

GENERALITÀ SULLA TRASMISSIONE IN SSB

PREMESSA TEORICA (dal Bollettino Geloso n. 105 del 1967)

I sistemi di trasmissione oggi generalmente più diffusi sono due: a modulazione d'ampiezza e a modulazione di frequenza.

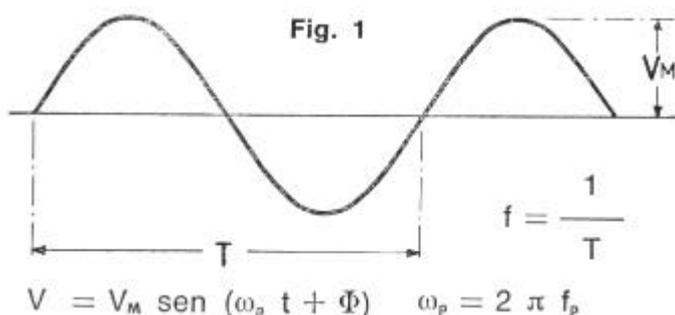
Sembra quindi opportuno far precedere la descrizione delle particolarità tecniche del nuovo trasmettitore a SSB (Single Side Band, cioè a singola banda laterale) da una breve trattazione teorica del metodo di trasmissione a banda laterale unica.

E' ben noto che i segnali elettrici a frequenza vocale hanno una portata limitata e possono coprire distanze notevoli solo se convogliati su cavi o linee (con eventuali amplificazioni intermedie) mentre se si desidera stabilire un collegamento tra due punti lontani via aria è necessario ricorrere a frequenze più elevate.

E' altrettanto noto che una radiofrequenza trasmessa in modo continuo non porta con sé alcuna informazione, cioè non permette ai due corrispondenti di scambiarsi notizie o informazioni di alcun genere. E' quindi necessario introdurre nella radiofrequenza modificazioni che possano essere decifrate in ricezione secondo un codice prestabilito.

La radiofrequenza non modificata si chiama « portante » in quanto può essere il veicolo che « sostiene » l'informazione utile; l'informazione che modifica la portante si chiama « modulazione ».

Le caratteristiche di una radiofrequenza sono: ampiezza, frequenza e fase, e possono essere così rappresentate (fig. 1):

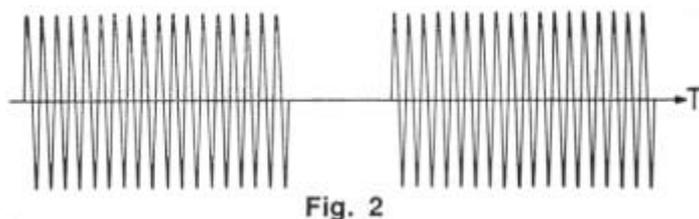


in cui: V = ampiezza; f = frequenza; Φ = fase.

La modulazione, quindi, modifica una delle suddette caratteristiche dell'onda portante.

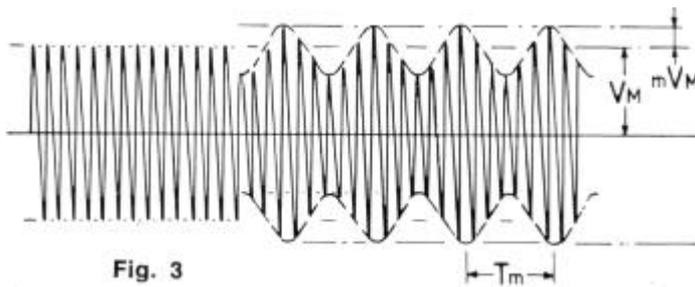
Se modifica l'ampiezza secondo la legge voluta si ha la modulazione di ampiezza; se agisce sulle altre due produce rispettivamente la modulazione di frequenza o di fase.

Il sistema più semplice per modulare in ampiezza è quello di interrompere e ridare la portante alternativamente, con successione di intervalli prestabiliti (fig. 2); e questo è il sistema detto ad « onda continua » (CW: continuous wave) che richiede, appunto, un codice prestabilito per la trasmissione di un messaggio interpretabile (esempio tipico: il codice Morse).



Sempre con il sistema di modulazione in ampiezza si ha la trasmissione in fonìa; il concetto è di far variare l'ampiezza della portante a radiofrequenza con le frequenze vocali prodotte

direttamente dalla voce (fig. 3); all'atto della ricezione, poi la frequenza udibile (bassa frequenza) viene opportunamente separata dalla radiofrequenza (rivelazione).



Modulando la portante a radiofrequenza con una sola frequenza fissa si ha:

frequenza modulante: $mV_M \sin \omega_m t$

radiofrequenza: $V_M \sin \omega_p t$

in cui mV_M , ampiezza della bassa frequenza, è una frazione dell'ampiezza della radiofrequenza ($m \leq 1$).

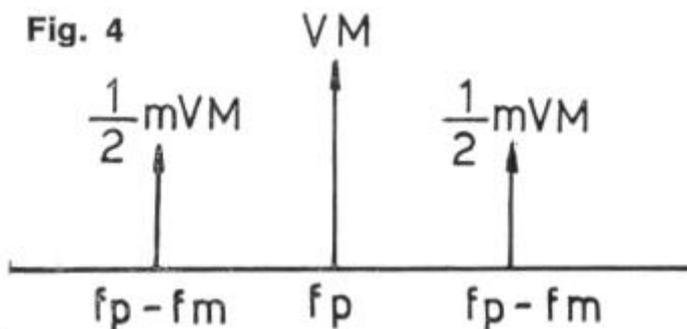
L'onda modulata ha l'espressione: $V_M (1 + m \sin \omega_m t) \sin \omega_p t$

L'ampiezza dell'onda a radiofrequenza modulata ha ora l'espressione:

$V_M (1 + m \sin \omega_m t)$

varia quindi nel tempo sinusoidalmente con la bassa frequenza modulante.

Sviluppando l'espressione dell'onda modulata in ampiezza, si vede che lo spettro di frequenze di questa onda modulata contiene tre frequenze: la portante e due frequenze poste simmetricamente rispetto alla portante e distanti in frequenza da questa di una frequenza pari alla -bassa frequenza modulante, con una ampiezza $= \frac{1}{2} mV_M$ (fig. 4).



Se si modula contemporaneamente con tante frequenze che siano contenute in un certo intervallo di frequenze $f_1 \div f_2$ (spettro di frequenze) la radiofrequenza modulata comprende la radiofrequenza portante e due intervalli di frequenza posti lateralmente alla radiofrequenza, che ripetono la bassa frequenza modulante e che si chiamano « bande laterali ».

La potenza che si trasmette in assenza di modulazione è proporzionale a V_M^2 .

Quando si modula, la potenza della portante rimane inalterata e si aggiunge una potenza relativa a ciascuna banda laterale.

Consideriamo il caso in cui si modula con una sola frequenza con indice di modulazione

« m »: la potenza per ogni banda laterale è proporzionale a $(\frac{1}{2} mV_M)^2$, quindi per una modulazione 100%, ogni banda laterale porta una potenza pari a $\frac{1}{4}$ della potenza di portante.

Ritorniamo ora alle considerazioni fatte precedentemente sul modo di portare una informazione utile ad un punto lontano, e facciamo una critica al sistema ad « ampiezza variabile » AM.

Si vede che l'informazione utile è il segnale a bassa frequenza (fig. 5 a); nel segnale a RF

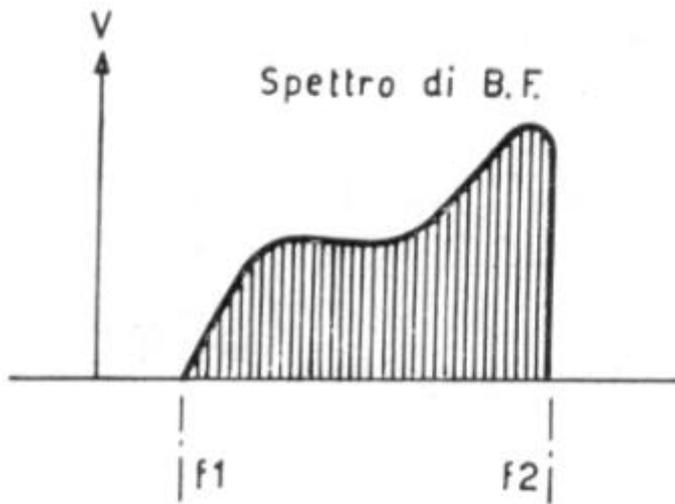


Fig. 5a

modulato l'informazione è contenuta nelle bande laterali; anzi, è contenuta tutta in una sola banda laterale poiché una banda laterale contiene tutte le frequenze acustiche con le stesse relazioni di ampiezza e di fase relative che hanno nel segnale modulante (cioè sono solamente traslate nella gamma voluta a radiofrequenza) (fig. 5 b).

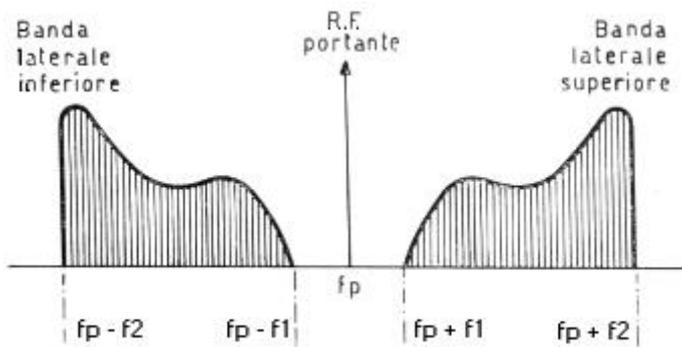


Fig. 5b

Se viceversa si considera la potenza trasmessa, si vede che ogni banda laterale arriva al massimo al 25 % della potenza della portante, che è sempre presente; e per una modulazione dei 30 % la potenza di ogni banda laterale è solamente il 2,25 % della potenza della portante. Definita 1 la potenza della portante, con una modulazione 100% il picco della tensione raddoppia rispetto al picco della tensione portante senza modulazione (fig. 6);

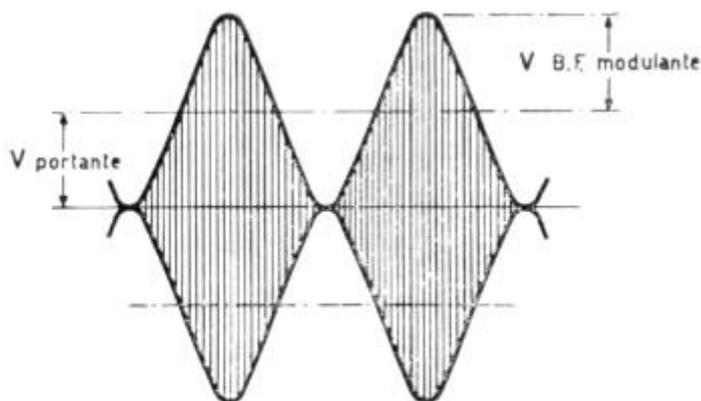


Fig. 6

perciò il picco di potenza è $2^2 = 4$. In queste condizioni la potenza totale contenuta nelle due bande laterali è: $0,25 + 0,25 = 0,5$ (fig. 7).

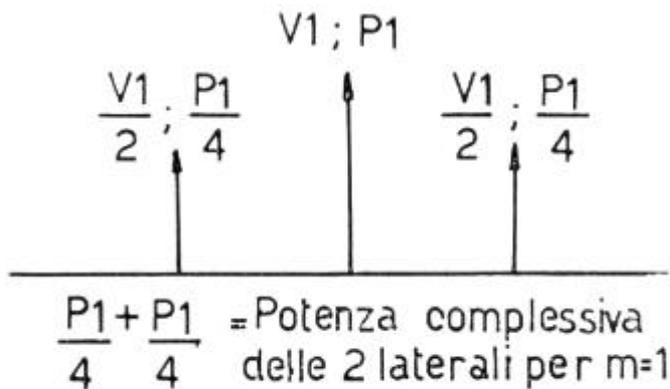


Fig. 7

Tenendo conto del rendimento dello stadio finale (che può essere dei 70 ÷ 80 %) la potenza che dà il segnale utile in ricezione è la somma delle potenze contenute nelle singole bande laterali, come s'è detto sopra, 0,5. Pertanto il rendimento totale in potenza trasmessa non supera di molto il 10%.

Questo bilancio di potenze invita a riprendere in considerazione quanto s'è detto a proposito delle possibilità di trasmettere una informazione utile a distanza, e il fatto che una sola banda laterale contiene tutta l'informazione trasmessa.

Evidentemente si avrebbe un considerevole aumento del rendimento di trasmissione se si irradiassero le frequenze contenute in una sola banda laterale. Nasce così l'idea della trasmissione con una sola banda laterale « SSB ».

Tale trasmissione è possibile usando un « modulatore bilanciato », col quale si sopprime la portante, e i dispositivi di sfasamento o di filtro con i quali si elimina una banda laterale. L'amplificatore di potenza amplifica così solamente le frequenze utili con un rendimento dei 60 ÷ 70%, dato che ora l'amplificatore deve essere lineare e quindi lavora generalmente in classe B (rendimento teorico 78,5 %) perché è già presente la modulazione.

Il guadagno in potenza è $4/0,5$ (quale era la potenza di picco presente nelle bande laterali del trasmettitore AM) cioè in totale 8 volte, pari a 9 dB.

Un altro notevole vantaggio è quello di avere metà spettro rispetto alla modulazione AM bilaterale.

Sviluppando il ragionamento sembrerebbe anche di poter concludere che il rapporto segnale/disturbo migliori di 3 dB per il fatto che la banda è dimezzata e quindi è pure dimezzata la potenza di rumore termico generata nel ricevitore; ma un'ulteriore riflessione esclude questo guadagno.

Il segnale rivelato in un ricevitore AM con rivelatore di tipo lineare è proporzionale al picco dell'involuppo dell'onda in arrivo e per $m = 100\%$ è pari al picco della portante; la potenza associata a questo segnale è però pari a 0,5 volte quella della portante (vedi fig. 8).

Per avere la stessa potenza del segnale rivelato in SSB che si avrebbe con un segnale rivelato in AM bilaterale, occorre trasmettere un'onda che abbia un picco uguale alla somma dei due picchi delle bande laterali della modulazione AM; quindi a pari potenza trasmessa (cioè 0,5) l'ampiezza della bassa frequenza SSB rivelata è metà rispetto all'ampiezza della stessa frequenza in AM bilaterale, con metà fruscio e perciò con lo stesso rapporto segnale/disturbo (fig. 8). Il vantaggio della banda singola in fatto di disturbi rimane soltanto per quelli d'origine esterna, i quali danno un segnale rivelato proporzionale alla banda e quindi metà per l'SSB rispetto all'AM bilaterale.

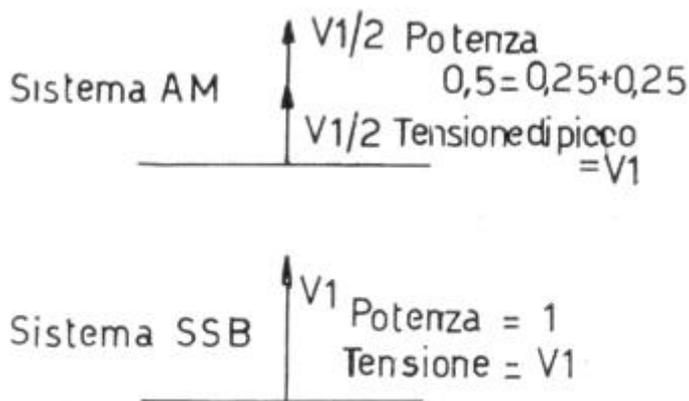


Fig. 8

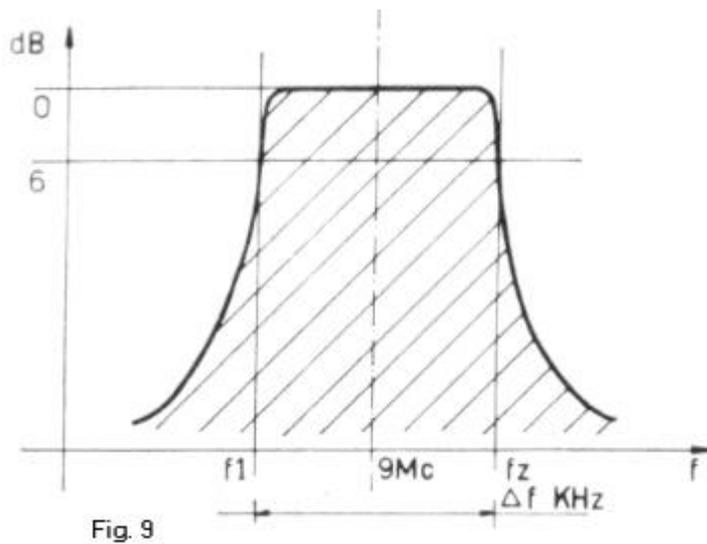
GENERAZIONE SSB

La soppressione della portante è universalmente realizzata con un modulatore bilanciato mentre per la soppressione della banda indesiderata sono stati studiati diversi sistemi. I sistemi più diffusi sono il metodo a sfasamento e quelli con filtri di banda meccanici o a quarzo.

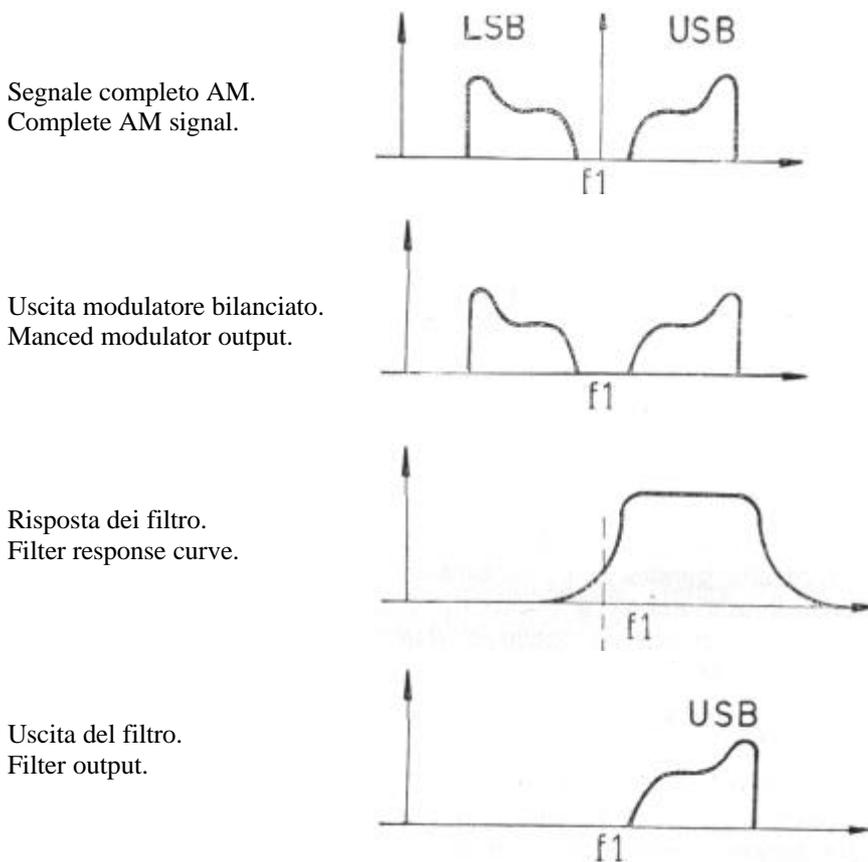
I filtri meccanici possono essere realizzati solo a frequenze relativamente basse (0,5 MHz) per cui richiedono più conversioni di frequenza per ottenere la frequenza di trasmissione desiderata; si possono avere quindi più facilmente frequenze indesiderate nella banda di trasmissione.

Il sistema a sfasamento utilizza un quarzo per l'oscillatore che genera la portante e la soppressione di una banda è realizzata combinando opportunamente le uscite di due modulatori bilanciati. Le basse frequenze che alimentano i due modulatori sono sfasate fra di loro di 90° ; così pure le radiofrequenze.

Severe esigenze sono richieste per i bilanciamenti dei modulatori. Il sistema che utilizza filtri a quarzo ottiene la SSB con un filtro passa banda, realizzato a quarzi, con banda passante centrata nella banda laterale desiderata. Con i filtri a quarzo si può lavorare alla stessa frequenza normalmente usata per il sistema a sfasamento. Ci sono due possibilità: usare un solo oscillatore a quarzo per la portante e due filtri che eliminano l'una e l'altra delle due bande laterali, oppure usare un solo filtro e due oscillatori che si trovino alternativamente su uno o l'altro dei due fianchi di attenuazione. Il trasmettitore G4/228 è stato progettato secondo quest'ultima soluzione e si è usato un filtro a quarzo simmetrico per avere uguale attenuazione delle frequenze basse (cioè vicino alla portante) sia per l'USB che per la LSB (vedi fig. 9).



Nel disegno di fig. 9 f_1 e f_2 , sono le portanti usate rispettivamente per l'USB e la LSB; infatti la parte tratteggiata rappresenta la banda passante ed evidentemente con f_1 come frequenza portante viene amplificata solo la banda superiore e viceversa per f_2 .



La banda passante dei filtro usato è di 3KHz, quindi sufficientemente ampia per consentire una modulazione gradevole in fonìa. L'impiego dei quarzi ha dei notevoli vantaggi soprattutto agli effetti della stabilità, in quanto non si hanno elementi variabili col tempo e con la temperatura o per lo meno tali variazioni sono contenute in percentuali basse come è tipico dei quarzi. La taratura e messa a punto dei modulatore è semplice, sicura e facilmente controllabile. Per l'operatore sono ridotte al minimo le regolazioni da effettuare per ottenere la SSB, l'unico elemento da controllare è il bilanciamento dei modulatore che è anch'esso meno t critico, in quanto anche il filtro aggiunge 6 db di attenuazione alla frequenza della portante. Il circuito è molto semplice per cui si riducono le possibilità di errori e guasti.