

Beschreibung des Anti-TVI-Filter von HARO-Elektronik

Matthias DD1US, aktualisiert am 25.9.2018

Hallo,

nachdem ich vergebens nach einer Beschreibung des Anti-TVI-Filters der Firma HARO-Elektronik gesucht hatte, habe ich eine solche erstellt und möchte sie allgemein zur Verfügung stellen. Dies soll als Hilfestellung für jene Funkamateure dienen, welche einen Kauf dieses Filters erwägen. Das Filter wurde anfangs der 70er Jahre von Hans Adolf Rohrbacher DJ2NN entwickelt. Aus seinem Namen hatte er den Firmennamen HARO konstruiert. Die heutige Firma HARO-Electronic (www.haro-electronic.de) hat nichts mit ihm oder diesem Produkt zu tun.

Dieses Filter besteht aus einem Tiefpassfilter, wie es sehr ähnlich von Motorola verwendet wurde und unter anderem auch im Antennenbuch von H. Rothammel beschrieben ist. Zusätzlich wurde ein 2. Signalpfad entwickelt, welcher einen Hochpass darstellt und dem Eingang des Tiefpassfilters parallelgeschaltet wurde. Am Ende dieses Hochpassfilters detektiert ein breitbandiger HF-Detektor die (unerwünschte) Leistung, welche in einem internen 50 Ohm Widerstand absorbiert wird. Damit kann man den Oberwellenanteil des Sender-Ausgangssignals erfassen. Die Gleichspannung des HF-Detektors wird durch ein kalibriertes Drehspulmessinstrument in mW angezeigt, welches in einem separaten Gehäuse untergebracht und damit abgesetzt vom größeren Filter platziert werden kann.

Hier zunächst einige Bilder des Gerätes in geschlossenem und geöffnetem Zustand.



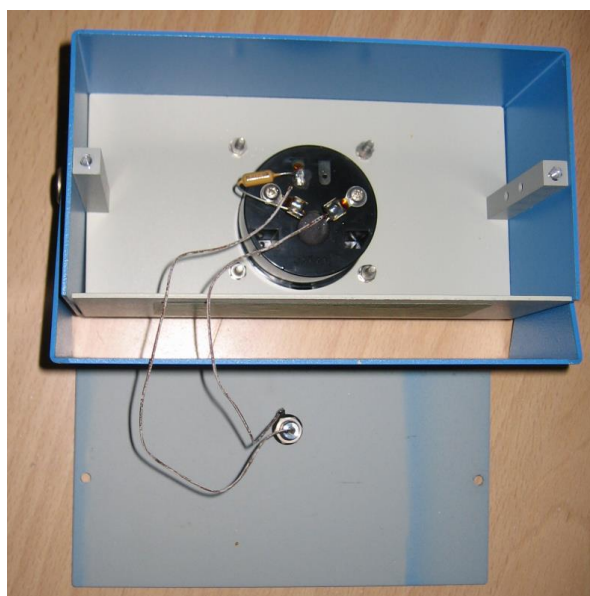
Links Filter, rechts Anzeige



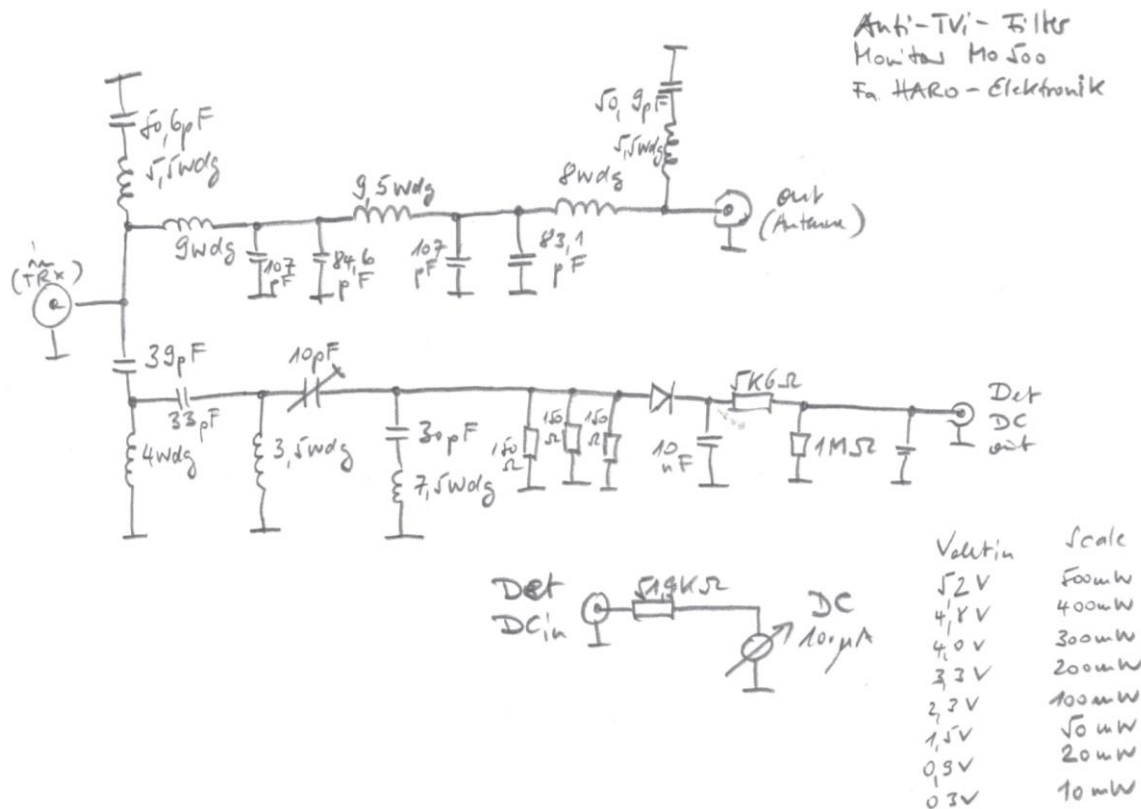
Anzeige der Oberwellenleistung



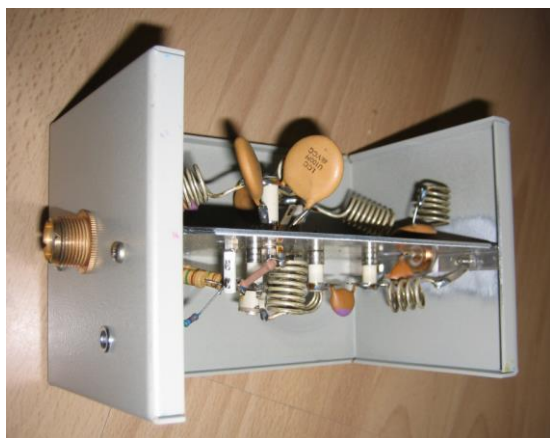
Filtergehäuse



Geöffnetes Gehäuse der Anzeige



Schaltbild des Filters, oberer Zweig ist ein Tiefpass als Pfad für die Nutzleistung, unterer Zweig ist ein Hochpass für die Oberwellenleistung die dann absorbiert wird



Geöffnetes Filtergehäuse



Versteiltes Dreifach-Tiefpassfilter als Nutzpfad



Hochpass für die Abtrennung der Oberwellen



Tiefpass für die 2kW Nutzleistung bis 30 MHz

Das versteilerte Dreifach-Tiefpassfilter hat einen Durchlassbereich von 0-30 MHz und ist für eine Nutzleistung von 2000 Watt ausgelegt. Es folgt einem Konzept, wie es im Antennenbuch von H. Rothammel beschrieben ist (siehe Bild 30.14).

30.2.5.2. Versteilerte Dreifachtiefpaßfilter

Höheren Ansprüchen der Oberwellenunterdrückung genügt das Dreifachtiefpaßfilter nach Bild 30.13. Die unsymmetrische Ausführung 30.13a ist zum Einschleifen in eine koaxiale 60-Ω-Speiseleitung bestimmt, während die Ausführung 30.13b in Verbindung mit einer symmetrischen 240-Ω-Leitung verwendet wird. Die Filter werden in einer allseitig geschlossenen Abschirmbox mit 3 Kammern untergebracht. Der Sperrbereich beginnt bei 35 MHz, es lassen sich somit alle Störungen in den Fernsehbereichen sowie im UKW-Rundfunkband unterdrücken. Im gesamten Sperrbereich beträgt die Oberwellenunterdrückung etwa 60 bis 70 dB. Die Filter können für alle Kurzwellensender verwendet werden, deren Betriebsfrequenz unterhalb 30 MHz liegt.

Bild 30.13
Versteilerte Dreifachtiefpaßfilter, Sperrwirkung ab 35 MHz; a – unsymmetrische Ausführung für koaxiale 60-Ω-Leitung, b – symmetrisches Filter für 240-Ω-Bandleitung

Bild 30.14
Unsymmetrisches Dreifachtiefpaßfilter, Sperrbereich ab 35 MHz

Eine ähnliche Filterschaltung zeigt Bild 30.14. Es stellt ebenfalls ein Dreifachtiefpaßfilter dar, das in drei abgeschirmten Kammern untergebracht ist. Während in der Schaltung nach Bild 30.13 im Längsweg des Filters Parallelresonanzkreise angeordnet sind, befinden sich im Filter nach Bild 30.14 Serienresonanzkreise im Querschnitt. Die Resonanzkreise dienen zur Versteilung des Dämpfungsanstieges im Sperrbereich. Parallelresonanzkreise im Längsweg wirken als Sperrkreise für ihre Resonanzfrequenz, d.h., die Resonanzfrequenz wird nicht durchgelassen. Serienresonanzkreise im Querschnitt sind Leitkreise, man nennt sie auch Saugkreise. Sie lassen ihre Resonanzfrequenz durch und führen sie somit zum Nullpotential ab; alle anderen Frequenzen werden gesperrt. Die praktische Wirkung ist deshalb in beiden Fällen die gleiche. In Tabelle 30.2. werden die Bemessungsdaten für das Filter nach Bild 30.14 angegeben und die noch zu erläuternden Abgleichfrequenzen aufgeführt. Die Angaben sind für die gebräuchlichen Kabelimpedanzen von 50, 60 und 75 Ω zugeschnitten.

Alle Spulen bestehen aus 1,5 bis 2,0 mm dickem Kupferlackdraht. Sie werden über einen Dorn von 11 mm Durchmesser gewickelt, so daß der Spuleninnendurchmesser nach

dem Abnehmen vom Dorn 12 bis 13 mm beträgt.

Zum einwandfreien Abgleich des Filters benötigt man ein Grid-Dip-Meter mit einem Frequenzbereich von 20 bis 50 MHz. Zunächst werden die beiden Spulen L_2 und L_4 aus dem Filter entfernt, die beiden Anschlußbuchsen Z_e und Z_a schließt man gegen Masse (Abschirmung) kurz. Damit hat man zunächst drei voneinander unabhängige Parallelresonanzkreise geschaffen: L_1-C_1 , L_3-C_4 und $L_3-C_2-C_3$. Durch Zusammendrücken oder Auseinanderziehen der Spule L_1 wird nun der Kreis L_1-C_1 auf die in Tabelle 30.1. aufgeführte Abgleichfrequenz f_1 abgeglichen (Griddipper-Kontrolle). Ebenso verfährt man mit dem Kreis L_3 bis C_4 . Nun wird der Kreis $L_3-C_2-C_3$ durch Deformieren der Spule L_3 auf die Abgleichfrequenz f_2 eingestellt. Anschließend lötet man die abgeglichene Spule L_3 vorsichtig aus, sie soll dabei mechanisch nicht verändert werden. Gleichzeitig entfernt man auch die Kurzschlußleitungen von der Eingangs- und Ausgangsbuchse und lötet dann die Spulen L_2 und L_4 in das Gerät ein. Nun wird die Spule L_2 mechanisch so verändert, daß das Grid-Dip-Meter für den Komplex $C_1-L_1-L_2-C_2$ bei der Abgleichfrequenz f_3 Resonanz anzeigt. L_1 darf bei diesem Abgleich nicht verändert werden. Ebenso verfährt man mit der Spule L_4 , für deren Komplex $C_4-L_3-L_4-C_3$ ebenfalls die Abgleichfrequenz f_3 Gültigkeit hat. Nun wird die bereits abgeglichene Spule L_3 vorsichtig wieder eingebaut; damit ist das Filter abgeglichen und betriebsbereit. Eine Endkontrolle mit dem Grid-Dip-Meter empfiehlt sich. Dabei muß an jeder Spule (L_1 bis L_5) die Sperrfrequenz f_{sr} mit etwa 36 MHz als Resonanzfrequenz angezeigt werden.

	Filterimpedanz $Z = Z_e = Z_a$		
	52 Ω	60 Ω	75 Ω
Kapazität C_1, C_4	50 pF	46 pF	35 pF
Kapazität C_2, C_3	170 pF	150 pF	120 pF
Spulendaten L_1, L_5	5 Wdg.	5½ Wdg.	6 Wdg.
Spulendaten L_2, L_4	8 Wdg.	9 Wdg.	11 Wdg.
Spulendaten L_3	9 Wdg.	10½ Wdg.	13 Wdg.
Sperrfrequenz f_{sr}	36 MHz	36 MHz	36 MHz
Abgleichfrequenz f_1	44,4 MHz	45,5 MHz	47 MHz
Abgleichfrequenz f_2	25,5 MHz	25,4 MHz	25,2 MHz
Abgleichfrequenz f_3	32,5 MHz	32,2 MHz	31,8 MHz

Tabelle 30.2. Bemessungsangaben und Abgleichfrequenzen für ein Tiefpaßfilter nach Bild 30.14

Abschließend noch ein Meßdiagramm, welches die Durchlasscharakteristik meines Filters im Bereich DC bis 60 MHz zeigt. Der Marker sitzt bei 30 MHz. Man sieht sehr gut die Überhöhung im Bereich der Grenzfrequenz sowie die Versteilung des Filters durch die zusätzlichen Serienresonanzkreise.

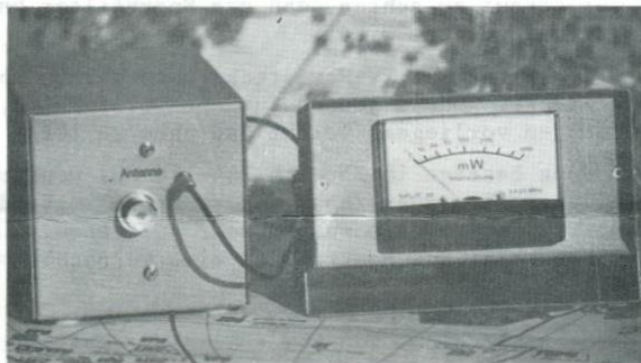


Hier noch weitere Informationen die ich von anderen Anwendern erhalten habe. Zunächst die Originalinformation des Herstellers:

TVI - MONITOR neu

TYP MO~500 0 - 500 mW

Als Option zum SPLIT-Filter (alle Modelle mit der Endbezeichnung "DC") liefern wir einen Oberwellen-Monitor, der die integrale Summenleistung aller Oberwellen oberhalb 30 MHz anzeigt. Es handelt sich dabei um diejenige Harmonischen-Leistung, die ohne den Einsatz eines Split-Filters abgestrahlt werden würde. Mit Hilfe des MO-500 - Monitors ist es möglich den Arbeitspunkt der Endstufe in den linearen Bereich einzustellen. Weiterhin wird durch seinen Einsatz die Übersteuerung der Endstufe durch den damit verbundenen Anstieg der Oberwellen-Leistung vermieden: Das Monitor-Instrument zeigt ein Zuviel sofort durch ein deutliches Ansteigen der Leistungswerte an.



SPLIT-Filter mit Oberwellen-Monitor MO-500

Die Funktionsweise ist folgende: Das SPLIT-Filter besitzt bereits einen Oberwellen-Absorberwiderstand, der als Abschlußwiderstand eines Hochpaßfilters oberhalb 35 MHz fungiert und die gesamte Oberwellen-Leistung reflexionsfrei aufnimmt. Die an ihm abfallende Spannung wird breitband-gleichgerichtet, gefiltert und steht an einer Buchse für den Anschluß des Monitors zur Verfügung. Als Verbindungskabel dient ein HF-dichtes Minitor -Kabel mit Spezialsteckern, das zum Lieferumfang des Monitors gehört.

Spezifikation: Breitband-Oberwellen-Monitor für den Bereich ca. 35 bis 1200 MHz

Kompatibel für alle Split-Filter der Typenreihe

SP-27/2000/DC, SP-30/2000/DC und SP-30/2500/DC sowie für alle Sonderausführungen der Reihe SP-../.../DC

Kabel-Länge des Verbindungskabels: 150 cm, Typ RG-174/U

Abmessungen: 160 B x 98 H x 66 T (mm)

Gehäuse: schwenkbar

Anzeigebereich: 0 bis 500 mW

Anmerkung: Für eine Endstufe mit z.B. 700 Watt output kann gelten:

Monitoranzeige = kleiner 5 mW bedeutet: sehr guter Oberwellenabstand

Monitoranzeige = 20 mW und mehr: Oberwellen bereits gravierend.

Split-Filter mit Störleistungsanzeige

Von Hans-A. Rohrbacher, DJ 2 NN, Talstr. 24, 7521 Karlsdorf

Im nachstehenden Beitrag wird eine von den bisher bekannten Sender-Tiefpaß-Filtern abweichende Filteranordnung beschrieben, die hinsichtlich der Oberwellen-Filterung einige bemerkenswerte Eigenschaften besitzt. Eine an anderer Stelle [1] genannte, ähnliche Anordnung wurde modifiziert und um eine Störleistungs-Anzeige erweitert. Einige kritische Anmerkungen zum Thema TVI beim derzeitigen Status von Amateurfunk-Sendern erschienen dem Autor wiederholenswert.

Description d'un filtre éliminant les harmoniques de l'émetteur et adaptant en même temps l'impédance de sortie à celle de l'antenne. Les harmoniques ne sont pas réfléchies comme dans les filtres «Butterworth» mais absorbées. Ce montage permet d'insérer un wattmètre indiquant la puissance des harmoniques ainsi que le contrôle permanent de l'installation. (DC Ø HO)

An absorptive Low-Pass Filter consists of a standard LP section which reduces harmonics by 70 to 100 dB and a parallel high-pass section with an absorbing termination to avoid almost total reflection of the harmonic power.

This arrangement provides a possibility to indicate the harmonic power output by connecting a diode voltmeter to the HP-termination. A few critical remarks are added concerning TVI caused by overdriving "linear" amplifiers. (DL 1 BU)

Problemstellung

Die überwiegende Anzahl aller auf dem Markt angebotenen Tiefpaßfilter ist als „Butterworth“-Filter (auch: „Zobel-Endhalbglied“ oder „m-derived-Filter“) ausgeführt. Diese haben den Vorteil einer guten Wellenwiderstandsebnung innerhalb des Durchlaßbereichs und lassen sich bei richtiger Dimensionierung mit einer steilen Selektions-Flanke herstellen. Fehlanpassungen auf der Verbraucherseite führen – im Gegensatz zu anderen Filtertypen – noch nicht zu gravierenden Einbußen der Sperrwirkung, da die sog. „Endhalbglieder“ eine phasenkompensierende und zugleich transformierende Eigenschaft besitzen [2], [3]. Leider haftet diesen Filtern der Nachteil an, daß ihr Kennwiderstand oberhalb des Durchlaßbereichs – also im Sperrbereich – komplex wird und Werte annimmt, die um Größenordnungen von der Nenn-Impedanz (in der Regel 50 bis 75 Ω) abweichen. Die Folge ist, daß die Oberwellenleistung im Filter reflektiert wird, da sie keine Anpaßbedingungen vorfindet. Da auch der Quellwiderstand der Endstufe nur für die Grundwelle reell und niederohmig ist, bilden sich stehende Wellen und vagabundierende Ströme („idling currents“) aus, die in Einzelfällen sogar dazu führen, daß die Störungen beim Einsatz eines Tiefpaßfilters in noch stärkerem Maße auftreten als zuvor. Befindet sich außerdem zwischen dem Senderausgang und dem Tiefpaßfilter zusätzlich ein Stück Speiseleitung, so besteht die Gefahr der Harmonischen-Abstrahlung durch das nicht immer dichte Außenleitergeflecht. So weisen beispielsweise die bekannten Koaxial-Kabel des Typs RG-8/U oder RG-58/U Flächenfahrlässigkeiten des Außenleiters von 4 bzw. 8% auf.

Die Alternative

Die angesprochenen Schwierigkeiten lassen sich lösen, wenn die Oberwellen nicht reflektiert, sondern absorbiert werden. Als Lösungsmöglichkeit bietet sich der Einsatz eines Hochpasses an, der dem Tiefpaß senderausgangsseitig parallel geschaltet wird (Abb. 1).

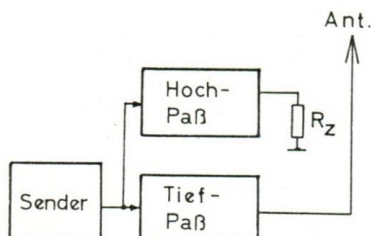


Abb. 1. Blockschaltbild des Split-Filters. Die Filter-Anordnung besteht aus einem Sechspol mit dem gemeinsamen Anschluß für den Sender, dem Antennenausgang und dem Abschlußwiderstand für die Harmonischen-Absorption.

Der Hochpaß wird endseitig mit einem reellen Absorberwiderstand abgeschlossen, der dem Wellenwiderstand des Filters entspricht und der die gesamte Harmonischenleistung reflexionsfrei aufnimmt. Der somit entstandene Filter-Sechspol bietet für alle Frequenzen bis weit in den UHF-Bereich hinein einen niederohmigen (50 bis 75 Ω , je nach Auslegung) Eingangswiderstand an, was mit Hilfe eines Richtkoppplers sehr leicht nachgewiesen werden kann.

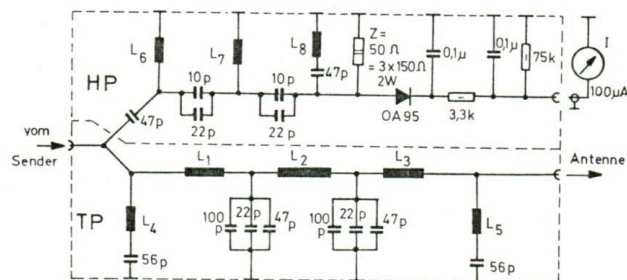


Abb. 2. Schaltbild des Split-Filters; Spulendaten: Siehe Tabelle

Die Schaltung des Filters ist aus Abb. 2 ersichtlich. Man erkennt, daß sich das Filter in einen „Harmonischen“- und in einen „Grundwellen“-Kanal aufteilt; es wird daher auch als „Split“-Filter bezeichnet.

Im Gegensatz zu [1] sind beide Filtersektionen, HP und TP, in der flankenversteilenden Version aufgebaut. Der Grund hierfür ist, daß der Tiefpaß Frequenzen bis 30 MHz noch ungehindert passieren lassen soll, dagegen im Bereich der TV-Zwischenfrequenz, also ab 35 MHz aufwärts, bereits seine volle Dämpfung besitzen muß. Zur Unterstützung dieser Forderung werden daher die Sperrpole der Halbglieder auf 35 MHz gelegt. Dies entspricht einem Sperr-Durchlaß-Verhältnis vom $a = 35/30 = 1,17$. Noch kleinere a -Werte können zwar realisiert werden, doch führt dies zu einer Verringerung der Sperrwirkung des Tiefpasses oberhalb 35 MHz, die sich nicht selten mit einer unerwünschten Welligkeit nahe der oberen Grenzfrequenz (10-m-Band!) verbindet.

Der Hochpaß wird so ausgelegt, daß er ab 35 MHz aufwärts alle Frequenzen passieren läßt, jedoch im Grundwellenbereich 0 bis 30 MHz Dämpfungswerte besser –60 dB (Spannungs-dB) erreicht. Wegen der nur endlichen Güte der Bauteile beider Filtersektionen muß hier allerdings eine Einschränkung gemacht werden: Die (untere) Grenzfrequenz des Hochpasses kann nicht unmittelbar auch die (obere) Grenzfrequenz des Tiefpasses sein. Beide Filterflanken

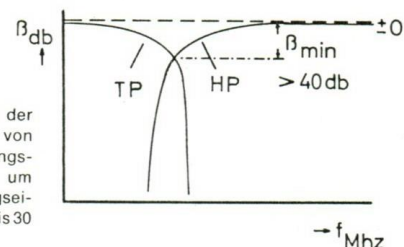


Abb. 3. Der Schnittpunkt der beiden Dämpfungskurven von HP und TP soll bei Dämpfungswerten $\beta > 40$ dB liegen, um nachteilige Übertragungseigenschaften im Bereich 0 bis 30 MHz zu vermeiden.

(Abb. 3) würden sich bei zu niedrigen Dämpfungswerten überschneiden, und das Resultat wäre eine zu hohe Einfügungs-Dämpfung des Split-Filters im 10-m-Band. Setzt man hingegen die Grenzfrequenz des Hochpasses auf 45 MHz, so beeinflussen sich die beiden Filter-Sektionen nicht mehr. In Kauf genommen wird dabei lediglich, daß im Bereich 35 bis 45 MHz das SWR auf höhere Werte ansteigt (Abb. 4).

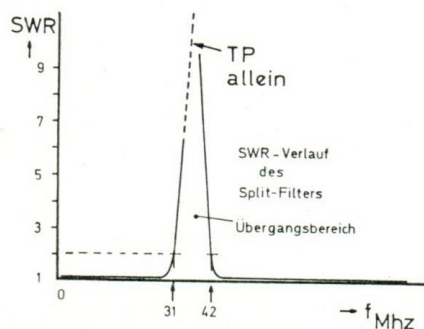


Abb. 4. Lediglich im Übergangsbereich von HP und TP steigen die SWR-Werte deutlich an. In diesem Bereich (31 bis 42 MHz) liegt jedoch der 1. Dämpfungspol des TP, so daß das Frequenzintervall der TV-ZF voll abgedeckt ist.

Aufbau des Filters

Einige Bedingungen müssen bei der Filterauslegung erfüllt sein:

1. Die Hochpaß-Sektion muß auch für sehr hohe Frequenzen voll übertragungsfähig sein. Dadurch wird ein VHF-üblicher Aufbau gefordert, der eine möglichst konzentrierte Bauelemente-Anordnung enthält. Wegen der hohen Ansprüche an die Güte der Kondensatoren und Spulen wurde auf eine gedruckte strip-Technik verzichtet. Die besseren Ergebnisse liefert der Einsatz versilberter Luftspulen und die Verwendung von keramischen Scheibenkondensatoren, deren Anschlußleitungen auf ein Minimum zurückgeschnitten sind.

2. Da das Split-Filter auch QRO-Ansprüchen genügen sollte, werden rundweg nur 5- und 6-kV-Kondensatoren mit ausreichend großen Ladungsflächen zur Vermeidung extrem hoher Stromdichten verwendet.

Abb. 5a, 5b, 5c zeigen das Split-Filter ohne Abdeckung. In einem $100 \times 100 \times 150$ mm messenden Alu-Gehäuse ist eine durchgehende Trennwand eingefügt, die jeweils eine für die HP- bzw. TP-Sektion getrennte Kammer bildet. Eingangsseitig, also zum Senderausgang zugeordnet, besitzen beide Filtersektionen den gemeinsamen Buchsenanschluß, für den in der Trennwand eine halbrunde Aussparung vorgesehen wurde. Filterausgangsseitig wird nur der Tiefpaß weitergeführt. In der Hochpaß-Kammer ist ein induktionsfreier Abschlußwiderstand für die Absorption der Harmonischenleistung als Abschluß des HP untergebracht. Geht man davon aus, daß eine 1-kW-Endstufe im sehr ungünstigen Falle einen Harmonischen-Störabstand von nur -10 dB(U) für die integrale Summenspannung am $50\text{-}\Omega$ -Abschlußwiderstand stellt, so ergibt dies rechnerisch rd. 22 Volt oder entsprechend 10 Watt. Diese Leistung muß vom Absorber-Widerstand aufgenommen werden können. Am besten eignen sich mehrere, gleichohmige Massewiderstände, die mit möglichst kurzen Anschlußdrähten sternförmig zwischen den HP-Filter-Ausgang und die Gehäuse-Masse parallel geschaltet werden. Im Musterfilter werden drei Stück 2-Watt-Widerstände des Typs SCD/Rosenthal verwendet. Die installierte Abschlußleistung beträgt zwar nur 6 Watt Dauerlast, was als ausreichend gelten muß; denn höhere Harmonischenleistungen würden ohne Zweifel weit im illegalen Betriebsbereich des Senders liegen!

Es drängt sich geradezu auf, die Störleistung der Harmonischen dauernd zu überwachen. In diesem Falle erhält man ein nicht nur billiges, sondern darüber hinaus auch eichfähiges Störleistungs-Watt-Meter für die Summe aller ungewollt produzierten spektralen Leistungsprodukte. Zu diesem Zweck wird die Hf-Spannung über dem Absorber-Widerstand abgegriffen, gleichgerichtet und einem Instrument zugeführt. An dieser Stelle wird auch verständlich, weshalb die Weitabsektion des Hochpasses unterhalb 30 MHz mit wenigstens -60 dB(U) gesichert sein muß: Bei 1 kW Output auf der Grundwelle würden noch 223 mV Grundwellen-Spannung durch den HP am Instrument angezeigt werden, wodurch die Identifizierung besonders kleiner Störleistungen nicht mehr möglich wäre. Die Meßgrenze liegt also bei etwa 1 bis 2 Milli watt integraler Oberwellenleistung! Mit Hilfe eines R&S-Meßsenders SMLM (30 bis 300 MHz) wurde die Eichung des Oberwellen-Wattmeters vorgenommen.

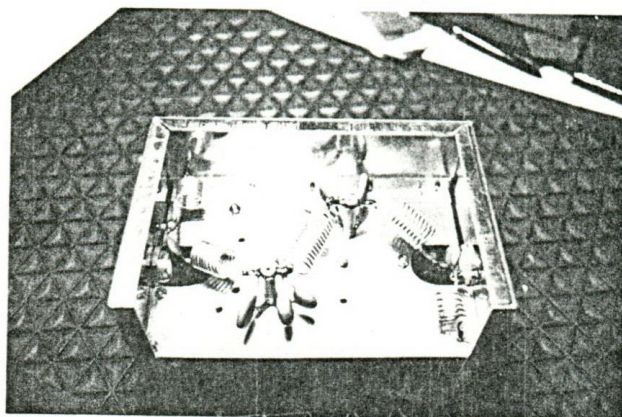


Abb. 5a. Tiefpaß-Sektion des Splitfilters

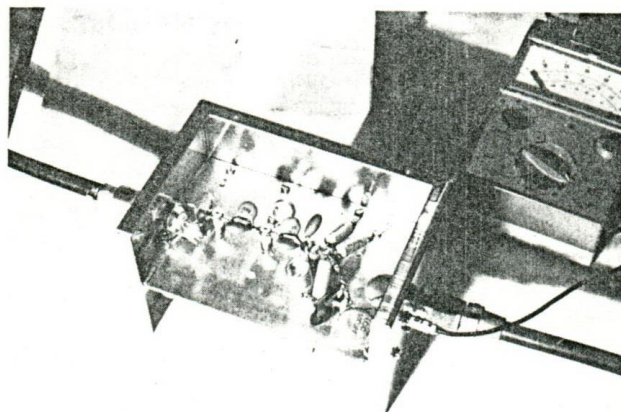


Abb. 5b. Hochpaß-Sektion des Splitfilters. Rechts im Bild: Absorber-Widerstände und DC-Anschluß für das Anzeige-Instrument

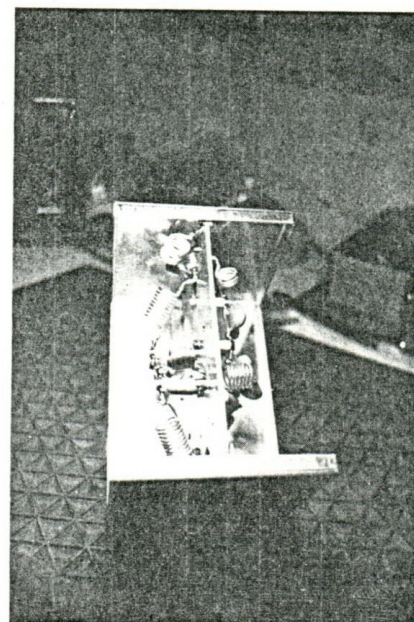


Abb. 5c. Ansicht auf die in jeweils getrennten Kammern untergebrachten Filter-Sektionen

Während die Kondensatoren aus handelsüblichen E6-Werten gebildet werden, müssen die Induktivitäten selbst hergestellt werden. Zur Verwendung kommt ein versilberter 1,5 mm Ø-Cu-Draht, der auf einen 10 mm Ø-Dorn gewickelt wird. Der lichte Drahtabstand von Windung zu Windung beträgt dabei 0,8 mm. In der Tabelle sind die Windungszahlen und Spulenlängen der einzelnen Spulen angegeben. Der Aufbau der Schaltung erfolgt auf keramischen Stützpunkten, denen gleichzeitig die Erdungs-Lötfahnen untergeklemt sind. Die beim konventionellen Tiefpaß oftmals praktizierte Kammerbauweise mit Durchführungskondensatoren an den Zwischenwänden (z.B. für die Unendlich-Glieder) wurde beim Split-Filter völlig verlassen. Zwei Gründe sind zu nennen: Die besagten Durchführungs-Flächenkondensatoren lassen sich nur sehr schwer selbst herstellen, wobei die Einhaltung des genauen C-Wertes große Schwierigkeiten bereitet. Gerade sie sind es, an denen sich bei hohen Hf-Leistungen Überschlüge und eine unzulässig hohe Verlustwärme einstellen. Daneben haben die Untersuchungen gezeigt, daß eine sinnvolle räumliche Aufteilung der einzelnen Spulen zu einer ausreichend hohen Entkopplung führt und so optimal kurze Massewege garantiert werden. So bilden die Achsen aller Spulen rechte Winkel zueinander, wie unschwer aus den Bildern zu ersehen ist.

Das Gehäuse ist dicht zu verschrauben, um eine Direktabstrahlung unerwünschter Neben- oder Oberwellen zu unterbinden. Nicht allein wegen des Einsatzes unter QRO-Bedingungen, sondern wegen der erwünschten guten Übertragungseigenschaft der hohen Frequenzen zum Hochpaß sind nur hochwertige Steckverbindungen zu wählen. Da aber die „UHF-Norm“ (die diesen Namen überhaupt nicht verdient!) mit ihrem SO-239-Buchsen und PL-259-Steckern in Amateurländern einfach nicht totzukriegen ist, wurde das Split-Filter mit Einloch-Dosen dieser Norm (versilbert und mit Teflon-Dielektrikum ausgerüstet) trotz mancher Bedenken aufgebaut. Eine anspruchsvollere Technik läßt sich jedoch mit N-Norm-Buchsen oder mit den vorzüglichen WSI-9,5-mm-Armaturen, nicht schon allein wegen der universelleren Kabeladaption, realisieren.

Die Entwicklung, Berechnung und Abstimmung eines derartigen Split-Filters ist ohne geeignete Meßmittel undenkbar. So wird neben einem UHF-Millivoltmeter mit Durchgangsköpfen ein Präzisions-Wobbler benötigt, der sowohl den Frequenzgang als auch den Kennwiderstandsverlauf über den gesamten interessierenden Frequenzbereich zu wobbeln erlaubt. Dennoch ist der Nachbau des hier beschriebenen Filters möglich, wenn die in der Spulentabelle angegebenen Werte genau eingehalten und Kondensatoren mit einer Toleranz von besser $\pm 5\%$ verwendet werden. Einige „Check“-Möglichkeiten können zusätzlich mit einem zuverlässig arbeitenden Grid-Meter herangezogen werden. Hierzu dienen die Anmerkungen in der Tabelle.

Tabelle

Tiefpaß			Hochpaß		
Spule	Windungen	Länge	Spule	Windungen	Länge
L _{1,3}	9	20 mm	L ₆	3	6,6 mm
L ₂	12	27 mm	L ₇	3	7 mm
L _{4,5} *)	7	11 mm	L ₈	6,5	13,5 mm**)

*) ergibt mit 56 pF Resonanz auf 35 MHz

**) ergibt mit 47 pF Resonanz auf 45 MHz

Alle Spulen auf einem 10-mm-Dorn gewickelt. Die angegebene Spulenlänge bezieht sich auf die Spule ohne die abgebogenen Spulenanschlußlängen, die in der Regel etwa 8 mm lang sind.

Kritische Randbemerkungen zum Oberwellen-TVI

Bereits schon im Jahre 1960 wurde vom Verfasser in einem anderen Zusammenhang der Prototyp eines Splitfilters aufgebaut und untersucht. Es schien lange so, als könnten die TVI-geplagten OM's mit herkömmlichen Tiefpaßfiltern das Problem lösen, und so versank das Split-Filter für einige Jahre in der Schublade. Es zeigte sich aber auch, daß viele kommerzielle Tiefpaßfilter ausgerechnet im Bereich der TV-Frequenzen sog. „Dämpfungslöcher“ aufweisen, die auf die Eigenresonanzen der diskreten Bauteile zurückzuführen sind. Es ist aber die ausgesprochene Stärke des Split-Filters, daß es die

Dämpfungswerte bis weit in den Frequenzbereich des TV-Bandes IV/V mit über -70 dB(U) kompromißlos garantiert. Aber es gibt noch einen anderen Grund: Zwischenzeitlich sind nicht nur die Sendeleistungen, sondern auch die Fernsehzeilehzahlen beträchtlich angestiegen. Offensichtlich nicht mitgehalten hat der von den Amateuren dazu erwartete höhere Entstörrgrad sowohl der eigenen Sender als auch der nachbarlichen TV-Geräte. Letztlich wird beides fast immer wie die Katze im Sack erworben; denn kein Händler liefert beim Kauf einer Funkstation die dokumentarisch verbürgten Meßdaten einer Spektral-Analyse des Senders mit.

Die sowohl mit dem Analysator als auch mit dem Split-Filter durchgeführten Messungen an verschiedenen Geräten machen folgendes klar:

- Sender ohne ALC-Einrichtung (z.B. fast alle älteren JA- und US-Geräte) müssen fast zwangsweise zu Oberwellengeneratoren werden, wenn der OP nicht ganz genau weiß, wo die Grenzen der Nf-Ansteuerung für einen linearen Betrieb liegen. Diese Geräte sollten daher im eigenen Interesse abgelöst werden.

- Geräte mit einer eingebauten ALC müssen nicht unbedingt übersteuerungsfest sein, da die ALC der Aussteuerung nur bedingt folgt oder sehr bald am Ende ihres Regelbereichs angelangt ist. Zu dieser Geräte-Kategorie zählen viele Sender und Transceiver der „Mittelklasse“ unter DM 3000,- „ALC“ ist also kein Freibrief für das „Aufdrehen bis zum Anschlag“, das gleiche gilt auch für den Einsatz von Kompressoren aller Art.

- Und schließlich ist das psychologische Fehlverhalten des Operators sein größter Feind: Das Gros der OM's hat noch immer nicht begriffen, daß ein Drittel weniger an Output von der Gegenstation noch gar nicht bemerkt wird, dem TV-Nachbar aber – dank der deutlich lineareren Betriebsweise des TX – ein störungsfreies Bild beschert. Wer Geräte mit Zeilen-Endröhren benutzt, sollte dieses zweimal lesen; denn er fährt seine QSO's mit erhöhtem Risiko für sich und seine Umwelt!

- Wer darüber hinaus und beim derzeitigen Stand der Technik glaubt, daß Halbleiter-Endstufen auf KW in „All-solid-state“-Geräten einen TVI-bezogenen Fortschritt darstellen, der irrt. Was der Röhreneingang im Empfänger der Transistoreingangsstufe an Linearität voraus hat – und viele Firmen kehren zur Röhre zurück –, gilt auch uneingeschränkt für die Senderendstufe.

Die Industrie spart aber ebenso wie der „home-brew-man“ an ganz elementar wichtigen Einrichtungen, und beide sparen am verkehrten Ende: Es fehlt sehr oft an der doppelten Abschirmung der PA, die die Röhre ebenso wie das komplette Pi-net aufzunehmen hat. Ein leidiges Kapitel ist aber auch die mangelhafte und oft nur aus zwei Scheibenkondensatoren bestehende Netzverblockung. Man muß sich beim Einkauf eines Senders ohne die entsprechend vorhandenen Verblockungseinrichtungen im klaren sein, daß dann im Ernstfall auch kein noch so aufwendig aufgebautes Tiefpaß- oder Split-Filter-System zum erwünschten Erfolg führen wird.

Nicht zu vernachlässigen ist das Spektrum der Neben- und Oberwellen, die der Steuersender bereits schon der Endstufe anbietet. Dies kommt nicht von ungefähr; denn die vorwiegend in GG-Version betriebenen Endstufen fordern die volle Treiberleistung des Exciters. Hier entsteht also das gleiche Problem, lediglich auf einer niedrigeren Leistungs-Ebene angesiedelt. In derartigen Fällen ist der Einsatz eines weiteren Tiefpasses zwischen dem Treiber und der Endstufe unentbehrlich; vorzugsweise sollte es wieder ein Split-Filter sein.

Ohne es meßtechnisch nachgewiesen zu haben, kann nur festgestellt werden: Kein TVI zu machen bedeutet noch lange nicht linear zu fahren. Wer also zu sehr von der Oberwellen-Freiheit seiner Anlage überzeugt ist, sollte es einmal mit einem Split-Filter mit einem Harmonischen-Indikator versuchen. Möglich, daß er sich wundert!

Literatur

- [1] R. Weinreich, K Ø UVU, und R. W. Carroll, „Absorptive Filter for TV Harmonics“, QST, November 1968.
- [2] „Hoch- und Tiefpaßfilter gegen Fernsehstörungen“, DL-QTC 12/55.
- [3] Dr.-Ing. H. Schröder, „Elektrische Nachrichtentechnik“, I. Band, Teil III: Siebschaltungen, S. 381ff.

Erfahrungen mit dem TVI-SPLIT-Filter

Von Hans Rohrbacher, DJ 2 NN

Im Jahre 1976 wurde das Split-Filter-Prinzip erstmalig im deutschsprachigen Raum vorgestellt¹, und nach drei Jahren Erprobungszeit erscheint es angebracht, eine Bestandsaufnahme der bisher gesammelten Erfahrungen vorzunehmen. Da nicht vorausgesetzt werden kann, daß allgemein bekannt ist, was unter dem Begriff „Split-Filter“ gemeint ist, soll nachfolgend das wesentliche nochmals rekapituliert werden.

Das bisher nicht gelöste Problem

Physikalisch gesehen gibt es keine ideal linear arbeitende Sendeendstufe, d. h. die immer etwas von einer Geraden abweichende Arbeitskennlinie von Röhren oder Halbleitern bewirkt eine Verzerrung des Signals und läßt als Folge ein mehr oder minder ausgeprägtes Harmonischen-Spektrum entstehen. Bemerkte sei, daß die Halbleiterkennlinie einen quadratischen Verlauf aufweist, also proportional U^2 verläuft, während die „linearere“ Röhrenkennlinie $U^{1,5}$ folgt. Dieser Hinweis erscheint angebracht, da immer mehr Transceiver-Endstufen und Linear-Verstärker in solid-state-Technik auf dem Markt angeboten werden und sich damit die TVI-Probleme wieder zu verschärfen beginnen. Betrachtet man sich die Spektrogramme der neuesten Transceiver-Generation und vergleicht man diese mit denen der Röhrengeräte, so zweifelt man zu Recht am gepriesenen Fortschritt. Neben der Kennlinie gibt es noch einen weiteren Grund: Die Selektivität des pi-nets läßt bei den Halbleiter-Geräten aufgrund der hohen Impedanz-Übersetzungen und der sehr niedrigen Betriebsgüten des Ausgangskreises (kleiner Quellwiderstand, extrem hohe Ströme mit dem Problem der Eindringtiefe, große Breitbandigkeit der PA) sehr zu wünschen übrig. Was also ist zu tun?

Prinzipiell wird man in der näheren Umgebung von Fernsehteilnehmern ohne den Einsatz eines zusätzlichen Harmonischen-Filters kaum auskommen können. Die klassische Vorgehensweise bestand bisher darin, ein Tiefpaß-Filter mit einem Durchlaßbereich von 0-30 MHz dem Sender nachzuschalten. Doch an dieser Stelle setzt nun die Kritik an: Das einfache Tiefpaßfilter ist in der Regel ein BUTTERWORTH-Typ mit einem oder mehreren Unendlich-Gliedern, das — je nach Preisklasse — mit zusätzlichen „m-derived“-Halbgliedern zur Verteilerung der Flanken ausgestattet ist. Im 0-30-MHz-Durchlaßbereich arbeitet der Tiefpaß wellenwiderstandsgeeignet, d. h. er verhält sich wie ein Stück Kabel mit dem entsprechenden Kennwiderstand, also $Z = 50 \text{ Ohm}$. Oberhalb 30 MHz, im Harmonischen-Bereich, ist keine Anpassung mehr vorhanden, d. h. für diese Frequenzen durchläuft die Filterimpedanz jeden beliebigen Wert zwischen Null und Unendlich, und ein vor dem Filter befindliches SWR-Meter zeigt daher auch Werte ungleich Eins an. Dabei ist es völlig nebensächlich, ob das Filter mit seinem Z-Wert abgeschlossen oder offen betrieben wird. Die Folge: Die Harmonischen werden beim Tiefpaß in aller Regel **nicht eigentlich gesperrt, sondern in die Senderendstufe reflektiert**. Daß sie dort wiederum keine Anpassung finden, nimmt nicht wunder; denn das pi-net bzw. die Endstufe sind nur auf der Grundwelle leistungsangepaßt, und nur für diese ist der Quellwiderstand entsprechend transformiert. Die Folgen sind: Vagabundierende Oberwellenströme, völlig unkontrollierbare Ausgleichsströme zum

1 H. Rohrbacher, DJ 2 NN, „Split-Filter mit Störleistungsanzeige“ cq-DL 8/1976

Netz oder zu den selten idealen Erdern und schließlich die besonders schwer entstörbaren Harmonischen-Mantelwellen auf dem Speisekabel.

Die Lösung

Die angesprochenen Unzulänglichkeiten einfacher Tiefpaßfilter lassen sich lösen, wenn dafür gesorgt wird, daß die Harmonischen-Energie **nicht reflektiert, sondern absorbiert** wird.

Hierzu bietet sich der Einsatz eines zusätzlichen Hochpaßfilters an, das dem Tiefpaß senderausgangsseitig parallel geschaltet wird. Es entsteht so eine Sechspol-Anordnung (Abb. 1), deren Hochpaßausgang mit dem Kennwiderstand des Filters reell abgeschlossen ist und wie folgt arbeitet: Die im Spektrum des Senders enthaltenen Harmonischen werden vom Hochpaß übernommen und vom Abschlußwiderstand desselben reflexionsfrei aufgenommen und vernichtet. Da die Harmonischen gewissermaßen von der Grundwelle abgetrennt werden, trägt diese Filteranordnung den Namen „Split-Filter“. Eine Mindestentkopplung von Hochpaß zu Tiefpaß von wenigstens 60 dB ist dabei unerlässlich, da aber gleichzeitig das Verhältnis von Durchlaß- zu Sperrfrequenz aus bestimmten Gründen nicht kleiner 1:1,2 gewählt werden sollte) endliche Güte der Bauelemente, Welligkeit, Weitabselektion etc. wird die untere Grenzfrequenz des Hochpaßkanals auf etwa 45 MHz gelegt. Um weiterhin sicherzustellen, daß auch Oberwellen sehr hoher Ordnungszahlen reflexionsfrei in den Hochpaß übernommen werden, muß dieser UHF-mäßig ausgeführt sein.

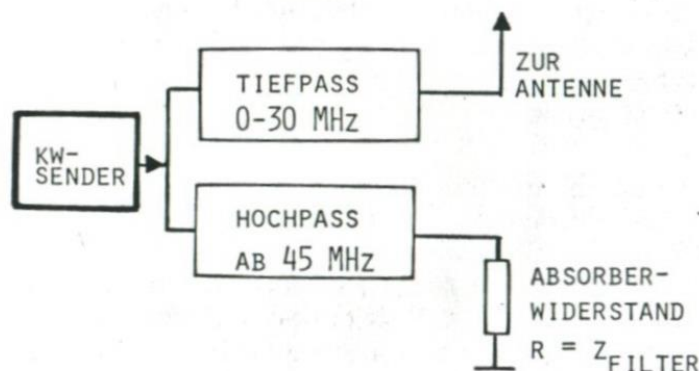


Abb. 1

Arbeitsweise des als Sechspol aufgebauten Split-Filters. Die Grundwelle des Senders durchläuft den Tiefpaß, während alle oberhalb 30 MHz auftretenden Harmonischen vom Hochpaß und dessen Absorber-Widerstand übernommen und vernichtet werden.

Die Monitor-Möglichkeit

Mit der Sechspol-Anordnung bietet sich die zusätzliche Möglichkeit, die vom Sender erzeugte Harmonischenleistung unmittelbar integral zu messen, indem die über dem Absorber-Widerstand abfallende Oberwellen-Spannung breitbandgleichgerichtet und mittels einer einmal vorgenommenen Eichung zur Anzeige gebracht wird (Abb. 2). Dieses Verfahren stellt ein Novum bei der TVI-Bekämpfung dar und hat sich ungemein bewährt. Um es deutlich zu sagen: Die vom Monitor-Instrument, z. B. in mW geeichte, angezeigte Harmonischen-Leistung ist diejenige integrale Störleistung, die der Sender an seiner Ausgangsbuchse anbietet, also ohne Split-Filter-Einsatz zur Abstrahlung käme, nun aber

im Absorberwiderstand den angepaßten Verbraucher findet und dort vernichtet wird. Welche neuen Optionen bieten sich dem OM also an?

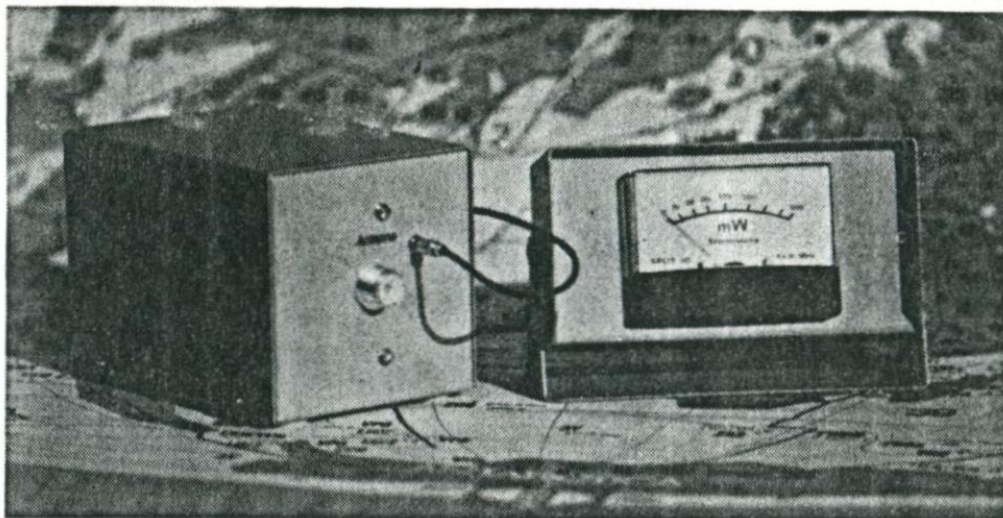


Abb. 2

Split-Filter mit Oberwellen-Monitoranzeige für den integralen Störleistungsbereich 0-500 mW. Das Monitorinstrument zeigt die Höhe derjenigen Gesamtstörleistung oberhalb 30 MHz an, die ohne Einsatz des Split-Filters zur Abstrahlung gekommen wäre. Werte größer 20 mW gelten erfahrungsgemäß als bereits äußerst TVI-suspekt.

- Zunächst eine der wichtigsten Möglichkeiten: Er kann den Arbeitspunkt seiner Endstufe in den optimal linearen Bereich einstellen, indem er das Verhältnis von Grundwellen- zu Störleistung mittels einer günstigeren Wahl des Ruhestromes und einer ggf. nachgezogenen HF-Ansteuerung verbessert;
- die meist abrupt einsetzende Übersteuerung der PA wird vom Monitor sofort signalisiert; denn mit der over-drive der HF-Ansteuerung steigt die Harmonischen-Leistung exponentiell an;
- quasi-stabil arbeitende Endstufen werden dadurch identifiziert, daß der Monitor je nach Unter- oder Überanpassung des Senders an seine Last, z. B. durch nicht sauber angepaßte Antennen, kurzzeitig deutlich höhere Harmonischen-Leistungen anzeigt und empfindlich auf die PA-Abstimmung oder auf SWR-Änderungen reagiert;
- der Monitor zeigt sofort Vollausschlag: Die Endstufe schwingt wild. Mancher OM hat sich vielleicht schon einmal über eine instabile Anodenstromanzeige bei Einton-Trägern oder bei gedrückter CW-Taste gewundert. Der Monitor läßt keine Zweifel aufkommen: Die PA oszilliert irgendwo im VHF/UHF-Bereich und erzeugt ein sattes TVI-Signal.

Die Erfahrungen

Nachdem in (1) die Möglichkeit eines Nachbaus angeboten wurde und gleichzeitig die Split-Filter bei den einschlägigen Lieferfirmen bezogen werden konnten, kann davon ausgegangen werden, daß bis heute etwa eintausend Split-Filter in DL in Betrieb sind. Die Filter sind in mehreren Ausführungen (Abb. 3) und in Leistungs-Klassen bis zu 5000 Watt Grundwellenleistung bekannt. Einige verwenden einen von außen aufsetzbaren Absorber-Widerstand und können ohne denselben aber auch als KW-VHF/UHF-Weiche benutzt

werden. Sie erlauben so eine Einkabel-Speisung z. B. eines KW-Beams und einer 2-m-Antenne ohne Umschaltung und über ein einziges Kabel.

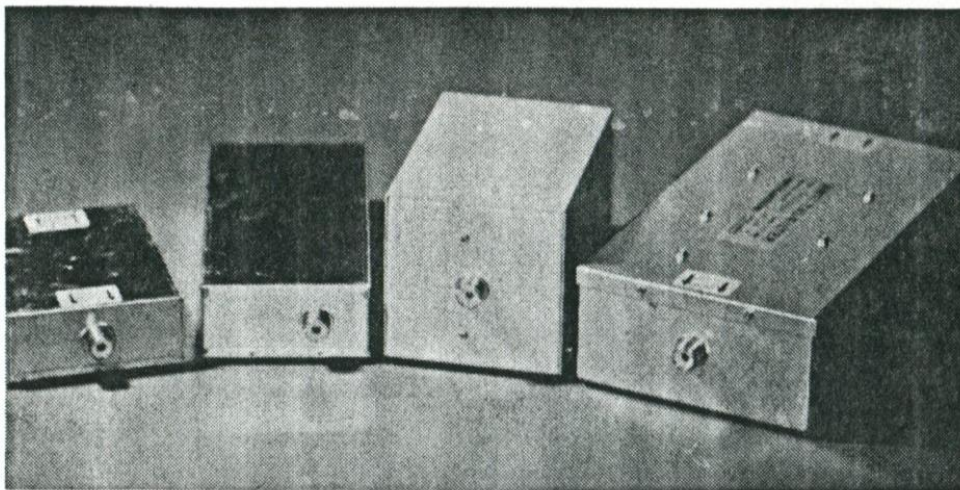


Abb. 3

Ausführungsbeispiele verschiedener Split-Filter für unterschiedliche Betriebsleistungen. Von l. n. r.: 500 — 1500 — 2000 und 3500 Watt-Filter mit Harmonischen-Dämpfungen bis zu 140 db / > 70 MHz. Einige der Filter besitzen ein hermetisch dicht gelötetes Gehäuse.

Der Verfasser hat in den letzten Jahren eine umfangreiche Sammlung an „Erfolgsmeldungen“ und Erfahrungsberichten einzelner OMs anlegen können. Einige, zunächst immer wiederkehrende und daher als typisch geltende Ergebnisse sollen vorangestellt werden; sie sind auf diejenigen TVIs anwendbar, die durch Oberwellen hervorgerufen werden.

- Die TVI-geplagten OMs konnten zwar mit einem konventionellen Tiefpaßfilter die Störungen bereits schon senken, doch ein letzter Rest schien nicht entstörbar: Das Split-Filter schaffte es auf Anhieb TVI-frei zu werden.
- Eine Beseitigung oberwelliger Mantelwellen schien zunächst hoffnungslos zu sein, da der Einsatz eines hochsperrenden Tiefpaßfilters keine Verbesserung der Lage brachte. Bei einigen bekannt gewordenen Fällen führte dies sogar dazu, daß die Störungen noch gravierender wurden, ein Phänomen, das erhebliche Verwirrung stiftete. Die Erklärung ist jedoch, daß das Tiefpaßfilter die Harmonischen-Leistung reflektierte und zu den bereits schon erwähnten Effekten führte. Durch die Reflexion bildeten sich zwischen Sender und Filter stehende Wellen aus (Harmonische!), und die selten dichten Kabel zwischen TX und Tiefpaß strahlten die Störleistung ab. Hier aber zeigt das Split-Filter seine besondere Stärke: Da die Harmonischen im Absorberwiderstand des Hochpasses aufgenommen werden, konnten sich erst gar keine stehenden Wellen im Bereich oberhalb 45 MHz ausbilden; die Störungen waren völlig verschwunden.
- Beim Betrieb einer Linear-Endstufe ist die Wahrscheinlichkeit fünfzig Prozent, daß bereits schon der Steuersender eine zu hohe Störleistung produziert. Zwei Dinge sind hier zu nennen: Einmal werden die Treibersender bis weit über die oberen Aussteuergrenzen gefahren, damit die hohen Steuerleistungen für die grounded-grid-Linear-PAs aufgebracht werden können, und schließlich sind die Eingangsimpedanzen der GG-PAs selten reell 50

Ohm. Eine optimale Leistungs-Anpassung findet also nicht statt, und der Fehlbetrag zur vollen Aussteuerung der Linear-Endstufe wird durch ein weiteres Aufdrehen des Steuersenders wieder wettgemacht. Mit anderen Worten: Die Treiber sind in derartigen Fällen fehlangepaßt und werden übersteuert betrieben; ein entsprechend hoher Oberwellengehalt ist die Folge. Damit vermieden wird, daß bereits schon der Linear-Endstufe ein unerwünschtes hohes Harmonischen-Spektrum angeboten wird, muß ein Filter zwischen den Treiber und die PA geschaltet werden. Würde hierfür ein normaler Tiefpaß gewählt, so wären die Erfolgsaussichten von vorneherein begrenzt. In mehr als dreißig dem Verfasser bekannten Fällen von Treibersender-TVI half nur der Austausch des Tiefpasses gegen ein Split-Filter.

- Ein seltenes aber durchaus in einigen Fällen bekanntes Phänomen ist die Direkteinstrahlung in Stereo-Anlagen und in die NF von Fernsehgeräten, bei der die störende Beeinflussung nicht — wie üblich — durch die Grundwelle, sondern durch die Harmonischen hervorgerufen wird. Dies ist so zu verstehen, daß in der NF-Schaltung des gestörten Geräts Leitungs- oder Bauteileresonanzen auftreten, die oberhalb 30 MHz liegen. Über Mantelwellen — es genügen Milliwatts — führen so zu ganz erheblichen Störungen. So war es erst durch den Einsatz eines Split-Filters möglich, die störende Beeinflussung, deren Ursache übrigens in zwei bekannten Fällen auch nicht vom Funkstörungsmeßdienst erkannt worden war, völlig zu beseitigen.
- Mit Hilfe der Monitor-Anzeige konnten in überraschend vielen Fällen die nichtlinearen Arbeitspunkteinstellungen der PA sowie die zu hohen Ansteuerpegel entweder schon beim Transceiver oder bei der Linear-Endstufe erkannt und berichtigt werden, so daß durch diese Maßnahme aktiv TVI reduziert oder ganz beseitigt werden konnte.

Das statistische Gesamtbild, das sich auf bisher 370 Einzelinformationen stützt und das auf reine Oberwellen-Störungen bezogen ist, hat folgendes Ergebnis:

Gruppe A: 87 % aller OMs, die erstmals ein Split-Filter einsetzten und zuvor kein Filter benutzt hatten, konnten oberwellige Störungen auf ein erträgliches Maß reduzieren bzw. diese ganz beseitigen (Verhältnis 1:3, wobei „erträglich“ definiert ist als TVI, das gerade noch identifizierbar ist, aber subjektiv nicht mehr störend wirkt).

Gruppe B: Löste das Split-Filter ein bereits vorhandenes Tiefpaßfilter ab, wobei letzteres noch nicht den gewünschten Erfolg brachte, so konnte in 62 % dieser Fälle mit dem Split-Filter völlige TVI-Freiheit verbucht werden.

Gruppe C: Geht man davon aus, daß mit Hilfe des Monitors eine lineare Einstellung des Senders möglich war, so daß ohne ein zusätzliches Filter ein TVI-freier Betrieb möglich war, so zählen zu dieser Gruppe immerhin noch 11 % der zuvor störenden Anlagen. Überflüssig zu bemerken, daß die betroffenen OMs in aller Regel aus Gründen der Überwachungsmöglichkeit und letztlich zur besseren Absicherung das Split-Filter samt Monitor beibehielten oder sich dieses beschafften, sofern es zunächst ausgeliehen war.

Gruppe D: Bei 13 % aller TVI-Betroffenen wurde keine zufriedenstellende TVI-Beseitigung erzielt. Die Oberwellen wurden also nicht nur über den TX-Ausgang abgegeben. In diesen Fällen halfen nur rigorose Maßnahmen, wie

eine konsequente Verbesserung der PA-Abschirmung: Abdichtung der Lüfter-Löcher mit Gittern oder eine Zusatzschirmung des Endstufenteils. Weiterhin Maßnahmen zur Netzverblockung und Schirmung der Steuerleitungen und Netzgeräteversorgung bei der Verwendung eines vom HF-Verstärker getrennten Netzteils. Die vorgenannten Einzelergebnisse führen somit zu einer Gesamteinschätzung der TVI-Problematik, deren wesentliche Erkenntnisse sich wie folgt zusammenfassen lassen:

Was tun, wenn kein Split-Filter hilft?

Grundsätzlich gilt, daß oberwelliges TVI auf der Senderseite entstört werden muß und daß es aber auch sicher behoben werden kann. Einmal davon abgesehen, daß die linearere Einstellung des Arbeitspunktes oder die Zurücknahme der Ansteuerung eine Mindestforderung ist, obwohl letzteres bei vielen OMs psychologisch schwer durchsetzbar zu sein scheint (ein Drittel weniger output paßt nicht so recht in die Vorstellung mancher, die so gerne das Äußerste aus ihrer Lin-PA herausquetschen, obwohl die Gegenstation keinen Unterschied feststellt), so bleiben noch wesentliche Entstörungsmöglichkeiten:

- Man prüfe, ob der Sender HF-undichte Gehäusestellen hat. Dazu wird ein Split-Filter über ein möglichst kurzes Verbindungskabel (maximal 50 cm) an den PA-Ausgang angeschlossen. Dann wird probeweise eine breite, das ganze Gehäuse hermetisch abdichtende Alu-Folie um den Sender gelegt, die mit dem Masse teil der HF-Ausgangsbuchse gut leitend verbunden wird. Führt diese Maßnahme zu einer Verringerung der Störungen, dann kann weiter eingegrenzt werden, aus welchem Bereich des Senders (Baugruppe, Endröhren-Käfig, Lüfteröffnung etc.) die Störenergie abgestrahlt wird. Bei der vorgenannten Gruppe D zeigt sich immer wieder, daß die Schirmungen verbessert werden müssen, wobei etwaige Kühlungsprobleme zu berücksichtigen sind. Meist genügen engmaschige Siebe aus Aluminium oder solche aus verkupferten Oberflächen. Keinesfalls aber sollten Schlitzbleche mit länglichen Öffnungen verwendet werden.
- Wenig Beachtung findet die Relais-Steuerleitung vom Transceiver zur Linear-Endstufe, mit der das Antennen-Relais bedient wird. In einer beachtlichen Anzahl von restverbliebenem TVI — trotz Filtereinsatz — kamen die Störungen im wahrsten Sinne des Wortes „durch die Hintertüre“, da die besagten Steuerleitungen so gut wie nie abgeschirmt sind. Kein Wunder im übrigen; denn die in großen PAs meist offen betriebenen Leistungsrelais-Kontakte führen Hunderte von Volt HF-Spannung, und die Relais-Steuerleitungen werden nur wenige Zentimeter an ihnen vorbei geführt! Ein pick-up ist unvermeidlich, auch nimmt die kapazitive Kopplung mit der Frequenz zu und bevorzugt so die Oberwellen.
- Schließlich bleiben zwei weitere, unerwünschte Oberwellen-Abstrahlungen. Es sind dies das Netz und die Mikrofon-Leitung. Die Netzverblockung ist — wenn sie richtig ausgeführt ist — nicht gerade billig und wird daher entweder an der falschen Stelle oder nur unzulänglich ausgeführt. Dazu kommt, daß bei Verwendung getrennter Netzteile eine zweite HF-Barriere an derjenigen Stelle vorhanden sein muß, an der die Versorgungsspannungen in den Sender eingeführt werden. Fehlt eine ausreichende Filterung (Scheibenkondensatoren genügen nicht immer, daher sollten Drosseln oder volle Pi-Glieder verwendet werden), so muß diese extern nachvollzogen werden. Gleichzeitig sollte das vieladrige Versorgungskabel vom getrennten Netzteil unbedingt geschirmt sein.

Zusammenfassung

Das Split-Filter stellt physikalisch eine interessante und allen bisher bekannten Sender-Oberwellenfiltern überlegene Alternative im Kampf gegen die Harmonischen-Abstrahlung dar. Die bisherigen Erfolge sind Bestätigung genug. Die Beliebtheit dieses Filters, insbesondere die zusätzlichen Möglichkeiten einen Harmonischen-Monitor anschließen oder das Filter in modifizierter Form als KW/VHF-Weiche benutzen zu können, zeigt, daß es richtig war, diese zunächst nur für den kommerziellen Anwendungsbereich konzipierte Technik auch dem OM zu empfehlen.

Nach heutiger Erkenntnis der Funkstörungsmeßdienste überwiegt zwar bei allen gemeldeten TVI-Fällen die durch die Grundwelle verursachte Direkt-einstrahlung etwa im Verhältnis 2:1 gegenüber dem Oberwellen-TVI. Dennoch bleibt ein erschreckend hoher Anteil der letztgenannten Kategorie, und der zunehmende Einsatz von Halbleitern in Endstufen wird kaum dazu beitragen, dieses Verhältnis zu verbessern.

Mit diesem Bericht sollte versucht werden, einem alten Problem mit neuartigen Mitteln zu begegnen.

QRV 7/1979

395

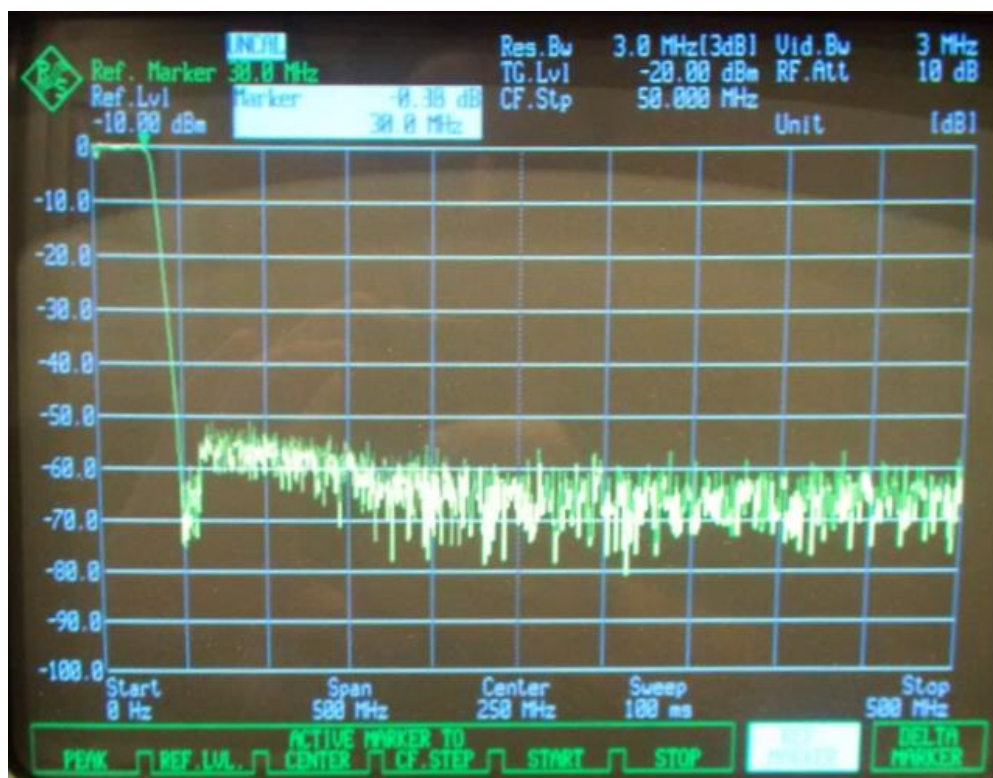
Anfang 2018 konnte ich auf einem Flohmarkt ein weiteres Split-Filter erwerben. Es ist die Ausführung bis 500W mit der Typenbezeichnung SP—30 / 500 / DC.

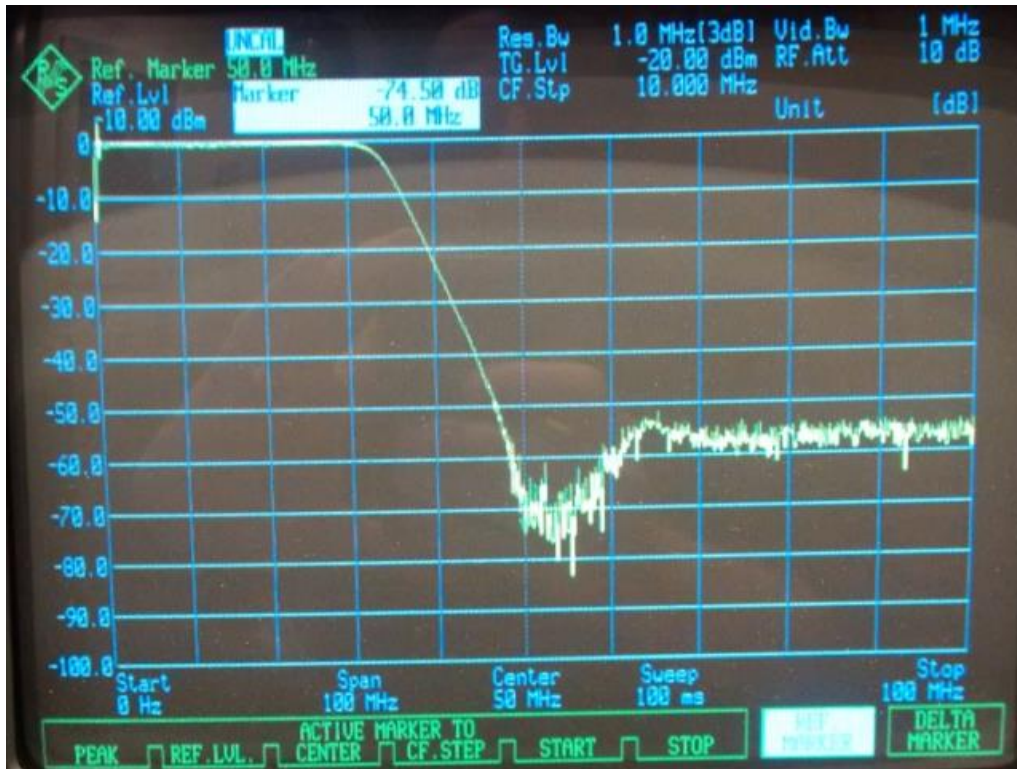


Ein- und Ausgang sind mit PL-Buchsen realisiert. Die Detektorspannung des Oberwellenfilters liegt an einer 3.5mm Klinkenbuchse an.



Hier einige Messergebnisse dieser Version. Die Einfügedämpfung ist minimal und die Dämpfung bei 50 MHz mehr als 70dB.





Im August 2018 erhielt ich von Walter Stöhr, DG3NCG, Bilder seines Filters vom Typ Split SPX-1500 DC sowie ein extrahiertes Schaltbild. Vielen Dank an Walter für die freundliche Zusendung der Infos.

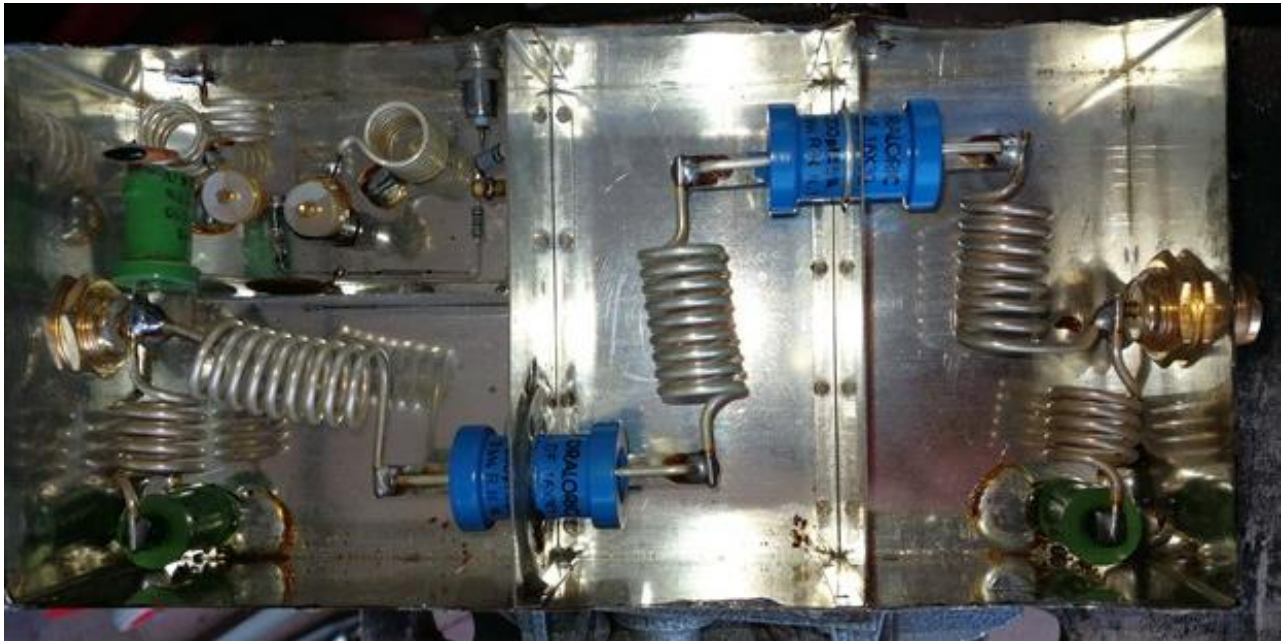


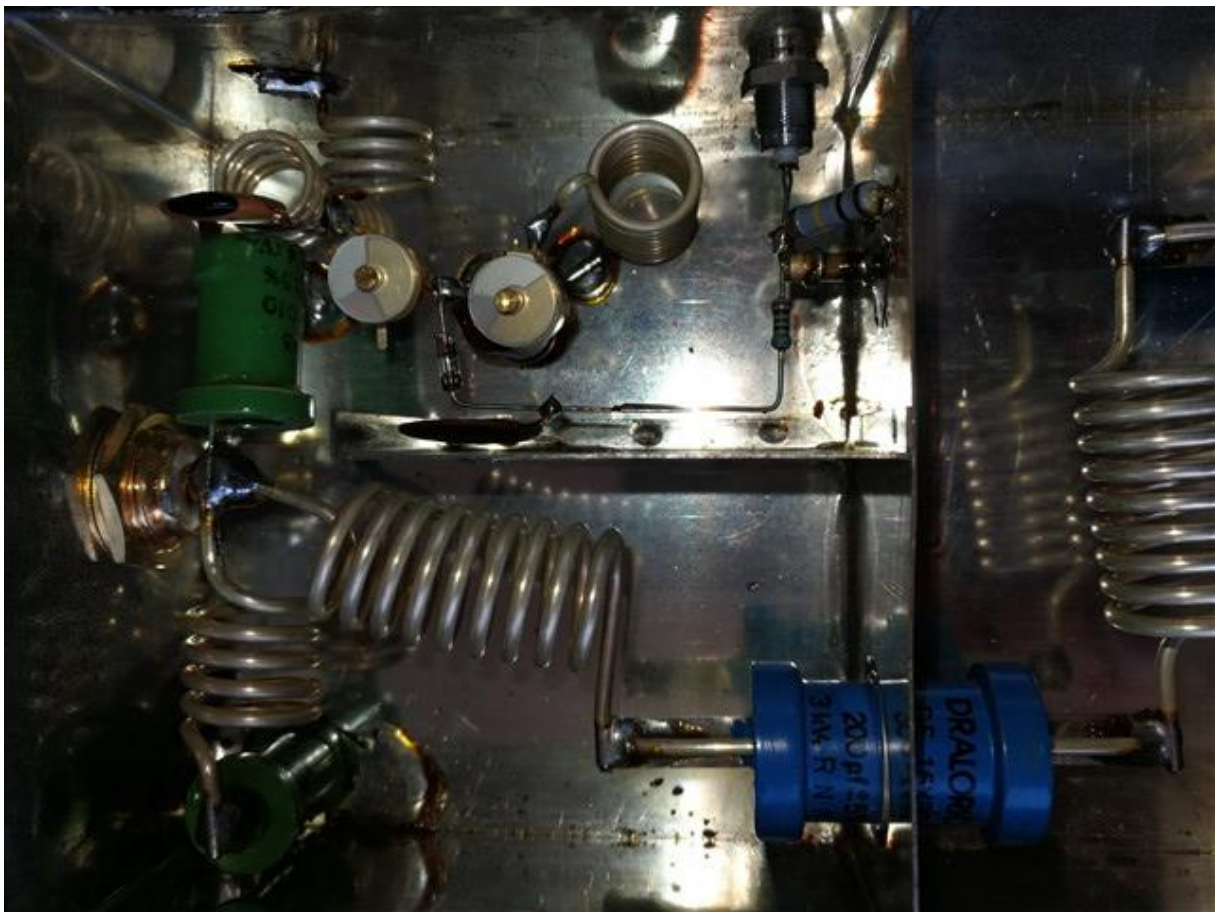
Filter-Leistungen

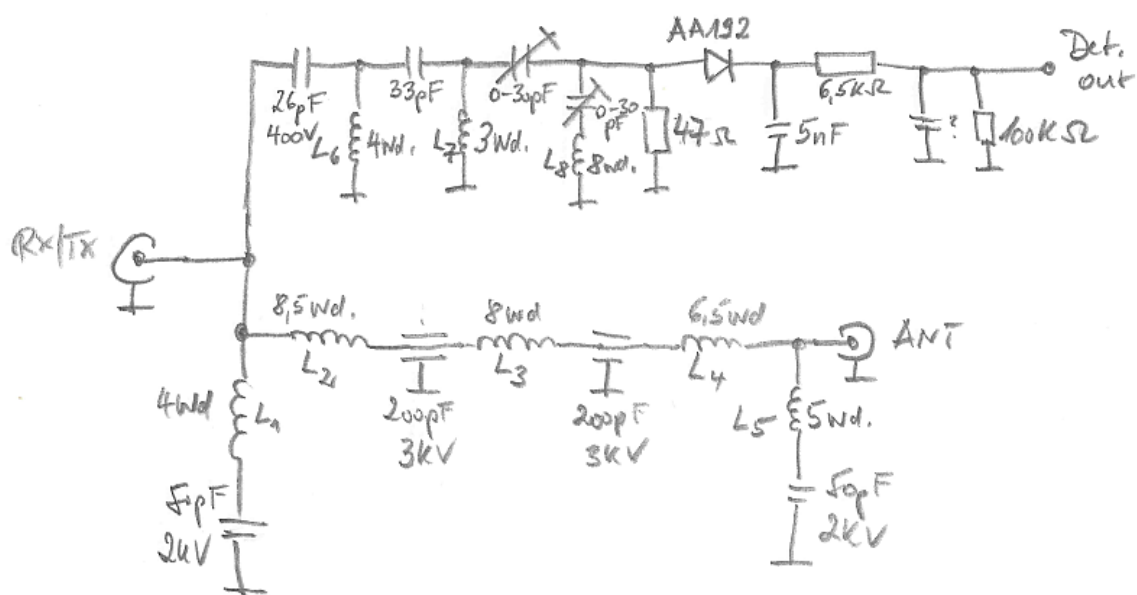
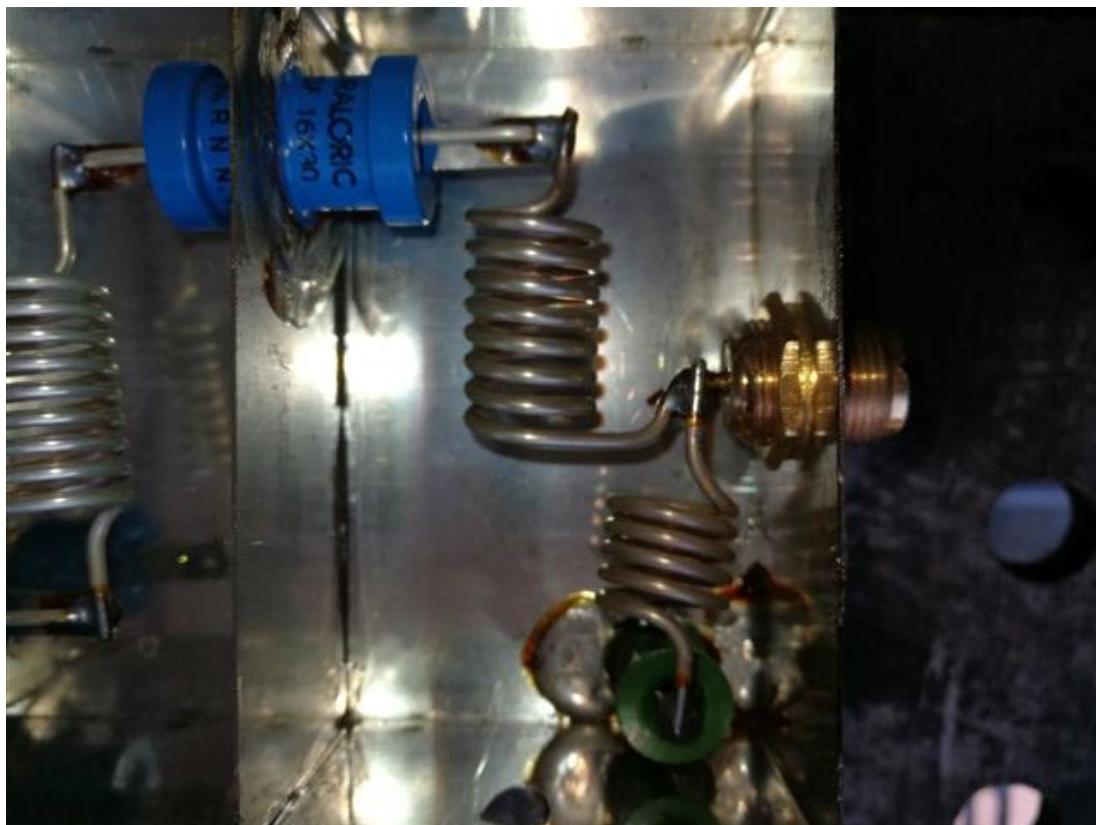
Die Leistungsverträglichkeit P_o der SPLIT-Filter berechnet sich aus den Stationsbetriebsdaten wie s =SWR, k =Betriebsart und T =Filtertemperatur. Sie reduziert sich vom aufgedruckten Leistungswert N auf die maximal zulässige Senderausgangsleistung P_o wie folgt:

$$P_o = \frac{(1 + s)^2}{4 \cdot s^2 \cdot k \cdot (0,6 + 0,02 \cdot T)} \cdot N \quad (\text{Watt})$$

Die k -Werte: AM, FM, RTTY, SSTV: $k=1$; CW: $k=0,7$
SSB unkomprimiert: $k=0,7$; SSB kompr.: $0,8 \dots 1$
Beispiel: $N=1,5 \text{ kW}$, $s=3$ (1:3), $T=35^\circ \text{ C}$ und $k=1$:
Das Filter kann mit maximal $P_o=667 \text{ W}$ Sender-Ausgangsleistung betrieben werden. Die wesentliche Einschränkung stellt das SWR (s) dar.







$L_1 \dots L_5$: Silberdraht $\phi 2\text{mm}$
 $\phi_{\text{innen}} = 12\text{mm}$

$L_6 \dots L_8$: Silberdraht $\phi 1.5\text{mm}$
 $\phi_{\text{innen}} = 9.6\text{mm}$

Ich freue mich stets für Rückmeldungen an die unten angegebene Email-Adresse.

Im Voraus vielen Dank.

Viele Grüße Matthias DD1US Email: DD1US@AMSAT.ORG Homepage: <http://www.dd1us.de>