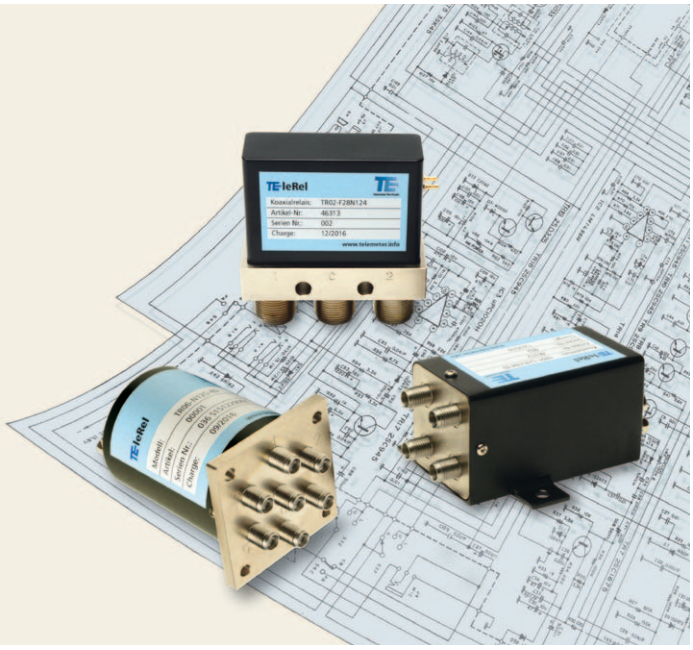
Robust, zuverlässig, langlebig:

Elektromechanische HF-Relais haben viele Anwendungen



Im GHz-Bereich führt kaum ein Weg an HF-Relais vorbei. Die Wahl des richtigen Relais hängt dabei von vielen Faktoren ab. Dieser Beitrag vermittelt einen Einblick in die Grundlagen elektromechanischer HF-Relais und gibt Empfehlungen für den Einsatz konkreter Relaistypen.

Autor:
Tobias Rieger
Telemeter Electronic GmbH
info@telemeter.de
www.telemeter.info

Unzählige Anwendungen in der Hochfrequenz-Signaltechnik erfordern für Schaltaufgaben die hervorragenden Eigenschaften elektromechanischer Relais. Die Auswahl des richtigen Bauteils hängt von vielen Faktoren ab, unter Anderem von der HF-Schaltleistung und der zu schaltenden Frequenz. Um die Kundenwünsche immer optimal erfüllen zu können, hat die Firma Telemeter Electronic GmbH nun mit TEleRel eine Marke ins Leben gerufen, die keine Wünsche offen lässt.

Charakteristik, Vorteile und Grenzen

Zunächst ein kurzer Einblick in die Charakteristik, die Vorteile, aber auch die Grenzen elektromechanischer HF-Relais: HF- und Mikrowellen-Schalter leiten Signale über Übertragungswege mit einem hohen Wirkungsgrad. Mit der Leistungsfähigkeit von HF- und Mikrowellenschalter-Konstruktionen sind mehrere elektrische Parameter verbunden, von denen vier jedoch, aufgrund ihrer starken gegenseitigen Abhängigkeit, für den Entwickler von grundlegender Bedeutung sind: Isolation, Einfügedämpfung, Schaltzeit und Belastbarkeit.

Die Isolation ist ein Maß dafür, wie effektiv ein Schalter ein Signal trennen kann. Es ist die Dämpfung zwischen den Eingangs- und Ausgangsports der Schaltung bzw. des konkreten Schalters. Die Einfügedämpfung ist ein relatives Maß für die Leistung, die im eingeschalteten Zustand verloren geht. Die Einfügedämpfung ist der kritischste Parameter für einen HF-Designer, da er merklich zur Rauschzahl des Systems beitragen kann. Die Schaltzeit ist die Zeitspanne, die ein Schalter benötigt, um den Zustand vom eingeschalteten in den ausgeschalteten Zustand und umgekehrt zu ändern. Dieser Zeitraum kann von einigen Mikrosekunden bei Hochleistungsschaltern bis zu einigen Nanosekunden bei Kleinsignalschaltern betragen. Die Belastbarkeit ist die maximale HF-Eingangsleistung, die der Schalter ohne dauerhafte Verschlechterung der elektrischen Leistung aushalten kann.

Die Lebensdauer elektromechanischer HF-Relais ist sicherlich ein begrenzender Faktor. Telemeter-Markenrelais erfüllen mit rund 1 Mio. spezifizierter Schaltzyklen im Standard bereits die Anforderungen vieler Anwendungen im HF-Bereich.

Ausführungen und Einteilungen

HF- und Mikrowellen-Schalter können in zwei primäre Gruppen eingeteilt werden: elektromechanische Relais und Halbleiterschalter. Nachfolgend soll jedoch nur auf die elektromechanischen Schalter eingegangen werden.

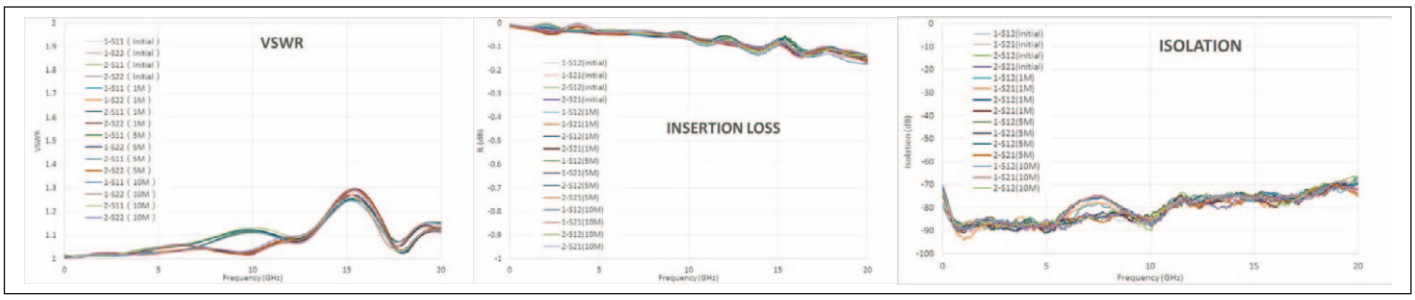
Es sind verschiedene Konfigurationen möglich, die von einpoligen Einschaltern (Single-Throw, SPST) über Umschalter (Double-Throw, SPDT) mit bis 18 Ausgängen (SP18T) reichen können. Transferschalter sind hierbei ebenfalls erhältlich und zweipolig/zweipolig (2P2T) ein- wie ausgangsseitig ausgelegt. Sie haben vier Ports mit zwei möglichen Schaltzuständen und können Lasten zwischen zwei Quellen schalten.

Elektromechanische HF-Schalter verfügen in der Regel über eine größere Bauform, da sie eine Reihe von Spulen und mechanischen Kontakten enthalten. Wie bei gewöhnlichen Relais bewegen elektrisch gespeiste Spulen die Relaiskontakte.

Elektromechanische Relais haben eine niedrige Einfügedämpfung (typisch <0,1 dB), eine hohe Isolation (typisch >85 dB) und können Signale mit Geschwindigkeiten im Millisekundenbereich schalten. Die wichtigsten Vorteile sind, dass sie von Gleichstrom (DC) und Signalen bis in den Millimeterwellenbereich (50+ GHz) arbeiten können und nicht für elektrostatische Entladung (ESD) anfällig sind. Darüber hinaus können sie hohe Leistungspegel (bis zu mehreren tausend Watt Spitzenleistung) verarbeiten.

Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer

Bei elektromechanischen HF-Schaltern sind aber auch einige wenige Einschränkungen zu beachten. Ihre Standardbetriebsdauer ist in der Regel auf ungefähr eine Million Schaltzyklen begrenzt. Darüber hinaus können sie aufgrund ihres Aufbaus gegenüber Vibrationen empfindlich sein. Die Betriebsdauer bezieht sich auf die Anzahl der Zyklen, die der elektromechanische HF-



Grafik zu SWR (links), Insertion Loss (Mitte) und Isolation (rechts)

Schalter bei Erfüllung aller HF- und Wiederholgenauigkeitsanforderungen erfüllen kann. Die Relais der Serie TEleRel liefern hier überzeugende Werte, siehe Grafik. Hierbei wurde ein Modell der Serie TR 02 im Frequenzbereich bis 20 GHz einem Dauertest mit 10 Mio. Schaltzyklen unterzogen. Ausgewertet wurden die kritischen Parameter SWR (Stehwellenverhältnis), Einfügedämpfung (Insertion Loss) und Isolation. Wie die Grafik verdeutlicht, wurden diese Parameter jeweils nach 1, 5 und 10 Mio. Schaltzyklen ausgewertet. Hierbei zeigt sich, dass sich die Werte über den gesamten Testverlauf stabil verhalten – was für ein dauerhaft zuverlässiges Schalten von Signalen ein wichtiges Qualitätsmerkmal darstellt.

Markenrelais der Serie TEleRel garantieren in der Standardausführung immer 1 Mio. Schaltzyklen, die Option „High Performance“ garantiert 5 Mio. Schaltzyklen. Die längere Lebensdauer basiert hierbei auf einem robuster konstruierten Aktuator und Übertragungselementen, die für magnetische Effizienz und mechanische Steifigkeit optimiert wurden. Die Option ist für nahezu alle Serien der Marke TEleRel entsprechend erhältlich.

Anwendungen mit einer breiten Frequenzabdeckung von DC bis 40 GHz und geringer Einfügedämpfung sind Kandidaten für elektromechanische HF-Schalter, der Marke TEleRel wobei High-Rel-Versionen bevorzugt werden, wenn eine hohe Langlebigkeit absolut notwendig ist.

Ausstattungsmerkmale passend zu jeder Anwendung

Diese Schalterkonstruktionen bieten dem Systemdesigner sogar noch zusätzliche Funktionen. Ein Beispiel sind Lasten mit reellen 50 Ohm. Jede ungenutzte offene Übertragungsleitung in einer Schalterschaltung hat die Möglichkeit, bei Mikrowellenfrequenzen zu schwingen. Die Resonanz könnte dazu führen, dass Strom zurück zur aktiven Quelle reflektiert und diese beschädigt wird, insbesondere in einem System, das bei einer Frequenz von 26 GHz oder höher arbeitet, bei der die Isolation stark abfällt. Viele Übertragungsleitungen sind so ausgelegt, dass sie 50 Ohm Impedanz aufweisen, sodass HF-Schalter, die ohmsche 50-Ohm-Lasten enthalten, wenig Energie reflektieren.

Elektromechanische HF-Schalter werden als terminierte oder nichtterminierte Versionen geliefert. In terminierten Versionen ist der ausgewählte Pfad geschlossen, wenn alle Pfade mit 50-Ohm-Abschlüssen abgeschlossen sind, sodass der gesamte Strom isoliert wird. Einfallende Signalenergie wird durch den Abschlusswiderstand absorbiert, sodass keine Signale zurück reflektiert werden. Nicht abgeschlossene Schalter haben keine 50-Ohm-Abschlüsse. Daher muss die Impedanzanpassung an einem anderen Teil des Systems stattfinden, um Reflexionen zu reduzieren. Nicht abgeschlossene Schalter haben jedoch den Vorteil einer geringeren Einfügedämpfung. Eine interne Terminierung ist für die Serien TR02 bis TR10 erhältlich. Diese decken somit viele Anwendungen mit einem Bedarf vom Umschalter bis hin zum Zehnfachschalter entsprechend ab.

Die mechanische Qualität ist entscheidend

Bei elektromechanischen HF-Schaltern ist auch der Aktuatormechanismus besonders wichtig. Wenn die Spule erregt wird, bewegt das induzierte Magnetfeld die Aktuatoren, welche die Kontakte öffnen oder schließen. Mehrfachschalter ab dem Modell SP3T werden typischerweise in der Ausführung „normally open“ angeboten. Sobald keine Spulenspannung mehr anliegt, öffnen sich alle Ausgangskontakte. So kann es zu keiner fehlerhaften Signalübertragung kommen. Ergänzend hierzu existieren sogenannte „failsafe“ Modelle, die ohne anliegende Spulenspannung immer auf eine bekannte Position zurück kehren, meistens Ausgang 1.

Andere Modelle verfügen über eine „Latching“-Option. Sie haben keine Standardposition und behalten die letzte geschaltete Position bei. Latching-Relais sind nützlich, wenn Stromverbrauch und Verlustleistung ein Problem darstellen. Die Spule für einen Kontakt verbraucht nur für einen Augenblick Strom, während das Relais abschaltet. Danach kann die Spulenspannung wieder entfallen.

Ein weiteres Merkmal, welches elektromechanische HF-Schalter ebenfalls bieten können, besteht aus zusätzlichen Hilfsgleichstromkontakten, die mit der Spule verbunden sind und die HF-Pfade schalten. Diese Hilfskontakte steuern normalerweise Indikatoren, welche die Position von HF-Pfaden signalisieren. Sie können z.B. verwendet werden, um einem externen Steuersystem Statusinformationen über das HF-Relais zu geben.

Die Qual der Steckerwahl

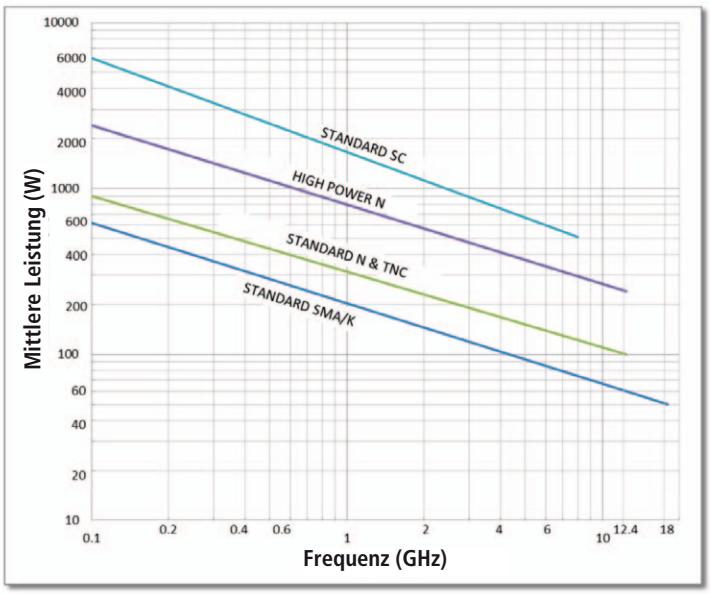
Elektromechanische HF-Schalter sind in verschiedenen Gehäusegrößen und Steckerkonfigurationen erhältlich. Die meisten Koaxialschalter-Designs verwenden SMA-Steckverbinder für den Betrieb bis 26 GHz. Designs, die bis zu 40 GHz arbeiten, verwenden typischerweise 2,92-mm- oder K-Anschlüsse. Koaxialschalter, die mit mehr Leistung (bis zu mehreren hundert Watt CW) arbeiten, können größere N-Typ-, TNC- oder sogar SC-Anschlüsse verwenden.

Die Bauformen reichen von Standardgehäusen, die nicht gegen Umwelteinflüsse geschützt sind, bis hin zu High-Rel-Ausführungen, die hermetisch versiegelt sind, um harten Bedingungen standzuhalten.

Vielfältig, modular und auch kundenspezifisch

Die Tabelle soll eine Übersicht über alle erhältlichen Serien der TEleRel-Markenrelais geben. Für eine Bestellung ist grundsätzlich zu wählen, welche Anzahl an Schaltpositionen der Schalter bieten soll. Weiter werden wichtige Optionen, wie die Schalterart (z.B. failsafe)

Leistungskurve



VSWR	Verlustfaktor
1, 5 : 1	0,96
2,0 : 1	0,88
2,5 : 1	0,84
3,0 : 1	0,75
3,5 : 1	0,70
4,0 : 1	0,64
4,5 : 1	0,60
5,0 : 1	0,56

Diese Leistungskurve bezieht sich auf folgende Rahmenbedingungen:

- *Umgebungstemperatur +20°C*
- *Meereshöhe 0*
- *VSWR 1 : 1*
- *Leistungslos geschalten*

Bestellschlüssel

	Schalterart	Funktion/ Konfiguration	Spulen-spannung	Anschlüsse	Frequenzbereich	Actuator/Ansteuerung	Spezialoptionen
TR	**XX-**	**X**	**XX**	**X**	**XX**	**X**	**-XX**
TEleRel	**01** = DPDT	**F** = Failsafe	**12** Volt	**C** = SC weiblich	**01** = DC bis 1 GHz	**0** = Mit Überspannungsschutz ohne TTL/self-cutoff	**C** = Positive common
TEleRel	**02** = SPDT	**L** = Latching	**18** Volt	**K** = 2.92 mm weiblich	**03** = DC bis 3 GHz	**1** = Mit TTL-Treiber	**D** = Sub-D
TEleRel	**03** = SP3T	**N** = Normally Open	**24** Volt	**L** = 2.4 mm weiblich	**04** = DC bis 4 GHz	**2** = Self cutoff (nur bei latching)	**E** = Erweiterter Temperaturbereich
TEleRel	**04** = SP4T		**28** Volt	**N** = N weiblich	**05** = DC bis 5 GHz	**3** = Self cutoff & TTL (nur bei latching)	**H** = High performance (5 Mio. Schaltzyklen)
TEleRel	**05** = SP5T			**S** = SMA weiblich	**12** = DC bis 12,4 GHz	**4** = Ohne Überspannungsschutz ohne TTL/self cutoff	**I** = Indikatoren
TEleRel	**06** = SP6T				**16** = DC bis 16 GHz	**5** = Mit Binär Decoder (BCD)	**L** = Low PIM
TEleRel	**07** = SP7T				**18** = DC bis 18 GHz		**M** = Moisture seal
TEleRel	**08** = SP8T				**26** = DC bis 26,5 GHz		**N** = Ohne Befestigungsbügel bei DPDT
TEleRel	**09** = SP9T				**40** = DC bis 40 GHz		**P** = Hohe Leistung
TEleRel	**10** = SP10T						**T** = Terminierung
TEleRel	**11** = SP11T						**V** = V-Bauform
TEleRel	**12** = SP12T						**Y** = Y-Bauform
TEleRel	**13** = SP13T						
TEleRel	**14** = SP14T						
TEleRel	**15** = SP15T						
TEleRel	**16** = SP16T						
TEleRel	**17** = SP17T						
TEleRel	**18** = SP18T						

Bitte beachten Sie, dass einige Optionen modellabhängig nicht verfügbar sind

Übersicht über alle erhältlichen Serien der TEleRel-Markenrelais

sowie die Schaltspannung und die gewünschten Anschlüsse, gewählt. Je nach Modellreihe decken TEleRel-Markenrelais einen Frequenzbereich bis zu 40 GHz ab. Zur perfekten Integration in die kundenseitige Anwendung stehen zahlreiche Optionen, wie Sub-D Steckverbinder zum Anschluss der Steuerspannung, TTL-Funktionalität, Indikatoren, High-Power- oder High-Performance-Modelle, zur Verfügung.

Sofern kein Standardmodell für die geplante Anwendung verfügbar ist, entwickelt man bei Telemeter auch bereits ab kleinen Serienmengen kundenspezifische Varianten. Spezielle Bauformen, Hochspannungstauglichkeit, erweiterte Frequenzbereiche oder eine spezielle Gestaltung der Label nach Kundenvorgabe, z.B. mit QR Code, stellen hierbei nur einen kleinen Ausschnitt an maßgeschneiderten Optionen dar. Ergänzt wird dies durch weitere Service-Leistungen wie Lagerhaltung von bevorzugten Standardmodellen, Bevorratung über Rahmenverträge und bedarfsgerechte Just-in-Time-Lieferungen. ◄