

“il trasformatore d’uscita”

Luca Rossi v.0.4

Questo è un componente fondamentale del circuito di ogni vecchia radio o amplificatore valvolare e spesso il riparatore ha a che fare con la sua sostituzione o ricostruzione nei molti casi nei quali lo si trova interrotto o addirittura proprio non lo si trova a causa di cannibalizzazioni effettuate da riparatori o hobbisti dell’epoca.

Molte delle domande e richieste d’aiuto che nel corso di vari anni ho ricevuto vertevano proprio su questo componente, in particolar modo sulla ricerca di un sostituto adatto necessario per completare una riparazione.

Per uso personale e cercando di offrire una risposta un minimo organica nei confronti dei dubbi di neofiti o appassionati in generale ecco che ho pensato di stendere queste note a di carattere pratico, che possano innanzitutto far familiarizzare con questo componente, a grandi linee col concetto della funzione che deve espletare e conseguentemente con i parametri da considerare quando si abbia la necessità di sostituirne uno su di un apparecchio in riparazione.

Ne conseguirà la presa di coscienza che non esiste necessariamente un solo ed unico trasformatore, ad es., per EL6, oltre ad un metodo per poter fondare il cosciente riutilizzo di trasformatori d’uscita di recupero.

Queste righe non si prefiggono quindi di esporre in modo esaustivo gli aspetti fisici e tecnologici che riguardano i trasformatori per riproduzione di segnali di BF. Addirittura faranno storcere il naso a molti proseliti dell’Hi-Fi, ma vorrebbero solo essere un utile strumento per il riparatore/appassionato di vetusti apparecchi radio.

○ Premessa.

I segnali disponibili sull’anodo delle valvole hanno caratteristiche di alta tensione e bassa corrente e questo a causa della natura delle valvole termioiniche stesse. Per poter garantire un funzionamento ottimale ogni tipo di valvola è stata progettata per funzionare con prestabiliti parametri di corrente e tensione relativi ad ogni elettrodo. In particolare, una valvola finale di BF necessita di un determinato carico ottimo, oltre che con determinate tensioni di polarizzazione e alimentazione, per soddisfare le caratteristiche di potenza d’uscita e distorsione desiderate in sede di progetto, oltre che per garantire il non superamento dei limiti fisici della valvola stessa (dissipazione, tensioni max...).

Il progettista della radio che ci accingeremo a riparare avrà dunque deciso di utilizzare una certa valvola finale di BF con determinati parametri operativi, tra i quali il valore della resistenza (solitamente tra i 2000 e 10000ohm) che il carico posto tra anodo e potenziale positivo di alimentazione deve avere. Poiché stiamo parlando di circuiti nei quali scorre una tensione alternata e dato che la resistenza del carico è diversa a seconda della frequenza della corrente che lo attraversa, si parla di impedenza nei confronti della tensione alternata: ovvero il carico per una data valvola deve assumere il valore prestabilito non quando attraversato dalla continua, ma quando attraversato da una tensione alternata. Nel nostro caso di audio frequenza (Bassa Frequenza). Solitamente il valore di riferimento per prove e misure sono 1000Hz. Conferma di quanto appena detto e riprova di quanto seguirà è ottenibile tramite un semplice tester misurando la resistenza del primario di un qualsiasi trasformatore d’uscita: un po’ a causa della corrente continua utilizzata dal tester che può mostrare la sola resistenza del filo elettrico impiegato nel trasformatore, un po’ a causa del fatto che il carico connesso al secondario non ha modo di interagire con la lettura dato che il trasformatore non ha modo di “funzionare” in continua, quanto mostrato dal tester è un valore di resistenza che sarà solo una frazione dell’ impedenza vista dalla valvola nelle sue condizioni operative.

L’altoparlante è invece mosso dalla bobina mobile che si trova al centro del suo cono, immersa nel campo del magnete che è alla base del cestello. Per poter entrare fisicamente nella piccola scanalatura (traferro) questo avvolgimento deve occupare uno spazio quanto più esiguo possibile. Ciò comporta un numero limitato di spire che non permettono dunque di poter raggiungere elevati valori di impedenza e che necessitano di pilotaggio a bassa tensione e corrente molto maggiore rispetto a quella che circola nel circuito anodico della valvola finale.

Ecco che se si vuole utilizzare un comune altoparlante come carico di una valvola è necessario porre tra i due un trasformatore che introduca il necessario “rapporto di conversione” di corrente e tensione.

Nonostante che alla valvola finale sia connesso direttamente solo il trasformatore d’uscita, il carico che la valvola sente è comunque l’altoparlante, le cui caratteristiche si ripercuotono sulle caratteristiche che il trasformatore d’uscita mostra alla finale. Detto questo si deduce come l’innocente sostituzione del solo altoparlante possa disturbare il funzionamento della valvola finale, se questo ha caratteristiche molto diverse dall’originale.

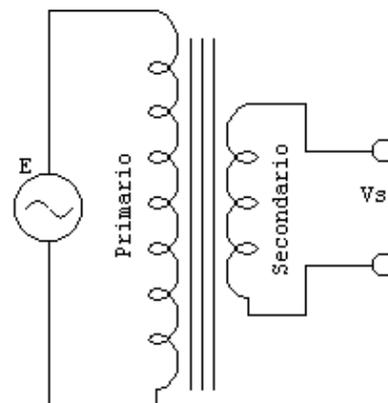
○ Determinazione delle caratteristiche di un trasformatore d’uscita qualsiasi.

Volendo determinare le caratteristiche di un trasformatore d’uscita che si sia recuperato, o quelle dell’altoparlante più opportuno da inserire in una radio che ne fosse stata privata, è possibile procedere come segue:

1. determinazione del rapporto di spire.

Col semplice ausilio di un tester in portata ohm bassa (1kohm f.s.) si può determinare quale delle due coppie di fili uscenti dal corpo del trasformatore sia il primario e quale sia il secondario, in quanto la coppia di fili che mostrerà resistenza maggiore sarà relativa al primario, viceversa per la coppia dalla resistenza minore. Determinato ciò si potrà procedere connettendo una tensione alternata al primario (ad esempio i 6,3Vca del secondario filamenti di un comune trasformatore di alimentazione per radio). Con un tester in portata Vca andranno rilevati i valori di tensione sia sul primario che sul secondario come mostrato in figura. Il rapporto tra la tensione E imposta sul primario e la tensione Vs letta ai capi del secondario darà dunque il valore del rapporto di spire con buona approssimazione.

$$ES: E=6,3V; V_s=0,21 \rightarrow \frac{6,30}{0,21} = 30 \rightarrow \text{il rapporto delle spire sarà } =30:1$$



2. Determinazione dell'impedenza dell'altoparlante.

Il valore dell'impedenza della bobina mobile dell'altoparlante del quale si dispone è misurabile con un comune tester in portata ohm, in quanto la lettura con la tensione continua del tester è approssimabile con errore trascurabile al valore in condizioni di lavoro.

3. Determinazione del rapporto di spire necessario alla valvola e all'altoparlante.

Traendo dal data sheet della valvola in uso il valore di impedenza che deve avere il carico (spesso indicato con "Ra"), divengono noti tutti

i valori necessari. Poiché $\frac{Ra}{Rap} \cong \frac{Spire_prim^2}{Spire_sec^2}$, dove Ra=impedenza prescritta per il carico anodico e Rap=impedenza

dell'altoparlante, si può individuare con un semplice calcolo se il trasformatore trovato sia o meno adatto al caso preso in esame.

Prendiamo ad esempio la valvola EL41 (Ra=7000ohm), con un altoparlante da 5ohm:

$$\sqrt{\frac{7000}{5}} = 37,4 \rightarrow \text{questa valvola, con questo altoparlante, necessita di un trasformatore d'uscita che abbia rapporto} \cong 37:1$$

Per quella stessa valvola sarebbe andato bene anche il trasformatore dell'esempio del punto 1 se avessimo adottato un altoparlante da

$$8\text{ohm: } \sqrt{\frac{7000}{8}} = 29,6 \cong 30:1$$

Spicca la flessibilità d'impiego del trasformatore d'uscita, che può adattarsi a valvole anche diverse con l'unica restrizione imposta dalla potenza, in quanto un trasformatore nato per una EL41, anche se adattabile, cambiando altoparlante, ad una EL34, può non sopportarne la potenza poiché realizzato con filo di sezione troppo piccola. In ogni modo, trovandosi a riutilizzare un componente di recupero grazie al procedimento e alle formule sopra descritte, si può facilmente notare se un trasformatore si trovi sovraccaricato semplicemente controllandone la temperatura, che non deve salire troppo sopra al "tiepido" anche per lunghi periodi di funzionamento. La riprova ultima dell'avvenuta corretta sostituzione può consistere nel rilevamento dei valori di tensione anodica e corrente anodica della valvola finale, che devono restare entro i limiti indicati dal produttore della valvola.

o Un caso estremo

Da quanto scritto si deduce, e qualcuno probabilmente già se ne sarà prospettata l'idea, che in linea di massima è possibile sostituire un trasformatore d'uscita interrotto con un comune trasformatore di alimentazione che rispetti il rapporto di trasformazione necessario. Si trovano infatti in commercio presso i fornitori di ricambi TV dei piccoli trasformatori d'alimentazione "universali" da 250 a 1500mA, con molte prese sul secondario sulle quali è possibile intercettare un rapporto di spire utile allo scopo. I lamierini di questi trasformatori sono però disposti a "nucleo chiuso", oltre che prodotti con leghe particolarmente adatte a lavorare alla bassa frequenza di rete (50hz), per cui con il passaggio della corrente continua di polarizzazione di placca il nucleo stesso tende a saturare con conseguente distorsione del segnale. Per ridurre l'inconveniente si dovrebbe usare un trasformatore di potenza superiore al necessario. Resta una soluzione possibilmente da evitare, ma che può comunque adattarsi a molti casi d'emergenza, soprattutto in piccoli apparecchi.

o La classe di funzionamento dell'amplificatore e l'interpretazione dei dati tecnici nei manuali.

Al fine di agevolare la consultazione delle schede tecniche delle valvole è da notare che vi sono sostanzialmente (a grandi linee) 3 classi di "circuiti" amplificatori di potenza:

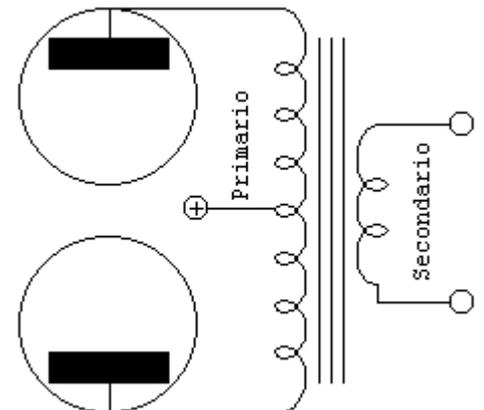
1. Classe "A"
2. Classe "AB" (eventuali pedici suffissi 1 o 2 specificano funzionamento senza o con corrente di griglia)
3. Classe "B" (eventuali pedici suffissi 1 o 2 specificano funzionamento senza o con corrente di griglia)

Queste tre classi di funzionamento riguardano sia gli amplificatori con una singola valvola connessa al trasformatore d'uscita (single ended), sia quelli che ne adottano due in controfase collegate ad un trasformatore che ha una presa centrale del primario connessa alla raddrizzatrice e i due estremi connessi ognuno ad un anodo delle due valvole (Push-Pull). Senza entrare nello specifico, ciò che distingue le tre classi all'interno di una stessa tipologia di circuito finale (S.E. o P.P.) sono le tensioni d'esercizio agli elettrodi e la potenza ottenibile con un certo grado di distorsione. In estrema sintesi:

1. Classe A → Bassa distorsione e bassa potenza
2. Classe AB → Media potenza e bassa distorsione
3. Classe B → Alta potenza e media distorsione

Date le caratteristiche operative delle tre classi e dei circuiti S.E. e P.P., poiché la configurazione in controfase gode della proprietà di ridurre il grado di distorsione (quanto distorce una valvola distorce anche l'altra, col risultato che la distorsione totale tende ad annullarsi), mentre l'S.E. ha ed aveva il vantaggio di utilizzare una sola valvola finale, le "combinazioni" d'uso maggiormente utilizzate negli apparecchi d'epoca e documentate nei manuali sono tre:

1. Classe A Single Ended
2. Classe AB Push-Pull
3. Classe B Push-Pull



Di conseguenza i dati mostrati nelle schede possono essere divisi in tre paragrafi per distinguere i diversi valori suggeriti caso per caso e basterà rilevare alcune grandezze (Va, Vgs, Rk, Vg1...) sul proprio circuito per dedurre, confrontandole con quanto scritto sul manuale, in quale classe un circuito stia lavorando. Nelle schede semplificate, dove vi è una unica serie di dati relativa ad una sola classe di

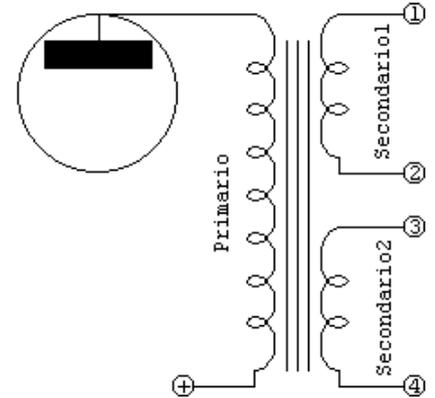
funzionamento, viene spesso dato per scontato che si tratti della classe AB per il funzionamento in controfase o della classe A per il funzionamento a valvola singola.

E' da puntualizzare che parlando di amplificatori P.P. il valore della impedenza di carico si riferisce solitamente al carico da anodo ad anodo delle due finali.

In fine i valori della corrente anodica (indicata con "Ia") pubblicati sulle schede tecniche, sia riferiti a stadi S.E. che P.P., possono essere relativi sia al circuito che lavori in assenza di segnale, sia con circuito che lavora al massimo volume. Solitamente i due casi vengono specificatamente distinti nei manuali più completi: il primo caso vi viene distinto da "Vi=0", il secondo da "Vi=xxx", dove xxx è il valore efficace della tensione di BF che pilota le griglie delle valvole finali per ottenere la potenza d'uscita indicata.

o **Composizione di impedenze da più secondari di un trasformatore d'uscita.**

L'ultimo appunto riguarda i vecchi amplificatori di BF, come ad esempio i diffusissimi Geloso. Questi apparecchi sono dotati di un trasformatore d'uscita con molti secondari. Nonostante ogni amplificatore riporti una targhetta sulla quale sono indicati i diversi valori di impedenza dei carichi collegabili alle varie prese, potrebbe risultare utile poter disporre di prese aggiuntive derivanti da diverse combinazioni sulla morsetteria, oppure non tutte le combinazioni potrebbero essere rimaste indicate. In questi casi la spartana somma dei valori di impedenza relativi ad ogni presa NON è corretta e porterebbe a far lavorare la/e valvola/e finale/i diversamente da come progettato, comportando distorsione nelle riproduzioni e/o una minor vita delle valvole stesse. Prendiamo come esempio lo schema riportato nell'immagine. Poniamo che ai terminali 1-2 sia previsto un carico di 5ohm, mentre ai terminali 3-4 ne sia previsto uno da 10. Unendo il terminale 2 al 3, il corretto carico da connettere tra l'1 e il 4 ammonta a 30ohm e NON a 15 come potrebbe sembrare. La spiegazione di questa considerazione è deducibile dall'equazione già citata:



$\frac{Ra}{Rap} \cong \frac{Spire_prim^2}{Spire_sec^2}$. Poniamo che la valvola in questione necessiti di un carico anodico di 10000ohm, e che il primario sia realizzato con 2500spire. Il secondario n°1 per accettare correttamente un altoparlante da 5ohm dovrebbe avere

$$\sqrt{\frac{10000}{5}} = 44,7 : 1 \rightarrow \frac{2500}{44,7} \cong 56spire, \text{ mentre il secondario n}^\circ 2 \text{ ne dovrebbe avere } \sqrt{\frac{10000}{10}} = 31,6 : 1 \rightarrow \frac{2500}{31,6} \cong 79.$$

Ponendoli in serie si ottiene un secondario da 135spire che, facendo i conti a ritroso, corrispondono, per non alterare le condizioni

operative della valvola, a $\frac{(79 + 56)^2 * 10000}{2500^2} \cong 30ohm$.

In generale, allorché ci si trovi di fronte a prese del tutto sconosciute, i loro valori sono similmente deducibili risalendo al valore dell'impedenza di carico delle valvole nel circuito utilizzato (controllando se P.P. o S.E. , se in classe A, AB o B, come già illustrato), e determinando il rapporto di spire del trasformatore come illustrato al punto 1 del primo paragrafo (in caso di P.P. la tensione alternata

andrà imposta tra i due estremi del primario, lasciando sconnessa la presa centrale): $\frac{Ra}{rapportosp^2} \cong Rap$

o **Specchietto di sintesi dei carichi anodici per valvole comuni.**

Poiché le righe soprastanti rimandano spesso alla consultazione dei dati contemplati per ogni valvola nel suo foglio tecnico e dato che non è detto che ogni appassionato sia in possesso dei manuali necessari, ecco pubblicata una tabella che riassume in sintesi i dati di impedenza di carico tipicamente richiesta da vari modelli di valvola finale di BF in configurazione S.E., classe A (Tipo-Carico in Ohm):

<u>3V4</u>	<u>10000</u>	<u>35A5</u>	<u>2500</u>	<u>50L6GT2000</u>	<u>EL42</u>	<u>9000</u>	
<u>6AQ5</u>	<u>5500</u>	<u>35B5</u>	<u>2500</u>		<u>EL84</u>	<u>5200</u>	
<u>6F6G</u>	<u>7000</u>	<u>35D5</u>	<u>2500</u>	<u>EBL1</u>	<u>7000</u>	<u>UL41</u>	<u>3000</u>
<u>6K6G</u>	<u>9000</u>	<u>35L6GT</u>	<u>2500</u>	<u>EL3N</u>	<u>7000</u>	<u>WE14</u>	<u>3500</u>
<u>6L6G</u>	<u>2500</u>	<u>50A5</u>	<u>2000</u>	<u>EL6</u>	<u>3500</u>	<u>WE15</u>	<u>7000</u>
<u>6PZ8G</u>	<u>6000</u>	<u>50B5</u>	<u>2500</u>	<u>EL34</u>	<u>2000</u>		
<u>6V6G</u>	<u>5000</u>	<u>50C5</u>	<u>2500</u>	<u>EL41</u>	<u>7000</u>		

Consiglio comunque di cercare presso mercatini e fiere varie qualche prontuario come quello Philips per le valvole europee e quello FIVRE per quelle standard americano, poiché i dati sopra riportati non possono andar oltre all'utilità di un sintetico specchietto di rapida consultazione.

Grazie al gentile amico Remo Del Cortona per i suggerimenti e l'opera di revisione e a Fulvio Sironi per la tabella di sintesi dei carichi anodici.