

Elektrische Feldstärke und Antennenfaktor

Messung der elektrischen Feldstärke am Empfänger.

Der Antennenfaktor der Empfangsantenne K_a

Dipl.-Ing.(FH) Rolf Heine, METRIX Electromagnetics Ltd.

1. Zusammenfassung

Die Messung der elektrischen Feldstärke, ausgedrückt in dB μ V/m, wirft erfahrungsgemäß beim Anwender oft Fragen auf. Ziel der folgenden Kurzabhandlung ist die Erläuterung der Herleitung des Antennenfaktors K_a .

Zunächst werden die Begrifflichkeiten erläutert. Dann folgt die (vereinfachte) Herleitung der *Grundgleichung des Antennenfaktors (K_a)*, wie sie für die Messpraxis des EMV-Technikers relevant ist.

2. Herleitung

Die Leistungsflussdichte des Poynting'schen Vektors am Messort ergibt sich aus der Beziehung:

$$(1.1) \quad S = \frac{P_e}{A_{eff}}$$

S = Leistungsflussdichte

P_e = Leistung am Empfängereingang

A_{eff} = effektive Antennenfläche

Die effektive Antennenfläche A_{eff} ist definiert durch:

$$(1.2) \quad A_{eff} = G_r \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

Wobei gilt:

$$(1.3) \quad A_{eff} = G_r \cdot A_i$$



Bild: 8-18 GHz Doppelsteg-Hohlleiter Antenne DRW-H-8/18
(METRIX Electromagnetics Ltd.)

G_r ist der Gewinn der Empfangsantenne im Vergleich zu einer Antenne mit isotroper Abstrahlcharakteristik und der wirksamen Antennenfläche

$$(1.4) \quad A_i = \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

A_i = wirksame Antennenfläche des isotropen Strahlers

Der Antennenfaktor ist eine Größe, welche die Umrechnung der elektrischen und magnetischen Feldstärke am Empfangsort vereinfacht. Die elektrische Feldstärke E ergibt sich zu:

$$(1.5) \quad E = \sqrt{S \cdot Z_o}$$

Z_o = Feldwellenwiderstand des freien Raumes (377Ω)

Nach Umrechnung erhalten wir folgende Beziehung

$$(1.6) \quad E = \sqrt{\frac{P_e}{A_{eff}} \cdot Z_o}$$

Die Fußpunktspannung U_e der Antenne bei einer Impedanz Z_i lässt nun die Berechnung der Leistung zu:

$$(1.7) \quad P_e = \frac{U_r^2}{Z_i}$$

Setzt man die so erhaltenen Beziehungen ein, so kann die Feldstärke E wie folgt berechnet werden:

$$(1.8) \quad E = \sqrt{\frac{U_r^2}{Z_i} \cdot \frac{1}{A_{eff}} \cdot Z_o}$$

U_r = Eingangsspannung am Empfänger

Gleichung (1.8) wird so umgestellt, dass sich nachfolgende Beziehung ergibt:

$$(1.9) \quad E = U_r \cdot \sqrt{\frac{1}{A_{eff}} \cdot \frac{Z_o}{Z_i}}$$

Die Wurzel ist der Ausdruck für den **Antennenfaktor** K_a . Durch einsetzen von Gleichung (1.2) in Gleichung (1.9) erhält man die *Grundgleichung des Antennenfaktors* (K_a)

$$(1.10) \quad K_a = \sqrt{\frac{4\pi}{G_r \cdot \lambda^2} \cdot \frac{Z_o}{Z_i}}$$

G_r = Gewinn der Empfangsantenne
 λ = Wellenlänge

Z_o = Feldwellenwiderstand des freien Raumes $Z_o = \sqrt{\frac{\mu_o}{\epsilon_o}} \approx 377\Omega$

Z_i = Fußpunktimpedanz der Antenne (VSWR berücksichtigen!)

Die elektrische Feldstärke am Empfangsort kann daher nach folgender Beziehung bestimmt werden:

$$(1.11) \quad E = U_r \cdot K_a$$

Gleichung (1.11) in Dezibel ausgedrückt ist:

$$(1.12) \quad K_a / dB = 20 \cdot \log_{10}(K_a)$$

Nützlich ist der Ausdruck der Feldstärke in dB μ V/m. Der Ausdruck hierfür, aus Gleichung (1.12) umgestellt, lautet definitionsgemäß:

$$(1.13) \quad E / dB\mu V / m = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{E / \mu V / m}{1 / \mu V / m} \right)$$

Anmerkung:

Die Annahme, Empfängereingangs- und Antennenfußpunktimpedanz wären gleich groß, führt bei unterschiedlichen Impedanzen zu einem Rechenfehler. Der Spannungsteiler aus Antennenfußpunktimpedanz und Empfängereingang stimmt nicht mehr bei der vereinfachten Annahme, beide hätten gleiche Größe. Dieser Fehler ist zwar bei niedrigem VSWR in aller Regel vernachlässigbar. Für Präzisionsmessungen soll dieser Fehler aber berücksichtigt werden. Deshalb sollen Messantennen ein möglichst gutes, frequenzunabhängiges VSWR aufweisen. Bei Breitbandantennen ist das kaum möglich, deshalb müssen die Anpassungsverhältnisse im Falle von Breitbandantennen mit in die Korrekturwerte aufgenommen werden.