

Potentialfreie Übertragung von Gleichspannungssignalen

Zur potentialfreien Übertragung von Gleichspannungen stehen heute integrierte PWM-Modulatoren zur Verfügung. Auf der Empfangsseite wird das PWM-Signal teilweise durch aufwendige, mehrpolige Tiefpaßfilter geglättet. Deshalb wäre es interessant, die Anforderungen an das Filter durch andere Modulationsverfahren zu senken.

Im Prinzip wird bei der PWM das Eingangssignal mit einer zeitlinear ansteigenden Referenzspannung verglichen. Erreicht diese das Eingangssignal, schaltet das Ausgangssignal um, z.B. von $+x_{\max}$ nach $-x_{\max}$. Man benötigt einen Komparator, eine integrierende Schal-

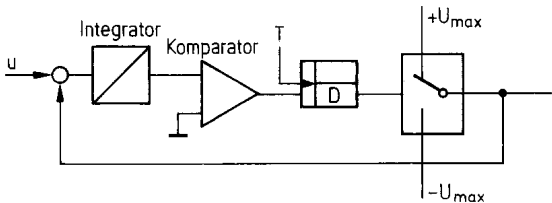


Bild 7. Signalflußplan eines Sigma-Delta-Modulators

tung zur Erzeugung der Rampenspannung und einen Analog-Umschalter.

Die Erzeugung des Steuersignals nach Bild 3 läßt sich in eine Analogschaltung umsetzen, wenn man die Grundelemente analysiert. So bedeutet die verzögerte, positive Rückkopplung eine Integration des Signals. Allerdings wird nur der „Rest“ zurückgeführt, das Überlaußbit wird vorher subtrahiert.

Eine entsprechende Analogschaltung ist in Bild 7 als Signalflußplan dargestellt. Es handelt sich um einen Sigma-Delta-Modulator erster Ordnung. (Die Synchro-



Dipl.-Ing. (FH) Armin Holz, geb. in Heilbronn, studierte an der Fachhochschule Ulm Nachrichtentechnik. Seit Abschluß des Studiums 1984 arbeitet er im Steinbeis-TZ Mikroelektronik an der Fachhochschule Ulm. Er entwickelt dort Hard- und Software für Anwendungen in der Automatisierungstechnik im Auftrag kleiner und mittelständischer Unternehmen.

Dr.-Ing. Reinhard Fritz fühlt sich als Badener auch im schwäbischen Ulm wohl, wo er seit 1973 als Professor an der Fachhochschule Ulm die Fachgebiete Regelungstechnik und Signalverarbeitung vertritt. Nach einem Studium der Nachrichtentechnik in Karlsruhe erfolgte der Start in den Beruf noch im „Zeitalter“ der Analogrechner bei Telefunken in Konstanz. Nach seiner Promotion an der TU Berlin war er bei Dornier AG, Friedrichshafen, in verschiedenen Satellitenprojekten an der Elektronik-Entwicklung beteiligt.



Teilschwingungen des Verbraucherstroms bei 50% Leistung

Konventionelle PWM $T_{\text{ein}} = 2,56 \text{ s}$		Beschriebenes Verfahren $T_{\text{ein}} = 20 \text{ ms}$	
Frequenz	Amplitude	Frequenz	Amplitude
49,02 Hz	0,13	25 Hz	0,82
49,41 Hz	0,21	50 Hz	1,00
49,80 Hz	0,64	75 Hz	0,55
50,00 Hz	1,00	125 Hz	0,16
50,20 Hz	0,64	175 Hz	0,11
50,59 Hz	0,21	225 Hz	0,08
50,98 Hz	0,13		

nisation auf ein Taktsignal bewirkt, daß die Grundperiode konstant $T_0 = 2^n \cdot T$ bleibt.) Die Schaltungselemente sind die gleichen wie beim Pulsweitenmodulator. Das Spektrum hat die in Bild 6 dargestellte Charakteristik mit einer Absenkung bei tiefen Frequenzen.

Störungen durch größere Schalzhäufigkeit

Während bei PWM in einer Periode T_0 zweimal geschaltet wird, können bei Sigma-Delta-Modulation bis zu 2^{n-1} Schaltungen pro Periode T_0 auftreten (Bild 5). Dies kann zu Störungen führen, insbesondere zu Oberschwingungen im Versorgungsnetz durch das Ein- und Ausschalten von Verbrauchern. Nehmen wir wieder als Beispiel die Schwingungspaketsteuerung bei einem ohmschen Verbraucher. Bei 2,56 s Einschaltzeit und 2,56 s Ausschaltzeit liegen die Teilschwingungen sehr dicht bei 50 Hz (s. Tabelle, linke Seite). Wird dagegen nach jeder Vollwelle aus- und dann wieder eingeschaltet ($T_{\text{ein}} = 20 \text{ ms}$), so entstehen Teilschwingungen mit beträchtlicher Amplitude bei 25 Hz, 75 Hz, 125 Hz, 175 Hz (rechte Seite). Diese zusätzlichen Frequenzen auf dem Netz sind natürlich unerwünscht.

Für Haushaltsgeräte ist die Netzzrückwirkung durch Norm geregelt (DIN VDE 0838, EN 60555). Hiernach ist bei Schwingungspaketsteuerung die Anschlußleistung (Anschluß an Drehstrom) auf 8,7 kW bei 10 Schaltungen/min und auf 2 kW bei mehr als 1000 Schaltungen/min begrenzt. Im gewählten Beispiel ergibt sich der erste Wert bei Pulsweitenmodulation, der zweite Wert bei Anwendung des „Noise Shaping“-Prinzips. Aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) ist die zulässige Anschlußleistung um so kleiner, je größer die Schalzhäufigkeit ist.

Bei Schwingungspaketsteuerung ist die Schalzhäufigkeit von vornherein durch die Netzperiode von 20 ms begrenzt. Dagegen liegt sie in Schaltnetzteilen oder Gleichspannungswandlern mit PWM zwischen 20 kHz und 500 kHz. Bei weiterer Erhöhung der Schalzhäufigkeit, z.B. durch Sigma-Delta-Modulation, kann die zulässige Verlustleistung der Leistungsschalter überschritten werden, weil deren Energieaufnahme während des Schaltvorgangs ein Maximum aufweist.

Trotz dieser Einschränkungen sollte man für einen konkreten Anwendungsfall prüfen, ob die Pulsweitenmodulation mit der konstanten Periode T_0 gegenüber einem Verfahren mit variabler Schaltfrequenz vorzuziehen ist. □