Modulationsarten

Modulationsarten

Amplitudenmodulation, Einseitenbandmodulation, CW (Morsefunk) und diverse digitale Betriebsarten (z.B. DRM) sind häufig im Kurzwellenbereich zu finden.

AM: Amplitudenmodulation wird für den Kurz-, Mittel- und Langwellenrundrundfunk benutzt.

Vorteile: Die technische Umsetzung ist sender- und empfängerseitig einfach. Nachteile: verhältnismäßig hoher Energieverbrauch beim Sender, im Vergleich mit SSB doppelte benötigte Bandbreite.

Im Sender wird ein Trägersignal erzeugt, das ist eine Hochfrequenzschwingung mit der Sendefrequenz (z.B. Radio Budapest 540 kHz, Deutsche Welle 6075 kHz,...). Diese Trägerfrequenz wird durch das niederfrequente Audiosignal in seiner Amplitude (Schwingungshöhe, also letztlich die Ausgangsleistung des Sendeverstärkers) beeinflußt. Es ergibt sich daraus eine im Takt des Audiosignals größer oder kleiner werdende Sendeleistung. Es entstehen dabei die sogenannten Seitenbänder, ein oberes und ein unteres Seitenband. Band deshalb, weil Sprache und Musik ein komplexes Frequenzgemisch innerhalb einer festgelegten Bandbreite darstellt. Bei AM-Radiosendern ist eine NF-Bandbreite von 80 Hz - 5 kHz üblich. Dadurch ergibt sich ein oberes Seitenband von Trägerfrequenz + 80Hz-5kHz und ein unteres Seitenband von Trägerfrequenz - 80Hz-5kHz. Beim Beispiel Radio Budapest ist das also für das obere Seitenband 540,08 bis 545 kHz. Das untere Seitenband reicht von 539,92 bis 535 kHz. Die gesamt benötigte HF-Bandbreite ist also doppelt so groß wie die höchste übertragbare Audiofrequenz. Man beachte auch, daß das untere Seitenband frequenz-invertiert ist.

Die Gesamt-Sendeleistung teilt sich auf in 50% für den Träger und je 25% für die Seitenbänder.

Empfängerseitig muß die HF-Schwingung im einfachsten Fall lediglich einer Gleichrichterdiode zugeführt werden, welche aus der im Takt des Audiosignals schwankenden HF-Spannung ebendieses Audiosignal zurückgewinnt. Die Detektorempfänger aus der Anfangszeit des Rundfunks funktionierten so, und im Nahbereich eines Mittelwellen-Ortssenders benötigte man dazu auch keine Stromversorgung für den Empfänger, da die Spannung aus der Antenne zum Betrieb eines Kristallkopfhörers ausreichend war.

AM-Radios haben seit den 30er Jahren bis heute natürlich Verstärker, Oszillatoren und Filter, die die Empfindlichkeit und "Trennschärfe" erhöhen sowie einen Audioverstärker, der Lautsprecherbetrieb ermöglicht. Am Prinzip der Amplitudenmodumation ändert das aber nichts.

SSB: Single Sideband (Einseitenband) wird für Sprachübertragung von Schiffen, Flugzeugen im Weitverkehr und im Amateurfunkdienst genutzt.

Findige Funkamateure sind bald darauf gekommen, daß es zur Sprachübertragung ausreicht, lediglich ein einziges Seitenband auszusenden und daß man das andere Seitenband sowie den Träger weglassen kann. Der fehlende Träger kann nämlich auch im Empfänger wieder zugesetzt werden und das andere Seitenband überträgt alle Informationen doppelt und beansprucht dafür unnötigerweise die doppelte HF-Bandbreite.

Im Sender unterdrückt man dazu mit einem sogenannten Ringmodulator den Träger, es entstehen also nur noch die beiden Seitenbänder. Von diesen beiden Seitenbändern filtert man das gewünschte heraus und unterdrückt das andere. Lediglich dieses eine gewünschte Seitenband wird mit einem Linearverstärker auf Leistung verstärkt und über die Antenne abgestrahlt. Das benötigt im Vergleich zur AM nur die halbe Bandbreite und ein Viertel der Sendeleistung für die gleiche Reichweite.

Im SSB-Empfänger wird das empfangene Seitenband mit einer im Empfänger erzeugten HF-Schwingung gemischt, die den fehlenden Träger ersetzt. Die Empfänger-Baugruppen, die dies bewerkstelligen, heißen Produktdetektor und BFO (Beat Frequency Oscillator). Als Mischprodukt ergibt sich das ursprünglich ausgesendete Sprachsignal, wenn man den Empfänger ausreichend genau abstimmt, so daß das BFO-Signal in seiner Frequenzlage relativ zum Seitenband ungefähr dort ist wo bei AM der Träger wäre. Eine Abweichung von 20-30 Hz ist für Sprachübertragung (Sprechfunk) tolerabel, die Verständlichkeit ist dann gegeben. Für Musik (Rundfunk) ist dieses Verfahren wenig brauchbar.

Traditionell benutzt man für die analoge Sprachübertragung das **untere** Seitenband (Lower Sideband, LSB) für Sendefrequenzen kleiner als 10 MHz (Wellenlänge größer als 30m) und das **obere** Seitenband (Upper Sideband, USB) für Sendefrequenzen über 10 MHz (Wellenlänge kleiner oder gleich 30m). Für digitale Übertragungsverfahren wird ausnahmslos das obere Seitenband verwendet.

Es gibt mehrere Varianten der SSB-Modulation: siehe beispielsweise Restseitenbandmodulation, amplitude-companded single-sideband modulation und Controlled envelope single-sideband modulation (CESSB).

NBFM: Narrow-Band-Frequency-Modulation wird auf höheren Kurzwellenfrequenzen (> 20 MHz) vom Militär, im sogenannten "Nichtöffentlich beweglichen Landfunkdienst" (NÖBL)und im Amateurfunkdienst verwendet.

Im FM-Sender wird die Sendefrequenz innerhalb gewisser Grenzen (Frequenzhub ca. 10 kHz) vom Audiosignal beeinflußt. Die Amplitude (Sendeleistung) bleibt konstant.

Im FM-Empfänger wird das HF-Fignal kräftig verstärkt und anschließend begrenzt, wodurch Schwankungen der Amplitude des Empfangssignals sich nicht mehr auf den FM-Demodulator auswirken. Weiters werden Impulsstörungen, die sich bei AM als Knacksen u.ä. bemerkbar machen, wirksam unterdrückt. Bei zwei Sendern auf der selben Frequenz treten kaum mehr Störungen auf, sondern der stärkere Sender unterdrückt den schwächerene Sender vollständig, sobald ein gewisser Unterschied in der Empfangsstärke gegeben ist. Nur zwei etwa gleich starke Sender stören einander.

Im FM-Demodulator wird die Tatsache ausnützt, daß die Phasenverschiebung in einem Bandfilter innerhalb des Durchlaßbereiches frequenzabhängig ist. Durch geometrische Addition und Gleichrichtung kann so die Audiospannung zurückgewonnen werden. Ein moderneres Verfahren sind PLL-Demodulatoren, bei denen ein spannungsgesteuerter Oszillator (VCO) phasenstarr an das Empfangssignal gekoppelt wird. Die Regelspannung des VCO entspricht dann dem Audiosignal.

WBFM: Wide-Band-Frequency-Modulation wird für den UKW Rundfunk (Mono/Stereo Übertragung) und im Amateurfunk (z.B. Modulation von GUNN Oszillatoren) verwendet.

Wie oben, Frequenzhub ca. 75 kHz. Die benötigte HF-Bandbreite ist größer, dafür kann das Audiosignal in HiFi-Stereo-Qualität übertragen werden. Das Modulationssignal eines Stereo-Rundfunksenders hat eine Bandbreite von 53 kHz, die belegte HF-Bandbreite eines UKW-Stereo-Rundfunksenders ist ca. 150 kHz.

DRM: Digital Radio Mondiale eine moderne, hochqualitative Alternative zu AM für den Kurzwellenrundfunk.

Mittels Computertechnik (digitale Signalverarbeitung und Audiokompression) wird aus dem Audiosignal ein digitaler Datenstrom erzeugt. Dieser Datenstrom enthält auch die Senderkennung, Alternativfrequenzen und auch die Übertragung kurzer Textmessages (z.B. Verkehrsmeldungen) ist möglich. Der Datenstrom wird weiters mit Fehlerkorrekturdaten (FEC) versehen und in ein komplexes Signal (COFDM, Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) umgewandelt (Basisband). Durch dieses Verfahren ist eine optimale Ausnützung der zur Verfügung stehenden Bandbreite von 10 kHz für einen Rundfunksender möglich. Das Basisband wird anschließend auf die Sendefrequenz hochgemischt, mit einem Linearverstärker auf die benötigte Sendeleistung verstärkt und über die Antenne abgestrahlt.

Empfängerseitig wird aus dem Basisband mittels digitaler Signalverarbeitung das Audiosignal zurückgewonnen, wobei damit auf Kurzwelle gehörsmäßig etwa "UKW-mono"-Qualität erreichbar ist. Senderkennung und Textmessages werden auf einem Display angezeigt, und bei schlechtem Empfang können DRM-Radios selbständig auf eine Alternativfrequenz wechseln.

Es sind bis jetzt nur wenige DRM-Radios im Handel verfügbar. Amateure können jedoch mit einem umgebauten Stationsempfänger, einem Computer und spezieller Software DRM Radiosendungen empfangen.

Spezielle Modulationsarten wie Radioteletype (RTTY), FAX, Slow-Scan-TV (SSTV) und PACTOR, die spezielle Zusatzgeräte oder Software für die Decodierung benötigen.

weitere Modulationsarten:

PSK: FSK: GMSK: QAM: OFDM: PCM: CDMA: etc.

(Kommentar: OE3WOG) Diese "digitalen" Modulationsarten werden in kommerziellen Nachrichtensystemen eingesetzt, einige davon werden in Zukunft auch Anwendung im Amateurfunk finden. Derzeit wird auf Grund der spezifischen Ausbreitungsbedingungen (z.B. Rain Scatter) im Mikrowellenbereich für den DX Verkehr weiterhin Schmalband-Modulation wie CW, SSB und evtl. NBFM eingesetzt. Die Modulation der Punkt zu Punkt Verbindungen für "Hamnet" im 2,4 bzw. 5 GHz Band entspricht dem W-LAN Industriestandard.