

Niederspannungs- Leistungsschalter (NS-LS)

Neben den Sammelschienen und Trennern gehören Leistungsschalter zu den zentralen Komponenten von Schaltanlagen. Daneben spielen sie eine wichtige Rolle als Überstrom-Schutzgeräte für Niederspannungsnetze, zu denen auch NH-Sicherungen, Leitungsschutzschalter, Erdungsanlagen etc. zählen. Leistungsschalter werden nach der Normenreihe EN 60947 gebaut und geprüft.

in Gewerbe und Industrie vermehrt auch Schutzschaltgerätekombinationen zum Zug (z.B. Leitungsschutzschalter mit Fehlerstromauslösung).

Auslöser

Die Wahl des Auslösetyps definiert die Schutzfunktion des Leistungsschalters im Energieverteilungsnetz. Dabei wird

Peter Bryner*

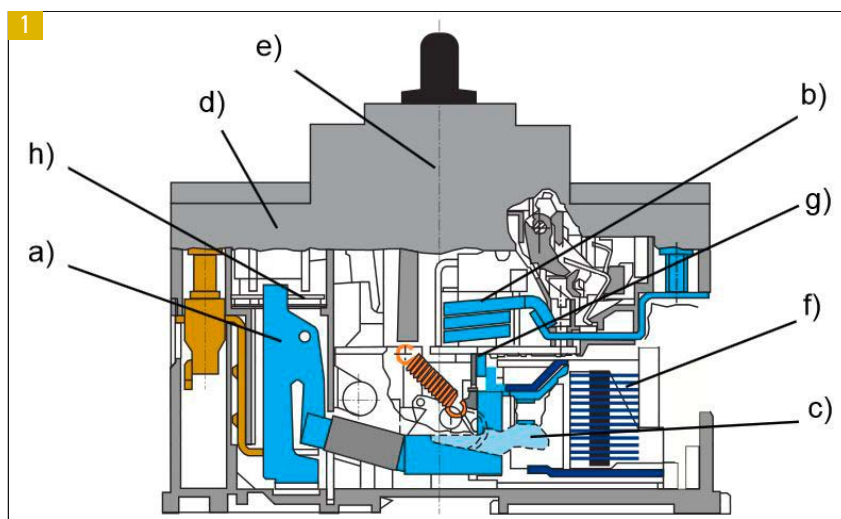
Einleitung

Leistungsschalter sind mechanische Schaltvorrichtungen, die Ströme unter Betriebsbedingungen im Stromkreis – und auch im definierten Fehlerfall wie z.B. bei Kurzschlüssen – ein- bzw. ausschalten und führen können. Sie schützen elektrische Betriebsmittel vor thermischer Überlastung und bei Kurzschluss. Je nach Schaltertyp verfügen Leistungsschalter über zusätzliche Schutzfunktionen wie Fehlerstrom- und Erdschlusschutz. Eine verbesserte Energieeffizienz ist ebenfalls möglich dank gewissen Modellen, die Lastspitzen erkennen bzw. einen gezielten Lastabwurf einleiten.

Schutzfunktion

Leitungen und Kabel müssen mit Überstrom-Schutzgeräten wie Leistungsschaltern vor zu hoher Erwärmung geschützt werden, die infolge betriebsmässiger Überlastung oder vollkommenem Kurzschluss entstehen kann. Der Schutz der elektrischen Anlage und der nachgeschalteten Kabel vor Schäden infolge anormaler Betriebsbedingungen oder eines Fehlerfalls gehören zu den Hauptaufgaben des Leistungsschalters.

*Peter Bryner ist dipl. Elektroinstallateur und MAS FHNW EN Bau. Er bearbeitet bei Electrosuisse Projekte in den Bereichen Niederspannungs-Installationen und betreut den Fachbuchverlag.



Die Hauptfunktionsblöcke des Leistungsschalters (Eaton 2011):

- a) Thermischer Überstromauslöser
- b) Elektromagnetischer Überstromauslöser
- c) Hauptkontaktsystem
- d) Hilfsschalter
- e) Schaltschloss
- f) Löschkammer (Bleche)
- g) Schlaganker (Hammer)
- h) Differenzialauslöseschieber

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen haben weltweit in der Schutztechnik eine hohe Bedeutung erlangt. Dies ist eine Folge ihres grossen Schutzpotenzials, indem sie einen effektiven Schutz von Menschenleben und Sachwerten gewährleisten aufgrund ihrer hohen schützenden Wirkung und ihres erweiterten Schutzzumfangs (wechsel-, pulsstromsensitiv). Neben den üblichen Fehlerstrom-Schutzschaltern kommen

zwischen thermomagnetischen (früher «elektromechanischen») und elektronischen Modellen unterschieden. Die Leistungsschalter der neusten Generation, die über elektronische Auslösesysteme verfügen, weisen gegenüber den konventionellen Modellen mit thermomagnetischen Auslöseeinheiten oder klassischen Sicherungseinsätzen wesentliche Vorteile auf. Dank ihres präziseren Auslösemechanismus können sie

Betriebsströme zuverlässiger als die Vorgängermodelle schalten. Überlastströme werden ebenso wie hohe Kurzschlussströme geschaltet. Im Gegensatz zu den Leistungsschaltern mit elektronischen Überlastauslösern sind mechanische, d.h. stromabhängig (thermisch) verzögerte Überlastauslöser auch nur bedingt für Netze mit hohem Oberwellenanteil geeignet.

Norm

Leistungsschalter müssen die in Teil 1 und 2 der EN 60947 beschriebenen Anforderungen einhalten, die seit Oktober 2011 bzw. Januar 2014¹ gelten. Unter den Geltungsbereich der Norm fallen Leistungsschalter, deren Hauptkontakte zum Anschluss an Stromkreise mit Bemessungsspannungen bis 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung vorgesehen sind. EN 60947 enthält ferner zusätzliche Anforderungen an Leistungsschalter mit integrierten Sicherungen. Sie gilt unabhängig von den Bemessungsströmen, der Bauart und den geplanten Anwendungen der Leistungsschalter.

Aufbau

Zu den Hauptkomponenten eines Leistungsschalters gehören die Funktionsblöcke in *Bild 1*. Diese ursprünglich separaten Einzelbauteile einer elektrischen Anlage (a-h) werden dank dem Leistungsschalter durch ein einziges Gerät ersetzt, das diese Komponenten in einer Einheit kombiniert. Demzufolge werden Sicherungen, Schütz und Thermo- relais zunehmend durch die Starterkombination Leistungsschalter und Schütz abgelöst.

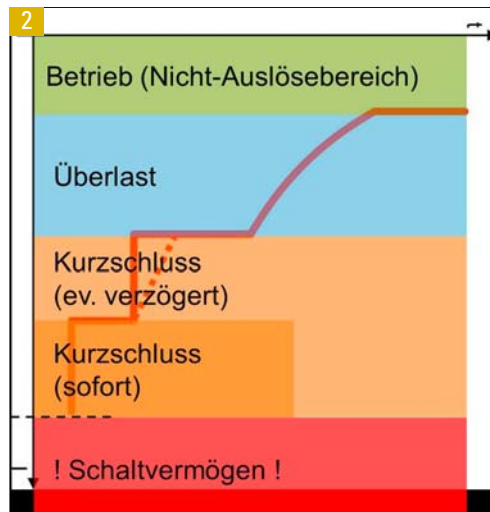
Verwendung

Aus der Art des zu schützenden Betriebsmittels bzw. der Schutzaufgabe ergeben sich folgende Verwendungszwecke des Leistungsschalters, die durch unterschiedliche Einstellungen der Auslöseelektronik in einem einzigen Gerät umgesetzt werden können:

- Kurzschluss- und Erdschlusschutz
- Motorschutz
- Leitungsschutz
- Anlagenschutz
- Transformatorschutz
- Generatorschutz
- Differenzstromschutz (RCD)

¹ Norm

- EN 60947-1:2011-10 Niederspannungsschaltgeräte - Teil 1: Allgemeine Festlegungen.
- EN 60947-2:2014-01 Niederspannungsschaltgeräte - Teil 2: Leistungsschalter



Die Auslösbereiche von Leistungsschaltern.
(Bild: Josef Schmucki, Electrosuisse)

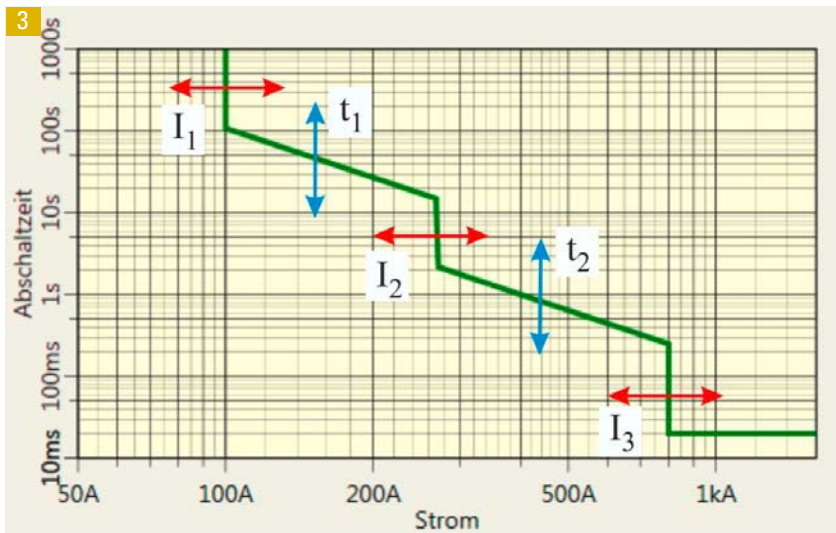
- Möglichkeit der Signalisation
- Auslösemeldung
- Betriebsmässiges Schalten (Lastschalter, Trenner)
- Abschliessfunktionen mittels Vorhängeschloss (Umsetzung einer der fünf Sicherheitsregeln: Vor Beginn der Arbeiten gegen Wiedereinschalten sichern)

Zusätzlich besitzen Leistungsschalter meist eine Kommunikationsschnittstelle für die Anbindung in ein Leitsystem resp. Ankopplung an ein Netzwerk. Indem ihre elektronischen Auslöser kommunikationsfähig sind, können die aktuellen Zustände der Leistungsschalter vor Ort durch ein Data Management Interface (DMI) visualisiert bzw. in digitale Ausgangssignale umgesetzt werden. Diese Netzanbindung erhöht den Nutzungskomfort der Anlage und vereinfacht ihre Instandhaltung. Sie ist für die moderne Nutzung einer Anlage unverzichtbar, indem sie die Automatisierung von Prozessen vorantreibt, wie z. B. die automatische Erfassung der Betriebszustände von Schalt- und Schutzorganen.

Auslösbereiche (Bild 2)

Betrieb: Im normalen Betrieb lässt sich der Stromkreis, einschliesslich einer angegebenen betriebsmässigen Überlast, einschalten und ausschalten.

Überlast: Von Überlast spricht man bei der Überschreitung des Nennstroms um ca. den 4-fachen Wert während längerer Zeit. Überlastungen können während Minuten, Stunden oder gar Tagen auftreten. Sie werden durch die Art des Betriebs verursacht, wie z. B. wegen zahlreichen leistungsstarken Verbrauchsmitteln, die an verschiede-



Prinzipielle Kennlinie eines Leistungsschalters (NIN Anlagenplanung Version 08.1 2015) Zeit-Strom-kennlinie:

- I_1 ist der Strom, bei dem der Leistungsschalter nicht ausschaltet. Dies entspricht dem maximal dauernden Laststrom. t_1 3,0 s bis 18,0 s: Ist die Zeit, nach deren Ablauf der Leistungsschalter bei 6-fachem Wert von I_1 ausschaltet.
- I_2 OFF, 0,6 -10: I_2 ist der Strom, bei dem der Leistungsschalter verzögert ausschaltet. Der Wert wird relativ zu I_n eingestellt. Bei der Einstellung OFF ist die Funktion S abgeschaltet. Bei Charakteristik konstant, ist t_2 die Zeit, nach deren Ablauf der Leistungsschalter verzögert ausschaltet. Bei Charakteristik $I_2 t$ ist t_2 die Zeit, nach deren Ablauf der Leistungsschalter für Ströme grösser $8 \times I_n$ ausschaltet. Für kleinere Ströme ergibt sich die Zeit aus einer quadratischen Charakteristik.
- I_3 OFF, 1,5 bis 12: I_3 ist der Strom, bei dem der Leistungsschalter unverzögert ausschaltet. Der Wert wird relativ zu I_n eingestellt. Bei der Einstellung OFF ist die Funktion I abgeschaltet.

nen Steckdosen eines Stromkreises betrieben werden. Im Überlastbereich reagiert üblicherweise der thermische Schutz und bewirkt das Auslösen des Leistungsschalters. In einem intakten Stromkreis treten diese Ströme bei überlasteten Verbrauchern auf.

Kurzschluss: Unter Kurzschluss versteht man eine impedanzlose Verbindung zwischen zwei oder mehreren aktiven Leitern infolge eines Isolationsfehlers. In Niederspannungsanlagen sind Kurzschlussströme möglich, welche das Mehrfache eines Überlaststromes betragen. Diese Art des Überstroms tritt weniger häufig auf als die Überlastung. Bei Kurzschlüssen können Lichtbögen entstehen. Da die Lichtbogentemperatur einige 1000°C ausmachen kann, besteht örtlich eine sehr hohe Schadensgefahr. Kurzschlusslichtbögen sind unberechenbar, sie können rasch erlöschen und unter bestimmten Voraussetzungen jedoch wieder zünden und auch wandern. Im System TN sind die Verhältnisse bei Erdschlüssen, also bei Verbindungen zwischen Polleitern und geerdeten Teilen, jenen bei Kurzschlüssen sehr ähnlich. Aufgabe einer Überstrom-Schutzeinrichtung wie des Leistungsschalters ist es, alle Ströme, welche den Nenn- oder Betriebsstrom übersteigen, rasch und sicher abzu-

schalten. Somit dienen Leistungsschalter somit sowohl dem Überlast- wie auch dem Kurzschlussschutz.

Schaltvermögen: Mit Schaltvermögen I_{cn} ist standardmässig der Strom gemeint, der mindestens 3-mal sicher geschaltet werden kann: 1-mal Abschalten bei Auftreten eines Fehlers und 2-mal Wiedereinschalten bei dem noch bestehenden Fehler. Danach muss der Leistungsschalter noch bedingt funktionsfähig sein. Das Schaltvermögen bezieht sich immer auf den prospektiven Kurzschlussstrom, d.h. auf den Strom, der im Kreis fließen würde, wenn der Leistungsschalter durch einen Leiter mit vernachlässigbarem Widerstand ersetzt werden würde.

Kurzschlussströme abschalten: Um einen Kurzschluss im Entstehen zu begrenzen, müssen die Kontakte des Leistungsschalters innert wenigen Millisekunden geöffnet werden. Hochleistungsgeräte lösen innerhalb 1 Millisekunde aus. Der entstehende Lichtbogen wird in die Löschkammer geleitet. Dies bewirkt den Aufbau einer hohen Lichtbogenspannung. Letztere kann als Widerstand betrachtet werden, der in den Stromkreis geschaltet wird und den entstehenden Kurzschlussstrom wirkungsvoll begrenzt sowie eine sehr schnelle Abschaltung herbeiführt.

Einstellbereiche (Bild 3)

Kennlinien können über einstellbare Schwellwerte nachgebildet werden. Das richtige Einstellen der Kennlinien ist jedoch anspruchsvoll, d.h. ihr Verlauf soll idealerweise möglichst nahe an der Gefahrenkennlinie des zu schützenden Stromkreises gelegt werden.

Fazit

Leistungsschalter sind vielseitig verwendbare Überstromschutzgeräte, die bei Überlast und Kurzschlüssen effektiv schützen. Sie dienen unter anderem dem thermischen Schutz von Anlagen, Motoren, Transformatoren und Generatoren. Leistungsschalter der neuesten Generation umfassen eine breite Spannbreite, vom einfachen Anlagenschutz mit Überlast- und Kurzschlussauslösern bis hin zum Digitalauslöser mit grafischem Display und der Möglichkeit, zeitselektive Netze aufzubauen. Sie bestehen zur Hauptsache aus einem thermischen Überstromauslöser, einem elektromagnetischen Kurzschlussauslöser, einer Auslösemechanik (Schaltenschloss), dem Hauptkontaktsystem und Hilfsschaltern.

Leistungsschalter zeichnen sich durch eine kompakte Bauform und strombegrenzende Eigenschaften aus. Ihr sehr hohes Schaltvermögen ist erstaunlich angesichts der kompakten Bauweise. Dank elektronischen Auslösern verfügen Leistungsschalter der neuesten Generation über neuartige Auslösekriterien, welche mit konventionellen thermomagnetischen Auslösern nicht umsetzbar sind. Aufgrund des sensitiveren, präziseren Auslösers, schalten sie Betriebsströme zuverlässiger als die Vorgängermodelle. Im Fehlerfall werden nicht nur Überlastströme geschaltet, sondern auch hohe Kurzschlussströme. Indem neuere Leistungsschalter mit der Anlagensteuerung kommunizieren können, lassen sie sich leicht in den Informationsfluss einer Anlage integrieren, was letztendlich der Automatisierung zugute kommt, die nicht nur für Industriebetriebe, sondern auch für Installationen in Wohngebäuden von zunehmender Bedeutung ist. ■

Literatur

- Eaton Industries GmbH. Schaltungsbuch. 2011. Kap. 7
- Rockwell International Corporation. Grundlagen Leistungsschalter. 2000
- Siemens AG. Grundlagen der Niederspannungsschalttechnik. 2008. Kap. 4 Netzschutz, S. 3 bis S. 19