

Hohe Anforderungen an Lebensdauer, Schaltleistung, Brennbarkeit

Relais – klein, aber kräftig

Mit einer durchdachten Schaltungstechnik auf der Leiterplatte kann der Entwickler erheblich zum Gewinn bei der Lebensdauer der Relais beitragen und gleichzeitig Energieverluste reduziert.

Herde, Waschmaschinen, Geschirrspüler, Trockner, Kaffeemaschinen, Mikrowellen, Kühlschränke – sie alle zählen zur Welt der „Weißen Ware“, also Küchen- und Haushaltsgeräte. Ausgeklügelte Technik übernimmt immer mehr Aufgaben des täglichen Lebens. Dabei soll die zunehmende Anzahl elektrischer Geräte ihren Dienst natürlich unbeaufsichtigt verrichten. Dieser von Kunden als selbstverständlich vorausgesetzte Komfortanspruch ist nur mit zuverlässigen Bauelementen und besonderen Sicherheitsmaßnahmen zu erreichen. Relais, die zum Schalten großer Leistungen dienen, spielen dabei eine entscheidende Rolle. Hohe Anforderungen an Lebensdauer, Schaltleistung, Brennbarkeit von Kunststoffen bei hohen Umgebungstemperaturen und der stetige Preisdruck stellen die Relaisentwickler vor große Herausforderungen. Bereits 1825, als man schmutziges Leinen noch auf dem Waschbrett sauberschrubben musste, baute der Engländer Sturgeon den ersten Elektromagneten. Dieser konnte bereits das 8-fache seines Eigengewichts heben und war eine wichtige Vorstufe für das im Jahre 1838 von Wheatstone realisierte Telegraphen-Relais. Das Relais ist demnach über 150 Jahre alt. Um den damaligen Zeitgenossen dieses neue Bauelement in seiner Wirkungsweise verständlich zu machen, nannte man es „Relais“, weil durch sein Funktionsprinzip mit Steuer- und Schaltkreis in Verbindung mit einer Batterie wie in einer „Pferdewechselstation“ Kräfte erneuert werden. Es zeigte sich bald, dass dieser fernsteu-



Y	90°C
A	105°C
E	120°C
B	130°C
F	155°C
H	180°C

Tabelle 1: Spulenisolationsklassen beschreiben den zulässigen Maximalwert der Temperatur im inneren der Spule

erbare elektromagnetische Schalter viele Vorteile aufwies. Heute finden wir Relais in nahezu allen Bereichen der Technik. Der weltweite Relaisumsatz wird zurzeit auf 2,8 Mrd. € und 2,5 Mrd. Stück geschätzt. Ein Blick in die Haushaltsabteilungen von Discount-Märkten zeigt, dass die Entwicklung der Weißen Ware und damit auch der eingesetzten Relais von niedrigen Preisen bestimmt ist. Trotz des hohen Preisdrucks müssen aber Kriterien wie hohe Schaltleistungen im kVA-Bereich, Widerstandsfähigkeit der Kunststoffe gegen Entflammung bei Umgebungstemperaturen über 100°C und Ausfallraten im einstelligen ppm-Bereich (ein ppm = ein Teil aus einer Million Teilen) realisiert werden. Dies erfordert eine besondere Sorgfalt bei Konstruktion, Materialauswahl und in der Produktion. Auch die moderne Schaltungstechnik samt softwaregesteuerte Mikroprozessoren unterstützt den effektiven Einsatz von Relais

bei widrigen Bedingungen. Folgende Beispiele zeigen gängige Methoden zur effizienten Spulenansteuerung von Relais auf womit Energie gespart und unnötige Wärmeentwicklung verhindert wird.

Absenkung der Spulenspannung

Ein interessanter Ansatzpunkt um den Wärmestress von Relais entgegen zu wirken, ist die Spulenspannung zu vermindern. Um die Verlustleistung an der Relaispule zu reduzieren, kann die Versorgungsspannung abgesenkt werden. Hier kommt die Eigenschaft elektromechanischer Relais zum Tragen, dass nach dem vollständigen Schließen der Kontaktankereinheit zum Halten der Schaltposition eine wesentlich geringere Spulenspannung und damit eine geringere Leistung ausreichend ist. Diese Spannung wird als Haltespannung bezeichnet. Der typische Wert dieser Haltespannung beträgt etwa die Hälfte der Spulennennspannung.

Um das Relais vom Ruhezustand in den Betriebszustand zu schalten, ist ein energiereicher Startimpuls notwendig, dessen elektrische Arbeit (Spannung, Strom und Zeitdauer) durch die Relaisparameter bestimmt wird (**Bild 1**). Dieser Startimpuls ist notwendig, um das Relais in den sicheren Arbeitszustand zu schalten. Das bedeutet, dass die Kontakte (Kontaktkräfte-Überhub) und der Relaisanker (der Relaisanker liegt satt auf dem Spulenkern auf) ihre Arbeitsstellung erreicht haben. Die angelegte Spulenspannung muss dabei mindestens die Ansprechspannung des Relais überschreiten. Die Werte der Ansprechspannungen von Relais liegen im Fall von Raumtemperatur bei zirka 75 % der Spulennennspannung. Beispiel: bei 5 V Spulennennspannung reichen 3,75 V Ansprechspannung aus, um das Relais zu schalten. Diese Werte garantiert der Relaishersteller. Um genügend elektrische Energie zum Schalten bereitzustellen, muss aber nicht nur die elektrische Leistung, sondern auch die Zeitdauer des Schaltimpulses ausrei-

AUTOR



Dipl.-Ing. (FH)
Hagen Herbsleb
ist General Manager
im Bereich Komponenten
bei Panasonic Electric
Works Deutschland GmbH,
Holzkirchen.

chend sein. Typische Impulsdauerwerte liegen bei klassischen Leistungsrelais im Bereich von ungefähr 30 ms, da in dieser Zeit auch der Prellvorgang des Kontaktes abgeschlossen ist. Erst dann kann man die Nenn- auf die Haltespannung absenken und damit Energie einsparen. Diese Maßnahme zur Reduktion der Spulenleistung hat keinen negativen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Relais.

Bei der Dimensionierung des Startimpulses besonders bei hohen Umgebungstemperaturen sind die Materialeigenschaften des Kupferdrahtes der Relaispule nicht vernachlässigbar. Kupfer ist ein Kaltleiter, der seinen ohmschen Widerstand bei steigender Temperatur erhöht. Der Kupferwiderstand steigt mit knapp 0,4 % pro Kelvin. Um die Leistung konstant zu halten, ist bei hohen Umgebungstemperaturen eine höhere Spulenspannung erforderlich. Angaben in Datenblättern beziehen sich in der Regel auf Raumtemperatur, also 20°C. Werden Relais bei Umgebungstemperaturen von beispielsweise 120°C eingesetzt, so erhöht sich die Ansprechspannung um etwa 40 %. Beträgt die Ansprechspannung bei 20°C Umgebungstemperatur typisch 75 % der Spulennennspannung, so reicht diese bei 120°C zum sicheren Schalten nicht mehr aus.

Die Umgebungstemperatur addiert sich zur Eigenerwärmung der Spule, wobei die Temperatur innerhalb der Spule einen zulässigen Maximalwert nicht überschreiten darf, da es zum Schmelzen der Spulenisolation und in Folge zu Spulenkurzschlüssen kommen kann. Der zulässige Maximalwert der Spule wird durch Spulenisulationsklassen beschrieben (**Tabelle 1**). Übliche Spulenisulationsklassen bei Relais im Einsatz in der Weißen Ware ist die Spulenisulationsklasse F (155°C). Bei typischen Umgebungstemperaturen für Relais im Herdeinsatz von 105°C ist leicht ersichtlich, dass ein Wert von 155 °C im Inneren der Spule schnell erreicht wird. Aus diesem Grund ist es erforderlich, die Spulenverlustleistung entsprechend zu reduzieren.

Getaktete Spulenansteuerung

Monostabile Relais können mit getakteter Ansteuerung in Form von Pulsweitenmodulation (PWM) betrieben werden. Dabei speist man die Relaispule mit einem bestimmten Impuls/Pausenverhältnis (**Bild 2**). Auch in diesem Fall ist zu beachten, dass der Startimpuls ausreichend lang und damit energiereich ist, um den im Ruhezustand wirkenden Anker-Luftspalt abzubauen, d. h. das Relais zum Anzug zu bringen. Erst dann ist die Umstellung auf Taktansteuerung möglich.

Ein wichtiger Punkt ist dabei die Ansteuerfrequenz. Die entstehenden Pausenzeiten, in denen die Spule stromlos ist und damit keine Kraft auf den Anker ausübt, muss die Trägheit des mechanischen Systems überbrücken. Daher darf die Pausenzeit nur wesentlich kürzer ausfallen als die angegebenen Abfallzeiten des verwendeten Relais. In den meisten Applikationen stehen bereits leistungsfähige Mikrocontroller in Kombinationen mit Relais treibern zur Verfügung, somit ist die Realisierung einer PWM Ansteuerung ohne



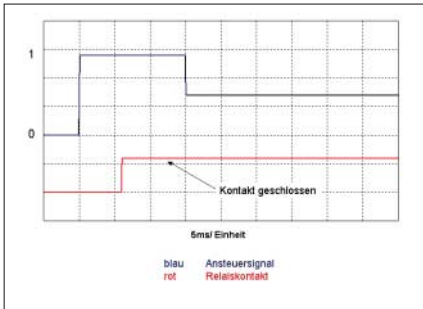


Bild 1: Typischen Verlauf der Ansteuerspannung eines Relais

großen Zusatzaufwand möglich. Amplitude und Impulsdauer der getakteten Ansteuerung sind so zu wählen, dass sich im Mittel (Effektivwert) annähernd dieselbe Leistung ergibt wie durch die Hälfte der Nennspannung bei kontinuierlicher Ansteuerung. Typische Frequenzen liegen bei über 500 Hz. Bei der Wahl der Taktfrequenz sollte an einigen Mustern geprüft werden, ob durch ungewollte Resonanzen an Relaisbauteilen Geräusche auftreten können. Die empfindlichen Halbleiterbauelemente der Mikrocontroller-Ansteuerung werden üblicherweise jedoch durch eine so genannte Freilaufdiode parallel zur Relaispule vor induktiven Überspannung geschützt.

Freilaufdiode

Eine parallel zu den Spulenanschlüssen geschaltete Diode, genannt Freilaufdiode, verhindert die beim Abschalten des Relais entstehende Selbstinduktionsspannung der Spule (Bild 3). Der Aufbau eines gegengerichteten Magnetfeldes, das den Abfall der Relaispule beschleunigt, wird unterdrückt. Dadurch öffnet das Relais langsamer. Diese Maßnahme schützt die empfindliche Ansteuerlektronik wirksam gegen die sonst entstehende Überspannung mit Maximalwerten von einem Vielfachen der Spulenspannung.

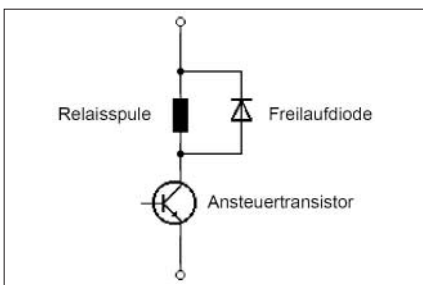


Bild 3: Eine Freilaufdiode parallel zur Relaispule schützt empfindliche Halbleiterbauelemente vor induktiver Überspannung

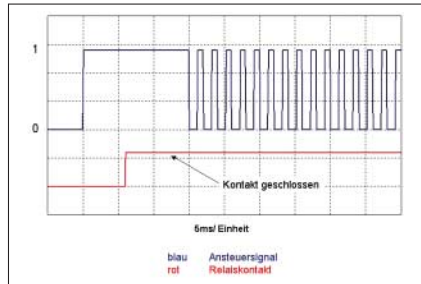


Bild 2: Beispiel einer PWM-Ansteuerung eines Relais bei 500 Hz und einem Impuls- / Pausenverhältnis von 40 / 60.

Beim Einsatz der Freilaufdiode ist aber zu beachten, dass das verlangsamte Öffnen des Relaiskontaktes in der Regel eine höhere Belastung für den Kontakt darstellt. Dies liegt am länger anstehenden Lichtbogen beim Trennen der Last. Die Dauer des Lichtbogens ergibt sich aus der Zeit, in der der Fest- und Federkontakt einen Abstand aufweisen, der die Ionisation des Mediums (meist Luft) zwischen den Kontakten durch die zu trennende Spannung ermöglicht. Die dabei entstehenden Temperaturen von mehreren hundert Grad bedeuten bei jedem Schaltvorgang eine extreme thermische Belastung für das Kontaktmaterial. Je länger die Lichtbogendauer ist, desto höher werden die Temperaturen an den Kontaktflächen und damit der Abbrand. Ein weiterer Grund für eine höhere Belastung der Kontakte ist der Einfluss der Freilaufdiode auf die Kontaktkraft. In der Zeit, bis sich die Kontaktpillen vom Fest- und Federkontakt beim Öffnen nicht mehr berühren, nimmt die Kontaktkraft kontinuierlich ab. Da die Kontaktkraft im direkten Zusammenhang mit dem Übergangswiderstand steht, steigt dieser dadurch stetig an. Das Ansteigen des Widerstandes erhöht die Verlustleistung und damit die Wärmeentwicklung am Kontakt. Der Zeitraum, in dem sich die Kontaktkraft

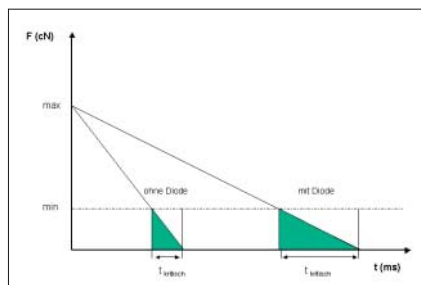


Bild 4: Der Zeitraum, in dem sich die Kontaktkraft beim Öffnen in einem kritischen Bereich befindet, verlängert sich durch eine Freilaufdiode.

beim Öffnen in einem kritischen Bereich befindet, verlängert sich durch eine Freilaufdiode in erheblichem Maße (Bild 4). Bei der Parametrierung eines geeigneten Relais ist diese Tatsache zu berücksichtigen. Die in den entsprechenden Spezifikationen angegebenen maximalen Schaltleistungen müssen daher mit Rücksicht auf die Freilaufdiode spezifiziert werden. Relaishersteller gehen dem Entwickler bei der Dimensionierung mit entsprechender Unterstützung zur Hand.

Bistabile Relais

Die effektivste Möglichkeit zur Reduktion der Spulenverlustleistung ist der Einsatz von bistabilen Relais. Bei dieser speziellen Konstruktion wird die Spule des Relais ausschließlich mit Spannungsimpulsen versorgt, d. h. die Spulenspannung muss nicht kontinuierlich anstehen, was sich positiv auf den Leistungsverbrauch auswirkt. Das Relais wird nach dem Ansteuern lediglich durch die Kraft eines Dauermagneten in der jeweiligen Schaltposition gehalten. Die Verlustleistung der Relaispule beträgt dadurch nahezu Null, denn Strom fließt nur im Umschaltzeitraum. Der Einsatz dieser Relais für Standard Anwendungen (Heizung, Motoren) in der Weißen Ware ist jedoch aus bereits erwähnten Kostengründen derzeit nicht üblich.

Für die Netzfreeschaltung oder die Anbindung von Hausgeräten an die Gebäudeleittechnik sind bistabile Relais hervorragend geeignet. Bei einer Spulenverlustleistung von 100 mW und einer Setzimpulsdauer von 30 ms ergibt sich eine elektrische Arbeit von nur 3 mWs. Diese Energie kann problemlos üblichen Hausinstallationsbussystemen entnommen werden.

Es gibt also verschiedene Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz im Ansteuerkreis. In der Praxis gilt daher, ein für die Applikation geeignetes Relais hinsichtlich der Ansteuerung zu spezifizieren. Spätere Probleme lassen sich vermeiden, wenn bereits in der frühen Entwicklungsphase ein intensiver Dialog mit dem Relaishersteller gesucht wird. (jj)

 infoDIRECT 552ei0507
www.elektronik-industrie.de
 ▶ Panasonic Electric Works Dtl.