

Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen
Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-
Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere
Band: 39 (1966)
Heft: 4

Artikel: Neuere Entwicklungen im Relaisbau
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-562049>

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: 02.04.2025

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

621.318.5
fu

Neuere Entwicklungen im Relaisbau

Die schnell fortschreitende Entwicklung auf dem Gebiet der elektronischen Schaltmittel scheint das elektromagnetische Relais in seinen vielfältigen Formen langsam in den Hintergrund zu drängen. Trotz allen Vorzügen, die elektronische Bauelemente und Schaltungen aufweisen, können sie aber nicht die Eigenschaften der elektromagnetischen Relais ersetzen: Das Verhältnis der Widerstände von geöffnetem und geschlossenem Kontakt erreicht bei Relais ohne weiteres 10^{11} und mehr, während z. B. bei Halbleitern höchstens Werte von 10^7 erreichbar sind. Daneben erlaubt das elektromechanische Relais, die Stromkreise auf der Steuerseite völlig von einer Vielzahl von Schaltstromkreisen zu trennen; auch die einzelnen Schaltstromkreise arbeiten elektrisch vollständig getrennt voneinander.

Das Problem der Temperaturabhängigkeit, wie man es bei Halbleitern kennt, ist bei Relais in den meisten Fällen bedeutungslos. Während die Schaltleistung bei Relais in relativ weiten Grenzen unabhängig von der Steuerleistung variiert werden kann, muss die Steuerleistung bei Halbleitern im allgemeinen der Last ziemlich genau angepasst werden.

Für viele Anwendungsfälle haben die seit bald 50 Jahren nicht wesentlich veränderten Ausführungen der elektromagnetischen Relais einige Nachteile: die verhältnismässig grossen Schaltzeiten, die unter bestimmten Umständen unsichere Änderung der Kontaktübergangswiderstände, das Prellen und die für manche Fälle ungenügende Lebensdauer. Wie die Praxis zeigt, werden auch in Zukunft elektromagnetische Relais neben und — was wichtig erscheint — zusammen mit elektronischen Schaltelementen weiterbestehen. Der Bedarf an Relais wird sich wahrscheinlich nur von verschiedenen Anwendungsgebieten zu andern verlagern, aber im Ganzen gesehen zunehmen.

Viele Schaltaufgaben lassen sich nur unter gemeinsamer Verwendung von elektromagnetischen und elektronischen Schaltmitteln zweckmässig lösen. Gerade das Zusammenwirken beider Arten von Elementen verlangt vom Relais aber eine Anpassung an die Vorteile elektronischer Schaltungen. Dazu gehören kürzere Schaltzeiten, wartungsfreier Betrieb über eine grosse Anzahl von Schaltungen und in manchen Fällen die Verkleinerung der Abmessungen. Solche und ähnliche Überlegungen führten zu den seit 1955 bekannten «Dry-Reed-Relais» (Trockenzungenrelais). Daneben wurde die Technik

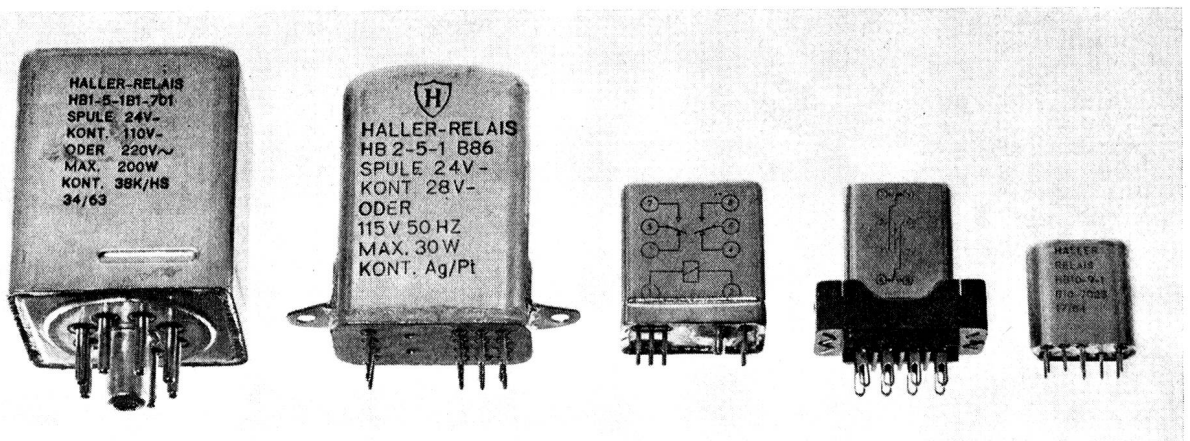
des Einbecherns klassischer Relais in Schutzgasatmosphäre weiter entwickelt, wobei vor allem grössere Betriebssicherheit unter extremen Umgebungsbedingungen erreicht wurde.

Becherrelais

Wie schon erwähnt, ist ein Nachteil der herkömmlichen Relaisbauformen die verhältnismässig grosse Abhängigkeit von den atmosphärischen Umgebungsbedingungen. Dabei darf nicht nur an die Temperatur gedacht werden, sondern besonders auch an andere Einflüsse, wie Staub, korrosive Gase, Feuchtigkeit, Kondenswasserbildung u. a. Nicht ohne Grund wird in den Räumen mit Telephonvermittlungsanlagen auf grösste Reinlichkeit, Staubfreiheit und weitgehend gleichmässige Luftfeuchtigkeit geachtet. Auf diese Weise wird ein wichtiger Beitrag zur Betriebssicherheit unserer Telephon- und Telegraphenanlagen geleistet.

In vielen Fällen ist es aber völlig ausgeschlossen, die Umgebungsbedingungen den verwendeten Bauelementen anzupassen. Im Gegenteil: das Bauelement und damit das Relais muss sich sehr oft den jeweils gegebenen Verhältnissen anpassen. Während man heute viele elektronische Bauelemente und ganze Schaltungen vollständig in Kunstharz eingiesst, um sie gegen die meisten schädlichen Umwelteinflüsse unempfindlich zu machen, ist dies bei elektromagnetischen Relais nicht ohne weiteres möglich, da sie ja mechanisch bewegte Teile enthalten. Dagegen kann man die Relais vollständig in ein Gehäuse einschliessen, womit der Atmosphäre der Zutritt verwehrt wird. Es ist aber nicht damit getan, dass man das Relais in ein luftdichtes Gehäuse einschliesst, vielmehr sind eine ganze Reihe von Vorsichtsmassregeln zu beachten, um wirklich brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

Die Entwicklung, die Relais abzuschliessen, ging vornehmlich von den USA aus, wo die strengen Bedingungen der Luftfahrt, des Schiffbaus und des Militärs höchste Zuverlässigkeit unter schwersten Bedingungen verlangten. Die von den amerikanischen Militärbehörden unter den Bezeichnungen MIL und JAN herausgegebenen Prüfvorschriften und Bedingungen enthalten auch ausführliche Angaben über Relais. Die Ergebnisse der Entwicklung finden dort ihren Niederschlag. Ein besonderes Problem ist auch das Schalten sogenannter «trockener Stromkreise» (dry circuits). Darunter versteht man



153 Fig. 1. Becherrelais, verschiedene Ausführungen.

das Schalten sehr kleiner Spannungen und Leistungen. Dieses Problem wurde ebenfalls zuerst in den Vereinigten Staaten ausführlicher untersucht, da sich vor allem bei ferngesteuerten Einrichtungen grössere Schwierigkeiten mit Kontakten zeigten.

Die hier beschriebenen Relais dürfen nicht mit solchen verwechselt werden, die man durch Aufsetzen von Blechkappen und Kunststoffgehäusen gegen mechanische Beschädigung und vor Verstaubung schützt. Für viele Zwecke sind solche Abschirmungen durchaus genügend. An hermetisch verschlossene Relais werden jedoch Anforderungen gestellt, die solche Abdeckungen bei weitem nicht mehr erfüllen können.

Die wichtigsten dieser Forderungen sind: Beständigkeit gegen Umgebungseinflüsse wie Staub, Feuchtigkeit, korrosive Gase und Flüssigkeiten, grosse Temperaturschwankungen, mechanische Einflüsse, wie Stoss, Vibrationen usw., hohe Lebensdauer bei möglichst kleinen Ausfallquoten, Garantie für Einhaltung bestimmter elektrischer Eigenschaften während der Lebensdauer. Die Konstruktion und Herstellung solcher Relais stellt also eine ganze Reihe zum Teil sehr schwieriger Probleme.

Die verwendeten Gehäuse und natürlich auch die isolierten Durchführungen der Anschlüsse müssen unter allen Bedingungen während der ganzen Lebensdauer einwandfrei gasdicht sein, die Oberfläche der Gehäuse muss stärksten korrosiven Einwirkungen widerstehen können. Die Atmosphäre im Innern des Bechers ist so zu wählen, dass weder Kondenswasserbildung noch Korrosion auftritt. Da solche Relais oft

wesentlich höheren Temperaturen als normale Relais ausgesetzt werden, ist es besonders wichtig, dass die im Becher eingeschlossenen Teile unter der Einwirkung der Hitze keinerlei Gase absondern, die zu einer Verschmutzung oder Zersetzung der Kontakte führen könnten. Die bei gewöhnlichen Relais üblichen Stoffe, insbesondere Isolierstoffe, genügen diesen Forderungen nicht, es müssen hochtemperaturbeständige Isoliermaterialien für Spulenkörper und Federsatzisolationen sowie besondere Isolierlacke für den Wicklungsdraht verwendet werden.

Die Zusammensetzung der Atmosphäre im Innern der Becher ist so zu wählen, dass schädliche Einwirkungen weitgehend ausgeschlossen sind. Die Becher werden daher vor dem völligen Verschluss evakuiert und mit einem neutralen Gas gefüllt. Je nach Anwendungszweck der Relais werden verschiedene Gase eingefüllt: getrocknete und gereinigte Luft, Stickstoff, Wasserstoff und Helium sowie entsprechende Gemische.

Bei vielen Anwendungsfällen, wie z. B. in mobilen Geräten, in Fahr- und Flugzeugen, in Raketen, Lenk Waffen und Satelliten, wie auch in Maschinen und Apparaten mit starker Erschütterung, werden Relais oft hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Befestigungselemente und bewegliche Teile solcher Relais sind deshalb besonders sorgfältig zu bemessen, damit sie Beanspruchungen durch Stoss und Vibrationen weitgehend widerstehen und unter diesen Einflüssen noch einwandfrei arbeiten. Von den Herstellern hermetisch verschlossener Relais werden in der Regel bestimmte Werte der Stoss- und Vibrationsfestigkeit unter definierten Verhältnissen garantiert. Dies erleichtert die Entwicklungsarbeit für entsprechende Anlagen und Geräte oft wesentlich (Fig. 1).

Die mechanischen Abmessungen der Relais sind manchmal von entscheidender Bedeutung, besonders wenn man an ihre Verwendung in Raketen, Satelliten, Waffen und Flugzeugen denkt. Ebenso soll das Gewicht möglichst gering sein. Diese Bedingungen führten zu einer weitreichenden Miniaturisierung der Becherrelais (Bild 2). Leichte Auswechselbarkeit spielt daneben oft eine grosse Rolle. Die meisten Becherrelaisstypen sind deshalb mit Stecksockel und zugehöriger Fassung ausgeführt (Fig. 1).

Die Verwendung einer steigenden Zahl von Becherrelais kann seit einigen Jahren auf allen Gebieten der Elektrotechnik beobachtet werden. Besonders die kommerzielle und militärische Nachrichtentechnik, Flugwesen und Schiffbau sind an solchen betriebssicheren Elementen interessiert. Aber auch in automatischen Steuerungen der Industrie wird heute schon vielfach von hermetisch verschlossenen Relais Gebrauch gemacht. So ist zum Beispiel in der chemischen Industrie und in Räumen mit brennbaren Gasen ein Vorteil, dass nicht nur die äussere Umgebung keinen Einfluss auf die Betriebssicherheit hat, sondern dass auch Vorgänge im Innern des Bechers keine schädlichen Auswirkungen auf die Umgebung haben. Solche Relais können daher in explosionsgefährdeten Räumen verwendet werden, was unter Umständen merkliche Einsparungen bei der elektrischen Ausrüstung zulässt.

Die grossen Vorteile der hermetisch verschlossenen Becherrelais gegenüber den üblichen offenen Ausführungen lassen erwarten, dass noch weitere Gebiete der Elektrotechnik davon Gebrauch machen werden.

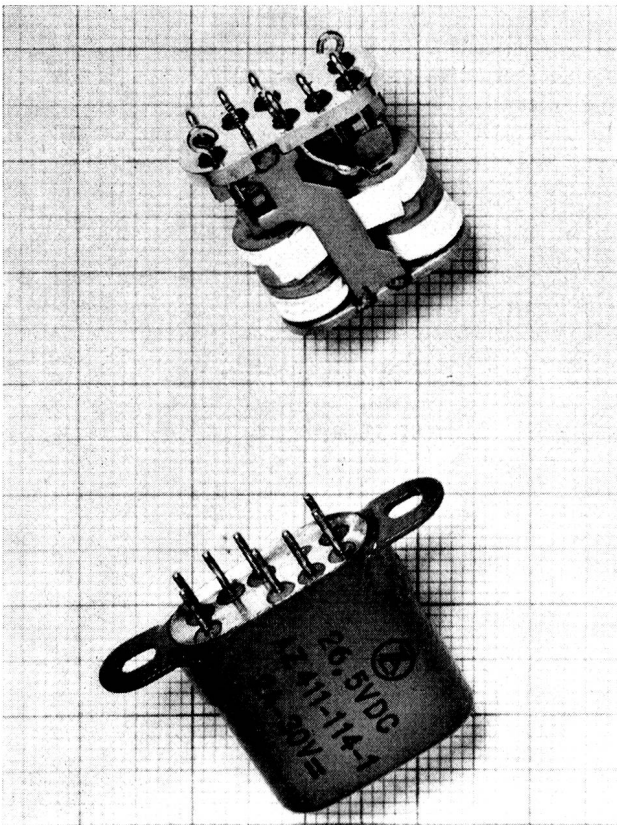


Fig. 2. Miniatur-Becherrelais in geöffnetem und geschlossenem Zustand.

Reedrelais

Mehr als ein halbes Jahrhundert behielt das elektromagnetische Relais im wesentlichen seine ursprüngliche Form bei. Erst das Zeitalter der kontaktlosen Elektronik brachte eine grundlegend neue Konstruktion: das «Dry-Reed-Relais». Wie sein Name, stammt auch das Reedrelais selbst aus den Vereinigten Staaten von Amerika. Dry-Reed-Relais heisst wörtlich «Trockenzungenrelais». Mit diesem Namen soll auf den trockenen Kontakt im Gegensatz zu sogenannten «feuchten oder benetzten» Kontakten hingewiesen werden, deren Beschreibung weiter unten folgt.

Im deutschen Sprachgebrauch werden verschiedene Ausdrücke verwendet: Reedrelais, Schutzrohrkontaktrelais, Schutzgaskontaktrelais, hermetisch abgeschlossener Kontakt (Herkon) u. a. Diese Bezeichnungen weisen schon auf ein wesentliches Merkmal der Reedkontakte: Die Kontaktfedern sind als Zungen oder Lamellen in ein Glasröhrchen völlig dicht eingeschlossen (Fig. 3).

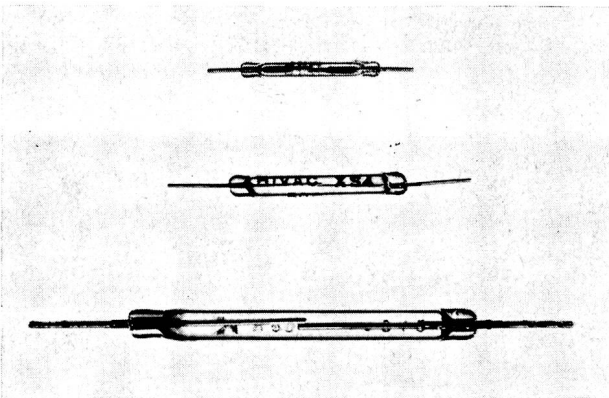


Fig. 3. Reedkontakte. Normalausführung und Miniaturkontakte.

Aus den gleichen Gründen wie bei den Becherrelais sind diese Röhrchen meist mit einem Schutzgas gefüllt, oder — für spezielle Zwecke — evakuiert. Die Lamellen bestehen aus einer magnetisch weichen Legierung (Nickel-Eisen). An ihren Berührungsstellen sind sie in der Regel mit einem Überzug aus Gold, Palladium, Silber oder Rhodium versehen. Der Luftspalt zwischen den beiden Zungen hat bei geöffnetem Kontakt Werte von rund 0,2 bis 0,4 mm. Bringt man den Kontakt in den Bereich eines magnetischen Feldes, so durchfliesst ein grosser Teil desselben die Lamellen und den dazwischenliegenden Luftspalt, die Lamellen ziehen sich unter dem Einfluss der magnetischen Kräfte zusammen, wodurch der elektrische Kontakt hergestellt wird.

Damit ist der Hauptunterschied zwischen herkömmlichen und Reedrelais erklärt: Während beim gewöhnlichen Relais die magnetische Kraft mit Hilfe mechanischer Elemente (Anker usw.) auf die elektrischen Kontakte übertragen wird, hat das Reedrelais einen gemeinsamen magnetischen und elektrischen Pfad. Die sich daraus ergebenden Vorteile sind offensichtlich: keine Reibungsverluste, sehr kleine bewegte Massen, geringe Induktivität und damit vor allem eine erheblich kürzere Anzugszeit. Die Kontaktstelle selbst ist wie beim Becherrelais von den Umgebungsbedingungen abhängig. Das Zusammenlegen der Übergangsstelle für den magnetischen

Fluss und den elektrischen Strom sichert eine sehr gute Kontaktgabe.

Die wichtigsten Vorzüge der Reedkontakte sind demnach: kurze Ansprechzeit, sicherer Kontakt, hohe Lebensdauer und kleine Abmessungen.

Der Reedkontakt kann sowohl von einem elektromagnetischen Feld, also einer Spule, als auch von einem permanentmagnetischen Feld betätigt werden; zuerst sei das Schalten durch das elektromagnetisch betätigte Feld beschrieben: Um grösstmögliche Wirkung zu erzielen, ordnet man den Reedkontakt im Zentrum einer Spule an, deren Länge ungefähr mit der Länge des Glaskörpers übereinstimmt (Bild 4).

Selbstverständlich ist es auch möglich, mehrere Kontakte in einer Spule anzuordnen. Um eine grössere Ansprechempfindlichkeit zu erreichen wird die Spule meist mit einem magnetischen Rückschluss aus Eisenblech versehen. Dieses Blech dient gleichzeitig als Abschirmung gegen magnetische Fremdfelder, die sich besonders störend auswirken können, wenn viele Relais neben- oder übereinander montiert werden.

Durch geeignete Ausbildung des magnetischen Rückschlusses kann die Ansprechempfindlichkeit noch wesentlich erhöht werden (Fig. 5). In diesem Fall ist es zweckmässig, remanenzarmes Eisen zu verwenden, um sicheres Öffnen der Kontakte zu gewährleisten. Ordnet man mehrere Kontakte in derselben Spule an, werden die magnetischen Verhältnisse ungünstiger, weshalb die Ansprechempfindlichkeit abnimmt. Es sind Ausführungen mit bis zu 48 Reedkontakten in einer Spule bekannt.

Bei den bis heute verwendeten Reedkontakten überwiegen die Arbeits- oder Schliesskontakte. Da jedoch für viele Schaltaufgaben Ruhekontakte (Öffner) sowie Umschaltkontakte benötigt werden, ist die Bedeutung auch dieser Ausführung gross. Aus verständlichen Gründen ist die Herstellung eines Ruhekontaktes auf dem Reedprinzip nicht ohne weiteres mög-

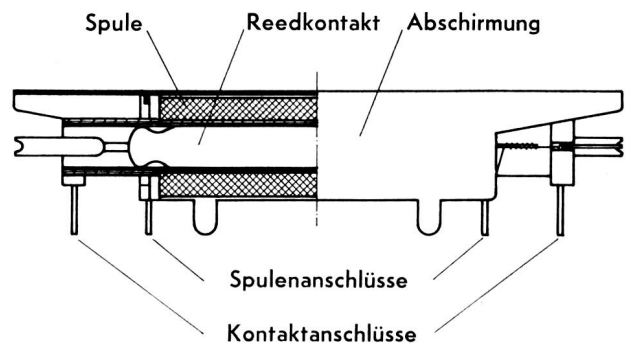


Fig. 4. Reedrelais zum Einlöten in gedruckte Schaltungen.

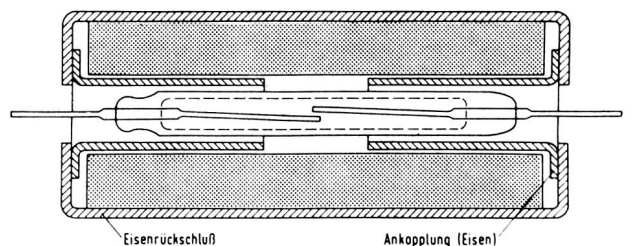


Fig. 5. Aufbau eines hochempfindlichen Reedrelais mit sorgfältig ausgebildetem Eisenrückschluss.

lich: mit magnetischer Kraft lassen sich wohl zwei Zungen zusammenbringen, aber es ist nicht einfach möglich, zwei Lamellen, die durch Federkraft zusammengedrückt werden, mit Hilfe magnetischer Erregung voneinander zu trennen. Dagegen erhält man durch Einschmelzen einer dritten unmagnetischen Lamelle einen Umschaltkontakt (Fig. 6). Solche Kontakte werden von verschiedenen Herstellern in den gleichen

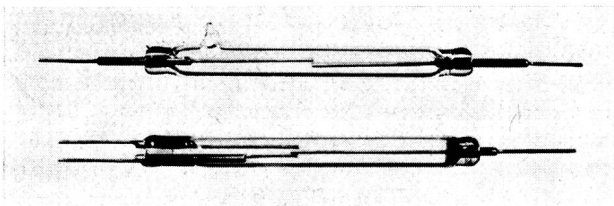


Fig. 6. Reed-Umschaltkontakt und Hochspannungskontakt.

Abmessungen wie die Arbeitskontakte angeboten. Ihre elektrischen Eigenschaften stimmen im grossen und ganzen mit den Daten normaler Reedkontakte überein. Diese Umschaltkontakte können natürlich auch nur als Ruhekontakte verwendet werden.

Schaltvermögen

Das Schaltvermögen der Reedkontakte erreicht je nach Kontaktmaterial 15 bis 100 W oder VA, wobei die Angaben der Hersteller nicht einheitlich sind. Die maximale Schaltspannung beträgt normalerweise 220 V \sim oder 150 V=. Beachtet man die entsprechenden Vorsichtsmassnahmen (Funkenlöschung), so ist es z. B. möglich, kräftige Schaltrelais oder kleine Schütze mit Reedkontakten zu steuern. Der Schaltstrom darf bei normalen Kontakten 1 A und bei rhodiumplattierten Kontakten 2 bis 3 A nicht (auch nicht kurzzeitig) überschreiten.

Lebensdauer

Die Lebensdauer der Reedkontakte ist wie bei andern Kontakten von der Belastung abhängig. Für niedrig belastete Kontakte in «trockenen Schaltkreisen» kann eine Lebensdauer von 10^9 Schaltungen erwartet werden. Dies würde z. B. bei 50 Schaltungen/sec und ununterbrochenem Betrieb eine Lebensdauer von rund acht Monaten ergeben. Bei mittlerer Last kann mit $1 \dots 5 \cdot 10^7$ Schaltungen gerechnet werden, bevor der Übergangswiderstand unzulässig hohe Werte annimmt.

Schaltzeit

Die kurze Schaltzeit oder Ansprechzeit der Reedrelais ist ein besonders wesentlicher Vorteil. Man versteht darunter die Zeit, die zwischen dem Einschalten des Stroms und dem erstmaligen Schliessen der Kontakte vergeht. Die Ansprechzeit kann wie bei allen Relais durch verschiedene Massnahmen beeinflusst werden: Je grösser die magnetische Kraft ist, die auf die Kontaktlamellen einwirkt, umso schneller schliessen die Kontakte. Der Aufbau des magnetischen Feldes in der Spule kann aber nicht unendlich schnell erfolgen, er hängt besonders von der Induktivität der Spule und ihrem Ohmschen Widerstand ab.

Fig. 7 zeigt die Abhängigkeit der Ansprechzeit eines Reedrelais von der magnetischen Erregung. Wie man daraus sieht, sind Ansprechzeiten von weniger als 1 ms ($1/1000$ sec) möglich. Auch die Abfallzeit hängt vom magnetischen Feld ab. Wird es

genügend schnell abgebaut, so öffnen sich die Kontakte schon rund 0,1 ms nach dem Ausschalten des Stroms. Bei Relais mit mehreren Kontakten in einer Spule werden die Ansprech- und Abfallzeiten etwas länger, da die magnetischen Feldverhältnisse ungünstiger sind. Nahezu jeder Kontakt prellt vor dem endgültigen Schliessen mehr oder weniger lang. Auch der Reedkontakt bleibt von dieser in der Regel unerwünschten Erscheinung nicht verschont.

Je grösser die Geschwindigkeit der Kontaktfeder ist, umso grösser sind naturgemäss auch die Rückprallenergien, welche die Federn wieder auseinander treiben. Je kürzer also die Ansprechzeit der Relais ist, umso länger sind in der Regel die Prellzeiten. Bei normal erregten Reedkontakten muss mit Prellzeiten von etwa 0,5 bis 2 ms gerechnet werden. Erfahrungsgemäss neigen Umschaltkontakte etwas mehr zum Prellen, besonders auf der Ruheseite. Spezielle Reedkontakte, deren Beschreibung weiter unten folgt, arbeiten demgegenüber völlig prellfrei.

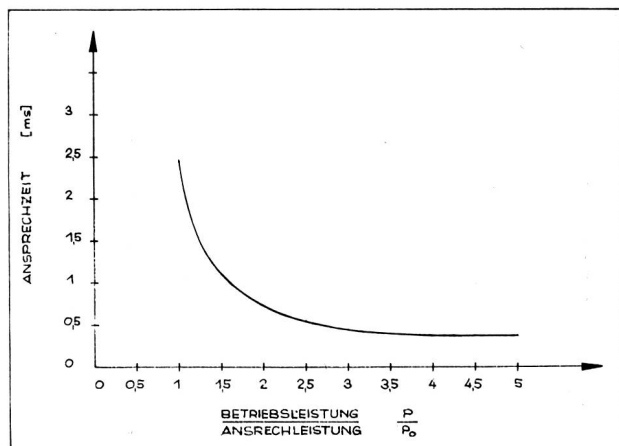


Fig. 7. Ansprechzeit eines Reedrelais in Funktion der magnetischen Erregung.

Wie schon erwähnt, ist es nicht möglich, in einfacher Weise Ruhekontakte zu verwirklichen, d. h. Kontakte, die im Ruhezustand geschlossen sind und sich bei Erregung öffnen. Durch bestimmte Hilfsmittel ist es jedoch gelungen, normale Arbeitskontakte in Ruhekontakte zu verwandeln. Eines davon ist die Anordnung einer zweiten Spule, die ständig erregt bleibt und damit den Kontakt geschlossen hält. Wird nun die Arbeitsspule im gegenläufigen Wicklungssinn vom Strom durchflossen, so wird bei richtiger Bemessung das magnetische Feld neutralisiert, und der Kontakt öffnet sich. Die Hilfsspule kann auch durch einen permanenten Magneten ersetzt werden. Dies hat den Vorteil, dass der Kontakt auch bei Stromausfall geschlossen bleibt. Ein Nachteil ist unter Umständen, dass der Strom in solchen Relais immer die gleiche Richtung einhalten muss, d. h. das Relais ist polarisiert.

Bei entsprechender Dimensionierung der Hilfsspule oder des Permanentmagneten ist es auch möglich, den Kontakt mit Hilfe von Impulsen in der Arbeitsspule zu schliessen und wieder zu öffnen. Man erhält eine bistabile Schaltung, ein sogenanntes Haftrelais. Das magnetische Hilfsfeld muss gerade so gross sein, dass es zwar den geschlossenen Kontakt halten kann, aber den geöffneten nicht selbständig zu schliessen vermag. Wird nun die Arbeitsspule durch einen Stromimpuls

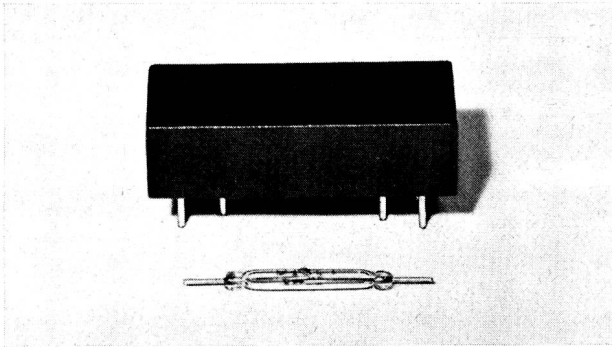


Fig. 8. Miniatur-Reedrelais mit zwei Kontakten zum Einlöten in gedruckte Schaltung mit Miniaturkontakt.

erregt, der das vorhandene Feld verstärkt, so wird sich der vorher offene Kontakt schliessen. Hat der Stromimpuls in der Arbeitsspule die entgegengesetzte Richtung zum Hilfsstrom, so wird das Feld wieder neutralisiert, und der geschlossene Kontakt öffnet sich. Es ist leicht einzusehen, dass solche Relais eine genaue Dimensionierung der Wicklungen und Felder verlangen.

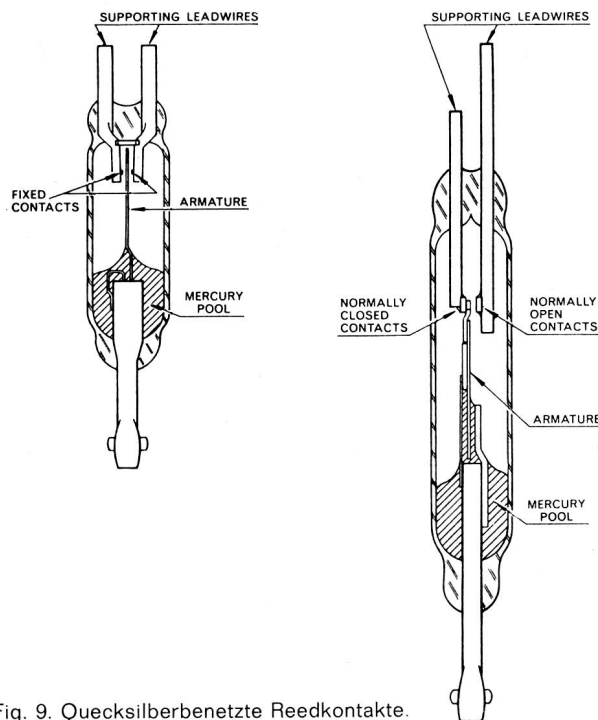


Fig. 9. Quecksilberbenetzte Reedkontakte.

Wie bei allen elektronischen Geräten und Bauelementen, hat auch bei den Reedkontakten und -relais bereits der Zug zur Miniaturisierung eingesetzt. Verschiedene Fabrikate sind schon im Handel erhältlich. Leider sind die Abmessungen bis jetzt uneinheitlich. Neben dem Vorteil der kleineren Dimension und der höheren Schaltgeschwindigkeit haben diese Miniaturreeds auch Nachteile, die sie für bestimmte Anwendungen ausschliessen. Wegen dem kleineren Luftspalt und der kleineren Kontaktfläche ist die maximale Schaltspannung und die Schaltleistung erheblich geringer als bei den normalen Kontakten. Zudem kosten Miniaturkontakte heute rund doppelt so

viel wie normale Ausführungen. Miniatur-Reedrelais werden deshalb nur dort verwendet, wo der Raumbedarf von entscheidender Bedeutung ist und wo nur kleine Leistungen zu schalten sind. Fig. 8 zeigt ein Miniatur-Reedrelais mit zwei Kontakten in vergossener Ausführung zum Einlöten in gedruckte Schaltungen sowie einen Miniaturkontakt.

Wie erwähnt, gibt es neben den «trockenen» Kontakten auch sogenannte «feuchte» Kontakte, genauer «mercury wetted contacts» oder quecksilberbenetzte Kontakte. Bei dieser Ausführung steht eine mit Kapillaren versehene Zunge in einem Quecksilberbad. Dieser Kontakt hat im Gegensatz zu den trockenen Reedkontakten eine vorgeschriebene Arbeitslage: das Quecksilber muss im Betrieb unten sein. Der oder die Gegenkontakte sind trocken. Infolge der Kapillarwirkung steigt das Quecksilber bis zur Kontaktstelle und benetzt sie. Die Arbeitsweise unterscheidet sich nicht vom gewöhnlichen Reedkontakt: Unter dem Einfluss eines äusseren Magnetfeldes ziehen die beiden Zungen aus magnetisch leitendem Material einander an, so dass der Kontakt geschlossen wird. Sobald die beiden Kontaktlamellen zum ersten Male aufeinanderprallen, bildet das flüssige Quecksilber eine leitende Brücke, die auch beim Zurückprellen der Lamellen bestehen bleibt und den Strom leitet.

Der quecksilberbenetzte Kontakt schliesst den Stromkreis aus diesem Grund völlig prellfrei. Durch die Kapillarwirkung und durch Verdampfung an der Kontaktseite erneuert sich das Quecksilber ständig, so dass der Übergangswiderstand bei normaler Belastung über sehr lange Zeit konstant bleibt. Trotz grosserer Schaltleistung ist die Lebensdauer der quecksilberbenetzten Kontakte mehrfach höher als die trockener Reed-

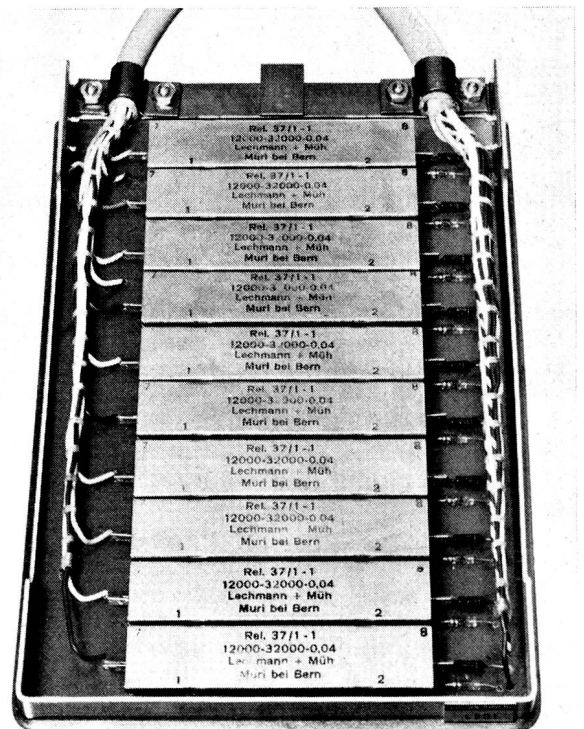


Fig. 10. Print mit Reedrelais für elektronische Steuerschaltungen.

Tabelle 1. Vergleiche verschiedener Relaisarten mit analoger Transistorschaltung *

| | Becherrelais | Miniatur- Reedrelais | Normal- Reedrelais | Reedrelais quecksilberben. | Transistor- schaltung |
|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Ansprechzeit | | | | | |
| (einschl. Prellzeit) | 5 ms | 0,7 ms | 2,0 ms | 2,2 ms | < 10 μ s |
| Prellzeit | 50 μ s | 0,2 ms | 0,2 ms | keine | keine |
| Abfallzeit | 3 ms | 0,06 ms | 0,08 ms | 0,08 ms | < 10 μ s |
| Nennlast (ohmisch) | 2 A, 52 W | 0,12 A, 4 W | 1,0 A, 15 W | 2 A, 50 W | 0,5 W |
| Lebensdauer | | | | | |
| bei Nennleistung | < 1×10^6 Schalt. | 3×10^6 | 3×10^6 | $100 \times 10^6 \Omega$ | in Betriebs- |
| Lebensdauer, unbelastet | < 1×10^8 Schalt. | 1×10^9 | 1×10^9 | 1×10^9 | stunden gemessen |
| geeignet | | | | | |
| für induktive Last | ja | ja mit Funken- löschung | ja | nein | nein |
| geeignet für Lampenlast | ja | nur kl. Lampen | ja | ja | ja |
| geeignet für Motorlast | ja | nein | ja | nein | nein |
| Überspannungs- | | | | | |
| festigkeit | hoch | mässig | hoch | nieder | nieder |
| Kontaktisolation | hoch | hoch | hoch | hoch | nieder |
| Kontaktübergangs- widerstand (neu) | 0,05 Ω | 0,10 Ω | 0,05 Ω | 0,03 Ω | 1,0 Ω |
| Isolationswiderstand | | | | | |
| (Stromkreis offen) | $1 \times 10^8 \Omega$ | $1 \times 10^{12} \Omega$ | $1 \times 10^{13} \Omega$ | $1 \times 10^8 \Omega$ | $1 \times 10^4 \Omega$ |
| Spulenleistung | | | | | |
| (Steuerleistung) | 1 W | 0,125 W | 0,15 W | 0,15 W | 0,05 mW |
| Temperaturstabilität | hoch | hoch | hoch | hoch | nieder |
| Zulässige Spannungs- | | | | | |
| schwankung | $\pm 20 \%$ | $\pm 20 \%$ | $\pm 20 \%$ | $\pm 20 \%$ | $\pm 0,5 \%$ |
| Schaltung | einfach | einfach | einfach | einfach | kompliziert |
| Schaltsicherheit | brauchbar | gut | gut | sehr gut | sehr gut |
| Grösse | | | | | |
| Gewicht (einpolig) | gut | sehr gut | brauchbar | brauchbar | sehr gut |
| Resonanzfrequenz | 2 bis 3 KHz | 2 KHz | 0,6 KHz | nieder | keine bew. Teile |
| Schüttelfestigkeit | 20 bis 30 g | 30 g | 15 g | nieder | keine bew. Teile |
| Stossfestigkeit | 50 bis 100 g | 50 g | 35 g | nieder | keine bew. Teile |
| Fehlersuche | leicht | leicht | leicht | leicht | kompliziert |
| Preis (annähernd) | 8 Dollar | 3 Dollar | 3 Dollar | 5 Dollar | 10 Dollar |

* Nach «Electromechanical Design», Juli 1964, S. 198.

kontakte. Nach Angaben der Hersteller kann eine Lebensdauer von weit mehr als einer Milliarde Schaltungen erwartet werden und zwar bei gleichbleibendem Kontaktübergangswiderstand. Auch mit diesen Kontakten können Ansprechzeiten von 1,5 bis 4 ms erreicht werden (Fig. 9).

Die elektrische Durchschlagfestigkeit im luftleeren Raum ist sehr gross. Um eine hohe Spannungsfestigkeit zwischen den geöffneten Kontaktlamellen zu erzielen, liegt es nahe, die Glasampullen leerzupumpen, statt sie mit Gas zu füllen. Man erhält damit Reedkontakte für sehr hohe Schaltspannungen. Fig. 6 zeigt ein amerikanisches Fabrikat, mit dem sich Spannungen bis zu 5000 V schalten lassen. Andere Hersteller geben Schaltspannungen von 10 000 V an. Die Abmessungen dieser Kontakte sind dieselben, wie die der normalen Reedkontakte, abgesehen vom kleinen Pumpstutzen, der zum Evakuieren der Ampullen diente.

Das Angebot für Reedrelais ist schon recht ansehnlich, es lässt eine grosse Auswahl für die verschiedenen Anwendungszwecke zu. Da heute die Mehrzahl aller elektronischen Schal-

tungen auf gedruckte Platten montiert werden, sind die meisten Reedrelaiskonstruktionen für diese Bauart vorgesehen, sie werden also unmittelbar in die Schaltung eingelötet. Da man bei richtiger elektrischer Dimensionierung mit einer grossen Lebensdauer rechnen kann, ist die Austauschbarkeit in vielen Fällen bedeutungslos. Zudem sind meistens die ganzen elektronischen Einheiten steckbar. Fig. 10 zeigt eine gedruckte Platte mit Reedrelais.

Reedrelais werden heute schon in den verschiedensten Zweigen der Elektrotechnik und Elektronik verwendet, wobei die Fernmeldetechnik im Vordergrund steht. Ein weiteres wichtiges Gebiet ist die Fernwirktechnik. Daneben werden Reedrelais immer mehr auch in industriellen Steuerungen, elektronischen Regeleinrichtungen und auch in Elektronenrechnern verwendet. Die Tabelle mit Vergleichswerten zwischen Becherrelais und verschiedenen Reedrelais sowie Transistorschaltungen fasst die Vor- und Nachteile dieser Bauelemente zusammen, dem Anwender gibt sie einige Hinweise über ihren richtigen Einsatz.