

50MHz 3-500Z Single GG Power Amplifier
Variable Inductor for Anode Tune
45W Input to 500W Output with above 70% efficiency



Front View : Multi -meter & Tuning Knobs



Front & Top View : Front Window (Finder) for Looking 3-500Z 's Plate Color Condition



Variable Inductor : Turning Short -Ring in the Anode -Coil

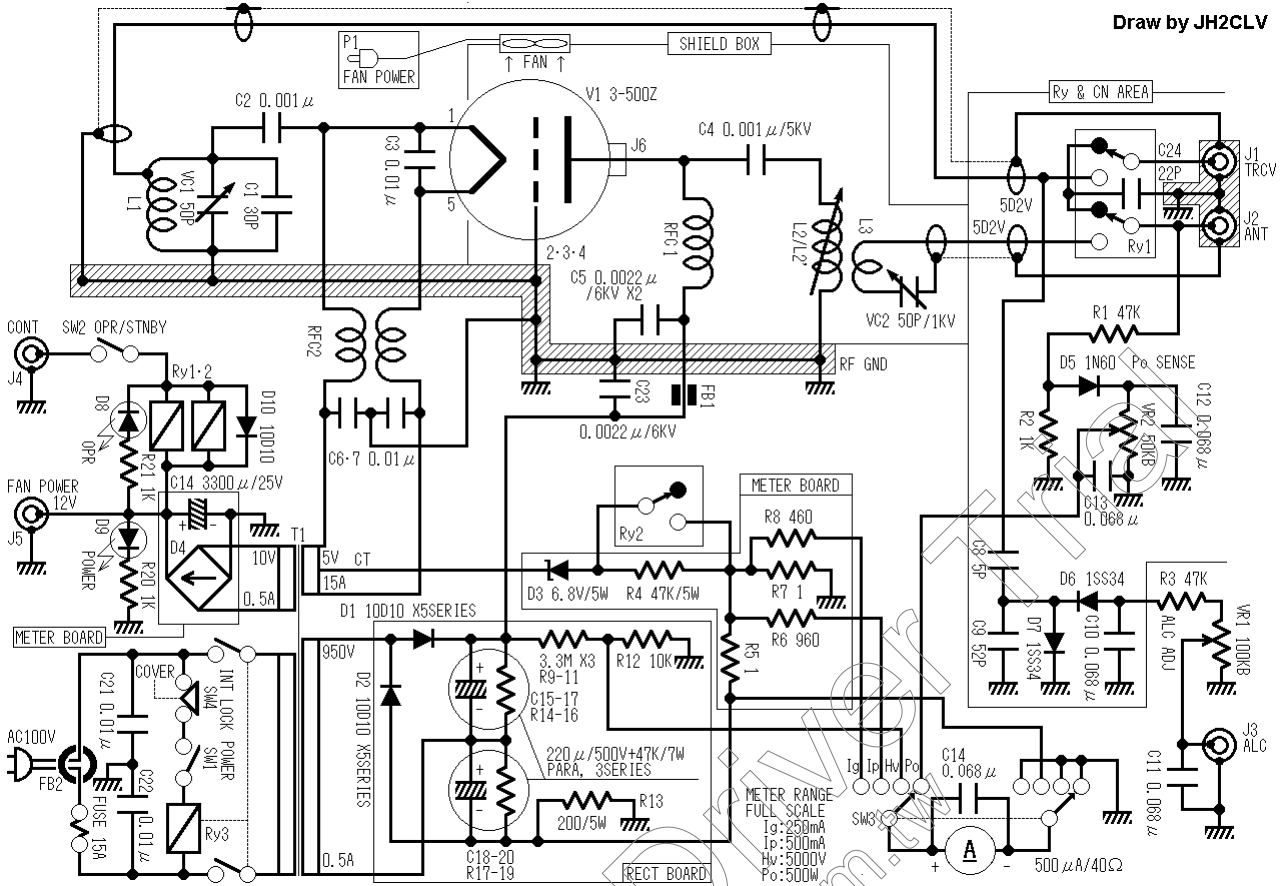


Left Side Top : Covered Final Box & Hi -Voltage PS

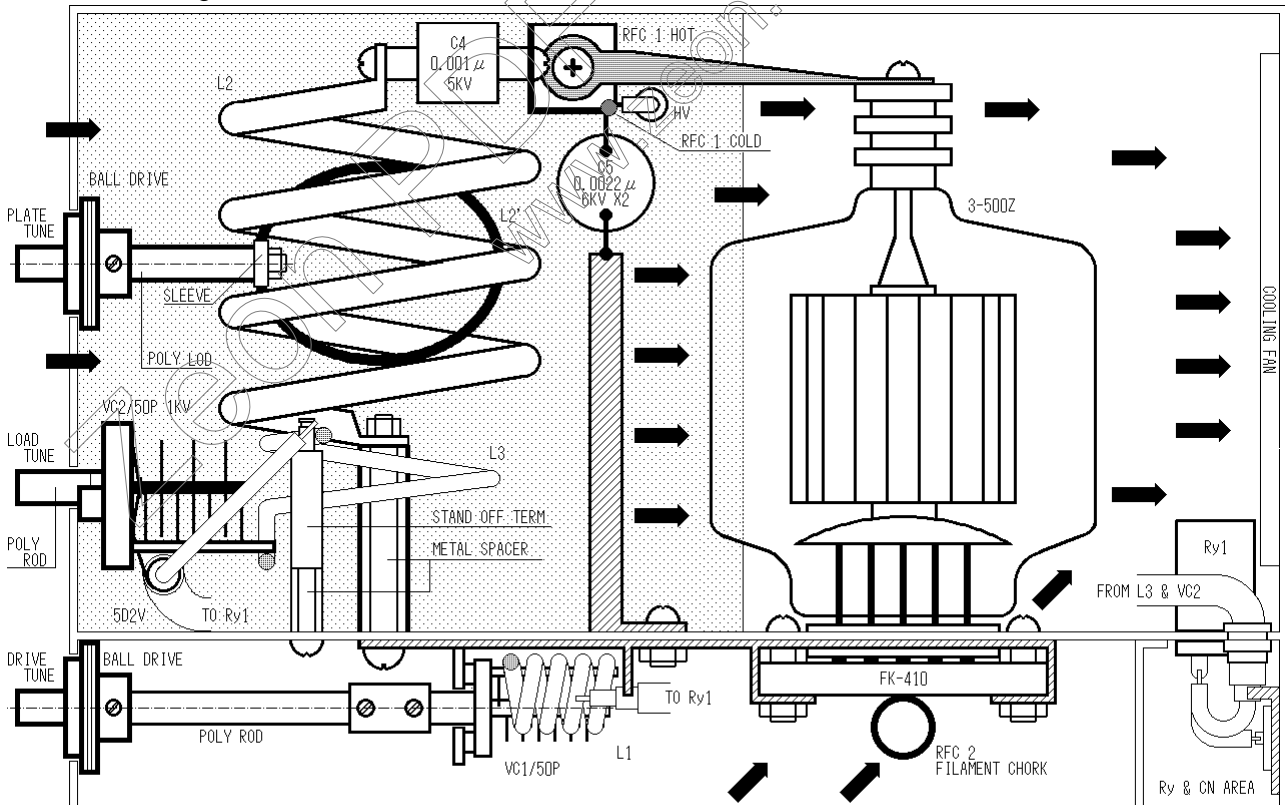
by JH2CLV/T.Mochizuki

Circuit

Draw by JH2CLV

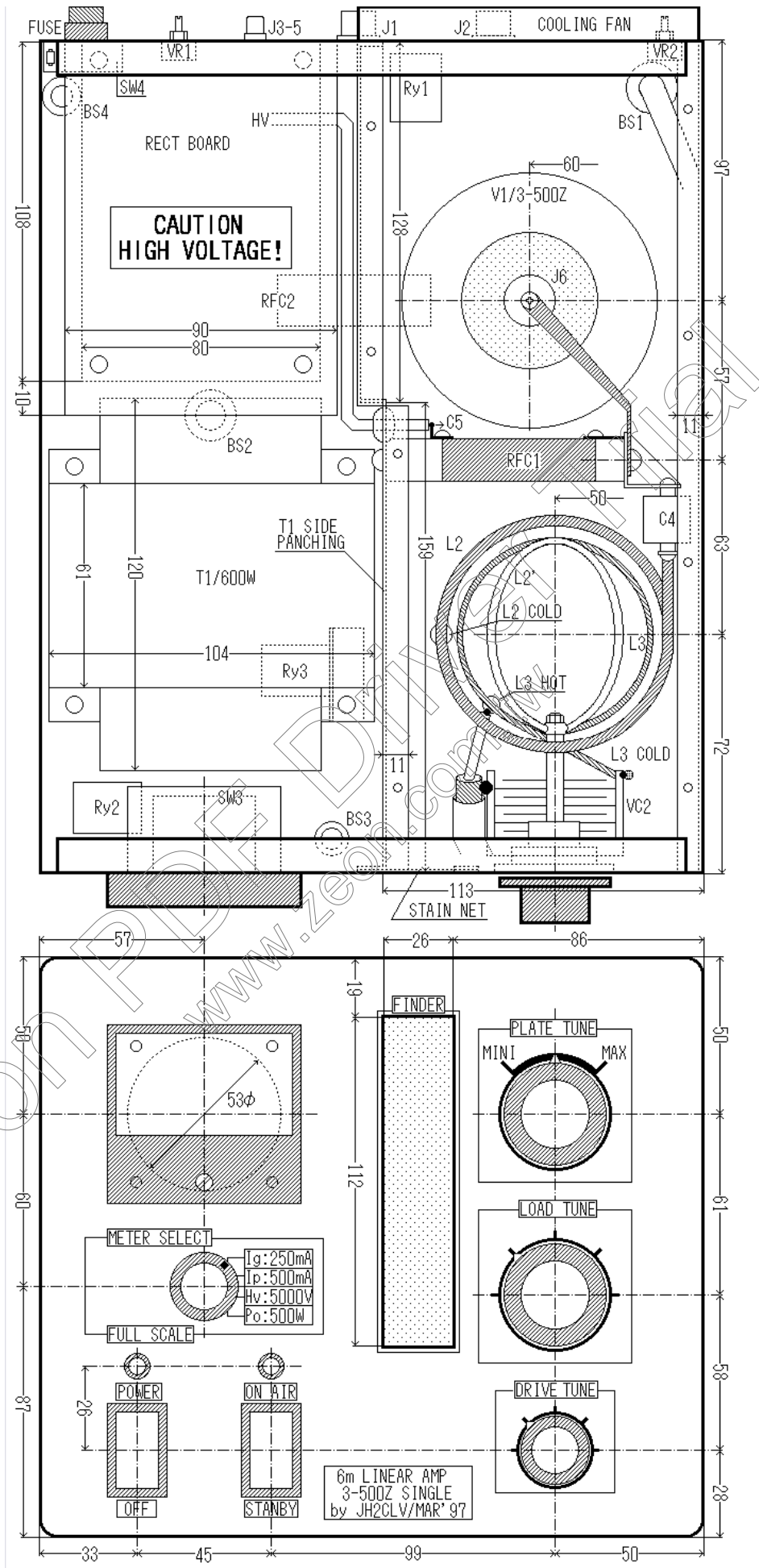


Final Box Image



Draw by JH2CLV

Rayout



6mバンドのQROを、自作リニアアンプで計画中のあなたに贈る・・・片手で運べる12Kg!

3-500ZとバリLによる『6mコンパクト500Wリニアアンプ』の製作

By JH2CLV/望月辰巳

はじめに

6mバンドでの500W申請が、法改定により地方電監で処理が可能となって数年が経ちます。当時から、500W申請を企てていたのですが、そのQROを支えるリニアアンプの決定に時間を要し、今春に至りました。メーカー製品を購入すれば事は足りるのですが、それでは「ハート」がこもりませんし、何も「面白く」ありません。それで敢えて「ハンドメイド」の道を模索していたのです。

この間、OM諸氏から数件の製作記事がCQ誌に寄せられました。それらを見ながら時機を伺っていたのですが、2・3月号のJ R 1 H A A小林OMの製作記を拝見して、遂に重い腰が上がる事になりました。

そこには久しく忘れていた、完成までの辛くとも実に楽しそうな「プロセス」が読みとれたからです。私はこのプロセスこそ、ハンドメイドの「本当の楽しみである!」と日頃から考えているもので、きっかけを作って頂いた小林OMに「感謝!」する次第です。

私と同じような境遇の方、潜在的に数多くいらっしゃるものと思いますが、如何でしょう。

たまにはキーボードやパドルから手を離し、ハンドドリルとハンダごてを握って、この「煩わしさ」に挑戦してみませんか、本当～にイイものですよ!。

製作と完成のイメージ

以下の目標を持って製作に臨みます。

デカイという印象を与えない

小型にする事で筐体輻射の低減と、シャックレイアウトへの影響を押さえる。

出力は500W

こいつから「本当に500W出るの?」という印象を与える。

プレート効率75%以上

半分熱ではダメ、500W出力で効率75%以上とし、連続キータウンは30分を保証する。

入力50W以下

入力SWRは1に保ち、定格グリッド損失内で効率良くドライブ出来る。

特殊部品を使用しない

部品は、全て通販で入手可能、または調達に苦労しない。

操作性重視

ノブ・SW類の配置は操作性に重点を置いたデザインとし、試作品とは一線を画す。

デバイスの状態把握

パネルに「覗き窓」を配し、デバイスのコンディション把握を容易にする。

メーカー製に負けない

使ってみたくなるアンプに仕上げる。

デバイスの選択

前項でもうお分かりですね。手持ち部品の関係で、迷わず真空管式に決定しました。

その理由は、HFで使用しているリニアアンプと同じ球にする事で、予備球を共通に出来るからです。本当は、ガラス球から「さよなら」したいところなのですが、当局ではこのガラス球「3-500Z」の存在は絶大なのです。

それから、ソケットを含め、とにかく安いと言う事です。メーカーを問わなければ、新品でも¥12K程度で入手可能(平成9年3月現在)で、仮に500Wを取り出したとすると、1W当たりの単価は¥24となります。この数字を実現出来るデバイスは、世の中にそんなに存在しないはずで。

今回は、予備球として手持ちしていたEIMAC製(USED)を使用しました。

回路構成と主な部品

3-500ZシングルのGG(Grounded Grid)アンプです。GGアンプのそのものの解説、それに球の規格は、参考文献を御覧下さい。

回路図を図1、高周波サイドビューを図2、部品リストを表1・2、コイルデータを表3に示します。

これは、リニアアンプハンドブック(CQ出版)の140ページからの記事(原典:1972年ARRLアマハン)を基に、シンプル・イズ・ベストをモットーに、私流にアレンジしたものです。

回路は入力タンク回路、出力タンク回路、メーター回路、スタンバイ回路、ALC回路、電源回路に大別できます。以下特徴部分を簡単に説明しましょう。

なお、出力タンク回路の定数が原典では不明のため、動作結果から算出したものを後述します。

【入力タンク回路】

エキサイターとの整合を重視し可変同調にしてあります。球側のインピーダンスが約120 ありますので、L1の入力側をタップダウンしてベストポイントを探します。

VC1の位置から判断すると、同調容量が約50PFなので、リアクタンス $X_c = 1 / C = 1 / 2 \cdot f C \cdot 60$ 程度となります。負荷が120 なら、負荷 $Q = R / X_c = 120 / 60 = 2$ で動作している事が分かります。

低Q回路だから、余り神経質にならなくてもと言う意見もあります。しかし、エキサイターとの整合で、良いところに「合わせられる」魅力は大きく、一度試すと止められません。とにかく、入力電力や周波数の違いで、VC1の位置が大きく変わりますから。

【出力タンク回路】

なんと言ってもバリLです。球の出力容量と、回路のストレージ容量の合成が同調容量となります。この容量に対して50MHzに共振するように、プレートコイルL2を決定します。

バリLは、L2の中央・内側でワンターンのショートリングL2'を回転させ、相互の結合度を可変しインダクタンスを変化させます。

すなわち、両者が同じ方向の時インダクタンスが最小、直角の時最大となります。

よって、90度の範囲に使用する周波数が展開するよう、L2のインダクタンス、及びL2とL2'の結合を調整します。シールドボックスに収めた時、更に蓋をした時でストレージ容量が増加し共振点が下がりますので、調整はカット&トライになります。

L2は、球の出力容量(4.7PF)とストレージ容量の合計を10PF程度に見込み、固定コンデンサとディップメーターを用い、50MHzに共振するように決めます。「実装前」にこの作業を必ず行い、何処に共振しているかを常に把握する事にします。

機構は、パネルに取り付けたボールドライブが、絶縁スペーサーにネジ止めされたL2'を駆動(回転)する事で行います。L2'は接合部を電工スリーブで行い、平らに叩きハンダを流した後ネジ穴を空け、絶縁スペーサーに取り付けます。

L2の固定は、RFC1上部にネジ留めされたC4と、シャシーに取り付けた金属スペーサーにネジ留めで行います。銅パイプですので、エンドは平らに叩きネジ穴を空け、必ずハンダメッキを施します。

一方、リンクコイルL3はワンターンで、L2のコールドエンドの内側に配置します。両者の距離が開くと結合が浅くなり、500Wの取り出しが難しくなります。図2では、全体を分かり易く見せるために、やや離れた位置に書いてあります、注意して下さい。

固定は、パネルに取り付けられたロードバリコンVC2のステータと、シャシーに取り付けたスタンドオフ碍子で行

います。VC2は、500Wにもなるとローター側でも電位を持ちますので、絶縁シャフトのモノがお奨めです。もし金属だと、ノブから手を離すと同調点が変わったり、不要輻射の原因になります。

詳細は図2を参考にして下さい。

【メーター回路】

500 μ Aの直流電流計1台で、グリッド電流 I_g ・プレート電流 I_p ・プレート電圧 H_v ・高周波出力 P_o を表示する、マルチメーター方式です。

当初は2台方式を考えていたのですが、パネルデザインを考慮すると、適当なサイズのモノが無く断念しました。

使用した電流計の内部抵抗は約40（実測）あるため、倍率器はこの数字を考慮して決めます。この倍率器を始めとする抵抗群は、後述する陰極抵抗それに低圧電源の整流回路と併せ、平ラグに実装します。

なおR5・7は、皮膜型だと外乱により破断する可能性がありますので、必ず巻き線型又はそれに準じた物を使い、メーターを保護します。

P_o は、出力の一部を抵抗分割しD5で整流して直流出力を得ます。計測点は出力コネクタで、スルー状態でもエキサイター出力を表示します。但し、表示は非直線です。

なおこれらは、いわゆる「測定器」に当たり、完成後の内部診断（電監検査も含め）の頼りはこれだけになります。このため、一時的な精度より長期的な安定度を重視します。

各表示のフルスケール値を表4に示します。

【スタンバイ回路】

陰極抵抗R4によるセルフバイアス方式です。送信時にRy2でR4を短絡し動作状態にします。これに連動して、アンテナとエキサイターの切り替えをRy1で行います。Ry1には、アンプの入出力が接続され格好の発振ループが出来そうですが、低インピーダンス回路で利得も10dB程度のため、6mバンドでは問題になりません。

アンプスルー時は、リレーや配線によってSWRが悪化しますので、補償用のコンデンサC24を挿入し、暴れを押さえています。

Ry1・2は、外部からの接点情報で送信制御されます。電流容量は150mA必要です。

【ALC回路】

ヒースキットのSB-1000で採用されている回路を参考にしました。

スレッシュホールドは設けず、入力を小容量のコンデンサで取り出し、倍電圧整流（負極）してレベル設定後、そのままエキサイターのALC母線に返します。

【電源回路】

当初、手持ちのトランスで始めたのですが、高圧巻き線の容量不足から、450W出力（ $H_v = 1700V$ ）が限界であったため、思い切ってメーカー（伊勢市西崎電機）に発注しました。

最初のトランスは760V/0.35Aで、発注したものは950V/0.5Aです。このトランスは、5V/15A（CT付）10V/0.5Aも二次巻き線として巻かれ、税・送料込みで¥14K足らずで入手出来、納期は4日でした。

フィラメント電源はトランスのAC5Vを使用しますが、球のピン（ソケットではない）での電圧が規定値（ $5 \pm 0.25V$ ）に収まるようにします。トランスT1には、2.6mm ECが巻かれています。フィラメントチョークも含めて、線材による電圧降下と発熱には十分注意します。

高圧電源は950Vを両波倍電圧整流します。整流器は、10D10を5個シリーズにしたものをシリコンの伸縮チューブに通し、熱風を浴びせたモノです。このやり方はスペースをとらず、本体も絶縁されるため実装性に富みます。

平滑コンデンサは、220 μ F/500WVのケミコンを6個シリーズにして、約36 μ F/3KWVを得ます。各々にはブリーダー（&デバイダー）抵抗として47K/7Wを取り付けます。

私の住んでいる名古屋市では、この500WVのケミコンが入手難でした。やっとの思いで「オーディオ専用」と称するものを見つけても、1個¥9Kと高く手が出ません。東京出張の折り適価で発見し、「さすが秋葉！」と思わず感激してしまいました。

これら整流器・ケミコン・ブリーダーは、3mm厚のベーク板の上に上向きに置き、上部にプリント基板を配して配線

を行い、最上部は透明アクリル板で覆い安全対策します。それぞれの板は金属スペーサーで支持し、形が崩れないようにします。なお、ケミコン群には高圧がかかりますので、ホット群とコールド群それぞれ3個づつをタイラップで縛り、周辺に容易に触れないように対策します。

低圧電源は10Vをブリッジ整流し、平滑コンデンサを抱かせるだけの簡単なものです。

バイアス回路は、ゼロバイアス管なので本来不要なのですが、ベース電流が100mAを越えると、無入力時の損失が250Wにもなります。このため、6.8VのツェナーダイオードD3(1W×5パラ)でバイアスを作り、ベース電流を押さえています。

【その他】

C4は、高耐圧に併せ大電流が流れますので、電力用の信頼性のあるものが必要です。特に今回は、同調容量の多くを「球側の容量」に依存しており、C4に通常より多目の共振電流が流れます。C5はバイパス用で、RFの漏れを素早く信号源に戻すもので、耐圧は必要ですが電流はC4に比べれば僅かです。

RFC類は全て手巻きします。プレートチョークRFC1は、実装した時に共振点が6mバンドから十分離れている事を確認します。私の場合、70MHz付近に共振点がありましたが、思いもよらないところで共振している場合もあるため、ディップメーターで入念に調査します。NGの時は、巻き数やピッチを変えて巻き直します。

フィラメントチョークRFC2は、熱に耐えるボビンが無かったため、20Wのホーロー抵抗に巻きました、苦肉の策です。巻き始めと終わりは、伸縮チューブを通しタイラップでホーロー抵抗の端子に固定します。1.6ECでも14.5A流れると結構な発熱となりますので、配線も耐熱電線を使用します。

インターロック機構は一次側のみで、ケースの上蓋を外した時マイクロスイッチSW4とRy3によりAC入力を遮断します。

シャシー・パネルレイアウト

図3に、シャシーとフロントパネルのレイアウト図面を示します。

ケースはLEADのLK-1(227×197×287/カバーは含まず)を使用しました。このケースは、前・後パネル間の全面に渡ってシャシー板が敷かれていないため、アルミ板で別途製作しこれに取り替えます。

シャシー上は、大きく左が電源部、右が高周波部に分かれます。その仕切りは、球の大きさと電源トランスの関係で一直線にはならず、途中1cm程クランクしています。高周波部は、シールドボックスに収めますが、背面に吸い出しファン、トランス面にパンチング板、前面パネルにステンレスネットの覗き窓を配してあります。パンチング板は球以外に、電源部の冷却も考慮した結果です。

また、球のソケットは5mm程度シャシーから沈め、底からも空気が流れるようにし、併せてフィラメントチョークも冷却します。

高周波ボックス内は、手前から出力タンク回路、プレートRFC、3-500Z、そして一番奥にRy1が並びます。ファンは、保守性を優先させ外付けとしました。

パネルレイアウトは、右に高周波関係のチューニン、左にメーター関係と電源関係、中央に前述の覗き窓を配してあります。

出力タンクコイルの直径が72mmと大きいので、バリLノブの位置が内側に入り、パネルデザインに圧迫感を与えます。ボックス内のクリアランスを10mmとすると、かなり入った感じがするのです。

これを、レタリングを巧妙に行う事で、視覚的にごまかします。本当は、あと最低10mmは外側に出た方が落ちつくのですが・・・。

他のチューニングノブは、バリLノブの下に一直線に並べました。バリLとドライブチューンはボールドライブで減速し、チューニングを取り易くします。ボールドライブのパネル面には、目立つ色のプラ板で作った指針を取り付け、雰囲気を出します。

なお、フロントパネルは2枚構造になっているため、皿ビスを多用し化粧パネルにはネジが顔を出さないよう細工してあります。

レタリングは、いわゆるインスタントレタリングは使用しません。ワープロ用の半透明の粘着シートに、ワープロやPCで作成した図形をプリントアウトして、これを入念に張り付けます。目盛板や表示板が思い通りに、しかも何枚も作れ、爪で擦っても容易には剥がれません。一度お試下さい。

実装上の注意

【リターンルートの把握】

大切なのは、信号のリターンルートを常に意識する事です。例えば、図面上では「アース記号」を使って、簡単にシャシー等に信号を流し込んでしまいましたが、これは信号の「帰り道」で、実はホット側と同じレベルで論じられるべきです。

信号源のホット側から負荷に渡り、信号源のコールド側(一番電位差が有るところ)に帰るルートが、最短で且つ他の信号と共通にならないようにします。

チューニング中に、VCの回転角度と電流の関係にヒステリシスを感ずるような場合は、リターンルートで入出力が結合している可能性があります。

とりわけVHFともなれば、シャシーの一部に電流が流れると、あたかもアンテナ給電と同じ事が装置全体で発生する場合があります。そうなると、不用意にグランドに落としていたコールド側の処理が気になって来るはずで

今回は、3 - 500Zのグリッドを中心に、入力側と出力側にグランド強化を図り、最短のリターン回路を構成しました。また、出力回路はリンクコイルのため、球側グランドとの分離が可能で、出力コネクタ部でグランドに落としてあります。

【温度処理】

次に大切なのは熱の処理です。どうしても、球とシールドボックス内の冷却に目が行き勝ちです。

しかし、電源トランスやブリーダー抵抗、それにフィラメントチョークからの発熱もかなりのもので、自然空冷では期待が持てません。

球の冷却ルートの吸入側にこれらを巧く配置し、装置全体が均等に冷却されるように心掛けます。

これをやらないと、連続キータウン時又は夏場の長時間運用で、部分的な温度上昇を招き、特性や部品の劣化につながります。

【配線処理】

次に配線です。基本的に線材は「からげ」をした後にハンダを「流す」基本形を必ず守ります。ハンダだけで部材間を結ぶ事は、危険で信頼性を落とします。ハンダが流れ落ちて、部材間が繋がった状態を維持しなければなりません。

同軸ケーブルの端末処理は、図7の様に直径0.8~1mmのスズメッキ線を、幅5mm程度網線の上に巻き、ハンダを流しスリーブを作ります。必要があれば卵ラグを巻き付けたり、スズメッキ線を残し配線リードとします。

この方法は、M型コネクタの取り付けにも有効で、私は好んで使っています。

【その他】

線材は、電流容量や周囲温度に見合ったモノを選ぶべきです。余裕を持つのは良いのですが、必要以上は全体のバランスを崩し見苦しくなります。

ネジ類は可能な限りトルクを上げ締め付けます。このため、導電性が良くても柔らかい材質のモノは敬遠します。締め付けが弱いと、10W程度の出力低下が普通に発生し、また不要輻射の原因を作ります。

調整

【スタティック調整】

出力タンク回路の共振周波数の調整には、根気が必要です。型とは違った世界ですので、感じを掴むまで慌ててコイルを切ったりしないよう注意します。

まず、球を実装した状態で、共振点をディップメーターで探します。蓋をすると共振点が更に下がりますので、カット&トライを繰り返します。

最終的にショートリングL2'を一番抜いた状態で、バンドのローエッジに共振点に来るようにL2を切り込みます。動作時は負荷され共振点がずれますので、エッジには程良い余裕を持たせ、周波数を追えるようにしておきます。

私の場合、コイルデータの通り3.5Tで目的周波数に達しましたが、最初は4Tから始まり、2cm程度づつの切り込みを2回繰り返しました。現在、4.9~5.2MHzに同調出来ませんが、これ以上の深追いはしておりません。とにかく、相手は5mmの銅パイプで、作業は楽ではありませんから。

一旦追い込めば、後はコイルの幅を変え微調整に入りますが、切り込む時に多くは動きません。

入力タンク回路についても、ディップメーターで共振点がバンド内に来ている事を確認します。

余談ですが、L2の調整中にディップメーターの「遠離りテスト」をやったところ、コイルから50cm離れてもディップを確認する事ができました。もの凄いIQだと思います。

いよいよ通電ですが、その前に「おきまり」の誤配線の確認をします。異常が無ければ球を抜いた状態で電源を入れ、各電源が正常に動作しているかを、メーターとテスターで確認します。

次に球を実装し、フィラメント電圧が許容値内にある事を確認します。またIpを見て、球がカットオフになっている事も確認します。

異常が無ければこの状態で30分程度放置し、異臭や発熱が無いか確認します。

以上で問題が無ければ、次はRF信号を入れた調整に入ります。

【ダイナミック調整】

プレート同調とドライブ同調は中央、ロードバリコンは一杯抜いておきます。

エキサイター・SWR計・ダミー&パワー計を接続し(図5参考)無入力の送信状態でベースカレントが50mA、Hvが2600V程度である事を確認します。

続いて、小電力(2~3W)のCWでドライブします。この時ドライブ同調はIg最大、プレート同調はIp最小に合わせます。続いて、ロードバリコンを入れ負荷を掛けながら、出力が最大になるようにそれぞれを微調整します。入力同調は、最終的に入力SWRの最小値にセットします。

最初は無負荷のためIpのディップは急峻で、タンク回路の無負荷Qの高さを感じさせます。

この状態で80W程度の出力が得られれば、動作はほぼOKでしょう。

次に入力を徐々に上げ50Wとします。三者の同調を取り直し、出力が最大となるようにします。この時AC受電に極端な電圧降下が無ければ、500W前後の出力が得られるはずですが、500W出力時の状態例を表5に記します。500Wが得られたなら、VR2でPoメーターをフルスケールに合わせ、それ以降の目安に使います。

もし入力SWRが1付近に来ない場合は、L1のタップ位置を調整します。ドライブレベルによって負荷インピーダンスが変動しますので、微弱電力のインピーダンス計でタップを探す場合は、負荷側にダミーをつなぐ等の工夫が必要です。

小電力に比べ50W入力では、ドライブ同調は抜く方向、ロードバリコンは入る方向になります。

Igの増加に伴い、球の入力インピーダンスの変化が、ドライブ同調VC1の位置で良く分かります。

【C24の調整】

アンプスルー状態で、エキサイター出力のSWRが最小になるようにC24を調整します。20PF前後に最良点があるはずですが、配線によって変わりますので、容量の異なるモノを幾つか用意し、カット&トライで決めます。私の場合は22PFでした。

HFでは無視できる値ですが、VHFではSWRを悪化させますので必ず取り付けます。

【ALCの調整】

入力がオーバードライブにならないように、つまりエキサイターが50W以上の出力を出さないように、ALCレベルVR1をセットします。最近のトランシーバーは、50MHzでも100W出力の製品が多いので、特に注意が必要です。

高調波の確認

【高調波の確認】

500W出た！、と言って喜んではいられません、単体での高調波特性を確認します。

ノーマル系

6mバンドのLPFをダミーの前に挿入し、出力の変化を見ます。表示の低下分が、LPFのロス分とほぼ一致すれば第一関門突破です。使用したCF-50MRは、規格によれば0.4dBの損失(91.4%)がありますので、500Wを放り込めば、450W前後は出力されるはずで

参考までにスペアナで測定した、500W出力時の高調波分布のコピーを、図6-Aに示します。一番左が基本波で、以下順に50MHz間隔で10次まで表示してあります。但しこの表示は、方向性結合器のf特補正(-6dB/OCT:周波数倍で6dB減算)をしてありません。それを加味したのが図6-Bで、一番大きいのが4次(200MHz)の-28dB、それ以外は全て-40dB以下に落ちています。

それで、500W(57dBm)に対する-28dBと言うのは、 $57\text{dBm} - 28\text{dB} = 29\text{dBm}$ 0.8Wとなります。同じく-40dBでは、 $57\text{dBm} - 40\text{dB} = 17\text{dBm}$ 50mWです。

大抵の方は、この図と数字に驚きますが、裸ではこの程度だと言う事を認識して欲しいと思います。これらは、TVIを発生させる信号として十分過ぎる量で、このままでは恐くて使えない事が良く理解出来ると思います。それでもエネルギーの99.7%以上が基本波に含まれているのですが・・・ベースが大きいと言う事ですネ。

そこでLPFの登場になります。高次減衰が80dB以上とれていければ、問題の無い値まで落とせます。前述の4次高調波で見れば、 $57\text{dBm} - 28\text{dB} - 80\text{dB} = -51\text{dBm}$ 0.008μW以下、と大変微弱になります。図6-Cがその状態ですが、高調波はこのスケールではノイズに埋もれて確認出来ません。

図6-Dは、確認のため同一スケールでエキサイタ出力(50W)を見たもので、大変良好です。

注：ここでのdBm表示は絶対量、dBは相対量を意味し、双方とも電力表示です。

コモン系

次に筐体からの輻射、コモン系の確認です。

LPFを挿入した状態で、近傍に置いたTVへの障害を確認します。特に高調波関係にある2・3・9・10chを、周波数や電波形式を変えながら入念に確認します。

もし筐体(ケースや同軸ケーブル等)からの高調波輻射が一定量あれば、TVにビート(縞)が混入します。ビート周波数が高くなりすぎると、可視ビートにならず見逃しますので、送信周波数はバンド全体をくまなくスイープし確認します。

ビートが混入した場合、エキサイター及びリニアアンプを、高周波的に全て絶縁した状態(AC電源・他システムを、コモンモードフィルタで遮断する)で障害が無くなる事を確認します。

【何故確認をするのか】

これは、リニアアンプを自作する上で、大変重要な「心掛け」です。

結果的に電波障害が出なければ良い、と短絡的に考えないで下さい。システムに組み込む前に、単体の能力がどれ程のものか確認しておけば、その後の対策が「闇雲」にならずに済みます。

の確認でもし明らかな異常があれば、これから先には進めません。チューニングの取り直しやRFグランド系の見直しが必要になります。

高調波を含んだ電流は、LPFによって「負荷(ノーマル)」には流れなくなっても、「筐体(コモン)」には何時も流れている訳で、不要輻射の可能性を十分持っている訳です。

なお上記は、TVにとっては一番優しい「純負荷ダミーの500W」ですから、余程おかしい作り方をしていない限り、問題は解決すると思います。

試験成績と所見

【基本動作】

表5 : [動作例] 参考。

なおここでは、入力 $P_{in} = H_v \times I_p$ (W) とし、効率 = P_o / P_{in} (%) としており、入力ドライブ電力は加算しておりません。

【入出力特性】

表6・図4 : [入出力特性] 参考。

ドライブ電力に対する、各パラメータの変化を表とグラフにまとめました、全体の傾向が掴めるといいます。これは、500Wでチューニングを取った後、ドライブ電力を順次落とし測定したものです。

注目は、500W出力時のプレート効率76%で、驚くべき値です。ダミーやLPFの触れない程の温度上昇に比べ、極めてクールに動作します。

我が家の商用受電の事情は、情け無い程に悪く、100Vが95Vまで落ちます。これが、 H_v の電圧降下の原因の一つになり、全体のリニアリティをやや崩しています。 I_g の直線的な伸びに比べ、 I_p が同じように伸びないのにはそこに原因があります。受電電圧を100V以上、また H_v を2300V以上に維持出来れば、よりリニアリティが増すはずですが。

500W出ないと言ってドライブを上げ I_g を振らすのは禁物です。125~130mAが限界で、それ以上は電極や球を痛めますので注意します。 H_v が低い場合、プレート損失は余裕なのに、 I_g ばかり流れて出力が伸びない現象に陥りますので注意します。

【連続キーダウン】

冒頭の計画通り、500W出力で30分間のCW連続キーダウンを確認します。覗き窓から、球を中心としたシールドボックス内の状態、それに本体やACコードの発熱を確認します。

プレート中心部がほんのりと赤化し、前述のようにダミーとLPFが触れない状態になります。しかし、アンプ側は極めて安定に動作し、表5のデータを維持しました。

3分経過したとろで、プレートは既に薄く赤化し、ダミーは警告灯が灯り一瞬「ドキッ!」です。15分経過すると、ダミーのオイル温度が上昇し「てんぷら鍋」のような臭いを発しましたが、強引に30分テストを続けました。

この間、興味はアンプから負荷側に移り、どちらがテストされているのか分からなくなります。

動作データが示す通り、500W出力時のプレート入力と出力の差は僅か160Wです。3-500Zのプレート損失500Wから見たら、余裕のある限りで、球には殆ど負担が掛かっていません。

連続キーダウンとなると、やや怖い部分がありますが、こうして実績を作っておくと安心です。しかし、USED球でもこの実力ですから大収穫です。

【球による特性の確認】

同調周波数ずれ

同調容量の半分を球の出力容量が占めますので、メーカーの違いによる同調周波数のずれを確認します。FAL製に交換してみましたが、同調点は全く同じでした。参考ですが、FAL製はEIMAC製の電極を使用しているそうです。

データの違い

EIMAC製とFAL製(新品)との違いを $I_g \cdot I_p \cdot H_v \cdot P_o$ で確認しましたが、明らかな違いは確認出来ませんでした。

ただ前者は使い込んであるため、フィラメントの色温度が低下しております。

【第3次混変調積】

残念ながら、信号源が揃わず今回は見送りです。

聴感によるモニターでは問題ありませんが、定量的データではありませんので、あくまで参考です。

$H_v = 2200$ V程度なのに、ツェナーダイオードで6.8Vもバイアスを掛けており、SSB運用で歪みの出方がやや気になるところです。

【記録と整理】

一定の区切りがついたなら、上記関係の試験結果や最終的な図面とデータ、それに写真や資料をファイルします。そして、時々状況を「考察」し、ドキュメントとしてマニュアルに残します。

この作業も実に楽しいもので、いつ紐とくか分かりませんが、将来きっと有益なものになります。

出力タンク回路のデータを試算する

プレート負荷抵抗や、タンクコイルと同調容量の「値」が原典には示されていません。

そこで、500W出力時のデータから、それらを「概算」ですが割り出して見ます。

表5によれば、Ep(Hv)=2200V/Ip=300mA ですのでプレート負荷抵抗R1は

$$R1 = \frac{Ep}{1.8Ip} = \frac{2200}{1.8 \times 0.3} = 4.1K$$

出力負荷抵抗R2は既値で

$$R2 = 50$$

また、「並列同調タンク&出力直列同調」回路の、1次及び2次側の容量性リアクタンスXc1・Xc2、負荷QであるQ1・Q2、負荷抵抗R1・R2の関係は

$$Xc1 = \frac{R1}{Q1}$$

$$Xc2 = Q2 \cdot R2$$

この時Q1とQ2を仮(一般値)に12と2にとり、f=51MHzでC1とC2の値を求めると

$$Xc1 = \frac{R1}{Q1} = \frac{1}{C1 \cdot 2 \cdot fC1}$$

$$C1 = \frac{Q1}{2 \cdot fR1} = \frac{12}{2 \times 3.14 \times 51MHz \times 4.1K}$$

$$= 9.2(PF)$$

$$X_{C2} = Q2 \cdot R2$$

$$X_{C2} = \frac{1}{C2}$$

$$C2 = \frac{1}{2 \cdot f Q2 R2} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 51\text{MHz} \times 2 \times 50}$$

$$= 31(\text{PF})$$

また共振していますので、誘導性リアクタンス $X_{L1} \cdot X_{L2}$ は $X_{L1} = X_{C1}$ 及び $X_{L2} = X_{C2}$ となり、この条件から $L1 \cdot L2$ を求めると

$$X_{L1} = \frac{R1}{Q1}$$

$$X_{L1} = L1 = 2 \cdot f L1$$

$$L1 = \frac{R1}{2 \cdot f Q1}$$

$$X_{L2} = Q2 \cdot R2$$

$$X_{L2} = L2 = 2 \cdot f L2$$

$$L2 = \frac{Q2 \cdot R2}{2 \cdot f}$$

上式から $L1 \cdot L2$ を導けば、以下の値になります

$$L1 = 1(\mu\text{H})$$

$$L2 = 0.3(\mu\text{H})$$

$C1 = 9.2 \text{ PF}$ は、当初見込んだ 10 PF に近く、読みがほぼ的中しました。

$C2 = 31 \text{ PF}$ は、 500W 出力時のロードバリコン $VC2$ の容量に一致します。

プレート負荷抵抗は 4.1 K とやや高めですが、 76% の効率は、この辺に起因しているものと考えられます。

なお上記は、あくまで概算ですので悪しからずご了承下さい。それから、便宜上 $C1 \cdot C2 / L1 \cdot L2$ としましたが、図面上では $C1$ は球の出力容量とストレージ容量の合成、 $C2$ は $VC2$ 、 $L1$ は $L2$ と $L2'$ の合成、 $L2$ は $L3$ に該当します。

まとめ

バリLとストレージ容量を使った今回の同調方式は、正直なところどんなモノか半信半疑でした。プレート負荷抵抗や負荷Qは一体どの辺か、共振点の探りに時間が掛からないか、球を変えたら共振点がずれないか、ショートリングが発熱しハンダが溶けないか等々、不明な部分が多かったからです。

色々な想像を巡らせながら作業が始まりましたが、これらは全て取り越し苦労に終わり、逆に貴重なデータを得る事が出来ました。

500Wで連続キータウンを30分続けると、途中からプレートがほんのりと赤くなりますが、出力の低下は無く安定に動作します。かつて型で、スパークを気にしながら、恐る恐るバリコンを回していたのが、全く夢のようです。

総重量は、何と「12Kg」に収まっており、総合バランスの良さを象徴しています。1W当たりの重量を数字で表せば2.4g/Wとなり、これは簡単に実現出来る数字ではありません。ちなみにHL-1K6は3.8g/Wです。

また同様に容積との比を見ると、26立方cm/Wで、HL-1K6は29立方cm/Wで、その小型ぶりが分かります。

以上、冒頭に掲げたイメージは、十分に満足出来る結果となりました。50MHzのQROを、「自作リニア」で計画中の皆様の参考になれば幸いです。

なお、私はサラリーマンで、夜の作業が中心となりました。アパート住まいで電動機器は騒音のため使えず、板金作業はハンドドリルとヤスリでコツコツとやりました。この間、作業開始からマニュアルの完成まで、約1カ月半を要しました。

ファンやメーターの大きな丸穴あけは、久しく忘れていた肉体作業の感覚を蘇らせてくれました。家族が寝静まった頃、枕元でゴリゴリと始めるわけですが、知らないうちに1時・2時となります。しかし、これ程時間の経過を忘れさせてくれる楽しみは、今の世の中そんなに無いなあ！と、新ためて「ハンドメイド」の素晴らしさ感じております。

子供達は、最初「変なモノ作ってる！」位にしか思わなかったようですが、終盤は毎朝姿の変わるリニアを、「アンプ！、アンプ！」と言って覗き込むのが日課になりました。フィラメントが点灯し、ファンが回った時などは大騒ぎでした、ここからが次のステップだと言うのに・・・！。

現在、固定局のあるホーム（清水市）に持ち帰り、変更申請の準備中です。製作から運用まで、健全なQROを心掛けたいと思います。

最後に、部品の調達でお世話になったFALの中島氏、測定器を長期間貸与して頂いた平丸ムセン（名古屋市）のご主人に御礼申し上げます。

=参考文献=

「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)

「送信機的设计と製作」(CQ出版・梶井謙一著)

「アースと熱」及び「アース」シリーズ

(日刊工業新聞社・伊藤健一著)