



SCHRIFTFLEITUNG:

DR. GERHARD MICHEL, BERLIN-MÜNCHEN

Alle Zuschriften an die Schriftleitung bitten wir, an den Verlag zu richten

VERLAG:

FACHVERLAG SCHIELE & SCHÖN  
G. m. b. H.

BERLIN SW 61, MARKGRAFENSTRASSE 11  
FERNRUF 61 36 86/87

BAND 14

NOVEMBER 1960

NR. 11

Inhaltsübersicht:	Seite	Seite
1. W. Rauch und Ueberschub: Mechanische Schwingensysteme als einfache Bauteile für Signalübertragung	363	
2. E. Pivitt: Reziproke und nichtreziproke Phasenschieber im Rechteckhohlleiter	369	
3. E. Flötenmeyer: Der Communications-Empfänger „Hammarlund Super Pro 600“	378	
4. W. Auer und H. Bendel: Eine wandlungsfähige Endschaltung für Trägerfrequenz-Fernsprechkreise		386
5. M. Jung und E. Welz: Schutzkontakte in Koaxialrelais für den Nachrichten-Weitverkehr		392
6. Neues aus Forschung, Industrie und Wirtschaft		396
7. Buchbesprechungen		396
8. Export-Anfragen		398

## Mechanische Schwingsysteme als einfache Bauteile für Signalübertragungen

Von W. Rauch und A. Ueberschub

Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium der Siemens & Halske AG

### Übersicht:

Resonanzrelais sind wegen der hohen Güte ihrer mechanischen Schwinger beim Trennen und Auswerten von Signalen unterhalb 1000 Hz einfachen elektrischen Filterschaltungen überlegen. Man kann mit solchen Relais billige Übertragungsanlagen aufbauen, wenn auch auf der Sendeseite die Schwinger der Resonanzrelais als frequenzbestimmende Glieder verwendet werden. Die vier Grundbausteine solcher Anlagen; ihre Schaltung und Wirkungsweise sowie einige Anwendungsmöglichkeiten werden erläutert.

Because of the high Q-factor of their mechanical vibrating elements, resonant-reed relays are superior to straight electrical filter circuits in selecting and evaluating signals at frequencies below 1000 c/s. Such relays allow a simple construction of transmission systems if the vibrating units of these relays are used as frequency-determining elements at the transmitting end as well. The paper explains the four basic building blocks of such systems, their connection and function, and some possible applications.

Im Zuge der fortschreitenden Automatisierung von Arbeitsvorgängen tritt das Problem, aus Meßgrößen und Schaltbefehlen hergeleitete Signale mit kleinem Aufwand zu erzeugen und auszuwerten, immer mehr in den Vordergrund. Stellt man die Signale durch Sinusschwingungen oder deren Kombinationen dar, kann man besonders einfache und billige Übertragungsanlagen aufbauen [1], [2], [3], [4]. Mit solchen Frequenzcode-Systemen können mehrere Signale gleichzeitig übertragen werden, die empfangsseitig solange anstehen, bis sie ausgewertet sind. Hierdurch wird eine große Übertragungssicherheit erreicht, ohne daß Korrekturen oder Signalwiederholungen notwendig sind. Da die Einschwingzeit der Empfangsorgane verhältnismäßig groß sein darf, kann man

mechanische Schwinger als Selektionsmittel einsetzen, deren Güte bei gleichen Abmessungen wesentlich höher als die elektrischer Kreise ist. Das hat zur Folge, daß in einem schmalen Frequenzband sehr viele Signale bei ausreichendem Frequenzabstand übertragen werden können. Die Anzahl der möglichen Signale erhöht sich noch, wenn mehrere Töne ein Signal bestimmen.

Für Frequenzcode-Verfahren sind Resonanzrelais als einfache und billige Empfangsorgane seit langem bekannt. Sie sind aber erst in neuerer Zeit zu betriebssicheren Bauelementen entwickelt worden [5], [6], seitdem besser geeignete Kontaktwerkstoffe und Schwingermaterialien mit sehr kleinen Temperaturkoeffizienten des Elastizitäts-Moduls zur Verfügung

stehen. Resonanzrelais werden bereits im öffentlichen Landfunk der Deutschen Bundespost [7], [8], im Taxifunk und in Ruf- und Meldeanlagen beim Selektivruf mit Erfolg eingesetzt. Die Ruftöne werden in einer Zentrale in frequenzkonstanten, nacheichbaren Generatoren erzeugt, die meist aufwendig und nur in gepflegten Räumen verwendbar sind. Bei vielen Anwendungen, hauptsächlich bei Steueraufgaben, werden Generatoren benötigt, die starken Temperaturschwankungen standhalten. Für diesen Einsatz eignen sich Generatoren, die als frequenzbestimmendes Glied das Schwingensystem eines Resonanzrelais enthalten und damit in einem großen Temperaturbereich frequenzstabil sind.

### Aufbau eines Übertragungssystems

Mit den beiden bei Siemens & Halske entwickelten Grundbausteinen, Resonanzrelais und Schwingensystem, läßt sich, wie in Bild 1 dargestellt, ein nach dem Fre-

### Generator

#### Resonator

Als frequenzbestimmende Glieder in Generatoren verwendet man seit langem Stimmgabeln. Diese lassen sich einfach befestigen, da sich am Fuß der Gabel ein Schwingungsknoten ausgebildet. Das Abstimmen von Stimmgabeln ist jedoch aufwendig. Nicht nur die Stimmgabelfrequenz muß eingestellt, sondern auch beide Zinken müssen auf gleiche Frequenz gebracht werden. Deshalb wurde ein Schwingensystem mit Einzelschwinger gewählt, das sich leicht abstimmen läßt und zudem den Vorteil bietet, daß sich mit ihm ein gedrängter Aufbau und damit eine kleine Grundfläche erzielen lassen. Ein solches System muß in der aus der Vibratorentechnik bekannten Weise federnd aufgehängt werden.

Der Magnetkreis entspricht im Prinzip dem des S&H-Telegraphenrelais. Dauer- und Wechselfluß sind getrennt geführt (Bild 2). Der in der Spule 3 erzeugte Wechselfluß durchsetzt über die Joche 4 die Arbeitsluftspalte 6 in einer Richtung, während der über die Schwingzunge 7 geführte Dauerfluß sich nach rechts und links teilt, dem Wechselfluß überlagert und über die Joche und den Eisenträger 2 zum Magneten 8 zurückgeführt wird. Ein großer Teil des Dauerflusses fließt über die Kerne der Rückkopplungsspulen 10, die Luftspalte 12 und über die Schwingzunge zu den Arbeitsluftspalten. Beim Bewegen der Zunge ändern sich die Luftspalte. Infolge der dadurch hervorgerufenen Flußänderungen entsteht in den Rückkopplungsspulen die Ausgangsspannung des Resonators. Schwinger, Dauermagnet, Erreger- und Rückkopplungskreis sind in einer Wanne 9 aus nichtmagnetischem Material befestigt, die im Träger mit Federn 1 aufgehängt ist. Die Eigenfrequenz der in der Aufhängung schwingenden Wanne liegt weit unterhalb der tiefsten Schwingerfrequenz, damit die Schwingenergie nicht zum Träger abgeleitet wird.

Die Resonanzfrequenz des Resonators wird mit der Schwingerlänge geändert, die Rückkopplungsspannung an den Stellschrauben 11, mit denen die Luftspalte im Rückkopplungskreis justiert werden. Durch den Spannungsabgleich können die Resonatoren so eingestellt werden, daß sich bei einem Frequenz-

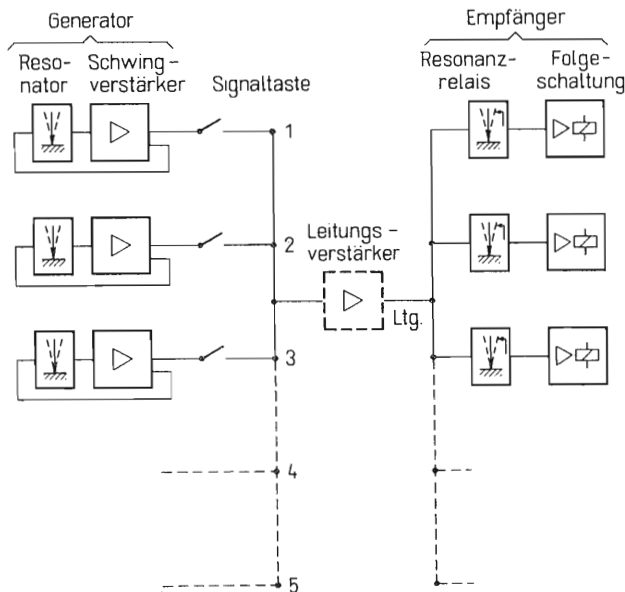


Bild 1. Grundschaltung einer Signalübertragung mit mechanischen Schwingungssystemen

quenzcode-Verfahren arbeitendes Übertragungssystem in einfacher Weise aufbauen. Für den Generator benötigt man einen Verstärker, der mit dem Schwingensystem — im folgenden Resonator genannt — in Rückkopplungsschaltung arbeitet. Die Signale erregen auf der Empfangsseite Resonanzrelais. Diesen sind „Folgeschaltungen“ nachgeschaltet, die das Ansprechen der Resonanzrelais anzeigen und weitere Auswertorgane betätigen. Resonator, Schwingverstärker, Resonanzrelais und Folgeschaltung sind als kleine, abgeschlossene Einheiten ausgeführt und zum Auswechseln mit Stecksockeln versehen.

Im einfachsten Fall enthält ein System zwei Generatoren und zwei Resonanzrelais, mit denen drei Signale übertragen werden können. Die Generatoren sind so bemessen, daß zwei über die Signaltasten an die Leitung oder einen Funkkanal gelegte Generatoren zwei Empfänger direkt betreiben können. Ist die Kanaldämpfung zu groß, oder werden mehr als zwei Töne gleichzeitig gesendet, so ist ein Leitungsverstärker (gestrichelt gezeichnet) nötig.

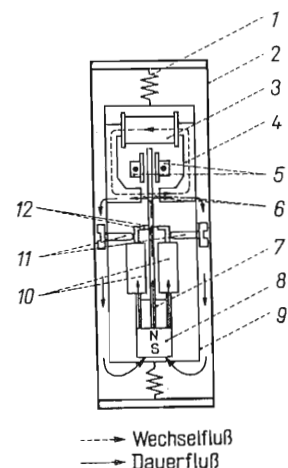


Bild 2. Aufbau des Resonators (Photo siehe Bild 3)

- 1 Aufhängung, 2 Träger, 3 Erregerspule, 4 Joche, 5 Dämpfungsteile,
- 6 Arbeitsluftspalte, 7 Schwingzunge, 8 Magnet, 9 Systemwanne, 10 Rückkopplungsspulen mit Kernen, 11 Stellschrauben, 12 Luftspalte im Rückkopplungskreis

wechsel durch Umstecken von Resonatoren die Ausgangsspannung des Generators praktisch nicht ändert.

Die mit dem Schwinger erreichbare Güte kann man nicht voll ausnützen, da sie zum Teil durch unkontrollierbare Einflüsse im Aufbau mitbestimmt wird. Es ist deshalb zweckmäßig, eine diese Einflüsse überwiegende Zusatzdämpfung vorzusehen, damit die relativen Güte- und damit Spannungsänderungen klein bleiben. Bei hohen Frequenzen bringen die Wirbelstromverluste eine ausreichende Grunddämpfung, bei tiefen Frequenzen erzeugt man sie mit Hilfe der Dämpfungsbleche 5.

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Kennwerte des Resonators zusammengestellt:

Frequenzbereich:	350 Hz bis 950 Hz
Unsicherheit der Resonanzfrequenz $f_0$ bei 20°C (Abstimmfehler und Alterung):	$\leq 0,4$ Hz
Temperaturkoeffizient von $f_0$ :	$\leq 1,7 \cdot 10^{-5}/\text{grad}$
Zulässiger Betriebstemperaturbereich:	-20°C bis +60°C
Scheinwiderstand bei 800 Hz	
a) der Erregerspule:	etwa 250 $\Omega$
b) der beiden in Serie geschalteten Rückkopplungsspulen:	etwa 3 k $\Omega$
Verhältnis der Leistung an der Erregerspule zu der an den Rückkopplungsspulen:	etwa 12 : 1
Zulässige Erregerleistung:	$\leq 80 \mu\text{W}$
Abmessungen:	80 × 21 × 17 mm
Gewicht:	50 g

Besonders wichtig ist, daß der Resonator durch eine Eisenkappe magnetisch geschirmt ist. Im Arbeitsluftspalt werden auf die Schwingzunge durch den Dauerfluß Kräfte in Richtung der Polschuhe ausgeübt und die jeweils in entgegengesetzter Richtung wirkenden Federkräfte der Zunge und damit ihre Steifigkeit verringert. Mit der Steifigkeit wird aber die Eigenfrequenz herabgesetzt. Diese ist also nicht nur durch die Abmessungen der Zunge, sondern auch durch den Dauerfluß mitbestimmt. Es muß deshalb durch eine magnetische Abschirmung verhindert werden, daß Eisenteile oder Fremdfelder den Dauerfluß ändern. Diese Zusammenhänge gelten auch für das Resonanzrelais [6].

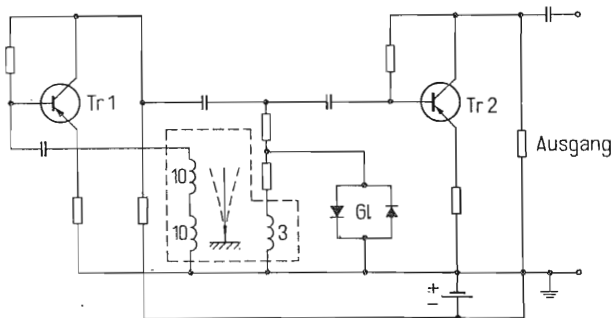


Bild 3. Schwingverstärker mit angeschlossenem Resonator  
3 Erregerspule des Resonators, 10 Rückkopplungsspulen des Resonators

### Schwingverstärker und Resonator

Die Schwingungsschaltung (Bild 3) besteht aus einer Schwingstufe mit dem Transistor Tr1 und einer nachgeschalteten Leistungsstufe mit Tr2. In der Schwingstufe liegen die Erregerspule 3 und die Rückkopplungsspulen 10 des Resonators und bewirken ein Aufschaukeln der Schwingung, die durch die Gleichrichter Gl begrenzt wird. Die Leistungsstufe liefert maximal 6 mW an 1 k $\Omega$ . Zur Stabilisierung der Ausgangsspannung im Temperaturbereich -20°C bis +55°C sind beide Stufen gegengekoppelt. Der Verstärker ist in der Technik geätzter Schaltungen ausgeführt.

Der vom Schwingverstärker und Resonator gebildete Generator hat folgende Kennwerte:

Frequenzbereich:	350 Hz bis 950 Hz
Frequenzunsicherheit bei 20°C:	$\leq 0,4$ Hz
Temperaturkoeffizient der Frequenz:	$\leq 1,7 \cdot 10^{-5}/\text{grad}$
zulässige Umgebungstemperatur:	-20°C bis +55°C
günstigster Abschlußwiderstand:	1 k $\Omega$
Ausgangsleistung:	$\geq 2,5$ mW an 1 k $\Omega$
Unsicherheit der Ausgangsspannung bei Temperatur- und Spannungsänderungen sowie bei Resonatorwechsel:	$\leq \pm 30$ %
Versorgungsspannung:	24 (1 $\pm$ 0,15) V
Stromaufnahme:	etwa 20 mA
Abmessungen:	80 × 29 × 12 mm (Verstärker) 80 × 21 × 17 mm (Resonator)

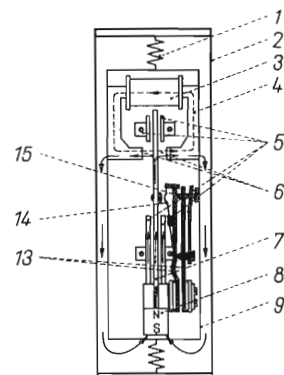
Die Einschwingzeit des Generators liegt zwischen 5 s und 10 s. In den meisten Fällen wird es daher notwendig sein, den Generator oder zumindest die Schwingstufe durchlaufen zu lassen und nur die Ausgangsspannung bzw. die Stromversorgung der Endstufe zu schalten.

Die Schaltung hat auf die Frequenzgenauigkeit des Generators praktisch keinen Einfluß. Der Resonator schwingt mit seiner Resonanzfrequenz und behält sie selbst bei großen Schwankungen des Abschlußwiderstandes, wie sie beim Anschalten weiterer Generatoren oder von Resonanzrelais auftreten. Hierdurch wird der Aufbau von Anlagen vereinfacht, da keine zusätzlichen Entkopplerschaltungen nötig sind. Speisenspannungsschwankungen von  $\pm 20$  % ändern die Generatorfrequenz um weniger als 0,1 Hz.

### Empfänger

#### Resonanzrelais

Der Aufbau des Resonanzrelais (Bild 4) entspricht



--- Wechselfluß  
— Dauerfluß

Bild 4. Aufbau des Resonanzrelais (Photo siehe Bild 8)  
Bezeichnungen für 1 bis 9 siehe Bild 2, an Stelle der Resonatorteile 10, 11 und 12 treten

13 Kontaktträger, 14 Kontaktdrähtchen, 15 Stellschraube

im wesentlichen dem des Resonators. Die Teile 1 bis 9 sind schon bei Bild 2 erläutert worden. Die Flußverstärkung durch die Kerne der Rückkopplungsspulen wird von den unteren Eisenblechen 5 übernommen, die bei höheren Frequenzen zugleich als Dämpfungswinkel dienen, da mit wachsender Frequenz, d. h. mit kürzer werdender Zunge, die oberen Bleche weniger wirksam sind.

Der Schwinger trägt unterhalb der Joche einen Edelmetallkontakt, der bei einer bestimmten Schwingamplitude ein dünnes am Kontaktträger 13 befestigtes Drähtchen 14 berührt. Das Drähtchen ist einseitig eingespannt, liegt an einer Gegenlage an und läßt sich mit Hilfe einer Stellschraube 15 in seinem Abstand zum Schwingerkontakt einstellen. Das Relais hat wie der Resonator einen sechspoligen Stecksockel, es ist hermetisch abgeschlossen und kann deshalb auch bei extremen Klimabeanspruchungen ohne Einbuße an Kontaktsicherheit eingesetzt werden.

Wichtige Kennwerte des Resonanzrelais

Frequenzbereich:	350 Hz bis 950 Hz
Unsicherheit der Resonanzfrequenz $f_0$ bei 20°C:	$\leq 0,4$ Hz
Temperaturkoeffizient von $f_0$ :	$\leq 1,7 \cdot 10^{-5}/\text{grad}$
zulässiger Betriebstemperaturbereich:	-20°C bis +60°C
Ansprecherregung bei $f_0$ :	0,6 (1 ± 0,25) AW
Ansprechleistung bei $f_0$ :	etwa 100 µW
Bandbreite $2 \cdot \Delta f = \frac{f_0}{Q}$ :	etwa 1,1 Hz
(Q = Güte)	
Ansprechzeit:	$\leq 0,3$ s
Induktivitätskonstante:	$A_L \approx 6,5 \cdot 10^{-8}$ H/n <sup>2</sup>
Widerstandskonstante:	$A_R \approx 7,7 \cdot 10^{-5}$ Ω/n <sup>2</sup>
Abmessungen:	80 × 21 × 17 mm
Gewicht:	etwa 50 g

Neben diesen Kennwerten muß die Abhängigkeit des Ansprechstromes von der Erregerfrequenz bekannt sein. Sie entspricht dem Scheinwiderstandsverlauf eines Reihenschwingkreises und kann mit Hilfe der bekannten Gleichung

$$\frac{I}{I_0} = \frac{f}{f_0} \sqrt{1 + Q^2 \cdot \left(1 - \frac{f}{f_0}\right)^2} \quad (1)$$

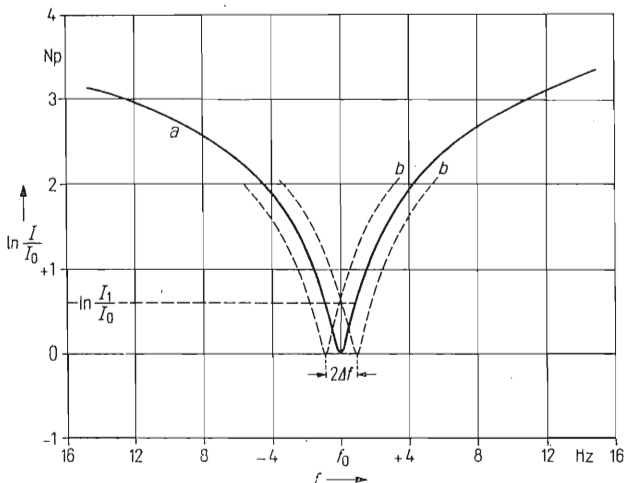


Bild 5. Ansprechkurve (a) und Kurven (b) zur Ermittlung des Betriebsstromes  $I_1$  bei Frequenzänderungen des Generators und Resonanzrelais

$I$  = Ansprechstrom bei der Frequenz  $f$ ,  $I_0$  = Ansprechstrom bei der Resonanzfrequenz  $f_0$ ,  $\Delta f$  = Frequenzänderung

berechnet werden [6], wobei für verschiedene Resonanzfrequenzen  $f_0$  die Güte  $Q$  aus der Bandbreite ermittelt werden kann.  $I$  ist der Ansprechstrom bei der Frequenz  $f$  und  $I_0$  der bei  $f_0$ . Die Bandbreite wird durch Güteabgleich im gesamten Frequenzbereich konstant gehalten. Damit kann man die Frequenzabstände der Signale gleich groß machen. Dies ist oft auf der Sendeseite von Vorteil, da sich die Steuertöne durch Vervielfachen oder Teilen einer stabilen Grundfrequenz auf sehr wirtschaftliche Weise herstellen lassen. Bei konstanter Bandbreite kennzeichnet eine einzige Resonanzkurve (Bild 5, Kurve a) unabhängig von  $f_0$  die Eigenschaften aller Relais. Hierdurch vereinfachen sich der Abgleich und, wie später gezeigt wird, auch die Ermittlung der Betriebswerte für den Anwender.

Folgeschaltung

Der auf dem Schwinger angebrachte Kontakt berührt das Gegenkontaktdrähtchen (Bild 4) im Rhythmus der Schwingerfrequenz. Deshalb benötigt man eine „Folgeschaltung“, die die intermittierende Kontaktgabe in eine dauernde umwandelt und auf der Auswerteseite größere Leistungen schalten kann. Um

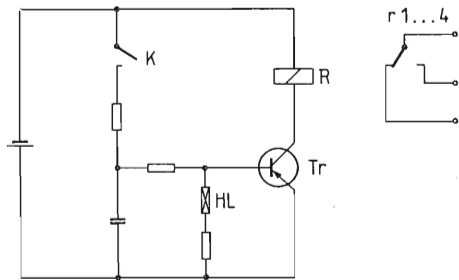


Bild 6. Folgeschaltung

K Kontakt des Resonanzrelais, HL Heißleiter, R Folgerelais

die Kontaktbelastung im Resonanzrelais klein zu halten, ist dem Folgerelais ein Transistor vorgeschaltet (Bild 6). Die Schaltung ist so bemessen, daß sie schon bei einem kleinen Verhältnis der Kontaktzeit zur Periodendauer, d. h. bei kleinem Kontaktzeitgrad  $\alpha$ , anspricht, damit die Empfindlichkeit des Resonanzrelais möglichst gut ausgenutzt wird. Die Ansprechkurve a im Bild 5 wurde mit einer Folgeschaltung

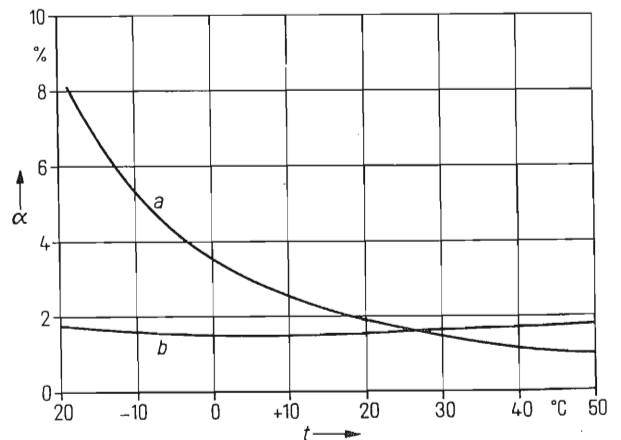


Bild 7. Zum Ansprechen der Folgeschaltung erforderlicher Kontaktzeitgrad  $\alpha$  bei verschiedenen Umgebungstemperaturen  $t$

a ohne Kompensation, b mit Kompensation

gemessen, die für einen Kontaktzeitgrad von etwa 2% ausgelegt ist. Um die Schaltung für einen möglichst großen Temperaturbereich gleich empfindlich zu machen, ist eine Temperaturkompensation mit Heißleiter vorgesehen. Die Abhängigkeit des zum Ansprechen erforderlichen Kontaktzeitgrades von der Umgebungstemperatur (Bild 7) zeigt deutlich die Wirkung der Kompensation, insbesondere bei tiefen Temperaturen.

Die Folgeschaltung hat die gleichen Abmessungen wie der Schwingverstärker. Das Auswerterelais ist nicht fest eingebaut, sondern kann auf den Schaltungsteil gesteckt werden. Man hat dadurch die Möglichkeit, je nach Bedarf einen Relaisstyp gewünschter Kontaktzahl und -belastbarkeit einzusetzen.

**Richtlinien für den Einsatz der Bauteile**

Wie viele Signale ohne Leitungsverstärker gleichzeitig übertragen werden können, hängt bei gegebener Leitungslänge von den Temperaturbedingungen ab, unter denen Generator und Empfänger arbeiten sollen. Mit der Temperatur können sich auf der Generatorseite Signalfrequenz und Ausgangsspannung ändern, auf der Empfängerseite die Resonanzfrequenz und der Ansprechstrom des Resonanzrelais. Diese Einflüsse müssen berücksichtigt werden. Unterscheidet sich die Sendefrequenz um  $\pm \Delta f$  vom Sollwert  $f_0$ , so muß gemäß der Kurve a Bild 5 ein Mindestbetriebsstrom  $I_1$  für das Resonanzrelais gewählt werden, damit es noch anspricht. Das gleiche gilt, wenn die Sendefrequenz bei  $f_0$  bleibt und sich die Resonanzfrequenz um  $\pm \Delta f$  ändert (Kurven b). Ist der Generator einer tiefen und der Empfänger einer hohen Temperatur ausgesetzt, so ergibt sich ein höherer Betriebsstrom  $I_1$  entsprechend  $\pm 2 \Delta f$ . Sind für beide die Temperaturen gleich, empfiehlt es sich,  $\Delta f$  einmal zu berücksichtigen, um den Exemplarstreuungen des TK Rechnung zu tragen. Außerdem müssen noch Abstimmunsicherheit und Alterung von Generator und Empfänger durch Erhöhen des Betriebsstromes erfaßt werden. Erfahrungsgemäß laufen die Frequenzänderungen durch Alterung

beim Resonator und Resonanzrelais in gleicher Richtung, so daß der bei den Kennwerten genannte Wert von  $\pm 0,4$  Hz nur einmal angesetzt zu werden braucht, um den Abstimmfehler zu berücksichtigen. Man muß also die den Temperaturbedingungen entsprechenden Frequenzabweichungen für Sender und Empfänger addieren und für das sich so ergebende  $\Delta f$  an Hand der Kurve a von Bild 5 den Mindestbetriebsstrom  $I_1$  für das Resonanzrelais ablesen.

Da die Ausgangsleistung des Generators mit  $\geq 2,5$  mW festliegt, bestimmt die Zahl der auf der Empfangsseite angeschlossenen Resonanzrelais und die Zahl der gleichzeitig angeschalteten Generatoren die pro Relais verfügbare Steuerleistung und damit den zur Verfügung stehenden Betriebspegel  $\ln I/I_0$  (Tafel 1, Spalte 6). Welche Pegel für verschiedene Betriebstemperaturbereiche tatsächlich benötigt werden, ist in der Tafel 1 für die vier Sender-Empfänger-Kombinationen eingetragen, die ohne Leitungsverstärker möglich sind. Für die Fälle 1 und 2 bei Belastung eines Generators mit einem oder zwei Empfängern wurden nur die ungünstigsten Temperaturbedingungen zugrunde gelegt, da selbst dann noch eine Pegelreserve vorhanden ist. In den Fällen 3 und 4 ergibt sich bei diesen Bedingungen für Sender und Empfänger ein negativer Reservepegel. Hier muß ein Verstärker verwendet oder der Temperaturbereich eingengt werden.

Sind mehr als drei Empfänger angeschlossen oder werden mehr als zwei Signale gleichzeitig gesendet, muß auch bei kleiner Temperaturbeanspruchung ein Leitungsverstärker eingeschaltet werden. Er ist so zu bemessen, daß ausreichende Pegelreserve vorhanden ist; jedoch nur soviel, daß Relais in Nachbarkanälen noch nicht ansprechen. Der Grenzstrom hierfür sei  $I_{max}$ . Die Selektivität zu einem Signal mit der Nachbarfrequenz ist dann gegeben durch  $\ln I_{max}/I_1$ . Das Verhältnis  $I_{max}/I_0$  errechnet sich aus der Gl. (1) und ist für Frequenzabstände unter 16 Hz der Kurve a im Bild 5 zu entnehmen. In  $I_{max}/I_1$  erhält man durch Vermindern von  $\ln I_{max}/I_0$  um den Wert  $\ln I_1/I_0$ .

Werden mehrere Töne gleichzeitig übertragen, so empfiehlt es sich, deren Frequenzen so zu wählen, daß

Tafel 1. Signalübertragung ohne Leitungsverstärker; Pegelreserven bei verschiedenen Umgebungstemperaturen

1 Nr.	2 Angeschaltet sind:	3 Temperaturbereich Generator in grd	4 Temperaturbereich Empfänger in grd	5 Benötigter Pegel $\ln I_1/I_0$ in Np	6 Verfügbare Betriebspegel $\ln I/I_0$ in Np	7 Reserve $\ln I/I_1$ in Np
1	1 Generator 1 Empfänger	- 20 bis + 55	- 20 bis + 55	1,1	1,6	0,5
2	1 Generator 2 Empfänger	- 20 bis + 55	- 20 bis + 55	1,1	1,25	0,15
3	1 Generator 3 Empfänger	- 20 bis + 55	- 20 bis + 55	1,1	0,9	- 0,2
		- 20 bis + 55	+ 15 bis + 25	0,85	0,9	0,05
		+ 15 bis + 25	- 20 bis + 55	0,85	0,9	0,05
4	2 Generatoren 2 Empfänger	+ 15 bis + 25	+ 15 bis + 25	0,7	0,9	0,2
		- 20 bis + 55	- 20 bis + 55	1,1	0,85	- 0,25
		- 20 bis + 55	+ 15 bis + 25	0,85	0,85	0
		+ 15 bis + 25	- 20 bis + 55	0,85	0,85	0
		+ 15 bis + 25	+ 15 bis + 25	0,7	0,85	0,15

Harmonische oder Kombinationstöne aus Signal-schwingungen nicht auf andere Signalfrequenzen fallen. Ferner ist zu beachten, daß sich die aus der Resonanzkurve des Relais entnommenen Selektivitäts-werte bei Mehrtonbetrieb um etwa 0,6 Np verringern, da hier dem Schwinger mehr Energie zugeführt wird.

### Anwendungsmöglichkeiten

Die Hauptanwendung von Übertragungssystemen mit mechanischen Schwingern liegt auf dem Gebiet der Fernsteuertechnik, die im Zuge der fortschreiten-den Automatisierung in allen Bereichen der Technik immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die beschriebenen vier Grundbausteine sind, wie die Photographien im Bild 8 zeigen, klein und leicht und können, ohne be-

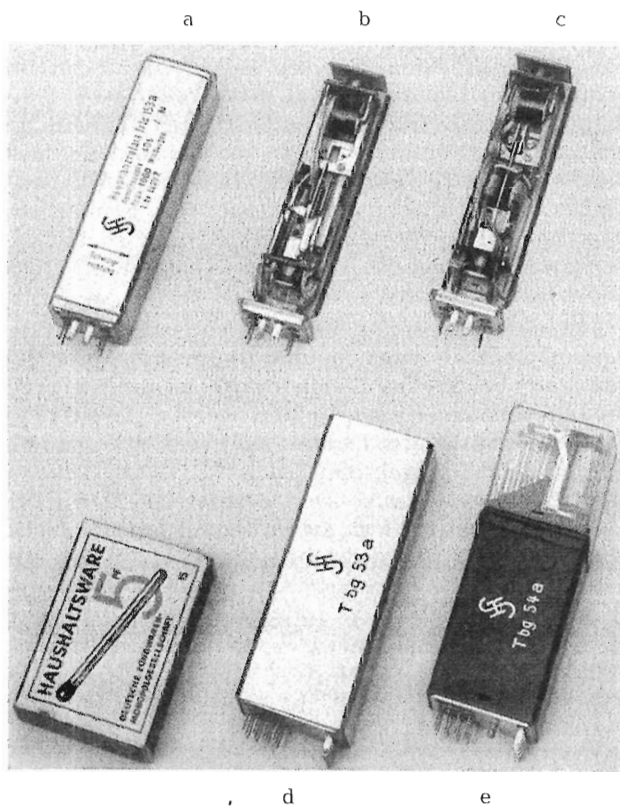


Bild 8. Grundbauteile für Signalübertragungen

a Resonanzrelais geschlossen, b Resonanzrelais offen, c Resonator offen, d Schwingverstärker geschlossen, e Folgeschaltung geschlossen (Auswertelais gesteckt)

einflußt zu werden, wegen ihrer guten magnetischen Abschirmung auf engem Raum zusammengebaut werden. Sie sind zur einfachen Wartung der Anlagen steckbar und kommen, da ihre Verstärkerteile mit Transistoren bestückt sind, mit geringer Versorgungsenergie aus. Damit ist es möglich, besonders handliche und leichte Steueranlagen herzustellen, die auch für Fahrzeugbetrieb geeignet sind.

Mit solchen Anlagen können Maschinen gesteuert werden. Übermittelt man die Steuersignale drahtlos, so ist der die Anlage Bedienende nicht an einen bestimmten Ort gebunden. Er kann z. B. bei Schiffskränen unmittelbar an der Ladeluke stehen und ohne Zeichen gebende Hilfsperson steuern. Ein weiteres Anwendungsgebiet sind Rundsteueranlagen, in denen Straßenbeleuchtungen geschaltet und Kommandos für die Zählerumschaltung von Tag- auf Nachttarif und

umgekehrt ausgeführt werden. In vielen Fällen wird es zweckmäßig sein, die Kommandotöne in bestimmter zeitlicher Folge auf Tonträger aufzunehmen, mit dem dann Wiederholungen der Befehle vorgenommen werden können, um Maschinen automatisch zu bedienen. Als weiteres Beispiel sei die Standortmeldung von Zügen genannt, mit der man in einer Zentrale den jeweiligen Ort der Züge laufend verfolgen kann. Hierbei werden jeder Meßstelle Generatoren zugeordnet, die beim Vorbeifahren der Züge Töne aussenden, die über eine gemeinsame Leitung längs der Strecke zur Zentrale gelangen.

In vielen Anwendungsfällen werden Resonanzrelais von Spezialgeneratoren betrieben. Beim Selektivruf für den öffentlichen Landfunk der Deutschen Bundespost z. B. liefert ein solcher Generator 40 Töne, die bei 15 Hz Abstand im Bereich 352,5 Hz bis 937,5 Hz liegen. Über den Landfunk ist es möglich, von Fahrzeugen aus, die mit Funkanlagen ausgerüstet sind, mit jedem Fernsprechteilnehmer zu sprechen. Jedes Fahrzeug ist durch vier Töne gekennzeichnet, die von Resonanzrelais empfangen werden. Insgesamt können also  $\binom{40}{4} = 91\,390$  Fahrzeuge angeschlossen werden. Erst beim Ansprechen aller vier Relais, also beim Empfang der dem betreffenden Fahrzeug zugeordneten Tonkombination, werden Sender und Empfänger dieses Teilnehmers betriebsbereit. Auf diese Weise bleibt das Fernsprechegeheimnis gewahrt, da sichergestellt ist, daß das Gespräch von anderen Teilnehmern nicht mitgehört werden kann.

Weiterhin arbeitet das Resonanzrelais in privaten Funkdiensten, zu denen z. B. der Taxifunk, Ruf- und Meldeanlagen von Werksfeuerwehren und auch Personenrufanlagen für Krankenhäuser und Fabriken gehören.

Der neue, aus Resonator und Schwingverstärker bestehende Generator wird, abgesehen von seiner Hauptanwendung in Steueranlagen, überall dort Verwendung finden, wo billige und kleine Generatoren benötigt werden, die auch unter ungünstigen Temperaturbedingungen noch frequenzstabil sein müssen.

### Literaturverzeichnis:

- [1] Ott, F.: Resonanzrelais Hasler. Hasler-Mitt. (1953), S. 6.
- [2] Keller, A. C. und Boswick, L. G.: Vibrating Reed Selectors for Mobile Radio Systems. Trans. Amer. Inst. elect. Eng. 68 (1949), S. 383—386.
- [3] Wigger, H. H. und John, K.: Die Tonfrequenz-Multiplex-Fernsteuerung. ETZ-B 11 (1959), S. 120—123.
- [4] Fründt, H. J.: Ein neues Vollcode-Selektivrufsystem mit Resonanzrelais für Funksprechnetze mit großer Teilnehmerzahl, Telefunken-Ztg. 28 (1955), S. 85—94.
- [5] Bopp, H.: Frequenzrelais und einige Möglichkeiten ihrer Anwendung ETZ-A 78 (1957), S. 768—771.
- [6] Rauch, W. und Ueberschub, A.: Das Einzungen-Resonanzrelais, ein vielseitig verwendbares Bauelement. ETZ-A 81 (1960), S. 300—305.
- [7] Eckert, S.: Der Landstraßenfunk. Funkschau (1956), S. 1031.
- [8] Kronjäger, W.: Netzgestaltung, Technik und Betrieb des öffentlichen UKW-Land- und Seefunkdienstes. Fernmelde-Ing. 13 (1959) Heft 2.