

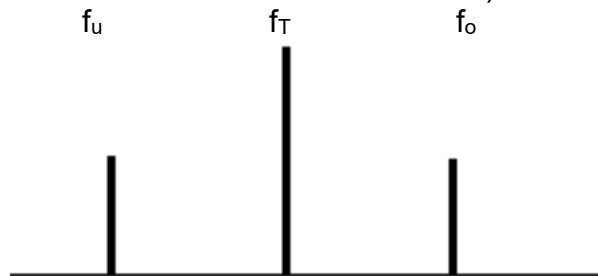
Analoge Modulationen

1. In Amateurkreisen für Foniae längst aus der Mode:

AM, Amplitudenmodulation, A3E

Amplitudenverlauf Die HF-Spannung wird im Takt der NF verändert
(dazu Diagramme auf der nächsten Seite)

Spektrum (Sinuston und Modulationsindex $m = 1$)



Leistungsverteilung pro Seitenband jeweils max. 25 % der Trägerleistung
= höchstens 1/6 der Gesamtleistung ($m = 1$)

Vorteile

Einfache Demodulation mit Hüllkurvendetektor oder Synchrondemodulator

Relativ geringe Bandbreite

Geeignet für Lang-, Mittel- und Kurzwelle, üblich im VHF-Flugfunk oder für Laser

Nachteile

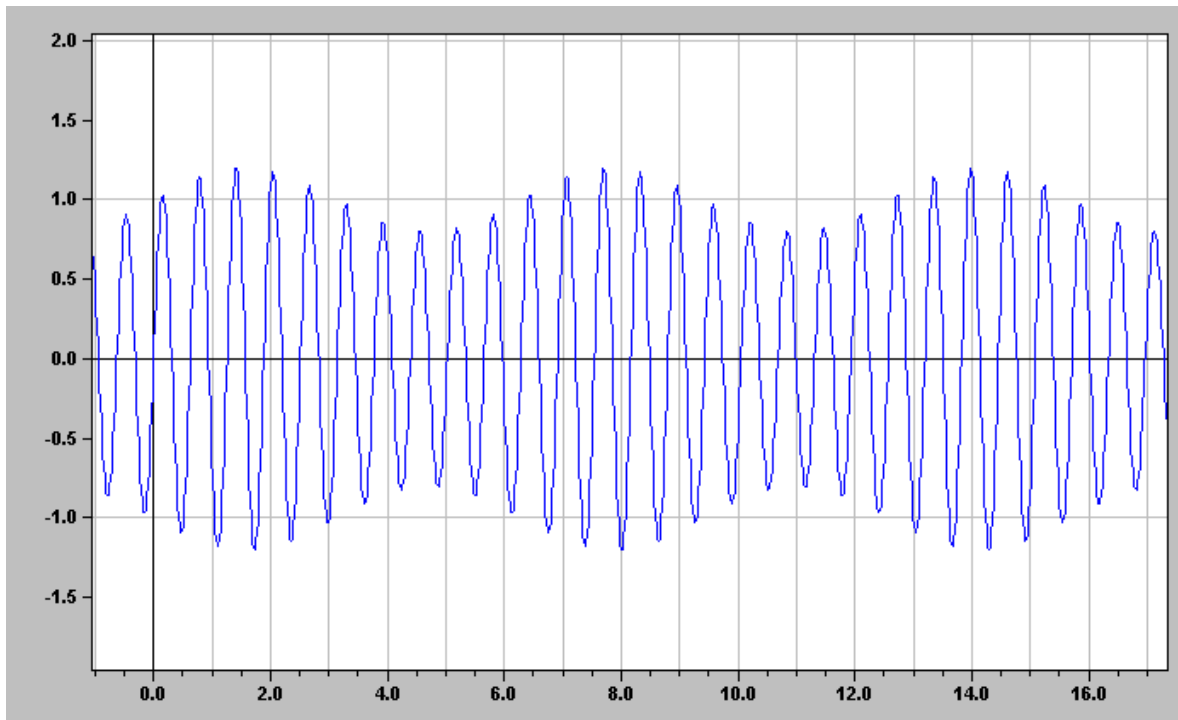
Großer Modulatoraufwand für hohe Sendeleistungen (625 kW NF für 1 MW HF)

Störanfälliger Empfang durch selektives Fading:

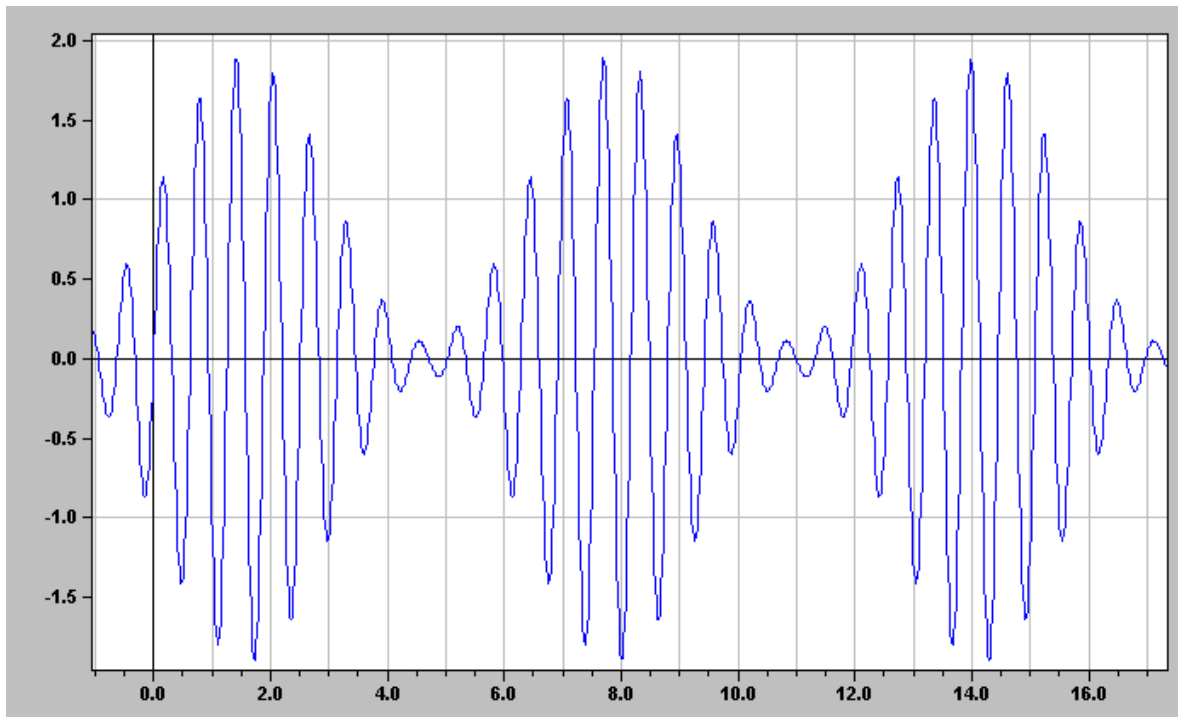
Phasenfehler durch unsymmetrische Seitenbänder

Übermodulation durch Trägerdämpfung bzw. Auslöschung des Trägers

AM, Modulationsindex $m = 0,2$



AM, Modulationsindex $m = 0,9$



Abwandlungen

AM mit vermindertem Träger (R3E)
Einseitenband mit vollem Träger (H3E)
Zwei unabhängige Seitenbänder (B8E)
Restseitenband für Fernsehen (C3F)

2. In den 60er-Jahren eingeführt, für DX nicht wegzudenken:

SSB, ESB, Einseitenband mit unterdrücktem Träger, J3E
--

Amplitudenverlauf Ein HF-Signal wird wie bei AM mit der NF moduliert, das Trägersignal ist dabei unterdrückt.

Durch Filterung oder Phasenumschaltung wird das unerwünschte Seitenband entfernt.

Vorteil

100 % der Sendeleistung im gewünschten Seitenband
kein Trägerpfeifen durch Nachbarsignale
Trägererzeugung für CW oder RTTY mit einem Sinuston am NF-Eingang
sehr unempfindlich gegen selektives Fading
Demodulation mit Produktdetektor bzw. BFO, auch im 0-V-1 (wie bei CW)

Nachteil

relativ hoher Senderaufwand bei der Phasenmethode oder Filtermethode
höhere Frequenzstabilität und mehr „Einstellgefühl“ notwendig
Endstufe muss sehr linear arbeiten
Heute meist kein Problem durch geeignete Bauelemente

3. Eine Modulation für UKW

FM, Frequenzmodulation, F3E

Die Sendefrequenz wird im Takt des NF-Signals moduliert:

hohe Modulationsfrequenz = schnelle Änderung der Sendefrequenz

hohe Amplitude = große Änderung der Sendefrequenz

Modulationsindex $M = \text{Frequenzhub } \Delta f_T / \text{Signalfrequenz } f_s$

z.B. Hub +/- 5 kHz und 1750 Hz Rufton M = 2,86

Hub +/- 5 kHz und 300 Hz (min. NF) M = 16,7

Hub +/- 2,5 kHz und 2700 Hz (max. NF) M = 0,93

Vorteil

Einfache Modulation am Sender (Kapazitätsdioden)

Unveränderte Modulation bei Frequenzvervielfachung

Hohe Qualität der Übertragung

Geeignet für Stereo (mit Pilotton) und mit Sender-, Bereichskennung usw.

Die Sendeleistung ist mit und ohne Modulation gleich

Unempfindlich gegen Amplitudenschwankungen (Begrenzung im Empfänger)

Nachteil

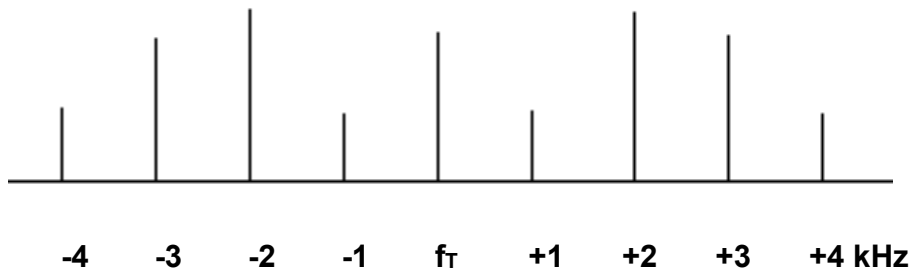
Große Bandbreite

Sehr empfindlich gegenüber Störsignalen im Übertragungskanal

Für Musikübertragung mindestens 30 dB Rauschabstand notwendig

Aufwändiger Demodulator (vereinfacht mit IC's)

Spektrum, z. B. für $M = 3,5$ entsprechend 1 kHz Sinuston bei 3,5 kHz Hub



Bandbreite (Näherung für 99 % der Sendeleistung):

$$B = 2 * (B_{NF} + \Delta f_T) \quad \text{oder} \quad B = 2 * (1 + M) * B_{NF}$$

Beispiel:

höchste Modulationsfrequenz	3 kHz
maximaler Hub	5 kHz
Bandbreite ca.	16 kHz

Bei einem Kanalraster von 12,5 kHz muss also der Hub auf 3 kHz reduziert werden.