Elektronisch gesteuertes Relais für Einschaltströme bis 300 A

Die zunehmende Intelligenz im Verteilerbau, die Steuerung von Geräten über Bussysteme oder das Fernwirken per SMS oder Internet sollte nicht darüber hinweg täuschen, dass die Verbraucher meistens noch über mechanische Kontakte geschaltet werden. Kompakte Schaltgeräte mit bistabilen Netzrelais und einer „intelligenten“ Ansteuerelektronik beherrschen Einschaltströme bis 300 A.

Hohe Streuung der Ansprechzeiten

Ein aus vielseitigen Anwendungen bekanntes Prinzip, Wechselstromlasten im Nulldurchgang zu schalten, wird bei rein elektronischen Lösungen, z. B. Solid-State-Relais, angewandt. Der Einsatz elektromechanischer Relais scheitert hingegen oft an der zu hohen Streuung der zu erwartenden Ansprechzeiten. Werden der Magnetkreis und das mechanische System eines Relais betrachtet, gibt es systematische Fehler, wie beispielsweise die Änderung

- des spezifischen Widerstandes des Spulendrahtes (0,39 %/K)
- der Federkonstanten der Kontaktfedern
- der magnetischen Eigenschaften (magnetische Polarisation und Sättigungsflussdichte) mit der Temperatur
- der Ansteuerspannung/Stromstärke sowie
- der Abstands- und Kraft-Weg-Charakteristik durch den Abbrand und Materialtransport an den Kontakten.

Die Korrektur dieser Fehler ist näherungsweise mit einem Mikrocontroller beherrschbar (Temperatursensor, Spannungsregelung), bzw. wegen der zeitlich sehr langsamen Veränderung der Parameter über eine statistische Auswertung der in der Vergangenheit gemessenen Mittelwerte der Ansprechzeiten möglich.

Probleme bereiten jedoch die zufälligen Fehler (normalverteilt mit der mittleren quadratischen Abweichung), die eine Voraussage der Übereinstimmung der Ansprechzeit mit dem Nulldurchgang begrenzen. Das Spiel im Lager des Relais-Ankers und die dort sowie an den Kontakten angreifende Haftreibung, die proportional zur Kontaktkraft ist, und auch die der Geschwindigkeit proportionale Gleitreibung können als wichtige Ursachen für die Streuung gesehen werden. Simulationsuntersuchungen an Feder-Masse-Schwingern unter Beachtung der Haft- und Gleitreibung haben gezeigt, dass z. B. die Haftreibung, die bei dx/dt = 0 wirksam wird, den Start der Bewegung verzögert und dann zu Stoßbelastungen des Systems führt. Während dieser Stöße kann sich die Lage des Ankers im Rahmen des Lagerspieles verändern.

Ungepolte und bistabile Relais im Vergleich

Ähnliche Einflüsse entstehen durch das Prellen der Kontakte. Bei Messungen an einem modernen ungepolten Netzrelais (Nennstrom 8...16 A) zeigte sich ein Streubereich der Ansprechzeiten von 6,5 bis 8,5 ms und der Prellzeiten von 3 ms.

Deutlich kürzere Zeiten erreichen gepolte, bistabil-zweispulige Relais. So ergaben Versuche am bistabilen Netzrelais DE von Masushita, Holzkirchen, (Nennstrom ebenfalls 8...16 A) Time-Set-Werte, deren Streuung typisch bei 0,1...0,2 ms, jedoch maximal bei 0,4 ms liegen. Selbst wenn 100 Messungen nacheinander durchgeführt werden und sich die Spule erwärmt, lässt sich kein systematischer Fehler erkennen. Zur Wirkung kommt hier die Temperaturkompensation des gut abgestimmten Magnetwerkstoffes, bei dem die Änderung der magnetischen Eigenschaften der Erhöhung des Spulenwiderstandes entgegenwirkt. Ein Sensor ist erst über 40 °C nötig. Beim Relais DE1a1b-L2-12V liegt die Prellzeit bei 0,3 ms. Auch Messungen bei höheren Temperaturen zeigen keine signifikanten Veränderungen des Prellens.

Gepolte Systeme erreichen wesentlich höhere Kontaktkräfte bei vergleichbarer Baugröße, weil die Arbeit der Spule gegen die Differenz aus magnetischer Rückstellkraft und Federkraft zu leisten ist. Da die Anlaufbeschleunigung des Ankers beim gepolten System die volle Geschwindigkeit bereits beim halben Ankerweg erreicht, spielt die Haftreibung eine geringere Rolle als beim ungepolten Relais. Kleinere Federn und Massen wirken sich ebenfalls günstig aus. Bild ❶ zeigt den Einschaltstrom der Spule über der Zeit und verdeutlicht die zeitliche und energetische Differenz des Ankeranlaufes beider Relais (halber Spulenwiderstand des ungepolten Relais). Seine Abhängigkeiten von Kraft, Geschwindigkeit, Ankerweg und Kraftänderung zeigen den Grund für ein stärkeres Prellen des ungepolten Systems.

Kontaktprellen im Einschaltmoment

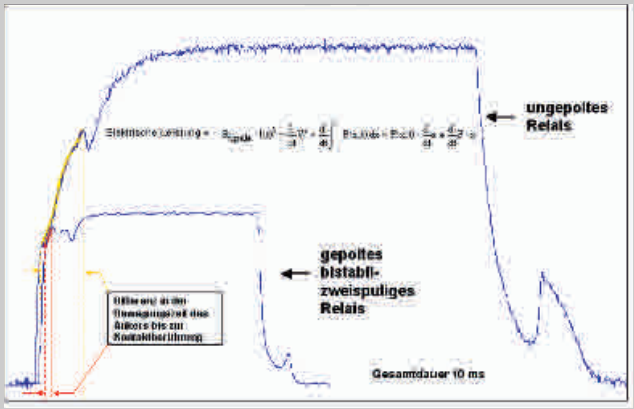
Betrachtet man nun die Funktionsweise eines Schaltkontaktes, so wird im Moment des Schließens ein Prellen beider Kontakthälften verursacht. Bild ❷ verdeutlicht, dass sich der Kontakt nach dem Einschaltmoment für eine begrenzte Zeit wieder öffnet und erneut schließt. Es findet ein Stromfluss statt, der kurz danach wieder unterbrochen wird.

Der Einschaltstrom eines Verbrauchers ist um Größenordnungen höher als sein Dauerstrom, bei Glühlampen das 10- bis 15-fache, bei kapazitiven Verbrauchern wie Energiesparlampen sogar das 20- bis 40-fache. Im Fall einer Beleuchtungsanlage mit 10 x 100 VA würde der Einschaltstrom beim Spitzenwert der Netzhalbwelle bei Glühlampen 65 A und bei Energiesparlampen 174 A betragen.

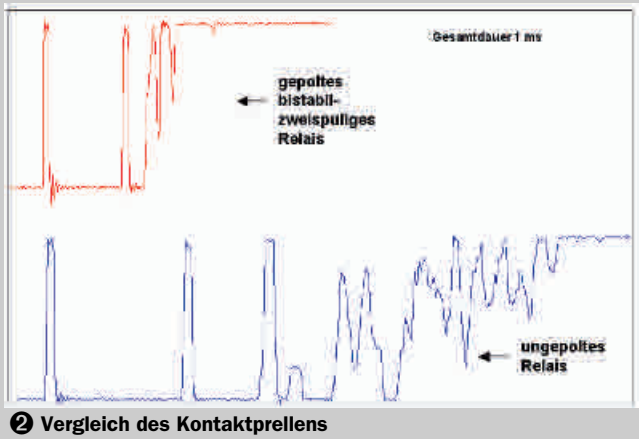
Der unvermeidlich entstehende Lichtbogen bei diesem Vorgang kann infolge starker Erhitzung zum Verschweißen der Kontakte führen. Mechanische Geräte sind jedoch in der Lage, aufgrund starker Rückstellkräfte die Kontakte beim Ausschalten wieder zu trennen, elektronische Typen besitzen diese Fähigkeit konstruktiv nicht.

Relais und Elektronik auf einer Platine

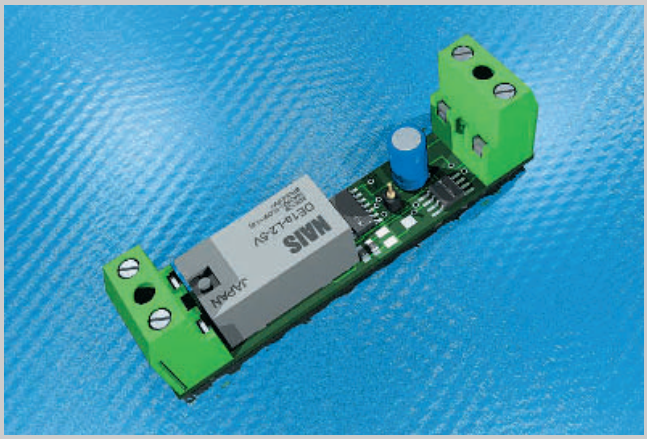
Die Fa. Matsushita hat ein Relais in kleiner Bauform entwickelt, das eine Prellzeit von nur noch typisch 200 µs aufweist. In Kombi-



❶ Einschaltstrom eines ungepolten und eines gepolten bistabil-zweispuligen Relais



❷ Vergleich des Kontaktprellens



❸ **Ein auf der Platine galvanisch getrennter Phasenlagen-Sensor sorgt dafür, dass das Relais praktisch im Nulldurchgang der Netzhalbwelle schaltet**



❹ **Ein Einsatzgebiet des gesteuerten Schaltrelais ist der Anschluss von elektronischen Vorschaltgeräten an eine SPS**

Quellen: Matsushita, Electronic Renaissance

nation mit einer „intelligenten“ Elektronik ist es damit möglich, einen nahezu verschleißfreien Schaltvorgang zu realisieren, so wie er bisher nur von Halbleiterschaltungen beherrscht wird.

Die Fa. Electronic Renaissance, Dresden, entwickelte dazu einen auf der Platine galvanisch getrennten Phasenlagen-Sensor (Bild ❸), der es ermöglicht, das Relais praktisch im Nulldurchgang der Netzhalbwelle zu schalten. Auftretende Spannungsspitzen und andere netzseitige Störeinflüsse werden durch einen Microcontroller erfasst und per Software ausgewertet. Eine integrierte Spannungsstabilisierung und eine mögliche Temperaturregelung kompensieren darüber hinaus die systematischen Fehler im Langzeitbetrieb. Somit wird nicht nur der Verschleiß des Schaltgerätes reduziert, es erhöht sich auch gleichzeitig die Lebensdauer der angeschlossenen Verbraucher. Die Schaltspannng beträgt DC 8...24 V. im Lastkreis sind Einschaltströme bis 300 A bei AC 230 V / 50 Hz möglich.

Für den Anschluss von EVGs an die SPS

Ein Einsatzgebiet des gesteuerten Schaltrelais (Bild ❹) ist der Anschluss von elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) an speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS). Durch eine automatische Einschaltstrombegrenzung wird die Belastung der SPS im Einschaltmoment elektronisch auf maximal 50 mA begrenzt. Die Stromaufnahme des Gerätes beträgt im Betriebszustand über den gesamten Steuerspannungsbereich konstant 5 mA.

H.-P. Dietrich, U. Lorenz