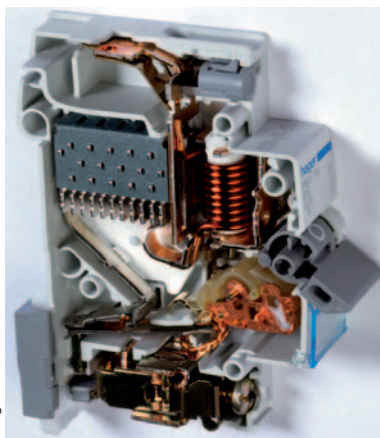


■ Kurzer Prozess mit zuviel Strom

Sicherungen wirken im Verborgenen und treten blitzschnell in Aktion. Leitungsschutzschalter unterbrechen dabei überlastete Stromkreise und verhindern so gefährliche Kabelbrände.

Wenn die Sicherungen durchbrennen, dann wird es einem oft schwarz vor Augen. Vermutlich war wieder mal der Wasserkocher zuviel für den Stromkreis. Ein Glück, dass ihn die Sicherung rechtzeitig unterbrochen hat, bevor Schlimmeres passiert ist. Zwangsläufig erwärmt der Strom aufgrund des elektrischen Widerstandes die Leitungen, abhängig von der Stromdichte, d. h. dem Verhältnis von Stromstärke zum Querschnitt des durchflossenen Leiters. Stoppt nichts eine Überlastung des Stromkreises, dann kann sich das in der Regel aus Kupfer bestehende Kabel so stark erwärmen, dass seine Isolierung schmilzt. Im Extremfall kommt es zum Kabelbrand. Um solchen Gefahren vorzubeugen, ist das Stromnetz, z. B. im Haushalt, in einzelne Stromkreise unterteilt. Jeder einzelne wird zusätzlich mit Sicherungen bzw. Schutzschaltern geschützt.

Früher verließ man sich dabei hauptsächlich auf Schraub- bzw. Schmelzsicherungen, die jedoch nach jedem „Durchbrennen“ ausgewechselt werden mussten. Heutzutage greifen die Elektro-Installateure auf so genannte Leitungsschutzschalter (LS-Schalter



Hager

Im Leistungsschutzschalter (links) sind elektromagnetischer und thermischer Auslöser in Reihe geschaltet und unterbrechen bei Kurzschluss oder Überlast über einen Federkontaktspeicher den



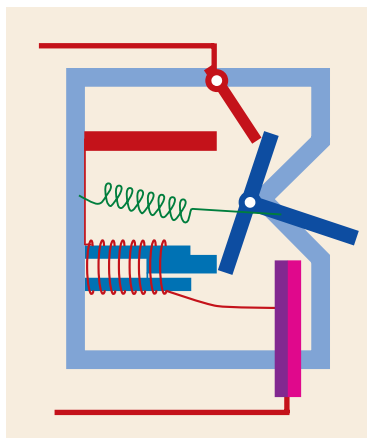
Sicherungen sorgen dafür, dass es nicht zum brenzligen Kurzschluss kommt.

oder Sicherungsautomaten) zurück, die nach dem „Ernstfall“ wieder betriebsbereit sind – Umlegen eines Schalters genügt. Das Besondere am LS-Schalter ist, dass er zwei unabhängig voneinander wirkende, in Reihe geschaltete Schaltmechanismen besitzt: einen thermischen und einen elektromagnetischen. Der thermische Auslöser reagiert auf eine anhaltende Überlastung, der elektromagnetische Sensor öffnet bei Kurzschluss den Stromkreis in Sekundenbruchteilen. Im

LS-Schalter fließt der Strom in der Regel zunächst über den elektromagnetischen und dann durch den thermischen Unterbrecher.

Der elektromagnetische Unterbrecher besteht im Wesentlichen aus einer Spule und einem Schlaganker. Fließt durch die Spule ein konstanter Strom, so baut sich in ihrem Inneren ein Magnetfeld mit einer Feldstärke $H = I \cdot n / l$ auf (I : Strom, n : Anzahl der Windungen und l : Länge der Spule). Bei den regulär fließenden Strömen ist dieses Magnetfeld allerdings zu schwach, um den am Kipp-schalter befestigten Schlaganker anzuziehen, sodass der Stromkreis geschlossen bleibt. Bei Kurzschluss dagegen fließt durch die Spule kurzfristig ein sehr hoher Strom von ca. 500 bis 3000 A.

Erst der große Stromfluss durch die Spule verstärkt das Magnetfeld im Inneren so weit, dass es in der Lage ist, den Schlaganker in das Spulenninnere zu ziehen. Dadurch kippt eine gespannte Feder den externen Schalter und unterbricht im LS-Schalter den Kontakt zwischen einem beweglichen und einem festen Schaltstück. Dieser Mechanismus sorgt für das charakteris-



Kontakt zwischen einem beweglichen und einem festen Schaltelement, wie im Schema (rechts) zu erkennen ist. Der Weg des Stroms ist rot gekennzeichnet.

tische Klacken, mit dem sich ein korrekt funktionierender LS-Schalter bemerkbar macht.

Das entscheidende Element des thermischen Auslösers ist ein Bimetallstreifen. Dabei handelt es sich um zwei gewalzte und miteinander verbundene Metalle mit unterschiedlicher Wärmeausdehnung, z. B. Stahl und Zink oder Eisen und Nickel. Fließt längerfristig ein höherer Strom durch den Bimetallstreifen, so dehnen sich die beteiligten Legierungen unterschiedlich stark aus und der Streifen verbiegt sich. Bei kritischen Werten des Stroms krümmt sich der Streifen schließlich so stark, dass er auf den Federkontakt drückt und so den überlasteten Stromkreis unterbricht.

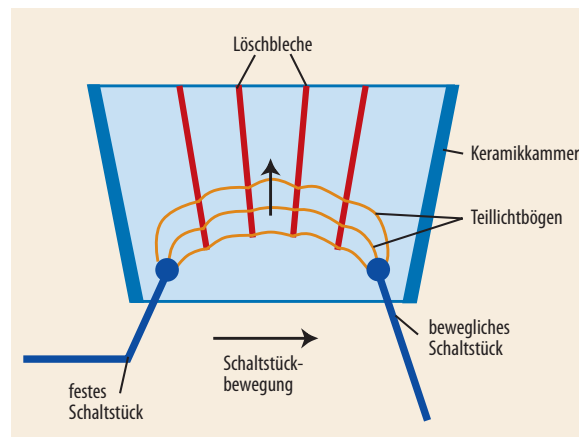
Unterbrechung der Unterbrechung

Ein großes Problem bei der Unterbrechung eines Stromkreises durch Kontakttrennung ist das Entstehen eines Lichtbogens. Beim Öffnen der Kontakte sinkt deren effektive Kontaktfläche nämlich auf Null. Dadurch kann sich innerhalb kürzester Zeit die Stromdichte bei konstantem Strom lokal stark erhöhen und für Temperaturen von einigen tausend Grad Celsius sorgen. Das Kontaktmaterial verdampft nun, wird ionisiert und leitet, sodass sich ein (Plasma-)Lichtbogen ausbilden kann, über den der Strom weiter

fließt. Diesen gilt es nun zu unterbrechen.

Dafür dienen in LS-Schaltern so genannte Löschkammern. Diese bestehen im Wesentlichen aus einer metallischen Lichtbogen-Leitschiene, die am festen Kontaktstück montiert ist, und einer dazu parallel angeordneten zweiten Schiene. Zwischen ihnen sind im Abstand von wenigen Millimetern mehrere dünnere Lichtbogen-Löschbleche angeordnet, die in der Regel aus Eisen, gelegentlich aber auch aus Kupfer oder Messing bestehen.

Der LS-Schalter ist nun so konzipiert, dass der Lichtbogen durch sein Eigenmagnetfeld und ein eventuelles externes Magnetfeld, das durch ferromagnetische Bauteile entsteht, entlang der Leitschienen in die Löschbleche getrieben und dort in mehrere Teillichtbögen aufgespaltet wird. Die Kontaktspannung, die ein Kontakt zwischen einer Elektrode und einem Bogenplasma immer benötigt, erhöht sich in der Löschkammer durch die vielen Teillichtbögen in Serie: Der Lichtbogen verlöscht also, wenn die an den Kontakten anliegende Spannung nicht mehr ausreicht, um die Lichtbögen aufrecht zu erhalten. Die gut Wärme leitenden Löschbleche teilen den Lichtbogen allerdings nicht nur, sondern entziehen ihm auch die Wärme und kühlen so das Plasma. Dessen Widerstand wächst und



In einer Löschkammer wird der Lichtbogen durch die Löschbleche in viele Teillichtbögen in Serie aufgespaltet und gekühlt, sodass er möglichst schnell verlöscht.

unterstützt so die Auslöschung des Lichtbogens.

Das Schalten von Strömen bei mittleren und hohen Spannungen erfordert andere Methoden der Lichtbogenlöschung. Hier finden so genannte Selbstblasschalter Verwendung, die mit Gas gefüllt sind. Der Lichtbogen heizt dabei ein Gas (z. B. SF_6) auf und treibt es mit hohem Druck in eine Nebenkammer. Beim Strom-Nulldurchgang sinkt nun der Druck in der Plasmazone, wodurch das gasförmige SF_6 aus der Kammer zurück strömt, das Plasma kühlt und weg bläst. Die Kunst besteht nun darin, die Hochspannungsschalter so zu konstruieren, dass der Lichtbogen nach dem Nulldurchgang nicht wieder zündet.⁺⁾

Katja Bammel

+) Für Informationen zur Lichtbogenlöschung, sei Dr. Thomas Christen, ABB Forschungszentrum Baden-Dättwil, gedankt

Dr. Katja Bammel, science & more redaktionsbüro, kb@science-and-more.de