



ロシア球GU-74B(4CX800A)を使った
1. 8~50MHz マルチバンド・パワーアンプの試作



望月辰巳 JH2CLV/1
川崎市多摩区東生田1-17-4
酒井ビル202
e-mail: jh2clv@jarl.com

1. はじめに

ロシア製セラミック4極管 GU-74B(表1 参考)で、50MHz アンプ(グリッド接地・カソードドライブ)を試作したところ、予想を上回るデータを得る事が出来ました(平成13年5月号HRJ)。その経験を基に、1.8~50MHz に対応するマルチバンドアンプにトライしましたので紹介します。真空管は同じ GU-74B ですが、今回は、カソード接地・グリッドドライブ方式を採用しました。

マルチバンド化はモノバンド機にはない工夫が必要となります。その中心は何と言ってもバンド切り替え機構でしょう。今回は50MHz を含みますので、幾つかの工夫を凝らしてあります。また製作中は、HF のモノバンドアンプでは予想出来ない珍現象に、自然に遭遇する事になります。初めて経験する高周波回路の振る舞いや、図面では表現し難いノウハウの発見が幾つもあり、その過程は一喜一憂の連続です。しかし、完成した自作アンプによる変更申請や検査そして運用、また同じ志を持つHAMとのオンエアや有線ネットでの情報交換等々、楽しみは思いがけない方向に発展して行きます。

表1: GU-74B/4CX800Aの定格

GU-74B/4CX800A	
ヒータ電圧	12.6V
ヒータ電流	3.6A
入力容量	51pF
出力容量	11pF
帰還容量	0.09pF
最高周波数	*150MHz
Hv/Pulse (Max)	2.5/4kV
Esg (Max)	350V
Ecg (Max)	-150V
Is (Max)	0.8A
プレート損失	*800W
Sg 損失	15W
Cg 損失	2W
高さ	90mm
直径	72mm
重量	550g
*250MHz なら 600W	

2. 気になるメーカー製アンプの動向

「HF+50MHz」に挑戦した理由は、メーカー製アンプの50MHz の扱いが気になっていたからです。それで、+50MHz 化でどのような課題があるのか、自分でも試したくなったのです。

従来は「50MHz は別物!」とする考え方が、一般に強かったと思います。しかし、エキサイターの+50MHz 化で、アンプメーカーも50MHz を意識するようになりました。国産アンプは固体化に併せ、50MHz を含むのが当然になり、欧米では50MHz を含んだ真空管式のACOM1000が発表されました。今後この傾向は強まり、50MHz の無いアンプは売れ残る時代が来るのかも知れません。

+50MHz 化は、今はHFアンプしか製造していないメーカーも巻き込むのか、気になるところです。

3. 目標

試作に当たって以下の目標を掲げました。

(1) HF+50MHz!

真空管アンプではややタブーとされてきたバンド構成に挑戦する。

(2) 出力は定格プレート損失相当!

飽和出力 800W 以上でバンド間偏差の平準化も目指す。

(3) コンパクトに作る!

リード製LK-1(230×200×310)に全てを収め「信じられない大きさ」にまとめる。

(4) 保守性の向上!

バンドスイッチをはじめ部品交換が容易に行えるようにする。

4. 回路構成

前述のように、カソード接地・グリッドドライブの4極管アンプです。カソードにはノンバイパスの抵抗が挿入され、若干ですがNFBが施されます。

図1に高周波回路、図2に出力π回路、図3に電源・制御回路を示します。以下、回路の特徴的な部分について説明します。

(1) 非同調入力回路

50Ωの無誘導抵抗と球の入力容量(51pF)で入力信号を終端すると、高域では容量性リアクタンスによりSWRの悪化を招きます。この状況は、SWRアナライザをつなぐと容易に再現でき、何らかの補償が必要である事が分かります。

この解決策として、図4のようにπ型LPFの容量部分を、球の入力容量(Cg-k)に置き換える方法があります。LPFの遮断周波数を60MHzに設定し、50MHzまでを低SWRで通過させる訳です。入力側容量=出力側容量(球の入力容量)=51pFで、遮断周波数60MHzのπ型LPFを構成します。SWRアナライザで、50MHzバンドのSWRが低下するようにコイルの値を決め、実装時に出力側容量を球の入力容量に置き換えます。なお、入力側容量を置き換えても同じ効果が期待出来ます。

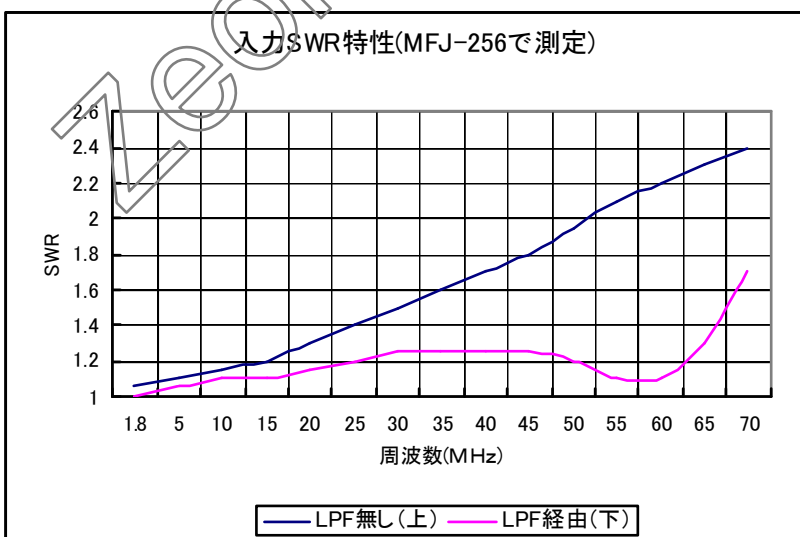
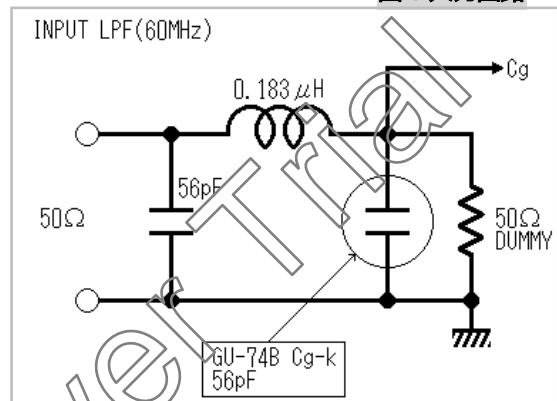
LPFの有無によるSWR特性をグラフ1に示します。MFJ-256を使用し、同軸ケーブル長50cmで測定したものです。LPF無しの場合は、周波数の上昇に伴い徐々にSWRが上り、50MHzバンドでついにSWR=2に達し、その後も上昇を続けます。LPFを入れると、多少の暴れはあるものの、50MHzバンドまでほぼSWR=1.3以下に収まります。一般にエキサイターの特性は純抵抗負荷で測定されたものですから、低SWRの確保はエキサイターのスペックを保証する意味があります。この方式により、広帯域な非同調入力回路が実現出来ます。

なお、この回路には共振の概念がありません。非同調については賛否両論あると思いますが、ここでは、この方式によって得られる以下のメリットを優先しました。

- ① バンド切り替え機構不要
- ② 省スペース
- ③ エキサイターの安定動作
- ④ 50MHzでのLPF効果
- ⑤ 作り易さ

なお、LPFの定数は、SVCFilt(PCソフト)で求めました。ストレー容量を考慮し、容量は56pFとしています。

図4:入力回路



グラフ1:入力SWR特性

(2) 出力タンク回路とバンド切り替え

出力タンク回路はオードソックスな π 型です。50MHzでの残留ストレー容量を減らすために、比較的小容量のプレートVCを使っています。ローバンドでの不足分は、補助コンデンサをバンドスイッチのショートバーで追加して行く方式を採用しました。ロードVC側も同じ方式です。また、タンクコイルのタップ切り替えも、出力側からショートバーで短絡する方式です。ショートバー方式でなくても組めますが、タップとスイッチで構成するルーピングダクタンスがハイバンドで悪戯をする場合がありますので、こまめに短絡するこの方式が無難でしょう。バンド数は、WARCと50MHzを

表 2: π 回路定数

接点	BAND	C1 (pF)	C2 (pF)	L (μ H)	Qo
1	1.8	363	1961	21.3	12.0
2	3.5	184	994	10.8	12.0
3	7	96	520	5.6	12.0
4	14(10)	49	262	2.85	12.0
5	21(18)	35	198	1.78	13.0
6	28(24)	35	222	0.98	17.9
7	50	25	文参考	文参考	文参考
Plate Imp=2.5K Ω , Load Imp=50 Ω					

表 3: コイルデータ

L1	1.6mm EC/5mm Φ 5T
L2	8mm 銅 π イヤ材 π /25mm Φ 3T
L3	4mm 銅 π イ π /25mm Φ 5T
L4	2mm スズ ヌキ線/40mm Φ 24T
L5	2mm SQ シコング ラ線 14T/カーボ コルコア T-130(#2)x3スタック
RFC2	0.5mm EC/25mm Φ タイト ピン 115T カット5イ

含めると 10 になりますが、実装では 7 に分割しています。50MHz では、バンド切り替え機構や HF 回路によるストレー容量が影響し、電気的にはかなりハイ C&ロー L な回路になります。したがって、バンド間でプレート負荷抵抗や負荷 Q が揃いませんが、ここでは「泣く」事にしました。また WARC バンドについても、コイルは直近上位のバンドをそのまま使用しますので同じ事が言えます。

バンドスイッチの接点とバンドの割付け、及び π 型タンク回路の定数を表 2 に、コイルデータを表 3 に示します。50MHz を除くタンク回路定数は、ARRL HANDBOOK に掲載されているデータ (W5FD 作 PI-CMNI.EXE で算出) からの引用です。50MHz はプレート側容量を 25pF 程度に見込み、これに合わせるように L と C2 をカット&トライで決めています。

(3) 電源回路

電源は、高圧・スクリーン・グリッドバイアス・リレー・ヒーターに大別されます。

①高圧(Hv)電源

HIGH/LOW の切り替え式で、AC1000/1200V(1A)を両波倍電圧整流し、2100/2500V(負荷時)を得ます。平滑コンデンサは、ケミコン 560 μ /450V を 8 個直列にし、約 70 μ /3.6KV を構成します。ブリーダ抵抗は各セクション 50K Ω とやや高めです。トランスの鉄心容量は 1.2kVA、一次側は 100V の複巻きで 200V 受電にも対応します。

②スクリーン(Esg)電源

250V をブリッジ整流し、ツェナーダイオードとパワーTr による 300V のシリーズレギュレータで安定化します。トランスは 100V:250V/10VA の物を 2 個並列接続しました。

③グリッドバイアス電源

115V:100V/5VA のトランス出力をブリッジ整流し、66V/1W のツェナーダイオードで安定化します。

④リレー(DC)・ヒーター(H)電源

高圧電源と同じトランスから AC12.6V を別個に取り出します。前者はブリッジ整流後 3 端子レギュレータを通し 12V1A を得、後者は AC12.6V/5A をそのまま使用します。

⑤その他

スクリーン・グリッドバイアス・リレー電源の整流・安定化回路及びカソード回路は、同じ基板に集中させ省スペース化を図っています。

(4) 制御回路

① スタンバイ回路

球のカットオフは、スクリーングリッドを制御します。受信時はリレーにより、スクリーングリッドを抵抗 R11 経由で接地します。送信時は 300V 電源に接続されます。

RF リレーは背面に取り付けた 2 回路 2 接点の同軸リレーです。送信時に内部から DC12V の制御電源を供給します。

両リレーは、外部接点により同時制御されます。

② オンディレイ回路

電源投入後カソードが暖まるまで、高圧電源の投入を遅延する回路です。AC タイマーリレーが 2 分 30 秒後(可変)に高圧トランスと整流器をつなぐ動作をします。

他の電源は電源投入時に立ち上がりますので、この間は絶対に送信できないように、タイマーリレーとスタンバイ回路で AND 回路を組んであります。

③ オフディレイ回路

電源スイッチオフ後も球の冷却を行うための回路です。温度スイッチを 2 次ファンのフレームに取り付け、温度が 40°C に下がるまで AC ファンを回し続けます。

なお電源スイッチオフ時は、Hv・H・Esg・Ecg・DC の各電源は一斉に落ちます。

④ その他

上記制御回路は、複雑な電子回路に頼らない単純なリレー回路で構成しております。

(5) メーター回路

① Ip メーター

Ip 専用で 1A フルスケールです。

② マルチメーター

1 個の電流計をスイッチで切り替え、多目的に使います。用途と各フルスケール値、それに倍率・分流器の抵抗値を表 4 に示します。倍率・分流器は、500 μ A フルスケールで内部抵抗 100 Ω の電流計を基に算出しました。抵抗器は誤差 1% 級を使いたいところです。また、Po メーター用は 50MHz まで f 特の良好なものを使用します。

表 4:メーターレンジ

Ip メーター		マルチメーター (500 μ A/100 Ω)		
Ip	1A	Hv (高圧)	5Kv	倍率器: 10M Ω
		Icg (Cg 電流)	1mA	分流器: 100 Ω
		Esg (Sg 電圧)	500V	倍率器: 1M Ω
		Isg (Sg 電流)	50mA	分流器: 1 Ω
		Po (出力)	1KW	VR2 調整 (ノコギリ)

電流計の挿入箇所は、電源のホット側ではメーターに高圧がかかりますので、安全のためリターン側に入れました。Sg 回路には、100K Ω のブリーダー抵抗を入れてあるため、送信時の Isg は 3mA 多く振れます。よって、表示値が 3mA を切ったら Isg は逆流している事になります。電源に余裕があれば 10mA 流し、読みやすくした方が良いでしょう。

5. 機構関係の概要

図 5 にファイナルボックスイメージ、図 6 にシャシレイアウト、図 7 にパネルレイアウトを示します。写真も参考にしてください。

(1) ケース (写真 1)

リードの LK-1 に全てを組み込みます。LK-1 のサブシャシは、前後に短く隙間があって使い難いため、別途製作して敷き直します。

(2) シャシレイアウト (写真 2・3)

出力タンク回路の容積が、バンド切り替え機構と相まってどうしても膨らみます。ここでは、高圧平滑コンデンサに低背型を使用する事で、その膨らみを吸収しています。Sg・Cg 電源のトランスは、高圧平滑ブロックの下に配置してあります。同軸リレーはリアパネルに出し、シャシ内のスペースを稼いでいます。

(3) ファイナルボックスレイアウト (写真 4)

GU-74B を乗せた真空管ブロックと、VC・タンクコイル・バンドスイッチを含むπネットワークブロックが、取り外し可能な形で実装されます。上蓋と側板の取り外しにより、ボックス内のメンテナンスが容易に行える構造にしています。

(4) フロントパネルレイアウト (写真 5)

フロントパネルは装置の顔です。ノブ類は自然に操作できる位置関係にしました。中央にバンドスイッチを配し、左にメーター関係、右に出力同調関係、下にスイッチ群を均等な重みを持たせ配置しました。VC は 6:1 のボールドライブを使い減速し、指針とレタリングシートを取り付け、チューニングを取り易くしています。フロントパネルは化粧パネルを含む 2 枚構成で、仕切り板を固定する皿ビスは化粧パネルの裏に隠れます。

(5) リアパネルレイアウト (写真 6)

リアパネルもまたひとつの顔です。高周波、制御、電源、空冷、GND のポートになるためです。同軸リレー・入出力コネクタ・2 次ファンは背面上部に、その他は背面底部に取り付け、高周波とその他信号が混在しないようにしています。

(6) 冷却 (写真 7)

1 次ファンは球の底からプレートフィンにエアを送ります。2 次ファンはプレートフィンを抜けてきた熱風と、高圧電源の発する熱を筐体外に吸い出します。RF 部と高圧電源の仕切りには、アルミのパンチ板を使用し通風を良くしてあります。

(7) レタリング (写真 8)

PC で作画したものを、半透明の粘着シートにプリントアウトして貼り付けます。サイズが決定するまでは PC 上で何回でも修正可能で、イメージは紙にプリントアウトして確認出来ます。フロント・リアパネルをはじめ、主要部品ナンバーもレタリングしています。爪で擦っても簡単には剥がれません。粘着シートは貼り付けるときに気泡が発生しないように慎重に行います。

6. 部品について

主要部品の特徴と購入先、又は製造元について以下にまとめました。表 7・8 も参考にしてください。

(1) GU-74B/4CX800A (写真 9)

V1 はロシア製のセラミック管です。札幌の FDT LABOR で購入しました。恵比寿の FAL や窪寺氏(後述)からも入手可能です。値段も新品で ¥10~14K からあります。現在入手できる中で最もコストパフォーマンスの高い真空管と言えます。

(2) ソケット (写真 10)

GU-74B 専用の SK-1A です。Sg 専用リングとバイパスコンデンサを内蔵しています。国内では FAL 又は窪寺氏より、海外では米国の RF PARTS で、¥5K 程度から入手可能です。SK-2 や SK-640 でも使えますが、Sg リングが無いので固定強度と Sg バイパスに課題が残ります。

(3) プレートキャップ (写真 11)

P2 はステンレス製のホースクランプを使いました。ホームセンターにあります。

(4) プレート RFC (写真 12)

RFC2 は、25mmΦ × 75mm のステアタイト碍子に巻きます(表 3 参考)。巻き数を加減し、ホールがバンド内に来ないように調整します。コイルの固定は、プレート側はラグ端子、電源側は 3mm 幅 × 0.3mm 厚のリン青銅ベルトによる端子で行います。シャシまでの距離を稼ぐため、取り付けは硬質のゴム座で約 6mm 程度浮かせています。

(5) カップリングコンデンサ (写真 13)

C10 は最終的に 3000pF/5KV の電力用のドアノブ型を実装しました。1.8MHz バンドで容量不足にならないよう注意します。使用した物はフランス製のジャンクですが、相当品が FAL、斎藤電気等で入手出来ます。

(6) 補助コンデンサ (写真 13・14・15)

C14・15 は、スペースの関係で米国製の HH58 を使いました。しかし、細かい値の物は国内では中々入手が難しいため、米 RF PARTS から購入しています。

C16・17・18 は、国産の DA-30 を使いました。2KVA の物で斎藤電気にあります。

(7) 出力タンクコイル (写真 16)

タンクコイルは 4 個で構成します。コイルデータの詳細は表 3 を参考にしてください。

L5 は、カーボニールトロイダルコアをスタックにし、シリコン・グラス線を巻きます。空芯だと大きくなり、限られたスペースに実装するのは困難です。コアは斎藤電気、シリコン・グラス線は電熱器屋にあります。

L4 は、2mm 中のスズメッキ線を 40mm 中のタイトボビンに巻きます。ボビンは FL-2100 の物で、コイルはそのままでも使えるでしょう。

L3 は、4mm 中銅パイプを、L2 は 8mm 中銅パイプを巻きます。8mm 中銅パイプの巻き込みは、焼きなましてから行わないと、パイプが折れますので注意します。

(8) プレート VC (写真 17)

VC1 は FL-2100 で使用していた 120pF/2.5KV のタイト製です。容量が大きいと残留容量も多く、50MHz での同調容量を増加させます。小さいと、10/14MHz や 1.8~1.9MHz での同調範囲が苦しくなりますので、兼ね合いが必要です。

(9) ロード VC (写真 17)

VC2 は受信用の 2 連 430pF です。これも FL-2100 で使っていたもので、松下電器製 2DC-430 です。最近この手の VC の価格が高騰しています。国内では新生金属工業に在庫が有るようです。海外では米 RF PARTS で購入出来ます。

(10) バンドスイッチ (写真 18)

SW2 は 6 回路 7 接点のショートバー型です。コイルとロード側補助コンデンサの切り替えに 4 回路を、プレート側補助コンデンサの切り替えに 2 回路を並列接続しています。

東京都世田谷区の窪寺氏から購入。氏はボランティアで、4CX800A をはじめとするアンプパーツの斡旋や開発を行っています。

(11) 高圧フィードスルーコンデンサ・高圧バイパスコンデンサ

FT7 は、680pF/6KV で、米 RF PARTS から購入しました。

C8・9 は、0.001 μ F/6KV のムラタ製で、秋葉原なら何処にでもあります。取り付けるときは高圧面がシャシ面に向かないよう注意します。

(12) 入出力コネクタ

J1・3 は、N 型レセプタクルで、裏側はケーブルが直に接続されるタイプです。同軸形態を崩しませんので SWR の連続性が保たれ高周波の漏れが抑えられます。ノーブル製です。

(13) リレー (写真 6・30)

同軸リレー Coax Ry は、東洋通商の CX-800N (DC12V) で、斎藤電気にあります。50MHz での入出力アイソレーションと漏洩を考慮しました。

タイマーリレー Ry1 は、オムロンの H3Y-2 (最大 5 分/AC100V) です。高圧巻き線を直接切り替えますので、周辺の絶縁に注意します。

スタンバイリレー Ry2 は、オムロンの LY2 (DC12V) です。切り替え時間が同軸リレーと同じものがベストです。

(14) 電源トランス (写真 19)

T1 は伊勢市の西崎電気製作所に特注しました。送金が確認出来ると作業にかかり 3 日程で届きます。値段は ¥20K 程度でしょう。鉄心容量 1.2KVA で、巻き線は 1 次: 100V \times 2、2 次: 1000/1200V (1A)、12.6V (5A)、12.6V (1A) です。

T2はSg電源用です。ノグチの100V:250V(10VA)を2個並列運転します。秋葉原ラジオデパートのノグチトランスで購入しました。

T3はCg電源用です。ジャンクの100V:115V(5VA)を入出力逆さで使用しました。

(15) 高圧整流器・高圧ケミコン・ブリーダー抵抗(写真 20)

D3~12は、1KV/2Aのシリコンダイオード(UF2010)です。これを5個直列にし、熱収縮のシリコンゴムチューブを被せたものを2組製作します。UF2010は秋葉原秋月電子から購入しました。

高圧ケミコンC19~26は、560 μ /450Vのニチコン製で、入手先は新生金属工業です。ブリーダー抵抗R12~19は、50K Ω /10Wのセメント抵抗です。

以上をプリント基板により配線します。底部にベーク板を敷き、上部にプリント基板を配し、最上部をアクリル板で覆い、板間は絶縁スペーサーで固定します。

(16) メータースイッチ

SW1は、2回路5接点のロータリースイッチです。切り替え時に隣の接点と接触しないオープン型です。ショート型は危険ですので絶対に使わないようにします。

(17) 電源・オペレート・電圧切り替えスイッチ

SW3~5は、日本開閉器の20Aの物を使用しました。取り付けは角穴に押し込むだけですので簡単です。

(18) VC用減速器

梅沢の6:1ボールドライブです。現在は入手が難しいようですが、入手できない場合はバーニアダイアルの機構部を取り外して使用します。

(19) 配線材料

使用した主な配線材料を表5にまとめました。耐圧が不足と思われる場所には、熱収縮のシリコンゴムチューブ又はスパイラルポリエチレンを併用しております。

表5:配線材料

耐熱電線	協和電線UL耐熱電子ワイヤー	低圧配線
	古河電工耐熱電線ビームックス	高圧配線・ヒーター回路
	シリコンガラス電線	高圧配線・1.8MHzコイル
高圧チューブ	熱収縮シリコンゴムチューブ	高圧配線カバー・高圧ダイオード絶縁チューブ
	スパイラルポリエチレン	高圧配線カバー

(20) 粘着シート

レタリング用です。コクヨのフーズ専用粘着フィルム(透明ツヤ消し)で、文房具屋にあります。熱転写プリンターでのプリントアウトがお奨めです。

7. 板金工作の実際

回路的に優れていても、その土台となる金属加工技術が伴わないと、その能力を十分に発揮出来ません。未永く愛用するためにも、使い易さや見た目の良さも兼ね備える必要もあります。したがって、板金をはじめとする機械工作は、製作初期の重要な通過点と言えます。

肉体作業ですが、先々のイメージが頭の中をよぎり、楽しみを倍化させてくれる時間でもあります。アマチュアは、希望通りの部品が入手出来るとは限りませんので、一つ一つに個性が出てくるのも、また楽しみの一つです。

(1) シャシ・パネルの部品配置(写真 21)

シャシ上に部品を並べ平面レイアウトを決めます。続いて、高さ方向のレイアウトも決め、部品同士が干渉しない事を確認します。これらをmm単位で図面におこします。

同様にパネル面にも部品を並べ、好みのレイアウトを決めます。このとき、操作性や見た目だけにとらわれず、電氣的・高周波的な要素も加味します。

バンドスイッチと VC 群の位置関係や寸法、ローターを抜いた時の容積等を検討し、ノブやスイッチ類の配置を決めます。直流や低周波部品は、大胆なレイアウトも可能ですが、高周波部品のレイアウトは「太く・広く・短く」が基本です。

最後に配置状態を総合的に点検し、突起部品や可動部品の干渉が無い事を確認します。部品を取り付けたら VC が回らなかったとか、ハンダごてが入らないとかにならないようにする訳です。

(2) 罫書き (写真 22)

書き出した図面に従ってシャシとパネルに罫書きを行います。この際、前後パネルには余計な傷を付けないよう注意します。LK-1 では、パネルにビニールシートをかけてありますので、細めのボールペンで罫書くのが良いでしょう。なお直角や 45 度それに平行の精度を上げるためには、スコヤや分度器は必須ツールです。罫書きの精度が板金を決定してしまうからです。

(3) ポンチ打ち

罫書き後はセンターポンチを打ちますが、この精度も重要ですので慎重に罫書き位置に打ちます。

(4) ドリル当て

ポンチを打った位置に正確にドリルを当てます。穴開けはサイズを間違えないように、開ける前にフェルトペンで色分けしたマーキングをしておくといいでしょう。また、大きい穴はセンターがずれやすいので、一度小さ目の穴を開けた後に大きくする方法が無難です。大きさがはっきりしない場合は、リーマーで現物を確認しながら広げます。

(5) 角穴・大丸穴の加工 (写真 23・24・25)

- ① トランス角穴・・・金ノコが入る小穴(3mm 程度)を直線上に開け切り開きます。
- ② 1次ファン穴・・・8角形ですが、トランスの角穴に準じて開けます。
- ③ 2次ファン穴・・・コーナーにパンチで丸穴を開け、金ノコで切り開きます。
- ④ スイッチ角穴・・・小穴を周辺に開け、ニツパで切断し切り開きます。
- ⑤ メーター丸穴・・・小穴を円周上に開け、ニツパで切断し切り開きます。
- ⑥ 球の丸穴・・・シポラツールと電気ドリルで開けます。

小穴による場合は必ず小さめに開け、平ヤスリで徐々に大きくしていきます。

(6) 仕切り板の加工 (写真 26)

シャシ上の仕切り板がクランクしています。この曲げは内側に P カッターで傷を入れた後、鉄製 L アングルに G バイスで固定し、根元を机の角等に押し当て 90 度に曲げます。仕切り板の周辺には 10mm×10mm のアングル材をブラインドリベットで取り付け、さらにシャシとパネルにビス・ナットで固定します。なお上部(蓋側)のアングル材は 2mm 厚の硬質とし、3mm のタップを立てます。フロントパネル側は、化粧板からは見えない皿ビスの隠しネジになります。

側板は上部のみアングル材を取り付け、パネルとシャシの耳へビス・ナット留めします。ナットは落ちないようにソニーボンドで固定しておくとう便利です。

(7) 皿ビスの多用 (写真 27・28)

皿ビスは、パネル面を突起させない特徴がありますが、正確に皿を彫れば部材間の接触抵抗を低くする事が出来ます。部品位置の変更でビスの頭が邪魔になったり、パネル面を平らにしたい時、また僅かなスペースを確保したい時には積極的に皿ビスを使います。

皿もみ歯には CRC/5-56 等のオイルを塗布すると綺麗に皿が彫れます。

(8) シポラツールで丸穴開け (写真 29)

真空管の取り付け穴は 75mmφ の丸穴で、シポラツール(商品名)で開けました。中心がドリル歯で、カッターが指定した半径で回転し、部材を切り落とすものです。本来なら部材をしっかりと固定したボール盤でやるのが筋です。電気ドリルの回転数を落とし、中心が入り過ぎないように、ドリルに金属スペーサーを通し(歯と同じ高さにする)作業を行います。スペーサーがない、回転速度が可変出来ない場合は危険ですので業者に任せてください。

以上がダメなときは、小穴を円周上に開け切り落とし、ヤスリで仕上げます。

(9) タッピング (写真 30・31)

裏に手が入らない場所をネジ留する場合はタップに頼るしかありません。これもタップにCRCを塗り切り込みます。但し、アルミの場合は硬質でないとなじ山が彫れませんので、材料には注意します。ファイナルボックスの蓋と同軸リレーの取り付け部分にタップを立てています。

(10) 貫通穴の処理 (写真 32)

配線がシャシを貫通する場合は、必ず用途に合わせたブッシング処理を施します。電線がシャシの角で直接擦れるのは見ていて気持ちの良いものではありません。電圧の高い部分は特に厳重に行います。また高周波のバイパスが必要な場所には、可能な限りフィードスルーコンデンサ(又は貫通端子とパスコン)を使用します。

(11) ビス・ナット・ブラインドリベット

小物の固定は2mmΦ、3mmΦ、その他は必要に応じて4mmΦ又は5mmΦを使い分けています。

使用目的や素材の違いより、鉄・真鍮・ステンレスを使い分けます。また前述の理由で皿ビスを多用します。また、明らかに取り外しが無い場所にはブラインドリベットを使います。ファイナルボックスとVC固定用ベーク板で、Lアングルの取り付けに利用しています。

8. 実装上の注意 (写真 33~36)

(1) リターン回路

出力側のリターン回路は必ず信号源に戻るようにつくります。不用意にシャシに落すと、高周波でシャシを駆動する事になり、筐体輻射を増長させてしまいます。しかし本機では、スペースの関係で、VCシャフトがボールドライブ経由でシャシに落ちています。問題は発生してはおりませんが、理想的にはシャフトカップリングで絶縁すべきでしょう。

(2) 共通インピーダンス

入力側と出力側のリターン回路が、共通インピーダンスにならないよう注意します。入出力が共通インピーダンスを介して結合し、発振や不安定動作を招かないようにするためです。

高周波では「太く・広く・短く」に併せ、共通インピーダンスを作らない実装が大切です。

(3) 高周波と低周波・直流の整理

高周波回路と低周波・直流回路を混在しないようにします。要所にフィードスルーコンデンサや、フェライトビーズを挿入し、高周波の流出入を押しえます。高周波を取り扱うのはファイナルボックス内に限定し、シャシ底部では低周波交流もしくは直流の取り扱いに徹します。

(4) 安全対策

高圧トランスや高圧整流・平滑ブロック等、高圧の露出部分には安全のためアクリル板を取り付け、危険を促す表示を施します。

9. 調整

(1) コイル類の調整

① 入力LPF

51pFの固定コンデンサとL1の組み合わせで、LPF特性を確認しておきます。SWRが各バンドで1.3以下になるように、L1のピッチ又は巻数を調整しておきます。

② L4のタップ出し (写真 37・38)

実装前に、コイルL4のタップ位置を決め、リード線を取り出しておきます。入力側に2.5kΩ、出力側にSWRアナライザ(50Ω)をつなぎ、表2のC1・C2を与えて、各バンドでSWRが最小になる位置にタップ決めます。ただしWARCバンドは、直近上位のバンドタップを流用する事になります。バンドスイッチとの位置関係で、取り出す方向は自ずと決まってしまうので、バリLのようにベ

ストポイントは選べません。また、バンドスイッチの方式でも整合周波数が変わってきますので、あくまでも目安と考えたほうが無難でしょう。

なお、50MHz は調整回路のループやストレー容量が整合周波数に影響してきますので、実装してから微調整が必要になります。

③ プレート RFC の調整

RFC2 のホール（自己共振周波数）は必ず数箇所が発生します。組んでからディップメーターを近づけ、全帯域で慎重に探ります。共振点がバンド内に来ている場合は、巻数を調整します。ポビンが長い場合は分割巻が可能ですが、ここでは巻数のみで対策しています。

(2) 実装テスト

この作業に入る前に、誤配線の無い事をあらかじめ確認しておきます。

① 入力回路の SWR 確認(写真 34)

真空管を実装した状態で入力 SWR を測定します。SWR アナライザで、全てのバンドに渡って SWR が平坦な事(1.3 以下)を確認します。もし高い場合は、L1 を伸縮させ調整します。

② タンク回路の共振確認

真空管を実装した状態で、プレートとグランド間に 2.5K Ω の抵抗をつなぎます。この状態で、出カコネクタに SWR アナライザをつなぎ、VC1 と VC2 により全バンドに整合できる事を確認します。50MHz は、VC1 を抜き切る手前で 54MHz に共振出来るように、L2 を調整します。

③ 低圧電源の確認

タイマーリレー Ry1 を外し電源投入します(トランスの高圧に注意!)。Ec_g・Esg・リレー・ヒーターの電源電圧とファンの動作が正常であることを確認し、異音・異臭が発生しないかしばらく様子を見ます。

Ec_g は VR1 によりマイナス側一杯に回しておきます。

④ オンディレイと高圧電源の確認

タイマーリレー Ry1 を 2分 30 秒にセットし、電源スイッチ SW3 を投入します。2分 30 秒後に高圧が入る事をマルチメーターの Hv で確認します。無負荷ですから、SW4 の HIGH 側で 3.2KV、LOW 側で 2.7KV 程度ある事を確認します。

このとき、テスターでメーターの電圧表示に大きな狂いが無いか確認します。この状態でしばらく様子を見て、異音・異臭が発生しない事を確認します。

⑤ オフディレイ動作の確認

ファンに温度スイッチによるオフディレイをかけています。40°C を境にファンをオン・オフします。SW3 を切った後にファンが正常に動作するか、ヘアドライアであぶって確認します。なお冬期で室温が低い場合は、送信動作を続けないとオフディレイが掛からない場合があります。

⑥ 送信制御とバイアス電流の確認

RF は未だ入れませんが、念のため出力にはダミーロードをつなげておきます。

外部スタンバイ端子 J5 を短絡し、Ip メーターを見ながらスタンバイスイッチ SW5 を OPERATE にします。リレー音がして ON AIR ランプが点きます。Ec_g はマイナス側に回し切っており、Ip の振れは僅かなはずです。ここで VR1 を徐々に戻し、Ip が 140mA 程度流れる位置にセットします。また Is_g が 3mA 程度振れている事を確認します。

⑦ 自己発振の確認

前項の状態、各バンドで VC1 を回し、発振等の異常現象が無い事を確認します。異常は Ip 又は Is_g の振れで分かりますが、出力にパワー計を入れても確認できます。1GHz 程度までスキャンできるスペアナがあれば一目瞭然です。

⑧ ならし運転

前項の状態で一昼夜放置し、各電圧やバイアス電流、排出空気温度等に異常が無いか観察します。

⑨ いよいよ RF ドライブ

以上で問題が無ければ、いよいよエキサイターをつなぎ RF (CW) でドライブします。最初 Hv は LOW 側で、ドライブ電力は最小 (5W 程度) から始めます。VC1 は Ip のディップ点と同調点です。VC2 は最初一杯入れておき、抜きながら負荷との結合度を増やします。負荷を掛けていくと、Ip のディップが浅くなり読み難くなりますので、この場合は Isg のピークを見れば容易に VC1 の同調点が探れます。低電力でのドライブでは、Ip が少ないためプレート負荷抵抗が高く、かなりのゲインを示します。

ドライブを上げその都度同調を取り直して様子を確認します。VC2 は更に抜く方向になります。最終的に Hv を HIGH 側にして、700~800W 程度出力する (又は Isg が振れ出す辺り) までドライブして異常が無い事を確認します。

負荷状態は Isg の値で把握する事が出来ます。慣れてくると Isg 監視での同調の方がやり易くなります。前述のように、Isg 表示の内 3mA がブリーダ一分です。もし 3mA より少ない場合は、Sg 電位が上昇し逆流領域で動作している事になります。

⑩ 寄生発振の確認

送信に移った瞬間、或いはドライブ信号がトリガーとなって発生する寄生発振を確認します。V/UHF 帯又は超低域に及ぶ場合がありますのでこの作業には 1GHz 程度まで表示できるスペアナが必要です。各バンドで、チューニングの段階から確認します。利得の高い真空管では、目的周波数をモニターして安心していると、思いも寄らぬ周波数で寄生発振している事があります。

⑪ 擬似運用と RF メーターセット

ダミーロードで擬似運用します。例えば CW/800W で「VVV」の連続送信を 30 分程度行い、異常が無い事を確認します。

また、VR2 で RF メーターの振れを 1KW フルスケールに調整しておきます。

⑫ 次はデータ取り

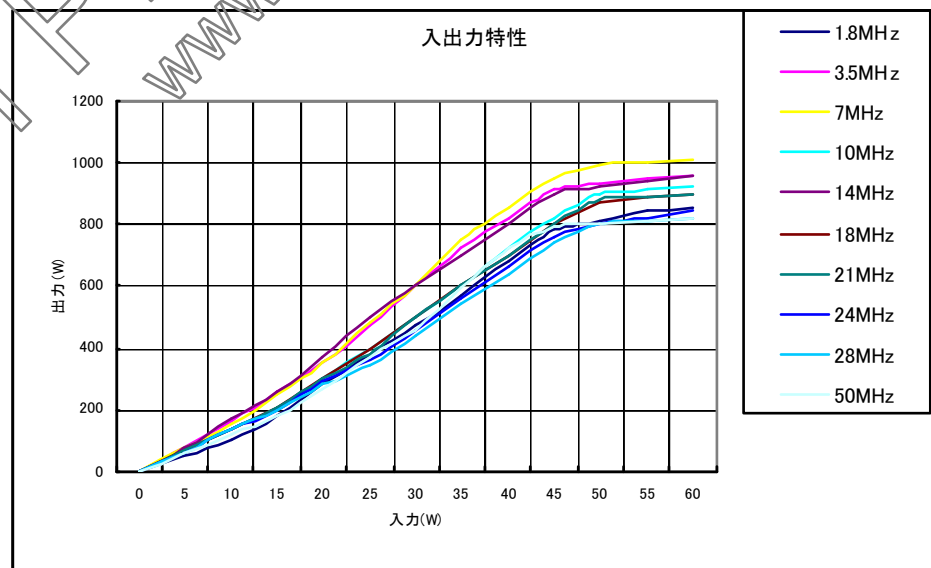
以上で問題が無ければ、次項のデータ取得に移ります。

10. 試験成績と考察

(1) 入出力特性

各バンドの入出力特性をグラフにまとめました。全体の傾向が掴め、入力電力の適正範囲が分かります。全バンドに渡り、比較的直線的な特性が得られていると思います。Esg は 300V ですが、もう少し上げれば、肩 (飽和開始点) の位置がもっと高いところに来るはずで

グラフ 2: 入出力特性



1.8MHz の出力がローバンドにしては伸びていませんが、これはコア式タンクコイル若しくは、プレート RFC の容量不足が影響していると思われます。シングル巻の RFC でマルチバンドをカバーするのは、これが限界だと言えるでしょう。

(2) 50W 入力時の動作状況

50W 入力時の各部の状況を表 6 にまとめました。前項のグラフ 2 が示すように、50W 入力の一部のバンドで I_{cg} が流れ出し飽和領域に入っています。50MHz の負荷抵抗がやはり低めの模様で、 I_p が他のバンドに比し 17%程度多目に流れています。L 値を増やしたいところですが、プレート側ストレージ容量がこれを阻んでいます。以下、各項目について記します。

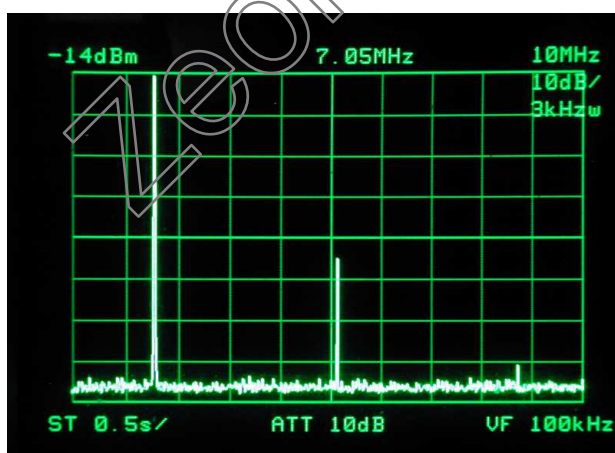
表 6: 50W 入力時の動作

BAND (MHz)	Output (W)	Gain (倍)	I_p (mA)	H_v (V)	Input (W)	効率 (%)	I_{cg} (mA)	I_{sg} (mA)	Input SWR	備 考
1.8	810	16.2	480	2550	1224	66	0.3	11	1.0	*Excitor: IC-756 *Input: 50W/CW *InputSWR: CN-101L の表示 *受電電圧: 負荷時 97V/無負荷時 102V *ALC: 無し *Bias 電流: 140mA *Ec _g : 47V *Esg: 300V *測定日: 2001.05.14
3.5	920	18.4	480	2550	1224	75	0.37	11	1.0	
7	950	19.2	480	2550	1224	77	0.4	12	1.0	
10	860	17.2	480	2550	1200	71	0.18	12	1.0	
14	900	18.0	480	2550	1224	73	0.07	12	1.1	
18	850	17.0	480	2550	1224	69	0.04	12	1.1	
21	880	17.6	490	2550	1250	70	0	12	1.2	
24	800	16.0	480	2550	1224	65	0	12	1.3	
28	800	16.0	480	2500	1200	67	0	12	1.3	
50	800	16.0	560	2500	1400	57	0	10	1.2	

- ①出力は、全バンドで 800W をクリアしています。
- ②入力 SWR は外部メーターでの実測値です。全バンド 1.3 以下でほぼ完全終端と見なせ、エキサイターの安定動作が保障されます。
- ③ I_{cg} は、一部のバンドで流れ出しています。SSB の運用は ALC を併用するか、変調レベルの管理が必要になります。
- ④ I_{sg} は、各バンド揃っており、この値によりチューニングの状態を把握出来ます(前述)。
- ⑤ H_v は、無入力送信時で約 2.9KV ありますが、負荷状態では表 6 のように約 2.5KV 付近まで低下します。電圧変動率は 14% 近くありますが、これは両波倍電圧整流の限界でしょう。
- ⑥効率は、HF では 70% 前後と良好ですが、50MHz は 57% まで低下しています。50MHz を中心に見ると、多バンド化により無駄な経路が出来ている事が原因と思われる。HF+50MHz アンプの難しいところです。

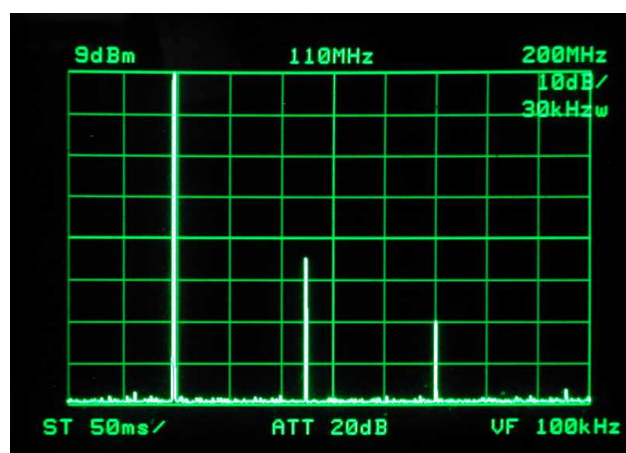
データは、入出力特性とは異なる日に取得したもので、数値が若干異なります。いずれにせよ、突出したバンドもなく、マルチバンドアンプとしてはまずまずの成績と言えるでしょう。

(3) 高調波特性



グラフ 3: 3.5MHz 高調波特性

3.5MHz で 800W (CW) 出力時の高調波特性、2 次で -45dB。



グラフ 4: 50MHz 高調波特性

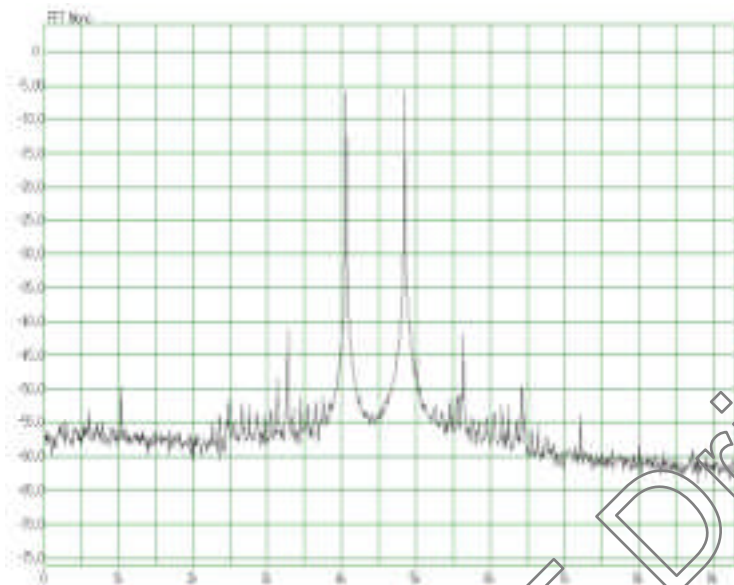
50MHz で 800W (CW) 出力時の高調波特性、2 次で -45dB。

800W/CW 出力時の高調波をスペアナで表示しました。サンプルは 3.5MHz と 50MHz です。両バンドとも 2 次で-45dB、3 次は 3.5MHz が-70dB、50MHz が-60dB、50MHz の 4 次は-76dB 以下です。3 次と 4 次は問題ありませんが、2 次の-45dB はやや高目です。オンエア時はアンテナの効果により、更に低い値をとるとしてもちょっと気になります。2 次高調波を低減させたい場合は、 π L 型タンク回路や LPF に依存する必要があります。

(4) IMD 特性

グラフ 5 は、PC-FFT ソフトと自作ダイレクトコンバージョン Rx による測定データで、サンプルは 3.5MHz です。PEP から 6dB オフセットして表示してあります。

PC のサウンドカードへの飛び込みと思われる細かいギサがありますが、-50dB 程度までははっきりと確認できます。ノイズフロアがやや右下がりになっているのは、ダイレクトコンバージョン回路の特性とされます。



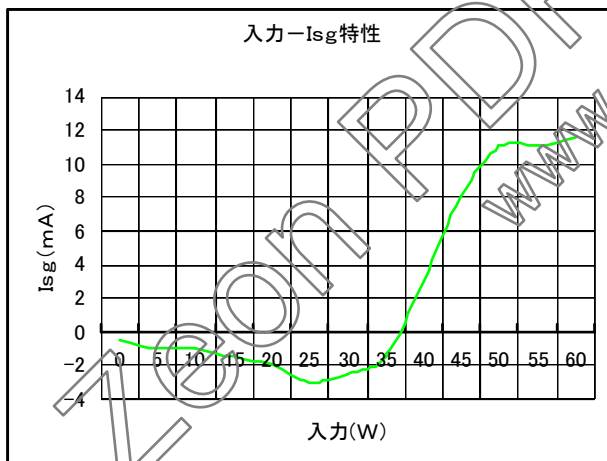
3 次で-42dB、5 次で-48dB、7 次で-50dB 程度とれていますので、この球のスペック-28dB からすれば、かなり良好と言えるでしょう。

3 次で-42dB、5 次で-48dB、7 次で-50dB 程度とれていますので、この球のスペック-28dB からすれば、かなり良好と言えるでしょう。

グラフ 5: IMD 特性

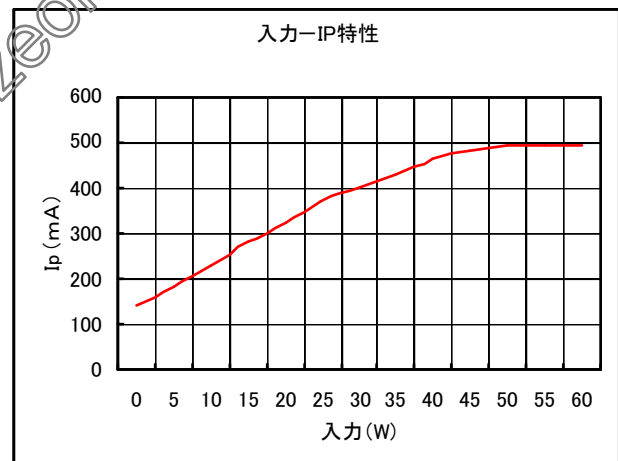
3.5MHz ± 800W での IMD 特性。3 次で約-42dB、5 次で約-48dB、7 次で約-50dB。

(5) 入力-Isg/Ip 特性



グラフ 6: 入力-Isg 特性

3.5MHz の「入力-Isg」特性、面白い曲線を示す。



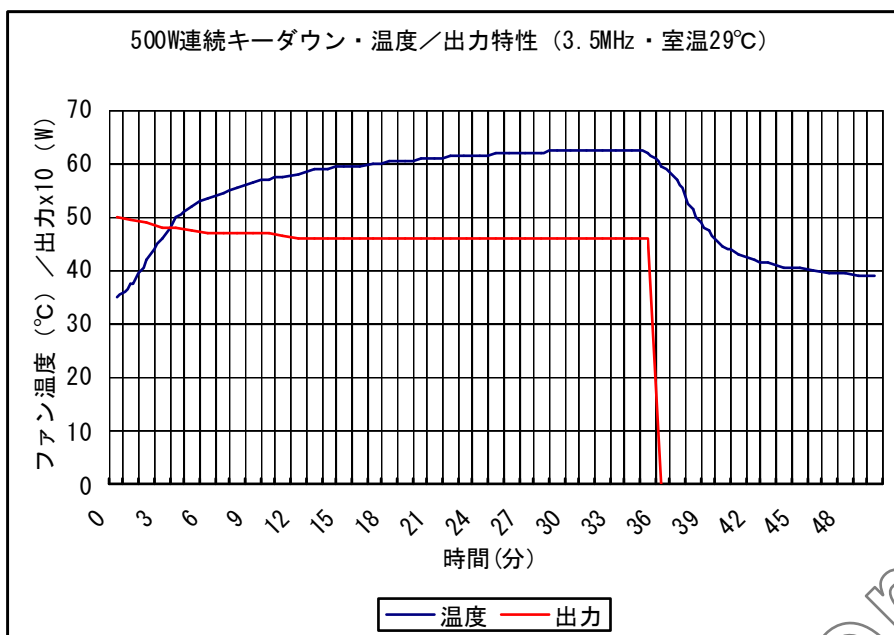
グラフ 7: 入力-Ip 特性

3.5MHz の「入力-Ip」特性、ほぼ直線的な変化。

入力に対する Isg と Ip の変化に興味がありましたので、その特性を取ってみました。グラフ 6・7 は、50W (CW) 入力で最大出力にチューニングをとった後、入力を変化させて測定したものです。Esg=300V、Bias=140mA です。Hv は Ip の増加により最大で 14% 低下 (前述) します。Ip (右) の直線的な伸びに対し、Isg (左) は大変興味深い変化をしております。入力 30W 付近まではマイナスの逆流状態が続き、35W 過ぎからプラスに転じ直線的に伸びて行きます。そして、11mA 程度で飽和に至ります。ロード VC を抜いて負荷結合を増すと Isg は減少し、入れればその逆の動きをします。この状態

は全てのバンドで共通していますので、Isg 値をターゲットにしたロードチューニングが出来ます。

(6) 連続キーダウン特性



連続キーダウンテストの様子をグラフ 8 に示します。500Wにした理由は、800Wだと受電NFBが数分でトリップするからです。サンプルは3.5MHzです。

ファン温度は、約25分で飽和点に達します。出力は約8%低下しますが、原因がアンプかエキサイターかは未確認です。

35分で送信停止後は、なだらかな下降特性を示しています。

グラフ 8: 連続キーダウン時の温度と出力

(7) 筐体輻射テスト

筐体輻射によるTVIを確認します。ダミーロードはシールド型が必要です。

ポイントは、カラー信号又は輝度信号への直接干渉と、高調波によるカラー信号と輝度信号への干渉の確認です。TV受像機の直近にダミーロードや給電ケーブルを配置します。任意のTVchで、3.579MHz(色副搬送波)前後をフルパワーでスキャンし、TVへの直接干渉(ビートや色抜け)を見ます。次に、50MHzバンドをフルパワーでスキャンし、TV3ch及びIFで干渉が無い確認します。こうした作業を各バンド×各TVchの組み合わせで確認します。

このチェックで明らかな障害がある場合は、グラウンドやシールドの見直しが必要になります。これを把握しないままアンテナをつなぐと、対策が闇雲になってしまいます。写真 39 は、TVにダミーロードを載せテスト中のスナップです。信じ難い光景ですが、これがスタートラインです。

(8) 測定系統

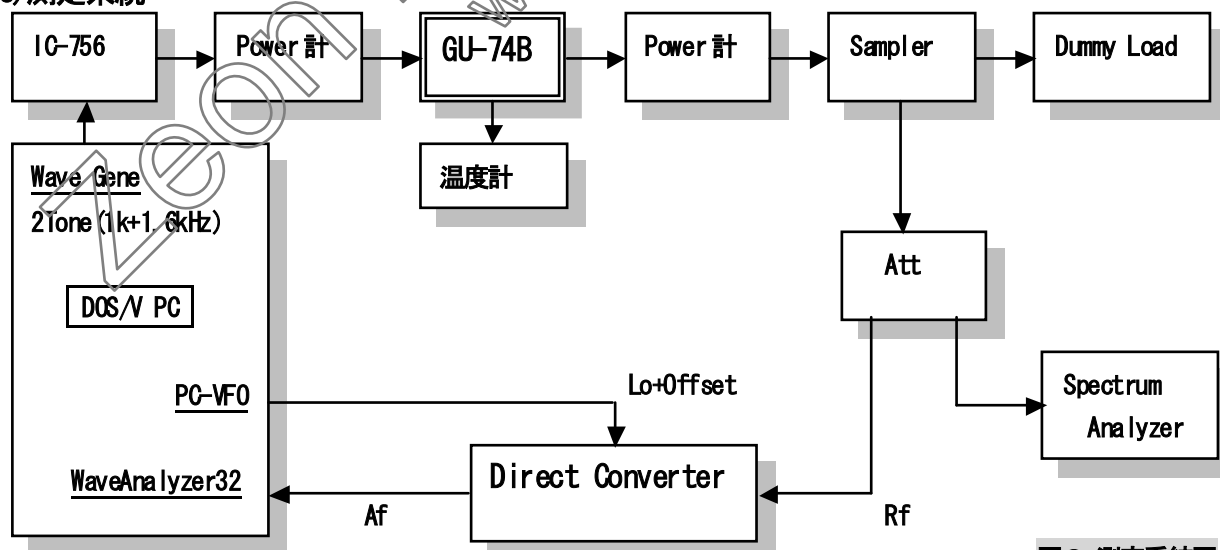


図 8: 測定系統図

(9) 使用測定器

エキサイタ: IC-756 (ICOM)

SWR アナライザ: MFJ-256 (MFJ)
ディップメータ: DMC-270 (三田無線)
テスタ: EM-3000 (三和)
温度計: おんどり RH (T&D)
POWER/SWR 計 (入力): CN-510 (ダイワ)
POWER/SWR 計 (出力): CN-101N (ダイワ)
Sampler: 抵抗分割 30 万: 1 (自作)
ダミーロード: 300W 酸化金属皮膜 + オイル 4 リットル (自作)
Att: STP040 (STACK)
スペクトラムアナライザ: R4131A (アドバンテスト)
ダイレクトコンバータ: パッシブ型 DBM (自作) + PC-VF0 (Bytemark)
2 信号発生器: WaveGene120 (フリーソフト)
FFT アナライザ: WaveAnalyzer32 (シェアウェアソフト)
DOS/V PC (自作): K6-II / 500MHz + 256MB メモリ + サウンドブラスター + PC-VF0

(10) ファイリング

図面や各種測定データ、それに写真や考察を整理し写真 40 のようにファイリングします。この作業も大変楽しいものです。製作過程で遭遇したトラブルも、ドキュメントとしてファイリングする事で、製作後に発生する障害や後々のアンプ製作で、強い味方になるはずで、また自分のデータを持つ事で、第三者やメーカー製アンプの客観的評価につながります。

11. トラブルドキュメント

以下に、製作過程で発生した主なトラブルと、その対策について記します。

(1) GU-74B の暴走

OP アンプのラッチアップに似た現象です。プレート電流を流して行くと約 450mA に達したところで、球の内部抵抗 (R_p) が一気に低下し、プレート電流がドカーン (I_p 振り切れ、測定不能) と流れました。高周波でドライブしたときは勿論の事、Esg バイアスを浅くして直流的にプレート電流を増加しても同じように発生しました。Alfa 社の 91β にならって Sg ブリーダー抵抗を同じ値とし、Sg 回路もダイオードを入れ I_{sg} メーターの逆振れ防止を狙っていました。

しかしこのダイオードが災いし、Sg の電位上昇を吸収出来ない結果となった模様です。ブリーダー抵抗値を半分にしても状況に変化が無く、更に低くすると電源容量が不足するため、ダイオードを低抵抗に変更する事で対策しました。この方法は、Sg 電源がロードになっています。

(2) バンドスイッチのスパーク

チューニング中に、プレート補助コンデンサの切り替えスイッチでスパークが発生しました。1.8MHz と 3.5MHz で追加している部分です。接点質量が少ないため、スパークを繰り返すうちに接点が溶解してしまいました。溶けた場所は、選択していない接点で、3.5MHz の時の 1.8MHz、7MHz の時 3.5MHz の補助コンデンサ用です。写真 41 はその模様です。

ロード VC が深く入った位置で、且つ他のバンドのチューニング中に発生し、面白い事にチューニング後は発生しません。寄生発振のループ上に「補助コンデンサ + 接点ストレー + リード線」による直列共振回路が構成され、接点ストレーに異常電圧が発生したものと推測します。プレート回路 L_{ps} (RFC2 とプレートをつなぐリン青銅板) にパラ止め用の不燃抵抗 R_{ps} を挿入すると共に、線材を板化し経路を見直して対策しました。

(3) プレート RFC のホール

21MHz 下端にホールがあったため、巻き数を増し 19MHz 付近まで落しました。そしたら、31MHz 付近にあった別のホールが 28MHz バンド内に進入して来ました。再び巻き数を調整して、両ホール

がバンド外に落ちるようにしました。この間に試作した RFC は 10 本にもなります。ポビン長が 75mm と短いめ分割巻が出来ず、巻き数だけに頼る事になります。より完全を求めるなら、バンドスイッチに連動した RFC の切り替えが必要でしょう。

写真 42 は、発熱により線材が伸び、コイル中央が盛り上ってしまった無残な姿のプレート RFC。

(4) 50MHz コイルの発熱と変形

コイルの素材を当初 5mm 中の銅パイプで試みましたが、500W のキーダウンを数分間行くとハンダが流れ出してしまいました。そこで、12mm×1.2mm 厚の銅板に変更したところ、良好になりましたが、キーダウンを続けると銅板が元の形に戻ろうとする傾向があり、形が崩れてきました。最終的に、8mm 中の銅パイプを焼きなましてから巻き直しました。この結果、飽和出力は当初に比し 10% 程度伸びています。

(5) スタンバイ制御は Sg か Cg か Rk か

これはトラブルではなく、スタンバイ方式の違いによる動作の確認です。Sg 方式だと、送信と同時に RF ドライブが始まるようなとき、リレーが一瞬オープンになり Sg 電位が 3 値 (GND→オープン→+Esg) をとるため、出力が変調される可能性があります。Cg 方式に比べ大きく、そして不特定な電流を開閉する事になるので、あまりスマートな方法とは言えません。Cg 方式や Rk 方式の場合は、バイアスを増減するだけの 2 値制御なので、静かなスタンバイが可能です。

12. まとめ

GU-74B を使った 50MHz を含むマルチバンドアンプの製作について述べました。製作に半年、その後 8 ヶ月間に約 1500 時間のエージングを続けましたが、問題なく動作しております。

同種のアンプを製作される方の参考になれば幸いです。また、メーカー製アンプを 50MHz に改造、或いは 50MHz 追加の計画をお持ちの方にも参考になるものと思います。

マルチバンド化に伴い、バンド切り替えやプレート RFC にまつわる特有のトラブルが発生します。シングルバンドアンプには無い難しさがそこにあります。例えば、プレート VC では問題無いのに、同じ電位でかつギャップの広い部分(前述バンドスイッチ)で放電する事が良くあります。奇異現象に「一体どうして?」となりますが、こうした問題をひとつづつクリアしなければなりません。誘導・誘電・共振と言う物理現象に直面する事になります。目的周波数では同電位でも、UHF 帯の寄生発振が生じたと考えればその謎が解けます。たかだか数 cm の配線の違いが、UHF 帯ではそのまま電位の違いになる可能性があります。プレート又はグリッド回路には、目的周波数とは別の共振点(例えば V/UHF 帯)が必ず存在します。条件を整えば、そうした周波数で発振する可能性が十分あります。高電力の高周波回路を、安定に動作させる事の難しさを感じる瞬間です。

トラブル対策が完了しても、「バンド間特性の平準化」などと欲が出て来ますので、アンプ作りから中々開放されません。これも楽しみの一つですが・・・。

さて、今回の目標達成度ですが、ほぼ満足出来るデータが取れたものと思いますが、如何でしょうか。このままで HF=1kW、50MHz=500W の固定局申請が出来るものと思います。ただし電力制限はかけていませんので、50MHz においては ALC 等の併用が必要でしょう。

プレート損失には未だ余裕がありますので、前述のように Esg を高めに設定すれば、飽和出力 1kW 以上が可能と思われます。ただし連続キーダウン時間は、電源容量・タンクコイルの発熱・冷却能力との相談になります。

製作後、ACOM 社が ACOM1000 を発表した事を知りました。しかも同じ GU-74B シングルと聞き驚きました。知人が撮影した内部写真が手元にあります。HF+50MHz を実現するための工夫が伺えます。また同機は、アナログメーターに頼るチューニングから LCD パネルの指示に従って操作する方式(TRI チューニング)に変わっており、大変すっきりしたフロントパネルに仕上がっています。

13. 謝 辞

製作過程において、以下の皆様から助言や資材・資料の提供を受けました。誌上を借りて御礼申し上げます。

JA1IIV窪寺氏、JA1KAW黒瀬氏、JH1KRC渡辺氏、JG1XLV荒井氏、JN1DNG川村氏、FDT LABOR 小池氏、FAL 中島氏、平丸無線平丸氏。

14. 参考文献・関連 Web・ソフトウェア

(1) 参考文献

ARRL HANDBOOK 2000 (ARRL)

リニアアンプハンドブック (CQ 出版)

リニアアンプスタイルブック (CQ 出版)

SSB ハンドブック (CQ 出版)

VHF/UHF MANUAL (RSGB/CQ 出版社)

Power Grid Tube Quick Reference Catalog (Varian)

CQ 誌 2001 年 5 月号 Ham Radio Journal 「50MHz パワーアンプの試作」

(2) 関連 Web

ARRL <http://www.arrl.org/>

Scientific Technical Center Navigator <http://www.tubes.ru/>

Svetlana <http://www.svetlana.com>

RF PARTS <http://www.rfparts.com/>

ACOM <http://www.hfpower.com/>

ALPHA POWER <http://www.alpha-power-inc.com/>

EMTRON <http://www.emtron.com.au/>

QRO TECHNOLOGIES <http://www.brightnet/~qrotec/>

(3) 関連ソフトウェア

SVCFilt:ARRL HP (フリーウェア)

PI-CMIN.EXE:πネットワーク計算ソフト W5FD 作

WaveGene120/WaveSpectrum e f u 氏作 (フリーウェア) <http://member.nifty.ne.jp/efu/>

WaveAnalyzer32:斎藤滋樹氏作 (シェアウェア) <http://www2a.biglobe.ne.jp/~sigeboh/>

PG-VF0:米 ByteMark 社 (ハード&ソフト製品) <http://www.bytemark.com/>

15. その他

(1) お断り

写真と文章・図面間で不一致の部分があります。これは製作過程で撮影した写真が含まれているためです。ご了承ください。

(2) 連絡先

〒:214-0031

川崎市多摩区東生田 1-17-4 酒井ビル 202

望月辰巳・JH2CLV/1

e-mail: jh2clv@jarl.com

tel:044-932-4559

16. 図面・資料・写真

图 1:高周波回路

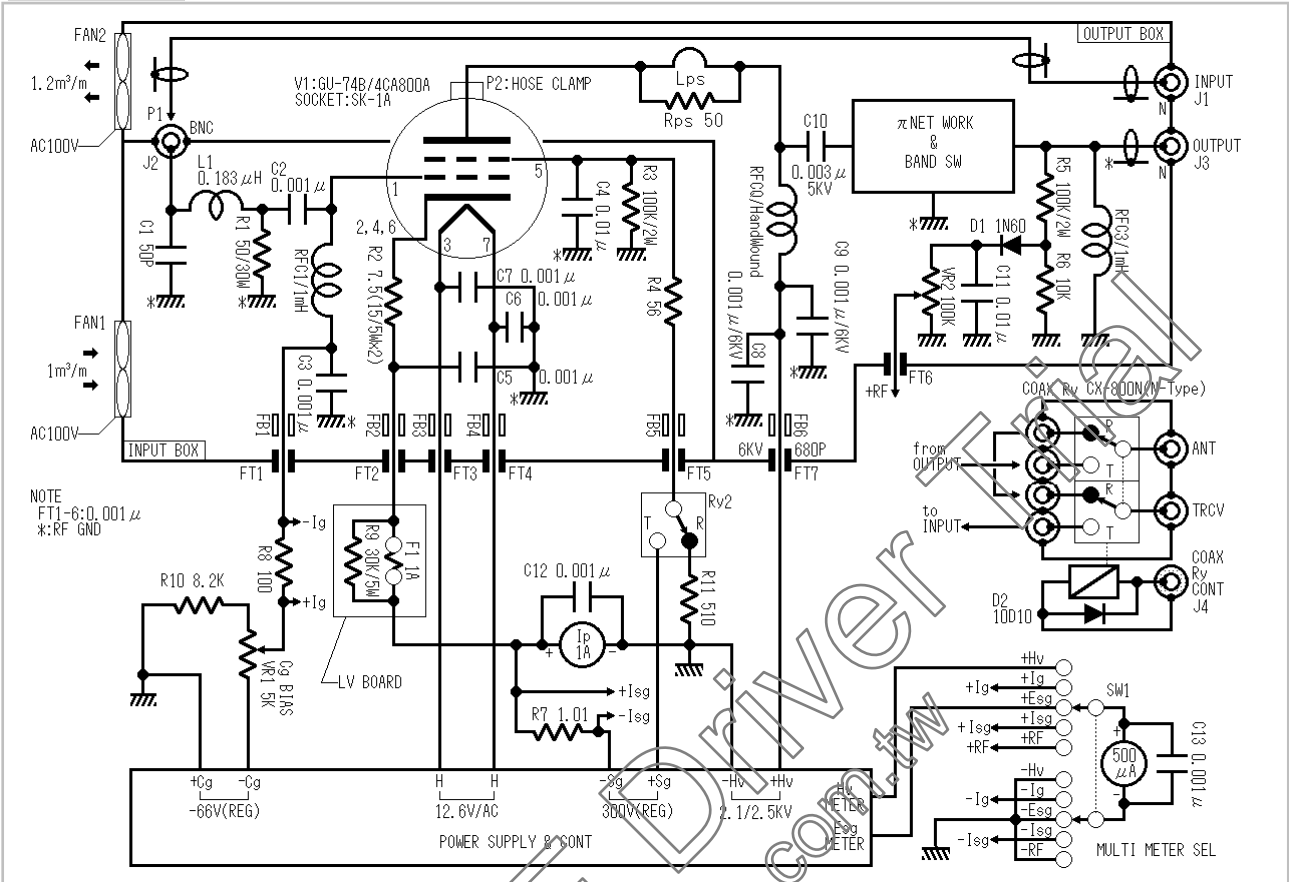


图 2:出力π回路

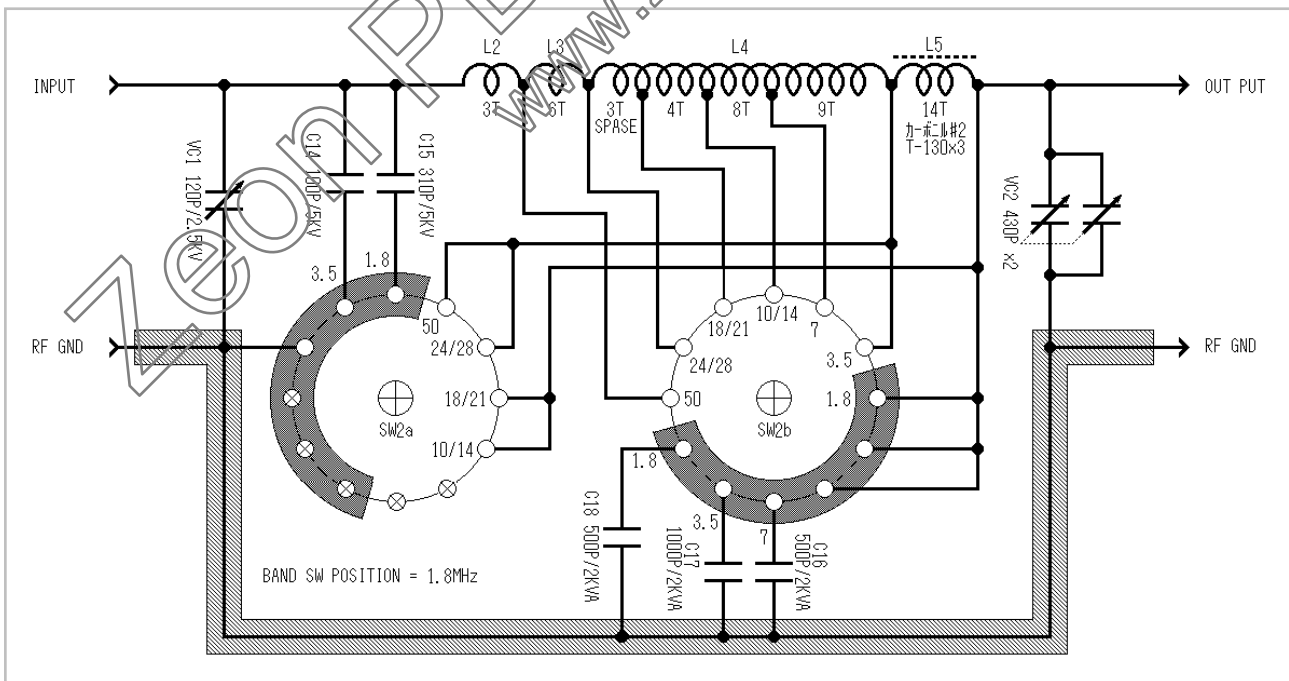


図3:電源・制御回路

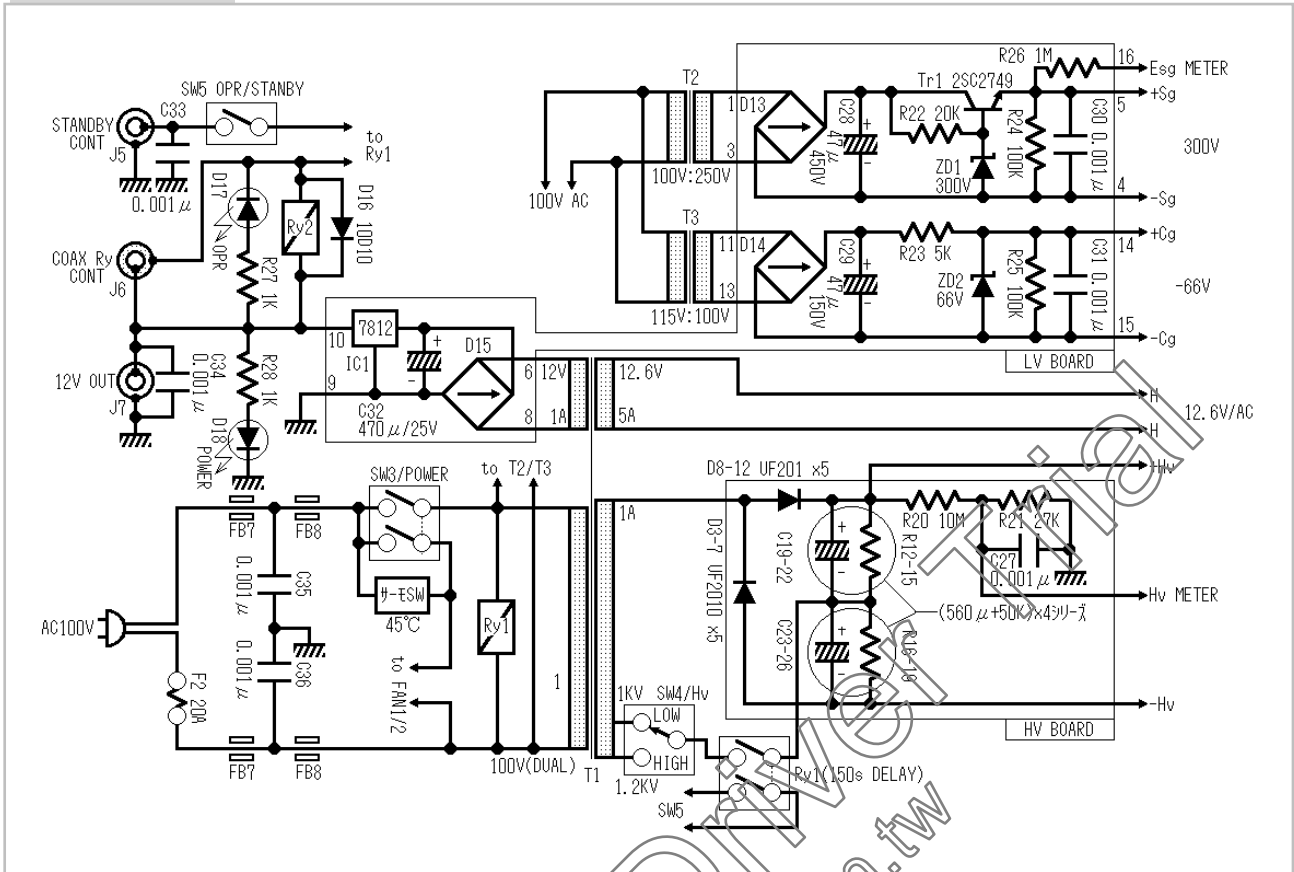


図5:ファイナルボックスイメージ

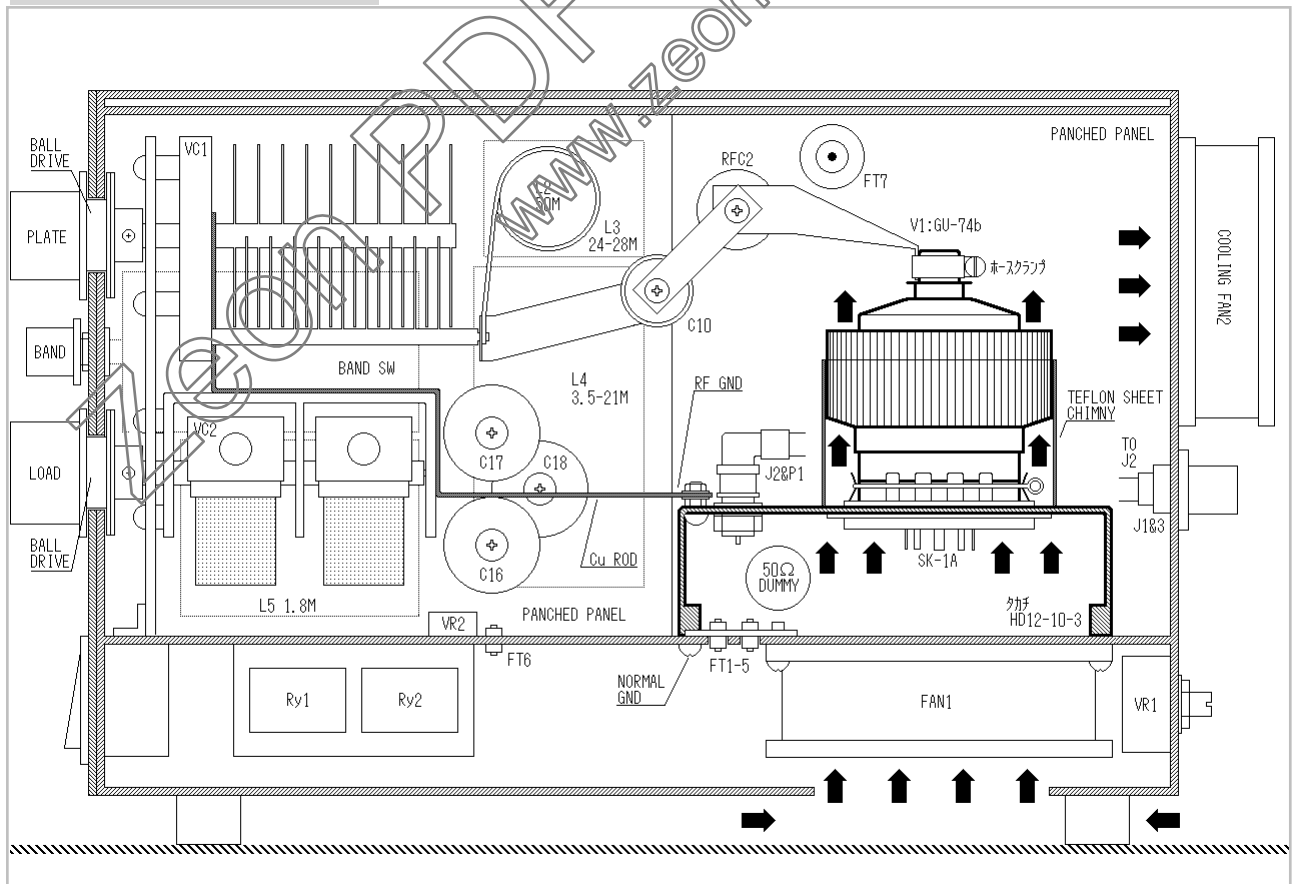


図 6: シャシレイアウト

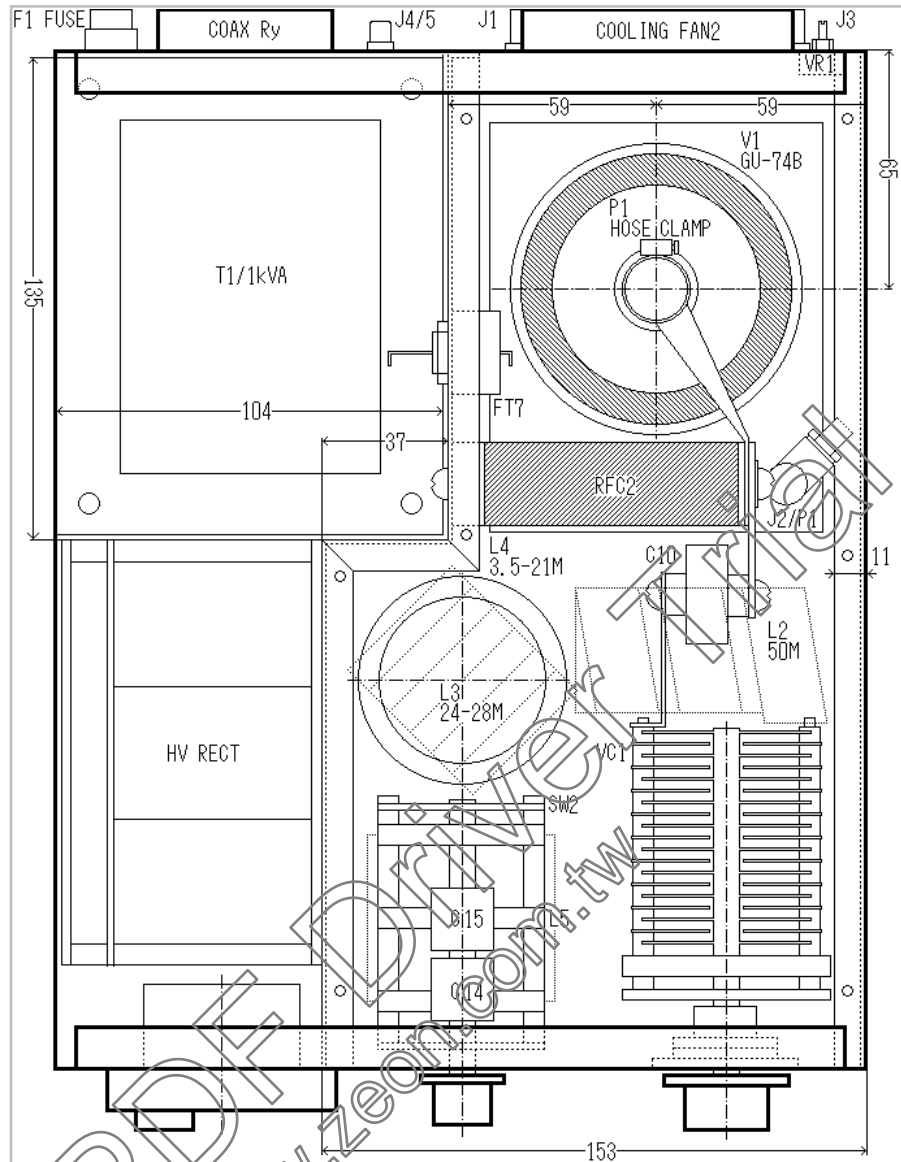


図 7: パネルレイアウト

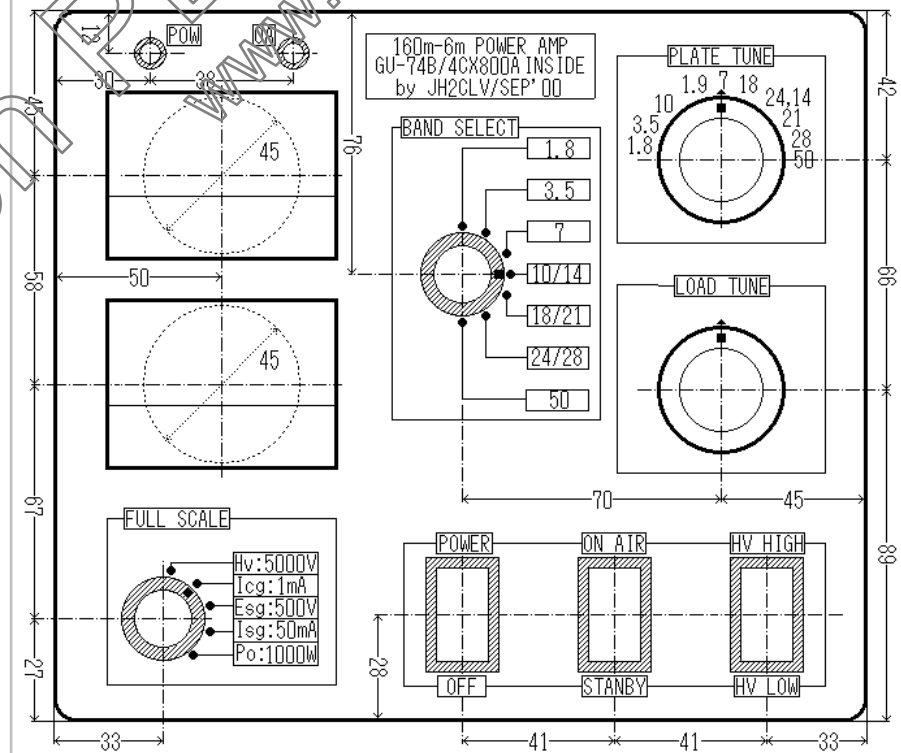


表 7:一般部品

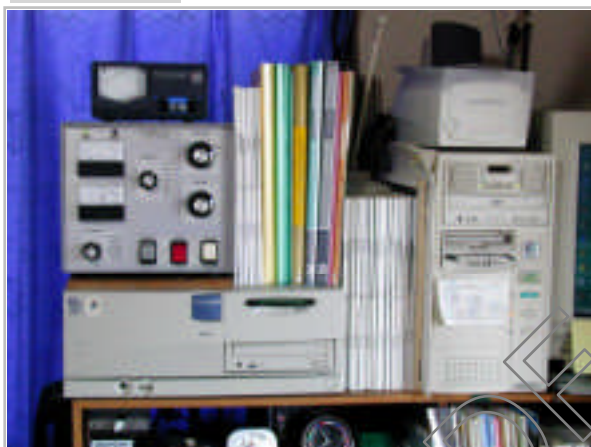
V1	GU-74B(FDT LABOR)	D16	10D10 (1kV1A)
ソケット	SK-1A (FAL)	D17	RED LED & BLAKET
フィルム	1mm厚テフロンシート(FDT LABOR)	D18	GREEN LED & BLACKET
P2	ホースクランプ	Tr1	2SG2749 (ヒートシールド付き)
L1-5	コイルデータ参考	IC1	3端子REG/7812
RFC1	1mH/50mA(分割巻・テフロンテープ東邦無線)	FT1-5	0.001 μ /450V CERAMIC (MATSUSHI TA)+貫通端子
RFC2	コイルデータ参考	FT6	0.001 μ /50V 貫通コイル (斎藤電気)
RFC3	1mH/100mA(分割巻・テフロンテープ東邦無線・未実装)	FT7	680p/6kV 貫通コイル (RF PARTS)
ボビン1	40mm中ステアタイトボビン(FL-2100)	FB1-6	フェライトビーズFB801 (斎藤電気)
ボビン2	25mm中ステアタイトボビンSA257(坂口電熱)	FB7-8	フェライト磁コア/#43材 (斎藤電気)
VC1	120P/2500V (FL-2100)	R1	50/30W 無誘導
VC2	430Px2/250V 2DC-430(MATSUSHI TA/FL-2100)	R2	7.5/10W (15/5W x2パラ) 酸化金属皮膜
C1	50p/450V D1PED MAICA (SHOSHIN)	R3	100k/2W 酸化金属皮膜
C2-3	0.001 μ /450V CERAMIC (MATSUSHI TA)	R4	56/1W 金属皮膜
C4	0.01 μ /450V CERAMIC (“) & SK-1A / スコ	R5	100k/2W 金属皮膜
C5-7	0.001 μ /450V CERAMIC (MATSUSHI TA)	R6	10k/1W 金属皮膜
C8-9	0.001 μ /6kV CERAMIC (MURATA)	R7	1.01/1W 金属皮膜 1%級
C10	0.003 μ /5kV CERAMIC DoorKnob (Junk)	R8	100/1W 金属皮膜 1%級
C11	0.01 μ /450V CERAMIC (MATSUSHI TA)	R9	30k/5W セメント
C12-13	0.001 μ /450V CERAMIC (MATSUSHI TA)	R10	8.2k/2W 金属皮膜
C14	100p/5kV CERAMIC DoorKnob (HH58・RF PARTS)	R11	510/1W 金属皮膜
C15	310p/5kV CERAMIC DoorKnob (HH58・RF PARTS)	R12-19	50k/10W セメント
C16	500p/2kVA DoorKnob (DA30・斎藤電気)	R20	10M/2W 金属皮膜 1%級
C17	1000p/2kVA DoorKnob (DA30・斎藤電気)	R21	27k/1W 金属皮膜
C18	500p/2kVA DoorKnob (DA30・斎藤電気)	R22	20k/5W セメント
C19-26	560 μ /450V CHEMICAL (NICHICON)	R23	5k/3W セメント
C27	0.001 μ /450V CERAMIC (MATSUSHI TA)	R24-25	100k/1W 金属皮膜 (未実装)
C28	47 μ /450V CHEMICAL (NICHICON)	R26	1M/1W 金属皮膜 1%級
C29	47 μ /150V CHEMICAL (NICHICON)	R27-28	1k/0.5W カボン
C30-31	0.001 μ /450V CERAMIC (MATSUSHI TA)	Rps	50/10W (100/5W x2パラ) 不燃
C32	470 μ /25V CHEMICAL (NICHICON)	Lps	リン青銅板(プレート回路)
C33-35	0.001 μ /450V CERAMIC (MATSUSHI TA)	T1	1.2kV/1A・12.6V/5A・12V/1A (西崎電機)
METER1	1A TA-45B (WEC)	T2	100V:250V (ノッチ)
METER2	500 μ A/100 Ω TA-45b (WEC)	T3	100V:115V (Junk)
Ry1	H3Y-2 AC100V/3分 DELAY/ソケット付き (OMRON)	SW1	2回路 5接点(ソングリッジ型)
Ry2	LY-2 DC12V/ソケット付き (OMRON)	SW2	BAND SW (窪寺氏)
CoaxRy	CX-800N/東洋通商(斎藤電気)	SW3	20A 2回路(日本開閉器)
J1	Nレセプクル (ノブ)	SW4	20A 2回路双投(日本開閉器)
J2&PK	BNC JACK & PLUG (L-Type)	SW5	20A 2回路(日本開閉器)
J3	Nレセプクル (ノブ)	温度 SW	40度わ (Tokin)
J4	DC PLUG	AC コード	15A
J5	RCA	F&ホルダー	筒型 20A 札ダ - 30A (AC)
J6	DC JACK	F&ホルダー	横型 1A ミット (カソード)
J7	RCA	フッティング	ユニバーサルフッティング・プラスチックフッティング・ACフッティング
N-Patch	N-L型 CNx4(ノブ) / Nストレート型 CNx2(TMW)	基板	1.6mm厚 エポキシ (低圧)・ガラスエポキシ (HV-RECTBOARD)
ZD1	1Z100 x3 シリコン (TOSHIBA 100V/1W)	基板	3mm厚 ベーク板 RECTBOARD底・VC固定
ZD2	66V (HITACHI 0.5W)	軟銅板	30mm幅 0.5mm厚 (タンク回路用)
D1	1N60	リン青銅板	10mm幅 0.3mm厚 (PLATE回路・RFC)
D2	10D10 (1kV1A)	スパーサー	25mmベーク製/3mm径 (AC回路)
D3-12	UF2010 (1kV/2A) x10(秋月電子)	線材類	適量(本文参考)
D13	10D10 (1kV1A)	同軸	5D-2W/3D-2W若干

D14	600V/1A BRIDGE	卵ラジ	3mm/4mm/5mmΦ適量
D15	200V/1A BRIDGE	基板コネクタ	16P/4P

表 8:機構部品

ケース	LEAD LK-1	アルミ板	1.5mm厚 適量 (サブリシ用)
アルミ箱	アルミダイキャストボックス (効子HD12-10-3)	アルミ板	1mm厚 適量 (ファイナルボックス用)
FAN1	AC100V 90mm角 (IKURA N3901)	アルミ板	1mm厚ハンチング (ファイナルボックス用)
FAN2	AC100V 80mm角丸 (IKURA 8500)	アンカ材	10mm x 10mm アルミ t=1mm/t=2mm 適量
減速器	BALL DRIVE (UMEZAWA) x2	ワ大	サトパーツ x2 (フルト・ロードチューニング)
スパー	剃製 100mm/3mm 裓 x4 (平滑ブロック支持用)	ワ中	サトパーツ x2 (メーター・バンド SW)
スパー	真鍮製 20mm/3mm 裓 x4 (平滑ブロック支持用)	レタリング	ワカ粘着フィルム (コタ)
スパー	真鍮製 30mm/5mm 裓 x4 (トランス・ラジ面カバー用)	ビス・ナット	2mm/3mm/4mm/5mmΦバ・皿適量
アクリル板	2mm厚 アクリル板 (RECTBOARD/トランス・ラジ面カバー)	リベット	3mmブラインドリベット (ファイナルボックス用)
指針	0.5mm厚 プラ板 (下敷き等)		

グラビア写真集



左上:PCに乗せた本機、その小型振りが分かる

左:背面から見る、ファンと同軸リレーが印象的

上:全面から見る、分割されたコイル群の奥にRFC2とGU-74B、それに2次ファンが見える

写真説明 1~47

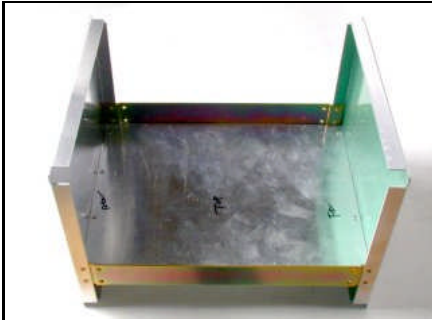


写真 1: LK-1 のサブシャシは、パネルの内側に隙間があり使いにくいいため、1.5mm 厚のアルミ板を全面に敷き直す。



写真 2: ファイナルボックスの上蓋を外した様子。マルチバンド化でタンク回路が膨らむため、高圧ケミコンに低背型を採用しスペースを確保した。



写真 3: 基板は低圧電源。右上は1次ファン、その左はスタンバイとタイマーリレー。高圧部はアクリル板で覆う。シャシ内では高周波は扱わない。

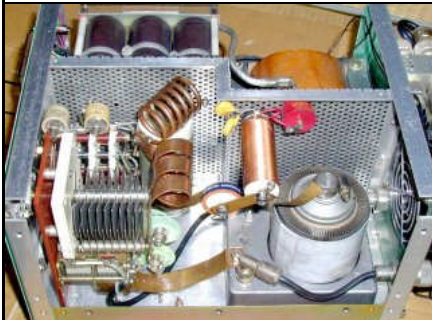


写真 4: ファイナルボックスの上蓋と側板を外したところ。メンテナンスが大変やり易い。チムニイはテフロンシートを円筒に巻いて作った。



写真 5: フロントパネルは装置の顔。未永く使えるよう、機能と美しさを兼ね備えたい。



写真 6: リアパネル。2次ファンと同軸リレーが象徴的。高周波系と、制御系が混在しないように配置してある。

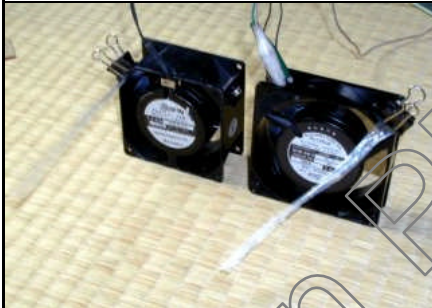


写真 7: 1次ファン(右)と、2次ファンの風量テスト。ビニールの紐を吹き流し、風量を確認する。両者とも風量は1立方メートル毎分以上。

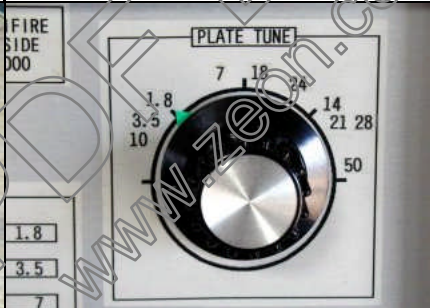


写真 8: 半透明の粘着シートにレタリングしたプレート同調板。ボールドライブに取り付けた指針と相まって操作性が良い。



写真 9: ピンクが印象的なGU-74B。もう少しフィンが大きいと使い易い・・・。

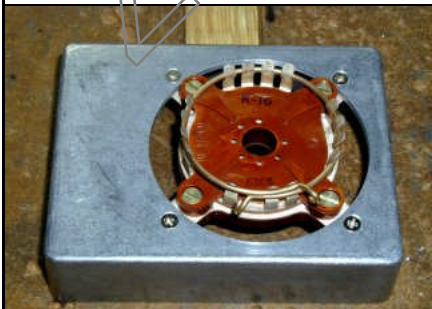


写真 10: 真空管ベースに、ソケットSK-1Aを皿ビスで取り付けて見た。

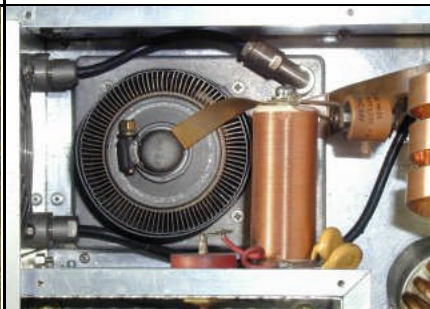


写真 11: プレートへの接続はホースクランプで行った。RFC 回りの配置も良く分かる。



写真 12: プレート RFC、試作した回数は10本にも及ぶ。ポピンが短いので、分割巻が出来ない。

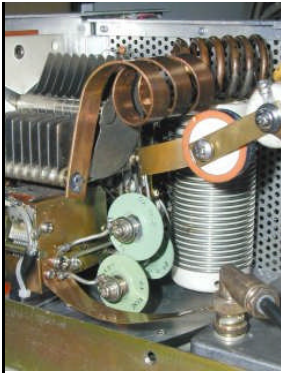


写真 13: カップリングコンデンサと負荷側補助コンデンサの取り付け状況。



写真 14: プレート側補助コンデンサに使用した HH58。5KV 耐圧の表示が見える。



写真 15: DA-30。負荷側補助コンデンサに使用した。こちらには 2KVA の印刷がされている。



写真 16: タンクコイル・バンドスイッチ・VC 群が一体となった、π ネットワークブロック。この形で取り外しが可能。



写真 17: 左ロード VC と右プレート VC。両者のグランドはリン青銅板で結線である。

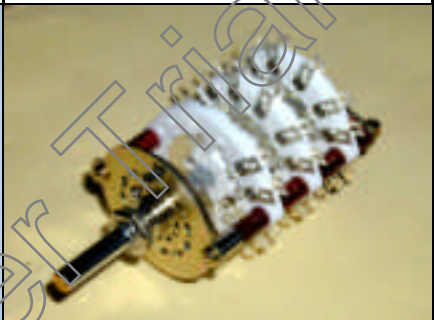


写真 18: ショートバー方式のバンドスイッチ。コイルの切り替えと、補助コンデンサの追加を行う。

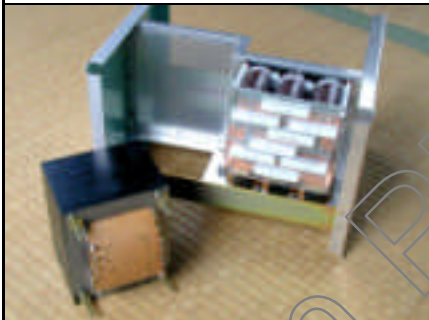


写真 19: シャシに取り付けた高圧整流平滑ブロック。その下に T2・T3 が見える。手前は電源トランス T1。



写真 20: 高圧整流平滑ブロック。低背型ケミコンを使用した。ブリーダーは 10W のセメント抵抗。



写真 21: パネルに部品を並べレイアウトを決める。内側の高周波系も十分考慮する。結果を図面におこす。

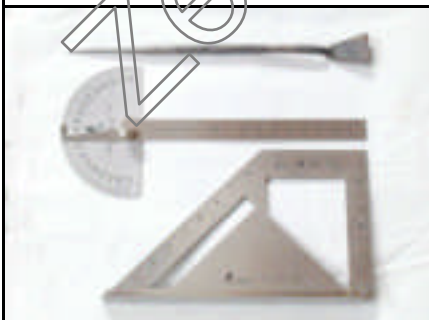


写真 22: 上から罫書き針、分度器付き鋼尺、スケール付きスコヤ。これらがないと罫書きの精度が上らない。



写真 23: 2次ファン穴を開ける。四隅を 30mm 中のパンチで打ち抜き、金ノコで切り開く。



写真 24: ヤスリで面取りして完成。丸穴を開けるより簡単に出来る。ダンボール箱で作業すれば、周辺を汚さない。単身赴任の 6 畳間でも作業 OK

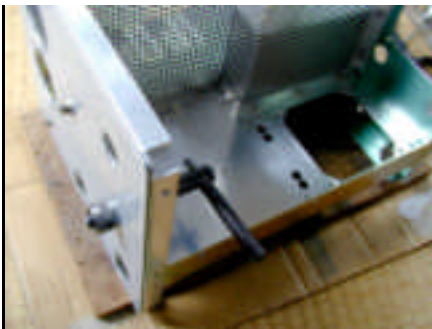


写真 25: 板金加工中のシャシ。1 次ファンの穴は 8 角形に開けている。ボールドライブ用の穴をパンチで開けているところ。

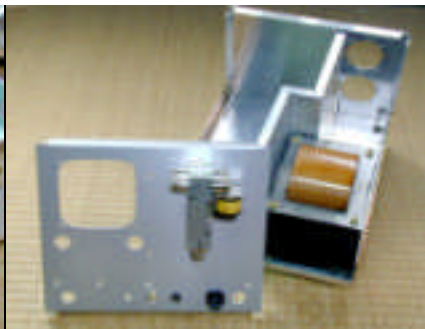


写真 26: 板金加工中、部品の合わせのために、電源トランスと同軸リレーを取り付けてみた。先は未だ長い・・・。



写真 27: 思わぬ突起に慌てないように、シャシにはなるべく皿ビスを使用する。

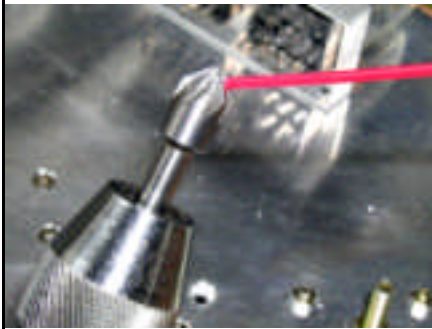


写真 29: 皿もみ歯には CRC を塗ると綺麗に仕上がる。ハンドドリルで作業すると微調が効きやり易い。



写真 30: シボラツールと電気ドリルで 75mm 中の丸穴を開けたところ。詳細は本文参照。



写真 28: 同軸リレーに 5mm のタップを立てている。



写真 31: タップにも CRC を塗ってネジを切り易くする。



写真 32: シャシの貫通穴には、用途に合ったブッシングを使う。右は高圧用、左は自在ブッシングで低圧用。



写真 33: 終段タンク回路の様子。銅板の 50MHz コイルは、最終的に 8mm 中の銅パイプに変更した。

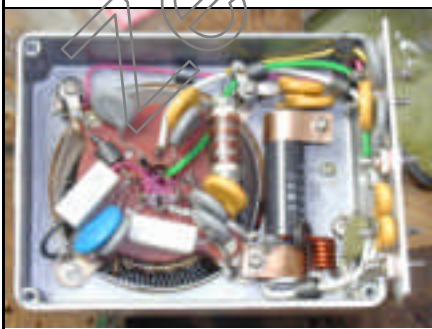


写真 34: 実装前の真空管ベース。無誘導抵抗と、右下に入力 LPF 用の L1 が見える。これをシャシ上に伏せて取り付ける。



写真 35: 1 次ファンを外して、真空管のソケットを覗く。このように簡単にメンテナンスが出来る。

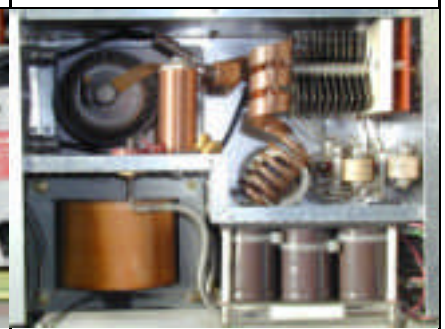


写真 36: 真俯瞰ショット。シャシ上の部品配置が良く分かる。



写真 37: タップ出しを終えたタンクコイル L4。線材は 2mmφのスズメッキ銅線。



写真 38: カーボニルコアにシリコンガラス線巻いたL5。写真は2段だが、最終的に3段のスタックになった。



写真 39: 筐体輻射によるTVIの確認。TVの上に設置したダミーロードにフルパワーを供給して確認する。

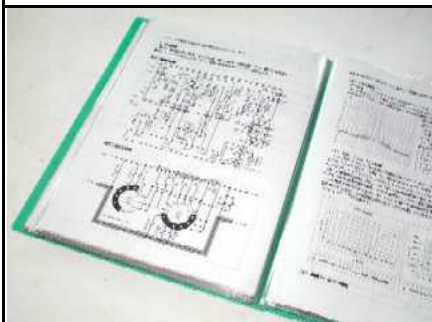


写真 40: 図面や写真、試験成績などをファイルし、後々の資料とする。



写真 41: 寄生振動が原因と思われるスパークで溶解した、バンドスイッチ接点(プレート側補助コンデンサ用)。

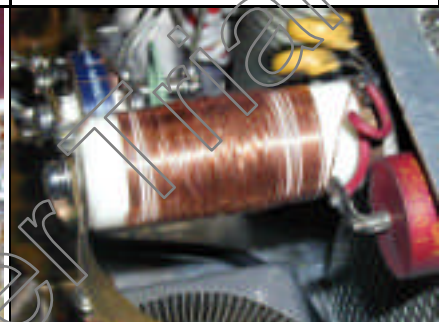


写真 42: バンド近くにホールがあったため、伸びて中央が盛り上ってしまった無残な姿のプレートRFC。

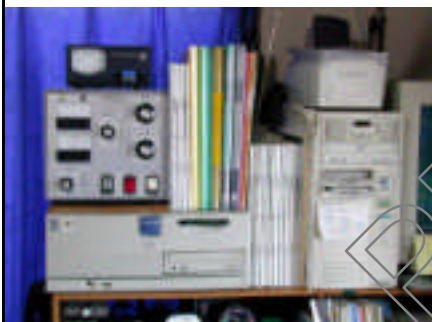


写真 43: デスクトップPCの上にセットした本機。その小型振りが良く分かる。



写真 44: カバーとファイナルボックス上蓋を外した、フロントトップビュー。



写真 45: カバーを外したリアトップビュー。



写真 46: カバーを外したサイドビュー。高圧電源回りが良く分かる。整流平滑ブロックの下は低圧電源トランス群。



写真 47: フロントビュー。バンドスイッチを中央に配し、均等な重みを付け周辺レイアウトを決めた。



写真 48: フロントビュー。パネルレイアウトの検討には、内部の高周波レイアウトも十分考慮する。

Zeon PDF Driver Trial
www.zeon.com.tw