

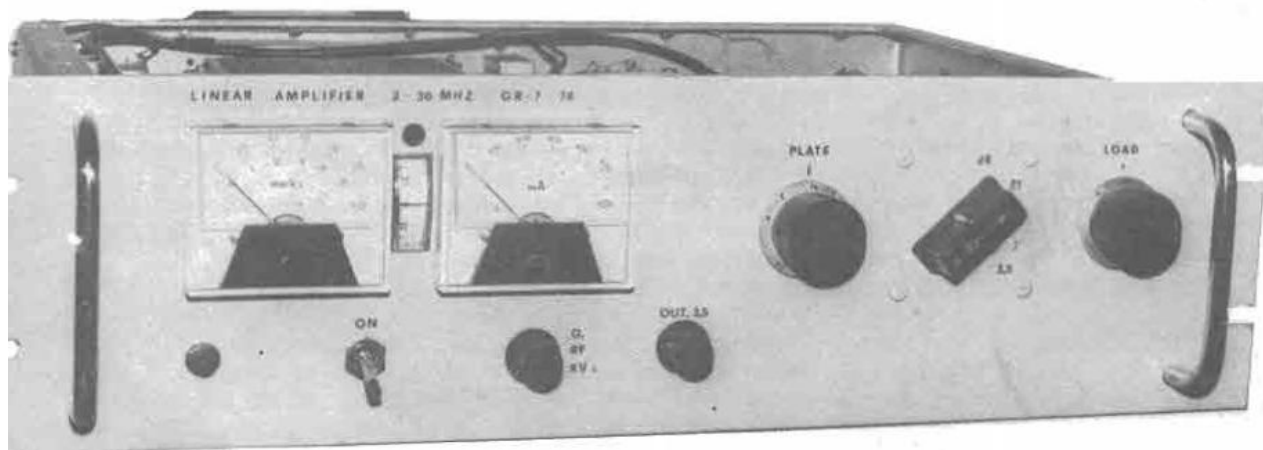
# Amplificatore lineare di potenza

*10FDH, Riccardo Gionetti*

L'amplificatore lineare di potenza rappresenta una delle méte che prima o poi si conseguono nella fase di organizzazione della propria stazione di OM, e inoltre, trattandosi di un apparato di non difficile realizzazione, generalmente invita all'autocostruzione con l'immediato vantaggio di mantenere basso il rapporto Lire/Watt rispetto agli apparati commerciali.

## CARATTERISTICHE TECNICHE

- potenza di eccitazione ~ 50 W
- potenza di uscita ~ 550 W, > 400 W sui 28 MHz
- alimentazione + 3.000 V<sub>cc</sub>, 350 mA; 10 V<sub>cc</sub>, 10 A
- tubi impiegati 2 × 813



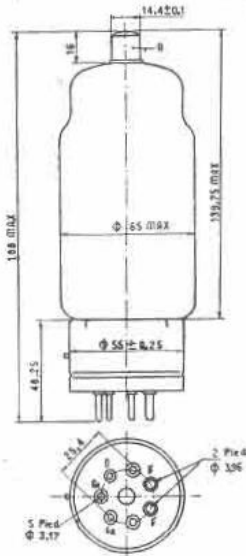
La parte essenziale di un amplificatore lineare è rappresentata senza dubbio dai tubi trasmettenti che condizionano l'intera costruzione; dalle dimensioni fisiche al sistema di ventilazione.

La scelta di un tubo trasmettente è determinata principalmente dal costo e dal livello di intermodulazione (IMD) introdotto: per esempio i tubi per i circuiti di deflessione TV hanno un basso costo ma comportano un livello di IMD abbastanza notevole.

I migliori tubi in tal senso sono i triodi con griglia a massa per esempio la 3-400Z alimentata con 2000 V di placca, funzionamento in classe AB<sub>1</sub>, fornisce una potenza di uscita di 450 W e con prodotti d'intermodulazione del terzo e quinto ordine inferiori ai -30 dB.

Per l'amplificatore in oggetto la scelta si è indirizzata verso le sperimentatissime e ancor valide 813 che sono tuttora reperibili a prezzi decisamente convenienti rispetto a tubi più moderni e con caratteristiche quasi analoghe.

813  
DIMENSIONI D'INGOMBRO



813  
TITOLO DI POTENZA A PASCIO

DATI CARATTERISTICI

**Elettrici**  
 Catodo: Accensione (c.a. e c.c.): 10 V - 5 A  
 Coefficiente di amplificazione tra  $\phi_1$  e  $\phi_2$ : 8,5  
 Transconduttanza (per  $I_a = 30$  mA): 3750  $\mu A/V$   
 Capacità interelettrodica diretta: 0,25 pF  
 di entrata: 16,3 pF  
 di uscita: 14,0 pF

**Mecanici**  
 Posizione di montaggio: (verticale, zoccolo in alto o in basso ortogonale, con il pino dell'anodo verticale naturale ed aria g  
 Raffreddamento: naturale (circa)  
 Peso netto (circa): 27,5 g

VALORI LIMITI E CONDIZIONI NORMALI D'IMPiego

S. C. C. = Servizio Commerciale Continuo  
 S. C. I. = Servizio Commerciale Intermittente

Amplificatore di potenza e modulatore a B. F. in classe A<sub>1</sub>

	S. C. C.	S. C. I.
Valori limiti (assoluti)		
Massimo tensione anodica	2250	2500
Massimo tensione di griglia schermo ( $\phi_2$ )	900	800
Corrente anodica con segnale massimo (1)	180	225
Potenza d'ingresso sull'anodo con segnale max (1)	360	450
Potenza d'ingresso sulla griglia schermo con segnale massimo (1)	22	22
Massimo dissipazione anodica (1)	100	125

Condizioni normali (per due tubi)

	S. C. C.	S. C. I.
Tensione anodica	2000	2500
Tensione di soppressore ( $\phi_1$ )	0	0
Tensione di griglia schermo	750	750
Tensione di griglia comando ( $\phi_2$ )	-90	-95
Amplitude della tensione di eccitazione di B. F. tra le griglie schermo	230	235
Corrente anodica in assenza di segnale	40	45
Corrente anodica con segnale massimo	315	360
Corrente di griglia schermo in assenza di segnale	1,5	1,5
Corrente di griglia schermo con segnale max	50	55

(1) Valore medio  $I_a$  in un periodo di B. F. di forma sinusoidale

Resistenza di carico elettrotra gli anodi  
 Potenza di eccitazione con segnale max (circa) (2)  
 Potenza d'uscita con segnale max (circa)

$\phi$	17000	18500	17000	0,35	0,35	650	650
W							

Amplificatore di potenza a B. F. in classe B (teleselezione)  
 (Condizioni per una valvola, in assenza di modulazione, per l'uso con una modulazione massima del 100%)

S. C. C.	S. C. I.
2000	2500
400	400
100	125
150	200
15	20
100	125

Valori limiti (assoluti)  
 Massima tensione anodica  
 Massima tensione di griglia schermo  
 Massima corrente anodica  
 Massima potenza d'ingresso sull'anodo  
 Massima potenza d'ingresso sulla griglia schermo  
 Massima dissipazione anodica

S. C. C.	S. C. I.
2000	2500
400	400
100	125
150	200
15	20
100	125

Condizioni normali  
 Tensione anodica  
 Tensione di soppressore ( $\phi_1$ )  
 Tensione di griglia schermo ( $\phi_2$ )  
 Tensione di griglia comando ( $\phi_3$ )  
 Ampiezza della tensione di eccitazione di B. F. su  $\phi_1$   
 Corrente anodica  
 Corrente di griglia schermo  
 Corrente di griglia comando  
 Potenza di eccitazione (4)  
 Potenza d'uscita

S. C. C.	S. C. I.
1500	2250
0	0
400	400
-60	-75
70	80
100	75
4	3
3	3
normalmente trascurabile	normalmente trascurabile
50	50

Amplificatore di potenza a B. F. con modulazione di griglia.  
 (Condizioni per una valvola, in assenza di modulazione, per l'uso con una modulazione massima del 100%)

S. C. C.	S. C. I.
2000	2250
400	400
-200	-200
100	125

(2) Lo stadio d'eccitazione deve essere in grado di fornire alla griglia comando dei tubi in classe A<sub>1</sub> la potenza di eccitazione specificata o basata sulla massima tensione di griglia schermo ( $\phi_2$ )  
 (3) Polarizzazione fissa oppure con resistore catodico e condensatore di fuga  
 (4) Max. migliore di 2 W al picco di B. F. con una modulazione del 100 per cento.

ACCENSIONE

Notizie tecnologiche

L'unico tipo di filamento che si può usare nella valvole di grande potenza è quello di tungsteno puro. Esso è il più robusto meccanicamente ed elettricamente e la sua vita dipende soltanto dalla velocità di evaporazione del metallo nel vuoto: perciò, a parità di dimensioni geometriche e delle altre condizioni, la vita del filamento diminuisce all'aumentare della temperatura di lavoro. Peraltro, poiché l'emissione del filamento cresce con la temperatura, è necessario scegliere una condizione di compromesso tra la durata della valvola e l'emissione del filamento. Essa viene direttamente stabilita dal costruttore.

Norme d'uso

Qualora la valvola non debba erogare la massima potenza per cui è costruita, si può ridurre l'accensione del filamento, e quindi l'emissione, a tutto vantaggio della durata. Tale riduzione non deve essere eccessiva perché una emissione insufficiente provoca instabilità di funzionamento ed aumento la caduta interna, provocando una dissipazione anodica superiore alla massima tollerata dalla valvola.

Se al contrario è necessario richiedere alla valvola, anche per breve tempo, una potenza maggiore di quella che essa può erogare con emissione normale, si può aumentare l'emissione aumentando l'accensione. In tal modo però si diminuisce la durata del filamento. A questo proposito si tengano sempre presenti le caratteristiche di emissione dei filamenti dei singoli tipi di valvole.

Lavorando, per esempio, con una tensione di filamento superiore del 5% al valore nominale, la durata del filamento viene ad essere diminuita di circa il 50%. Si deve quindi controllare periodicamente la tensione di filamento con un voltmetro di buona precisione.

Tipi d'accensione

I filamenti possono essere accesi con corrente continua o con corrente alternata. La corrente continua si usa in tutti quei casi in cui si deve evitare ogni causa di ronzio. In questo caso le polarità del filamento devono essere invertite ogni 200 ore di funzionamento.

## DESCRIZIONE TECNICA

Sebbene le 813 siano nate per funzionare con pilotaggio di griglia, tuttavia si prestano egregiamente per configurazioni circuitali in cui le griglie sono collegate a massa e con il pilotaggio sul catodo. In queste condizioni il tubo opera come un triodo ad alto  $\mu$  con un rendimento, in classe B, di circa il 65%. Inoltre con questa configurazione si ha il notevole vantaggio di eliminare la tensione stabilizzata di griglia schermo ( $700 V_{cc}$ ).

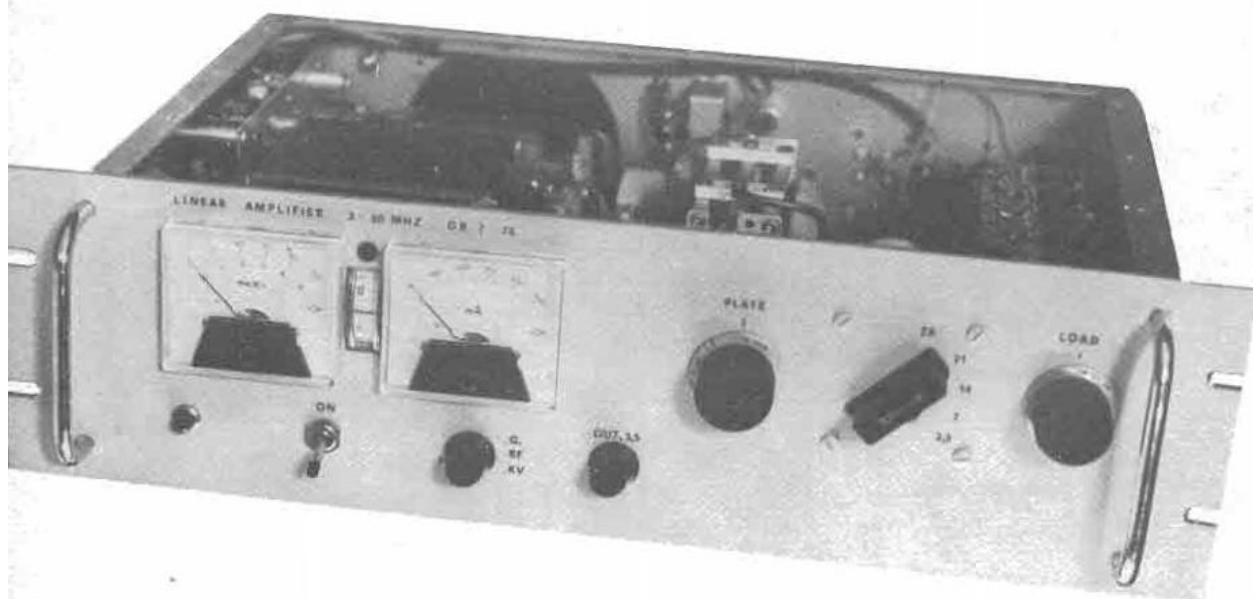
Lo schema dell'amplificatore è riportato in figura 1 e rispetto agli schemi convenzionali non presenta innovazioni di rilievo, l'unica differenza è rappresentata dal circuito di ingresso che è stato semplificato con la totale eliminazione del circuito pi-greco.

Il circuito pi-greco posto all'ingresso di un amplificatore con griglia massa ha il duplice scopo di: ridurre i prodotti di intermodulazione e provvedere all'adattamento di impedenza tra l'eccitatore e il catodo dei tubi, se il pi-greco viene eliminato si scade leggermente nelle prestazioni, cioè a parità di potenza di uscita il pilotaggio deve aumentare di circa il  $10 \div 20\%$  mentre i prodotti di intermodulazione aumentano di circa 5 dB.

Comunque è stata scelta quest'ultima soluzione allo scopo di semplificare meccanicamente il commutatore di banda.

I tubi in trasmissione lavorano con una polarizzazione di griglia di circa  $-2 V$  determinati dai diodi  $D_1 \div D_3$  e con una corrente di riposo di circa 50 mA, mentre in ricezione vengono interdetti diminuendo il negativo da  $-2 V$  a circa  $-80 V$ .

L'accensione ai filamenti proviene da un'impedenza bifilare il cui scopo è quello di offrire, per la RF, una sufficiente impedenza per elevare il catodo sopra il potenziale di terra.



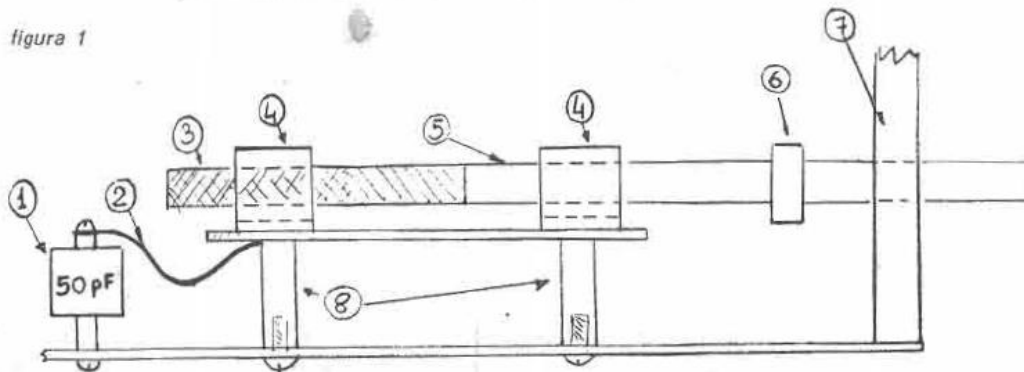
Una nota importante riguarda la tensione di accensione dei filamenti che non deve deviare, dal valore nominale, di oltre il  $\pm 5\%$  per cui la tensione, in fase di messa a punto, dovrà essere misurata sui piedini dei tubi in quanto l'impedenza bifilare provoca una certa caduta di tensione.

Lo scopo dei condensatori  $C_a$ ,  $C_b$  è di assicurare la simmetria del pilotaggio su entrambi i rami dei filamenti, il loro valore non è critico e può essere compreso tra 0,01 e 0,04  $\mu F$ ; l'importante che siano condensatori per trasmissione.

Il circuito pi-greco di uscita è stato realizzato utilizzando due condensatori variabili ambedue di provenienza surplus, il condensatore di placca ha una capacità max di 130 pF mentre quello di uscita ha ben cinque sezioni di cui quattro utilizzate per le bande  $40 \div 10 m$  e cinque per gli 80 m.

Poiché il variabile di placca ha una capacità insufficiente per accordare il pi-greco, sugli 80 m è richiesto un condensatore aggiuntivo di 50 pF da inserire tramite lo speciale commutatore disegnato in figura 1.

figura 1

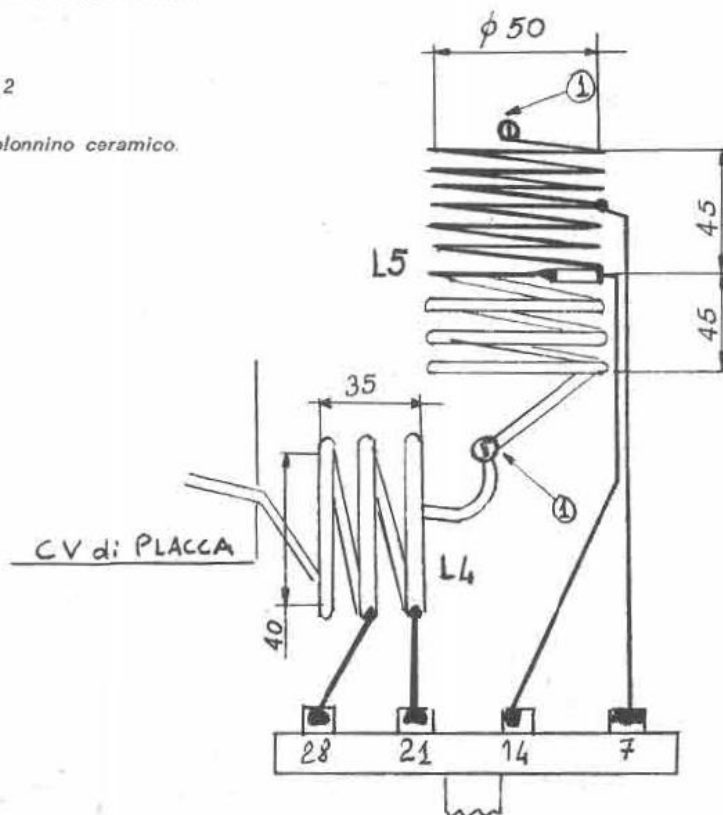


- 1 - 50 pF, 3 kV, tipo Centralab 850 S.
- 2 - Nastro di rame di collegamento.
- 3 - Tubo di rame argentato  $\varnothing$  6 mm esterno,  $\varnothing$  4 mm interno, lunghezza 25 mm.
- 4 - Molle elastiche (GBC GA - 4150).
- 5 - Asse di plexiglas  $\varnothing$  6 mm, ridotto a 4 mm sull'estremità per permettere l'inserimento del tubo di rame.
- 6 - Boccia di bloccaggio.
- 7 - Pannello frontale.
- 8 - Colonnino ceramico.

La bobina dei 10 e 15 m è stata attestata direttamente sul commutatore ceramico mentre la bobina dei 20, 40, 80 è sostenuta tramite due colonnini anch'essi ceramici (figura 2).

figura 2

- 1 - Colonnino ceramico.







Sono stati previsti tre strumenti di controllo che svolgono le seguenti funzioni:

- 1 - controllo corrente anodica (f.s. pari a 0,5 A)
- 2 - controllo corrente di griglia (f.s. pari a 0,1 A)
- 3 - controllo tensione anodica (f.s. pari a 5 kV)
- 4 - controllo RF di uscita
- 5 - controllo tensione filamenti.

Le funzioni 2, 3, 4 sono svolte da un unico strumento tramite opportune commutazioni.

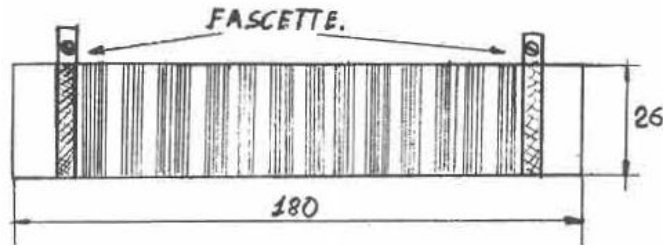
Componenti dello schema di figura 3

$T_1$	trasformatore da 1 kW con secondario a 2.100 V
$T_2$	trasformatore da 5 W con secondario a 36 V
$T_3$	trasformatore da 150 W con secondario (5+5) V 10 A; 30 V, 0,1 A
LP1-LP2	lampada al neon
$M_1$	microamperometro da 100 $\mu$ A
$M_2$	microamperometro da 200 $\mu$ A; la resistenza addizionale $R_M$ va regolata per una deflessione pari a 3/4 del f.s.
T	termistore, tipo accensione filamenti valvole TV
K	relé da 24 V, 1 A
$K_1$	relé da 24 V, ceramico
$K_2, K_3$	relé da 48 V, 10 A
$D_1, D_2$	diodi al silicio 0,5 A
$L_1$	150 spire, $\varnothing$ 0,3 mm avvolte su supporto ceramico (figura 4)
$L_2$	60 spire $\varnothing$ 0,3 mm avvolte su una resistenza da 15 k $\Omega$ , 3 W
$L_3$	50 spire $\varnothing$ 0,3 mm avvolte su una resistenza da 3,3 k $\Omega$ , 2 W
$L_4$	5,5 spire di tubetto di rame $\varnothing$ 4 mm, lunghezza avvolgimento 35 mm, $\varnothing$ interno 40 mm
$L_5$	1,5 spire, $\varnothing$ 3 mm + 15 spire $\varnothing$ 2 mm; lunghezza avvolgimento 90 mm, $\varnothing$ interno 50 mm
$L_6$	25 spire avvolte in bifilare $\varnothing$ 2 mm su supporto di PVC $\varnothing$ 16 mm con un nucleo di ferrite nel suo interno della stessa lunghezza
RV	serie di resistenze da 1 W per un complessivo di 18 M $\Omega$
$C_1$	(1.000÷2.000) pF, 3 kV, tipo Centralab 850 S
$C_2$	150 $\mu$ F, 50 V
$C_3$	5 $\times$ 450 pF
$C_4$	50 pF, tipo Centralab 850 S

Il terzo strumento ha soltanto lo scopo di controllare la tensione di filamento. Per evitare che all'istante dell'accensione si abbia un forte transitorio di corrente nei filamenti, che ne potrebbe ridurre la vita media, è stato introdotto un termistore sul primario del trasformatore dei filamenti che viene escluso dopo circa 30 sec su comando del transistor  $Q_1$  che fa commutare K.

L'impedenza di placca è stato l'unico componente che ha comportato qualche difficoltà in quanto presentava una forte risonanza su 21 MHz per cui si è dovuto ricorrere alla distribuzione dell'avvolgimento come raffigurato in figura 4; se vengono adottate altre soluzioni si ricordi che l'induttanza dovrà essere non meno di 120  $\mu$ H.

figura 4

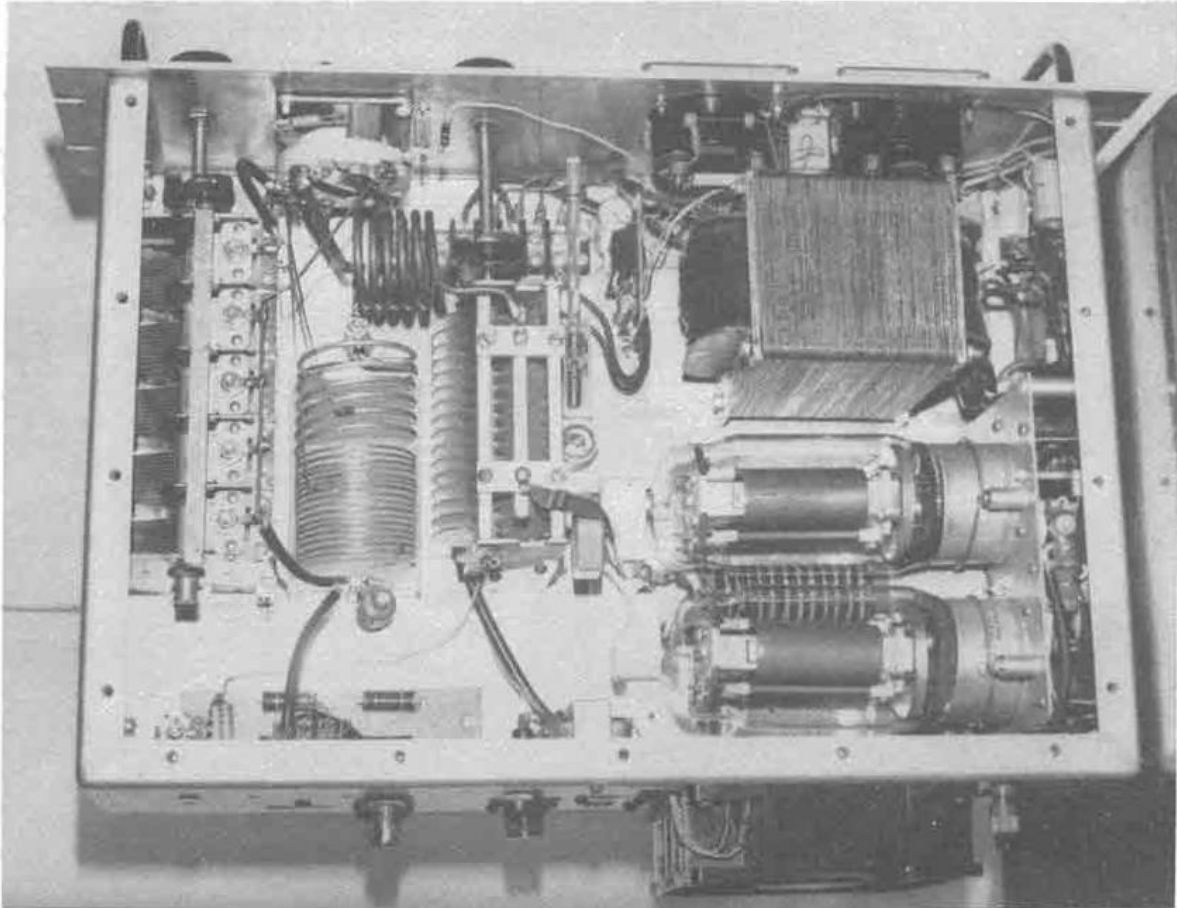


Nonostante che la Casa costruttrice indichi che la 813 non necessita di raffreddamento ad aria forzata, tuttavia è stato inserito un piccolo ventilatore che impedisce il surriscaldamento del lineare, tutto a beneficio della vita media dei componenti.



L'alimentatore, per ragioni di praticità, essendo il trasformatore molto grosso, è stato costruito in un contenitore a parte. Lo schema è classico, raddrizzatore a ponte con un condensatore di filtro, con l'aggiunta di un piccolo circuito di temporizzazione che un secondo dopo l'accensione esclude la resistenza di  $47 \Omega$  in serie al primario al fine di evitare notevoli transitori di corrente nei condensatori di filtro che all'atto dell'accensione sono scarichi.

I relé dovranno essere del tipo industriale con contatti di almeno 10 A. L'interruttore dell'alimentatore è del tipo doppio in quanto deve impedire di passare in trasmissione se l'alimentatore non è acceso. Il cavo di collegamento dell'alta tensione dovrà essere di isolamento adeguato, nel caso specifico è stato utilizzato il cavo della EAT dei TV.



### COSTRUZIONE MECCANICA

Come già accennato precedentemente, il lineare è stato costruito in due contenitori separati, tale soluzione non ha comportato nessuno svantaggio in quanto in normali condizioni di servizio il lineare è alloggiato in un rack, inoltre si ha l'ulteriore vantaggio che l'alimentatore può essere destinato a un altro lineare (per esempio VHF) quando quello per le decametriche è inattivo.

Poiché le 813 hanno un'altezza che è di circa 188 mm, si è ritenuto più opportuno adottare la soluzione del montaggio orizzontale allo scopo di ridurre le dimensioni del contenitore, avendo naturalmente l'accortezza di montare i tubi in maniera tale che le griglie siano verticali. Per l'alimentatore le dimensioni del telaio sono legate al trasformatore di alimentazione che nel mio caso è sovradimensionato essendo di una potenza superiore al kilowatt.

Quindi i contenitori, con pannello frontale da 19 pollici, sono rispettivamente da tre unità modulari (132 mm) per la sezione trasmittente e cinque unità (221 mm) per la sezione di alimentazione.

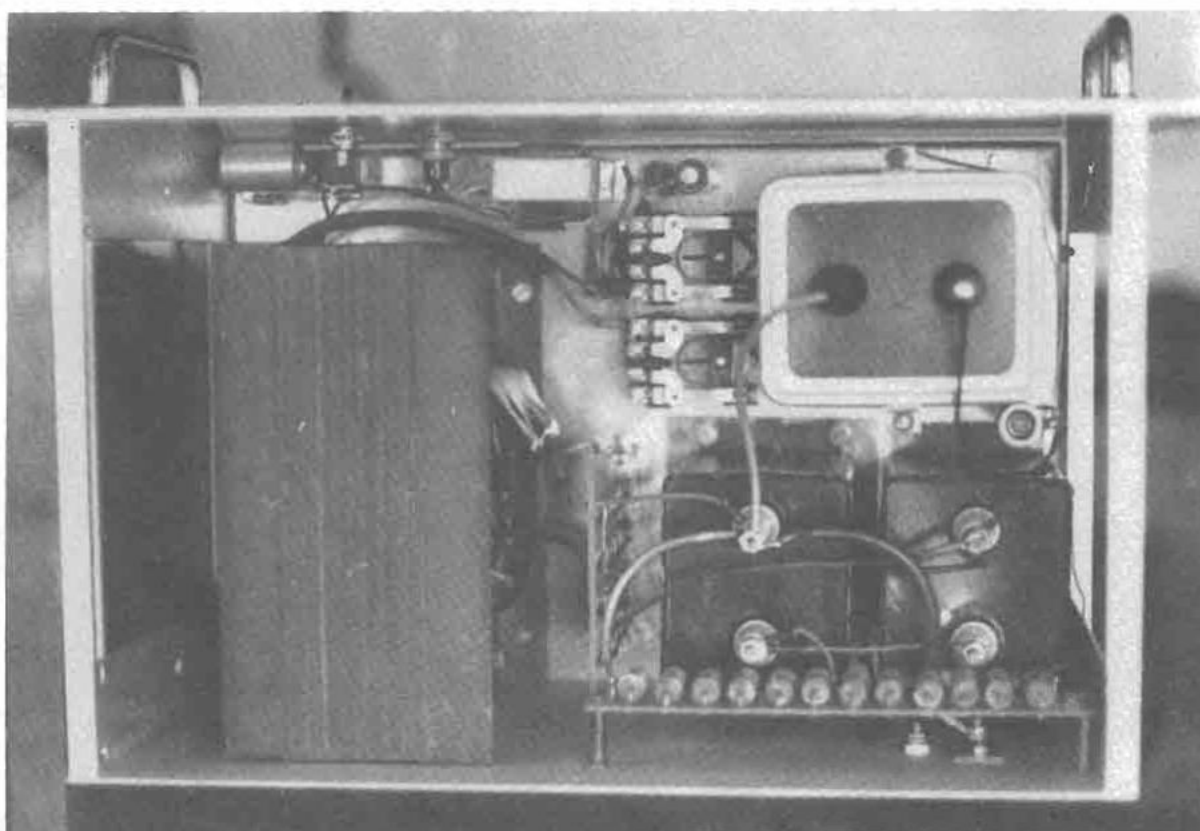


Nella sezione trasmittente è stato inserito il trasformatore dei filamenti in quanto, dato il forte assorbimento di corrente (10 A), sarebbe stato poco opportuno inserirlo nella sezione di alimentazione. Sullo stesso trasformatore è stato avvolto un ulteriore avvolgimento (circa 60 spire  $\varnothing$  0,3 mm) che ha lo scopo di fornire la tensione di polarizzazione dei tubi. Per quanto riguarda il montaggio degli zoccoli dei tubi si dovrà prendere l'accortezza di inserire tra il telaio e la ceramica, in corrispondenza dei fori, delle rondelle di cartone per evitare che stringendo le viti di fissaggio la ceramica si spacchi.

I condensatori di filtro nell'alimentatore non sono del tipo elettrolitico bensì a carta, comunque non ci sono problemi utilizzando condensatori elettrolitici purché siano opportunamente disposti in serie per raggiungere i 3.000 V.

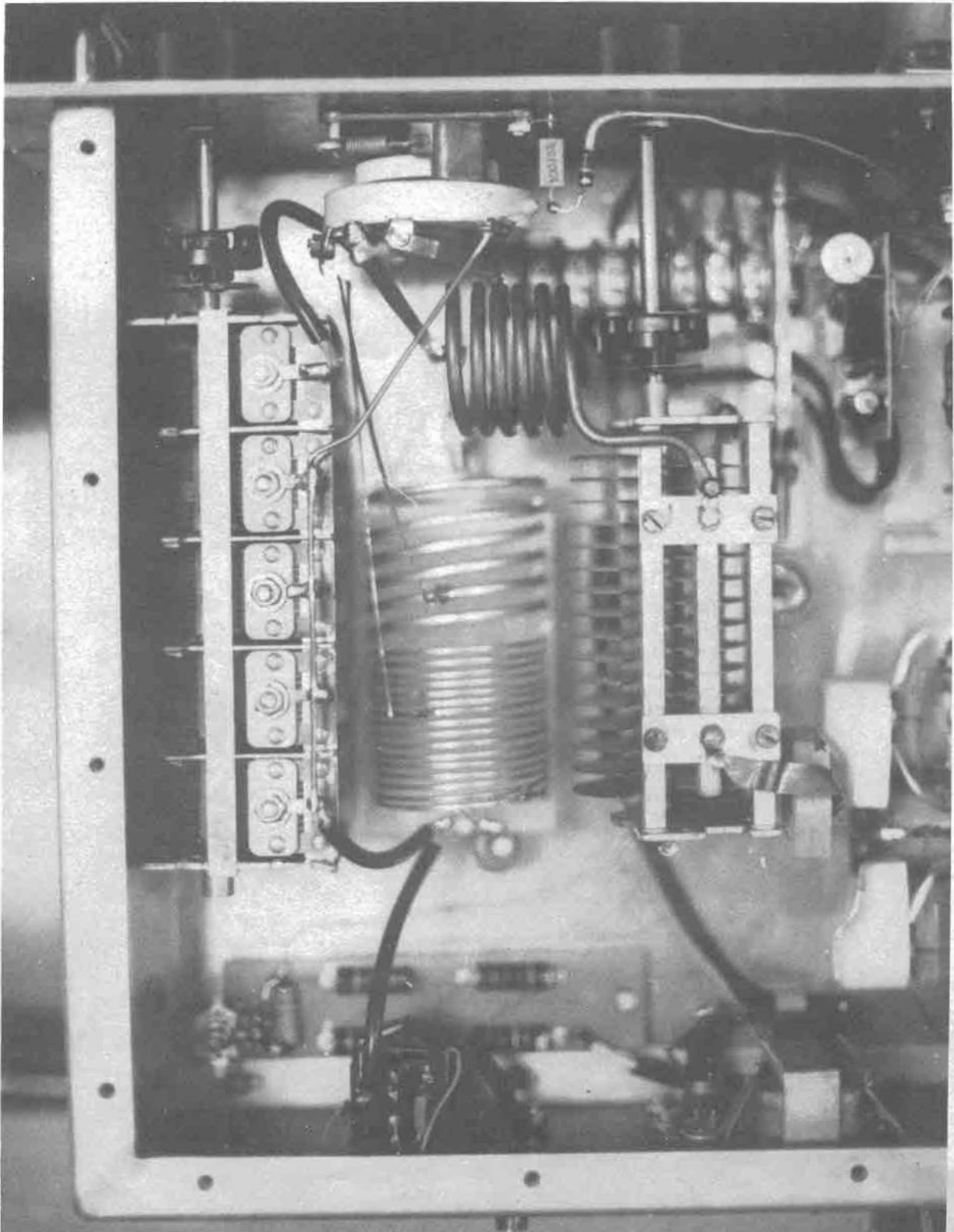
Il ponte è stato realizzato su di una basetta di plexiglass di dimensioni idonee a contenere i 32 diodi, otto per ogni ramo.

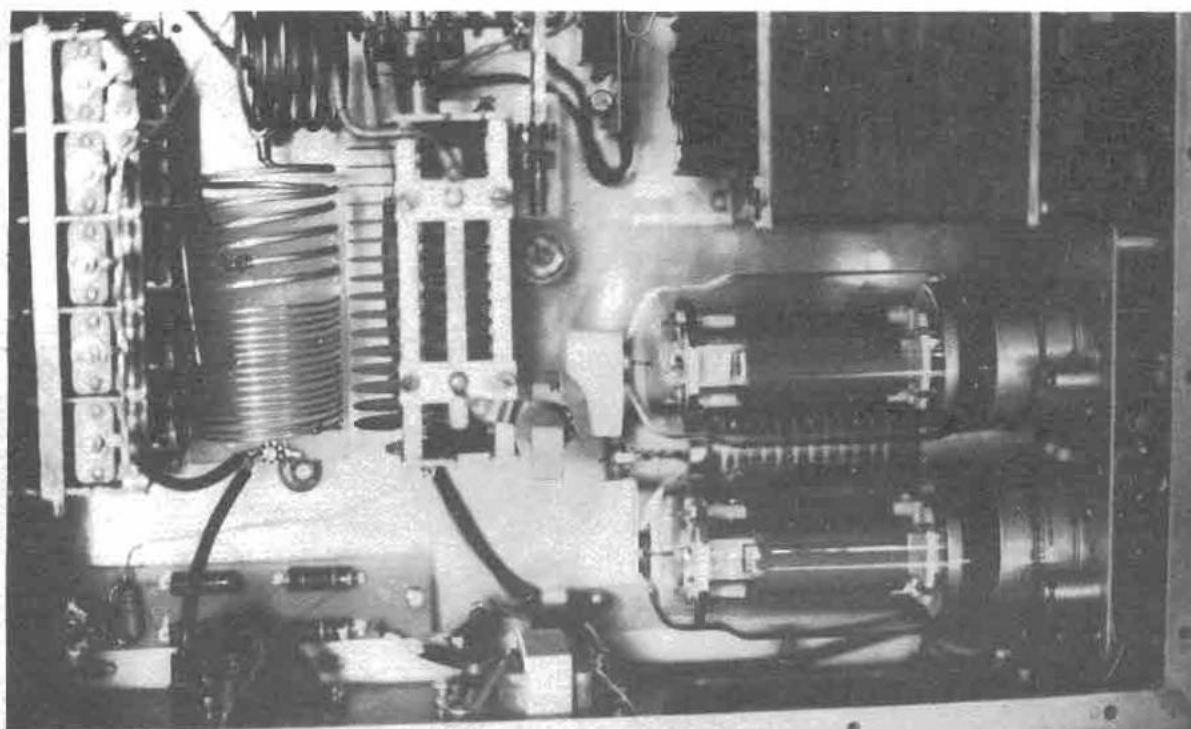
La ventola è stata montata in modo tale da inviare l'aria fredda sulle valvole, tale soluzione è risultata buona in quanto la temperatura internamente al telaio non sale di molto anche dopo diverse ore di funzionamento, è chiaro che il pannello di copertura del telaio dovrà avere un'opportuna foratura per la fuoriuscita dell'aria calda.



Il commutatore per l'inserzione del condensatore di 50 pF in parallelo al variabile di placca è stato realizzato come in figura 1. Tale commutatore, proposto da IOZV, è probabilmente la migliore soluzione per quanto riguarda l'efficienza e la sicurezza di funzionamento.

La resistenza RC in parallelo ai condensatori di filtro è stata realizzata con una serie di dodici resistenze da 47 k $\Omega$ , 5 W montate su di una basetta di vetronite a sua volta fissata sul telaio dell'alimentatore. Particolare cura deve essere rivolta al cablaggio dell'alimentatore che dovrà essere realizzato con cavo ad alto isolamento per l'elevata tensione in gioco, inoltre ogni punto di giunzione dovrà essere ricoperto con tubetto termorestringente.





### PROVE DI FUNZIONAMENTO

Dopo aver ricontrollato il cablaggio si può senz'altro passare all'accensione del lineare per la prima verifica; cioè il funzionamento del circuito di ritardo per l'accensione dei filamenti, il ritardo non dovrà superare i 30 sec per non danneggiare il termistore. Dopo questo primo controllo si può passare all'accensione dell'alimentatore che dovrà fornire a vuoto circa 3.000 V, per questa misura è consigliabile costruire una apposita sonda per alta tensione. Se non si verificano crepitii o scariche si può passare in trasmissione per verificare che in assenza di modulazione la corrente a riposo sia circa 50 mA; qualora non dovesse esserci la corrente indicata, si dovrà ritoccare la polarizzazione di griglia. A questo punto si dovrà verificare se il lineare funziona correttamente sotto modulazione, per effettuare tale prova è bene usare un carico fittizio di 50  $\Omega$  di adeguata potenza (ad esempio CANTENNA). Applicando l'eccitazione in modo graduale si dovrà far salire la corrente anodica sino a un max di 150 mA, quindi fare il dip accordando il variabile di placca e quello di antenna per la massima potenza di uscita. Se tutto procede bene si potrà aumentare l'eccitazione tenendo d'occhio la corrente di griglia che non dovrà in nessun caso oltrepassare i 50 mA per evitare danni irrimediabili ai tubi; la corrente anodica alla max potenza di uscita sarà circa 350 mA.

Questa prova dovrà essere ripetuta per ogni banda.

La tabella indica le posizioni, per ogni banda, del variabile di placca e di uscita.

<i>frequenza (MHz)</i>	<i>capacità di placca</i>	<i>capacità di uscita</i>
3,7	70 % + <i>capacità aggiuntiva</i>	85 %
7,1	40 %	80 %
14,2	20 %	60 %
21,3	10 %	50 %
28,5	5 %	40 %

Attenzione: le 813 non sono valvole in grado di lavorare con le placche arrossate, tale condizione ne provocherebbe il rapido esaurimento. \*\*\*\*\*