

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 57 (1966)
Heft: 20

Artikel: Mikroschalter : vielseitige elektrische Schaltelemente
Autor: Hofer, Th.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916636>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Literatur

- [1] A. Wichmann: Die Trocknung elektrischer Maschinen. ETZ-A 76(1955)10, S. 340...347.
- [2] B. Doljak, M. Moravec und O. Wohlfahrt: Micadur — eine neue Isolation für Statorwicklungen elektrischer Maschinen. Brown Boveri Mitt. 47(1960)5/6, S. 352...360.
- [3] Recommended Guide for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery. AIEE-Standard No. 43 (1961).
- [4] J. Wainwright and D. J. Harrison: Drying out Generator Windings. Electr. Rev. 171(1962)4, S. 133...135.
- [5] A. Wichmann: Der Temperatureinfluss bei Isolationsprüfungen mit Gleichspannung an elektrischen Maschinen. ETZ-B 12(1962)10, S. 237...243.

- [6] K. Edwin und W. H. Zwicknagl: Neue Ergebnisse bei Alterungsmessungen an Hochspannungswicklungen von Synchronmaschinen. E u. M 81(1964)5, S. 95...99.
- [7] H. Pörsch und C. Reimer: Isolationswiderstand von Wechselstrommotoren mittlerer Grösse bei Inbetriebnahme. ETZ-A 84(1963)19, S. 628...633.

Adresse des Autors:

R. Schuler, Ingenieur, AG Brown Boveri & Cie., 5400 Baden.

Mikroschalter

Vielseitige elektrische Schaltelemente

Von Th. Hofer, Murten

621.316.542-181.4

Es werden die verschiedenen Mikroschalter-Kippssysteme mit ihren spezifischen Eigenschaften besprochen. Bedingt durch die sehr unterschiedlichen Anwendungsgebiete werden Mikroschalter in den verschiedensten Bauformen angeboten. Optimale Resultate lassen sich aber nur dann erzielen, wenn Betriebsbedingungen und Schaltereigenschaften aufeinander abgestimmt sind. Im letzten Aufsatzteil werden daher die Kriterien aufgezeigt, welche bei der Schalterauslese zu berücksichtigen sind.

L'article traite des divers interrupteurs miniatures avec système à bascule et de leurs propriétés spécifiques. Motivé par les domaines d'application les plus divers, les interrupteurs miniatures sont offerts dans les constructions très différenciées. Les résultats les meilleurs ne sauraient toutefois être obtenus, que si les conditions d'exploitation et les propriétés des interrupteurs sont parfaitement adaptées l'une à l'autre. La dernière partie de l'exposé présente de ce fait les critères entrant en considération lors du choix de tels interrupteurs.

1. Einleitung

Mikroschalter, vor 15 Jahren in Europa noch kaum bekannt, werden heute in einer grossen Zahl elektrischer Apparate, an elektrisch gesteuerten Maschinen und im Traktions- und Förderbau verwendet. Welches sind die Gründe, die zur raschen Verbreitung dieser Schalterart geführt haben?

Mit fortschreitender Technisierung des gesamten Lebens und insbesondere der Automatisierung der Fabrikationsprozesse werden immer mehr Schaltelemente benötigt, welche an Stelle menschlicher Aufmerksamkeit Überwachungs- oder Steuerfunktionen übernehmen können. Mikroschalter eignen sich weitgehend zur Lösung solcher Aufgaben, da sie die Eigenschaft besitzen, durch Lageänderungen mechanischer Glieder ihren Schaltzustand mit hoher Repetiergenauigkeit momentan und eindeutig zu ändern. Viele Grössen wie z. B. Kraft, Temperatur, Druck oder Zeit, lassen sich mit einfachen Umsetzern in Form von Strecken darstellen, so dass auch auf diesen Gebieten die Anwendung von Mikroschaltern gegeben ist, wenn elektrische Überwachungs- oder Regelaufgaben gelöst werden müssen.

Grundauführungen von Mikroschaltern weisen Bauvolumen auf, die zwischen ca. 0,6 und 30 cm³ variieren und damit wohl zu den Miniatur-Schaltelementen gezählt werden können. Trotzdem sind sie zur Schaltung von Wechselströmen bis 20 A und Wechselspannungen bis 500 V bemessen. Die mechanische Lebensdauer erreicht bei gewissen Ausführungen Schaltzahlen bis 50 · 10⁶.

Durch vielseitige Varianten zusätzlicher Schutzgehäuse und Betätigungsorgane lassen sich Mikroschalter den wechselnden Erfordernissen der Praxis individuell anpassen (Fig. 1).

2. Aufbau und Wirkungsweise

Ein Mikroschalter kann in der Grundauführung in folgende Funktionsteile gegliedert werden:

- a) Kippsystem mit beweglichem Kontakt;
- b) Feste Kontakte;
- c) Betätigungsorgan;
- d) Isoliergehäuse oder Isoliersockel.

Das Funktions-Prinzip des Kippmechanismus ist für die meisten Mikroschalter analog.

Zwei Federkräfte K_D und K_Z einer mehrschenkligen Kippfeder oder eines mehrteiligen Kippsystems wirken in der Ruhelage unter einem gewissen Winkel α zueinander und ergeben die resultierende Kontaktkraft K (Fig. 2). Durch Veränderung der Lage des Betätigungsorgans wird auch die gegenseitige Lage der einzelnen Kippfederschenkel bzw. der Glieder eines mehrteiligen Kippsystems verändert, und zwar in dem Sinne, dass die Ausgangskräfte einander zugekehrt werden. Ist der Zwischenwinkel α zu Null geworden, so wechselt die Resultierende bei kleinster Überschreitung dieser Lage ihr Vorzeichen, wodurch der bewegliche Kontakt vom Öffnungs- zum Schliesskontakt beschleunigt wird und schlagartig seine Stellung wechselt.

Von der Wirkungsweise und Konstruktion des Kippsystems hängt die mechanische Charakteristik und weitgehend auch die mechanische Lebensdauer des Schalters ab.

Bei einer einteiligen Kippfeder (Fig. 2 und 3) wird an das Ausgangsmaterial gleichzeitig die Forderung nach guter elektrischer Leitfähigkeit und hoher mechanischer Festigkeit gestellt. Aus dieser Gegebenheit heraus werden die meisten einteiligen Kippfedern aus höchst vergüteter Berylliumbronze gefertigt. Dieses Material hat im ausgehärteten Zustand Festigkeitswerte bis 150 kg/mm² bei einer elektrischen Leitfähigkeit, die 25 % derjenigen von Kupfer beträgt. Da die wirksamen Federkräfte bei derartigen Kippfedern praktisch ausschliesslich durch Biegung von Schenkelteilen erzeugt werden, wird an das Ausgangsmaterial in Bezug auf Dickentoleranz und Oberflächengüte hohe Anforderungen gestellt. Zur Kleinhaltung der Kennwertstreuung von montierten Schaltern werden Kippfedern aus Berylliumbronze vielfach in fixiertem Zustand vergütet,

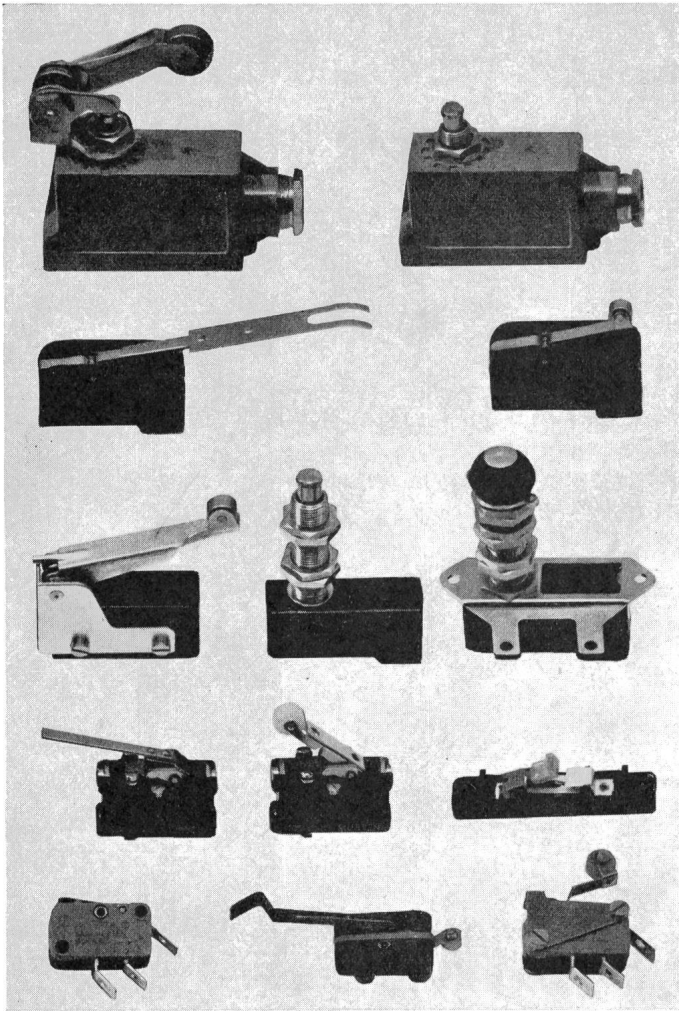


Fig. 1
Auswahl von verschiedenen Mikroschalter-Typen

während äusserst präzise geschliffene Stanzwerkzeuge benötigt werden, um saubere Stanzkonturen zu erhalten. Viel Entwicklungsarbeit wird schliesslich auf die Formgebung der Kippfedern verwendet, um die zulässigen Materialspannungen in keiner Zone der Feder zu überschreiten.

Mehrteilige Kippssysteme (Fig. 4) bestehen im allgemeinen aus getrennten Stromleit- und Federelementen, welche gelenkig miteinander verbunden sind. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Einhängung der Feder und die Lagerpunkte mit Stromübergang gelegt.

Für die *Isoliergehäuse* von Qualitäts-Mikroschaltern kommen nur auserlesene Duroplaste in Betracht, welche bezüglich Formstabilität, mechanischer Festigkeit, Abgabe von flüchtigen Stoffen und Kriechstromfestigkeit besonderen Anforderungen genügen.

3. Kontaktkraft, Betätigungskräfte und -wege

Der Kontaktkraft kommt bei Mikroschaltern eine besondere Bedeutung zu, weil sie sich bei Betätigung des Kippsystems teilweise sprunghaft, teilweise aber kontinuierlich verändert. Trägt man den Verlauf der aus dem Kräfte-dreieck von Fig. 2 resultierenden Kontaktkraft K entlang dem Betätigungsweg s des Betätigungsorganes auf, so entsteht die in Fig. 5 schematisch dargestellte Kontaktkraft-Betätigungsweg-Kennlinie. Daraus geht hervor, dass die Kontaktkraft im allgemeinen dann am grössten ist, wenn das Betätigungsorgan sich in der Ruhe- oder in der Endlage

befindet, wogegen sie zu den Schaltlagen hin bis auf den Wert Null abnimmt, um dann sprunghaft auf der Kontaktgegenseite bei einem bestimmten Minimalwert beginnend wieder anzusteigen. Infolge dieses Kennlinienverlaufes, bei dem die Kontaktkraft theoretisch in der Schaltlage selbst den Wert Null erreicht, können solche Mikroschalter nicht beliebig langsam betätigt werden, wenn gleichzeitig zu jedem Zeitpunkt eindeutige Kontaktverhältnisse gefordert werden. Die minimale Betätigungsgeschwindigkeit (bei Qualitätsschaltern einige $\mu\text{m/s}$) hängt daher von verschiedenen Faktoren ab:

a) Je grösser die Steilheit der Kennlinie in den Schaltanlagen ist, um so kürzer wird die Dauer (bei einer festen Betätigungsgeschwindigkeit), während welcher sich die Kontaktkraft auf kleinen Werten befindet.

b) Je kleiner die Reibung in den Lagerstellen der beweglichen Kippteile ist, um so kleiner wird ihr Einfluss auf die Kontaktkräfte sein.

c) Je grösser die zu schaltende Spannung ist, um so weniger können Fremdschichten in der Zone kleiner Kontaktkraft von störendem Einfluss sein.

Um grosse Steilheit der Kennlinie in den Schaltlagen zu erreichen, wird vielfach durch konstruktive Massnahmen am Kippssystem bewirkt, dass die Kontaktkraft, anstatt linear kleiner zu werden, bei Beginn des Betätigungsweges vorerst ansteigt, um hernach möglichst steil gegen die Schaltlage hin abzufallen. Solche Konstruktionen sind aber meistens mit dem Nachteil behaftet, dass die Kontaktkraft mit zunehmendem Kontaktabbrand rasch abnimmt.

Bei Doppelkippsystemen leitet ein erstes Kippssystem die Kippbewegung eines zweiten Systemes ein, so dass der

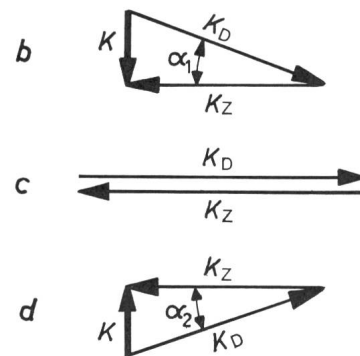
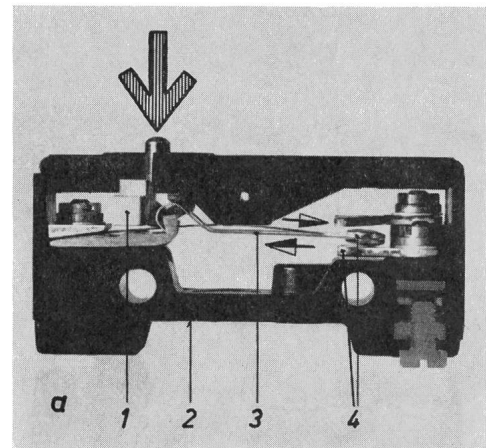


Fig. 2
Bildung der Kontaktkraft durch Kraftkomponenten an einem «Miltac»-Mikroschalter der SAIA AG, Murten

a) Längsschnitt. 1 Betätigungsstössel; 2 Isolierpreßstoffgehäuse; 3 Kippfeder; 4 Kontakte;
b) Stössel in Ruhelage;
c) Stössel in Schaltlage;
d) Stössel in Endlage

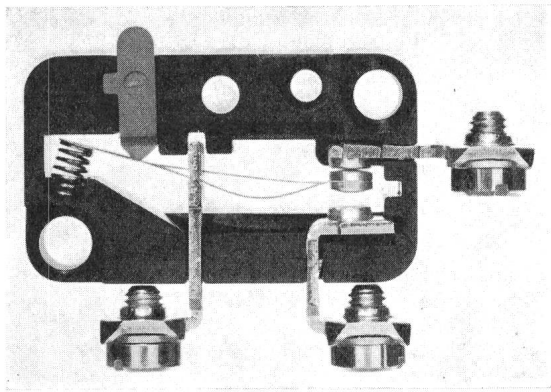


Fig. 3

Längsschnitt durch einen Mikroschalter mit einteiliger Kippfeder

Kontaktsprung bereits ansetzt, bevor die Resultierende des zweiten Systems, also die Kontaktkraft, den Wert Null erreicht hat. Vielfach weisen solche Systeme die erwähnte Eigenschaft nur in einer Betätigungsrichtung auf, oder sie sind dann relativ kompliziert im Aufbau und dadurch teuer.

In Hinblick auf eine einfache, robuste Konstruktion wird bei konventionellen Mikroschaltern meistens auf die erwähnten Hilfsmittel verzichtet, da in mehr als 95 % aller Anwendungsfälle die auftretenden Betätigungsgeschwindigkeiten weit über der kritischen Grenze von einigen $\mu\text{m/s}$ liegen. Hingegen sind bei solchen Qualitätsschaltern die Lagerstellen der beweglichen Kippteile besonders sorgfältig ausgebildet, um jede unnötige Reibung zu vermeiden.

Theoretisch sollten Kippssysteme gemäss Fig. 3 und 4, bei welchen eventuelle Lagerreibung in den Schneiden dazu beiträgt, die Kontaktkraft kurz vor der Schaltlage zu verkleinern, bei extrem langsamer Betätigung schlechtere Resultate ergeben als Systeme nach Fig. 2, bei welchen sich die Lagerreibung als positive Komponente zur Kontaktkraft auswirken kann [1] 1). Messungen haben jedoch keinen eindeutigen Unterschied der beiden Systeme bei schleichender Betätigung ergeben. Hingegen bestätigt sich in beiden Fällen gleichermassen der genannte Einfluss der Kennlinienstilheit in den Schaltlagen. So werden beispielsweise an «Miltac»-Mikroschaltern der Standardausführung XF (System nach Fig. 3) bei einer Betätigungsgeschwindigkeit am Betätigungsstössel von $5 \mu\text{m/s}$ Umschaltzeiten von ca. 15 ms gemessen (Kontaktbelastung 50 mA, 40 V-). Bei mittleren Betätigungsgeschwindigkeiten von der Grössenordnung von $0,5 \text{ mm/s}$ sinkt die Umschaltdauer für die gleichen Schalter auf ca. 6 ms, bei hohen Geschwindigkeiten von 200 mm/s auf unter 2 ms.

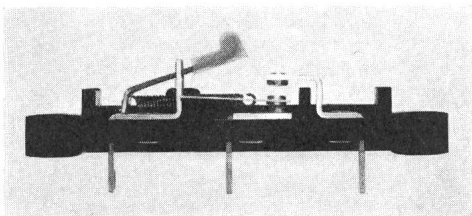


Fig. 4

Wie Fig. 3, aber mit mehrteiligem Kippsystem

Kippssysteme mit flexiblem Kippglied oder mit schwingend gelagertem starrem Kippglied führen bei jeder Betätigung eine Schiebebewegung des beweglichen Kontaktes auf seinem feststehenden Gegenkontakt aus. Dieses gegen-

seitige Aufeinanderschieben der Kontaktflächen bei jeder Schaltung bringt wesentliche Vorteile mit sich:

a) Die Kontaktflächen werden an den Berührungspunkten bei jeder Schaltung gereinigt, wodurch Fremdschichten leicht zerstört werden und die Kontaktgabe, was vor allem bei Kleinspannung wichtig ist, sicherer erfolgt.

b) Einschaltströme über ca. 0,5 A können bei Ag-Kontakten bereits schwache Kontaktverschweissungen bewirken, für welche Trennkraften von mehreren hundert mg benötigt werden.

Liegt die Trennkraft unterhalb der Kontaktabreisskraft (wie sie sich ebenfalls aus den Kräftekomponenten des Kippsystems bildet), so tritt lediglich eine kleine Verschiebung der Schaltlage ein. Liegt die Trennkraft für Verschweissungen grösserer Einschaltströme oberhalb der maximalen Abreisskraft, so wird sich die Verschweissung bei Veränderung der Betätigungsrichtung nicht mehr selbsttätig lösen. Weist der betreffende Kontakt hingegen Schiebebewegung auf, so treten zusätzliche Scherkräfte in Funktion, welche ein Vielfaches der gewöhnlichen Abreisskräfte betragen und auch stärkere Verschweissungen zu lösen imstande sind.

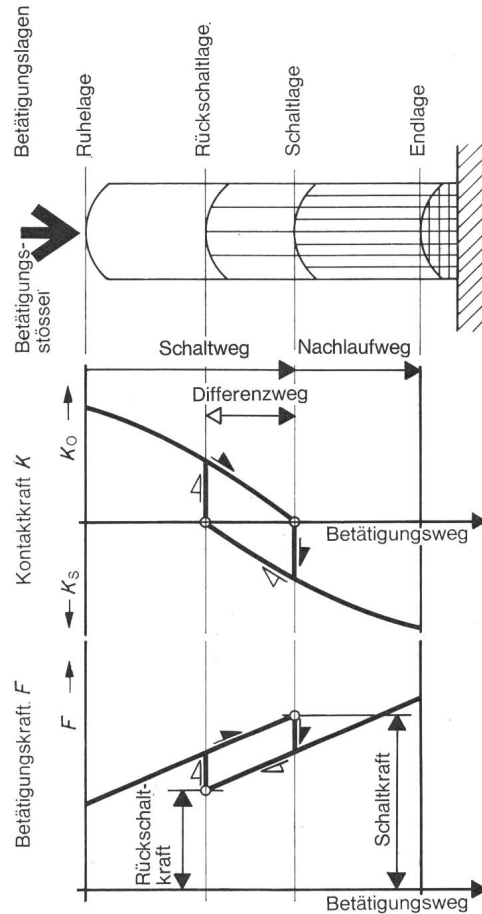


Fig. 5

Prinzipieller Verlauf von Kontaktkraft und Betätigungskraft in Funktion des Betätigungsweges

Kippssysteme mit Schiebebewegung der Kontakte (z. B. in Fig. 2 und 3) ergeben demnach nicht nur genauere Repetierbarkeit der Schaltlage unter elektrischer Belastung, sondern auch ein Mehrfaches an Sicherheit gegen bleibende Kontaktverschweissungen.

Kennzeichnend für einen Mikroschalter ist auch seine Betätigungskraft-Weg-Kennlinie, wie sie in Fig. 5 für ein typisches monostabiles Kippsystem (für Tastkontaktgabe) dargestellt ist. Die Kennlinie zeigt, wie bei Betätigung des Betätigungsorganes die aufzuwendende Betätigungskraft, ausgehend von der Ruhelage, bis zur Schaltlage ansteigt. Durch das Umspringen des Kippmechanismus vermindert sich die Kraft sprunghaft, um dann bis zur Endlage wieder anzusteigen. Wird die wirkende Kraft reduziert, so erfolgt der Rücksprung der Kippfeder in ihre Ruhelage, was einen sprunghaften Anstieg der Kraft bewirkt.

1) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Aus Gründen der Funktionssicherheit wird die Rückschaltkraft oft so bemessen, dass sie mindestens dem halben Wert der Schaltkraft entspricht.

Etwas weniger verbreitet sind bistabile Kippsysteme (für Dauerkontaktgabe), welche zwei stabile Endlagen aufweisen und meist mit zwei einander gegenüberliegenden Betätigungsorganen versehen sind. Hier verläuft die Betätigungskraft-Kennlinie analog, doch ist die Null-Linie derart nach oben geschoben, dass anstelle einer Rückschaltkraft eine Rückstellkraft von gleicher Grösse wie die Schaltkraft, aber mit umgekehrtem Vorzeichen tritt.

4. Anwendungen

Sehr häufig haben Mikroschalter entscheidende, wichtige Aufgaben innerhalb eines komplexeren Funktionskreises zu erfüllen. Ebenso häufig wird aber die Erfahrung gemacht, dass die Auswahl eines für seine Aufgabe günstigen Bauplans nicht mit jener Sorgfalt erfolgt, welche ihm in Anbetracht seiner funktionellen Bedeutung eigentlich zukäme. Das vielleicht etwas verwirrend grosse Angebot an verschiedenen Kippsystemen, Baugrössen, Gehäusearten und Betätigungsorganen beginnt sich jedoch sofort zu gruppieren, wenn die für einen bestimmten Anwendungsfall wichtigen Eigenschaften festgelegt und hernach die Auswahl getroffen wird.

In einem derartigen Pflichtenblatt sollten etwa folgende Fragen aufgeführt werden:

a) Betätigungsart

Wird der Schalter durch Stössel, Hebel, Anschlag, Kurvenscheibe, Nocke, (evtl. aus mehreren Richtungen) betätigt? Wird er extrem schnell (schlagartig) oder extrem langsam (schleichend) betätigt?

b) Betätigungsgrössen

Welche speziellen Anforderungen werden an die Betätigungs-

kraft, den Nachlaufweg, den Differenzweg oder die Repetiergenauigkeit der Schaltlage gestellt?

c) Elektrische Grössen

Welcher Art ist der Verbraucher, sein Einschalt- und Dauerstrom, Stromart, Spannung, $\cos \varphi$ oder Zeitkonstante, Schaltdauer, Schalthäufigkeit? Welches Schaltschema wird benötigt? Bestehen besondere Anforderungen bezüglich Prüfspannung oder Prüfzeichen?

d) Lebensdauer

Welche mechanische, bzw. elektrische Lebensdauer wird gefordert?

e) Umgebungseinflüsse

Wird der Schalter Feuchtigkeit, Staub, Materialspänen, mechanischen Beanspruchungen (Schlägen, Vibrationen) oder extremen Temperaturen oder Temperaturwechseln ausgesetzt?

f) Baugrösse, Anschlussart, Befestigung

g) Preis, Liefertermin, Stückzahl

Einige Erläuterungen zu dieser Aufstellung sollen zeigen, dass es vorteilhaft ist, jeden Anwendungsfall individuell abzuklären und gegebenenfalls die Erfahrung der Herstellerwerke in Anspruch zu nehmen.

4.1 Zu a) und d): Betätigungsart und mechanische Lebensdauer

Die Zuverlässigkeit und mechanische Lebensdauer eines Mikroschalters hängt nebst Aufbau seines Kippsystems auch stark davon ab, wie er betätigt wird. Optimale Ergebnisse können nur dann erzielt werden, wenn zu einer vorliegenden Betätigungsart ein Schalter mit einem dazupassenden Betätigungsorgan verwendet oder umgekehrt die Betätigungsart einem gegebenen Schalter angepasst wird. In Fig. 6 werden einige Beispiele dazu gegeben.

Bezüglich der mechanischen Lebensdauer von Mikroschaltern besteht heute eine gewisse Konfusion, da oft mit Millionenschaltzahlen operiert wird, ohne dass die stark Einfluss nehmenden Grössen wie Betätigungsart, Betätigungsweg und Ausfallquote mit beigegeben werden. Bei der Angabe der mittleren Lebensdauer von «Miltac»-Mikroschaltern wird immer diejenige Schaltzahl angegeben, welche von 95 % aller Prüflinge erreicht wird, wenn ihr Betätigungsorgan kontinuierlich über den ganzen zulässigen Betätigungsweg bewegt wird.

Generell kann gesagt werden, dass Schalter mit kleinen Betätigungskräften (bei kleinen Wegen) im allgemeinen grössere mechanische Lebensdauern erreichen, als Schalter mit hohen Kräften, da Materialspannungen und Reibkräfte auf kleineren Werten bleiben.

4.2 Zu b): Betätigungsgrössen

Die Definitionen zu den verschiedenen Betätigungsgrössen für

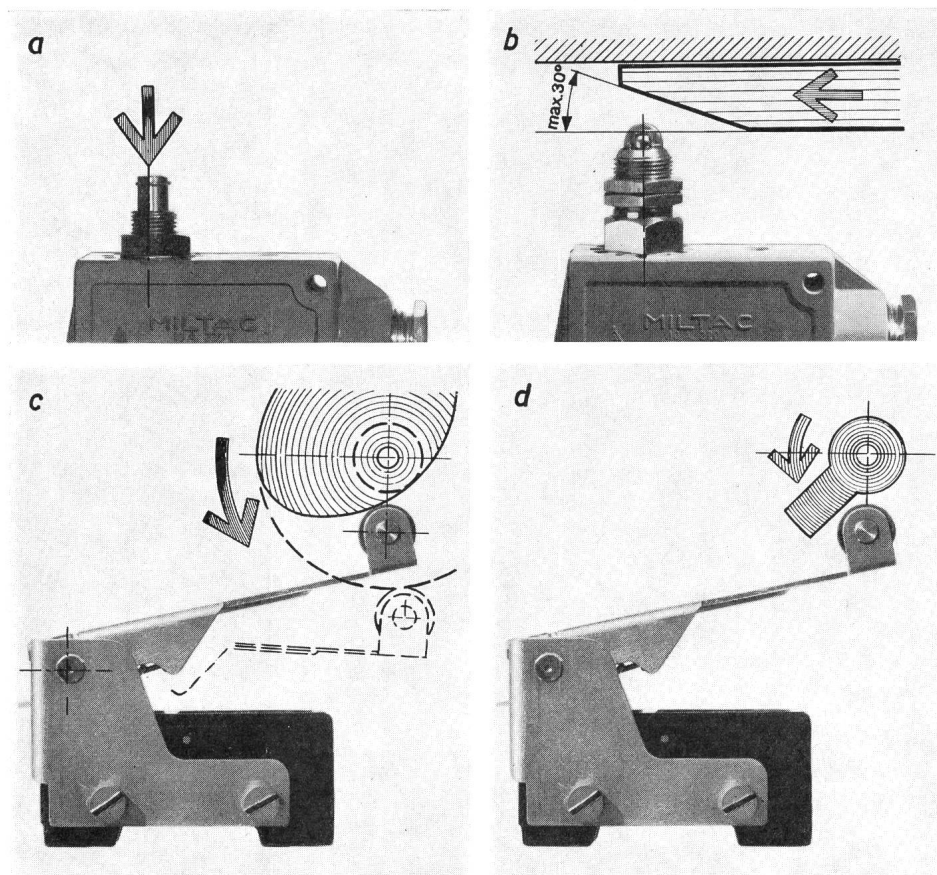


Fig. 6

Schalterbetätigung

a Stösseltyp für achsiale Betätigung;
b Rollenstösseltyp für Nockenbetätigung;
c richtige und d falsche Betätigung von Mikroschaltern mit schweren Hebeln

Betätigungsdaten	XF1-J2	XFK-J2	XFA1-J2	XFB-J2	XFC-J2
Schaltweg s_s (mm)	max. 4,0	max. 4,0	max. 4,0	max. 4,0	max. 3,6
Differenzweg s_d (mm)	0,60...1,7	0,60...1,7	0,28...1,0	0,28...1,0	0,28...1,0
Nachlaufweg s_n (mm)	min. 1,5	min. 1,5	min. 1,5	min. 1,5	min. 1,8
Schaltkraft F_s (g)	max. 110	max. 65	max. 110	max. 65	max. 35
Rückschaltkraft F_r (g)	min. 20	min. 12	min. 25	min. 15	min. 5
Schallage L_s (mm)	23,8±1,4	23,8±1,4	23,8±1,4	23,8±1,4	23,8±1,4
Schaltleistung nach SEV	6A 380V~ 10A 250V~	4A 380V~	6A 380V~ 10A 250V~	4A 380V~	4A 380V~

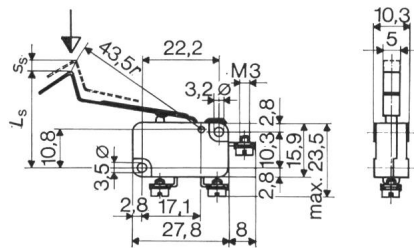


Fig. 7

Teil eines Typenblattes zu einem Mikroschalter mit Angabe der verschiedenen charakteristischen Daten

Mikroschalter wurden bereits im Abschnitt 3, Fig. 5 angegeben. In guten Dokumentationen werden alle interessierenden Daten mit den dazugehörigen Toleranzen oder Grenzwerten angegeben (Fig. 7). Grosse Stückzahlen erlauben heute eine weitgehende Rationalisierung in Montage und Kontrolle von Mikroschaltern. Qualitätsschalter werden vor Verlassen des Herstellerwerkes einzeln auf die in den Kataloglisten angegebenen Datentoleranzen hin geprüft und wenn nötig nachjustiert. Sind für besondere Anwendungen die Toleranzen der Standardausführung zu gross, so kann vielfach nach Rücksprache mit dem Hersteller erreicht werden, dass eine Auslese oder Justierung auf engere Toleranzen vorgenommen wird.

Oft stehen für den äusserlich gleichen Schalter mehrere in Betätigungskraft und Differenzweg sich unterscheidende Typen zur Verfügung, um den einzelnen Bedürfnissen der Praxis möglichst gut zu entsprechen. Für sehr langsame Betätigung werden mit Vorteil Typen gewählt, welche den Anforderungen gemäss Abschnitt 3 genügen, während bei schneller Betätigung und grosser Schalthäufigkeit Typen mit kleineren Betätigungskräften geeignet sind. Mit Rücksicht auf eine hohe mechanische Schalterlebensdauer ist auch darauf zu achten, dass die als zulässig angegebenen Nachlaufwege nicht überschritten werden.

Die beste Repetiergenauigkeit der Schaltlage ergibt sich bei direkter, starrer Betätigung auf Stösseltypen. Es werden Genauigkeiten von kleiner als 5 μ m erreicht, sofern der über den Kontakt fließende Strom einen Wert von ca. 0,5 A nicht überschreitet. Bei grösseren Schaltzahlen (einige 100 000) muss bei hohen Genauigkeitsansprüchen auch der Abrieb von aufeinander arbeitenden Teilen und eventueller Kontaktabbrand berücksichtigt werden.

Gelegentlich wird die Repetiergenauigkeit mit dem Wert des Differenzweges verwechselt. Dieser bezeichnet jedoch den nötigen Betätigungsweg zwischen den beiden Schaltlagen (Fig. 5) und kann ebenfalls Werte bis zu 5 μ m erreichen.

Federnde äussere Betätigungssysteme (Blattfedern, Druckfedern, dünne Bimetalle, Membranen) arbeiten mehr kräfte-mässig. Die Repetiergenauigkeit der Schaltkraft ist ver-

gleichsweise zum Weg allgemein grösseren Schwankungen unterworfen, da sich hier Reibungen in den Führungen des Betätigungsorganes auswirken können. Der Ein-Ausschaltzyklus ist bei federnden Betätigungssystemen mehr von der Differenzkraft (Schaltkraft minus Rückschaltkraft) als vom Differenzweg des Mikroschalters abhängig. Für genaue Bestimmung dieses Zyklus ist die Kenntnis der Kraft-Weg-Kennlinie des Mikroschalters und der Federkonstante des betätigenden Systems erforderlich [2].

4.3 Zu c): Elektrische Grössen

In elektrischer Hinsicht können Mikroschalter analog wie andere Schaltgeräte mit momentan öffnenden und schliessenden Tastkontakten behandelt werden. Für allgemeine Anwendungen sind Mikroschalter in der Schweiz prüfpflichtig, d. h. sie müssen den Sicherheitsanforderungen des SEV entsprechen. Mit der Erfüllung dieser Minimalanforderungen können bereits gewisse Garantien bezüglich Kriech-, Luftstrecken- und Prüfspannungen gegeben werden.

Um sinnvolle Angaben mit reproduzierbaren Ergebnissen über die elektrische Lebensdauer von Mikroschaltern abgeben zu können, müssen wiederum eine ganze Anzahl von Parametern festgehalten werden. In den Laboratoriumsversuchen wird daher, wenn nichts Spezielles vorgemerkt wird, Wechselstrom bei rein Ohmscher beziehungsweise eisenloser, induktiver Schaltlast verwendet, wobei die Schalthäufigkeit so begrenzt ist, dass keine übermässige Erwärmung infolge Lichtbogenwiederholung eintritt. Fig. 8 zeigt als Beispiel die Abhängigkeit der elektrischen Lebensdauer vom zu schaltenden Strom bei der Spannung 220 V, 50 Hz, und verschiedenen Leistungsfaktoren für «Miltac»-Mikroschalter der Typenreihe XF.

Die bei Mikroschaltern kleinen Kontaktöffnungen (im allgemeinen kleiner als 1 mm) wirken sich beim Schalten von Wechselstrom positiv aus, indem die Lichtbogenarbeit und damit der Kontaktabbrand pro Ausschaltung klein bleibt. Die für die gleichen Schaltertypen erwärmungsmässig zulässige Schalthäufigkeit in Funktion des zu schal-

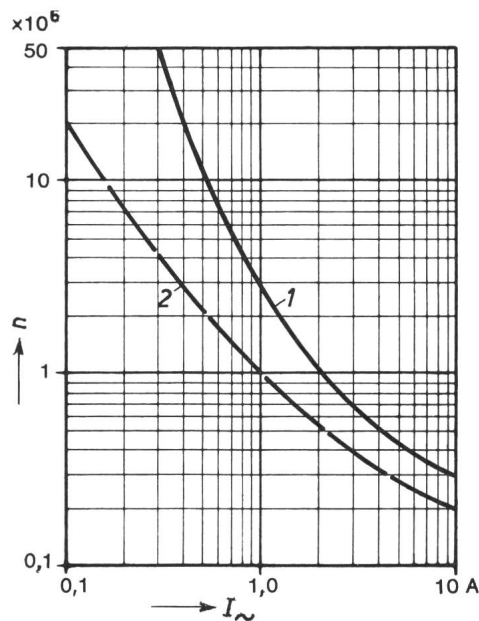


Fig. 8

Elektrische Lebensdauer in Schaltzyklen n eines Mikroschalters in Funktion des Stromes I_{\sim} bei 220 V~
 $I \cos \varphi = 1$; $2 \cos \varphi = 0,3$

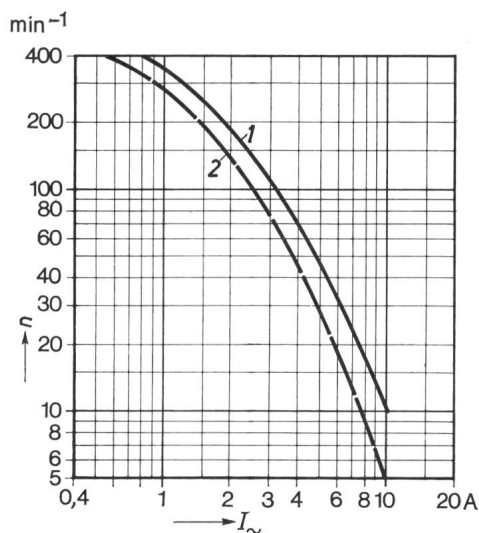


Fig. 9
Maximale Schalthäufigkeit n eines Mikroschalters in Funktion des Stromes I_{\sim} bei 220 V \sim
 $I \cos \varphi = 1$; $2 \cos \varphi = 0,3$

tenden Stromes bei 220 V, 50 Hz, geht aus Fig. 9 hervor.

Wird der Schalter für Gleichstrom verwendet, so sind die vom Schalterhersteller angegebenen Maximal-Schaltleistungen zu beachten, welche vor allem durch die Kontaktöffnung bestimmt sind (Fig. 10). Die Kontaktlebensdauer liegt für die gleiche Typenreihe unter Einhaltung der angegebenen Gleichstrom-Schaltleistungen zwischen 0,3 und 1 Million Schaltzyklen. Durch Anwendung von Lichtbogenlöschschaltungen (mit RC-Gliedern, Dioden, oder spannungsabhängigen Widerständen) kann ähnlich wie bei Relaiskontakten die Schaltleistung bzw. Kontaktlebensdauer wesentlich vergrößert werden. Analog zu Relaiskontakten werden auch bei Mikroschaltern, je nach Anwendungsfall, neben Reinsilber Kontakte aus verschiedenen anderen Edelmetallen verwendet.

Die Natur der Tastkontakte bringt es mit sich, dass bei allen Mikroschaltern mit Kontaktprellungen beim Einschalten gerechnet werden muss. Die Prelldauer kann je nach

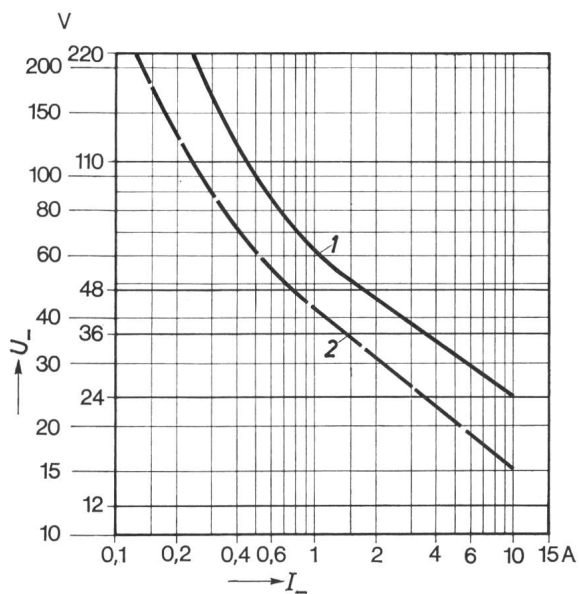


Fig. 10
Gleichstrom-Schaltleistung eines Mikroschalters
 I_{-} Schalt-Gleichstrom; U_{-} Schalt-Gleichspannung
 I Ohmisch; $2 \frac{L}{R} = 10 \text{ ms}$

Konstruktion mit 0,2 bis ca. 20 ms recht unterschiedlich sein. Prellende Kontakte neigen bei grossen Einschaltströmen zu Verschweissungen, weshalb die Schaltleistung für Verbraucher mit hohen Einschaltstromspitzen wie Glühlampen, Motoren, Wechselstrommagnete, usw. entsprechend reduziert werden muss. Schalter mit Schiebebewegung der Kontakte ergeben dabei die in Abschnitt 3 erwähnten Vorteile, so dass dort Einschaltstromspitzen bis ca. zum doppelten Wert des Schalter-Nennstromes zulässig sind. Mit Silber-Cadmiumoxyd-Kontakten kann die Sicherheit gegen Verschweissungen noch verbessert werden.

4.4 Zu e) und f): Umgebungseinflüsse, Baugrössen

Im Gegensatz zu elektromagnetisch betätigten Schaltgeräten, welche vielfach in sauberen Schaltschränken untergebracht werden, sind die mechanisch betätigten Mikro-

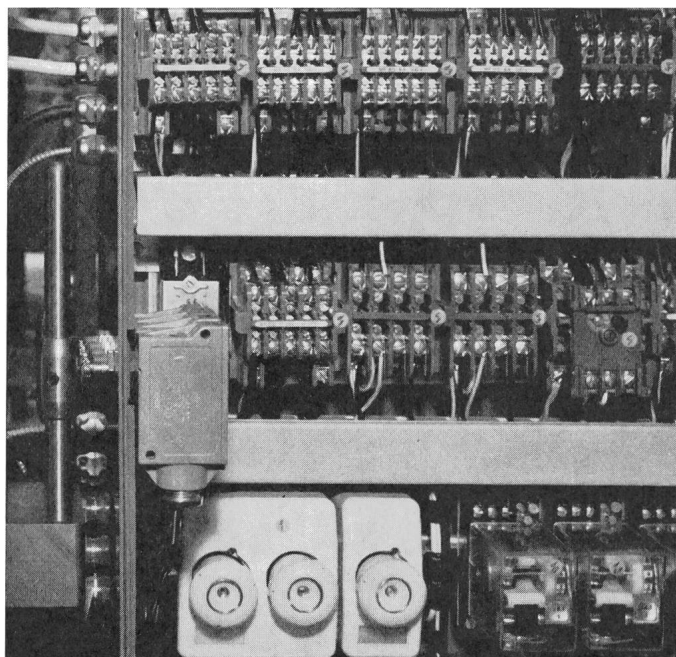


Fig. 11
Mikroschalter im Schutzgehäuse dienen der Steuerung einer automatischen Kunststoffpresse

schalter denjenigen Umgebungsbedingungen ausgesetzt, welche am betreffenden Betätigungsort herrschen. Während die normalen Grundausführungen mit Duroplast-Gehäusen nur beschränkt staub- oder flüssigkeitsdicht sind oder Temperaturen bis höchstens 80 °C ausgesetzt werden sollten, werden durch zusätzliche Abdichtung, Schutzgehäuse bzw. durch hochtemperaturbeständiges Isoliermaterial Schalter angeboten, welche auch strengen Beanspruchungen standhalten (Fig. 11).

Eher nebensächlich erscheinende Faktoren wie Befestigungs- und Anschlussart nehmen dann an Bedeutung zu, wenn es darum geht, in Seriefabrikation grosse Stückzahlen rationell befestigen, bzw. anschliessen zu können.

Literatur

- [1] S. Alter: Bauformen verschiedener Mikroschalter-Konstruktionen und ihre Wirkungsweise. Maschinenwelt und Elektrotechnik 18(1963)2, S. 118...122.
- [2] H. Lechner: Elektromechanische Zweipunktregler. Das Zusammenwirken von Schalter- und Fühler-Charakteristik. Techn. Rdsch. 57(1965)16, S. 5, 7 + 15.

Adresse des Autors:
Th. Hofer, SAIA AG, 3280 Murten.