

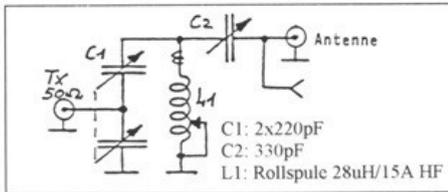
Tuner für symmetrische Antennen oder Feederleitungen

Umbau eines Eigenbau-Transmatch zu einem S-Match

für die Bänder (160M) 80M bis 20M (10M)

Leistung >500W-HF

erstellt von DF1BT, Ludger Schlotmann Dinklage

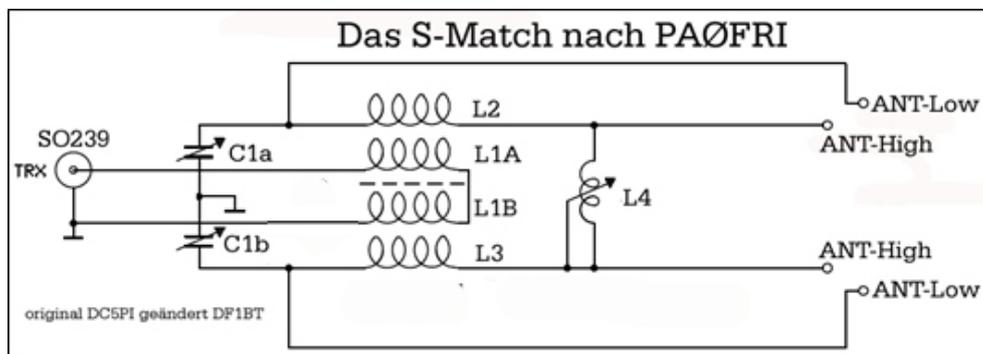


In der Übernahme von Geräten bei Hobbyaufgabe von Christian DL1BDC war auch ein Anecke-Nachbau-Transmatch hoher Leistung, ein asymmetrischer Tuner. Der Anecke-Kondensator C1, wurde schon zeitig ausgebaut und für ein anderes Objekt benutzt.

Nach dem erfolgreichen Aufbau meines ersten S-Matches, bot sich der Rest eines Transmatches-Nachbaues, der jahrelang im Schrank gestanden hatte, förmlich für ein S-Match an.

Erfunden wurde das S-Match von PA0FRI

<https://pa0fri.home.xs4all.nl/ATU/Smatch/smatcheng.htm>



Die einstellbare Induktivität mit einer Rollspule

Der Einstellbereich der Rollspule selbst hat eine Induktivität von **0,3 μ H bis 27 μ H**. Hinzu kommt eine "kleine" Induktivität für die interne Verdrahtung und der Streuinduktivität des Übertragers. (siehe Bild Gesamtaufbau) Damit lassen sich Feederleitungen im Kurzwellenbereich gut anpassen. Mit dem vorhandenen Zählwerk ist eine ungefähre wiederkehrende Einstellung möglich. Bei einer zu kurzen Antenne oder 160-Antennen könnte auch mal ein höherer Induktivitätswert erforderlich sein. Für den Anschluss einer weiteren Zusatzinduktivität in Serie mit der Rollspule besitzt das Gerät auf der Rückseite zwei einfache rote Telefon-Buchsen. Diese müssen im Normalfall mit einem Kurzschlussstecker überbrückt sein. Dazu wurden die Buchsen auf 4,3mm aufgebohrt, damit dieser leicht abziehbar ist.



ansteckbare Zusatzinduktivität für z.B. 160M o.a.

Kern: T184-2 (war gerade vorhanden) Ersatz T200-2

Induktivität: \approx **18 μ H** mit \approx 26 Windungen CuL-Draht 2mm

Der Kern wurde zur besseren Isolierung vor dem Bewickeln mehrmals und nachher einmal mit gutem Bootsack gelackt.

Der bewickelte Kern wurde auf eine kleine Plexiglasplatte befestigt.

Die in den roten Telefonbuchsen sitzenden Steckerstifte wurden passgenau in die vorher etwas größer gebohrten Löcher eingeklebt.

Damit steht eine Gesamtinduktivität von **45 μ H** zur Verfügung.

Diese beiden roten Telefon-Buchsen können auch für den umgekehrten Fall genutzt werden. Das heißt, wenn die minimale einstellbare Induktivität inklusive der Verdrahtungs-induktivität, z.B. auf 10/12/15M, noch zu groß ist. Auch Streuinduktivitäten, die mehr oder weniger jeder Übertrager besitzt, erhöhen die Grundinduktivität noch einmal. Eine Schaltung wäre durch das Einfügen eines spannungsfesten Kondensators von 36pF in Serie mit 0,9µH auf 28MHz und mit 1,6µH auf 21MHz gerade noch induktiv. Somit ist dann mit der Rollspule die Induktivität bis auf null einstellbar, bevor die Schaltung umkippt und kapazitiv wird. Damit lassen sich dann auch die oberen Bänder problemlos anpassen. Ausschlaggebend ist immer die Feederimpedanz mit ihren Reaktanzen und die ist immer unterschiedlich.



ansteckbare Serienkapazität für die oberen Bänder

Kapazität: **44pF** (5 Stück je 220pF/1600V in Serie)
mit FKP1-Kondensatoren (hohe Spannungsfestigkeit)

Die Kondensatoren wurden auf eine kleine Plexiglasplatte geklebt.
Die in den roten Telefonbuchsen sitzenden Steckerstifte wurden passgenau in die vorher etwas größer gebohrten Löcher eingeklebt.
Zur Vermeidung von Brandblasen bei unbeabsichtigtem Berühren, können die Löt-Anschlüsse später isoliert werden.

Siehe <http://www.g-grp-dl.de/Projekte/grp-tuner/grptuner.html>

Der Übertrager

In den allermeisten S-Match-Beschreibungen wird für den Übertrager ein Pulvereisen-Kern mit dem Material 2 verwendet. Im oberen Kurzwellenbereich ist das 6-Material effektiver. In vielen Nachbauten hat sich allerdings Ferritmaterial als die bessere Variante erwiesen.

DG0SA nimmt einen Würth-Kern für die unteren Bänder,
mit primär 10 Windungen = 40 µH

<http://www.dg0sa.de/smatchbalun.htm>

Siehe: <http://www.wolfgang-wippermann.de/smatch.pdf>

Auch bei der Beurteilung des Baluns gibt es doch sehr unterschiedliche Meinungen. So ist für ON9CVD die Verwendung von Eisenpulverkernen völlig indiskutabel. Er tendiert mehr zu hochwertigen Ferritmaterialien. Sehr interessant dürfte der letzte Artikel von ON9CVD sein. Dort wird ein S-Match-Übertrager mit 25Ω-Teflon-Koax (notfalls auch zwei 50Ω parallel) auf einen Kern mit 4A11 o. 43-Material beschrieben. Hier wäre dann auch wieder das Material 4W620 von Würth interessant. (Wurde später mit RK1 aufgebaut und erfolgreich getestet.)

<http://home.scarlet.be/on9cvd/S-match.htm>

In diesem Aufbau wurde ein günstiger DARC-Kern-RK1-Würth-74270097 60mm verwendet. Da diese Kerne eine große Fertigungstoleranz besitzen, wurde aus mehreren vorhandenen ein Kern mit geringer Permeabilität (hier AL-Wert 360) ausgemessen. Kerne dieses Typs mit einem geringen AL-Wert eignen sich besonders gut für Spannungsbaluns (Übertrager). Damit wäre ein S-Match-Übertrager für die Bänder (160M) 80M bis 20M (10M) brauchbar, was sich später im praktischen Betrieb auch bestätigte. Als Alternative wäre ein FT240-61 oder ein TX58-41-18-4C65 für die oberen Bänder etwas besser.

Ein 36mm-Kern überträgt nach vielen Beschreibungen etwa 200W-HF. Nun wird aber die Größe des Kernes keinesfalls für die Gesamt-Aufbaugröße ausschlaggebend sein, sondern viel mehr der Kondensator und die Induktivität (z.B. Rollspule). Aus verschiedenen Gründen wurde deshalb sofort ein größerer 60mm-Kern genommen. Die Arbeit der Herstellung ist die Gleiche und man ist damit immer auf der sicheren Seite (>500W).

Feedergespeiste symmetrische Drahtantennen, wie z.B. eine 2 x 20 o. 27m Doublet, die oft noch gute Ergebnisse auf dem 20M-Band bringen, lassen sich bei richtiger Feederlänge damit problemlos anpassen. **Ein Hinweis noch zu diesen Drahtantennen:** Die Antennenschenkel müssen gerade hängen damit die Antenne flach strahlt. Bei einer Inverted-Vee (unter 150°) und im Oberwellenbetrieb, z.B. auf der vierten Grundfrequenz, wird eine Doublet sonst zum Steilstrahler.

(siehe Buch: **INVERTED-VEE-ANTENNEN** von OE5CWL)

Die Wickeltechnik für den Kern wurde von DGØSA übernommen. Wichtig ist, dass die Wicklungen immer auf den ganzen Kern verteilt werden. Die Induktivität der Primärwicklung beträgt 23,26µH. Das **XL** beträgt rechnerisch auf 160M≈260Ω / 80M≈505Ω usw.

Der **Koppelfaktor** des Übertragers mit diesem RK1-Würth-74270097-Kern AL360 beträgt:

<http://www.wolfgang-wippermann.de/koppelfa.htm>

$L_o = 23,26\mu H$ $L_k = 1,55\mu H$ (beide Sekundärwicklungen kurzgeschlossen)

$K = (1 - L_k/L_o)$ Wurzel

$1,55 : 23,26 = 0,0666$ $1 - 0,0666 = 0,9334$ daraus die Wurzel = 0,966

K = 0,966 Die **Wickelkapazität** zwischen Primär und Sekundär beträgt ganze 9pF.

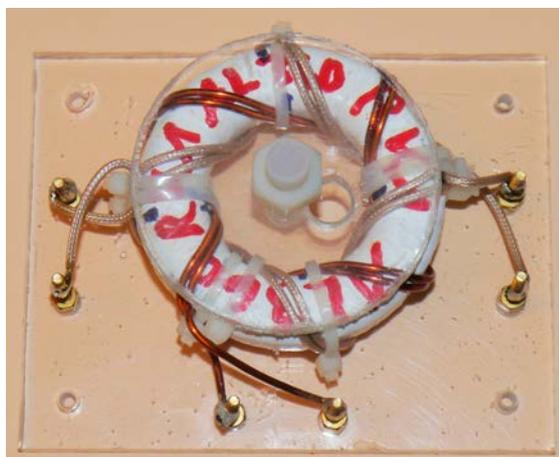


Bild: bewickelter Balun auf Plexiglas

Kern: DARC RK1 / Würth-74270097 AL360

Der Kern wurde zuerst mehrlagig mit Teflon-Dichtungsband bewickelt u. isoliert.

Primär: 2 x 4 Windungen CuL 1,6mm

Sekundär: je 1 x 4 Windungen dünnes versilbertes Teflonkoax, nur Abschirmung

Wickelkapazität: Primär/Sekundär 9pF

Koppelfaktor: $K = 0,966$

Leistung: >500W-HF

Anschluss-Schema des Baluns (**Wichtig!**)

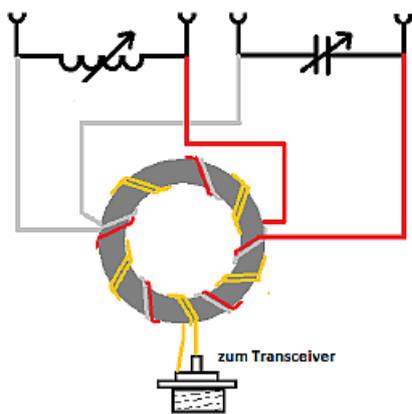


Bild von DGØSA

Am Drehkondensator und an der Induktivität liegt jeweils ein Draht vom linken und vom rechten Anschluss der Sekundärwicklungen.

Welcher Draht ist aber keinesfalls egal!

So ist es richtig:

Rechts von unten und links von oben an den Drehkondensator.

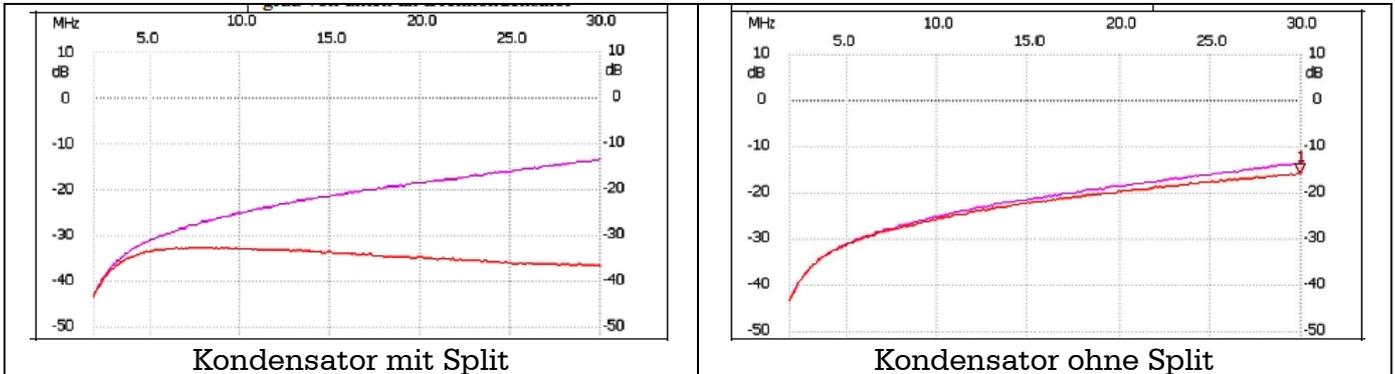
Rechts von oben und links von unten an die Induktivität.

Bei grundsätzlichen Funktionsproblemen testweise mal einseitig die Anschlüsse vertauschen.

Achtung! PVC-isolierte Leitungen sollte man auf allen Ebenen meiden. Silberdrähte o. CuL-Drähte sind für HF allemal besser geeignet. Keine dielektrischen Verluste. Teflon wäre ideal.

Der Abstimmkondensator

Der Kondensator C2 des Transmatch war ein Anecke 1 x 360pF 2KV. Dieser wurde umgebaut zu einem Split-Kondensator von 2 x 17pF bis 160pF 2/4KV. (siehe Bild Gesamtaufnahme) Ein Split-Kondensator mit Erdung des Rotors ist wichtig für das Abführen von Gleichtaktwellen auf der Feederleitung die oft einen Störnebel, besonders auf den höheren Bändern, verursachen. Dies geht einher mit einer besseren Gesamt-Symmetrie. In den Messungen und Bildern von DGØSA wird dies besonders deutlich sichtbar.



Gleichtaktunterdrückung (Bilder von DGØSA)

Durch die Reihenschaltung der beiden Split-Blöcke ist die Gesamtkapazität des Kondensators auf ca. 8pF bis 80pF gesunken. Um die Gesamtstimmkapazität zu erhöhen, können Split-Festkondensatoren von je 2 x 160pF (2 x 3 x 470pF in Serie)(gesamt 80pF) und 2 x 320pF (2 x 3 x 1000pF in Serie)(gesamt 160pF) über doppelpolige Schalter hinzugefügt werden. Eine Parallel-Serien-Kombination dieser FKP1-Kondensatoren kommt sowohl der Spannungsfestigkeit als auch der Strombelastbarkeit zu Gute.



Für Testzwecke oder in besonderen Antennensituationen kann an den zwei blauen Buchsen auf der Rückseite eine zusätzliche Kapazität angeschlossen werden. Da dies im Bedarfsfall nur auf den unteren Bändern, 160/80M, benötigt wird, ist eine Splitausführung nicht erforderlich. Vier FKP1 von 1000pF/2000V in Serie ergeben 250pF Gesamtkapazität mit hoher Spannungsfestigkeit.

So eine ansteckbare Zusatzkapazität mit anderen Werten kann immer für spezielle Bedürfnisse hergestellt werden.

Somit steht hier eine Gesamtkapazität von 570pF zur Verfügung.

Nachbauten in 100W-Versionen

Um in Nachbauten auch alte Rundfunk-Abstimmkondensatoren (z.B. 2x500pF/0,5mm) mit niedriger Spannungsfestigkeit (250V) für \approx 100W-HF nutzen zu können, ist darauf zu achten, dass die Feederimpedanz am S-Match relativ niederohmig aber über 50Ω ist. Spannungsüberhöhung nicht größer als 4.

Um beim sicheren Gebrauch von Rundfunk-Kondensatoren nicht über 250V zu kommen darf die Impedanz bei 100W-HF etwa 600Ω nicht überschreiten. Die Berechnung bezieht sich auf reelle Impedanzen. Man beachte aber, anteilige Reaktanzen treiben die Impedanz oft höher.

Erwin Kleitsch DF2SKE hat dazu ein schönes Tool geschrieben.

"HF-Multibandantenne2_v2.00.exe"

Siehe: <http://pisica.de/software/amateurfunk.php>

(URL notfalls in Befehlszeile eingeben)



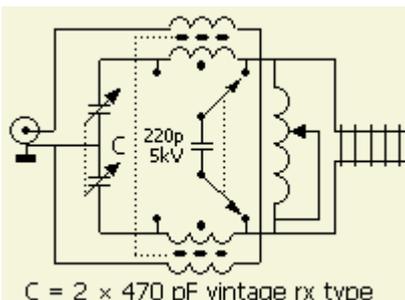
Die Mantelwellensperre

Kern: DARC-RK1-Würth-74270097 60mm AL530.
 Der Kern wurde kapazitätsarm und mit guter Entkopplung zwischen Ein- u. Ausgang mit 17 Windungen 50Ω Teflonkoax. (500W-HF) bewickelt.
 Die Sperrdämpfung an den Eckfrequenzen 3,5Mhz bzw. 14MHz beträgt über 2KΩ.
 Im mittleren Bereich teils sogar über 5KΩ
 Die Sperre hat eine Induktivität von 158 μH
 Das S-Match-Balun selbst ist schon vom Typ Sperrglied.
 Um aber auf der sicheren Seite zu sein wurde eine hochwertige Mantelwellensperre vorgeschaltet. Man bedenke, dies kommt auch dem Empfang zu Gute.

Das Ableiten statischer Aufladungen



Da der Balun als Trennglied arbeitet, liegt die ganze Antennenanlage hoch und hat keine Verbindung mit einer Erde. Dies hat Prasselstörungen beim Empfang und manchmal Überschläge im Kondensator zur Folge. 1MΩ/8W Widerstände zwischen Massepotential und dem Kondensator- oder Spulenanschluss verhindern dies hier zuverlässig. **Achtung! Kein Blitzschutz!**



Auf der Seite von PA0FRI wird darauf hingewiesen, dass der Abstimmbereich mit einem Kondensator 100-200pF/5KV parallel zur Induktivität erweiterbar ist. Damit ließen sich auch manche Antennenimpedanzen <50Ω auf 80M anpassen.

<https://pa0fri.home.xs4all.nl/ATU/Smatch/smatcheng.htm>

Bei der hier verwendeten Version wurde das nicht getestet.

Feederanschluss an die Induktivitäts- (L) oder an die Kapazitäts-Seite (C)

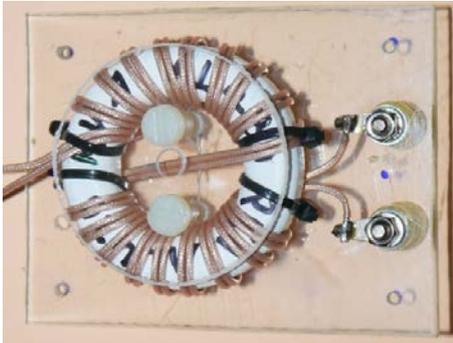
Antennen und Feederleitungen mit ihrem Verkürzungsfaktor die kürzer als eine ungradzahlige $\lambda/4$ Länge (kapazitiv) sind, kommen zum Abstimmen durchweg an die Spule des S-Matches. (Hochpass-L) Dagegen welche die länger als eine ungradzahlige $\lambda/4$ Länge (induktiv) sind, kommen durchweg an den Kondensator. (Tiefpass-L) Induktive oder kapazitive Reaktanzen spielen bei der Anpassung auch eine Rolle. Manchmal ist eine Anpassung an beiden Anschlüssen möglich. Dann den Anschluss mit dem größten Strom und der besten Symmetrie nutzen. So ist an Mehrbandantennensystemen auf den einzelnen Bändern auch mal ein Umstecken erforderlich.

Die Belastbarkeit des S-Matches

Die Belastbarkeit eines S-Matches hängt in erster Linie von der Spannungsfestigkeit des Kondensators, der Belastbarkeit der Induktivität und des Übertragers damit letztendlich von der Impedanz der Feederleitung ab. Geht man von einer sicheren Spannungsfestigkeit des Kondensators im Splitbetrieb von $\approx 2000V$ und einer ungewöhnlich hohen Feederimpedanz von 5000Ω (Extremfall) aus, so wäre damit die legale Leistung von 750W beim Kondensator übertragbar. In der Praxis sollte man aber extreme Spannungsspeisung vermeiden. Der hier verwendete 60ziger-Würth-Kern überträgt nach der Berechnung nach DGØSA die legale Leistung von 750W auf den Bändern 80M bis 10M. Auf 160M wird er bei ca. 500W an seine Grenzen stoßen. Die Rollspule ist auch für die hohe Leistung ausgelegt.

Bei Problemen mit nicht ganz symmetrischen Feederleitungen.

In manchen Situationen ist der Strom auf der Feeder nicht ganz symmetrisch. Dies liegt zum einen oft an der Antennenanlage selbst, kann aber auch im nie ganz symmetrischen Aufbau des S-Matches liegen. Das Einschleifen eines Strombaluns zwischen S-Match und der Feeder bringt überwiegend Abhilfe, da ein Strombalun symmetrische Ströme erzwingt. (Siehe DJ1ZB) Im Normalbetrieb ist der Balun aber nicht erforderlich. Dieser Strombalun wurde als Balun für undefinierte Impedanzen aufgebaut. Er hat eine Induktivität von $\approx 150\mu\text{H}$. Auf den oberen Bändern kann eine geringere Induktivität vorteilhafter sein.



So könnte ein ansteckbarer Strombalun aussehen.

Kern: DARC-RK1-Würth-74270097 60mm AL430
Der Kern wurde zuerst mit mehreren Lagen Teflon-Dichtungsband bewickelt u. isoliert.

Dann wurde der Kern mit $2 \times 9 + 1 + 9$ Windungen dünnes 50Ω versilbertes Teflonkoax bewickelt.

Hier wurde nur die Abschirmung als Leiter benutzt. Teflonkoax ist wegen des Ansteckens wesentlich flexibler als versilberte Teflonlitze.

Manöverkritik

Getestet wurde das S-Match an einer 90m-Dreieck-Schleife in $\approx 10\text{m}$ Höhe, gespeist mit 5m 450Ω -Wireman-Leitung.

Die Symmetrie war auf allen Bändern hervorragend.

Gemessen wurde mit dem symmetrischen Antennenstrom-Messgerät-ASM 3-30S

Auf 160M musste an dieser Antenne eine Zusatzinduktivität von $18\mu\text{H}$ eingefügt werden. Die Abstimmung war hier schon wegen der zu kurzen Antenne sehr spitz u. schmalbandig.

Auf den Bändern 12M u. 10M musste ein Serien-Kondensator (44pF) eingefügt werden.

Für diese Antenne war offensichtlich die Verdrahtungsinduktivität plus der Streuinduktivität des Übertragers im S-Match zu groß.

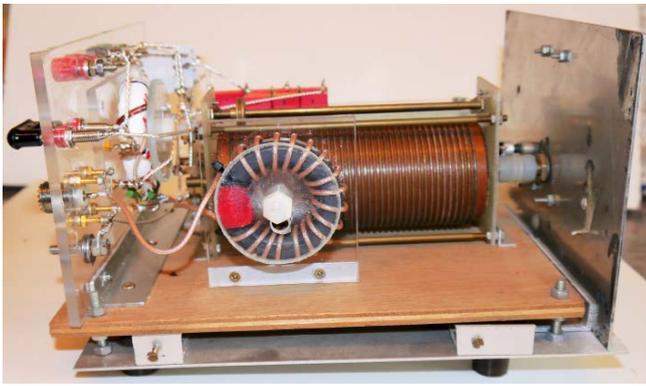
Auf den Bändern 160M bis 20M kam die Feeder an den Spulenanschluss (Hochpass-L)(induktiv). Die Bänder 17M bis 10M kamen an den Kondensatoranschluss (Tiefpass-L)(kapazitiv). Auf 80M musste der Split-Fest-Kondensator von 80pF gesamt dazu geschaltet werden. Auf allen anderen Bändern reichte bei dieser Antenne der Split-Drehkondensator alleine aus. Eine Anpassung unter der Eingangsimpedanz (meist 50Ω) ist durchweg nicht möglich.



Vorderansicht



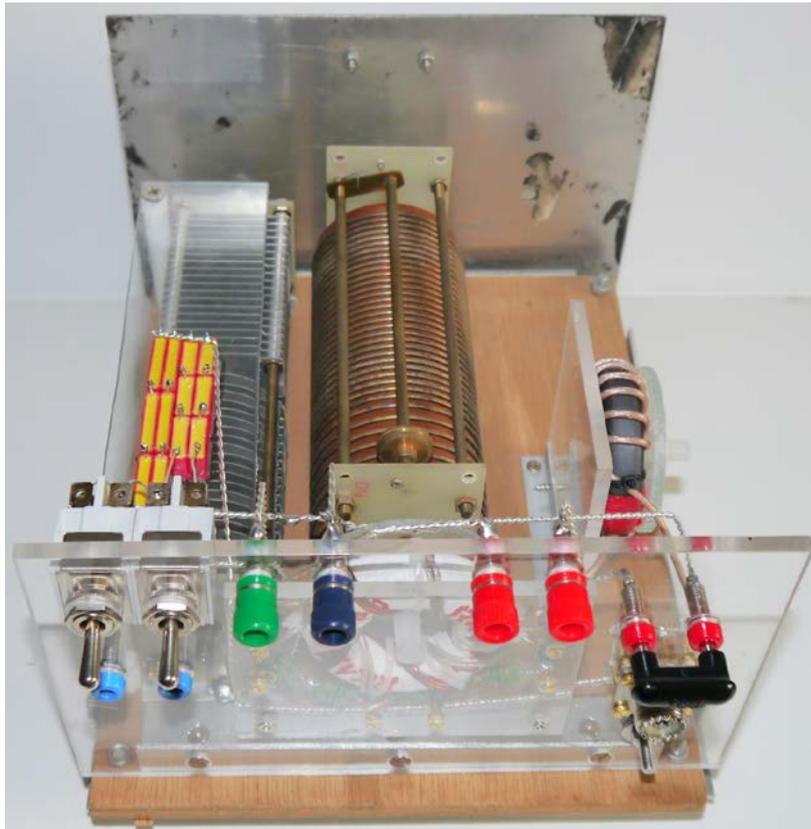
Rückansicht ohne Haube



Ansicht seitlich links ohne Haube



Ansicht seitlich rechts ohne Haube



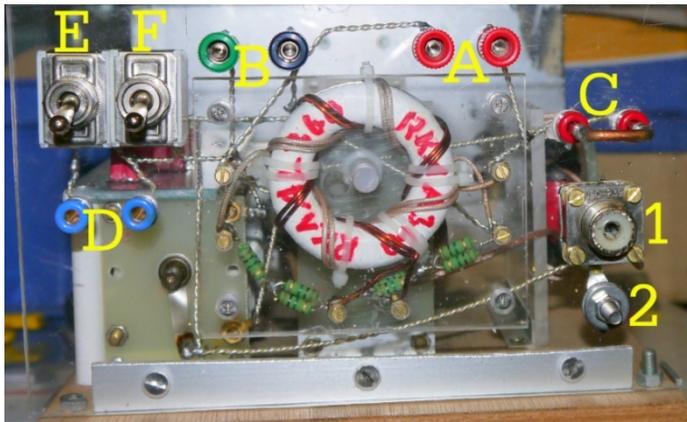
Draufsicht ohne Haube



Vorhandene Abdeckung aus Alu-Blech.

Bedienung und Anschlüsse für S-Match nach Tuner-Umbau (Leistung > 500W)

von DF1BT, Ludger Schlotmann Dinklage

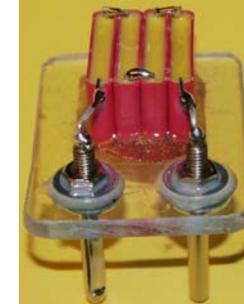


A	Symmetrischer Antennenanschluss an der Induktivität. (zwei rote Polklemmen) Für Antennenanlagen (Antenne/Feeder) die insgesamt kürzer als $\lambda/4$ oder deren Vielfache sind, also überwiegend mit kapazitiver Belastung. (Hochpass-L)
B	Symmetrischer Antennenanschluss an der Kapazität. (grün/blau Polklemmen) Für Antennenanlagen (Antenne/Feeder) die insgesamt länger als $\lambda/4$ oder deren Vielfache sind, also überwiegend mit induktiver Belastung. (Tiefpass-L)
C	Rote Bananenbuchsen für eine externe zusätzliche Induktivität, falls die Rollspule nicht reicht. Oder für eine Serienkapazität falls kleinste einstellbare Induktivität noch zu groß ist. Im Normalfall müssen die beiden roten Bananenbuchsen überbrückt sein.
D	Blaue Bananenbuchsen für eine externe zusätzliche Kapazität von 250pF, falls die interne Kapazität von 320pF nicht ausreicht.
E	Schalter für eine zuschaltbare Split-Kapazität von 160pF .
F	Schalter für eine zuschaltbare Split-Kapazität von 80pF .
1	50Ω SO239 Koaxanschluss zum Transceiver/Empfänger/Endstufe
2	Erdungsschraube, falls z.B. bei Portabel- oder Fielddaybetrieb das Koaxkabel nicht geerdet ist.

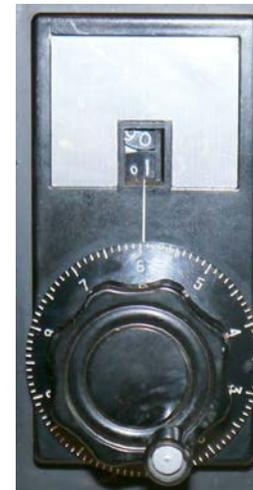
Zusatzinduktivität
18μH



Zusatzkapazität
250pF

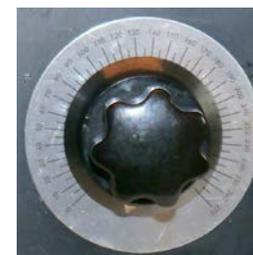


Serienkapazität
44pF



Einstellbare Induktivität mit **Rollspule 0,3μH bis 27μH**
Mit dem vorhandenen Zählwerk ist eine ungefähre wiederkehrende Einstellung möglich.

Mit einer ansteckbaren Zusatzinduktivität von **18 μH** kommt man auf einer Gesamtinduktivität von **45μH**.



Einstellbarer Split-Dreh-Kondensator **von 8pF bis 80pF**
Mit Zusatz-Splitkapazitäten von **80pF** und **160pF** bzw. einer ansteckbaren Einzelkapazität von **250pF** kommt man auf eine Gesamtkapazität von **570pF**.

