



Maßnahmen zur Senkung der Spulenverlustleistung

Dipl.-Ing. Sebastian Holzinger, Panasonic Electric Works, Holzkirchen

Der Anteil elektromechanischer Relais im Automobil steigt trotz der starken Konkurrenz durch Halbleiterlösungen nach wie vor stetig an. Die Gründe hierfür liegen zum einen an den klaren technischen Vorteilen (Tabelle 1) und zum anderen an einem besseren Preis-, Leistungsverhältnis. Bedingt durch die kontinuierliche Zunahme von Sicherheits- und Komfortelektronik in allen Fahrzeugklassen gewinnt der Preisaspekt immer mehr an Bedeutung. So sind in einem modernen Oberklassefahrzeug je nach Ausstattungsvariante mehr als 50 Relais verbaut, wodurch sich bereits geringe Preisunterschiede in der Summe schnell bemerkbar machen.

Halbleiterlösungen kommen immer dann zum Einsatz, wenn eine höhere maximale Schaltfrequenz, höhere Lebensdauer oder eine niedrigere Ansteuerleistung gefordert ist. Doch auch das

elektromechanische Relais bietet interessante Möglichkeiten, den Kernparameter Spulenverlustleistung zu reduzieren. Somit erschließen sich zusätzliche Anwendungsgebiete, die sonst den Halbleitern vorbehalten wären.

Nachfolgend werden technische Ansteuerungsvarianten aufgezeigt und deren Einfluss auf die Schaltleistung erläutert. Die für Kfz-Anwendungen üblicherweise gewünschte niedrige Ansprechspannung der Relais über einen weiten Temperaturbereich (-40 °C bis +85 °C) steht im direkten Widerspruch zur Forderung nach einer geringen Spulenverlustleistung.

Da sich der Ohmsche Widerstand der Relaispule mit steigender Temperatur nach der Formel $R_{\theta} = R_{20} (1 + \alpha \Delta\theta)$ mit $\alpha_{Cu} = 0,4$ um 0,4 % pro K erhöht, ist für dieselbe Leistung ($P = U^2/R$) bei hohen Temperaturen eine höhere Spannung erforderlich. Will man also die Ansprechspannung auch für hohe Temperaturen auf einem niedrigen Niveau halten, so muss der Spulenwiderstand entspre-

	Relais	Halbleiter
Überlastbarkeit	Problemlos in weiten Bereichen überlastbar.	Sehr empfindlich, auch bei kurzer und nur geringer Überlastung.
Temperaturempfindlichkeit	Kontakte weitgehend temperaturunempfindlich.	Belastung (Strom) von Halbleitern ist stark temperaturabhängig.
EMV-Verträglichkeit	Unempfindlich gegenüber Störfeldern.	Starke Empfindlichkeit gegenüber Störfeldern.
Schaltvermögen	Hohes Schaltvermögen auch ohne äußere Schutzbeschaltung möglich.	Hohes Schaltvermögen nur mit Schutzbeschaltung und entsprechender Kühlung möglich.
Galvanische Trennung	Zwischen Kontakt und Spule vorhanden. Zusätzlich am Ausgang (offener Kontakt).	Zwischen Steuerseite und Lastseite vorhanden. Am Ausgang keine galvanische Trennung vorhanden.

Tabelle 1. Elektromechanische Relais versus Halbleiter

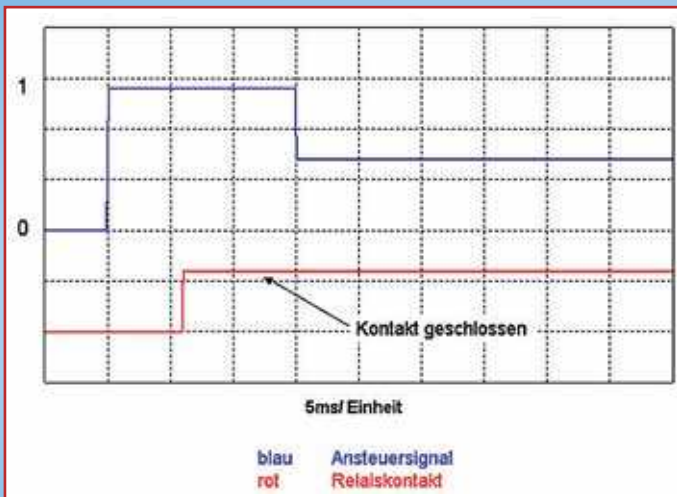


Bild 1. Absenkung der Spulenspannung

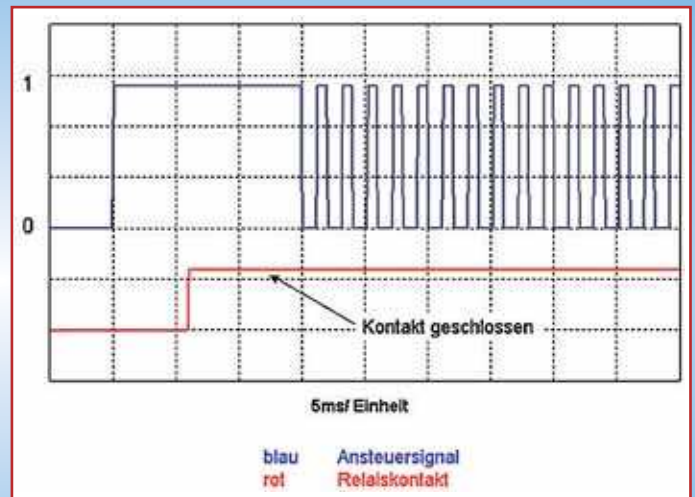


Bild 2. Getaktete Ansteuerung

chend niedrig dimensioniert werden. Bei Einsatz im oberen Temperaturgrenzbereich, d.h. bei +85 °C, sind zusätzlich die Lastparameter sowie die Betriebsdauer von zentraler Bedeutung. Durch die Kontaktverlustleistung wird ein zusätzlicher Beitrag zur Gesamtwärmeentwicklung geleistet, wobei allerdings der zulässige Maximalwert der Spulendrahisolationsklasse (Tabelle 2) nicht überschritten werden darf. Auch aus diesem Grund ist es erforderlich, die Spulenverlustleistung entsprechend zu reduzieren.

Absenkung der Spulenspannung

Um die Verlustleistung an der Relaisspule zu reduzieren, kann die Versorgungsspannung abgesenkt werden. Hier kommt die Eigenschaft elektromechanischer Relais zum tragen, dass nach dem vollständigen Schließen der Kontakt-/Ankereinheit zum Halten der Schaltposition eine wesentlich geringere Spulenspannung und damit geringere Leistung ausreichend ist. Diese Spannung wird als sog. Haltespannung bezeichnet. Der typische Spannungswert beträgt die Hälfte der Nennspannung. Um das Relais vom Ruhezustand in den Betriebszustand zu schalten, ist ein Startimpuls notwendig, dessen Amplitude und Zeitdauer durch die individuellen Relaisparameter bestimmt werden. Typische Impulsdauerwerte liegen bei klassischen Auto-

mobilrelais im Bereich von 30 ms, da auch der Prellvorgang des Kontaktes innerhalb dieser Zeit abgeschlossen ist. Diese Maßnahme zur Reduktion der Spulenleistung hat keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Relais. Bild 1 zeigt den typischen Verlauf der Ansteuerung eines 12-V-Relais.

Getaktete Ansteuerung

Monostabile Relais können mit getakteter Ansteuerung in Form von Pulsweitenmodulation (PWM) betrieben werden. Dabei speist man die Relaisspule mit einem bestimmten Impuls-/Pausenverhältnis (Bild 2). Auch in diesem Fall ist zu beachten, dass der Startimpuls ausreichend lang dimensioniert ist, um den im Ruhezustand wirksamen Ankerluftspalt abzubauen, d.h. das Relais zum Anzug zu bringen. Erst danach kann getaktet angesteuert werden. Die Ansteuerfrequenz ist so zu wählen, dass die durch die Trägheit des mechanischen Systems zu überbrückende Pausenzeit ohne Spulenkraft wesentlich kürzer ist als die angegebene Abfallzeit des verwendeten Relais.

Da in den meisten Applikationen bereits leistungsfähige Mikrocontroller in Kombination mit Relaisratern zur Verfügung stehen, ist die Realisierung einer PWM-Ansteuerung ohne großen Zusatzaufwand möglich. Amplitude und Impulsdauer der getakteten Ansteuerung sind so zu wählen, dass sich im Mittel (Effektivwert) annähernd dieselbe Leistung bei kontinuierlicher Ansteuerung ergibt wie durch die Hälfte der Nennspannung bei kontinuierlicher Ansteuerung. Typische Frequenzen liegen zwischen 200 Hz und 1 kHz. In Bild 2 liegt eine PWM-Ansteuerung mit 500 Hz und einem Impuls-/Pausenverhältnis von 40/60 vor.

Freilaufdiode

Durch die Verwendung einer Freilaufdiode (Bild 3) wird die beim Abschalten des Relais

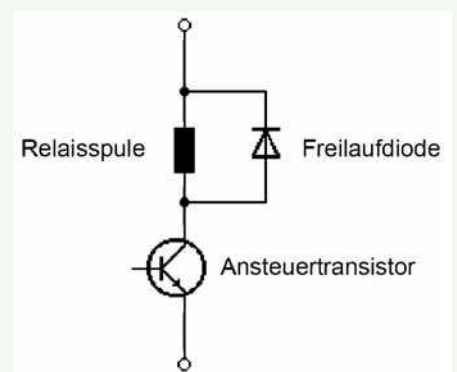


Bild 3. Freilaufdiode parallel zur Relaisspule

entstehende Selbstinduktionsspannung der Spule außer Kraft gesetzt. Der Aufbau eines gegengerichteten Magnetfeldes, das den Abfall der Relaisspule beschleunigt, wird verhindert. Dadurch öffnet das Relais langsamer. Diese Maßnahme schützt die empfindliche Ansteuerlektronik wirksam gegen die sonst entstehende Überspannung mit Maximalwerten von einem Vielfachen der Spulenspannung.

Beim Einsatz der Freilaufdiode ist zu beachten, dass das verlangsamte Öffnen des Relais eine höhere Belastung für den Kontakt darstellt. Dies liegt zum einen am länger anstehenden Lichtbogen beim Trennen der Last. Die Dauer des Lichtbogens ergibt sich aus der Zeit, in 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 wird die Temperatur an den Kontaktflächen und damit der Abbrand.

Ein weiterer Grund für die höhere Belastung der Kontakte ist der Einfluss der Freilaufdiode

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

Tabelle 2. Isolierstoffklassen nach IEC85

de auf die Kontaktkraft. In der Zeit bis sich die Kontaktpillen von Fest- und Federkontakt beim Öffnen nicht mehr berühren, nimmt die Kontaktkraft kontinuierlich ab. Da die Kontaktkraft in direktem Zusammenhang zum Übergangswiderstand steht, steigt dieser dadurch stetig an. Das Ansteigen des Widerstandes erhöht die Verlustleistung und damit die Wärmeentwicklung am Kontakt. **Bild 4** stellt diesen Zusammenhang schematisch dar. Der Zeitraum, in dem sich die Kontaktkraft beim Öffnen in einem kritischen Bereich befindet, verlängert sich durch den Einsatz einer Freilaufdiode in erheblichem Maße, verglichen mit dem Einsatz ohne Diode.

Bei der Parametrierung eines geeigneten Relais sollte diese Tatsache berücksichtigt werden. Die im entsprechenden Mission Profile der geplanten Applikation angegebenen maximalen Schaltleistungen müssen daher mit Rücksicht auf die Freilaufdiode spezifiziert werden.

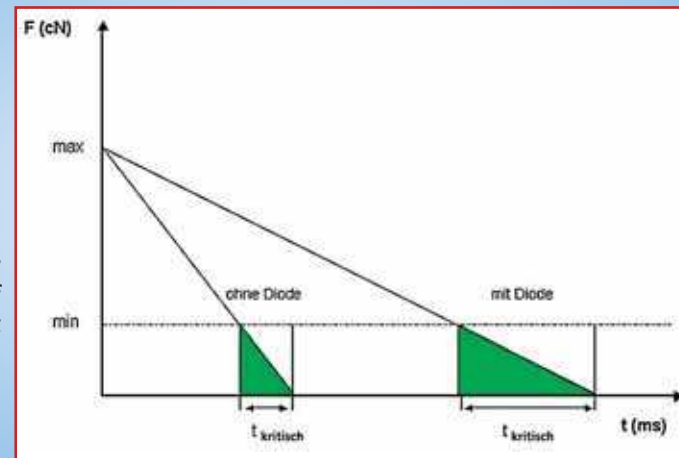
Bistabile Relais

Eine weitere Möglichkeit zur Reduktion der Spulenverlustleistung ist der Einsatz von sog. 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 des Dauermagneten in der jeweiligen Schaltposition gehalten. Ein Einsatz im Automobil ist grundsätzlich denkbar, allerdings gilt es zu beachten, dass bei Auftreten einer extremen Schock- oder Vibrationsbeanspruchung ein selbständiges Umschalten erfolgen kann. Bei sicherheitsrelevanten Applikationen stellt dies ein Ausschlusskriterium dar.

Es gibt also verschiedene Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz im Ansteuerkreis. In der Praxis gilt es 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.

Bild 4.
Einfluss der
Freilaufdiode auf
die Kontaktkraft



ZUM AUTOR

Dipl.-Ing. Sebastian Holzinger

ist Applikationsingenieur im Bereich Komponenten bei Panasonic Electric Works Deutschland in Holzkirchen.



- **Panasonic Electric Works**
- **Kennziffer: 152**
- **Webcode: 09152**