

# SCHWARZBECK MESS - ELEKTRONIK

An der Klinge 29 D-69250 Schönau Tel.: 06228/1001 Fax.: (49)6228/1003

## Präzisions - Halbwellendipole

**VHAP (-10dB) 30 - 300 MHz**

**UHAP (-10dB) 0.3 - 1 GHz**

Feldstärkemessungen im VHF- UHF - Bereich stützen sich in der Regel auf Halbwellendipole, die bei allen Frequenzen bei Abstimmung auf  $0,45 \lambda$  bis  $0,5 \lambda$  gleiche Richtdiagramme aufweisen; dies ist wegen des erheblichen Erdspiegelungseinflusses wichtig - das frequenzabhängige Diagramm aller Breitbandantennen läßt unterschiedlichen Einfluß von Erde und Umgebung wirksam werden.

Auf der anderen Seite bieten aber Breitbandantennen große Vorteile bei einer automatisierten Messung. Oft wird daher die Aufgabe bestehen, eine Breitbandantenne mittels hochpräziser Dipole auf einer bestimmten Meßstrecke zu kalibrieren.

Ferner besteht die Forderung, die Eignung einer Meßstrecke in der Weise zu überprüfen, daß gemessene und errechnete Werte der Dipolantennenstreckendämpfung verglichen werden. Aus den Ergebnissen kann entweder auf die Eignung der Meßstrecke geschlossen werden, oder es können Korrekturen ermittelt werden, die auch bei weniger geeignetem Gelände noch gute Meßgenauigkeiten zulassen (s.a. CISPR 16 Anhang G).

Einfache Halbwellendipole haben den Nachteil, daß ihr Strahlungswiderstand vom Meßgeräte-Systemwiderstand  $50 \Omega$  mehr oder weniger abweicht. Ein extrem schlanker Halbwellendipol im Freiraum hat einen Strahlungswiderstand von  $73 \Omega$ , der bei dicken Dipolen bis auf  $60 \Omega$  abfallen kann. Über elektrisch spiegelnder Erde (oder Metallboden) hängt der Strahlungswiderstand von der Höhe des Dipols ab und der Polarisationsrichtung. Der Fußpunkt-widerstand oszilliert zwischen Minimal- und Maximalwerten hin und her.

Falls der Halbwellendipol als Leistungsbezug verwendet wird, könnte durch ein Anpaß  $\pi$ -Filter auf jeder Frequenz und in jeder Höhe eine perfekte Leistungsanpassung erzielt werden. Dies würde allerdings eine untragbare Erschwernis bei der Bedienung verursachen, außerdem müßte bei jeder Einstellung und Frequenz der Verlust der Anpaßschaltung individuell gemessen werden.

Einfacher und überschaubarer ist die Belastung des Dipols mit einem ohmschen symmetrischen Dämpfungsglied mit dem „theoretischen“ Strahlungswiderstand  $73 \Omega$ , auf dessen Ausgangsseite ein Symmetrierübertrager liegt, dessen mittlerer Verlust in die Dämpfung der Dämpfungsglieder einbezogen werden kann. Auf der symmetrischen Seite bewirkt ein speziell errechnetes Eichteilerglied einen Eingangswiderstand von  $73 \Omega$  bei ausgangsseitiger Belastung mit  $50 \Omega$ . Auf der unsymmetrischen Seite des Symmetrierübertragers liegt dann ein weiteres  $50 \Omega$  Dämpfungsglied, das die Gesamtdämpfung bei einer mittleren Frequenz auf 10 dB oder die Spannungsteilung in der gewünschten Richtung auf 3.16 : 1 (bei unterschiedlichen Impedanzen) auffüllt.

Ein Pärchen solcher Dipole, Kopf an Kopf gekoppelt, ergibt dann in jedem Fall eine Gesamtdämpfung von Leistung oder Spannung von 20 dB (+/- eine geringe Korrektur) und ausschließlich weitgehend reelle Anschlußwiderstände von  $50 \Omega$ .

Solche Paare können nach zwei Gesichtspunkten ausgelegt werden: Wird vorzugsweise ein Spannungsbezug gewünscht (Feldstärkemessung), so bietet sich die Auslegung mit je 3.16 : 1 Spannungsteilung an. Beide Dipole in Kaskade, wie sie als Sende- und Empfangsdipol auf einer Meßstrecke wirken, haben dann für Spannung **und** Leistung 20 dB Zusatzdämpfung, genau wie zwei Dipole, die je 10 dB (10:1) Leistungsteilung aufweisen. Im letzteren Fall ergeben sich zwei gleichartige Dipole, bei Spannungsbezug dagegen entstehen zwei unterschiedliche Dipole, die beide 3.16 : 1 Spannungsteilung aufweisen, aber jeweils in unterschiedlicher Richtung. Beim Sendedipol wird die Spannung von  $50 \Omega$  auf  $73 \Omega$  im Verhältnis 3.16:1 geteilt, beim Empfangsdipol von der  $73 \Omega$  Seite nach dem  $50 \Omega$  Ausgang gleichfalls 3.16 : 1.

# SCHWARZBECK MESS - ELEKTRONIK

An der Klinge 29 D-69250 Schönau Tel.: 06228/1001 Fax.: (49)6228/1003

## Präzisions - Halbwellendipole

**VHAP (-10dB) 30 - 300 MHz**

**UHAP (-10dB) 0.3 - 1 GHz**

Diese spannungsbezogenen Dipole haben daher eine Zusatzbezeichnung, die auf die Verwendungsart hinweist: VHAP-E und UHAP-E sind Empfangsdipole, VHAP-S und UHAP-S sind Sendedipole, die die gesamte Zusatzdämpfung auf 20 dB auffüllen.

Bei Messungen der Dämpfung einer Dipolstrecke ist es gleichgültig, ob auf beiden Seiten die auf 10 dB (10:1) Leistungsteilung dimensionierten Dipole oder die auf (3.16 : 1) ausgelegten spannungsbezogenen eingesetzt werden, die Gesamt-Zusatzdämpfung bleibt 20 dB.

Antennenfaktoren gibt es für Antennen nur für den Empfangsfall. Mit den Typen VHAP-E und UHAP-E wurden diese für die Feldstärkemessung erforderlichen Daten mitgeliefert, die Übereinstimmung gemessener und errechneter Werte war mit Abweichungen unter 1 dB deutlich besser als der Stand der Technik mit einfachen Dipolen. Eine gewisse Gefahr bestand, wenn die Sendedipole versehentlich anstelle der Empfangsdipole mit den Antennenfaktoren der VHAP-E und UHAP-E benutzt wurden.

Die leistungsbezogenen Präzisionsdipole VHAP (-10dB) und UHAP (-10dB) beseitigen diese Gefahr, da sie identisch sind. Für sie war die Leistungsteilung 10:1 für beide Exemplare und in beiden Richtungen festgelegt. Auf der Sendeseite für die Erzeugung einer definierten Strahlungsleistung und auf der Empfangsseite als Dipolreferenz für Gewinnmessungen ist diese Auslegung günstiger. Für die Feldstärkemessung mußten die auf die 73  $\Omega$  Seite umgerechneten Spannungspegel verwendet werden.

Für das Ausmessen einer Meßstrecke für Feldstärkemessungen durch Vergleich der gemessenen und errechneten Dämpfung sind beide Systeme identisch anwendbar, da in beiden Fällen die gesamte Zusatzdämpfung 20 dB beträgt

Eine neuartige Methode mit normierten Dämpfungswerten für definierte Aufbauten mit horizontaler (und vertikaler) Polarisation ist in CISPR 16 Anhang G angegeben. Hierbei wurden für die Errechnung der normierten Dämpfung beim Empfangs- **und** beim Sendedipol Antennenfaktoren zugrunde gelegt (obgleich physikalisch diese nur bei Empfangsdipolen ihre Berechtigung haben). Da der Antennenfaktor zweimal auftritt, müssen, um auf einfache Berechnungen mit 2 x 10dB Abzug zu kommen, zweimal die Empfangsdipole VHAP-E bzw. UHAP-E eingesetzt werden; ein solches Paar hat dann Kopf an Kopf durchverbunden nicht mehr 20 dB Gesamtdämpfung, sondern 2 x 1.64 dB weniger.

Um die Vorhaltung von drei verschiedenen Dipolarten zu vermeiden (VHAP-E, VHAP-S und VHAP(-10dB)), wird die ausschließliche Verwendung der Einheitsversion mit 10 dB Leistungsteilung (VHAP -10dB) empfohlen (für UHF entsprechend UHAP -10dB), wobei dann Sende- und Empfangsdipol identisch sind und gleichfalls Antennenfaktoren, bezogen auf Spannungspegel an 50  $\Omega$ , ohne oder mit 10 m Koaxialkabel, verfügbar sind.

# SCHWARZBECK MESS - ELEKTRONIK

An der Klinge 29 D-69250 Schönau Tel.: 06228/1001 Fax.: (49)6228/1003

## Präzisions - Halbwellendipole

**VHAP (-10dB) 30 - 300 MHz**

**UHAP (-10dB) 0.3 - 1 GHz**

Bei Feldstärkemessungen mit Halbwellendipolen ist das Problem der Meßgenauigkeit ungelöst. In der Praxis entstehen Reflexionen sowohl im elektrischen System durch Fehlanpassungen wie auch im Meßfeld durch Erdreflexion.

Am Dipol muß mit Impedanzen gerechnet werden, die von der Höhe über Grund, der Auszugslänge und dem Schlankheitsgrad abhängen. Zusätzliche Fehlanpassung und Dämpfung entsteht im Symmetrierübertrager. Ferner entstehen ganz erhebliche Reflexionen am Empfängereingang, wenn bei hoher Empfindlichkeit keine Dämpfung eingeschaltet ist.

Reflexionen im Meßfeld von der phasenmäßig variablen Addition der Bodenreflexion und der Direktstrahlung erzeugen gleichfalls eine wellige Variation der Kopplung zwischen einem Sende- und einem Empfangsdipol. Dies ist allerdings eine Eigenart des Meßaufbaus und kann nicht unterdrückt werden. Die Verwendung von Breitbandrichtantennen ist kein Ausweg, denn deren Antennenkorrektur, die im Fernfeld ermittelt wird, ist nicht bei den üblichen Meßentfernungen korrekt. Eine Möglichkeit der perfekten Anpassung ist der Einsatz von reaktiven Pi-Filtern.

Hiermit ist bei allen Impedanzbedingungen eine perfekte Leistungsanpassung möglich. Diese Methode ist in der Praxis undurchführbar, da 3-4 Abgleichvorgänge bei jedem Frequenz- oder Höhenwechsel erforderlich wären. Dazu müßte der Verlust des Anpaßfilters bei jeder Frequenz berücksichtigt werden.

Eine nahezu ideale Anpassung ist jedoch bei allen Frequenzen und Montagehöhen dann möglich, wenn der Dipol in eine konstante, reflexionsfreie resistive Last von  $73 \Omega$  arbeitet. Dies ist der Strahlungswiderstand eines schlanken abgestimmten Halbwellendipols einige Wellenlängen über Grund. Dieser Lastwiderstand muß symmetrisch angeboten werden und mit bekannter, möglichst konstanter Dämpfung in  $50 \Omega$  unsymmetrisch umgewandelt werden. Durch Reflexionsarmut des  $50 \Omega$  Ausgangs wird der Fehlanpassungsverlust auch dann gering, wenn der Empfängereingang durch Nullstellung der HF-Eichleitung erhöhte Reflexion aufweist. In der Praxis ist es günstig, wenn die Gesamtdämpfung vom Dipol bis zum Koaxialanschluß genau 10,0 dB beträgt. Die Serie der Präzisionsdipole VHAP (30-300 MHz) und UHAP (300-1000 MHz) ist das geeignete Hilfsmittel zur Verbesserung der Meßgenauigkeit bei Feldstärkemessungen. Sie bieten die oben genannten Eigenschaften in perfekter Weise.- Wenn je 2 Dipole beschafft werden (Sende- und Empfangsantenne), wird ein individuelles Meßdiagramm über die Gesamtdämpfung vom Sendedipol. Eingang bis zum Empfangsdipol Ausgang mitgeliefert.