

Quello che non ti avevano ancora detto riguardo:

## Adattamento Energetico e di Uniformità

a cura di Gianfranco, I2VGO.

### Generatore collegato direttamente al carico

La connessione diretta tra generatore e carico è di solito schematizzata come in figura 4.  $Z_i$  è l'impedenza interna del generatore o sorgente di tensione  $V$  (In elettrotecnica è la f.e.m. o  $E$ ).  $Z_c$  è l'impedenza del carico o utilizzatore.

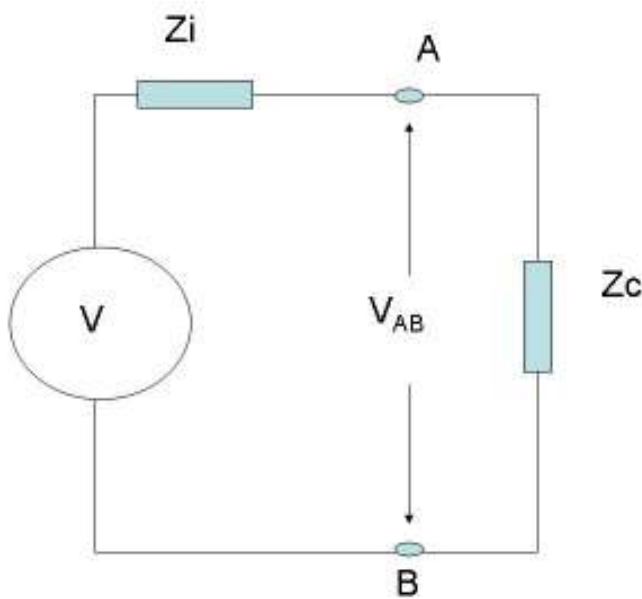


Fig.1

Ora ci chiediamo: **“Quanti tipi di adattamento dal generatore al carico, possiamo avere?”**

Esistono due tipi di adattamento: **L'adattamento energetico è l'adattamento di uniformità**

## **Adattamento energetico**

Si ha adattamento energetico quando le impedenze  $Z_i$  e  $Z_c$  hanno uguali valori di resistenze e reattanze ma di segno opposto. Cioè se un'impedenza ha una reattanza capacitiva, l'altra deve essere induttiva dello stesso valore. Annullamento delle reattanze.

Per chi conosce i numeri complessi. Si ha adattamento energetico quando moduli di  $Z_i$  e  $Z_c$  sono uguali e argomenti di segno opposto. Si dice che  $Z_i$  e  $Z_c$  sono *complesse coniugate*.

$$|Z_i| = |Z_c| \text{ e } \varphi_i = -\varphi_c \quad (1)$$

In questo caso e solo in queste condizioni si può estrarre dal carico la più alta, la massima, potenza possibile dal generatore.

### **Sono carichi adattati per il massimo trasferimento di potenza:**

- Tutte le antenne connesse direttamente ai trasmettitori.
- Tutti i ricevitori connessi direttamente alle antenne.
- Tutte le linee verso i trasmettitori.
- Tutte le antenne TX verso le linee.
- Tutte le linee verso l'antenne RX
- Tutti i ricevitori verso le linee.
- Tutti i quadripoli in cascata dei blocchi funzionali di un Rx o Tx .

*La cosiddetta impedenza di 50 o 75 ohm dei cavi coassiali (anche reali con perdita) sono pure resistenze (senza parte immaginaria) erroneamente chiamate impedenze. Se fosse una impedenza non potrebbe rimanere costante al variare della frequenza. In realtà dalla tensione continua fino a 10- 100 kHz (Frequenza di taglio passa alto: dipende dal tipo di coassiale) il cavo presenta una alta impedenza per poi convergere a 50 o 75 ohm e rimanere come fosse una resistenza costante dalla frequenza di taglio passa alto fino alla più estrema frequenza che si utilizza.*

### **Non sono carichi adattati per il massimo trasferimento di potenza:**

- Tutti gli apparati elettrici delle nostre case. Altrimenti avremmo tensioni a vuoto di 220 V e a carico 110 Volt (Frequenza fissa: 50 Hz).
- Tutti gli oggetti elettrici all'interno delle autovetture( Frequenza 0 Hz).
- Tutti i dipoli, monopoli accorciati che hanno una frazione della resistenza di radiazione,  $R_r$ , del valore che avrebbero rispetto alla lunghezza fisica di risonanza e fatti risuonare con l'aggiunta di un'induttanza per compensare la reattanza capacitiva).

Es.  $R_r = 10$  ohm terminato su carico ricevitore di 50 ohm, si preleva un decimo di potenza rispetto a quella che avremmo ottenuto se avessimo adattato i 10 ohm verso i 50 ohm. Spesso alcuni OM confondono il solo accordo (compensazione di parti reattive) con l'adattamento energetico verso il carico. Tutti gli ingressi di convertitori analogici e digitali ADC e Amplificatori audio in cui si vuole eliminare le distorsioni lineari (ampiezza fase) causate dall'adattamento energetico.

**Perché quest'ultima affermazione? Se adatto per la massima potenza, distorce il segnale?**

Sì, se la banda relativa è larghissima come gli spettri dell'audio HI-FI o di modulazioni numeriche a larga banda: SDH, TV digitale/analogica, su terrestre / satellitare/ cablato (QAM, PSK, OFDM) che sono sensibili alle distorsioni di fase oltre che a quelle di ampiezza.

Dal modello di figura 1 ricaviamo: la seguente condizione:

$$\frac{V}{V_{AB}} = \frac{Z_c + Z_i}{Z_c} = 1 + \frac{Z_i}{Z_c} \quad 2$$

**Osservate bene il rapporto  $Z_i/Z_c$ .** Se riceviamo un segnale dal generatore a spettro molto largo, vogliamo ottenere che la  $V_{AB}$  ai capi di  $Z_c$  abbia la stessa "forma"(nel tempo e in frequenza) della tensione  $V$  fornita dal generatore.

Questo significa se la  $V$  del generatore è costituita da numerose onde complesse in un ampio spettro, le correnti,  $I=V/(Z_i+Z_c)$  sul carico alle diverse frequenze devono produrre (attraversando  $Z_c$ ) delle cadute di tensione tali che, sommate ricostruiscono esattamente una frazione della  $V$  applicata. Senza nessuna distorsione lineare di fase e ampiezza (vedi slide 4,

<http://www.arilissone.org/uploads/contenuti/vgo/Risultati%20test%20di%20confronto%202008.pdf>).

Non è possibile che ciò avvenga. Abbiamo stabilito che  $Z_i$  e  $Z_c$  devono essere complesse e coniugate cioè le parti immaginarie, si comportano come se fossero una reattanza induttiva e l'altra capacitiva. Variando la frequenza, un'impedenza salirà di valore e l'altra diminuirà (o viceversa).

**Il rapporto  $V/ V_{AB}$  dipenderà dalla frequenza.** Le correnti varieranno al variare della frequenza. La "forma" del segnale, sul carico, non è più la stessa di quella del generatore. Abbiamo distorsione lineare (ampiezza e fase) tanto maggiore quanto maggiore è la parte reattiva delle impedenze e la larghezza di banda.

E' molto difficile fare un adattamento (energetico) a larga banda tra impedenze. Ve lo dice chi lottò con ostinazione per incrementare di un solo dB la potenza trasmessa di un sistema 256 QAM a 512.Mb/s. Ciò che guadagnavo in trasmissione, lo perdevo sulla potenza di soglia del ricevitore causa distorsioni lineari e conseguente intersimbolo. Inoltre sappiate che vi sono dei limiti teorici stabiliti dal criterio di Fano ( 1954)

Noi radioamatori riceviamo e trasmettiamo in una piccola banda (a parte chi fa ATV). Le nostre modulazioni analogiche e digitali sono a spettri stretti (SSB,CW, RTTY, PSK 31). In pratica è come se lavorassimo quasi in regime sinusoidale e se anche vi fosse una piccola distorsione lineare non ci importa nulla poichè il nostro unico interesse è la comprensibilità e la forza del segnale.

Anche quando si parla di ricevitori o preamplificatori a banda larga in realtà, sono amplificatori che hanno guadagno di potenza piatto su una banda larga, ma i segnali che entrano sono tutti strettissimi. Per vedere la risposta ampiezza verso frequenza entriamo con un tono sinusoidale costante in ampiezza e fatto variare di frequenza

Esiste un solo caso in cui è possibile avere massima potenza e nessuna distorsione lineare a bande anche larghissime: quando carico e sorgente sono entrambe resistive!

Se imponiamo che  $Z_c=R_c$  e  $Z_i=R_i$  ( $\varphi=0$ ) otteniamo sul carico il seguente valore di potenza.

$$P = \frac{V^2}{4 * R_c} = Watt \quad (3)$$

Vedremo che è la soluzione dove tutti cercano di ottenere come:

-L'uscita degli amplificatori HI-FI dove si vuole fornire la massima potenza agli altoparlanti, ignorando le distorsioni.

-In generale tutti gli adattamenti energetici possibili tra i quadripoli all'interno degli apparati attraversati da segnali elettrici.

*Ma , noi riusciamo ottenere solo in una banda ristretta) realizzando, come ho scritto, il complesso coniugato tra antenne e linee di salita/discesa.*

Attenzione anche se il fenomeno della riflessione non fosse esistito, per trasferire la massima potenza si sarebbe dovuto adattare ugualmente.

**Quindi nei sistemi Radio a largo spettro se non si riesce ad avere carichi e generatori resistivi, si lascia la distorsione?**

Assolutamente No! Si preferisce non prelevare la massima potenza trasmessa o ricevuta facendo un adattamento d'uniformità.

## Adattamento d'uniformità

Osservate ancora il rapporto  $Z_i/Z_c$  della relazione (2).

Se imponiamo la condizione che  $Z_i = Z_c$ , sia come modulo sia come argomento (Non sono più complesse coniugate).

$$|Z_i| = |Z_c| \text{ e } \varphi_i = \varphi_c \quad (4)$$

Allora il rapporto  $Z_i / Z_c$  rimane sempre costante al variare della frequenza.

Si dice che è soddisfatta la condizione adattamento di uniformità se il rapporto  $V/ V_{AB}$  rimane indipendente dalla frequenza.

Tutte le volte che l'approccio di progetto all'adattamento è basato sulla non distorsione lineare si rinuncia volentieri di ottenere la potenza massima. In genere l'adattamento d'uniformità si ottiene, riducendo o eliminando il più possibile i componenti reattivi. Cioè in una rappresentazione complessa delle impedenze ( $R \pm jX$ ) ridurre il più possibile la parte immaginaria rispetto alla parte reale in modo che  $Z_i = Z_c$ .

Un'ottima soluzione, quando è possibile, è quella di fare in modo che  **$Z_i$  sia molto minore di  $Z_c$**  cioè che  $Z_i$  tenda al valore zero. In questa situazione il generatore  $V$  diventa un ottimo generatore di tensione per cui la  $V$  a vuoto coincide con la tensione sul carico  $V_{AB}$  e non si ha distorsione lineare anche per segnali a largo spettro.

Ottimi generatori di tensione sono le uscite degli adattatori attivi di impedenza di antenne cortissime  $R_X$  (impossibile usare adattatori passivi).

Essi hanno l'uscita (verso la linea) in emitter follower quindi la resistenza d'uscita sarà circa un ohm ( $R_e = 26mV_c/I_e$ ) e il carico è un linea a 50/75 Ohm.

Tutti gli ingressi alta impedenza ADC devono essere preceduti da dedicati i driver che mantengono la caratteristica di ottimi generatori di tensione fino alla frequenza di campionamento.

Si rinuncia all'adattamento energetico (che è sempre selettivo) ottenendo un ottimo adattamento di uniformità a larghissima banda relativa. Da 0 Hz ( se la parte attiva è accoppiata in continua) fino alla frequenza di utilizzo.

Gianfranco, I2VGO.