COMPRESSIONE E INTERMODULAZIONE

La relazione i-u di un amplificatore per largo segnale può, in primissima approssimazione, essere schematizzata con una serie di potenze (trascurando tutti gli effetti dispersivi)

$$y = G_1 x + G_2 x^2 + G_3 x^3 + \dots$$

Assumiamo un segnale di ingresso sinusoidale $x = V \cos \omega_0 t$.
Segue

$$y = G_1 V \cos \omega_0 t + G_2 V^2 \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\omega_0 t \right] +$$

$$+ G_3 V^3 \left[\frac{3}{4} \cos \omega_0 t + \frac{1}{4} \cos 3\omega_0 t \right]$$

~~L'ampie~~ Il termine G_1 è il guadagno a piccolo segnale, quando $G_2 V^2$ e $G_3 V^3$ sono trascurabili. In tal caso si ha la risposta standard dell'amplificatore.
Al crescere della ampiezza del segnale si presentano due ~~nuovi~~ fenomeni

a) la generazione di armoniche superiori

b) il fenomeno della compressione.

La generazione di armoniche superiori viene tipicamente utilizzato per realizzare moltiplicatori di frequenza, e di questo non ci occuperemo qui.

Consideriamo quindi solo la componente di y a frequenza ω_0

$$y = G_1 V \cos \omega_0 t + \frac{3}{4} G_3 V^3 \cos \omega_0 t$$

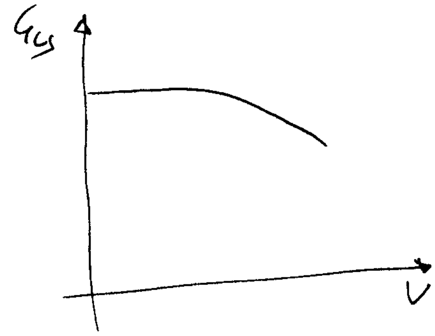
L'ampiezza Y del segnale di uscita è quindi

$$Y = G_1 V + \frac{3}{4} G_3 V^3$$

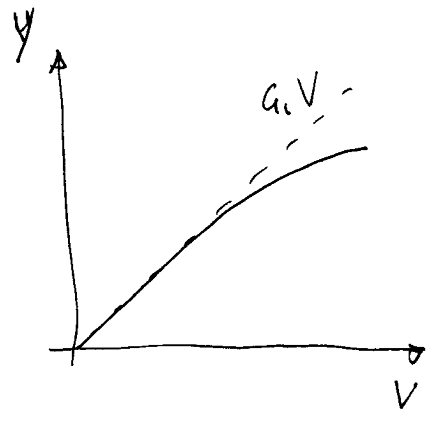
da cui possiamo calcolare un "guadagno a largo segnale"

$$G_{LS} = G_1 + \frac{3}{4} G_3 V^2$$

che dipende da V. Il termine G_3 è normalmente negativo e quindi, al crescere di V, G_{LS} si riduce.



Ne consegue che Y non varia più linearmente, ma presenta un fenomeno di "compressione" ovvero di riduzione dell'uscita rispetto al valore calcolato a piccolo segnale.



~~La general~~ Poiché un amplificatore non può essere usato in zona di compressione, a pena di una consistente distorsione, occorre valutare ~~l'amp~~ il livello ~~da~~ cui tale compressione avviene.

In genere la massima potenza che un amplificatore può fornire è quella in corrispondenza della quale la potenza di uscita è 1 dB in meno del valore a piccolo segnale.

Nel nostro caso significa che

$$\frac{y}{a_1 V} = 0.89 \qquad (-1\,dB)$$

L'ampiezza corrispondente ~~vale~~ si ottiene quindi da $1 + \frac{3}{4}\frac{a_3}{a_1}V^2 = 0.89$

Occorre poi ricordare che il segnale di ingresso non è una sinusoide pura, ma modulata. Per questa analisi consideriamo un ingresso del tipo

$$x = V\cos\omega_m t \cos\omega_0 t = \frac{V}{2}\left[\cos\omega_1 t + \cos\omega_2 t\right]$$

con $\omega_m \ll \omega_0$ e con $\omega_1 = \omega_0 - \omega_m$, $\omega_2 = \omega_0 + \omega_m$

~~l'uscita~~ (two-tone intermodulation)

l'uscita corrispondente vale

$$y = \frac{a_1 V}{2}\left[\cos\omega_1 t + \cos\omega_2 t\right] + \frac{a_2 V^2}{4}\left[\cos^2\omega_1 t + 2\cos\omega_1 t\cos\omega_2 t + \cos^2\omega_2 t\right]$$

$$+ \frac{a_3 V^3}{8}\left[\cos^3\omega_1 t + 3\cos^2\omega_1 t\cos\omega_2 t + 3\cos\omega_1 t\cos^2\omega_2 t + \cos^3\omega_2 t\right]$$

Il termine lineare contiene segnali a ω_1 e ω_2 e quindi in banda.

Il termine quadratico contiene solo segnali fuori banda

Il termine cubico contiene invece (nella banda del segnale)

$$\frac{a_3 V^3}{8}\left[\frac{3}{4}\cos\omega_1 t + \frac{3}{4}\cos\omega_2 t + \frac{3}{2}\cos 2\omega_1 t\cos\omega_2 t + \right.$$

$$\left. + \frac{3}{2}\cos\omega_1 t\cos 2\omega_2 t\right] \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{a_3 V^3}{8}\left[\dots\dots \quad + \frac{3}{4}\cos(2\omega_1-\omega_2)t + \frac{3}{4}\cos(2\omega_2-\omega_1)t\right]$$

Nascono quindi due prodotti di intermodulazione a frequenze

$$2\omega_1 - \omega_2 = \omega_0 - 3\omega_m$$

$$2\omega_2 - \omega_1 = \omega_0 + 3\omega_m$$

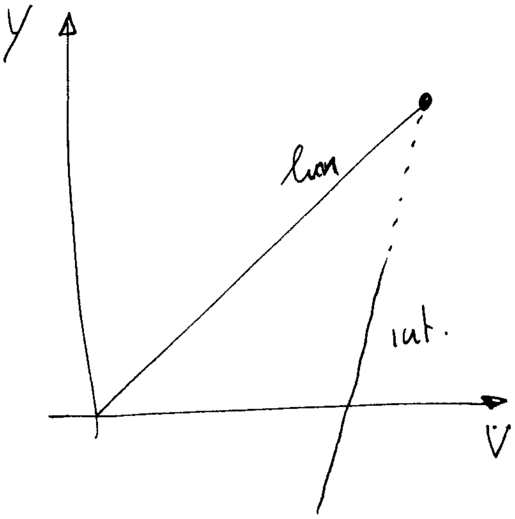
ovvero frequenze non presenti nel segnale di ingresso, ma nella stessa banda

I prodotti di intermodulazione hanno una ampiezza, relativa al segnale utile $\frac{G_1 V}{2}$, pari a

$$\left| \frac{\frac{G_3 V^3}{8} \cdot \frac{3}{4}}{\frac{G_1 V}{2}} \right| = \left| \frac{G_3}{G_1} \right| \frac{3}{16} V^2$$

che aumenta con l'ampiezza del segnale di ingresso.

In scala logaritmica le due ~~curve~~ ampiezze hanno l'andamento in figura.



L'intersezione tra le due curve ~~punto di~~ ~~nome di intercetta di~~ serve a valutare il ~~un~~ livello a cui l'intermodulazione diviene inaccettabile.