

## CURVE CARATTERISTICHE DELLE VALVOLE ELETTRONICHE

Le curve caratteristiche indicano graficamente le relazioni esistenti tra le condizioni di lavoro delle valvole elettroniche. Nel caso piú semplice, quello di un diodo, se la tensione di placca viene variata, varia anche il numero degli elettroni che raggiungono la placca stessa, in altri termini varia l'intensità della corrente elettronica, ossia della corrente anodica, e ciò sino ad un certo limite. Con una curva riesce facile indicare il rapporto esistente tra queste due variazioni.

### Caratteristiche anodiche.

La fig. 12.1 indica come varia la corrente anodica del diodo Fivre 35Z4 GT al variare della tensione di placca. La curva indica la *caratteristica anodica* del diodo, ossia costituisce la curva caratteristica del diodo.

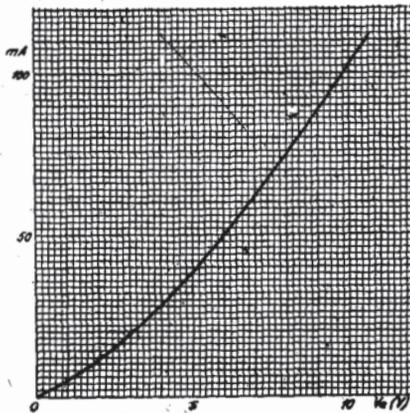


Fig. 12.1.

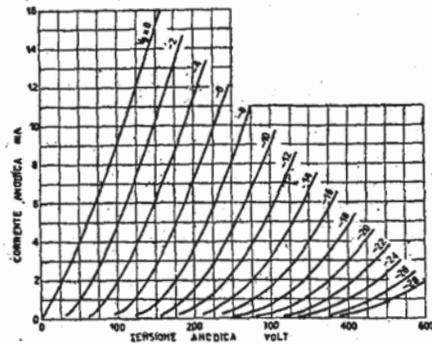


Fig. 12.2.

Nel caso invece di un triodo, l'intensità della corrente anodica non dipende soltanto dalla tensione anodica, bensì anche dalla tensione negativa di griglia. La curva caratteristica del triodo va perciò tracciata per un dato valore della tensione negativa di griglia, per es.  $-2$ ,  $-4$ ,  $-6$  volt, ecc. La curva che esprime la relazione tra la variazione della corrente anodica in funzione della variazione della tensione anodica, per una data tensione negativa fissa di griglia, è detta *curva caratteristica anodica* del triodo, o semplicemente *curva anodica*. Poichè gli americani la chiamano *plate characteristic*, vien anche detta *caratteristica di placca*. Poco usato è l'altro termine equivalente di *caratteristica a tensione anodica variabile*.

Dato che vi è una curva anodica per ogni tensione negativa di griglia, il diagramma raccoglie una famiglia di curve anodiche anzichè una curva sola, che sarebbe poco utile. La fig. 12.2 indica una famiglia di curve anodiche relativa al triodo Fivre 6C5 G. La famiglia è composta di 15 curve, da quella a zero volt sino a quella a  $-28$  V. Risulta che se la tensione anodica è di 250 V, come generalmente avviene, e se la tensione fissa di griglia è di  $-8$  V, la corrente anodica è di 8 mA.

**Caratteristiche mutue.**

In pratica però la tensione di placca non varia o varia molto poco; essa è la massima disponibile, quindi importa piuttosto poco sapere come varia la corrente anodica al variare della tensione anodica. Interessa molto di più sapere come varia la corrente anodica al variare della tensione negativa di griglia, per un dato valore fisso della tensione di placca. La tensione negativa di griglia varia per effetto del controllo automatico di volume, in quanto con ciò si ottiene la variazione dell'amplificazione, e varia con l'ampiezza del segnale in arrivo, presente appunto alla griglia della valvola.

Anche in questo caso viene tracciata una curva che indica la relazione tra la variazione della tensione negativa di griglia e la corrispondente variazione in tal modo provocata nella corrente anodica, per un dato valore fisso della tensione di placca. Tale curva indica la caratteristica mutua del triodo (*transfer characteristic*). Viene anche detta curva tensione di griglia-corrente di placca o curva di griglia variabile. Per evitare confusione è opportuno usare il termine *caratteristica mutua*.

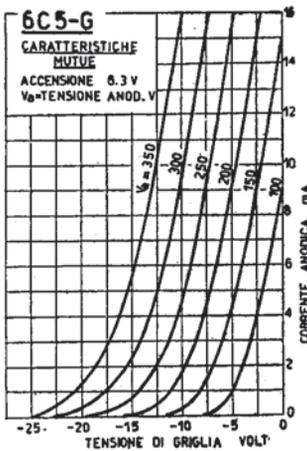


Fig. 12.3.

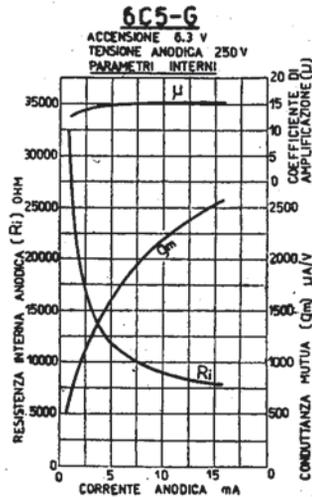


Fig. 12.4.

**Famiglie di caratteristiche.**

La fig. 12.3 indica una famiglia di caratteristiche mutue relative alle tensioni di placca usuali, di 100, 150, 200, 250, 300 e 350 V. Da queste curve si può consta-

tare che se la tensione di placca è di 250 V, è opportuno che la tensione di griglia sia di  $-8$  V, poichè in tal modo il punto di lavoro della valvola viene a trovarsi a circa la metà della corrispondente caratteristica mutua. Se invece la tensione anodica è di soli 150 V, è bene che la tensione negativa di griglia sia di  $-4$  V, diversamente l'amplificazione risulta distorta. Se la tensione di placca è di 350 V è bene che quella di griglia sia di  $-12$  V.

Se si tratta di pentodi o di tetrodi elettronici occorre tener conto anche della tensione positiva di griglia schermo. Le due curve anzidette, l'anodica e la mutua, vanno tracciate per una data tensione fissa di griglia schermo, che deve essere indicata.

Se la tensione di griglia schermo viene variata, mentre rimangono fisse la tensione di placca e quella negativa di griglia, varia anche l'intensità della corrente

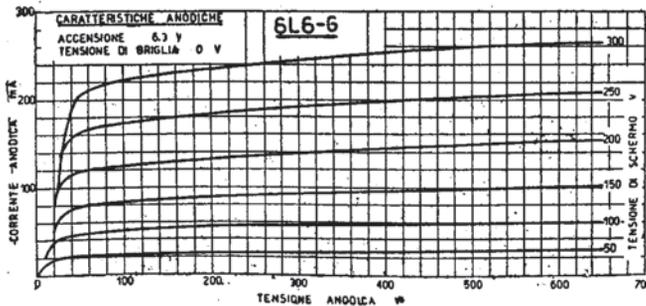


Fig. 12.5.

anodica. Nello stesso modo, variazioni della tensione anodica determinano variazioni della corrente anodica rispetto a dati valori fissi della tensione positiva di schermo. La fig. 12.5 indica una famiglia di curve anodiche della valvola 6L6 G per diversi valori della tensione di griglia schermo, e per un valore fisso della tensione di griglia, che nel caso della figura è di 0 volt. Come si può notare per una data tensione fissa di griglia schermo, forti variazioni della tensione anodica determinano trascurabili o piccole variazioni della corrente anodica. Variando invece la tensione di schermo, per una data tensione anodica fissa, si ottengono forti variazioni della corrente anodica. Se la tensione di schermo è di 100 V, non si ottiene quasi nessuna variazione della corrente anodica pur variando la tensione di placca da 100 a 600 V. Invece se la tensione di placca è di 300 V, la corrente anodica è di 22 mA quando la tensione di schermo è di 50 V, è di 95 mA quando la tensione schermo è di 150 V, ed è ben 190 mA quando la tensione di schermo è di 250 V.

### Fattore d'amplificazione.

Le curve di fig. 12.3 mostrano che la stessa variazione nella corrente anodica si può ottenere con una forte variazione della tensione di placca oppure con una piccola variazione della tensione di griglia. Esempio: la tensione negativa di griglia

è di  $-5$  V e quella positiva di placca è di 200 V. In queste condizioni la corrente anodica del triodo è di 9 mA. Se la tensione di placca viene ridotta di 50 V, passando da 200 a 150 V, la corrente anodica subisce una riduzione di 4,8 mA, passando da 9 a 4,2 mA.

Se invece di variare la tensione di placca si varia la tensione negativa di griglia si ottiene che, fissa restando la tensione di placca a 200 V, basta aumentare la tensione negativa a  $-5$  V a  $-7,5$  V per far passare la corrente anodica da 9 mA a 4,2 mA, ottenendo così la stessa variazione di 4,8 mA. Si ottiene con una variazione della tensione di griglia di 2,5 V ciò che si ottiene con una variazione della tensione di placca di 50 V.

Per ottenere la stessa variazione nella corrente anodica basta una variazione della tensione di griglia 20 volte minore della variazione della tensione di placca, ossia  $50 : 2,5$ . Il numero 20 costituisce il *fattore di amplificazione* del triodo indicato, che è il 6C5 G.

In altri termini, il fattore d'amplificazione è il rapporto tra una variazione della tensione di placca e la variazione della tensione di griglia in senso contrario, riferite ad un valore costante della corrente anodica ed a valori costanti della tensione di tutti gli eventuali altri elettrodi. Una piccola variazione della tensione di placca ha lo stesso effetto, sulla corrente anodica, di una variazione della tensione di griglia moltiplicata per il fattore di amplificazione. Il fattore di amplificazione, detto anche *coefficiente di amplificazione*, o  $\mu$  (mu) è utile per calcolare il *guadagno* degli stati amplificatori.

### Resistenza interna.

Variando la tensione ai capi di una resistenza varia la corrente che la percorre. Se la variazione della tensione di 1 volt produce la variazione di 0,1 mA nella corrente, il valore della resistenza è, in base alla Legge di Ohm, di  $1 : 0,0001 = 10\,000$  ohm, dove  $0,0001$  A = 0,1 mA.

Variazioni della tensione di placca determinano variazioni della corrente anodica. Le valvole elettroniche si comportano come resistenze. Il quoziente tra la variazione di tensione e la corrispondente variazione di corrente è detto *resistenza interna*. Essa è di 10 000 ohm nel caso del triodo 6C5 G, in quanto variazioni di 1 V nella tensione di placca determinano variazioni di 0,1 mA nella corrente anodica.

La resistenza interna varia con la superficie emittente del catodo; maggiore è l'emissione, minore è la resistenza; diminuisce col diminuire della distanza tra il catodo e la placca. Quella del pentodo 6J7 G è di 1 megaohm. Più alta è l'amplificazione, maggiore è la distanza tra placca e catodo e più alta è la resistenza interna. Mentre l'amplificazione del triodo 6C5 G è di 20 quella del pentodo 6J7 G è di 1225.

La resistenza interna vien anche detta *resistenza di placca* (gli americani la chiamano *plate resistance*) o *resistenza differenziale anodica*.

**CURVE CARATTERISTICHE DELLE VALVOLE ELETTRONICHE**

**Tab. IX - ESEMPI DI RAPPORTI TRA VARIAZIONI DI TENSIONE ANODICA E VARIAZIONI DI CORRENTE ANODICA**

Valori di resistenza interna $R_i$	ottenuti dal rapporto $\frac{V_a}{I_a}$	
	Variazione della tensione anodica $I_a$	Variazione della corrente anodica $V_a$
1 M $\Omega$ . . . . .	0,2 mA	200 V
0,3 M $\Omega$ . . . . .	0,5 mA	150 V
0,2 M $\Omega$ . . . . .	1 mA	200 V
0,1 M $\Omega$ . . . . .	1 mA	100 V
75 k $\Omega$ . . . . .	1 mA	75 V
40 k $\Omega$ . . . . .	1 mA	40 V
15 k $\Omega$ . . . . .	1 mA	15 V
10 k $\Omega$ . . . . .	5 mA	50 V
8000 $\Omega$ . . . . .	10 mA	80 V
5000 $\Omega$ . . . . .	10 mA	50 V
2800 $\Omega$ . . . . .	100 mA	2,8 V
1000 $\Omega$ . . . . .	100 mA	1 V

**Tab. X - RESISTENZA INTERNA DI ALCUNE VALVOLE**

Valvola	Resistenza interna $R_i$ in k $\Omega$	Variaz. tensione anodica $V_a$ in volt	Variaz. corrente anodica $I_a$ in mA
6C5 G . . . . .	10	1	0,1
25L6 G . . . . .	10	1	0,1
EBC3 . . . . .	15	1	0,066
EL6 . . . . .	20	1	0,05
EBL1 . . . . .	50	1	0,02
EL3 . . . . .	50	1	0,02
6V6 G . . . . .	52	1	0,019
6PZ8 G . . . . .	65	1	0,015
6BY8 G . . . . .	100	1	0,01
EF9 . . . . .	400	1	0,0025
6J7 G . . . . .	1000	1	0,001
6TE8 G . . . . .	1000	1	0,001

Nella Tabella IX sono indicati alcuni valori di resistenza interna in corrispondenza a variazioni di tensione di placca in rapporto alle variazioni di corrente anodica in tal modo provocate. La Tab. X indica circa la stessa cosa, ma in relazione ad alcune delle principali valvole attualmente in uso.

### Conduttanza mutua o pendenza.

Serve per indicare con un termine solo le qualità delle valvole elettroniche, in quanto riunisce gli altri due fattori, quello d'amplificazione e quello della resistenza interna. Infatti la mutua conduttanza (gm) è data dal rapporto:

$$\text{mutua conduttanza} = \text{fattore d'amplificazione} : \text{resistenza interna.}$$

Nel caso del triodo 6C5 G, poichè il fattore d'amplificazione è 20 e la resistenza interna è di 10 000 ohm, la conduttanza mutua è di  $20 : 10\,000 = 0,002$  mho. L'unità di misura della conduttanza mutua è il mho, ottenuto rovesciando il termine ohm, e ciò per il fatto che la mutua conduttanza è data anche dal rapporto tra una piccola variazione della corrente di placca per la variazione della tensione negativa di griglia che l'ha prodotta. Per es. se variando la tensione di griglia di 0,5 V si ottiene una variazione della corrente di placca di 1 mA, ossia 0,001 A, la conduttanza mutua è data da:

$$0,001 : 0,5 = 0,002 \text{ mho.}$$

Poichè l'ohm risulta, per la Legge di Ohm, dal rapporto tra la tensione e la corrente, l'unità di misura della conduttanza mutua è stata detta mho, in quanto si ottiene da un rapporto inverso, dal rapporto tra la corrente e la tensione.

In pratica il mho ( $\Upsilon$ ) è troppo grande. Si adoperano i sottomultipli millimho ( $m\Upsilon$ ) e micromho ( $\mu\Upsilon$ ). Le relazioni sono le seguenti:

$$A : V = \text{mho} = \Upsilon$$

$$mA : V = \text{millimho} = m\Upsilon$$

$$\mu A : V = \text{micromho} = \mu\Upsilon$$

La Fivre adopera il micromho, la Philips adopera invece il  $\mu A/V$  che è la stessa cosa. Si può dire che la conduttanza mutua del triodo 6C5 G è di 200  $\mu\Upsilon$  oppure che è di 200  $\mu A/V$ . Il mho corrisponde al rapporto A/V, il micromho corrisponde al  $\mu A/V$ . La Telefunken adopera il mA/V, ossia il millimho. La conduttanza della 6C5 G in tal caso è di 2 mA/V.

In pratica è usato il micromho solo per le valvole di tipo americano; per quelle di tipo europeo (Philips e Telefunken) sono usate invece le designazioni di  $\mu A/V$  e di mA/V. Esempio: i tre pentodi finali Fivre 6PZ8 G, Philips EL3 e Telefunken WE 15 sono simili, con caratteristiche pressochè eguali. La loro conduttanza mutua è circa la stessa, ma viene espressa in tre modi diversi:

Pentodo BF Fivre 6PZ8 G . . . . .	9 200 $\mu\Upsilon$
Pentodo BF Philips EL3 . . . . .	9 000 $\mu A/V$
Pentodo BF Telefunken WE 15 . . . . .	9 mA/V

Inoltre il termine conduttanza mutua è usato solo dalla Fivre, e dai costruttori americani; in Europa è preferito il termine *pendenza*, che è equivalente. Questo termine si riferisce alla visione delle curve caratteristiche mutue le quali hanno una

CURVE CARATTERISTICHE DELLE VALVOLE ELETTRONICHE

pendenza propria. La fig. 12.6 indica una famiglia di caratteristiche mutue del pentodo AF Philips EF9 confrontate con una caratteristica mutua del pentodo AF Philips EF5. Quest'ultima curva pende meno delle altre quattro. È perciò che si dice che la pendenza EF9 è maggiore di quella della EF5.

Poichè la conduttanza mutua o pendenza varia con il variare della resistenza interna, la quale a sua volta varia col variare di altri fattori, anch'essa può venir espressa con una curva. In fig. 12.4 sono riunite le tre curve, quella della resistenza interna, della conduttanza mutua o pendenza e del fattore di amplificazione. Quest'ultimo è costante salvo per valori estremi.

La Tab. XI riassume l'amplificazione, la resistenza interna e la conduttanza mutua o pendenza di alcune tra le principali valvole.

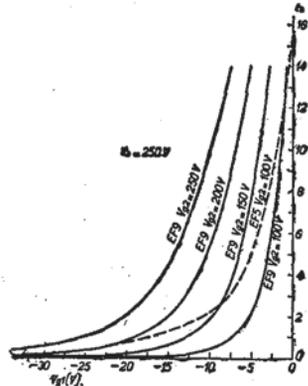


Fig. 12.6.

TAB. XI - PARAMETRI DELLE PRINCIPALI VALVOLE

Valvole	Fattore di amplificazione in $\mu$	Resistenza interna in ohm	Conduttanza mutua o pendenza	
			In A/V	In $\mu$ A/V
<b>TRIODI</b>				
6C5 G . . . . .	20	10 000	0,002	2000
EBC3 . . . . .	30	15 000	0,002	2000
<b>TETRODI</b>				
6V6 G . . . . .	218	52 000	0,0041	4100
25L6 G . . . . .	82	10 000	0,0082	8200
<b>PENTODI BF</b>				
6PZ8 G . . . . .	600	65 000	0,0092	9200
EL3 . . . . .	450	50 000	0,009	9000
EL6 . . . . .	290	20 000	0,0145	14500
<b>PENTODI AF</b>				
6J7 G . . . . .	1225	1 000 000	0,0012	1225
6K7 G . . . . .	1160	800 000	0,0014	1450
EF6 . . . . .	4500	2 500 000	0,0018	1800

La conduttanza mutua o pendenza è utile, tra l'altro, per stabilire quale valvola sia adatta a ciascun stadio dell'apparecchio. Consente di valutare valvole diverse adatte per la stessa funzione. Per es. consente di valutare tra di loro i pentodi finali. Maggiore è la conduttanza mutua o pendenza, minore è, a parità di resa d'uscita, la necessaria tensione alternativa del segnale all'ingresso della valvola. Il pentodo finale 6PZ8 G può fornire la resa d'uscita di 4,5 watt, però affinché ciò avvenga è ne-

cessario che all'ingresso sia presente un segnale la cui tensione alternativa sia di 6 V eff. Ossia, la *tensione d'ingresso di cresta* deve essere di 6 volt. Riesce utile il confronto con altre due valvole finali:

Pentodo	Conduttanza mutua in $\mu\text{A/V}$	Tensione d'ingresso di cresta	Resa d'uscita
6BY8 G	12 000	4 volt	4,5 watt
6PZ8 G	9 200	6 volt	4,5 watt
6K6 G	2 300	21 volt	4,5 watt

In ricevitori a 4 valvole, la 6BY8 G si presta bene come finale, in quanto il segnale BF può essere molto ridotto; in quelli a 5 valvole si presta bene la 6PZ8 G, in quanto in questi apparecchi il segnale BF è più forte, data l'amplificazione maggiore ottenuta con una valvola in più. La 6K6 G va bene come finale quando vi è molta amplificazione, per es. in apparecchi con due amplificatrici MF o con uno stadio di preamplificazione BF. Sostituendo una 6PZ8 G con una 6BY8 G non si ottiene un miglioramento, in quanto la 6BY8 G risulta facilmente sovraccaricata e può dare una riproduzione molto distorta.

### Conduttanza o pendenza di conversione.

È la conduttanza mutua o pendenza riferita alle valvole convertitrici, e tiene conto delle variazioni nella corrente presente nel primario del trasformatore di MF in relazione a quelle del segnale AF presente all'entrata della valvola. È detta anche *transconduttanza di conversione*, da *conversion transconductance*.