

Le caratteristiche di uscita

Tra le varie curve riportate nei data sheet, le più importanti per uno stadio di potenza sono le caratteristiche di uscita (o anodiche), vale a dire le curve corrente/tensione anodica a diversi valori di tensione di griglia. Riportiamo qui sotto tali curve per la sezione di potenza della 6EM7, e per riferimento quella di una valvola famosa per audio, la 2A3.

Le curve di quest'ultima a diverse tensioni di griglia sono parallele tra loro, specie per tensioni di griglia vicine allo 0. Questo è indice di buona linearità, perché incrementando la tensione d'ingresso (di griglia) la tensione e corrente di placca variano in quantità proporzionali (la resistenza di uscita resta costante). Da notare che la retta di carico consigliata non si estende oltre un punto dove le caratteristiche iniziano a deviare troppo dalla linearità (per $V_{griglia}$ inferiore a $-87V$).

La nostra valvola non se la cava male: la zona centrale attorno ai 40ma e $-35V$ griglia presenta caratteristiche ben parallele, solo le curve estreme divergono di più che nella 2A3.

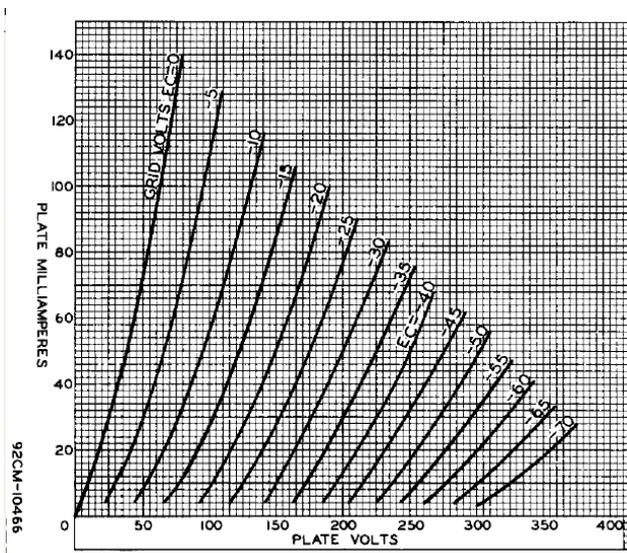


Fig. 1

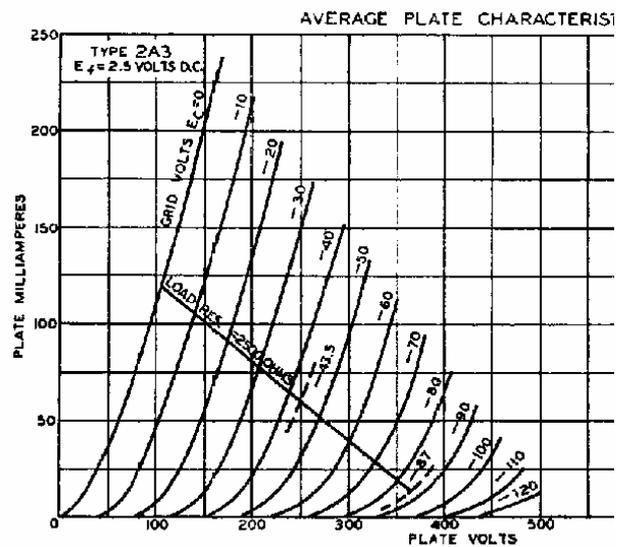


Fig.2

Proviamo a sovrapporre le caratteristiche della Fig.1 alle caratteristiche anodiche di un'altra valvola famosa per il suono, anche se di potenza decisamente minore: la 6SN7. La sovrapposizione è stata ottenuta scalando i grafici cercando ad occhio la migliore sovrapposizione. Questa prova empirica e del tutto priva di indicazioni quantitative, costituisce comunque una indicazione che la nostra 6EM7 è un buon candidato per un amplificatore dal suono piacevole.

“PRIMO” : amplificatore valvolare Hi-Fun

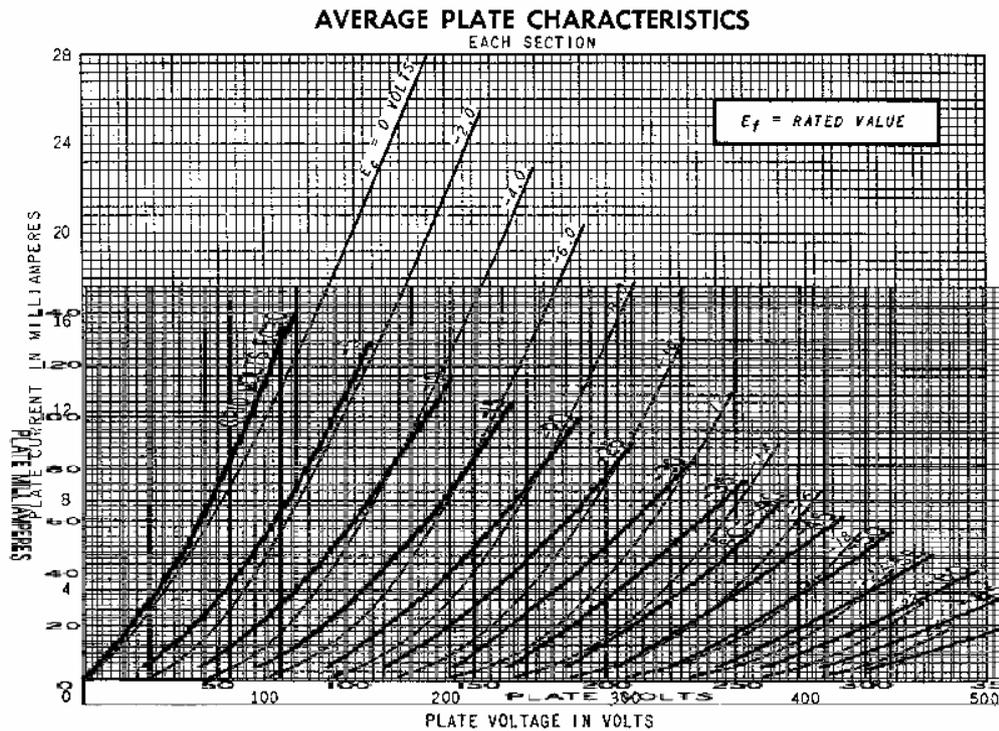


Fig.3

Un ottimo riferimento di come utilizzare queste curve è dato nell'articolo Making use of Loadlines.. di Crowhurst (Crowhurst_curve.pdf). Inoltre Steve Bench (<http://members.aol.com/sbench101/>) ha messo a disposizione sul suo sito una serie di articoletti molto chiari di come fare uso di queste curve ed un utilissimo foglio Excel per calcolare potenza di uscita e distorsione di un triodo a partire dalla conoscenza delle sue curve di uscita.

Ora dobbiamo trovare quale sia il punto operativo migliore per questa valvola, cioè a che tensione e corrente di riposo e con che carico debba lavorare per ottenere la potenza e la distorsione voluta.

Questo punto di lavoro non dovrà eccedere le specifiche massime a cui la valvola può lavorare, cominciamo quindi tracciando sullo stesso grafico i limiti di dissipazione, di corrente e di tensione massima ammissibili.

Per trovare la curva che rappresenta il limite di potenza, che per la seconda sezione della 6EM7 è 10W, disegniamo alcuni punti che rappresentano una potenza dissipata di 10W (es. 100V 100mA, 200V 50mA, etc) e li uniamo. Otterremo una iperbole, luogo dei punti $IV=\text{costante}$ in un piano cartesiano I-V.

“PRIMO” : amplificatore valvolare Hi-Fun

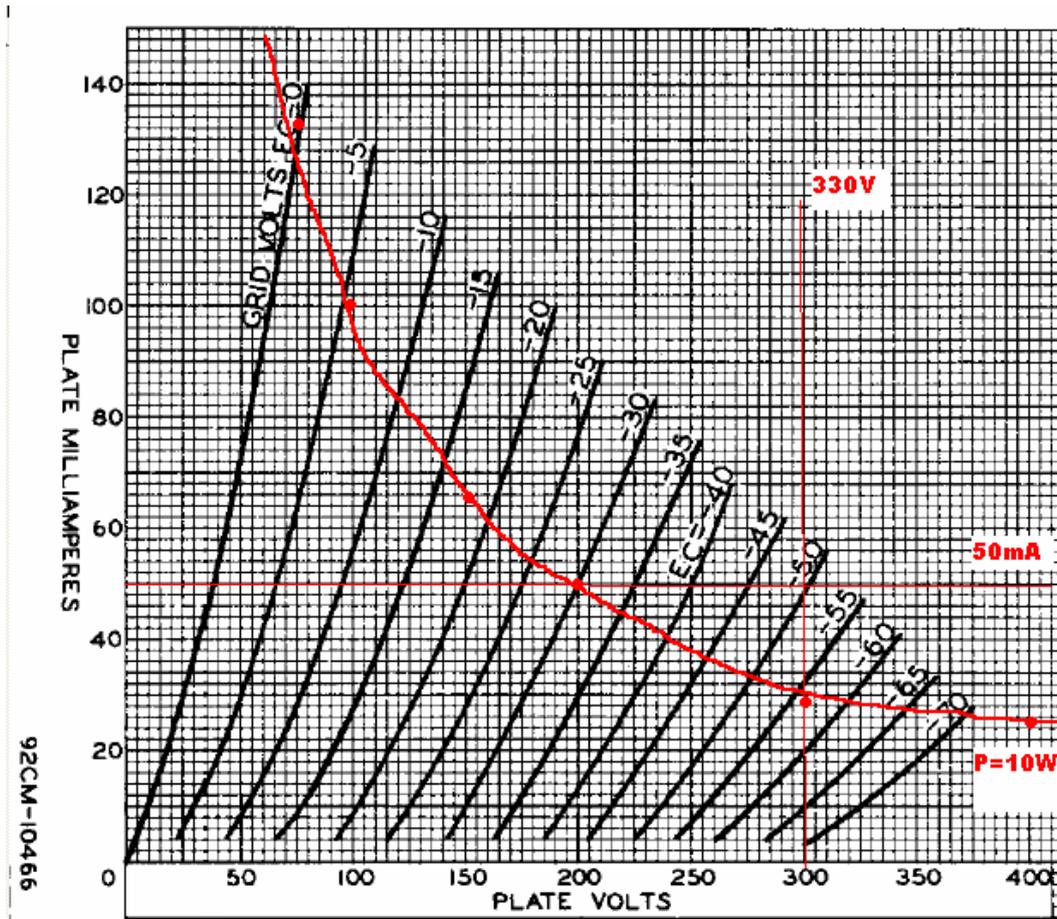


Fig.4

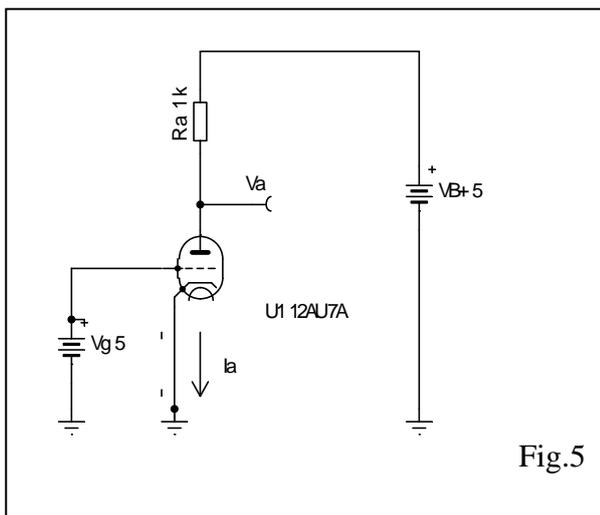


Fig.5

Su questo grafico, ora si può disegnare la retta di carico, cioè l'insieme di tutte le coppie di punti I-V corrispondenti a diverse polarizzazioni di griglia, in un circuito con tensione di alimentazione e resistenza di carico fissati. Un modo veloce di procedere, una volta riconosciuto che $V_a = V_b - R_a \cdot I_a$ e che pertanto la dipendenza tra I_a e V_a non può altro che essere lineare, è di trovare due punti notevoli (comodi). Questi possono essere quelli corrispondenti a $V_a = 0$ ($\rightarrow I_a = V_b / R_a$) e $I_a = 0$ ($\rightarrow V_a = V_b$). L'insieme di tutti i punti $V_a - I_a$ possibili in questo circuito, forzati da V_b e R_a è rappresentato quindi dalla retta che unisce questi due punti notevoli, la linea azzurra in Fig.6, per un semino di $V_b = 300V$ e $R_a = 3k\Omega$.

Stabilita la retta di carico, è facile ricavare la massima variazione dinamica (swing) di tensione e di corrente e quindi la potenza fornita al carico. La polarizzazione di griglia varia da da 0 a -70V e in questi due casi estremi, incrocia la retta di carico nei punti **M** (max) e **m** (min), in verde in Fig.6.

“PRIMO” : amplificatore valvolare Hi-Fun

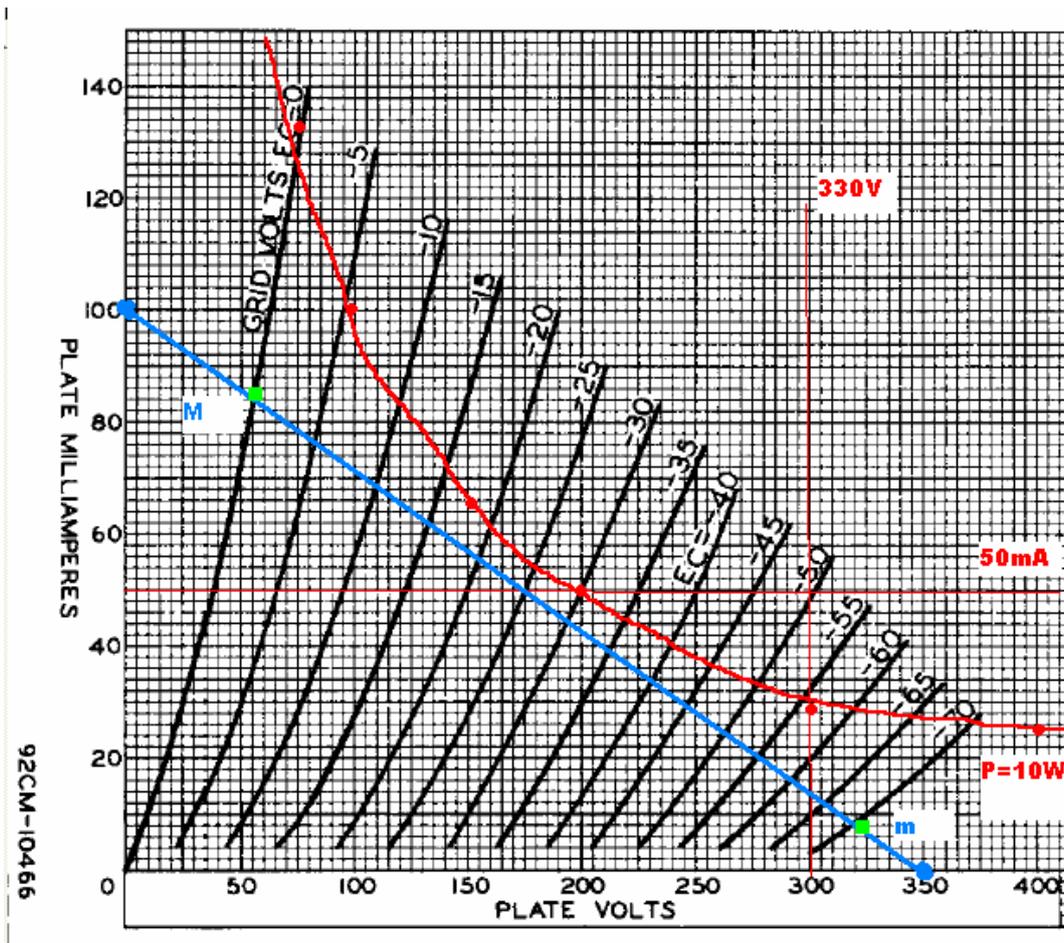


Fig.6

Il massimo swing di tensione anodica è: $V_M - V_m = 315V - 52V = 263V$

Il massimo swing di corrente anodica è: $I_M - I_m = 85mA - 8mA = 77mA$

Questi sono valori massimo-minimo, in termine tecnico picco-picco e corrispondono a 2 volte la radice di 2 il valore RMS (root mean square) o efficace, in caso di onda sinusoidale indistorta.

I valori RMS saranno quindi $V_{picco-picco}/2,82$ cioè 93,2v e 27,3mA.

La potenza (per carico resistivo) vale $V * I = 93,2V * 27,3mA = 2,54W$.

Tutto questo lavoro è sintetizzato nella formuletta $P_{load} = 1/8 * (V_m - V_M) * (I_M - I_m)$.

Nel grafico la potenza di uscita è proporzionale all'area del triangolo indicato in verde nella figura seguente.

“PRIMO” : amplificatore valvolare Hi-Fun

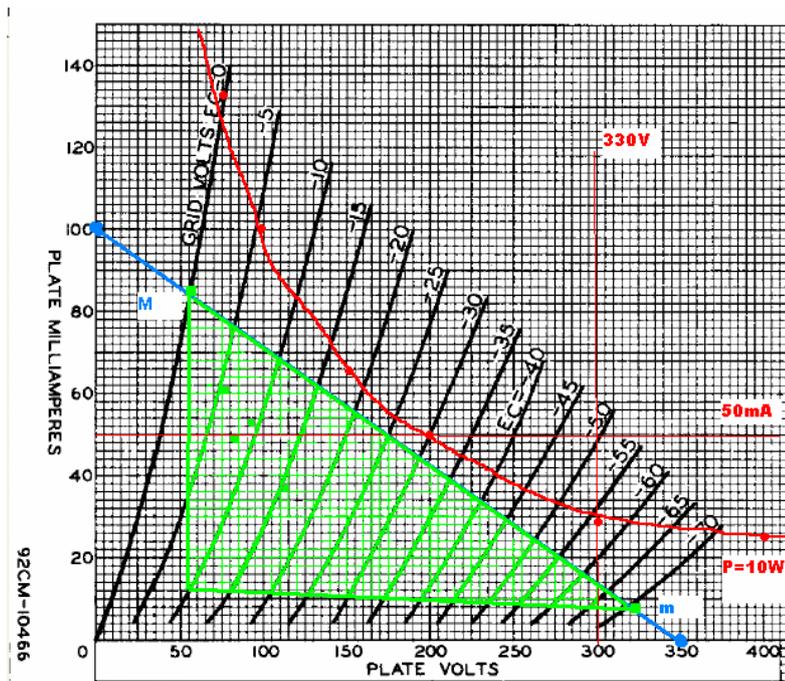


Fig. 7

Si può dimostrare che la massima potenza di uscita la si ottiene quando la resistenza di carico è uguale alla resistenza interna della valvola. In condizioni grafiche questo si traduce con una retta tangente alla iperbole di massima dissipazione. Qualche prova con righello e matita o con il foglio Excel di Steve Bench serviranno ad impratichirsi con le rette di carico e convincersi di questa affermazione.

Il punto di lavoro statico

Tra tutte le possibili coppie di valori tensione corrente della retta di carico, dobbiamo stabilire quale deve essere il punto di lavoro a riposo, vale a dire in assenza di segnale (segnale=variazione) della tensioni di griglia. Il punto di lavoro, insieme alla resistenza di carico scelta condiziona la distorsione della forma d'onda amplificata dalla valvola.