Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 53 (1962)

Heft: 24

Artikel: Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Technik von hermetisch verschlossenen Relais

Autor: Doderer, P. v. / Bodamer, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916998

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

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

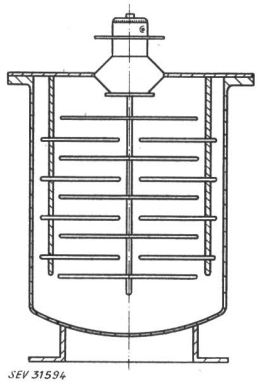


Fig. 11
Condensateur au gaz comprimé
Coupe schématique

d'interrupteurs que les installateurs. L'éclairage par lampes fluorescentes, par exemple, a provoqué, à ses débuts, un accroissement sensible des perturbations radiophoniques. Son extension a donc nécessité la mise au point d'un système efficace de déparasitage; par des essais consciencieux et méthodiques [4], il a été possible de mettre au point expérimentalement des filtres dont le schéma peut dans certains cas correspondre à celui qui est représenté sur la fig. 12 et dont l'efficacité est démontrée par un graphique.

7. Conclusions

Les aspects de la recherche qui viennent d'être évoqués sont donc aussi divers que multiples. Il va sans dire qu'ils ont une importance plus ou moins grande selon les circonstances, les fluctuations de la conjoncture économique et les disponibilités en personnel, en installations et en temps.

La part accordée à la recherche appliquée et au contrôle est incontestablement supérieure à celle qui est réservée à la recherche spéculative dont les avantages ne peuvent être recueillis qu'à plus ou moins longue échéance. La préparation de l'avenir n'est cependant pas laissée au hasard: la documentation apportée par la littérature, les échanges de vue et d'expériences lors des congrès nationaux et internationaux, la participation à des comités d'étude et de travail groupant des spécialistes éminents, l'étroite collaboration avec les clients et les fournisseurs expérimentés constituent des bases d'orientation extrêmement précieuses.

Sous tous leurs aspects, les travaux de recherche effectués dans une fabrique de condensateurs sont d'une importance capitale, car ils permettent aussi bien de satisfaire la clientèle la plus exigeante que de suivre le rythme prodigieusement rapide des réalisations scientifiques et techniques de l'époque actuelle.

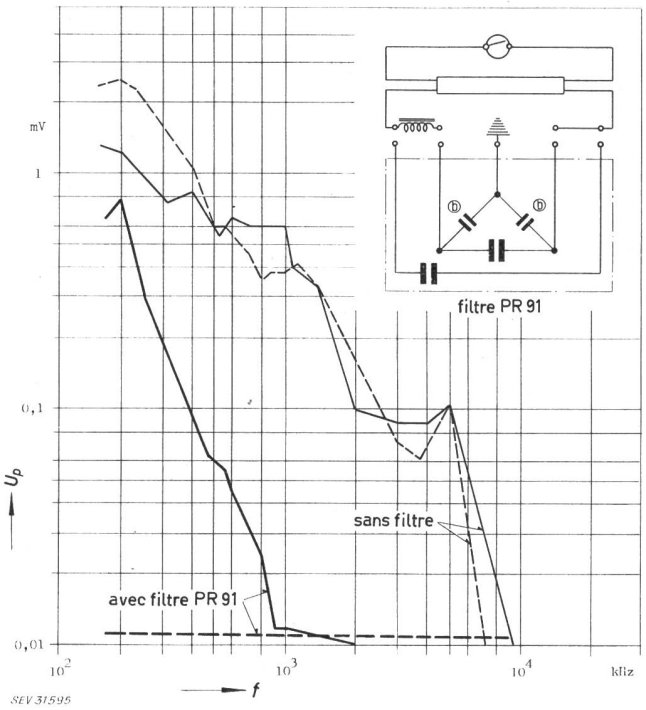


Fig. 12
Valeurs des tensions parturbatrices U_p d'une lampe de 20 W
——— mesure en asymétrique – – – – mesure en symétrique
f fréquence

Bibliographie

[1] *Coquillon, J.:* Condensateurs au papier imprégné. Electricité 40(1956)229, p. 171...174.
[2] *Church, H. F.:* Detection of Organic Impurities in Insulation. Techn. Rep. L/T 375. Leatherhead: The British Electrical and Allied Industries Research Association (ERA) 1958.
[3] *Sakamoto, T.* et *Y. Yoshida:* Examen des propriétés diélectriques du papier imprégné considéré comme diélectrique composé. J. IEE Japan 75(1955), Mai, p. 504...514. (en langue japonaise).
[4] *Monney, J.:* L'éclairage fluorescent et les perturbations radiophoniques. Revue suisse du Trafic et de l'Industrie 31(1959), août, p. 47...50.

Adresse de l'auteur:
Pierre Boyer, physicien diplômé, Condensateurs Fribourg S. A., Fribourg.

Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Technik von hermetisch verschlossenen Relais

Von *P. v. Doderer* und *A. Bodamer*, München

621.318.5–213.3

Hohe klimatische, mechanische und elektrische Beanspruchungen führten zur Entwicklung des hermetisch verschlossenen Relais (Becherrelais). Um die Eigenschaften dieses Relais zu kennzeichnen, werden die Forderungen aufgezählt und die daraus abgeleiteten Prüfungen beschrieben.

Die Ausführungsarten von gebecherten Relais, die diese Prüfungen bestehen, werden dargestellt; abschliessend wird die zu erwartende Entwicklung auf diesem Gebiet erwähnt.

Bei der Entwicklung der beschriebenen Relais traten erhebliche z. T. unerwartete Schwierigkeiten auf. Lösungen, die zur Überwindung dieser Schwierigkeiten führten und die dabei gesammelten Erfahrungen werden beschrieben.

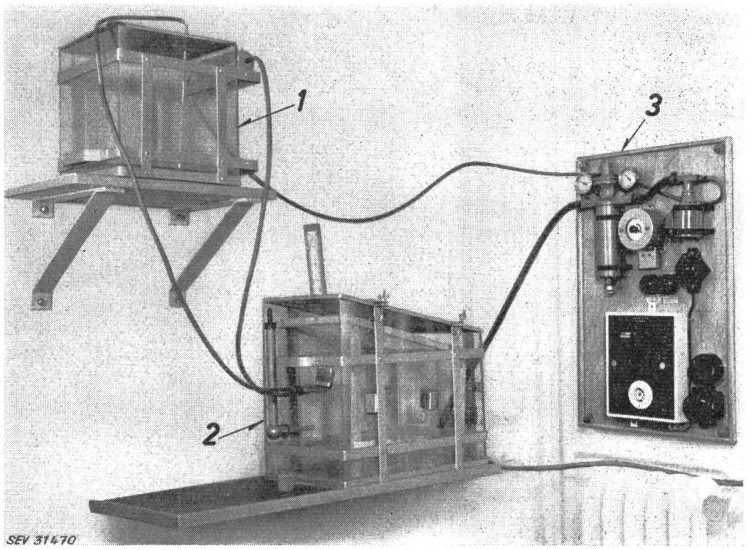
Des sollicitations climatiques, mécaniques et électriques élevées ont conduit à la mise au point d'un relais hermétiquement fermé. Pour en caractériser les propriétés, les auteurs indiquent les exigences auxquelles ce relais doit satisfaire et les essais qui sont nécessaires.

Ils décrivent les exécutions de relais hermétiques qui satisfont à ces essais, puis les perfectionnements auxquels on peut s'attendre dans ce domaine.

La mise au point de ce relais s'est heurtée à de grandes difficultés, parfois imprévues. Les auteurs indiquent comment elles furent surmontées et l'expérience qu'elles ont permis d'acquérir.

In den vergangenen Jahren sind die Ansprüche, die an elektrische Geräte und Bauelemente gestellt werden, erheblich gestiegen. Die elektromagnetischen Relais sind von dieser Entwicklung besonders betroffen. Man fordert von ihnen die sichere Funktion unter Umgebungsbedingungen, die früher für Relais undenkbar

Fig. 1
Anlage zum Salzsprühtest
1 Vorratsbehälter; *2* Prüfbehälter; *3* Steuereinrichtung



gewesen wären. Da die bisher bekannten Konstruktionen die Anforderungen nicht zufriedenstellend erfüllten, wurden neue Typen entwickelt: die Becherrelais.

Die Bezeichnung stammt von dem metallischen Becher, der die Relais hermetisch gegen ihre Umgebung abschliesst. Die hervorragenden Eigenschaften dieses Typs beruhen jedoch nicht nur auf diesem äusseren Kennzeichen, sondern auch auf vielen weiteren Merkmalen.

Die wichtigsten Gesichtspunkte, die bei der Entwicklung der gebecherten (d. h. hermetisch verschlossenen) Relais zu berücksichtigen waren, sind:

Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse;
Temperaturunabhängigkeit innerhalb eines weiten Bereiches;
Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen (Schütteln, Stossen, Beschleunigung);
Erhöhung der Schaltsicherheit;
Hohe Schaltleistung;
Leichte Auswechselbarkeit;
Geringe Baumasse.

Wie man sieht, lässt sich nur einer der angeführten Punkte — nämlich die Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse — durch die hermetische Kapselung erreichen. Diese bringt jedoch unerwartete Schwierigkeiten mit sich [1][1]).

Die Erfüllung der weiteren Anforderungen setzt die Lösung von Problemen konstruktiver und technologischer Art voraus. Bis zur Erreichung des gegenwärtigen Standes der Technik auf dem Gebiet der Becherrelais wurden viele derartige Probleme gelöst, verschiedene stehen noch offen und weitere Schwierigkeiten werden mit der fortschreitenden Entwicklung auftreten.

Zahlreiche Veröffentlichungen haben in den letzten Jahren Teilprobleme auf diesem Gebiet behandelt. Es erscheint zweckmässig, zu diesem Zeitpunkt die darin enthaltenen Erfahrungen zusammenzufassen und zusammen mit eigenen Messergebnissen einen Überblick über die heute in einer grossen Anzahl von Ausführungsformen zur Verfügung stehenden Becherrelais zu geben.

2. Anforderungen, Prüfungen

Eine erhebliche Schwierigkeit für die Relaishersteller bestand darin, dass die Beanspruchungen zunächst nicht genau bekannt waren und von den Abnehmern keine exakten Anforderungen gestellt werden konnten. Die ersten Zusammenstellungen von Anforderungen an Becherrelais wurden von den US-Militärbehörden aufgestellt. Die Normen Spezifikationen für Relais sind in MIL-R-5757, MIL-R-25018 und MIL-R-61016 aufgeführt. Sie enthalten ausserdem noch Angaben über Prüfungen, die die Erfüllung dieser Anforderungen unter den genannten Beanspruchungen bestätigen sollen. Die später aufgeführten Prüfmethoden sind der amerikanischen Norm MIL-STD-202 entnommen.

Die Anforderungen sind so umfassend, dass sie einen grossen Teil der für industrielle Anwendungen zu stellenden Forderungen mit einschliessen oder zumindest Rückschlüsse auf das Verhalten unter ähnlichen Bedingungen zulassen.

Um einen Überblick über die Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten zu geben, werden die Anforderungen, die an das Verhalten von Becherrelais unter den verschiedenartigsten Beanspruchungen (klimatisch, mechanisch, elektrisch) gestellt werden, aufgeführt. Sie entsprechen, ebenso wie die angegebenen Prüfungen und Prüfmethoden der US-Spezifikation bzw. -Norm MIL-R-5757 D [2] bzw. MIL-STD-202 B [3].

3. Klimatische Beanspruchungen

3.1 Korrosion

Die Relais sind verschiedenen, stark korrodierenden Einflüssen ausgesetzt. Die MIL-Spezifikationen sehen bisher nur die Einwirkungen salzhaltiger Atmosphäre vor, und zwar werden die Relais 50 h bei einem Überdruck von 1 kg/cm² mit einer 20%igen Natriumchloridlösung besprüht. Fig. 1 zeigt eine Anlage zur Durchführung eines derartigen Salzsprühtestes. Aus dem Vorratsbehälter *1* gelangt die Salzlösung bei einer Temperatur von +35 °C zum Prüfbehälter *2* und wird beim Eintritt in diesen verdampft. Die im Behälter befindlichen Relais werden nach Ablauf der Prüfzeit herausgenommen und in destilliertem Wasser gereinigt.

Das Grundmaterial darf nach diesem Test bei einer visuellen Prüfung keine nennenswerten Anzeichen von Korrosionen erkennen lassen.

3.2 Feuchtigkeit

Hohe relative Luftfeuchtigkeiten treten in Gebieten mit feuchtwarmem Klima, ganz allgemein bei Verwendung in ungeschützten Räumen und in Industriebetrieben wie Färbereien, Brauereien, Salzbergwerken, chemischen Werken usw. auf. Zur Nachbildung der Naturbedingungen gehören auch die für die Tropen typischen Feuchtigkeitswechsel.

MIL-R-5757 D schreibt folgende Prüfung vor: Die Temperatur wird von +25 °C innerhalb 2½ h auf +65 °C erhöht und 3 h in dieser Höhe gehalten. Während dieser Zeit wird die relative Feuchtigkeit auf 90...95% geregelt. Anschliessend wird bei kontrollierter Feuchtigkeit die Temperatur wieder innerhalb 2½ h

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

auf +25 °C gesenkt. Dieser Vorgang wird daraufhin nochmals wiederholt und dann die Temperatur durch 8 h auf +25 °C gehalten. Der gesamte Zyklus von 24 h Dauer wird 10mal nacheinander wiederholt.

Die Feuchtigkeitsprüfung wird in regelbaren Klimakammern vorgenommen. Nach Beendigung dieser gesamten Prüfung wird zunächst der Isolationswiderstand gemessen, anschliessend werden die Relais in destilliertem Wasser bei Raumtemperatur gereinigt und die elektrischen Eigenschaften überprüft. Auch hier ist ähnlich wie beim Salzsprühtest das Korrosionsverhalten zu beobachten.

3.3 Luftdruck

Die Verwendung in grossen Höhen (z. B. in Flugzeugen) bringt die Forderung nach Betriebsfähigkeit bei niederem Luftdruck mit sich. Tab. I enthält Angaben über Höhen, in denen Relais eingesetzt werden, mit dem entsprechenden barometrischen Druck in mm Hg. Die Durchschlagspannung nimmt mit sinkendem Luftdruck ab und ist deshalb entsprechend niedriger angegeben (s. 5.1).

Abhängigkeit des Luftdruckes von der Meereshöhe

Tabelle I

Prüfbedingung	Höhe m ü. M.	Luftdruck mm Hg
A	9 140	223
B	15 200	86
C	21 300	33
D	30 500	8
E	45 700	1

3.4 Temperaturbereich

Die Umgebungstemperatur eines Relais richtet sich nach der geographischen Lage des Einsatzortes und der allfälligen Wärmeeinstrahlung (Sonne, benachbarte Geräte oder Bauelemente).

In MIL-R-5757 D sind bisher drei Temperaturbereiche angegeben:

Temperaturklasse A	−55...+ 85 °C
Temperaturklasse B	−65...+125 °C
Temperaturklasse C	−65...+200 °C

Folgende Prüfungen sind vorgesehen:

Wärmewechselbeständigkeit. Die Relais werden einer zyklischen Temperaturbeanspruchung unterworfen. Sie werden dazu je 30 min der unteren und oberen Grenztemperatur ausgesetzt. Dazwischen werden sie 10 min bei Raumtemperatur gelagert. Nach diesem Temperaturzyklus dürfen sich die elektrischen Eigenschaften nicht über die zulässigen Grenzwerte hinaus verändert haben.

Funktionsfähigkeit bei Extremtemperaturen. Die Relais werden 15 h (ohne Spulenerregung) der unteren Grenztemperatur und 2 h (Spule mit Maximalspannung erregt) der oberen Grenztemperatur ausgesetzt. Bei Messung in der Klimakammer müssen die Anzugs- und Abfallspannungen im geforderten Bereich liegen.

4. Mechanische Beanspruchungen

Während des Transports, aber auch im Betrieb (Einbau in transportable Geräte, in Fahrzeuge, in Flugzeuge, in Schiffe usw.) sind die Relais starken mechanischen Beanspruchungen durch auftretende Beschleunigungskräfte ausgesetzt. Die Prüfungen können die tatsächlich auftretenden Beanspruchungen nur schrittweise und angenähert nachbilden. Grundsätzlich können drei verschiedene Beschleunigungsarten auftreten:

1. Wechselbeschleunigung (Nachbildung durch Vibration);
2. Einmalig in einer Richtung auftretende Beschleunigung (Nachbildung durch Stoss);
3. In einer Richtung auftretende Dauerbeschleunigung (Nachbildung durch Zentrifugalbeschleunigung).

Allgemein gilt, dass keine Zerstörung während einer Prüfung auftreten darf. Meist wird sichere Funktion während der Prüfung (kein Prellen der Kontakte), auf jeden Fall jedoch nach der Prüfung verlangt.

4.1 Vibration

In MIL-R-5757 D sind 4 Vibrationsprüfungen angegeben (s. Tabelle II). Für den Frequenzbereich bis 55 Hz werden mechanische Schütteltische verwendet (Fig. 2). Das zu prüfende Relais wird auf eine Platte *1* aufgespannt und durch einen Exzenterantrieb in vertikaler Richtung sinusförmigen Schwingungen ausgesetzt. Es wird in 3 zueinander senkrechten Richtungen geprüft. Das Verhalten der Kontakte wird mittels eines Oszillographen *2* kontrolliert, durch den kürzeste Kontaktöffnungen wahrgenommen werden können. Für Frequenzen bis 2 kHz finden elektrodynamische Vibratoren Verwendung.

4.2 Stoss

Das auf den Fallschlitten montierte Relais wird kurzzeitig einer Beschleunigung in einer Richtung ausgesetzt (Fig. 3). Der Schlitten wird zunächst durch den Magneten *2* in der eingestellten Fallhöhe gehalten. Nach Auslösung fällt der Schlitten und wird durch den Bremsbock abgebremst. Der Bremsweg entspricht der Durchbiegung der Feder *4*. Die maximale Bremskraft

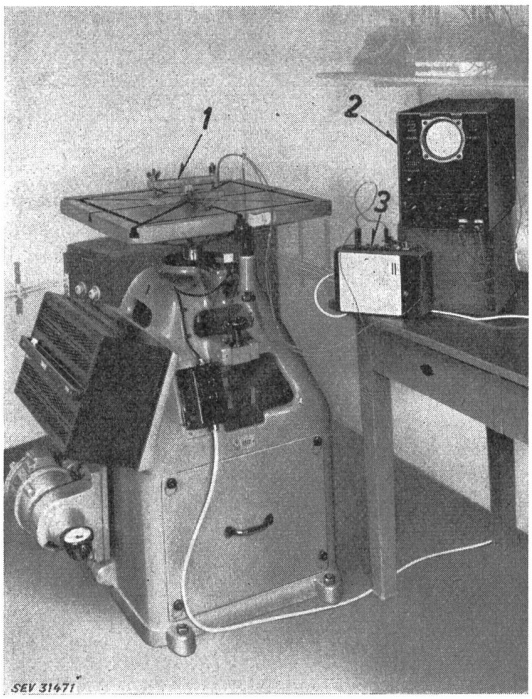


Fig. 2
Schüttelprüfung
1 Aufspannvorrichtung mit Relais; *2* Oszillograph zur Kontrolle des Kontaktverhaltens; *3* Vorrichtung zur automatischen Anzeige von Kontaktöffnungen

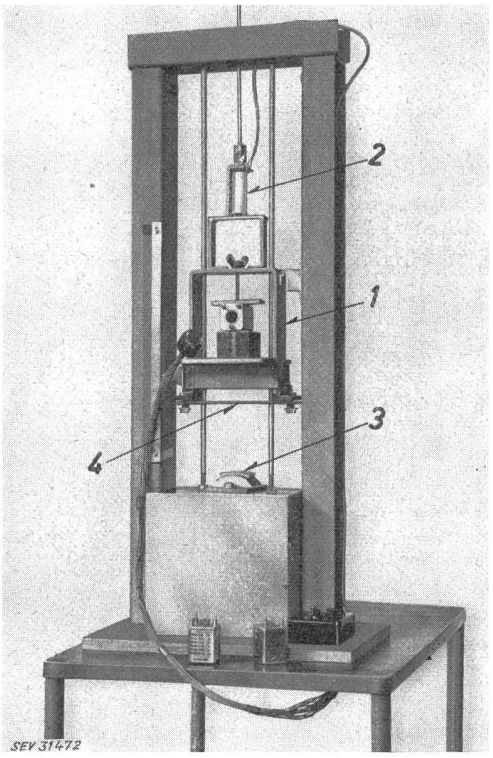


Fig. 3
Stossprüfgerät nach JAN-S-44
1 Fallschlitten mit aufgespanntem Relais; *2* Auslösemagnet; *3* Bremsbock mit Gummiauflage; *4* Feder

ergibt sich aus Durchbiegung und Federkonstante, die maximal auftretende Beschleunigung aus Bremskraft und dem gesamten Gewicht (Schlitten und Prüfling)

$$a = \sqrt{\frac{2\,h\,c}{G}}\; g^*$$

worin

a maximal auftretende Beschleunigung [cm/s²]; h Fallhöhe [mm]; c Federkonstante [g/mm]; G Gewicht von Schlitten und Prüfling [g]; g^* Erdbeschleunigung.

Die Prüfung wird in sechs zueinander senkrechten Richtungen durchgeführt.

Eine modernere Schüttelanlage mit elektrodynamischem Vibrator zeigt Fig. 4.

Vibrationsverhalten

Tabelle II

Vibrations-Kategorien	Frequenzbereich Hz	Maximal-Beschleunigung a
1	10...55	10
2	10...500	10
3	10...2000	15
4	10...2000	20

4.3 Zentrifugalbeschleunigung

Um den Einfluss gleichbleibender Beschleunigungskräfte zu prüfen, wird das Relais nacheinander in allen 6 Achsrichtungen auf einem rotierenden Prüftisch aufgespannt. Es wird dabei Beschleunigungen bis 40 g^* ausgesetzt.

4.4 Taumelbeanspruchung

Nach Einbau des Relais in das Gerät wird dieses einer Taumelbewegung unterworfen, die der Nachbildung von Transportbedingungen dient (Auftreten von Beschleunigungskräften in verschiedenen Richtungen). Das dafür verwendete Prüfgerät ist in MIL-STD-202 B [3] beschrieben.

5. Elektrische Werte

5.1 Durchschlagfestigkeit

Da bei dichten Relais mit einer Verschlechterung der dielektrischen Eigenschaften durch äussere Beeinflussung des Isolationsmaterials nicht zu rechnen ist, wurden die Prüfspannungen relativ niedrig angesetzt. Sie entsprechen etwa den Angaben in den Prüfvorschriften für Relais, die in gepflegten Räumen der Fernmeldetechnik arbeiten (z. B. VDE 0804).

5.2 Isolationswiderstand

Der niedrigste zulässige Wert des Isolationswiderstandes ist mit 100 MΩ angegeben; er wird in der Praxis jedoch mindestens um zwei Zehnerpotenzen überschritten. Bei einer Gleichspannung von 100 V — auch 250 und 500 V sind üblich — wird der Isolationswiderstand zwischen allen Anschlüssen untereinander und zwischen allen Anschlüssen und Masse gemessen.

5.3 Kontaktwiderstand

Der zulässige Grenzwert des Kontaktwiderstandes beträgt 50 mΩ, nach Ablauf der Lebensdauer 100 mΩ. Der Kontaktwiderstand wird an den Durchführungsstiften gemessen, daher kommen zum eigentlichen Kontaktwiderstand noch die Widerstände der Durchführungsstifte, der Zuleitungen und der Kontaktfedern hinzu. Die Meßspannung beträgt bei offenem Kontakt 6 V, der Meßstrom 100 mA.

5.4 Anzug, Abfall

Die Betriebsleistung (aus Nennspannung und Nennwiderstand errechnet) beträgt, je nach Typ, etwa 0,1...1 W. Die minimale Anzugspannung liegt etwa 33% unter der Nennspannung, die maximal auftretende Spannung etwa 10...33% darüber. Sicherer Anzug wird bei Minimalspannung und max. Umgebungstemperatur (nach vorhergehendem Dauerbetrieb mit Nennspannung) verlangt. Die geforderte Abfallspannung beträgt etwa 10...50% der Anzugspannung.

5.5 Spulenwiderstand

Der Spulenwiderstand wird bei Raumtemperatur (20 °C) gemessen. Die zulässige Toleranz beträgt üblicherweise ± 10%.

6. Ausführungsarten gebecherter Relais und die Überwindung auftretender Schwierigkeiten

Aus den angeführten Forderungen geht hervor, dass sich diese mit Relais der herkömmlichen Bauweise nicht erfüllen lassen. Bei der Entwicklung neuer Typen wurden dabei, ausgehend von den konventionellen Typen, folgende konstruktive Änderungen unternommen:

a) Hermetische Becherung (hermetischer Verschluss des Relais);
b) Änderungen der Bauweise bzw. Neugestaltung;
c) Sorgfältigere Auswahl von Werkstoffen (Isolierstoffe, Kunststoffe usw.).

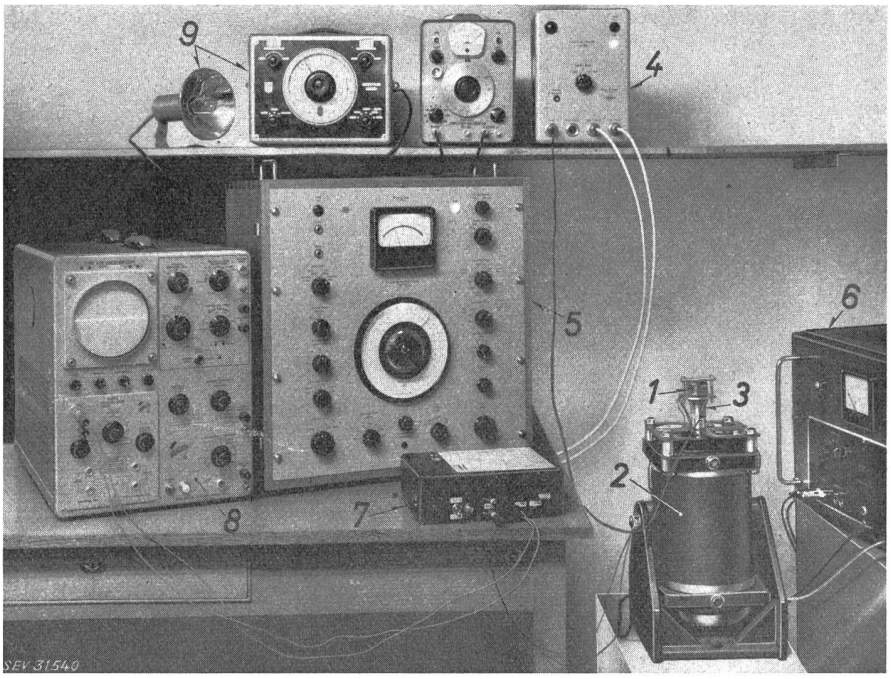


Fig. 4
Schüttelanlage für Frequenzen bei 5000 Hz
1 Prüfling (Relais); *2* elektrodynamischer Vibrator; *3* Aufnahmevorrichtung mit eingebautem Beschleunigungsgeber; *4* Vorverstärker für Beschleunigungsgeber; *5* Regelgenerator; *6* Leistungsverstärker; *7* Vorrichtung zur automatischen Anzeige von Kontaktöffnungen; *8* Oszillograph zur Kontrolle des Kontaktverhaltens; *9* Stroboskop zur Eichung der Schüttelfrequenz

6.1 Hermetische Becherung

Die hermetische Becherung bietet Schutz gegen Korrosion und Feuchtigkeit. Es bereitet keine Schwierigkeiten, die Becher — aus Eisen oder Buntmetall — durch galvanische Oberflächenbehandlung (meist Verzinnen) und anschliessendes Lackieren (Schwammschutzlacke u. ä.) für die Beanspruchungen geeignet zu machen. Da der dichte Abschluss gegen die äussere Atmosphäre auch den Einfluss des Luftdruckes auf die Durchschlagsfestigkeit im Inneren des Bechers ausschliesst, bleibt dieses Problem auf die herausgeführten Anschlüsse beschränkt. Verwendet werden Durchführungsstifte, die in Glas — gelegentlich auch in Keramik — eingeschmolzen sind. Fig. 5 zeigt eine Auswahl von Becherrelais verschiedener Abmessungen und Sockelanordnungen. Es stehen Stecksockel, Löthakensockel und Stiftsockel im Rastermass für gedruckte Schaltungen zur Verfügung. Die Mindestabstände der Stifte untereinander und zum Sockelrand ergeben sich durch die Kriech- und Luftstrecken, die zur Erzielung der geforderten Durchschlagfestigkeit beim jeweiligen Luftdruck erforderlich sind. Die Durchschlagfestigkeit verringert sich beispielsweise gegenüber Meereshöhe in 15000 m Höhe auf etwa ein Drittel, in 24000 m Höhe auf etwa ein Sechstel.

Um die Anwendungsmöglichkeit in einem weiten Temperaturbereich sicherzustellen, muss der Wärmeausdehnungskoeffizient von Glas und Durchführungsstiften annähernd gleich sein. Bei unterschiedlicher Wärmeausdehnung beider Werkstoffe würden sonst Sprünge im Glas auftreten; Undichtheit und verminderte Durchschlagfestigkeit wären die Folge. Da die Durchführungsstifte selbst nicht oberflächenbehandelt werden können, verwendet man da nur korrosionsfestes Material.

Der vollständige Abschluss gegen die äussere Atmosphäre hat zwangsläufig zur Folge, dass die Atmosphäre im Innern des Bechers, das sog. «Kleinklima» [4], in der unmittelbaren Umgebung des Relais und vor allem der Kontakte erhalten bleibt. Es ist daher wünschenswert, hier eine definierte Atmosphäre von einer für die Kontakte unschädlichen Zusammensetzung zu erhalten. Man ging dazu über, die Becher nach dem Verlöten luftleer zu pumpen und mit einem Schutzgas zu füllen (Fig. 6). Für die Auswahl dieses Füllgases sind verschiedene Gesichtspunkte massgebend:

a) Die Durchschlagfestigkeit der Luftstrecke darf nicht vermindert werden;

b) Bei den unteren Grenztemperaturen soll keine Kondensation auftreten;

c) Das Gas muss inert sein, d. h. es darf bei den oberen Grenztemperaturen keine Zersetzung auftreten;

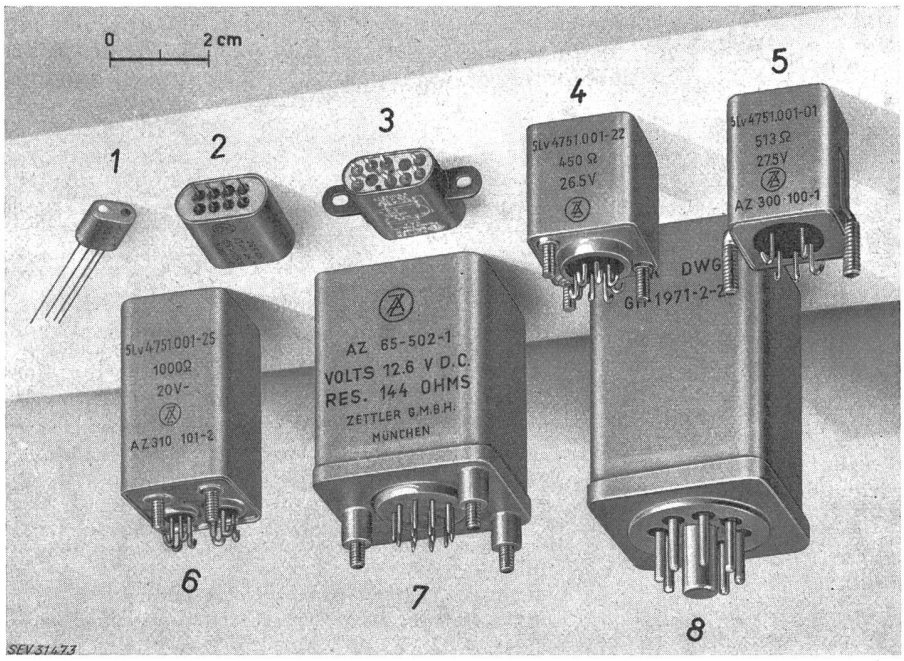
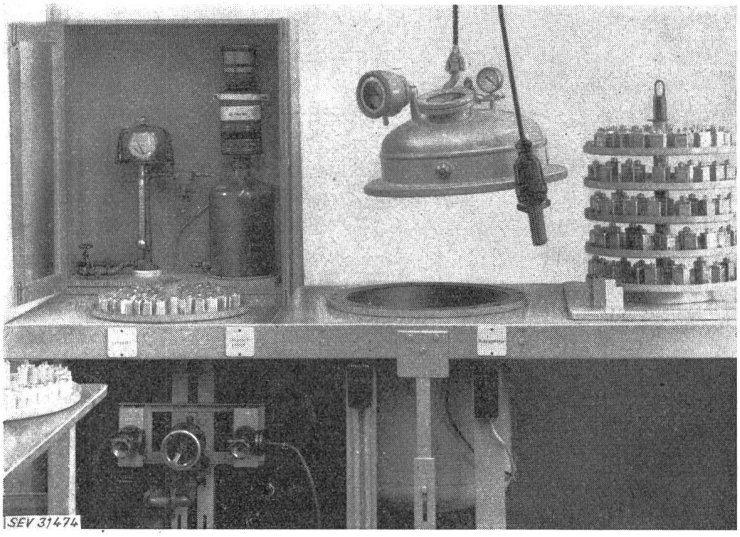


Fig. 5
Eine Auswahl von Becherrelais (*1...8*)

Fig. 6
Evakuieren der Relais mit anschliessender Gasfüllung



d) Schaltfunken dürfen zu keiner Explosion führen;
e) Das Gas darf weder giftig sein noch korrodierend wirken;
f) Anzeige im Massenspektrometer soll für Dichtheitsprüfung möglich sein.

Folgende Füllgase werden heute in Becherrelais verwendet und entsprechen entweder allen oder einem Teil der genannten Forderungen: Helium, Stickstoff, Stickstoff mit Spuren von Helium, Wasserstoff, getrocknete und gereinigte Luft.

Es zeigte sich jedoch bald, dass der Wunsch, die Atmosphäre im Becherinnern unverändert erhalten zu können, nicht zu verwirklichen war. Kontaktstörungen traten auf, als deren Ursache Verunreinigungen des Kleinklimas erkannt wurden. Herkunft und Einfluss dieser Verunreinigungen werden noch unter «Auswahl der Werkstoffe» beschrieben.

6.2 Änderung der Bauweise bzw. Neugestaltung

Bei mechanischen Beanspruchungen treten äussere Beschleunigungskräfte auf, die linear oder rotierend angreifen. Sie können zu Beschädigungen (Bruch, Lockerung, Deformation von Teilen) und Funktionsstörungen (Kontaktprellen) des Relais führen. Da bei den konventionellen Relais auf diese Beanspruchungen nicht besondere Rücksicht zu nehmen war, mussten bei Becherrelais wegen der zusätzlichen mechanischen Angriffe konstruktive Änderungen bzw. Neugestaltungen vorgenommen werden. Ebenso gelten andere Voraussetzungen für die Justage des Relais.

Um die mechanischen Beanspruchungen zu verringern, müssen die Zuleitungen zu den Sockelstiften so kurz wie möglich gehalten werden, die Kontaktfedern kurz und steif sein und mit möglichst hoher Kraft aufliegen. Bei geschichteten und verschraubten Federsätzen besteht die Gefahr der Lockerung der Isolierzwischenlagen.

Während bei Stoss- und Zentrifugalbeschleunigung die von aussen angreifenden Kräfte auch im Relais nicht überschritten werden, können bei Vibration infolge Eigenresonanz erheblich höhere Beschleunigungen als sie von aussen angreifen, auftreten. Für mittlere Relais (s. Fig. 5, Ziff. 4...7) wird die Eigenresonanz mit 200...500 Hz angegeben [5]. Greifen Beschleunigungskräfte in derselben Richtung und Grösse wie die Magnetkräfte an, so führen sie zu einer Bewegung des Ankers und damit zu einer unerwünschten Kontaktbestätigung. Einer entsprechenden Erhöhung der Gegenkräfte (Ankerrückstellfeder, aufliegende Kontaktfedern) sind Grenzen gesetzt, da die erforderliche Anzugsleistung dadurch ansteigt.

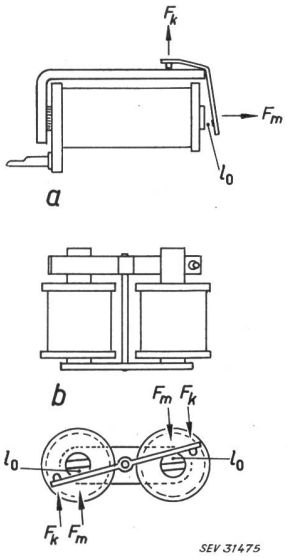


Fig. 7
Magnetsystem von Klappanker- und Drehankerrelais
a Darstellung eines Klappankerrelais; b Darstellung eines Drehankerrelais; F_m Antriebskraft (magnetisch erzeugt; F_k Zum Federsatz hin abgegebene Kraft; l_0 Luftspalt

In Becherrelais werden — von den gepolten Ausführungen abgesehen — in erster Linie zwei Arten von Magnetsystemen angewendet: Klappankerrelais und Drehankerrelais (Fig. 7a und 7b). Die Eigenschaften der beiden Relaissysteme können, vor allem in Hinblick auf Ansprechempfindlichkeit und Vibrationsverhalten, wie folgt gegenübergestellt werden:

Klappankerrelais (s. Fig. 7a):

Magnetsystem: Mindestens eine Spule und ein wirksamer Luftspalt, der voll für den Betätigungshub ausgenützt werden kann. Gelegentlich auch zwei Spulen und Doppelluftspalt.

Anker: Schneid-, Stumpf- oder Achslagerung. Antriebskraft F_m (vom Magnetsystem her) auf der einen Seite des Lagers. Kraftabgabe F_k (zum Federsatz hin) auf der anderen Seite. Auf den Anker wirkende Beschleunigungskräfte werden daher voll auf den Federsatz übertragen. Kompensation nur durch erhöhte Ankerrückstellkraft oder magnetische Haftung möglich. Erhöhte Schüttelfestigkeit hat erhöhte Ansprechleistung zur Folge.

Federsatz: Geschichteter oder gepresster Aufbau mit Blatt- oder Drahtfedern. Resonanzfrequenzen der langen Federn und des relativ grossen Systems verhältnismässig tief. Grosser Raumbedarf für Kontakte. Verhältnis Wickelraum zu Kontaktraum ungünstig. Geeignet für Frequenzbereich 10...55 Hz bei max. 10*g** und wenn grosse Relais-Abmessungen zulässig sind.

Vorteile: Geringer Erregungsbedarf wegen Einzelluftspalt. Herstellung in Serie einfach und wirtschaftlich.

Nachteile: Höhere mittlere Windungslänge wegen Einzelspule, d. h. hoher Leistungsbedarf für gleiche Erregung. Erhöhung der Schüttelfestigkeit nur durch Erhöhung der Ansprechleistung möglich, relativ niedrige Resonanzfrequenz, grosses Volumen.

Drehankerrelais (s. Fig. 7b):

Magnetsystem: Meist zwei Spulen und zwei in Reihe liegende Luftspalte. Für den Betätigungshub kann nur die Hälfte des Gesamtluftspaltes ausgenützt werden. Gelegentlich auch nur eine Spule.

Anker: Achsgelagert, Antriebskraft F_m und Kraftabgabe F_k zu beiden Seiten des Lagers. Auf den Anker wirkende Beschleunigungskräfte werden theoretisch voll kompensiert. Durch

praktisch auftretende Unsymmetrien ist eine Kompensation nicht vollständig möglich. Erforderliche Ankerhaltekräfte jedoch wesentlich geringer als beim Klappankersystem.

Federsatz: Durchführungsstifte dienen häufig gleichzeitig als elektrische Anschlüsse und mechanische Träger des Federsatzes (s. Fig. 8). Resonanzfrequenz wesentlich höher. Raumbedarf für Kontakte ausserordentlich gering. Konstruktion besser dem Becher angepasst. Geeignet für Frequenz bis 3000 Hz bei max. 20*g**.

Vorteile: Bei Verwendung von zwei Spulen niedrige mittlere Windungslänge, daher niedriger Leistungsbedarf für gleiche Erregung. Die Beschleunigungskräfte werden nahezu vollständig kompensiert. Zuleitungen und Isolierzwischenlagen entfallen. Hohe Resonanzfrequenz.

Nachteile: Höherer Erregungsbedarf wegen Doppelluftspalt.

Wie aus den vergleichenden Angaben ersichtlich ist, eignen sich Drehankerrelais besser zur Einbecherung als Klappankerrelais, vor allem dann, wenn hohe Schüttelfestigkeit und kleine Abmessungen gefordert sind. Die Miniaturisierung hat auch kürzere Schaltzeiten zur Folge. Die bewegten Massen werden geringer, die elektrische Zeitkonstante wird dank der kurzen Eisenwege niedriger. Nachteilig wirkt sich aus, dass mit Abnehmen des Wickelvolumens Ansprechleistung und Eigenerwärmung zunehmen. Die Endtemperatur, die ein Relais im Betriebszustand annimmt, ergibt sich aus der Umgebungstemperatur und der Temperaturzunahme durch Eigenerwärmung. Sie beträgt beispielsweise bei einem mittelgrossen Relais (etwa AZ 65, s. Fig. 5) der Temperaturklasse A, 130 °C; bei einem Miniaturrelais (Fig. 5) der Temperaturklasse B, 160 °C. Von einer Raumtemperatur von 20 °C ausgehend erhält man somit eine Temperaturzunahme von 110 bzw. 140 °C. Das entspricht einer Erhöhung des Spulenwiderstandes um etwa 44 bzw. 56%. Die zur Anzugsprüfung bei Raumtemperatur anzulegende Leistung muss daher entsprechend niedriger angesetzt werden.

Setzt man in die Leistungsgleichung

$$P = \frac{U^2}{R}$$

für die Spannung U den Maximalwert ein (z. B. die 1,1-fache Nennspannung) und für den Spulenwiderstand R den Maximalwert (0,9-facher Nennwiderstand), so erhält man für die max. auftretende Spulenleistung $P_{max} = 1{,}34$. Die Anzugsleistung ergibt sich durch Einsetzen der minimalen Anzugsspannung (0,67-fache Nennspannung) und des maximalen Spulenwiderstandes (bei Berücksichtigung der oberen Toleranzgrenze und der Zunahme durch Erwärmung) zu $P_{an} = 0{,}26$. Das Verhältnis von Maximalleistung zu minimaler Anzugsleistung ist dann:

$$\frac{P_{max}}{P_{an}} = 5{,}15$$

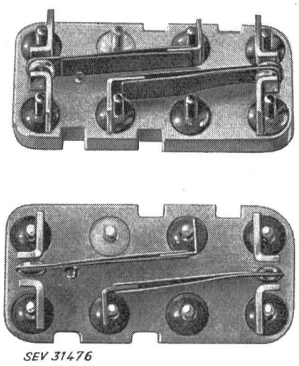


Fig. 8
Kontaktanordnung eines Drehankerrelais

SEV 31476

Diese grosse Spanne wirkt sich besonders bei Relais mit geringen äusseren Abmessungen ungünstig aus. Hier darf einerseits die maximale Leistungsaufnahme wegen der geringen, für die Wärmeableitung zur Verfügung stehenden Oberfläche nicht hoch sein. Anderseits nimmt die für eine bestimmte Erregung erforderliche Anzugsleistung mit geringer werdenden Abmessungen zu [6].

In Tab. III sind konkrete Angaben über Eigenschaften je eines Standardtyps eines Klappanker- und Drehankerrelais gegenübergestellt.

Gegenüberstellung der Kennwerte von Becherrelais verschiedener Bauform

Tabelle III

Kennwerte	Einheiten	Klappankerrelais AZ 66	Drehankerrelais AZ 410
Kontaktbestückung		max. 4 × 21	2 × 21
Maximale Schaltspannung	V∼	150	115
	V—	115	115
Maximaler Schaltstrom	A—	2	2
	A∼	3	3
Maximale Schaltleistung	W	50	50
	VA	150	150
Kontaktwiderstand (im Neuzustand)	mΩ	≦ 50	≦ 50
Lebensdauer (bei Belastung mit den angegebenen Schaltleistungen)		10^5	10^5
Mögliche Anzahl Wicklungen pro Relais		2	1
Spulenwiderstand	Ω	1...20 000	5...3000
Anzugserregung	AW	150 [1])	100
Anzugsleistung	mW	≈ 200 [1])	≈ 200
Betriebsleistung [2])	mW	≈ 700 [1])	≈ 850
Maximal zulässige Spulenleistung bei Raumtemperatur [3])	W	5	3
bei maximaler Temperatur [4])	W	2,4	1
Maximal zulässige Spulenspannung	V	110	60
Anzugszeit bei Betriebsleistung und Raum-temperatur [3])	ms	< 7	< 3
Maximale Schalthäufigkeit bei geringer Schaltleitung	s^{-1}	30	100
Bereich der Schüttelfestigkeit	Hz	10...55 [5])	10...2000 [6])
Stossfestigkeit	cm/s^2	50*g**	80*g**
Gewicht (inkl. Becher)	g	≈ 120	≈ 12
Volumen (inkl. Becher)	cm^3	≈ 70	≈ 4,5

[1]) Bei Kontaktbestückung 4 × 21.
[2]) Dieser Wert wird bei Raumtemperaturen erreicht. Der grosse Abstand zur Ansprechleistung ergibt sich durch die Berücksichtigung der minimal auftretenden Betriebsspannung und der Widerstandszunahme durch Erwärmung.
[3]) 25 °C.
[4]) Bei AZ 66: 85 °C; bei AZ 410: 125 °C.
[5]) Bei Amplitude 0,75 mm.
[6]) Bei max. 10*g**.
[7]) Schaltungen.

6.3 *Auswahl der Werkstoffe*

Die zulässige Endtemperatur des Relais hängt nur von der thermischen Belastbarkeit der verwendeten Isolierstoffe ab. Dabei ist zu unterscheiden zwischen thermischer Zerstörung und der Abgabe von organischen Gasen bei erhöhter Temperatur. Isoliermaterialien, die den angegebenen Endtemperaturen von 160 °C und mehr ausgesetzt werden können, ohne zerstört zu

werden oder ihre Eigenschaft wesentlich zu verändern, stehen noch in relativ grossem Umfang zur Verfügung. Werkstoffe, die bei Temperaturen von 160 °C und darüber noch keine organischen Dämpfe abgeben, sind bereits sehr selten.

Die von den Isolierstoffen abgegebenen organischen Dämpfe können die ursprüngliche Zusammensetzung des Füllgases entscheidend verändern. Sie stehen so der Absicht entgegen, durch die hermetische Kapselung eine definierte, für das Relais unschädliche Atmosphäre zu schaffen. Im hermetisch verschlossenen Becher bleiben die Kunststoffausdünstungen in der unmittelbaren Umgebung des Relais erhalten und führen zu störenden chemischen Reaktionen mit den Kontaktwerkstoffen. Die Folge ist eine beträchtliche Erhöhung des Kontaktwiderstandes, die bis zur völligen Isolierung führen kann. Wie bereits erwähnt, entfällt von dem messbaren Kontaktwiderstand nur ein Teil auf den Übergangswiderstand zwischen den Kontakten. Der durch die Konstruktion bedingte, mit Ausnahme der Temperaturabhängigkeit unveränderliche, feste Anteil liegt je nach Typ zwischen 2 und 10 mΩ.

Der Übergangswiderstand $R_Ü$ setzt sich zusammen aus dem Engewiderstand R_E und dem Fremdschichtwiderstand R_F [7]

$$R_Ü = R_E + R_F$$

Der Engewiderstand liegt etwa in der Grössenordnung von 1 mΩ. Der Fremdschichtwiderstand wird durch Filme oder Deckschichten auf der Kontaktoberfläche verursacht, die bei den erwähnten chemischen Reaktionen der Kontaktwerkstoffe mit organischen Gasen entstehen. In gekapselten Schaltgeräten sind verschiedene derartige Reaktionsmöglichkeiten gegeben, von denen vier Arten erwähnt seien [4]:

a) Bei *ruhenden Kontakten* treten unmittelbare chemische Reaktionen zwischen Kontaktwerkstoffen und Kunststoffen (ohne gegenseitige Berührung) auf, die durch entstehende Gase hervorgerufen werden.

b) *Stromlos schaltende Kontakte.* Aufbau von festen Polymerisationsprodukten aus organischen Dämpfen durch katalytische Erscheinungen an Metalloberflächen. Hierüber sind vor allem in den Laboratorien der Bell Telephone Systems Ltd. grundlegende Untersuchungen durchgeführt worden [8]. Auf der Oberfläche von Kontakten lagern sich organische Moleküle, die in geringer Konzentration in der umgebenden Atmosphäre enthalten sind, unter Bildung einer chemischen Verbindung ab (Chemosorption). Es folgt eine Polymerisation der abgelagerten Produkte, die sich in der sichtbaren Anhäufung eines amorphen, bräunlichen Niederschlages («Brown Powder») zeigt. Die für den Polymerisationsvorgang nötige Energie wird durch die Reibung der Kontaktstücke aufgebracht. Der elektrische Widerstand dieser Anhäufungen ist sehr hoch. Sie werden erst von Spannungen über 200 V durchschlagen. Der Effekt wurde vor allem bei Werkstoffen der Platingruppe beobachtet. Bei Silber, Kupfer, Eisen und Wolfram tritt er nicht auf, während er bei Gold noch ungeklärt ist. Bei Verwendung von Legierungen von nicht betroffenen Metallen, wie z. B. Silber mit Platinmaterialien, nimmt die Anfälligkeit mit dem abnehmenden Anteil des Platinpartners ab.

c) *Reaktionen bei unter Last schaltenden Kontakten.*

α) Aktivierung (vollständige Verkokung).

Auf der Kontaktoberfläche absorbierte organische Schichten werden unter der Einwirkung elektrischer Ladungen teilweise verbrannt, so dass sich lokale Kohlenstoffanreicherungen bilden. Der für die Lichtbogenbildung massgebende Grenzstrom wird dadurch erniedrigt, die Funkenbildung vermehrt. Der Kontaktverschleiss von derart aktivierten Kontakten kann dabei um mehr als zwei Zehnerpotenzen ansteigen. Die Lebensdauer wird entsprechend herabgesetzt [9].

β) Entstehung isolierender Schichten (unvollständige Verkokung).

Ist die Verkokung der organischen Schichten nicht vollständig, so werden sie zu russartigen Produkten gekrackt, die aus Kohlenwasserstoffen mit relativ hohem Wasserstoffgehalt bestehen. Der elektrische Widerstand dieser Deckschichten ist sehr hoch [10]. Sie zeigen sich in Form schwarzer festhaftender Schichten oder als dunkles, lockeres Pulver, das aus Metallstaub besteht, dessen Partikel von einer schlecht leitenden Russhaut umhüllt sind.

Isolierstoffe für Becherrelais

Tabelle IV

Anwendung	Material	t_1 °C	t_2 °C
Spulenkörper und Pimpel	Makrolon (Polycarbonat)	130	135
	Hostaflon (Polytrifluorchloräthylen)	160	180
	Teflon (Tetrafluoräthylen)	200	260
	Keramik	—	≫200
Pimpel, Sockeldurchführungen	Glas	—	≫200
Spulenflansche und Isolierzwischenlagen	Epoxyd-Glashartgewebe	135	150
	Teflon	200	260
Grund- und Deckisolation der Wicklung	Hostaphan	130	140
	Silikon-Kautschukband	140	>180
	Teflonband	>160	260
	Glasfaden	—	≫200
Isolation von Wicklungsanfang und -ende und von Zuleitungen	Glasgewebeschlauch mit DD-Lack	130	135
	Silikon-Kautschukschlauch	140	180
	Teflon-Spaghettischlauch	>160	260
Spulendrahtisolation	Polyterephthalsäureester	130...150	150...180
	Melithsäure	140	280
	Teflonharz (FEP)	>160	200
	Keramik	—	≫200
	Glas	—	≫200

t_1 Ungefähre Temperatur, bis zu der noch keine organischen Gase abgegeben werden.

t_2 Ungefähre Temperatur, bis zu der noch keine Zerstörung auftritt.

Man sieht, dass dem Problem der Kunststoffausdünstungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um Kontaktstörungen durch Verunreinigungen zu vermeiden:

a) Verwendung von nicht gasenden Materialien.

In Tab. IV sind einige dieser Materialien angegeben, die in Becherrelais Verwendung finden. Neben dem Anwendungsgebiet sind die Temperaturen genannt, bis zu denen die Werkstoffe belastet werden können, ohne zu gasen (t_1) bzw. ohne eine wesentliche Veränderung ihrer Eigenschaften zu erleiden oder zerstört zu werden (t_2).

b) Entgasen der Isolierstoffe [11].

Für die Bildung von «Brown Powder» auf stromlos oder mit nur geringer Last schaltenden Kontakten ist eine Konzentration von ungesättigten Kohlenwasserstoffen von $4 \cdot 10^{-6}$ schon ausreichend. Bei Kontakten, die höhere Lasten schalten, genügt ein partieller Gasdruck von 75 μm Hg zur Entstehung von Kohlenstoffniederschlägen (Aktivierung). Da eine Konzentration von $4 \cdot 10^{-6}$ etwa einem Gasdruck von 75 μm Hg entspricht, gilt für beide Fälle der gleiche zulässige Grenzwert. Es liegt nahe, die Relais vor dem Einbechern bei einer Temperatur, die etwas über der unter Betriebsbedingungen auftretenden liegt, einem Unterdruck von ca. 75 μm Hg auszusetzen. Etwa vorhandene Bestandteile, die sonst im Betrieb gasförmig austreten und sich auf den Kontakten niederschlagen würden, werden bereits hier flüchtig und gelangen nicht mit in den Becher. Entsprechende Versuche mit Relais ähnlich des Typs AZ 410 (vgl. Fig. 5 Ziff. 7) (Umgebungstemperatur 125 °C, Endtemperatur 160 °C) haben sehr gute Ergebnisse gezeigt. Die unjustierten noch offenen Relais werden 5 h lang bei 210 °C und 125 μm geheizt. Anschliessend werden sie justiert, eingebechert und bei offenem Pumploch weitere 2 h bei 170 °C und 125 μm Hg gehalten. In der Kühlschlange schlagen sich bei −25 °C bräunliche Bestandteile nieder, die bei Raumtemperatur zu einer dunklen Flüssigkeit schmelzen. Die so behandelten Relais erreichen eine 2...5 mal höhere Lebensdauer als unbehandelte.

c) Verwendung von «Gettern».

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den organischen Gasen an anderen Stellen innerhalb des Bechers die Möglichkeit zur Adsorption zu bieten. Dies geschieht durch Einbau von sog. «Gettern». In einer von *Graves* [12] beschriebenen Ausführungsform besteht der Getter aus Gazekapseln, die aktivierten Kohlenstoff mit Zellulosefasern als Bindemittel versehen, enthalten. Die kapillare Struktur der Aktivkohle ergibt eine relativ grosse Oberfläche, die für die Adsorption der organischen Dämpfe zur Verfügung steht.

d) Zweikammersystem.

Nachdem man versucht hatte, durch hermetische Kapselung des gesamten Relais dieses gegen die äusseren atmosphärischen Einflüsse zu schützen, war es naheliegend, die gefährdeten Kontakte durch eine weitere Kapselung gegen die Einflüsse des Kleinklimas im Becherinnern zu schützen. Konstruktionen dieser Art gibt es in verschiedenen Ausführungen. Einmal wird der Kontaktraum mit einer dichten Umhüllung versehen (wobei Voraussetzung ist, dass der Kontaktaufbau keine organischen Werkstoffe enthält), das andere Mal der Spulenraum [13].

7. Weitere Entwicklung

Im vorhergehenden Abschnitt wurden die Wege aufgezeigt, die im Laufe der Jahre zur Erfüllung der an die Relais gestellten Anforderungen führten. Die Richtung der weiteren Entwicklung wird durch die noch weiter steigenden Anforderungen z. B. der Raketentechnik und Luftfahrt besonders bestimmt.

Es ist zu erwarten, dass sich der geforderte Temperaturbereich nach beiden Seiten erweitert; mit einer Verwendung in grösserer Höhe (geringerer Luftdruck) ist zu rechnen. Die mechanischen Beanspruchungen wie Schütteln, Stossen und Beschleunigung werden durch die zukünftigen Verwendungszwecke erhöht; geringere Baumasse und niedrigeres Gewicht, bedingt durch die ständig steigende Anzahl von Schaltelementen und Einschränkung des zur Verfügung stehenden Raumes werden in zunehmendem Masse verlangt.

Die Anwendung in der gesamten Industrie, besonders in der Automation und Steuerungstechnik, fordert von den Relais eine immer höhere Funktionssicherheit, vor allem in Bezug auf einwandfreie Kontaktgabe. In den vergangenen Jahren wurde eine Fülle von Schaltelementen entwickelt, die vermuten liessen, dass das Relais seine bisherige einflussreiche Rolle in der Schaltungstechnik verlieren würde. Dies hat sich aber nicht bestätigt; es zeigt sich vielmehr, dass das Relais in der weiteren Entwicklung durchaus die gestellten Anforderungen erfüllt und weiter eines der wichtigsten Schaltelemente bleibt [14]. Man wird jedoch auch in Zukunft sich die weitere Entwicklung der Werkstoffe zu Nutze machen und neue Konstruktionswege suchen müssen.

Literatur

[1] *Bromfield, R. M.:* A Comparison of Sealed and Unsealed Relays. Symposium on Electromagnetic Relays. Oklahoma, Juni 1953.

[2] *MIL-R-5757 D:* General Specification for Relays, Department of Defense, USA, 20. September 1960.

[3] *MIL-STD-202 B:* Test Methods for Electronic and Electrical Component Parts, Department of Defense, USA, 14. März 1960.

[4] *Keil, A.:* Die Bedeutung des «Kleinklimas» in gekapselten Schaltgeräten. ETZ-B 12(1960)11, S. 264...265.

[5] *Schmidt, J.* und *W. W. Wright:* Realistic Relay Specifications. Symposium on Electromagnetic Relays, 1959, S. 63...64.

[6] *Bodamer, A.:* Erregerleistung und mögliche Schaltleistung von Relais. Regelungstechn. Prax. 1(1959)4, S. 103...108.

[7] *Merl, W.:* Der elektrische Kontakt. Aus den Laboratorien der Dr. Dürrwächter KG., Pforzheim.

[8] *Hermance, H. W.* und *T. F. Egan:* Organic Deposits on Precious Metal Contacts. Bell Syst. techn. J. 37(1958)3, S. 739...776.

[9] *Germer, L. H.* und *J. L. Smith:* Activation of Electrical Contacts by Organic Vapors. Bell Syst. techn. J. 36 (1957)3, S. 769...812.

[10] *Gerber, Th.:* Isolierende kohlenstoffhaltige Deckschichten an Relaiskontakten. Techn. Mitt. PTT 37(1959)8, S. 283...303.

[11] *Juptner, W. F.:* Degassing of Sealed Relays. NARM Relay Symposium, 1960, S. 61...62.

[12] *Graves, C.:* Prevention of Contact Contamination in Sealed Relays. Platinum Metals Rev. 3(1959)1, S. 22...23.

[13] *Boylan, A. P.:* Contact Capsules-Aid to Relay Reliability. NARM Relay Symposium, 1960, S. 104...106.

[14] *Weyh, U.:* Transistor und Relais als steuerbare elektrische Schalter. Zettler Mitt. —(1962)11, S. 7...36.

Adresse der Autoren:

Dr.-Ing. *P. von Doderer* und Ing. *A. Bodamer*, A. Zettler, Elektrotechnische Fabrik GmbH, Holzstrasse 28...30, München 5 (Deutschland).