

Technik zum Verstehen

1:1-Balun nach Guanella

Dr. Karsten Eppert, DK4AS

Nachdem im OV R09 während mehrerer, im 14-tägigen Rhythmus stattfindenden Veranstaltungen der TIG, die Randbedingungen zum erfolgreichen Bau eines 1:1-Baluns nach Guanella experimentell bestätigt worden waren [1], blieb als Frage offen, warum so ein Balun überhaupt funktioniert. Im Anschluss an ausführlichen E-Mail-Verkehr mit DJ1ZB und DGØSA wurden einige weiterführende Versuche durchgeführt, Literatur gelesen und Überlegungen angestellt, bis die Funktion verstanden war.

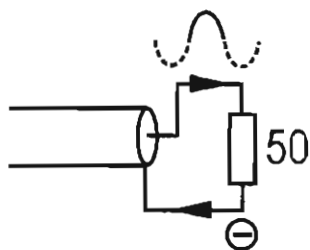
Zur Person



Dr. Karsten Eppert, DK4AS
 Jahrgang 1947, Amateurfunkgenehmigung ab 1970, DARC-Mitglied seit 1969, Chemiestudium an der Carolo Wilhelmina Universität Braunschweig. Berufliche Tätigkeit im Vertrieb in unterschiedlichen Branchen. Gelegenheitsbastler.

Anschrift:
 Mühlenweg 1, 42781 Haan,
dk4as@darcc.de

Bild 1: Spannung und Strom an einfachem Abschlusswiderstand und kurzen Zuleitungen



Die Hilfsmittel zur Durchführung der Versuche waren ein Tx mit kleiner Ausgangsleistung (<1 W), Abschlusswiderstände, Oszilloskop oder HF-Voltmeter und eine Stromzange nach [2]. Zur Vereinfachung der Überlegungen und Messungen wurde, wie in [1] wieder anstatt an einem realen Strahler lieber an Kunstwiderständen gearbeitet, mit denen Antennen simuliert werden können. Für alle hier gezeigten Ergeb-

nisse ist es wichtig zu wissen, dass die jeweiligen Verbindungen zwischen Tx und Prüfling, bzw. nach Masse, so kurz wie möglich ausgeführt werden. Im ersten Versuch – sozusagen zum Warmlaufen – wurde ein gewöhnlicher 50-Ω-Abschlusswiderstand an den Senderausgang gekoppelt und Ströme und Spannungen gemessen. In Bild 1 werden die Verhältnisse für diesen einfachsten Fall gezeigt. Am Anschluss des Innenleiters ist die Spannung einer positiven Halbwelle – bezogen auf den Kabelschirm – und die Stromrichtung zum Widerstand hin eingezeichnet. Am Anschluss der Abschirmung ist die Spannung Null, der Strom fließt mit demselben Betrag zum Sender zurück. Die Ströme sind an beiden Anschlüssen des Widerstands in gleicher Stärke messbar. Auch auf dem Speisekabel ist der Strom im Innenleiter und auf der Innenseite des Schirmes gleich groß. Für eine negative Spannungshalbwelle kehren sich die Polaritäten und Stromrichtungen um.

dem Innenleiter des Koaxialkabels über einen Widerstand zur Mittelanzapfung und von dort auf Masse. Beide Ströme lassen sich mit der Stromzange messen. Bei einer negativen Halbwelle fließt der Strom umgekehrt. Die Spannung an der Mittelanzapfung und auf der Seite des Widerstands, die an die Abschirmung des Koaxialkabels angeschlossen ist, ist immer Null, wenn die Mittelanzapfung und die Seele des Koaxialkabels auf demselben Potenzial – nämlich der gleichen Masse – liegen. Das wurde bei dem Versuchsaufbau dadurch abgesichert, dass die Mittelanzapfung auf die Masseklemme des Tx gelegt wurde. Das SWR am Tx ist 2, da der Teilwiderstand, durch den der Strom fließt, nur 25 Ω beträgt. Diese Verhältnisse erinnern an eine Groundplane-Antenne, bei welcher der λ/4-Strahler auf einer „idealen“ Erde steht. Nach Feststellung der Ströme und Spannungen bei direktem Anschluss des Kunstwiderstands mit Mittelanzapfung an den Senderausgang wurde nun ein 1:1-Guanella-Balun eingeschleift. Jetzt zeigte sich, warum dieser Baluntyp funktioniert. Wenn der Strom auf dem Außenleiter vom Strom auf dem Innenleiter differiert, wird auf der „kalten“ Wicklung der bifilaren Balunleitung eine Spannung induziert, deren Phasenlage um 180° gegenüber der Phase auf der „heißen“ Wicklung verschoben ist. Als Ergebnis fließt also bei positiver Halbwelle ein Strom von der Koaxial-Seele zur Mittelanzapfung hin und auf der anderen Seite von der Mit-

Tabelle: Symmetrierung in Abhängigkeit vom induktiven Widerstand der Balunwicklung

Windungen	Ind. Widerst. (Ω)	Symmetrie (an 50 Ω)	Symmetrie (an 100 Ω)
10	1200	1:1	1:1
9	1000	1:1	1:1
8	800	1:1	1:1
7	580	1:1	1:0,9
6	430	1:1	1:0,85
5	300	1:0,85	1:0,7
4	200	1:0,77	1:0,6
3	108	1:0,6	1:0,4
2	50	1:0,35	1:0,08
1	12	1:0,02	1:0,01
0	0	0	0

Messfrequenz: 1,850 MHz, Objekt: FT140-43; Dämpfung gemessert für 8, 7 und 6 Windungen und umgerechnet in ind. Widerstand
 halbfett: Stromdifferenz nachweisbar

Zweiter Versuch

Für den zweiten Versuch wurde ein Abschlusswiderstand aus 2 × 25 Ω in Serie mit Mittelanzapfung benötigt und aus einer Reihe von 1/4-W-Widerständen zusammengelötet. In Bild 2 ist zu sehen, dass sich mit einem solchen Abschlusswiderstand eine unsymmetrische Antenne simulieren lässt, wenn die Mittelanzapfung auf Masse gelegt wird. Der Antennenstrom fließt bei einer positiven Halbwelle auf

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Dr Karsten Eppert, DK4AS: „Einem 1:1-Balun auf den Zahn geföhlt“, CQ DL 2/09, S. 96ff.
 [2] www.ifwtech.co.uk/q3sek/clip-on/clip-on.htm

telanzapfung über den zweiten Teilwiderstand durch die Balunwicklung zum Koaxialmantel zurück (Bild 3). Bei umgekehrter Halbwelle sind alle Stromrichtungen entgegengesetzt.

Nur wenn die induzierte Spannung groß genug ist, entspricht der Strom auf der einen Seite des Gesamtwidestands genau dem Strom auf der anderen Seite des Gesamtwidestands. Dann sind auf dem Innenleiter des Koaxialkabels und der Innenseite des Schirmes die Strombeträge gleich. Es herrscht Symmetrie. Sind die beiden Strombeträge gleich groß, kann man die Mittelanzapfung des Kunstwidestands kappen. Sie wird

nicht mehr gebraucht, da darüber kein Strom mehr fließt. Das entspricht den Verhältnissen an einem idealen Dipol im Resonanzpunkt, wenn der Eingangswiderstand reel ist und keine Blindanteile ausweist.

Zusätzlich wird der Mantel des Koaxialkabels bezüglich der Spannung entkoppelt. Egal, wie die Spannungen auf der Balunseite sind, die dem Abschlusswiderstand zugewandt ist: Die Spannung auf dem Koaxialmantel ist Null.

Hier sei noch einmal auf die Tabelle verwiesen, aus der man ablesen kann, wie groß der induktive Widerstand der Drosselwicklung sein muss, damit die induzierte Spannung groß genug ist.

Diese Erklärung der Funktionsweise macht auch deutlich, weshalb die bifilare Wicklung für diese Anwendung einen Wellenwiderstand von 50Ω haben soll. Sie ist nämlich ein Bestandteil des gesamten Übertragungsweges vom Tx zum Verbraucher. Würde der Wellenwiderstand abweichen, würde die Leitung als unerwünschter Transformator wirken und das SWR verschlechtern.

Der induktive (Drossel-)Widerstand der Spule wird benötigt, um

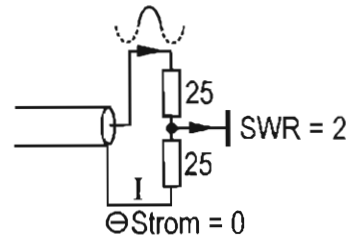


Bild 2: Strom und Spannung am Abschlusswiderstand mit Mittelanzapfung

bei dem gegebenen Wellenwiderstand genügend viel Spannung auf dem „kalten“ Leiter der bifilaren Wicklung zu induzieren und den symmetrischen Lastwiderstand vom asymmetrischen Kabel zu isolieren.

Ergebnisse

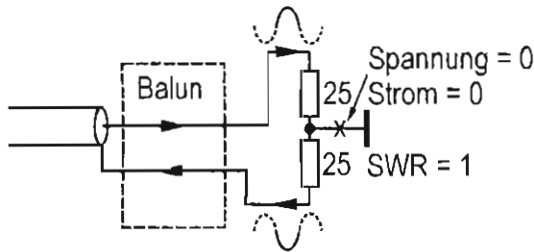
Entscheidende Ergebnisse dieser Untersuchungen sind:

- Auf beiden Seiten des Kunstwidestands herrscht die gleiche Spannung mit entgegengesetzter Phase
- Die Ströme auf Seele und Schirm des Koaxialkabels sind entgegen gerichtet und haben gleiche Beträge
- Die Schirmung des Koaxialkabels liegt auf definiertem Null-Potenzial, ist also frei von hochfrequenten Wechselspannungen.

Übertragen auf ein reales Antennensystem heißt das: volle Leistung auf beiden Dipolhälften, keine HF auf dem Schirm der Zuleitung und damit keine HF im Shack.

CGD

Bild 3: Spannungen und Ströme nach dem Einschleifen des Baluns



Tipps & Tricks

FM-Probleme beim IC-706

Mein IC-706 (MK I, BJ 1996) arbeitete unlängst in FM nicht mehr transceive. Die Sendefrequenz war instabil, auch lag sie um einen völlig krummen, zwischen 6 und 7 kHz schwankenden Wert niedriger als angezeigt und zwar auf allen Bändern von 1,8 bis 146 MHz. Ein als erster Versuch durchgeführter „total Reset“ bewirkte keine Abhilfe.

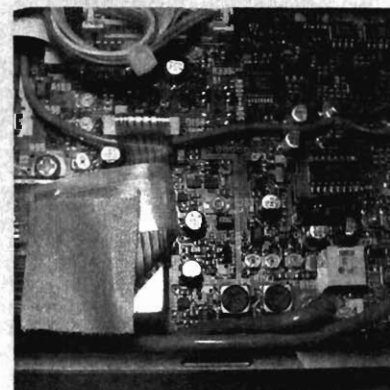
Nachdem alle übrigen Betriebsarten einwandfrei funktionierten, der Fehler also ausschließlich in FM auftrat, konnte nur eine speziell hierfür vorgesehene Baugruppe die Ursache sein. Eingehendes Studium des Schaltbildes ergab, dass der FET Q40 samt Beschaltung in-

frage kommen muss (im Teil „Main Unit“ ganz rechts, nahe IC37, ist dazu der Hinweis „FM Tx Lock Voltage“ hilfreich). Die zugehörigen Bauteile sind auf der Hauptplatine etwas links versetzt unterhalb des (zu entfernenden) Gerätelautsprechers positioniert (Bild). Es handelt sich dabei um einen LC-Oszillator mit PLL-Anbindung, welcher ein frequenzmoduliertes HF-Signal erzeugt, das dann auf die jeweilige Endfrequenz umgesetzt wird. Der Rotor des die Grundeinstellung bewirkenden Keramik-Trimmers C267 (30 pF) hatte wohl im Laufe der Jahre Kontaktschwierigkeiten entwickelt, sodass der Fangbereich der PLL nicht mehr ausreichte die dadurch eingetretene Verstimmung des Schwingkreises auszugleichen.

Den Trimmer einige Male durchzudrehen und danach wieder in seiner ursprünglichen Stellung zu fixieren genügt zur Fehlerbeseitigung, zumin-

dest mag das für etliche Zeit wieder Ruhe geben. Bringt diese simple Maßnahme jedoch nichts oder wiederholt sich der Fehler alsbald, muss der Trimmer ersetzt werden. Angesichts der winzigen Bauteile samt der Notwendigkeit zum Ausbau der kompletten Platine gestaltet sich das allerdings sehr schwierig und ist besser Sache einer versierten Servicewerkstatt.

Wolfgang Müller, DK2EA



Die Problemquelle: Der Keramik-Trimmer C267 (30 pF), s. Pfeil