

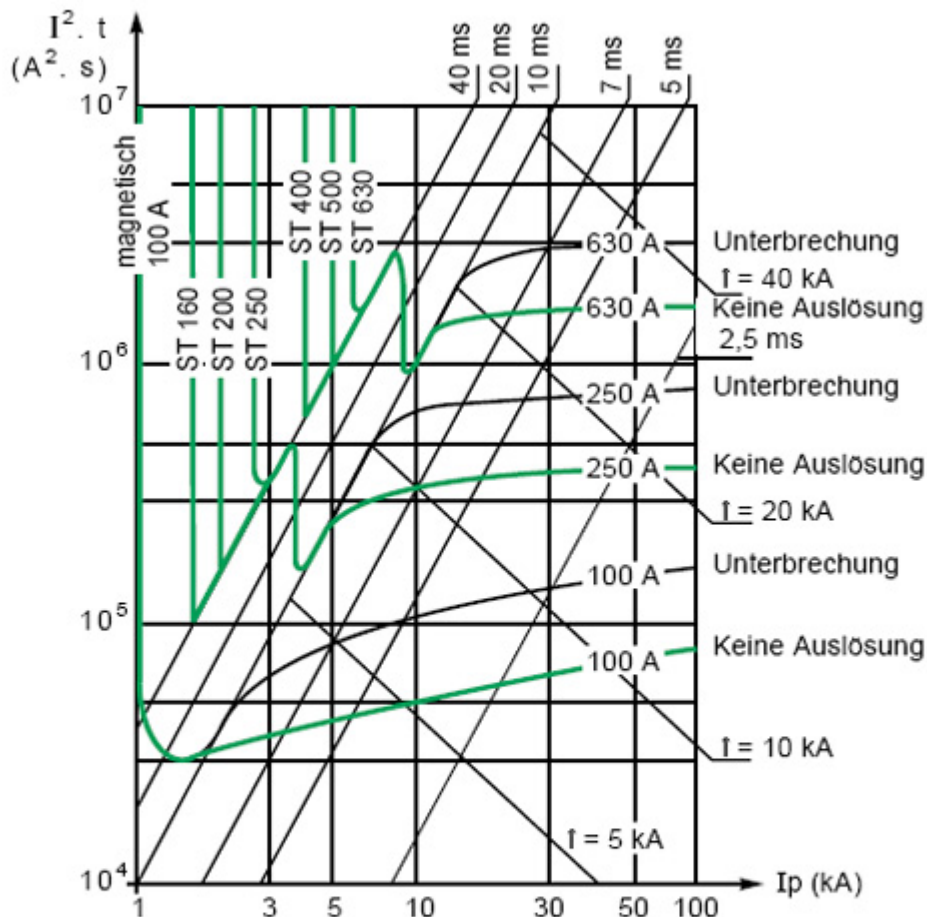
Energetische Selektivität in Niederspannungsnetzen - Teil 6

Selektivität mit den Leistungsschaltern Compact Typ NS

Die Leistungsschalterreihe Compact Typ NS, welche die Baugrößen 100, 160, 250, 400 und 630 A umfasst, gestattet durch die Anwendung der Energieselektivität je nach dem Verhältnis der Baugrößen und Bemessungsströme der eingesetzten Leistungsschalter bis zum Ausschaltvermögen eine Teilselektivität oder vollständige Selektivität.

Vollständige Selektivität

Die Abbildung 18 zeigt ein Beispiel einer vollständigen Selektivität bis 100 kA über drei Ebenen mit Leistungsschaltern der Baugrößen 100, 250 und 630 A, die mit verschiedenen Auslösern ausgerüstet sind. Mit den Leistungsschaltern Compact Typ NS ist diese Selektivität bis 150 kA vollständig. Damit die Selektivität vollständig ist, genügt es, dass die Energie, die ein Leistungsschalter durchlässt, niedriger ist als die Energie, die nötig ist, damit der Auslöser des vorgeordneten Leistungsschalters anspricht.



Anmerkung:

ST 160, ST 200 und ST 250: Elektronische Auslöser für Leistungsschalter der Baugröße 250 A.
ST 400, ST 500 und ST 630: Elektronische Auslöser für Leistungsschalter der Baugröße 630 A.

Abb. 18: Vollständige Selektivität zwischen den Leistungsschaltern Compact Typ NS der Baugrößen 100, 250 und 630 A.

Praktische Regel

Die Selektivität ist vollständig und bedingungslos, wenn:

- die Baugrößen der aufeinander folgenden Leistungsschalter in einem Verhältnis von $\geq 2,5$ zueinander stehen
- und wenn die Bemessungsströme in einem Verhältnis von $> 1,6$ zueinander stehen.

Teilselektivität

Wenn die obige praktische Regel nicht eingehalten wird, ergibt sich eine Teilselektivität. Die Abbildung 19 zeigt, dass zwischen einem Leistungsschalter der Baugröße 160 A und einem solchen der Baugröße 250 A, der mit einem Auslöser mit dem Bemessungsstrom 250 A ausgerüstet ist, die Selektivität bis zu einem prospektiven Kurzschlussstrom von 4800 A gewährleistet ist. Dieser Grenzwert ist höher als derjenige, der im gleichen Fall mit Leistungsschaltern der normalen Compact- Baureihe erhalten wird.

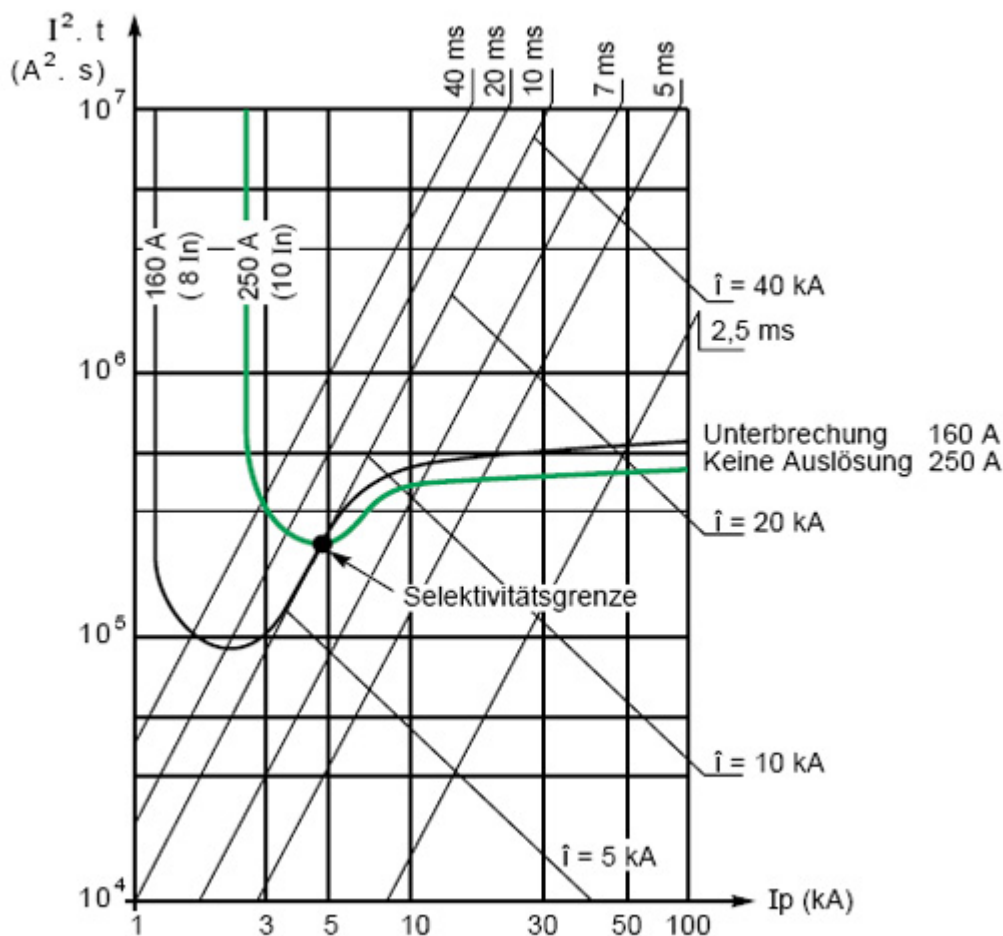


Abb. 19: Teilweise Selektivität zwischen Leistungsschaltern Compact Typ NS, 250 A und 160 A.

Kaskadenschaltung der Leistungsschalter Compact Typ NS

Es sei daran erinnert, dass eine Kaskadenschaltung, deren Verwendung in der Norm IEC 947-2 vorgesehen ist, es dem vorgeordneten Leistungsschalter ermöglicht, dem nachgeordneten Leistungsschalter zu helfen, hohe Kurzschlussströme auszuschalten. Dies jedoch, darauf muss hingewiesen werden, auf Kosten der Selektivität (außer beim «SELLIM»-System). Für die Leistungsschalter Compact Typ NS ändert eine Kaskadenschaltung in keiner Weise die oben genannten vollständigen und Teilselektivitäten. Im Gegenteil kann ein Compact Typ NS immer einem vorgeordneten Leistungsschalter eines anderen Typs helfen, dessen Ausschaltvermögen ungenügend ist.

Verwendung zusammen mit herkömmlichen Schutzeinrichtungen Gewöhnliche Leistungsschalter

In einer bestehenden Anlage können die stark strombegrenzenden Leistungsschalter Compact Typ NS als Erweiterung oder Ersatz eines bestehenden Leistungsschalters verwendet werden, ohne die ursprünglich erreichte Selektivitätsgrenze zu beeinträchtigen.

- Wenn der neue Leistungsschalter nachgeordnet ist, kann sein hohes Strombegrenzungsvermögen die Selektivitätsgrenze nur verbessern, wobei die Selektivität sogar vollständig werden kann (siehe Abb. 20).
- Wenn der neue Leistungsschalter vorgeschaltet ist, ist die Selektivitätsgrenze mindestens gleich wie vorher, wobei das hohe Strombegrenzungsvermögen des Leistungsschalters Compact Typ NS eventuell die Kaskadenschaltung verstärkt.

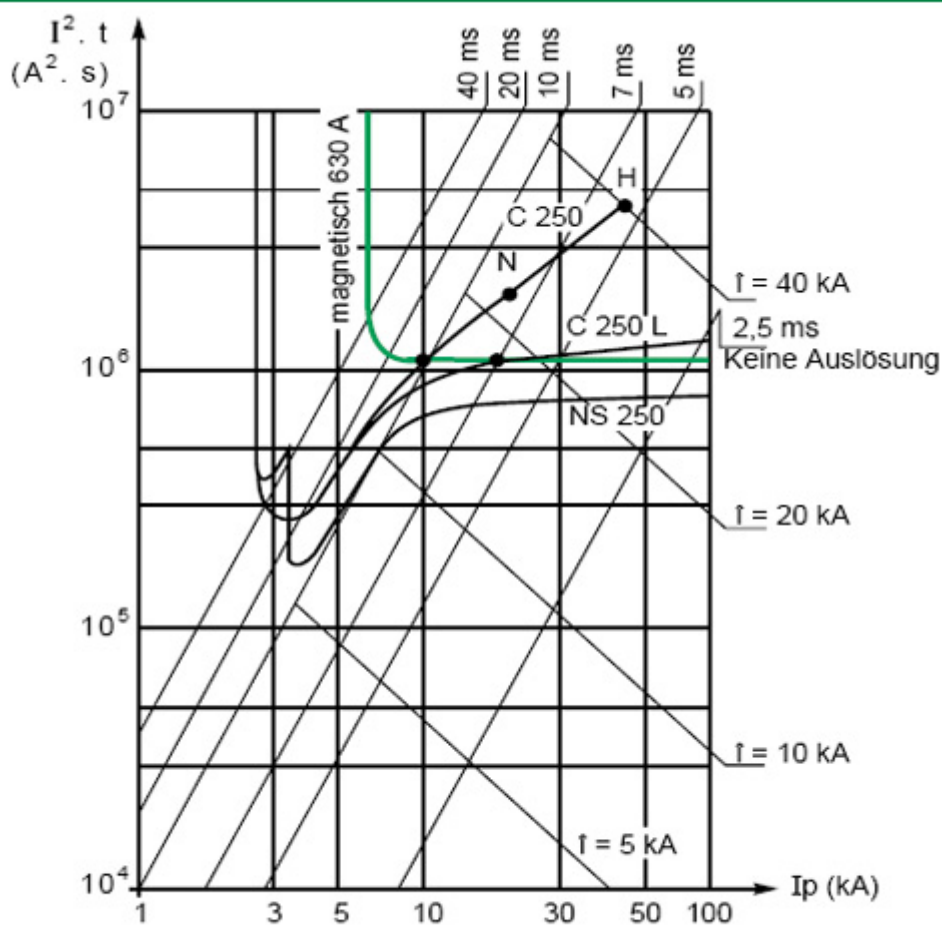


Abb. 20: Der Ersatz eines Leistungsschalters Compact Typ C250 N, H oder L durch einen Compact Typ NS 250 A ergibt eine bessere Selektivität. In diesem Beispiel wird sie vollständig.

Sicherungen

Die (von den Sicherungsherstellern gelieferten) Kennlinien $I^2 \cdot t = f(I_p)$ betreffen:

- die Energie, die für das Schmelzen nötig ist (Vorlichtbogen),
- die Energie, die beim Unterbrechen durch die Sicherung fließt.

Damit zwischen einem vorgeordneten Leistungsschalter und einer Sicherung Selektivität besteht, darf der Auslöser dieses Leistungsschalters nicht auf die Summe dieser Energien ansprechen.

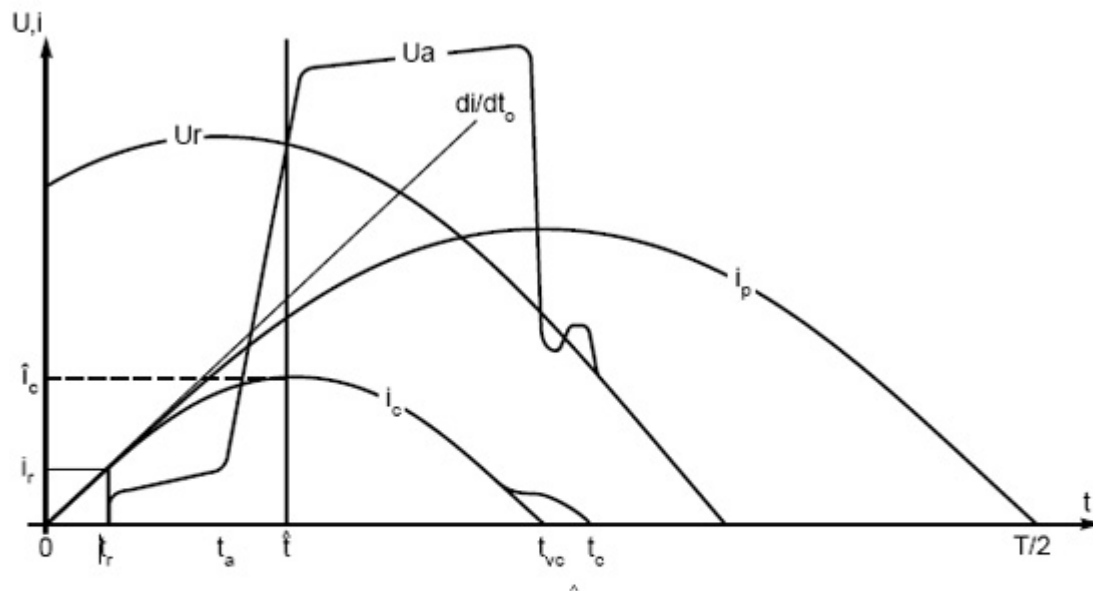
Schlussfolgerung

Die stark strombegrenzenden Leistungsschalter, die umso schneller sind, je größer der prospektive Kurzschlussstrom ist, bieten die Möglichkeit, unter Einhaltung einfacher Regeln eine vollständige Selektivität über mehrere Ebenen zu erhalten. Dies bevor eventuell auf eine Zeitselektivität zurückgegriffen wird. Dies ist eine technische Innovation, welche

- die Selektivitätsuntersuchungen wesentlich vereinfacht,
- die elektrodynamischen und thermischen Beanspruchungen sowie die Spannungstäler als Folge von Kurzschlüssen auf ein Minimum reduziert.

Dieses Energieelektivität genannte neue Selektivitätsprinzip, das dank perfekter Beherrschung der Energie, welche die Leistungsschalter beim Unterbrechen durchlassen, sowie der Empfindlichkeit der Auslöser für dieselbe Energie entwickelt worden ist, trägt zur Verbesserung der Verfügbarkeit der elektrischen Energie bei.

Anhang: Zur Erinnerung: Unterbrechung mit Strombegrenzung



Ua: Lichtbogenspannung	\hat{t} : Moment von i_c
Ur: Netzspannung	t_a : Moment des Anfangs des Lichtbogens
i_p : Prospektiver Kurzschlussstrom	t_c : Ausschaltzeit
i_c : Abgeschalteter (begrenzter) Strom	t_r : Moment der Kontaktabhebung
i_c : Scheitelwert des abgeschalteten Stroms	t_{vc} : Virtuelle Ausschaltzeit
i_r : Kontaktabhebestrom	ω : Kreisfrequenz der unterbrochenen Welle

Abb. 21: Unterbrechung mit Strombegrenzung.

Die Abbildung 21 zeigt den Verlauf der Ströme und Spannungen bei einer Strombegrenzung über eine Halbwelle. Die Gleichung, die den Verlauf des Kurzschlussstroms (i_c) bestimmt, lautet:

$$U_r - U_a = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} \approx L \cdot \frac{di}{dt}$$

Zu Beginn des Kurzschlusses ist U_a gleich null. i_c und i_p sind gleich groß und haben die gleiche Neigung.

Wenn U_a gleich U_r ist, hat i_c sein Maximum (\hat{i}_c), da die Ableitung gleich null ist.

Wenn U_a größer als U_r ist, nimmt i_c ab und wird bei t_c gleich null.

Man stellt fest, dass die unterbrochene Stromwelle gleich einer Sinus-Halbwellen ist, deren Periode dem Doppelten der virtuellen Ausschaltzeit (t_{vc}) entspricht. Mit diesen Informationen ist es einfach, die in den Impedanzen des betreffenden Stromkreises umgesetzte Energie zu bestimmen. Der reduzierte Ausdruck dieser Energie, der «Abschaltenergie» genannt wird, ist:

$$E_c = \int_0^{t_{vc}} i_c^2 \cdot dt$$

Da i_c eine Sinusfunktion ist:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot \hat{i}_c^2 \cdot t_{vc} \quad (1).$$

Es ist vorteilhaft, E_c in Funktion von I_p und der Ausschaltzeit (t^{vc}) auszudrücken:

- $t_{vc} \geq 10 \text{ ms}$
Diese Zeit bedeutet, dass der Kurzschlussstrom niedrig ist und deshalb die Kontakte des Leistungsschalters nicht abgehoben werden. Es entsteht keine Lichtbogen Spannung, somit:

$$\hat{i}_c = i_p \text{ et } \hat{i}_c = \sqrt{2} \cdot I_p ;$$

Der Ausdruck (1) wird:

$$E_c = I_p^2 \cdot t \quad (2)$$

- $t_{vc} < 10 \text{ ms}$
Der Leistungsschalter begrenzt den Kurzschlussstrom. i_c und i_p haben am Ursprung dieselbe Neigung, somit:

$$\frac{di}{dt} = \omega \cdot I_p \cdot \sqrt{2} = \omega' \cdot \hat{i}_c$$

$$\text{wobei } \omega' = \frac{\pi}{t_{vc}}$$

$$t_{vc} \cdot \omega \cdot I_p \cdot \sqrt{2} = \pi \cdot \hat{i}_c$$

woraus:

$$\hat{i}_c = t_{vc} \cdot 2 \cdot f \cdot I_p \cdot \sqrt{2}$$

oder

$$t_{vc} = \frac{\hat{i}_c}{2 \cdot f \cdot I_p \cdot \sqrt{2}}$$

Wenn man dem Ausdruck (1) entnimmt, erhält man:

$$\hat{i}_c^2 = \frac{2 \cdot E_c}{t_{vc}}$$

woraus:

$$\frac{2 \cdot E_c}{t_{vc}} = (t_{vc} \cdot 2 \cdot f \cdot I_p \cdot \sqrt{2})^2$$

woraus:

$$E_c = 4 \cdot f^2 \cdot I_p^2 \cdot t_{vc}^3 \quad (3).$$

Wiederum aus (1), jedoch um einen Ausdruck für \hat{i}_c zu erhalten, erhält man

$$t_{vc} = \frac{2 \cdot E_c}{\hat{i}_c^2} = \frac{\hat{i}_c}{2 \cdot f \cdot I_p \cdot \sqrt{2}}$$

woraus:

$$E_c = \frac{\hat{i}_c^3}{4 \sqrt{2} \cdot f \cdot I_p}$$

Die Ausdrücke (3) und (4) ermöglichen das Einzeichnen der Geraden für die Zeiten und die Scheitelströme.