

Röhrenarbeitswiderstand und Pi-Filterdaten für verschiedene Betriebswerte

Der Röhrenarbeitswiderstand (R_L) ergibt sich aus der Berechnung: $R_L = e_p \cdot \hat{i}_p^{-1} [\Omega]$, wobei e die der Anodengleichspannung (E_b) überlagerte hochfrequente Wechselspannung darstellt. Der hochfrequente gemittelte Anodenspitzenstrom wird hier mit \hat{i}_p bezeichnet. Die Formel selbst ist eine Teilformel aus dem Ohm'schen Gesetz. Der Röhrenarbeitswiderstand ist somit von der hochfrequenten Anoden Wechselspannung (swing voltage) und dem Anoden-Hochfrequenzstrom abhängig. Erhöht sich der Anodenstrom so verringert sich der Röhrenarbeitswiderstand bzw. umgekehrt. Der Anodenstrom ist bei einer Triode in Gitter-Basis Schaltung (grounded-grid service) abhängig von der Steuerleistung. Beim Betrachten der Röhrenkennlinien erkennt man die Abhängigkeiten der Anodenstromkennlinien von der Größe der Gitterwechselspannung e_g , die wiederum resultiert sich aus der Höhe der HF-Steuerleistung. Somit ist eindeutig klar, dass es eigentlich nur bei einem gleich bleibenden HF-Signal (Träger) ein eindeutiges Verhältnis von Spannung, Strom und Widerstand gibt. Betrachtet man die Betriebsart SSB, so ergeben sich immer ständige Fehlanpassungen, da sich die Ströme und somit die Widerstandswerte im Rhythmus der SSB Modulation ändern. Während des Schwingvorgangs der Hochfrequenzwechselspannung (e_p) herrschen auf der festgelegten Arbeitslinie (Load Line) unterschiedliche Ratio der HF-Wechsel-Spannungen und –Ströme. Für den Entwurf des Anpassnetzwerkes (Pi-Net) muss der auf den Antennen- ausgang (z.B.: 50 Ohm) anzupassende Arbeitswiderstand der Röhre(n) eindeutig sein. Für die Ermittlung gibt es bei den Funkamateuren mehrere vereinfachte Verfahren (siehe diverse Radiohandbücher). Eine sehr viel genauere Berechnung des Hochfrequenzstromes erfolgt nach Herstellervorschlag mit einem sehr viel aufwendigeren mathematischen Verfahren (Fourier Analyse). Die Firma EIMAC Varian bedient sich einer vereinfachten Methode nach Mc Chaffee. Die Ergebnisse nach beiden Methoden unterscheiden sich nur marginal und sind nur von akademischer Bedeutung ohne Wirkung auf die Praxis. Die Festlegung des Röhrenarbeitswiderstandes sollte schon nach der Herstellerempfehlung für eine große Senderöhre erfolgen. Die nachfolgenden Ströme und Röhrenwiderstände der unterschiedlichen Betriebsparameter wurden nach der Mc Chaffee Methode ermittelt. Die Daten für das Anpassnetzwerk (Pi-Filter) wurden nach den Formeln aus dem Hochschulbuch: Berechnungs- und Entwurfsverfahren der Hochfrequenztechnik, Band 1 (Geissler, Kammerloher und Schneider) errechnet. Beim Betrachten der Tabellen fallen die erheblich abweichenden Werte der Pi-Filter Einstellungen bei unterschiedlichen Steuerleistungen und den korrespondierenden Strömen auf. Somit ist es völlig falsch, einen HF-Verstärker mit einer niedrigeren Anodenspannung abzustimmen und dann auf eine höhere Anodengleichspannung umzuschalten oder auch umgekehrt. Der Röhrenarbeitswiderstand ist auf den Antennenwiderstand fehl angepasst. Höhere Ströme und Arbeitsgüten (Q) belasten das Netzwerk und schlechte Verstärkersignale die Hochfrequenzbänder.

Folgende Hochschulbücher wurden als Quellen verwendet:

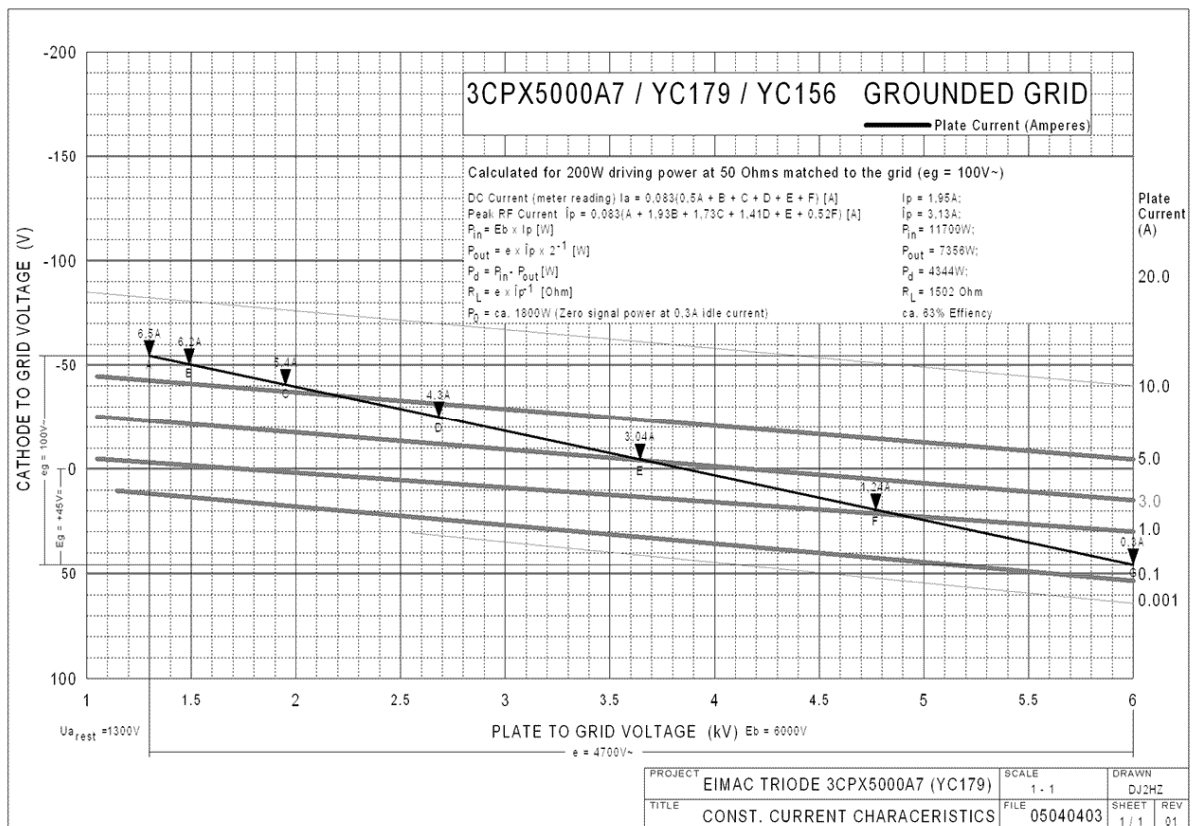
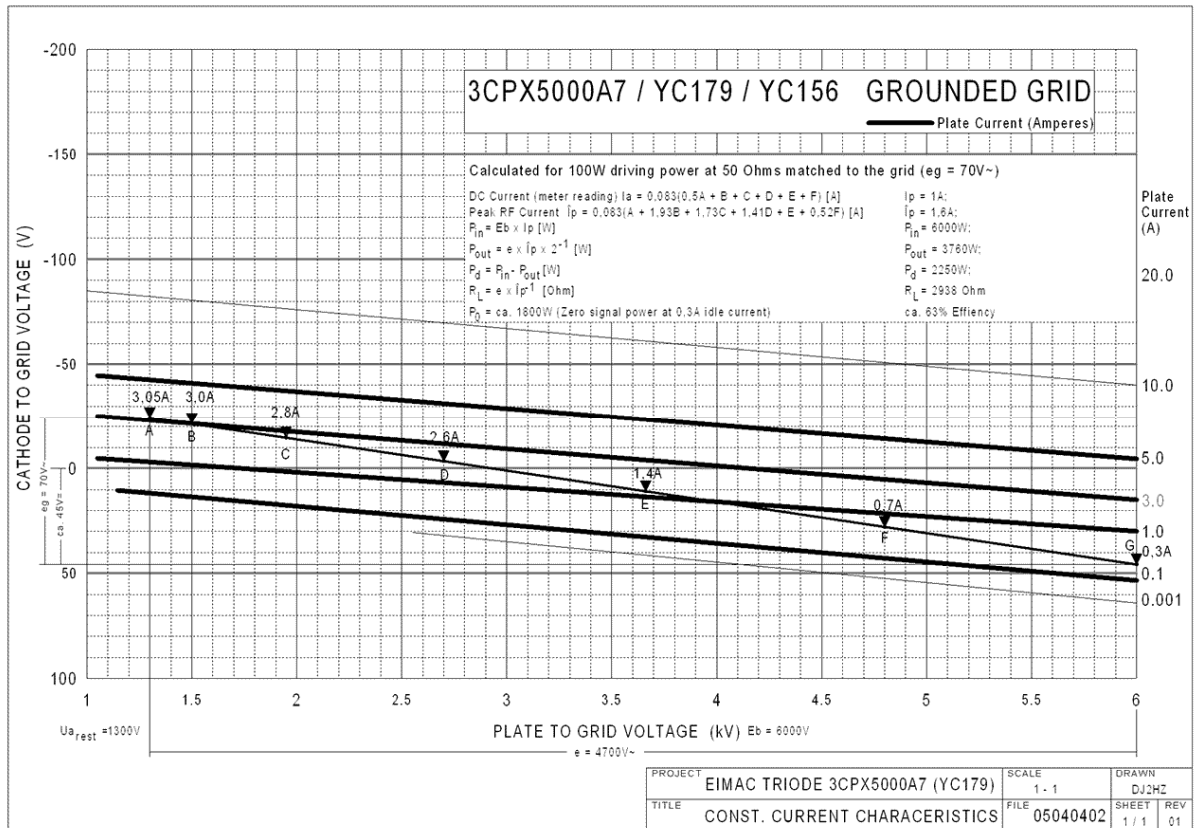
Geissler, Kammerloher, Schneider: Berechnungs- und Entwurfsverfahren der Hochfrequenztechnik, Band 1

Zinke/Brunswig: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik

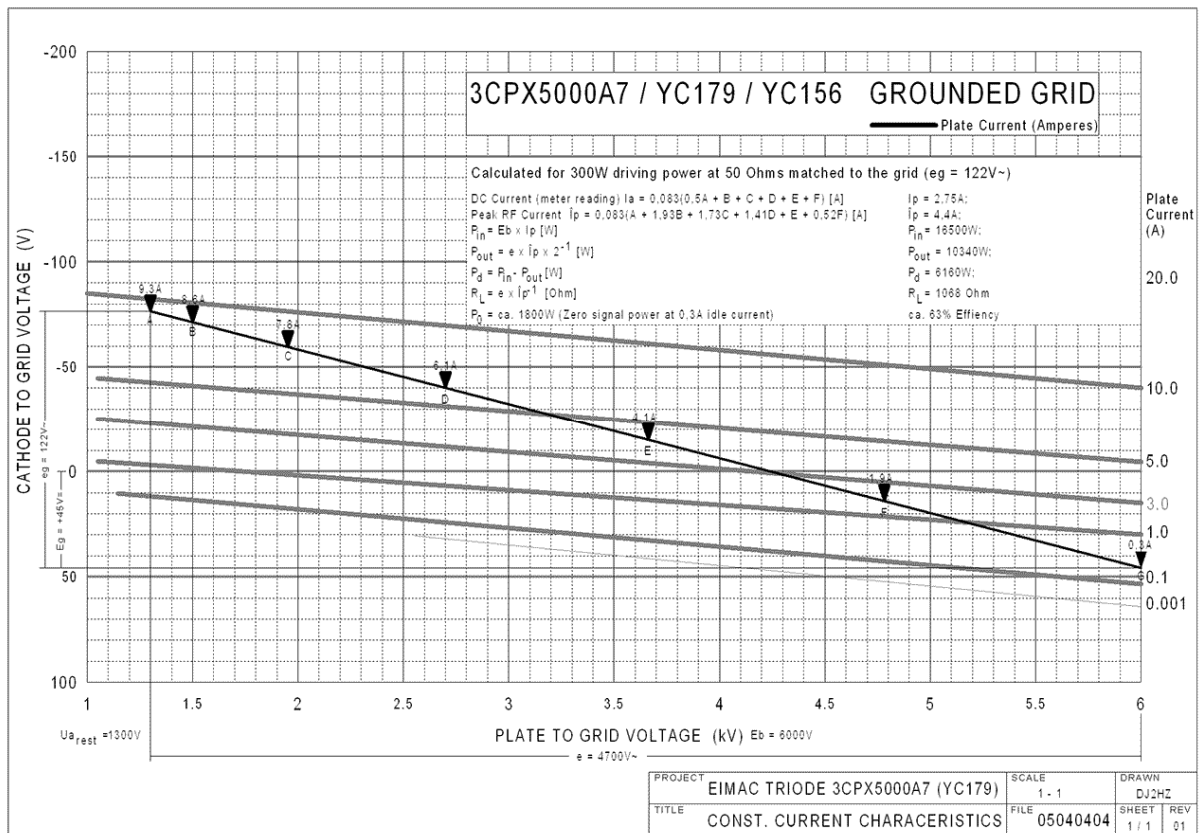
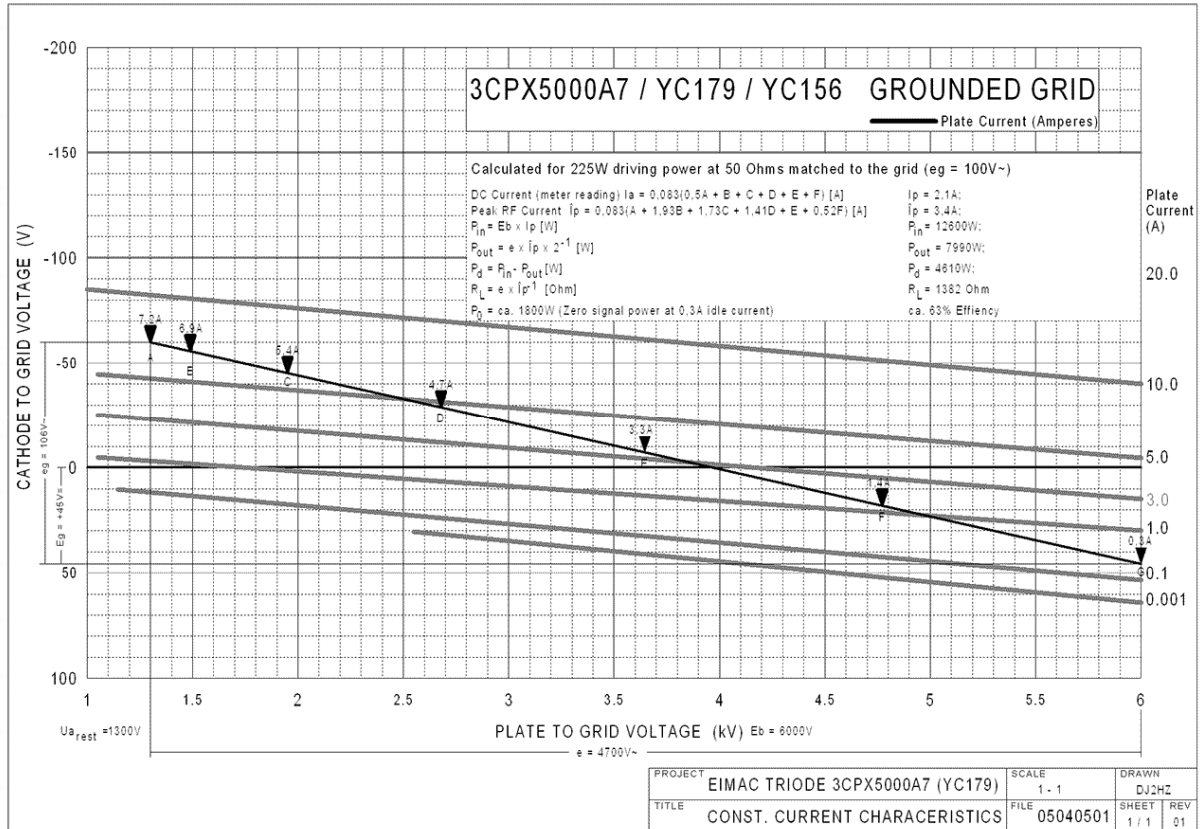
Schröder: Elektrische Nachrichtentechnik

Terman: Electronic and Radio Engineering (USA)

H.F. Leistungsverstärker mit der Triode YC-179/YC-156 (3CPX5000A7)



H.F. Leistungsverstärker mit der Triode YC-179/YC-156 (3CPX5000A7)



H.F. Leistungsverstärker mit der Triode YC-179/YC-156 (3CPX5000A7)

R_L [Ω]	f [MHz]	C1 [pF]	L [μ H]	C2 [pF]					
2940	1,8	361	23,7	2146	E_b	6,0kV=	6,0kV=	6,0kV=	6,0kV=
	3,7	176	11,5	1044	e_p	4,7kV~	4,7kV~	4,7kV~	4,7kV~
	7,1	92	6,0	544	e_g	70V~	100V~	106V~	122V~
	14,2	46	3,0	272	I_p	1,0A	1,95A	2,10A	2,75A
	18,1*	36	2,4	213	\hat{i}_p	1,6A	3,13A	3,40A	4,40A
1500	1,8	710	12,7	3482	P_{in}	6000W	11700W	12600W	16500W
	3,7	346	6,2	1694	P_{out}	3760W	7356W	7990W	10340W
	7,1	180	3,2	883	P_d	2250W	4344W	4610W	6160W**
	14,2	90	1,6	441	R_L	2938 Ω	1502 Ω	1382 Ω	1068 Ω
	18,1	71	1,3	346					
1380	1,8	768	11,8	3644	**) Der Betrieb mit diesen Daten ist nicht empfehlenswert. Die Anodenverlustleistung von 5000W wird erheblich überschritten.				
	3,7	374	5,8	1773					
	7,1	195	3,0	924	Als Ruhestrom wird ein Bereich von 0,3A (1800W) bis 0,4A (2400W) bei guter Druckluftkühlung empfohlen.				
	14,2	97	1,5	462					
	18,1	76	1,2	362					
1070	1,8	996	9,4	4270					
	3,7	484	4,6	2078					
	7,1	252	2,4	1083					
	14,2	126	1,2	541					
	18,1	99	0,9	425					

*) Der Betrieb auf 18,1 MHz wird bei diesen Betriebswerten mit einer sehr viel höheren Betriebsgüte ($Q > 12$) erfolgen. Der Schwingkreisstrom wird sich drastisch erhöhen. Die Verluste werden in Wärme umgesetzt. Das Pi-Filter sollte deshalb nur mit Schraubverbindungen aufgebaut sein!