55,0	76	SIB:3001243-80
	100	53,7	62,0	104	SIB:3001213-100	54,5	62,5	98	SIB:3001243-100	
		125	–	–	–	–	65,0	74,0	135	SIB:3002043-125
	442	10	8,2	8,2	28	SIB:3010113-10	–	–	–	–
		16	13,2	13,2	19	SIB:3010113-16	–	–	–	–
		20	16,5	16,5	22	SIB:3010113-20	–	–	–	–
		25	20,6	20,6	28	SIB:3010113-25	–	–	–	–
		31,5	26,0	26,0	37	SIB:3010113-31,5	–	–	–	–
		40	33,0	33,0	48	SIB:3010113-40	–	–	–	–
		50	36,0	40,4	54	SIB:3010113-50	–	–	–	–
63		42,5	51,0	58	SIB:3010213-63	–	–	–	–	
80		54,0	54,0	70	SIB:3010213-80	54,0	55,2	72	SIB:3010243-80	
100	59,2	68,0	96	SIB:3010213-100	60,6	69,0	93	SIB:3010243-100		
	125	–	–	–	–	72,2	81,0	128	SIB:3010343-125	
10–17,5	292	10	8,1	8,1	38	SIB:3025513-10	–	–	–	–
		16	13,1	13,1	37	SIB:3025513-16	–	–	–	–
		20	16,3	16,3	40	SIB:3022113-20	–	–	–	–
		25	16,9	19,7	56	SIB:3022113-25	–	–	–	–
		31,5	21,3	21,6	65	SIB:3022113-31,5	–	–	–	–
		40	26,2	26,2	84	SIB:3022113-40	–	–	–	–
		50	28,9	31,2	101	SIB:3022113-50	–	–	–	–
		63	35,7	37,3	106	SIB:3022213-63	–	–	–	–
		80	41,3	47,0	137	SIB:3022213-80	–	–	–	–
	442	6,3	5,2	5,2	21	SIB:3023113-6,3	–	–	–	–
		10	8,3	8,3	38	SIB:3023113-10	–	–	–	–
		16	13,2	12,7	37	SIB:3023113-16	–	–	–	–
		20	16,5	16,5	42	SIB:3023113-20	–	–	–	–
		25	20,4	20,4	56	SIB:3023113-25	–	–	–	–
		31,5	22,7	22,4	60	SIB:3023113-31,5	–	–	–	–
		40	24,5	27,2	84	SIB:3023113-40	–	–	–	–
		50	30,0	34,0	101	SIB:3023213-50	–	–	–	–
		63	37,8	43,0	106	SIB:3023213-63	–	–	–	–
80	41,8	46,0	137	SIB:3023213-80	–	–	–	–		
100	48,1	55,0	182	SIB:3023313-100	–	–	–	–		
10–24	442	6,3	5,2	5,2	29	SIB:3000613-6,3	–	–	–	–
		10	8,3	8,3	52	SIB:3000613-10	–	–	–	–
		16	12,7	12,7	59	SIB:3000613-16	–	–	–	–
		20	16,5	16,5	46	SIB:3000613-20	–	–	–	–
		25	20,4	20,4	56	SIB:3000613-25	–	–	–	–
		31,5	22,7	22,4	72	SIB:3000613-31,5	–	–	–	–
		40	24,5	27,2	106	SIB:3000613-40	–	–	–	–
		50	32,0	34,0	108	SIB:3001413-50	–	–	–	–
		63	33,5	36,2	132	SIB:3001413-63	33,5	–	–	–
		80	37,8	46,0	174	SIB:3001413-80	41,8	46,0	143	SIB:3001443-80
100	–	53,0	234	SIB:3002213-100	48,1	58,0	188	SIB:3002243-100		

Tabelle 6: Maximale Belastungsströme der HH-Sicherungen vom Typ SIBA bei Schaltanlagen 8DJH und NXPLUS C
Angaben gelten für Standard-Umgebungsbedingungen



Da in gasisolierten Mittelspannungs-Schaltanlagen die HH-Sicherungen in Isolierstoffbehältern eingesetzt werden, darf deren Verlustleistung einen bestimmten Wert nicht überschreiten: zum einen um die Kontaktmaterialien nicht zu beschädigen, zum anderen um eine Fehlauslösung der Sicherung aufgrund von Übertemperatur zu vermeiden. Tabelle 6 zeigt wie hoch eine HH-Sicherung vom Typ SIBA in einer Schaltanlage 8DJH bzw. NXPLUS C dauerhaft belastet werden darf. Die Angaben beziehen sich auf Standard-Umgebungsbedingungen. Bei durchschnittlichen Umgebungstemperaturen größer 30 °C und Aufstellungshöhen über 1.000 m sind die maximal zulässigen Belastbarkeiten zu erfragen.

Beispiel 2 verdeutlicht das Vorgehen.

Beispiel 2:

Der Transformator aus Beispiel 1 ($S_n = 1.250 \text{ kVA}$, $u_{kr} = 6\%$) wird aus einem 20 kV Netz gespeist. Eine Schaltanlage 8DJH soll eingesetzt werden. Gemäß Tabelle 4 darf eine SIBA HH-Sicherung mit einem Sicherungsnennstrom von 80 A sowohl vom Typ HHD als auch SSK eingesetzt werden. Nach Tabelle 6 darf die HHD-Sicherung in einer 8DJH nur mit maximal 37,8 A und eine SSK-Sicherung mit 41,8 A dauerhaft belastet werden. Dies entspricht jedoch nur ca. 105 % bzw. 116 % der Transformatornennleistung.

Analog ergibt sich für das Beispiel mit einer Schaltanlage NXPLUS C und der entsprechenden SSK-Sicherung eine maximale Dauerlast von ca. 127 % der Transformatornennleistung.



Das Beispiel 2 zeigt, dass Lastschalter-Sicherungs-Kombinationen zum Schutz von Transformatoren mit einer Leistungserhöhung durch Querstromlüfter in der Regel nur zu einer begrenzten Leistung, die unterhalb der zwangsbelüfteten Transformatorleistung liegt, eingesetzt bzw. nur dann voll eingesetzt werden können, wenn die AF-Leistung der Transformatoren (140 % der Transformatornennleistung) nur kurzfristig ansteht.

In Fällen, in denen die AF-Leistung der Transformatoren dauerhaft benötigt wird, sollten Leistungsschalter eingesetzt werden. In Falle einer Siemens 8DJH steht hier ein Leistungsschalter Typ 2 zur Verfügung, der zwar nicht die volle Leistungsfähigkeit des Typ 1.2 aufweist, jedoch kostengünstiger und für die Applikation Transformatorabzweig völlig ausreichend ist.

5. Auslegung in SIMARIS design

In SIMARIS design 9 ist die automatische Dimensionierung von zusatzbelüfteten Transformatoren implementiert. Um diese Funktion bei den Berechnungen zu berücksichtigen, wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

Schritt 1

Im Bearbeitungsschritt „Netzplanung“ kann über die Eigenschaften des Transformators (im Menu, das nach Drücken der rechten Maustaste bei gewähltem Transformator erscheint) die Eigenschaft „Lüfteranbau: ja“ ausgewählt werden. Dadurch wird sowohl bei der automatischen Dimensionierung als auch bei der manuellen Auswahl des Transformators eine maximale Leistung von 140 % der Bemessungsleistung S_n berücksichtigt.



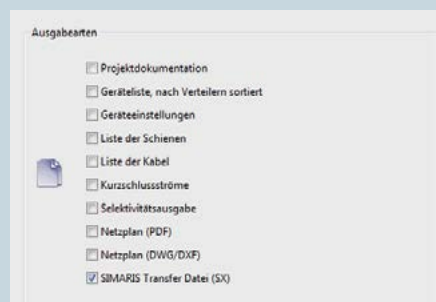
Schritt 2

Danach kann das Netz wie gewohnt automatisch dimensioniert werden, sodass eine angepasste Auswahl der MS- und NS-Leistungsschalter im Einspeisestromkreis (inklusive der Einstellwerte) erfolgt. Auch die Verbindung zwischen Transformator und Niederspannungs-Hauptverteilung wird korrekt dimensioniert. Bei Verwendung von HH-Sicherungen ist der Einsatz entsprechend den Tabellen 4 und 5 zu überprüfen sowie die maximale Belastbarkeit der Kombinationen gemäß Tabelle 6 zu berücksichtigen (siehe Beispiel 2).

Eine mögliche Warnmeldung bezüglich des Mindestausschaltstroms bei den minimalen einpoligen Fehlern hat nichts mit dieser Einstellung zu tun, sondern ist ein generelles Problem bei Transformatoreinspeisungen mit einer HH-Absicherung. Die Warnung weist darauf hin, dass der Planer unabhängig von der Software entscheiden muss, ob eine kurzschlussichere Verlegung der Verbindung zwischen Transformator und Niederspannungshauptverteilung gegeben ist. Ist dies nicht der Fall, muss eine Ersatzmaßnahme ergriffen werden, wie zum Beispiel der Einsatz eines Niederspannungs-Leistungsschalters direkt am Anfang dieser Verbindung oder der Einsatz eines Mittelspannungs-Leistungsschalters anstelle der Lastschalter-Sicherungs-Kombination. Dieser kann mit seinem Schutzrelais und den entsprechenden Einstellungen auch den Kurzschlusschutz der Verbindung bis zur Niederspannungs-Hauptverteilung mit übernehmen.

Schritt 3

Unter „Projektausgaben“ kann eine Transferdatei erstellt werden. Beim Einlesen der Datei in SIMARIS project werden die überlastbaren Transformatoren automatisch für die Größenermittlung, Budgetkalkulation und Ausschreibung berücksichtigt.



Literatur

- Ansgar Müller, Siemens AG
Mittelspannungstechnik – Projektierungsleitfaden für Schaltgeräte und Schaltanlage, Ausgabe 11D0 2006-06
- Ansgar Müller, Siemens AG
Mittelspannungstechnik – Schaltgeräte und Schaltanlagen, Ausgabe 19D3 2010-09,
- Hartmut Kiank, Wolfgang Fruth, Siemens AG
Planungsleitfaden für Energieverteilungsnetze, 2011 Publicis KommunikationsAgentur GmbH
- Ansgar Müller, Siemens AG
Keine Angst vor VDE 0671-105 – Die Koordination von Lastschaltern und HH-Sicherungen bei kurzen Schmelzzeiten, np Jg.45 (2006), Heft 4
- DIN EN 62271-105 (VDE 0671-105): 2013-08: Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 105: Hochspannungs-Lastschalter-Sicherungs-Kombination
- DIN EN 62271-103 (VDE 0671-103): 2012-04: Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 103: Lastschalter für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV
- DIN EN 60282-1 (VDE 0670-4): 2015-05: Hochspannungssicherungen – Teil 1: Strombegrenzende Sicherungen
- Siemens AG, Mittelspannungsanlagen Katalog HA40.2 2014, Schaltanlagen Typ 8DJH für sekundäre Verteilnetze bis 24 kV, gasisoliert
- Siemens AG, Mittelspannungsanlagen Katalog HA35.41 2015, Leistungsschalter-Festeinbauanlagen Typ NXPLUS C bis 24 kV, gasisoliert
- Katalog SIBA HH-Sicherungseinsätze gemäß DIN-Standard, www.siba.de



Herausgeber

Siemens AG

Energy Management

**Medium Voltage & Systems
Low Voltage Distribution**

**Mozartstr. 31c
91052 Erlangen, Deutschland**

Wünschen Sie mehr Informationen,
wenden Sie sich bitte an

E-Mail: consultant-support.tip@siemens.com

Alle Rechte vorbehalten.
Änderungen und Irrtümer vorbehalten.
Alle Angaben und Schaltungsbeispiele ohne Gewähr.

Die Informationen in dieser Broschüre enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Alle Erzeugnisbezeichnungen können Marken oder Erzeugnisnamen der Siemens AG oder anderer, zuliefernder Unternehmen sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

© Siemens AG 2016 • Deutschland