

Motorschutzschalter [2]

Der **heutige Stand** der Motorschutzschaltertechnik.

Funktionsbereiche in den Auslösekennlinien und thermisches Gedächtnis der Auslöser:

Baugrößen, Anwendungen, Schaltvermögen Einstellbereiche der Leistungsschalter NZM, IEC-Ausführung, 3-polige Schalter									
Typ	Elektromechanische Auslöser					Elektronische Auslöser			
		IEC- Schaltvermögen bei 400 [V]					IEC- Schaltvermögen bei 400 [V]		
		B = 25[kA]	N = 50[kA]	H = 100[kA]	L = 150[kA]		N = 50[kA]	H = 100[kA]	L = 150[kA]
		Einstellbereiche in [A]					Einstellbereiche in [A]		
NZM..1	-A..	15 -160	15 – 160	15 – 160	-	-	-	-	-
NZM..1	-M..	16 – 100	16 – 100	-	-	-	-	-	-
NZM..1	-S..	40 -100	40 – 100	40 – 100	-	-	-	-	-
NZM..2	-A..	100 – 250	100 – 250	15 – 250	15 – 250	-	-	-	-
NZM..2	-M..	100 – 200	100 – 200	16 – 200	16 – 200	-ME..	45 – 220	45 – 220	45 – 220
NZM..2	-S..	125 - 200	125 – 200	40 – 200	40 - 200	-	-	-	-
NZM..2	-	-	-	-	-	-VE..	50 – 250	50 – 250	50 – 250
NZM..3	-	-	-	-	-	-AE..	125 – 630	125 – 630	125 – 630
NZM..3	-	-	-	-	-	-ME..	110 – 450	110 – 450	110 – 450
NZM..3	-	-	-	-	-	-VE..	125 – 630	125 – 630	125 – 630
NZM..4	-	-	-	-	-	-AE..	315 – 1600	315 – 1600	315 – 1600
NZM..4	-	-	-	-	-	-ME..	275 – 1400	275 – 1400	275 – 1400
NZM..4	-	-	-	-	-	-VE..	315 – 1600	315 – 1600	315 – 1600
	-A.. Anlagen- und Kabelschutz -M.. Motorschutz -S.. Kurzschlusschutz (ohne Überlastschutz)					-AE.. Anlagen- und Kabelschutz -ME.. Motorschutz -VE.. Anlagen- und Kabelschutz Selektiv- und Generatorschutz			

Auslösekennlinien stellen mehrere Funktionsbereiche der Schutzgeräte dar. Für die unterschiedlichen Funktionsbereiche sind zum Teil unterschiedliche Auslöser im gleichen Gerät verantwortlich. Die Auslösekennlinie beschreibt das Verhalten eines Schutzgerätes in Abhängigkeit von den in unterschiedlichen Höhen fließenden Strömen und von den Stromflusszeiten. Durch die Auslösekurve wird speziell das Verhalten eines Leistungsschalters unter betriebsmäßigen, wie auch unter außergewöhnlichen Bedingungen betrieben. Konstruktive Merkmale der Schutzschalter können Einfluss auf die spezifische Auslösekennlinie nehmen. Die Auslösekennlinien müssen den Erfordernissen der zu schützenden Betriebsmittel entsprechen. Unterhalb, beziehungsweise links der Auslösekennlinie, im beherrschten, zulässigen Bereich, erfolgt keine Auslösung. Das Strom/Zeit- (I/t) Feld unterhalb/links der Auslösekennlinie kann betriebsmäßig genutzt werden (betriebsmäßige Bedingungen). In diesem Feld arbeiten zum Beispiel auch Antriebe im Aussetzbetrieb, die für eine kurze Zeit einen höheren Strom (im Überlastbereich) aufnehmen. In den Aussetzphasen können Betriebsmittel und Schutzorgan wieder abkühlen. Das Feld oberhalb bzw. rechts der Auslösekurve stellt den Bereich der außergewöhnlichen Bedingungen mit den möglichen Störungen durch Überlast oder Kurzschluss dar. Die Kennlinie wird üblicherweise in einem doppelt- logarithmischen Koordinatensystem dargestellt. Die Kurve umfasst drei Bereiche:

① Nicht- Auslöse- Bereich:

Im ersten Bereich wird sichergestellt, dass der Schalter nicht ohne Grund auslöst, wenn das Betriebsmittel nicht gefährdet ist. Deshalb darf der Schalter, ausgehend vom kalten Zustand, bei allpoliger Belastung und bei Bezugstemperatur bis zum 1,05- fachen des Einstellstromes I_r des stromabhängig verzögerten Überlastauslösers innerhalb von 2 Stunden (bei $I \leq 63[A]$) nicht auslösen (konventioneller Nichtauslösestrom).

② Überlastbereich:

Der zweite Bereich ist der Überlastbereich. In diesem Bereich wirken die stromabhängig, thermisch (Bimetall) oder stromabhängig, elektronisch verzögerten Überlastauslöser. Bei Leistungsschaltern NZM sind die Überlastauslöser, abgesehen von speziellen Geräten für den nordamerikanischen Markt, immer einstellbar. Bei kleinen Überströmen ist die Auslösezeit lang, sie wird mit größer werdenden Strömen kürzer. Diese Kurvenform entspricht der Belastbarkeit der zu schützenden Betriebsmittel. Die zulässigen Überströme lassen sich nicht beliebig erhöhen, weil die thermische und die dynamische Belastung für Betriebsmittel, Verkabelung, Schaltanlage und Schalter mit dem Quadrat des Stromes zunehmen (z. B. bei der Projektierung von schweranlaufenden Motoren berücksichtigen). Der Überlastbereich reicht bis zum, der Anwendung entsprechend, einstellbaren Ansprechwert der magnetischen Kurzschluss Schnellauslöser (vergleichbar mit einer Notbremse). Der Bereich zwischen dem 1,05- fachen und dem 1,2 bzw. 1,3- fachen Stromeinstellwert I_r wird auch als Grenzstrombereich bezeichnet. Dieser Bereich ist für die normenkonforme Justierung der Schalter in der Fertigung von besonderer Bedeutung. Bei elektronischen Überstromauslösern an Leistungsschaltern lässt sich zum Beispiel für den Motorschutz, die Lage der Kurve auf der Zeitachse t_r zusätzlich verschieben, um einen Schweranlauf zu berücksichtigen. Die Einstellung Zeit t_r gilt für das 6- fache des Einstellstromes I_r . Bei elektronischen Motorschutzrelais kennt man für die gleichartige Funktion die Bezeichnung der „Auslöseklassen“ (Class 5, 10, 20 usw.), die stattdessen die maximale Auslösezeit beim 7,2- fachen des Einstellstromes I_r angeben. Bei Relais ist die Standardeinstellung Class 10A mit t_r gleich 10s.

Eine Sonderform stellen Kurzschluss- Schutzschalter ohne Überlastauslöser dar. Diese Schalter werden mit zusätzlichen Überlastschutzorganen kombiniert. Diese Kombination wählt man für den Schutz von Motoren mit langen Anlaufzeiten oder wenn der Schutzschalter bei einer sich selbst aufhebenden Überlast nicht auslösen soll. Diese Schalter besitzen in Nordamerika eine größere Bedeutung, als in IEC- Schaltanlagen.

③ Kurzschlussbereich

Hier wird die Grenze der für die Betriebsmittel und den Schalter zulässigen Überlast überschritten, es beginnt der Kurzschlussbereich, in dem der unzulässig überhöhte Strom möglichst schnell abgeschaltet werden muss. Der Ansprechwert der Kurzschlussauslöser I_i (i= instantaneous) wird als Vielfaches des Bemessungsstromes des Schalters I_n (höchster Einstellstrom) gewählt. Dieses Vielfache ist in Abhängigkeit von der Anwendung, also der Art des zu schützenden Betriebsmittels, einstellbar. Wenn der Bemessungsstrom des Schalters nicht voll ausgenutzt wird, wird das Vielfache, bei dem der Schalter auslöst, größer, als das am Schalter eingestellte Vielfache. Werden zum Beispiel Motoren geschützt, muss der Ansprechwert der Kurzschlussauslöser so gewählt werden, dass die beim Anlauf des Motors nicht durch dessen Einschaltstromspitzen (Anlaufstrom) ausgelöst werden. In diesem Fall

und beim Schutz von Transformatoren ist es beispielsweise günstiger, wenn der Schutzschalter nicht auf Höchstmarke eingestellt werden muss. Das ergibt eine zusätzliche Sicherheit gegen Frühauslösungen, die besonders dann interessant sein kann, wenn der Ansprechwert eines Kurzschlussauslösers nicht einstellbar ist. Je nach Schutzschaltertyp unterscheidet man zwischen unverzögerten (I_i) und kurzzeitverzögerten (I_{sd}) Kurzschlussauslösern. Ein kurzzeitverzögerter Kurzschlussauslöser wird im gleichen Schalter immer mit einem unverzögerten (höher eingestellten) Kurzschlussauslöser kombiniert.

Eignung der Schalter in IEC- Ausführung für Haupt- und Nebenanwendungen								
Hauptanwendungen						Nebenanwendungen		Typ
Kurzschluss- schutz (ohne Überstromaus- löser)	Anlagen- schutz	Kabel- schutz	Generator- schutz	Selektiv- schutz mit verzögertem Kurzschluss- auslöser	Motor- schutz	Haupt- schalter	Not- Aus	Elektronische Auslöser
								Elektromechanische Auslöser
						X	X	N...-
X					(X)*	X	X	NZM.. ..-S..
	X	X				X	X	NZM.. ..(-4)-A..
	X	X				X	X	NZM.. ..(-4)-AE..
					X	(X)**	(X)**	NZM.. ..-M..
					X	(X)**	(X)**	NZM.. ..-ME..
	X	X	X	X		X	X	NZM.. ..(-4)-VE..

* nur in Kombination mit geeignetem Schütz und Motorschutzrelais

** nur für einzelne Motorstarter

(-4) Typenzusatz für 4- polige Schalter

Bei den verzögerten Auslösern werden der Strom und die zusätzliche Verzögerungszeit (t_{sd}) nach den Gegebenheiten der zu schützenden Betriebsmittel eingestellt. Beim Überschreiten des eingestellten Stromes des verzögerten Auslösers wird die Verzögerungszeit gestartet. Vor der Einleitung einer Auslösung wird geprüft, ob der eingestellte Strom noch unter dem Schwellwert liegt. Die eingestellte Verzögerungszeit selbst ist stromunabhängig. Der höher eingestellte, unverzögerte Kurzschluss Schnellauslöser (I_i) löst den Schalter aus, falls sein Einstellwert während der Verzögerungszeit überschritten wird. Der unverzögerte Kurzschlussauslöser bildet in dieser Kombination dann sozusagen die letzte Notbremse.

Immer, wenn mit verzögerten Auslösern der Schutzschalter oder mit höheren Auslösezeiten bei Motorschutzrelais (z. B. Class 40) gearbeitet wird, zum Beispiel beim Scheranlauf von großen Motoren, muss der Projektteur berücksichtigen, dass alle Geräte und Leitungen im gesamten Stromkreis für eine längere Zeit mit einem höheren Strom belastet werden. In derartigen Fällen muss er häufig die Schaltgeräte und die Leitungen angemessen überdimensionieren.

Wichtig für einen sicheren Schutz der Betriebsmittel und Leitungen ist das „thermische Gedächtnis“ der Auslöser. Das thermische Gedächtnis bildet die Erwärmung der zu schützenden Betriebsmittel während des normalen Betriebes und während der Überlastphase nach. Es speichert permanent die Wärmebilanz, damit nach einer Auslösung eines Schalters oder nach einem Spannungsausfall der thermische Zustand des Betriebsmittels weiter bekannt ist. So wird die Grundlage für einen weiteren, optimalen Schutz nach einer Betriebsunterbrechung oder bei einem intermittierenden Betriebsverlauf geboten. Das thermische Gedächtnis berücksichtigt beim Abbau der simulierten Erwärmung die typische

Zeitkonstante der Abkühlung der Last (Kabel oder Motor), die durch eine Entlastung des Kabels oder des Motors wirksam wird.

Die Nachbildung der Abkühlung erfolgt bei den elektronischen Auslösern mit der gleichen Zeitkonstante, mit der auch die Erwärmungskurve berücksichtigt wird. Bei Bimetall-Auslösern ergibt sich diese Funktion automatisch dadurch, dass die erhitzten Bimetalle abkühlen müssen, um sich wieder in ihre Grundstellung zu richten. Mit dem thermischen Gedächtnis wird in der Praxis verhindert, dass die Last, z. B. ein Motor, durch ein zu schnelles Wiedereinschalten nach einer Überlast- Auslösung thermisch überlastet wird. Gleichzeitig wird durch das thermische Gedächtnis beim Eintreten einer Überlastung die Vorerwärmung des Betriebsmittels berücksichtigt. Eine Wiedereinschaltung ist erst möglich, wenn die elektronische Simulation bzw. dem Rückbiegevorgang der Bimetalle ergibt, dass der Motor ausreichend abgekühlt ist. Wenn durch ungünstige Kühlungsverhältnisse zu erwarten ist, dass sich der Motor schneller erwärmt und/oder gegenüber der Simulation verzögert abkühlt, muss der Motor beispielsweise durch Thermistor- Temperaturfühler und ein Auswertegerät zusätzlich geschützt werden.

Unterschiedliche Anforderungen an Leistungsschalter für den Anlagen- und Motorschutz			
Merkmal		Anlagenschutz	Motorschutz
Relevante Normen		IEC / EN 60 947-1 [6] IEC / EN 60 947-2 [7]	IEC / EN 60 947-1 [6] IEC / EN 60 947-4-1 [8]
Grenzstrombereich	Umgebungstemperatur	Herstellerangabe z. B. 40°C	Normwert 20°C
	Konventioneller Nichtauslösestrom *) für die Stromabhängig verzögerte Auslösung (darf nicht auslösen innerhalb von 2h **), bei allpoliger Belastung, bei Bezugstemperatur	1, 05 x Stromeinstellwert **) 1 [h] bei ≤ 63 [A]	1, 05 x Stromeinstellwert
	Konventioneller Auslösestrom *) für die stromabhängig verzögerte Auslösung (muss früher als in 2h **) auslösen, nach Belastung mit dem Nichtauslösestrom)	1, 30 x Stromeinstellwert **) 1 [h] bei ≤ 63 [A]	1, 20 x Stromeinstellwert
Phasenausfallempfindlichkeit	Definition	Nicht vorgesehen, nicht sinnvoll, da in der Anlage die Strombelastung der Phasen unsymmetrisch sein darf und häufig auch ist.	Alternativ zulässig, sinnvolle Schutzfunktion, das die Stromverteilung der Phasen bei Motoren symmetrisch sein soll
	Darf nicht auslösen innerhalb von 2h bei:		2 Pole 1,0 x Stromeinstellwert 1 Pol 0,9 x Stromeinstellwert
	Muss innerhalb von 2h auslösen bei:		2 Pole 1,15 x Stromeinstellwert 1 Pol 0,00 x Stromeinstellwert
Ansprechwert der Kurzschlussauslöser (Praxiswerte) t_r = Einstellwert des Überstromauslösers		ca. 6 ... 10 x I_r	ca. 8 ... 14 x I_r

Unempfindlichkeit gegenüber dem Anlaufstrom		Bedingt erforderlich	erforderlich
Selektivität		Bei mehreren in Reihe liegenden Schaltern meist erforderlich	Sinnvoll
Überstromauslöser		Müssen nicht einstellbar sein	Einstellbar
Auslöseklassen		Nicht vorgesehen	Sinnvoll, zur Anpassung an das Anlaufverhalten des Motors
Thermisches Gedächtnis		Sinnvoll	Unbedingt erforderlich
*) Begriffe sind aussagekräftig, werden aber nur in der IEC / EN 60 947- 2 verwendet **) siehe in der zweiten Spalte			

Literatur [2]: Fachaufsatz Dipl.-Ing. Wolfgang Esser, Dipl.-Ing. Dirk Meyer
 MOELLER GmbH 53115 Bonn
 „Auslösekennlinien einstellungsspezifisch darstellen und ihr Zusammenwirken kompetent beurteilen.“



Motorschuttschalter von Moeller PKZM0-16 ohne Gehäuse



Motorschutzschalter im Gehäuse IP 55



Motorschutzschalter im Gehäuse