

**RELAIS MIT ZWANGSGEFÜHRTEN KONTAKTEN SCHÜTZEN  
BEI FEHLFUNKTION UND DEFEKTEN**

## Im Einsatz auf der Leiterplatte

**Relais nach EN 50205 gelten als Feuerwehr der Sicherheitstechnik. Die mit mindestens je einem Schließer- und Öffnerkontakt ausgestatteten Schaltglieder sind das Herzstück sicherheitsrelevanter Anwendungen. Ihre Kontakte und deren Zwangsführung müssen Lasten trennen und im Fehlerfall das Einschalten von Aktoren verhindern. In der Relais-Entwicklung ist es wichtig, Umwelteinflüsse und das Verhalten im elektrischen Grenzbereich zu berücksichtigen.**

MARKUS BICHLER

**W**eltweit verrichten über 100 Millionen Relais mit zwangsgeführten Kontakten ihre tägliche Schaltarbeit. Überwiegend in Form von Sicherheitsrelaismodulen oder Si-

cherheitssteuerungen vermeiden sie zum Beispiel das unbeabsichtigte Wiedereinschalten von Pressen und anderen Industriemaschinen im Fehlerfall. Sie schützen so nicht nur das Leben und die Gesundheit von Menschen, sondern auch wichtige Investitionsgüter. Die Überwachung von

Lichtschränken, Not-Aus-Schaltern oder Zweihandsteuerungen zählen ebenfalls zu den klassischen Industrieanwendungen. Auch in der Steuerungstechnik für Rolltreppen, Lifte und Seilbahnen sorgen Relais mit Zwangsführung für Sicherheit und Zuverlässigkeit. Und aus der Bahn-



1

**Bild 1.** Die Zwangsführung der Kontakte wird mit einem speziellen Design des Betätigers erreicht

technik sind die Vorteile der Zwangsführung nicht mehr wegzudenken, etwa bei Türsteuerungen, Gleisüberwachung oder Signaleinrichtungen.

Ein neues und sehr spannendes Bedarfssfeld entwickelt sich zusätzlich in der Haustechnik. Hier gilt es, eine hauseigene Spannungsversorgung sicher vom Hausnetz zu trennen, etwa bei Wartungsarbeiten eines Elektrikers an der Hausinstallation. Dank der zwangsgeführten Überwachungskontakte wird ein Fehler, zum Beispiel ein verschweißter Kontakt, von einer Auswerteelektronik erkannt. Das verhindert, dass der Elektriker unbeabsichtigt einen womöglich tödlichen Stromschlag erleidet.

All diese Einsatzfelder verbindet eine Gemeinsamkeit: Die Anforderungen an ein Relais mit zwangsgeführten Kontakten sind sehr verschieden und sehr hoch. Es soll Lasten vom Signalbereich bis zu mehreren Ampere schalten können, in einem weiten Temperaturbereich einsetzbar sein, hohe Schock- und Vibrationsfestigkeit aufweisen, möglichst klein sein, und die Relaispule soll so wenig Verlustleistung wie möglich benötigen. Über all diesen technischen Aspekten schwebt zusätzlich die Norm EN 50205, die zahlreiche weitere Voraussetzungen definiert, damit ein Relais seinen Dienst in der Sicherheitstechnik verrichten darf (siehe **1-Kasten** und **Bild 1**).

Eine Übersicht aller Relais von Panasonic Electric Works, welche der Norm EN 50205 entsprechen, gibt **Bild 2**. Hier werden auch die Größenunterschiede der neuen Relaisfamilie SF-Y gegenüber den bestehenden Linien deutlich.



## FAZIT

**Relais mit zwangsgeführten Kontakten nach EN 50205** bewahren als Herzstück sicherheitstechnischer Industrieanwendungen Mensch und Maschine vor den Folgen von Fehlfunktionen oder Defekten. Ihren Kontakten samt mechanischer Zwangsführung obliegt die verantwortungsvolle Aufgabe, Lasten zu trennen und im Fehlerfall ein Einschalten von Aktoren zu verhindern. Die neue SF-Y-Relaisfamilie von Panasonic Electric Works zeigt beispielhaft, welche Möglichkeiten ein modernes Relais beim Leiterplattendesign bietet und wie wichtig es ist, Umwelteinflüsse und das Verhalten im elektrischen Grenzbereich in der Entwicklungsphase zu berücksichtigen. Neben den hier dargestellten Punkten gibt es noch viele weitere Faktoren, die Ingenieure auch in scheinbar simplen Applikationen beachten sollten. Oft empfiehlt es sich, mit den Spezialisten der Relaishersteller Kontakt aufzunehmen und die Anwendung mit ihnen durchzusprechen. So können bereits im Vorfeld Besonderheiten beim Design-in berücksichtigt werden.

## Antrieb und Gehäuse

Bei nahezu allen neuen Entwicklungen spielt der Platzbedarf eine zentrale Rolle. Warum ist das so? Als beispielhafte Anwendung dient im Folgenden das Sicherheitsrelaismodul, um die Argumentationskette aufzuzeigen.

### KONTAKT

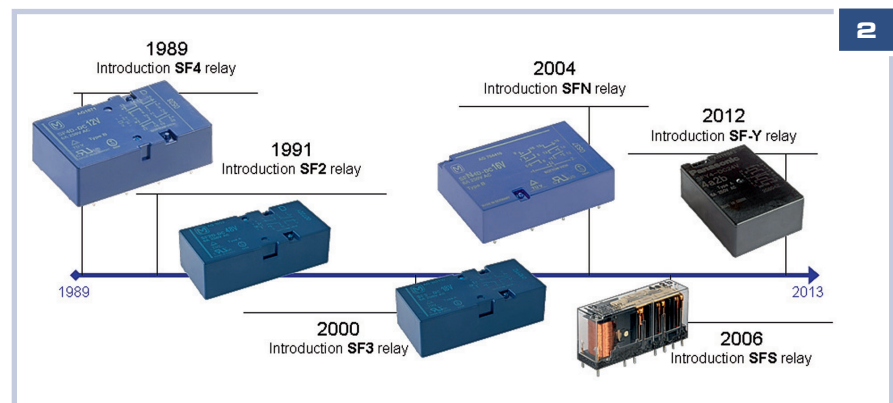
**Panasonic Electric Works Europe AG,**  
83607 Holzkirchen,  
Tel. 08024 648-711,  
Fax 08024 648-111,  
[www.panasonic-electric-works.de](http://www.panasonic-electric-works.de)

Die Module sollen kleiner werden, um im Schaltschrank weniger Platz zu verbrauchen und damit weniger Kosten zu verursachen. Schließlich soll der Schaltschrank möglichst kompakt ausfallen, denn ein kleinerer Schaltschrank ist günstiger und spart teure Produktionsfläche ein. Bauteile wie Relais, welche die Modulgröße maßgeblich beeinflussen, müssen daher

ebenfalls in ihrer Größe optimiert werden. Doch damit nicht genug, denn zusätzlich steigt der Funktionsumfang in den Modulen. Kunden fordern flexible Lösungen, welche sich oftmals nur mit Mikroprozessoren verwirklichen lassen. So schrumpft der Platz für die Relais aufgrund vieler zusätzlicher Bauelemente im Modul weiter. Bedenkt man nun, dass auch Leiterplattenfläche an sich teuer ist, wird schnell klar, welcher Druck seitens der Industrie auf den Relaisherstellern lastet, ihre Bauteile immer fort zu miniaturisieren.

Bei der Entwicklung der „SF-Y“-Relaisfamilie stand diese Forderung als zentraler Punkt im Pflichtenheft. Folgende Möglichkeiten mit ihren Vor- und Nachteilen standen zur Diskussion:

■ **Kleineres Gehäuse durch kleinere Kontakte.** Dieser Lösungsansatz ist nur sinnvoll, wenn das Schaltvermögen im Bereich von Signallasten liegen kann. Kleinere Kontakte bedeuten weniger Material und damit eine verminderte Wärmeleitfähigkeit des Kontaktsystems, womit etwa die Hitze von Lichtbögen beim Schaltvor-



**Bild 2.** Übersicht aller Panasonic-Relais mit zwangsgeführten Kontakten

gang einen deutlich höheren Kontaktverschleiß mit sich bringt und die Lebensdauer des Relais sinkt. Zusätzlich müssen Einbußen bei der Überlastfähigkeit hingenommen werden.

■ **Kleineres Gehäuse durch enger gepackte Pins.** Betrachtet man ein klassisches Relais für die Sicherheitsrelaismodule, so verfügt es über sechs Kontakte mit je zwei Pins und eine Spule mit zwei Pins. Es gilt also, 14 Beinchen auf möglichst wenig Fläche unterzubringen. Ein typisches Rastermaß von 2,54 mm ist allerdings nicht möglich, denn in der Industrie ist häufig eine verstärkte Isolation zwischen den Kontaktsätzen sowie den Kontakten und der Spule gefordert. Um diese zu erreichen, schreibt die Norm EN 60664-1 eine Luft- und Kriechstrecke von 5,5 mm vor. **Bild 3** zeigt, wie sehr das Pinning des SF-Y-Relais von dieser Forderung bestimmt ist und dass ein weiterer Grad der Miniaturisierung unter Einhaltung der vorgeschriebenen Abstände kaum zu erreichen ist.

■ **Kleineres Gehäuse durch kleineren Antrieb.** Eine Spezialität der flach bauenden SF-Relais von Panasonic ist das gepolte Drehankersystem als Antriebseinheit für die Kontakte (**Bild 3**).

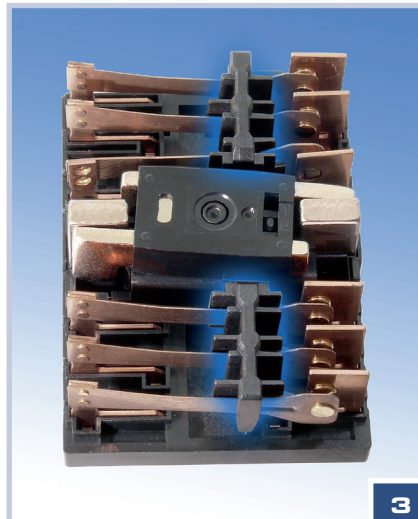


#### DER AUTOR

Dipl.-Ing. (FH) **MARKUS BICHLER** ist Produktmanager für Relais mit zwangsgeführten Kontakten bei Panasonic Electric Works Europe in Holzkirchen.

Gepolt bedeutet, dass ein Permanentmagnet im Antriebssystem eine magnetische Vorspannung erzeugt. Gegenüber einem ungepolten System kann der von der Spule zu erzeugende elektromagnetische Fluss daher geringer ausfallen, um die benötigten hohen Kontaktkräfte zu erreichen. Somit ist auch ein geringerer Strom durch die Relaispule notwendig, und damit wird eine geringere Verlustleistung erzielt. Das „SFN4D“-Relais von Panasonic setzt hier mit 390 mW Nenn- und lediglich 140 mW Halteleistung eine Bestmarke für ein sechspoliges Relais mit zwangsgeführten Kontakten.

Neben der geringen Verlustleistung ist besonders die damit verminderte Wärmeentwicklung hervorzuheben, denn die Spulen der Relais tragen wesentlich zur Erwärmung des Gesamtsystems bei. Als weitere Vorteile ergeben sich hohe identi-



**Bild 3. Gepoltes Drehankersystem: Gegenüber dem Anker des SFN4D-Relais (oben) konnte der Anker der neuen SF-Y-Familie (unten) deutlich kleiner ausfallen**

sche Kontaktkräfte für Schließer und Öffner sowie die Temperaturkompensation der Ansteuerseite (Änderung des Spulenwiderstands gegenüber der Änderung der Eigenschaften des Dauermagneten).

Das angesprochene Drehankersystem addiert zwei weitere positive Eigenschaften zum Gesamtsystem. Dank des mittelpunktgelagerten Ankers (wie in **Bild 3** erkennbar) ist der Antrieb sehr unempfindlich gegen Schock und Vibration, unabhängig von der Einbaulage. Zudem sind hohe Kontaktkräfte bei geringer Erregerleistung möglich, da sich Dauer- und Erregerfluss in vier Kontaktspalten überlagern.

Betrachtet man die Summe der hervorragenden Eigenschaften des Drehankersystems, wird schnell klar, dass in einer ambitionierten Neuentwicklung wie dem SF-Y kein gewöhnlicher Klappanker

Verwendung finden darf. Das Ziel musste es sein, den Antrieb unter Beibehaltung seiner technischen Eigenschaften deutlich zu verkleinern. Das eindrucksvolle Resultat zeigt wiederum **Bild 3**: Der Platzbedarf des neuen Antriebs konnte auf weniger als die Hälfte im Vergleich zum SFN4D reduziert werden. Lediglich die Spulenverlustleistung fällt mit nominal 670 mW etwas höher aus, was der deutlich kompakteren Spule mit reduzierter Windungszahl geschuldet ist. Betreibt man das SF-Y wie üblich mit etwa 60 Prozent der Nennspannung, mittels Taktung oder Absenkung der Versorgungsspannung, sinkt die Verlustleistung auf 241 mW.

Die größte Platzeinsparung ist also mit der Miniaturisierung des Antriebs zu erreichen. Zusammen mit einigen weiteren Optimierungen konnte der Platzbedarf des sechspoligen SF-Y gegenüber dem vergleichbaren SFN4D um 40 Prozent gesenkt werden. Bei der vierpoligen Typ beträgt die Platzreduktion immerhin noch 34 Prozent gegenüber den vergleichbaren Typen SF2D/SF3.

#### Technische Aspekte

Die zentrale und gern diskutierte Kenngröße von Relais im Allgemeinen ist der mögliche Schaltstrom in all seinen Ausprägungen, wie für ohmsche, kapazitive oder induktive Lasten jeglicher Größe. Um eine breite Palette von Anwendungen abzudecken, muss das Relais auch einen weiten Schaltstrombereich aufweisen.

Mit einem nominellen maximalen Schaltvermögen von 6 A, 250 V<sub>AC</sub>/30 V<sub>DC</sub> und einem minimalen Schaltvermögen von 10 mA/10 V<sub>DC</sub> reiht es sich nahtlos in die üblichen Dimensionen vergleichbarer



#### WISSENSWERT

**Die Norm EN 50205** schreibt ein Schaltrelais mit mindestens einem Schließer und einem Öffnerkontakt vor (1a1b). Die Kontakte müssen so konstruiert sein, dass eine mechanische Verbindung sicherstellt, dass die Schließer und die Öffner niemals gleichzeitig geschlossen sein können (Zwangsführung, **Bild 1**). Weiterhin muss gewährleistet sein, dass über die gesamte Lebensdauer die Kontaktabstände im Störfall mindestens 0,5 mm betragen. Diese Forderung ermöglicht es, dass ein Öffnungsversagen eines Kontakts (etwa Kontaktverschweißung bei Überlast durch einen Fehler) über den jeweils antivalenten Kontakt erkennbar und damit auswertbar ist. Das Verschweißen eines Schließers äußert sich zum Beispiel im Nicht-Schließen eines Öffners bei Abschalten der Erregerspannung. Diese Rückmeldung des Öffnerkontakts durch die Zwangsführung sorgt für ein klares Erkennen des Ausfalls. Eine Auswertelektronik verhindert dann beispielsweise ein Wiedereinschalten der Maschine.



Typen ein. Allerdings geben diese gängigen Werte kaum einen Aufschluss über die tatsächlichen Fähigkeiten des Relais. Sie stellen nur eine Momentaufnahme dar, die nichts anderes aussagt, als dass der Hersteller eine Lebensdauer von 100.000 Schaltspielen bei einer ohmschen Last von 6 A,  $250 V_{AC}/30 V_{DC}$  und Betriebsbedingungen laut Datenblatt garantiert.

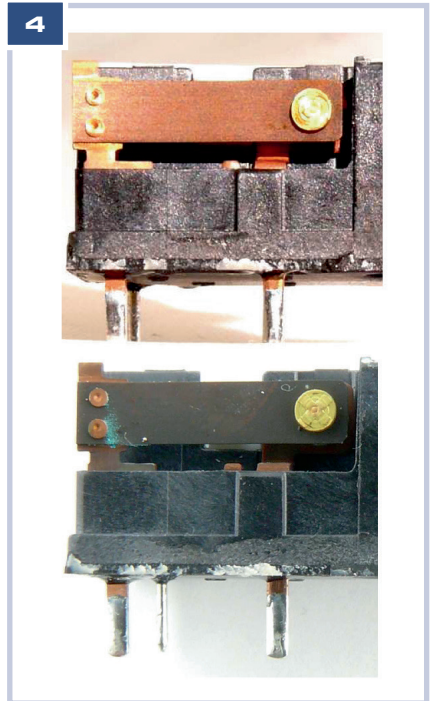
In den seltensten Fällen wird das Relais tatsächlich aber mit dieser Last beaufschlagt. Im realen Alltagseinsatz sehen die Kontakte hauptsächlich kapazitive, induktive oder alle möglichen Mischlasten wie zum Beispiel Motoren, Schützspulen oder Magnetventile. Diese Lasten sind wegen hoher Ein- oder Abschaltströme und der daraus resultierenden starken Lichtbögen eine besondere Herausforderung für die Relaiskontakte (**Tabelle A**). Andererseits gilt es oft, Kleinlasten zuverlässig zu schalten, etwa über den internen Rücklesekontakt. Auch eine nachgeschaltete Auswerteeinheit stellt eine typische Anwendung dar. Die Herausforderung liegt hier nicht in der Lebensdauer der Kontakte, welche sich bei Kleinlasten der mechanischen Lebensdauer annähert, sondern in der Kon-

taktszuverlässigkeit. Korrosion und Fremdschichtbildung können zu einem hohen elektrischen Widerstand an der Kontaktstelle führen. Eine Dichtheit nach RTIII und hochwertige Kontaktmaterialien helfen hier ebenso weiter wie einzelne Kontaktkammern, welche das Fremdverschmutzen durch leistungsintensive Schaltvorgänge benachbarter Kontakte vermindern (**Bild 4**). Zusätzlich bieten viele Hersteller die Möglichkeit an, einzelne oder alle Kontakte zur Vorbeugung von Korrosion mit Hartvergoldung (zirka drei bis fünf Mikrometer Goldauflage) zu versehen.

Sind die zu schaltenden (Maximal-) Lasten definiert, lohnt ein weiterer Blick ins Datenblatt oder der Kontakt zum Relaishersteller. Oftmals können neben Lastgrenzkurven auch Lebensdauerdiagramme oder Testberichte mehr Aufschluss über die tatsächlichen Fähigkeiten des Relais geben.

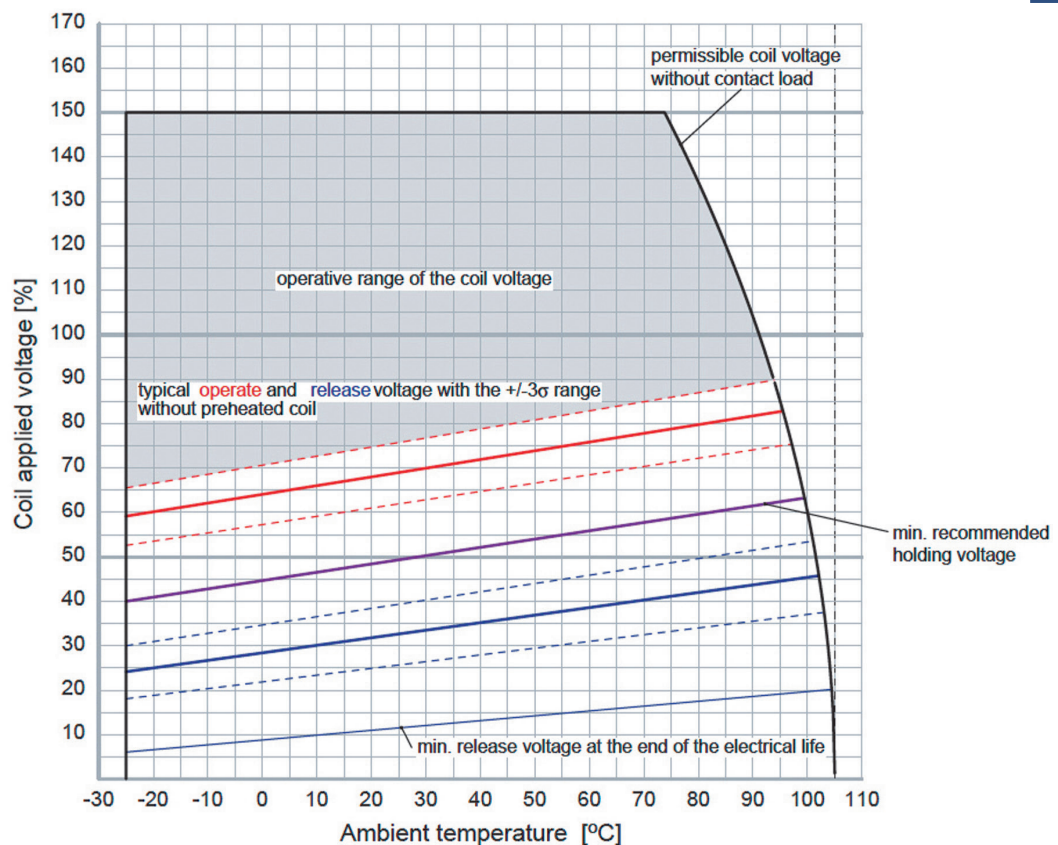
### Ein Satz zum Einsatz

Auch wenn ein Relais nur zwischen zwei Zuständen hin- und herschaltet, also auf den ersten Blick fast schon digital an-



**Bild 4.** Das Schalten großer Lasten verursacht Abbrand, der als schwarze Ablagerung zu Isolationsversagen oder hochohmigen Kontakten führen kann (unten); einen sauberen Kontakt zeigt das obere Bild

**Bild 5.** Das Ansteuerdiagramm des SFN4D-Relais verdeutlicht, dass mit steigender Temperatur die Spule immer weniger überregert werden darf, um die maximal zulässigen Temperaturen des Spulendrahtes nicht zu überschreiten



mutet, ist es ein hochkomplexes Bauteil und in seiner Leistungsfähigkeit stark von analogen Faktoren abhängig. Als einer der wichtigsten Einflussfaktoren gilt die Temperatur: Die meisten Industrieapplikationen fordern eine maximal mögliche Umgebungstemperatur von 70 oder 85 °C. Das SF-Y ist laut Datenblatt bis 70° C spezifiziert, kann aber unter Einhaltung gewisser Vorgaben auch bis 85 °C betrieben werden.

Warum ist diese Einschränkung notwendig? Zum einen Verschleiß an den Kontakten insbesondere bei anspruchsvollen Lasten schneller, da bei hoher Umgebungstemperatur der nötige Wärmeeintrag in das Kontaktmaterial zum Erreichen des Schmelzpunkts geringer ist. Eine hohe Umgebungstemperatur fördert also das Aufschmelzen der Kontaktfläche und damit eine Kontaktschädigung. Ist darüber hinaus eine hohe Schaltspielzahl in kurzer Zeit – eine hohe Schaltfrequenz – gefordert, wird es noch kritischer: Je kürzer die Zeit zwischen zwei Schaltvorgängen, desto weniger Zeit bleibt dem Kontaktsystem zum Abkühlen. Die Kontakte erhitzen sich mit jedem Schaltvorgang weiter, und das oben genannte Aufschmelzen der Kontaktfläche wird zusätzlich begünstigt.

Zum anderen ist auch der Antrieb des Relais, sprich die Relaispule, gefährdet. Der durch sie fließende Strom erhitzt die Spule; diese Wärme addiert sich zur Umgebungstemperatur und der Erwärmung, welche die schaltenden Kontakte erzeugen. Gerade in sehr kleinen Relais kann

<b>Abmessungen:</b>	2a2b & 3a1b: LxBxH = 31,0 x 28,6 x 14,5 mm <sup>3</sup>
	4a2b & 5a1b: LxBxH = 39,0 x 28,6 x 14,5 mm <sup>3</sup>
<b>Nominaler Schaltstrom:</b>	6 A, 250 V <sub>AC</sub> ; 6 A, 30 V <sub>DC</sub>
<b>Minimaler Schaltstrom:</b>	10 mA, 10 V <sub>DC</sub> (Standardkontakte, Goldkontakte auf Anfrage)
<b>Nominelle Spulenleistung:</b>	670 mW
<b>Temperaturbereich:</b>	-40 °C bis +70 °C (+85 °C auf Anfrage)
<b>Luft- und Kriechstrecke:</b>	5,5 mm zwischen allen Kontakten

**Tabelle A. Übersicht der wichtigsten technischen Daten der SF-Y-Relaisfamilie.**

hier eine Temperaturerhöhung um 50 bis 70 °C auftreten. Damit herrschen im Innern der Spule Temperaturen bis 150 °C. Selbst ein Spulendraht mit guter und temperaturfester Isolation (zum Beispiel ein Klasse-F-Draht) kommt hier ins Schwitzen. Schmilzt die Isolation, entstehen Kurzschlüsse zwischen den Spulenwindungen. Der Spulenstrom steigt somit weiter an, und die Spule beginnt zu schmoren oder zu brennen, womit das Lebensdauerende des Relais erreicht ist.

Daher ist es bei hohen Umgebungstemperaturen ratsam, die Spule nicht überzuerregen. **Bild 5** zeigt exemplarisch das Ansteuerdiagramm des SFN4D-Relais. Es verdeutlicht, wie die Fähigkeit zur Übererregung mit der Temperatur abnimmt.

Jedoch auch eine zu geringe Spulenspannung kann zu Lebensdauereinbußen führen: Längere Schaltzeiten und stärkere

Prellneigung begünstigen dann die Entstehung von Lichtbögen und erhöhen so den Kontaktverschleiß. Die Relaishersteller empfehlen daher, Relais mit Nennspannung oder sogar einer leichten Übererregung einzuschalten und dann auf eine Haltespannung abzusinken. Dies kann entweder mithilfe eines Widerstands in Reihe zur Relaispule geschehen, welcher frühestens nach zirka 100 ms zugeschaltet wird oder eleganter mittels einer Pulsweitenmodulation. Als Frequenz empfehlen sich dabei, je nach Relais, mindestens 2 bis 5 kHz, um einem störenden Pfeifen der Relaismechanik vorzubeugen. (ml)

### ONLINE-SERVICE

- Relais-Übersicht des Herstellers (PDF-Download)

[www.EL-info.de](http://www.EL-info.de)

**935201**