

Koaxiales Verteilungssystem

Teil 4: Verteil- und Abzweigdämpfung

Trotz neuer Zugangsformen zum TV-System (z. B. über WLAN, Twisted-Pair- oder Glasfaserkabel) wird der größte Teil neuer Anlagen immer noch als koaxiales Verteilungssystem aufgebaut. Die verwendeten Komponenten werden in dieser Beitragsfolge umfassend beschrieben.

Verteildämpfung

Die einem Ausgang eines Verteilers entnommene Hochfrequenzenergie ist kleiner als die in seinen Eingang eingespeiste. Diesen Sachverhalt spiegelt die so genannte Verteildämpfung wider. Sie nimmt mit der Zahl n der Ausgänge zu. Im Idealfall der verlustfreien symmetrischen Verteilung auf n Ausgänge gilt

$$a_{Vn} = -10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \right) = 10 \cdot \log_{10} (n).$$

In der Praxis treten jedoch Effekte wie

- Wirbelstromverluste in den Ferritkernen der Wickelgüter,
 - Skin-Effekt,
 - ohmsche Widerstände usw. auf,
- wodurch die realen Verteildämpfungen mit zunehmender Frequenz höher ausfallen (Tafel 1).

Betreibt man einen Verteiler invers, d. h. speist man in seine Ausgänge ein, steht am Eingang die Summe der Einspeiseleistungen. Man spricht in diesem Fall von einem Combiner im Gegensatz zum Splitter.

Abzweigdämpfung

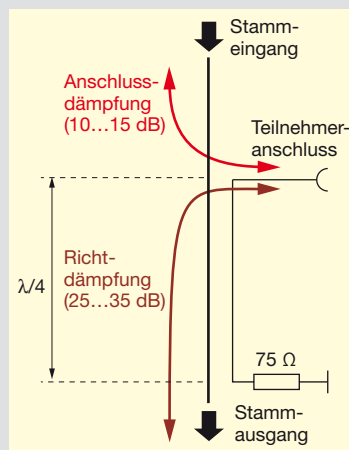
Eine weitere Möglichkeit, ein HF-Signal mehreren Teilnehmern zuzuführen, bietet der Abzweiger. Wie der Name bereits sagt, werden von der ihn durchlaufenden HF-Welle zu diesem Zweck Bruchteile abgezweigt. Bei den Abzweigern wird zwischen leitungsgekoppelten (strip line, relativ schmalbandig) und transformatorischen (breitbandig) unterschieden. Abzweiger in Strip-Line-Richtkopplertechnik beruhen auf dem (im Allgemeinen unerwünschten) Übersprechen zwischen benachbarten

(gekoppelten) Leitungen. Richtkoppler sind allseitig angepasste vierarmige Verbindungen, bei denen die in einen Arm eingespeiste Leistung nur zu zwei weiteren Armen übertragen wird. Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Richtkopplers in Strip-Line-Technik. Den Hauptarm bildet die Stammleitung, den Nebenarm der Abzweig.

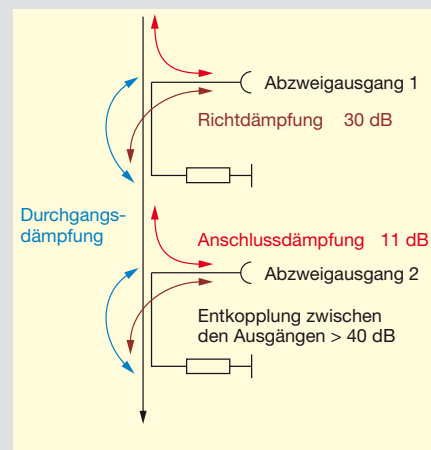
Der große Vorteil des Richtkopplers liegt nun darin, dass die Dämpfung zwischen Teilnehmeranschluss und Stammleitungsausgang (Richtdämpfung) größer ist, als zum Stammleitungseingang. Das bewirkt

eine hohe Entkopplung der Teilnehmer, d. h. deren gegenseitige Störbeeinflussung ist gering. Bild 2 illustriert den Sachverhalt. Die Teilnehmerentkopplung berechnet sich aus der Summe von Richt- und Anschlussdämpfung auf dem Signalpfad zwischen den Abzweigaussgängen zu den Teilnehmern, hier also $30 \text{ dB} + 11 \text{ dB} = 41 \text{ dB}$. Die EN 50083 fordert eine Teilnehmerentkopplung $> 42 \text{ dB}$, was leicht eingehalten wird, weil die Verbindungsleitung zur Teilnehmerdose, diese selbst und das Empfängeranschlusskabel zu beiden Teilnehmern zusätzliche Dämpfungsbeiträge in die Gesamtentkopplung einbringen.

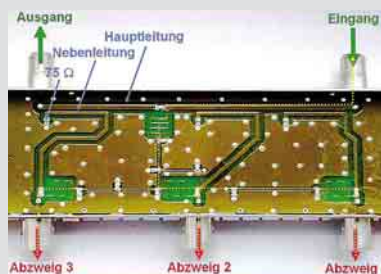
Eine praktische Ausführung dreier hintereinander geschalteter Richtkoppler zeigt das Platinenfoto eines Eingangskopfeldes zur Aufteilung eines LNB-Signals auf die Eingänge von Sat-Aufbereitungsmodu-



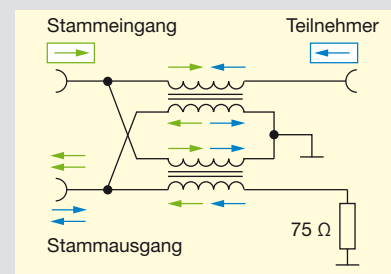
1 Prinzipieller Aufbau eines Strip-Line-Richtkopplers



2 Entkopplung der Ausgänge eines Zweifach-Richtkopplerabzweigers



3 Abzweiger mit Strip-Line-Richtkopplern in einem Verteilfeld



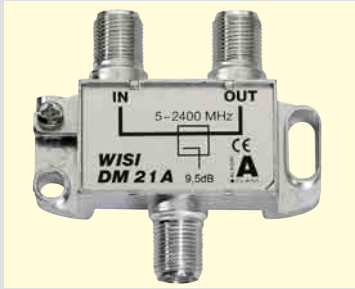
4 Schaltbild eines Richtkopplerabzweigers mit Differentialübertrager

Tafel 1 Katalogangaben für Zwei-, Drei- und Vierfach-Verteiler (DM 02, DM 03, DM 04) der Firma WISI

Anzahl Ausgänge	a_V/dB theoretisch	a_V/dB praktisch 5-500 MHz	a_V/dB praktisch 500-1000 MHz
2	3,01	3,2 DM 02	3,7 DM 02
3	4,77	5,5 DM 03	5,9 DM 03
4	6,02	7,0 DM 04	7,4 DM 04

Tafel 2 Richtwerte für Abzweig- und Durchgangsdämpfung

a_A/dB	a_D/dB
16,4	0,1
9,6	0,5
6,9	1,0
4,3	2,0
3,0	3,0
2,2	4,0



⑤ Breitbandiger Richtkopplerabzweiger mit einem Abzweigausgang in F-Ausführung

len (Bild ③). Zur Durchleitung der LNB-Versorgungsspannung besteht der gelb gestrichelte Gleichspannungspfad von jedem Abzweigausgang zum Eingang des Koppelfeldes.

Während bei Richtkopplern mit abschnittsweise parallel verlaufenden Leitungen (strip line) die Wirkungsweise schwierig zu veranschaulichen ist (Theorie der gekoppelten TEM-Wellenleitungen), ist dies bei dem transformatorisch arbeitenden Differentialrichtkoppler recht plausibel. Bild ④ zeigt, dass eine Anregung vom Teilnehmeranschluss sich über die mit dem Stammleitungsausgang verbundenen Wicklungen des Differentialübertragers in gegensinnige Spannungen umsetzt, die sich schwächen. Dagegen wird das Nutzsignal am Stammleitungseingang in Bezug auf den Stammleitungsausgang in unterstützender Weise transformiert. Eine praktische Ausführung zeigt Bild ⑤. Die Durchgangsdämpfung liegt typischerweise bei 9,5 dB, die Abzweigdämpfung zwischen 1,3 und 2,3 dB und die Richtdämpfung zwischen 20 und 32 dB. Bei Anlagenplanungen muss man also das Datenblatt heranziehen.

Auch beim Abzweiger sind aus Energiegründen die abgezweigten Signale schwächer als das Eingangssignal. Am Stammausgang eines idealen Abzweigers steht die Eingangsenergie abzüglich der abgezweigten zur Verfügung. Eine hohe Durchgangsdämpfung im Stamm korrespondiert also mit einer niedrigen Abzweigdämpfung und umgekehrt gemäß

$$\frac{a_A}{dB} = 10 \cdot \log_{10} \left(1 - 10^{\frac{a_D}{10}} \right).$$

a_A Abzweigdämpfung in dB

a_D Durchgangsdämpfung in dB

Die Werte in Tafel ② sind nur Richtwerte, ausgehend von idealen Verhältnissen. In der Praxis gibt es frequenzabhängige Verluste, die erheblich Abweichungen von den Tafelwerten hervorrufen können. Bei der Anlagenberechnung sind deshalb stets Herstellerangaben zu verwenden.

K. Jungk