Elektrische, für die Absicherung des Mehrspannungsbordnetzes geeignete Bruchsicherung mit einem Memory-Einsatz

V. Prieb
www.materialforschungsservice-dr-prieb.de

Kurzfassung: Es wird eine neue elektrische Sicherung mit einem Brucheinsatz aus einer sogenannten Memory-Legierung vorgestellt. Hierbei wird in einen Sicherungskörper einer der vereinfachten Konstruktionen ein Einsatz aus einer für elektrotechnische Zwecke besonders geeigneten Cu-Basis Legierung mit Memory- oder Formgedächtnis-Eigenschaften (Memory-Legierung) eingebaut.
Der Einsatz aus Memory-Metall ermöglicht neue vereinfachte Sicherungskonstruktionen mit einem neu gestalteten Gehäuse, wobei der Einsatz aus Cu-Basis-Legierung gleichzeitig zu den Kontaktmessern erweitert werden kann und auch als Kennmelder nach seinem Bruch dient. Bei Überlast- oder Kurzschlussströmen im elektrischen Netz bricht der in die Sicherung fest eingebaute Einsatz durch steigende mechanische Innenspannungen an einer markierten "Sollbruchstelle". Die Einsatzbruchteile entfernen sich dabei voneinander mit einer so großen Fluchtgeschwindigkeit, dass kein Lichtbogen entsteht. Diese Sicherungseigenschaft ist besonders für die Absicherung des 42 V-Gleichstrombordnetzes in künftigen Autos geeignet, wo die Lichtbogengefahr beim Unterbrechen des Stromes besonders groß ist.
Die Zeit/Strom-Kennlinien für die entwickelten elektrischen Bruchsicherungen sind experimentell gemessen und dargestellt, sowie ihre Beeinflussung durch die Zusammensetzung der Memory-Legierung, die Rastverformung des Memory-Einsatzes, durch seine Geometrie oder seinen Querschnitt usw. Neue, für diese elektrotechnische Anwendung geeignete Cu-Basis Memory-Legierungen, werden ebenfalls präsentiert.

Stand der Technik und Problemstellung

Mit der Änderung beim Autohersteller zum elektrischen 42 V-Gleichstrombordnetz entsteht ein gravierendes Absicherungsproblem, denn die Gefahr der Lichtbogenentstehung, die zum Abbrennen des ganzen Autos führen kann, steigt mit dem Ansteigen der Netzspannung drastisch an. Die zur Zeit verwendeten Schmelzsicherungen können den neuen höheren Anforderungen an elektrische Bordnetzsicherungen nicht standhalten. Die gravierendsen Nachteile von Schmelzsicherungen sind [1]:

- Das Abschalten bei einem kritischen Strom erfolgt erst nach dem Erreichen der Schmelztemperatur des Leitermaterials des Schmelzeinsatzes (1080°C für Cu), was zu einer längeren Gesamtausschaltzeit führt.
- Beim Schmelzen des Einsatzes entsteht ein Lichtbogen, der zur Metallisierung von Sicherungsbauteilen führt und den Durchgang eines Restsstromes ermöglicht.
- Die hohe Betriebstemperatur der Sicherung, die von dem auf den Nennstrom kalibrierten Querschnitt des Schmelzeinsatzes abhängt, führt zu einer Temperaturerhöhung des gesamten elektrischen Netzes, zum Austrocknen von Isolierstoffen, zur Änderung der elektrischen Eigenschaften des Schmelzeinsatzes, sowie eine durch diese erhöhten Temperaturen hervorgerufene bzw. verstärkte Alterung der Einsatzlegierung.

- Der kleine Spalt zwischen den abgeschmolzenen Teilen beim Einsatz einer Schmelzsicherung kann zur Entstehung eines Lichtbogens führen.

Aufgabenstellung

Deshalb wurde es zur Aufgabe dieser Arbeit gemacht, eine elektrische Sicherung mit einer verkürzten Gesamtauslösezeit zu konstruieren, die einfach herzustellen und vielseitig verwendbar ist. Dies soll eine elektrische Nieder- bzw. Hochspannungssicherung mit einem Brucheinsatz aus einer Memory-Legierung für die Anwendung in der Elektronik und Elektrotechnik in elektrischen Anlagen für ihre lichtbogenlose Ausschaltung bei thermischen Beanspruchungen, Überlast- und Kurzschlussströmen sein, die folgende Vorteile aufweisen muss:

- Senkung der Auslösetemperatur auf 60÷300°C durch ein neues Funktionsprinzip
- Verhinderung der Lichtbogenentstehung durch die große Geschwindigkeit (Fluchtgeschwindigkeit), mit der sich die Bruchteile des Einsatzes nach dem Auslösen der Sicherung bzw. nach dem Bruch des Einsatzes voneinander entfernen
- Verkürzung der Gesamtauslösezeit um den Faktor 3 bis 5 durch eine niedrige Auslösetemperatur und die große Bruch- bzw. Fluchtgeschwindigkeit
- Beseitigung der thermischen und mechanischen Beanspruchung, die bei einer Lichtbogenentstehung zur Zerstörung von Sicherungsbauteilen führt
- Wesentliche Vereinfachung und Verbilligung der Sicherungskonstruktion durch Verzicht auf einen Keramikkörper, auf Dichtungen und auf zusätzlich bzw. getrennt bereitzustellende Kontaktmesser und auf den Kennmelder
- Verhinderung der Entstehung eines Lichtbogens durch eine wesentlich größere Entfernung der Einsatzbruchteile voneinander nach dem Auslösen der Sicherung, wobei diese maximale Entfernung bis zu 98% des Abstandes zwischen den Kontaktböden bzw. Befestigungsstellen des Einsatzes betragen kann
- Wesentliche Senkung der Betriebstemperatur bzw. der Erwärmungstemperatur der gesamten elektrischen Anlage
- Verkleinerung der Stromdichte im Einsatz durch die Vergrößerung des Querschnitts des Einsatzes, was im Gegensatz zu Schmelzsicherungen zu keiner Vergrößerung der Schmelzzeit und zu keiner Entstehung eines stabilen Lichtbogens führt

- Eine automatische Nachbesserung des elektrischen Kontaktes des Einsatzes an den Befestigungsstellen durch Selbstanspannen des Memory-Einsatzes bei Erwärmung aufgrund des durch den Einsatz hindurchgehenden Stromes oder der Funkenbildung bei einer Lockerung des Kontaktes
- Einstellmöglichkeit von Zeit/Strom-Charakteristiken durch eine entsprechende Wahl der Zusammensetzung der Memory-Legierung für den Einsatz, des Querschnitts des Einsatzes, der martensitischen "Rastverformung" des Einsatzes, bei dessen Einbau in den Sicherungskörper und durch Wärmeabfuhrbedingungen.

Memory-Legierungen und Eigenschaften

All diese Vorteile sind durch die Verwendung von Cu-Basis-Legierungen mit Memory-Eigenschaften als Material für die Herstellung von Brucheinsätzen in elektrischen Sicherungen erreicht worden [2]. Eine der Memory-Eigenschaften besteht darin, dass sich eine im martensitischen Zustand bei niedrigen Temperaturen verformte Probe aus einer Memory-Legierung bei der Temperaturerhöhung über den Temperaturbereich $A_s \div A_f$ der martensitischen Rückumwandlung hinaus an ihre ursprüngliche Hochtemperaturform erinnert, indem die martensitische Tieftemperaturverformung spontan rückgängig gemacht wird [3]. Wenn der Rückstellung der martensitischen Verformung irgendeine Kraft entgegensteht, wird eine Gegenkraft von der Memory-Probe entwickelt, um die Rückstellung fortzusetzen.

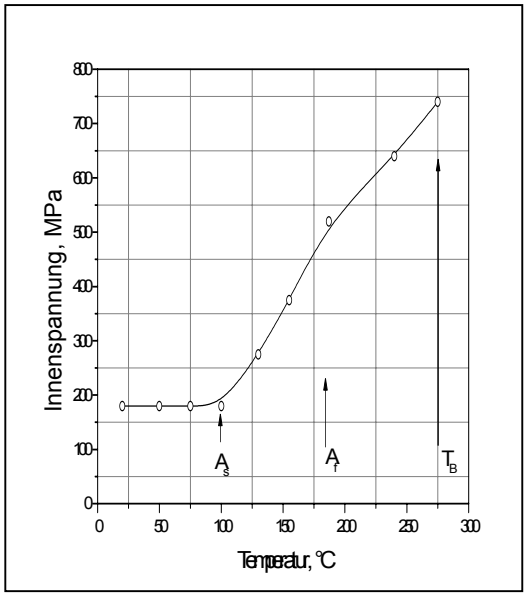

Abb. 1. Entwicklung der Innenspannung in einem Brucheinsatz aus einer Memory-Legierung bis zur Bruchgrenze σ_B bei der Temperaturerhöhung über den Temperaturbereich der Rückumwandlung hinaus bis zur Bruchtemperatur T_B

Wenn die Rückstellung der martensitischen Verformung durch eine harte Verklemmung bzw. Befestigung völlig verhindert wird, steigt bei der Erwärmung über den Temperaturbereich der martensitischen Rückumwandlung hinaus die innere Spannung der Memory-Probe bis zur Bruchgrenze, d.h. die Probe bricht . Abbildung 1 zeigt dieses Verhalten durch ein reales auf einem Brucheinsatz experimentell gemessenes σ-T-Diagramm. Auf den x- und y-Achsen sind entsprechend die Temperatur und die in dem

Memory-Brucheinsatz entwickelte Innenspannung in Megapaskal (1MPa = 10^6N/m^2 = 0,1kg/mm^2) aufgetragen. Die Spannung steigt nahezu linear bei der Temperaturerhöhung innerhalb des Temperaturbereiches $A_s < T < T_B$. Bei der Temperatur A_f endet die martensitische Rückumwandlung der unbelasteten Probe. Bei der Bruchtemperatur T_B erreichen die Innenspannungen die Bruchgrenze des Memory-Materials, so dass der Bruch des hart befestigten Memory-Einsatzes auftritt.

Memory-Einsatz einer elektrischen Bruchsicherung

Abbildung 2 zeigt eine NH-Schmelzsicherung nach **DIN 43620** im Schnitt [1], die

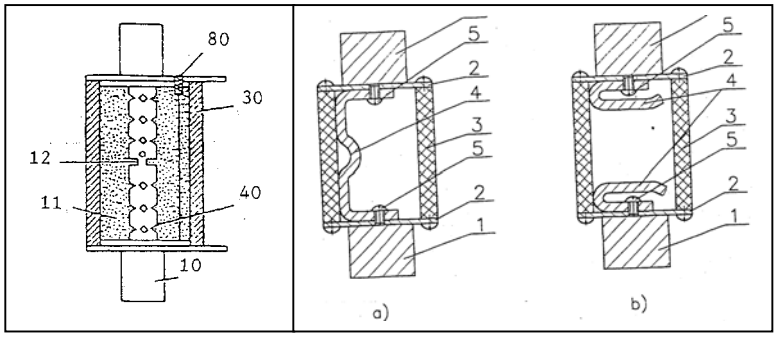

Abb. 2. Eine Schmelzsicherung und eine Bruchsicherung (a, b) mit einem Σ-förmigen Memory-Einsatz im Betriebszustand (a) und nach dem Auslösen (b)

aus einem Keramikkörper (30), einem Schmelzeinsatz (12) mit einer Perforierung (40), zwei Kontaktmessern (10), einem Kennmelder (80) und einer Sandfüllung (11) besteht. Abbildungen 2 a und b zeigen eine Bruchsicherung mit einem Memory-Einsatz (4) in einer Σ-Ausführungsform für Nennströme 10-300 A und Nennspannungen 5-500 V [2]. Der Memory-Einsatz ist an Sicherungsböden durch zwei Schrauben (5) befestigt. Die Sicherung besteht ebenfalls aus einem Körper (3), der aus einem wärmebeständigen Kunststoff gemacht werden kann und keine Sandfüllung sowie keinen Kennmelder enthalten muss, sowie zwei Kontaktmessern (1).

Abbildung 3 zeigt eine für das 42 V-Bordnetz besonders geeignete elektrische Sicherung für Nennströme von 5 bis 50 A [2]. Der Einsatz kann mit beiden Enden (Abb. 3a, links) als Kontaktmesser, entweder als ein Stecker direkt in eine zweispaltige Dose

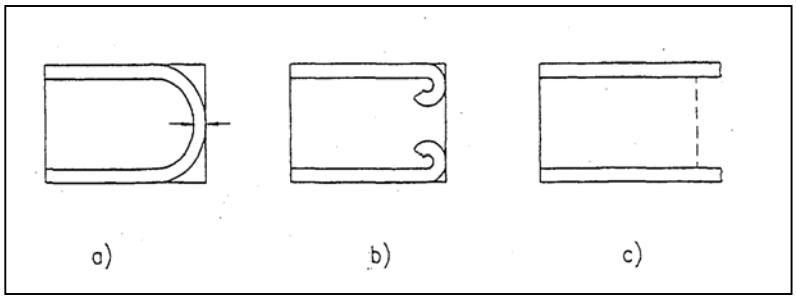

Abb. 3. Ein U-förmiger Memory-Brucheinsatz einer elektrischen Sicherung für das 42 V-Bordnetz:
a – Betriebsform, b und c – Bruchteile nach dem Auslösen durch den Überlast- oder Kurzschlussstrom (Pfeile zeigen die Sollbruchstelle)

des elektrischen Bordnetzes eingegliedert oder aber in einen eigenen Sicherungskörper mit zwei Kontaktmessern eingebaut werden.

Eine elektrische Bruchsicherung mit einem Memory-Einsatz funktioniert folgendermaßen: Beim Durchgang des Nennstroms wird der Memory-Einsatz bis zu einer Temperatur unter der Bruchtemperatur (T_B) erwärmt. Diese Erwärmung führt zu keiner Steigung der mechanischen Spannungen im Memory-Brucheinsatz, wenn die Einsatztemperatur unter der Beginntemperatur der martensitischen Umwandlung (A_s) liegt (Abb. 1). Bei einem andauernden Überlaststrom oder bei einem Kurzschluss wird der Memory-Brucheinsatz in einer einstellbaren Zeit über die Temperatur A_f hinaus bis zur Bruchtemperatur T_B (Abb. 1) erwärmt. Hierbei entwickelt sich die mechanische Innenspannung in dem Memory-Brucheinsatz (Abb. 2 bzw. 3) bis zur eigenen Bruchgrenze. Dies führt zum Auslösen der Sicherung durch den Bruch des Memory-Einsatzes und dementsprechend zum Ausschalten des Überlast- bzw. Kurzschlussstroms. Nach dem Auslösen fliegen die an den Endungen befestigten, Einsatzbruchteile mit einer so großen Geschwindigkeit auseinander und auf eine so große Entfernung voneinander, dass die Lichtbogenentstehung unmöglich ist. Abbildungen 4 a, b und 5 a, b zeigen andere Ausführungsformen des Memory-Brucheinsatzes [2], die ebenfalls für die Absicherung des 42 V-Bordnetzes geeignet sind und auf dem gleichen Funktionsprinzip

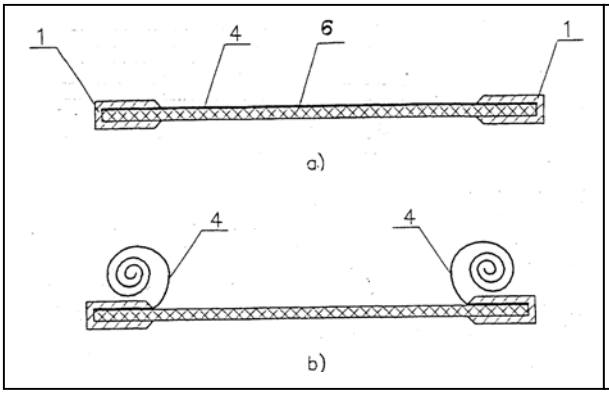

Abb.4. Memory-Brucheinsatz (a) als ein dünnes, sich nach dem Auslösen zusammenrollendes Band

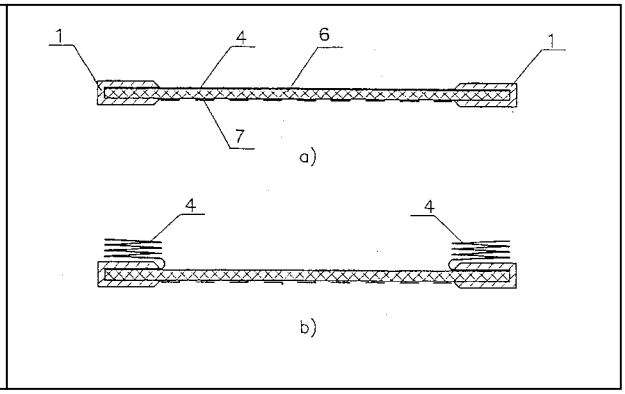

Abb.5. Memory-Brucheinsatz (a) als ein dünnes, sich nach dem Auslösen (b) zu einer Harmonika zusammenklappendes Band

basieren. Hier wird ein amorphes Memory-Band (4) auf eine Isolierungsunterlage (6) unter den Kontaktmessern (1) befestigt. Nach dem Auslösen rollen (Abb. 4b) bzw. klappen die Bänder zu einer Harmonika zusammen (Abb. 5b) . Dies führt zu einem noch größeren Ab-

stand zwischen den Bruchteilen, und zwar bis zu 100% des Abstandes zwischen den Befestigungsstellen. Für eine zusätzliche Absicherung gegen die Lichtbogenentstehung kann die Gegenseite der Isolierungsplatte mit einem bekannten Lichtbogen- bzw. Entladungsgefäß ((7) in Abb. 5) versehen werden.

Automatische Absicherung des elektrischen Kontaktes

Der elektrische Kontakt an den Befestigungsstellen ((5) in Abb. 2 a, b) wird bei allen Einsatzformen dadurch gesichert, dass der Memory-Einsatz durch den Nennstrom bzw. durch die Funken an dem sich gelösten elektrischen Kontakt bis zu einer Temperatur T im Temperaturbereich $A_s < T < A_f$ erwärmt wird. Beim Durchgang des Nennstroms entwickelt sich im Memory-Einsatz eine minimale, für die Absicherung bzw. Nachbesserung des elektrischen Kontaktes notwendige, mechanische Innenspannung. D.h., der Einsatz befindet sich in einem leicht angespannten Zustand und sichert dadurch einen zuverlässigen elektrischen Kontakt ab.

Wenn sich der Kontakt doch auf irgendeine Weise lockert, führt es zum Funken und dadurch zu einem schnellen, zusätzlichen Erwärmen des Einsatzes. Der Memory-Einsatz zieht sich durch die Rückstellung seiner Rastverformung (Formgedächtniseffekt) zusammen, bis der Spalt an der gelösten Kontaktstelle wieder geschlossen ist. Danach wird eine weitere Rückstellung verhindert, so dass ein Anstieg der Innenspannung wieder ermöglicht wird. Auf diese Weise wird der lockere oder lose Kontakt automatisch wieder verfestigt und abgesichert. Diese Methode, für die automatische Absicherung von elektrischen Kontakten [2], kann nicht nur in elektrischen Sicherungen, sondern auch an allen anderen Kontaktstellen des Bordnetzes verwendet werden.

Berechnung der Fluchtgeschwindigkeit und der Auslösezeit

Nach dem Bruch des Memory-Einsatzes wird die, in ihm gespeicherte elastische Energie, wie bei einer gelösten Feder, in kürzester Zeit freigesetzt. Diese Bruchzeit t_B von ca. 5 µs wird durch die Rissstrecke (die Einsatzstärke) und durch die Rissgeschwindigkeit bestimmt. Die Fluchtgeschwindigkeit *v* der Bruchteile des Einsatzes kann folgendermaßen berechnet werden:

$$F \cdot t_B = m_E \cdot v; \qquad F = \sigma_B \cdot S_E; \qquad m_E = \rho_E \cdot S_E \cdot l_E; \qquad (1)$$

$$v = \frac{\sigma_B \cdot S_E \cdot t_B}{\rho_E \cdot S_E \cdot l_E} = \frac{900 \cdot 10^6 kg \cdot m/s^2 \cdot m^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} s}{9000 kg/m^3 \cdot 0{,}05 m} \approx 10 m/s \qquad (2)$$

wobei F – die Kraft, m_E – die Masse des Einsatzes, S_E – die Querschnittfläche des Einsatzes, ρ_E – die Dichte der Memory-Legierung und l_E – die Länge des Einsatzes sind. Die maximale Fluchtzeit t_L, während der ein Lichtbogen entstehen kann bzw. gelöscht wird, entspricht der Beschleunigung der Bruchteile von ca. 400 g (Erdbeschleunigung) und beträgt:

$$t_L \approx 0{,}5 l_E / v \approx 0{,}0025 s, \qquad (3)$$

Die Erwärmungszeit von der Temperatur $T = A_s < A_f$ bis auf die Bruchtemperatur T_B beim Kurzschluss (unter den adiabatischen Bedingungen – ohne Berücksichtigung der Wärmeabfuhr) kann aus folgender Gleichung berechnet werden:

$$I_K^2 \cdot R \cdot t_K = \rho_E \cdot S_E \cdot l_E \cdot c_p^E (T_B - A_s), \qquad (4)$$

wobei $R = R_{20°C}\left[1 + \beta(T_B - 20°C)\right]$ - der elektrische Widerstand des Einsatzes bei der Bruchtemperatur, β - der Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstands, I_K - der Kurzschlussstrom und c_p^E - die spezifische Wärmekapazität des Einsatzes sind. Für einen Nennstrom von 100A (ein Strom, der bei Dauerbelastung noch nicht zum Sicherungsbruch führt) und bei einem 200-fachen Kurzschlussstrom ergibt sich folgende Erwärmungszeit (alle Einschätzungen sind für den Memory-Einsatz auf der Abb. 2 gemacht worden):

$$t_K = \frac{\rho_E \cdot S_E \cdot l_E \cdot c_p^E \cdot (T_B - A_s)}{I_K^2 \cdot R_{20°C} \cdot (1 - \beta T)} \approx \frac{0{,}01 kg \cdot 400 J/kg \cdot K \cdot 100 K}{4 \cdot 10^8 A^2 \cdot 10^{-4} \Omega} \approx 0{,}01 s \qquad (5)$$

Man sieht, dass die Gesamtausschaltzeit - einschließlich der Löschzeit des Lichtbogens (3) sogar bei so einem großen Nennstrom und beim Kurzschluss nicht durch die Fluchtzeit, sondern durch die Erwärmungszeit begrenzt ist und ca. 0,01s beträgt. Bei einem Überlaststrom wird die Gesamtausschaltzeit durch eine noch größere Erwärmungszeit t_E begrenzt, die aus der differentialen Wärmebilanzgleichung zu errechnen ist:

$$\left(c_p^E \cdot \rho_E \cdot S_E \cdot l_E + c_p^M \cdot \rho_M \cdot V_M\right)\frac{\partial T}{\partial t} - \alpha \cdot S_W (T - T_M) = I_B^2 \cdot R_{20°C}\left[1 + \left(T - A_f\right)\right] \qquad (6)$$

wobei c_p^M - spezifische Wärmekapazität des Mediums (Luft bzw. Sicherungskörper bei seinem direkten Kontakt mit dem Einsatz); ρ_M - die Dichte des Mediums; V_M - der Volu-

men des Mediums; α - der Wärmeabgabekoeffizient; S_W - die Wärmeabgabefläche; T - die variable Temperatur des Einsatzes, welche die Bruchtemperatur T_B in einer bestimmten Erwärmungszeit t_E erreichen muss; T_M - die Temperatur des Mediums sind

Steuerung des Nennstromes und der Gesamtausschaltzeit

Die Parameter der elektrischen Sicherung, wie der Stromwärmeimpuls, bezeichnet als Joule-Integral [1]:

$$I^2 \cdot t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 \cdot dt \qquad (7)$$

- eine für die Kurzschlussabschaltung von elektrischen Schutzorganen wichtige Größe; der Nennstrom I_N, die Nenn- oder Bruchtemperatur T_B und die Gesamtausschaltzeit bzw. die Erwärmungszeit t_E können, wie es aus den vorherigen Berechnungen zu sehen ist, durch die Temperatur A_f (die Temperatur des Endes der martensitischen Rückumwandlung), durch die Querschnittfläche S_E und die Länge l_E des Einsatzes (also durch seine Form), durch die Bruchtemperatur T_B (die Zusammensetzung der Memory-Legierung und die Wärmebehandlung) eingestellt werden. Die Bruchtemperatur hängt von der Bruchgrenze σ_B des Einsatzes und von dem Steigungskoeffizienten $k_T^\sigma = \frac{d\sigma}{dT}$ der Innenspannung mit der Temperaturerhöhung (Abb. 1) ab. Die Erwärmungszeit soll auch groß genug sein, das Auslösen bzw. den Bruch des Einsatzes durch den Überlaststrom beim Ein- und Ausschalten durch den Verbraucher zu vermeiden.

Die Bruchgrenze lässt sich durch die Beschichtung des Einsatzes an der Sollbruchstelle mit einer chemisch aktiven Legierung variieren. Der Koeffizient k_T^σ kann durch die martensitische "Rastverformung" beeinflusst werden: je größer die "Rastverformung", desto schneller steigt die Innenspannung mit der Temperatursteigung. Die "Rastverformung" wird durch die Differenz der Tief- und Hochtemperaturformen des Memory-Einsatzes angegeben. Die Tieftemperaturform entspricht der Einbauform im martensitischen Zustand bei Raumtemperatur, während die Hochtemperaturform der ursprünglichen Herstellungsform im austenitischen Zustand entspricht. In diese Form strebt der Memory-Einsatz bei Erwärmung bis zur Bruchtemperatur. Diese Form ergibt sich beim Zusammensetzen von

beiden Bruchteilen des Einsatzes nach dem Auslösen der Bruchsicherung. Die Wärmeabgabebedingungen werden, außer der Mediumparameter, sowohl durch die Form des Einsatzes (Wärmeabgabefläche, Kontaktfläche mit dem Sicherungskörper), als auch durch die Konstruktion der Sicherung (Wärmeabgabe durch die Stromkontakte), des Sicherungskörpers und durch den Kontaktboden bestimmt (Abb. 2).

Zeit/Strom-Diagramme und ihre Beeinflussung

Figuren 6 a-d zeigen Zeit/Strom-Kennlinien nach **DIN VDE 0636**. Auf den logarithmischen

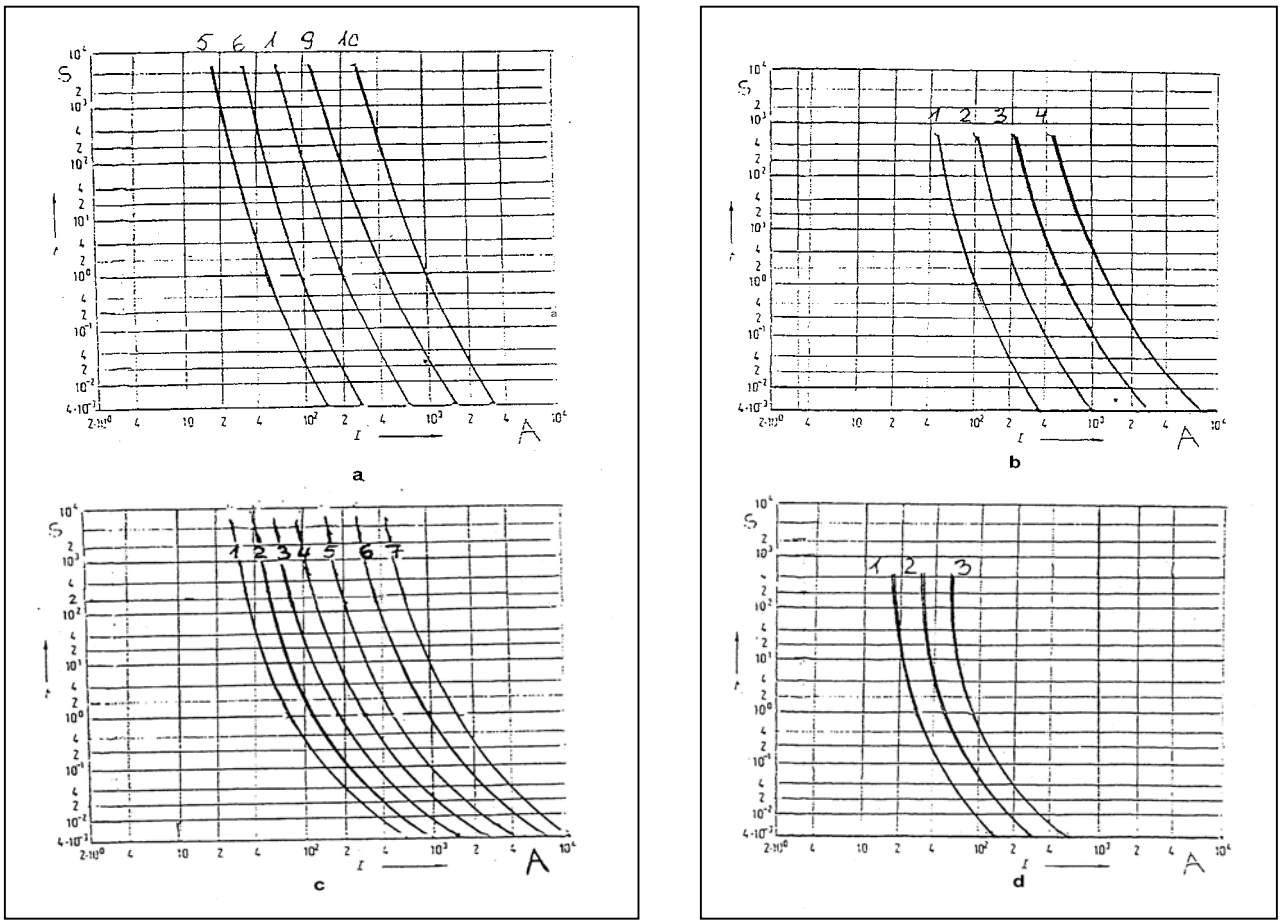

Abb. 6. Experimentelle Zeit/Strom-Kennlinien für die Σ-förmigen Memory-Einsätze in der Bruchsicherung

(Abb. 2 b, c): a - mit einem Querschnitt von $4mm^2$ aus Memory-Legierungen mit unterschiedlichen Umwandlungstemperaturen A_f (A_f steigt von links nach rechts); b - aus derselben

Memory-Legierung, mit dem gleichen Querschnitt von $3mm^2$, aber mit der unterschiedlichen martensitischen "Rastverformung": 1 - 8%, 2 - 5%, 3 - 3%, 4 - 1%; c - aus derselben Memory-Legierung, mit der gleichen „Rastverformung“, aber mit dem unterschiedlichen Querschnitt:

1 - $5mm^2$, 2 - $5{,}5mm^2$, 3 - $6mm^2$, 4 - $6{,}5mm^2$, 5 - $7mm^2$, 6 - $7{,}5mm^2$, 7 - $8mm^2$;

d - aus derselben Memory-Legierung, mit dem gleichen Querschnitt von $2mm^2$, aber mit dem unterschiedlichen Perforationskoeffizienten des Sicherungskörpers (Verhältnis der Fläche von Ventilationslöchern zur Gesamtfläche des Sicherungskörpers): 1 - 10%, 2 - 20%, 3 - 30%.

x- und y-Achsen ist die Stromstärke entsprechend in Amper und die Zeit in Sekunden aufgetragen. Die Zeit/Strom-Kennlinien charakterisieren die entwickelten und untersuchten Bruchsicherungen mit Brucheinsätzen aus Cu-Basis Memory-Legierungen mit unterschiedlichen Zusammensetzungen bzw. unterschiedlichen Umwandlungstemperaturen, mit unterschiedlichen Querschnitten, mit unterschiedlichen "Rastverformungen" und mit unterschiedlichen Perforationskoeffizienten des Sicherungskörpers. Es ist aus diesen Diagrammen (Abb. 6) zu ersehen, wie die
Sicherungscharakteristiken durch all diese Parameter beeinflusst werden bzw. einzustellen sind, und zwar:

- Erhöhung der Temperatur A_f durch die Änderung der Zusammensetzung der Memory-Legierung und die Wärmebehandlung des Einsatzes
- Vergrößerung des Querschnitts des Einsatzes
- Minderung der martensitischen Rastverformung und
- Vergrößerung des Perforationskoeffizienten des Sicherungskörpers (Verhältnis der Fläche von Ventilationslöchern zur Gesamtfläche des Sicherungskörpers (Abb. 2))

führt zur Verschiebung der Zeit/Strom-Kennlinien nach rechts zu höheren Stromwerten.

Neue Cu-Basis Memory-Legierungen für die elektrischen Bruchsicherungen

Die Memory-Legierungen für die Brucheinsätze müssen strengen Anforderungen entsprechen und folgende Eigenschaften aufweisen:

- einen hohen elektrischen Leitwert
- Beständigkeit gegenüber den Temperatur- bzw. Umwandlungszyklen
- Korrosionsbeständigkeit
- Wärmebeständigkeit bzw. Alterungsbeständigkeit bei erhöhten Temperaturen in bezug auf sowohl die elektrischen Eigenschaften, als auch Memory-Eigenschaften
- Ermüdungsbeständigkeit
- Beständigkeit gegenüber der Einwirkung eines Lichtbogenplasmas und
- eine stabile, auf Überlast- bzw. Kurzschlussströme bezogene, durch die Umwandlungstemperaturen angegebene, Bruchtemperatur.

Die bekannten Memory-Legierungen auf der Cu-Basis erfüllen diese Voraussetzungen nicht (Siehe z. B. [5]).

Um das Problem zu lösen sind zwei neue Cu-Basis Mehrkomponenten-Memory-Legierungen mit bis auf 215°C erhöhten Umwandlungstemperaturen, einer erhöhten Alterungs- und Wärmebeständigkeit bis zur Temperatur von 600°C und einer erhöhten Beständigkeit gegen Temperatur- bzw. Umwandlungszyklen entwickelt und hergestellt worden. Diese Legierungen weisen die folgenden physikalischen und technologischen Eigenschaften (Austenit÷Martensit) auf:

Dichte, kg/m^3	8250÷8900
Spezifische Wärmeleitfähigkeit, W/m·K	80÷120
Spezifischer elektrischer Widerstand (20°C), μΩ·m	0,010÷0,030
Temperaturkoeffizient des spezifischen elektrischen Widerstands (20-100°C), K^{-1}	0,00032÷0,00073
Schmelztemperatur, °C	1050÷1090

Zusammenfassung

Eine elektrische Nieder- bzw. Hochspannungssicherung vereinfachter Konstruktion mit einer automatischen Absicherung der Stromkontakte, einem Brucheinsatz aus einer neuen Cu-Basis Memory-Legierung für die Anwendung in der Elektronik und Elektrotechnik in elektrischen Anlagen, insbesondere in der Automobilindustrie, im 42 V-Gleichstrombordnetz für lichtbogenlose Ausschaltung bei niedrigen Auslösetemperaturen und verkürzten Auslösezeiten, bei thermischen Beanspruchungen durch Überlast- und Kurzschlussströme, ist entwickelt, untersucht, überprüft und bereitgestellt worden.

Referenzen:

1. W. Knies, K. Schierack: Elektrische Anlagetechnik: Kraftwerke, Netze, Schaltanlagen, Schutzeinrichtungen / München; Wien: Hanser, 1991
2. H. G. Steckmann, V. Prieb, L. Neganov . „Elektrische Bruchsicherung mit Memory-Einsatz und dafür geeignete Memory-Legierungen“, Offenlegungsschrift DE 198 51 311 A1 vom 18.05.2000 bzw. Europäische Patentanmeldung EP 0 999 570 A1 vom 10.05.2000 Patentblatt 2000/19
3. V. Prieb, H.G. Steckmann. „Formgedächtnislegierungen und ihre Anwendungen“, Computerzeichentrickfilm, Fa. „1st Memory Alloys GmbH“, 1998
4. H. G. Steckmann, V. Prieb. „Verbundgewebe mit Memory-Metall und Anwendungen hiervon“. Offenlegungsschrift DE 195 29 500 A1 vom 13.02.97 bzw. Europäische Patentanmeldung EP 0 761 188 A2 vom 12.03.97 Patentblatt 1997/11
5. "Proc. of the Int. Conf. on the Mart. Transformation ICOMAT 95, Lausanne, Switzerland, August 20-25, 1995", Part II, Edit by R. Gothard and J. Van Humbeeck - in J. de Physique IV,Vol. 5, Colloque C8, Suppl. au J. de Physique III, n°12, 1995