

Simulation von Antennen

Die perfekte Welle

Seit über hundert Jahren dienen Antennen zur Abstrahlung und zum Empfang elektromagnetischer Wellen, oft für die drahtlose Kommunikation, die heute in vielen Bereichen zum Standard geworden ist. Früher waren Antennen auf allen Dächern präsent und sichtbar. Heute sind sie oft klein und unscheinbar geworden und kaum noch zu sehen, aber umso präsenter. Die Anforderungen, die mit dem Trend zu immer kleineren Antennen einhergehen, kann der Antennenentwickler mit ANSYS HFSS zur numerischen 3D-Simulation hochfrequenter elektromagnetischer Felder meistern.

Heute sind Antennen in den verschiedensten Anwendungsbereichen allgegenwärtig: Vom Radio über WLAN-Systeme und RFID sowie die Car-to-Car-Kommunikation und Radaranlagen bis zu medizintechnischen Geräten wie den Kernspintomographen. Als passive Strukturen strahlen Antennen die durch Zuleitungen kommenden Signale in den Raum ab oder nehmen umgekehrt Signale in Form von Strahlung auf und speisen sie in Leitungen ein. Die abgestrahlten Signale sind elektromagnetische Wellen. Aber auch durch die Leitungen breiten sich die Signale als leitungsgebundene elektromagnetische Wellen aus, das heißt als sinusförmige Spannungs- und Stromsignale. Eine Antenne wandelt also leitungsgebundene in sich frei ausbreitende Wellen um und umgekehrt.

Die erste und einfachste Antenne ist die Hertz'sche Dipolantenne, ein Metallstab, der in zwei Hälften geteilt ist und in der

Mitte mit einem Signal gespeist werden. Eine solche Dipolantenne kann als Kombination der Induktivität des Metallstabes und der Kapazität zwischen den Stabenden angesehen werden und funktioniert also als Schwingkreis. Wird dieser Schwingkreis in Resonanz betrieben, fließen auch bei kleinen Eingangssignalen große Ströme. Diese wiederum erzeugen große elektromagnetische Felder, die sich im freien Raum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Die Resonanz kann auch als stehende Welle auf dem Dipol angesehen werden, wobei der Dipol eine halbe Wellenlänge lang ist. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die geometrische Dimension der Antenne auf die gewünschte(n) Resonanzfrequenz(en) abzustimmen ist. Anders ausgedrückt muss ein gut angepasster Übergang einer Eingangsimpedanz (50Ω) auf den Wellenwiderstand des freien Raumes (377Ω) realisiert werden. Natürlich wurde die Dipolantenne in den letzten hundert

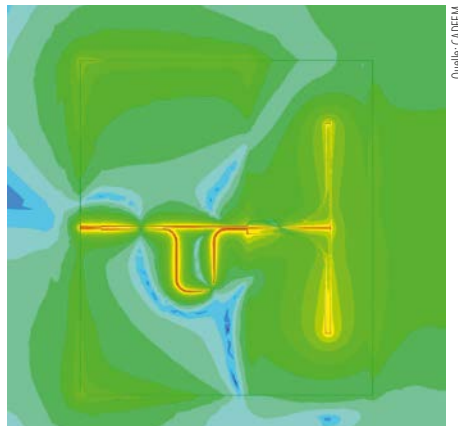
Jahren je nach Anwendung in die verschiedensten Richtungen weiterentwickelt:

1. Antennen werden mehr und mehr integriert und miniaturisiert. Beispielsweise werden Antennen auf Leiterplatten gedruckt oder in Gehäuse von Geräten integriert. Die Miniaturisierung führt dazu, dass die Dimensionen einer Antenne wesentlich kleiner als eine halbe Wellenlänge sein müssen. Außerdem sind bei der Integration ungewollte Wechselwirkungen mit der restlichen Elektronik zu vermeiden.
2. Je nach Anwendung müssen Antennen an ein breites Frequenzband oder ein oder mehrere schmalere Frequenzbänder angepasst werden. Die Anpassung auf mehrere Frequenzbänder ist auch im Zusammenhang der Integration mehrerer Wireless-Funktionalitäten (drahtlose Kommunikation) in sogenannten mobilen Devices (tragbaren Geräten) wichtig.

3. Außerdem sind die Anforderungen an die Richtcharakteristik einer Antenne entsprechend der jeweiligen Anwendung sehr unterschiedlich. Für mobile Devices sollte die Abstrahlung gleichmäßig in alle Richtungen gehen, wogegen ein Mobilfunk-Sendemast möglichst nur einen Sektor, den aber gleichmäßig abdecken sollte. In der Satellitenkommunikation ist die Richtcharakteristik besonders scharf, da die Signale über sehr weite Distanzen gesendet werden müssen.

Um diesen vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden, wurden sehr verschiedene Antennenformen entwickelt: Patch-Antennen, Schlitz-Antennen, Apertur-Strahler, Antennen-Arrays, Vivaldi-Antennen und viele andere.

Im Unterschied zur Dipolantenne sind diese Antennen analytisch nur noch sehr schwierig oder gar nicht mehr zu verstehen. Außerdem werden die Anforderungen immer umfassender. Diese Herausforderung lässt sich mit der Simulationssoftware ANSYS HFSS meistern, die speziell für die 3D-Simulation hochfrequenter elektromagnetischer Felder entwickelt wurde. ANSYS HFSS ermöglicht durch parametrische Variantenstudien eine robuste Auslegung des Designs auf Basis einer autoadaptiven Vernetzungstechnologie. Damit



Quelle: CADFEM

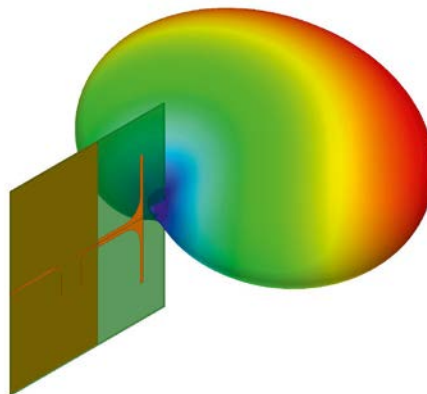
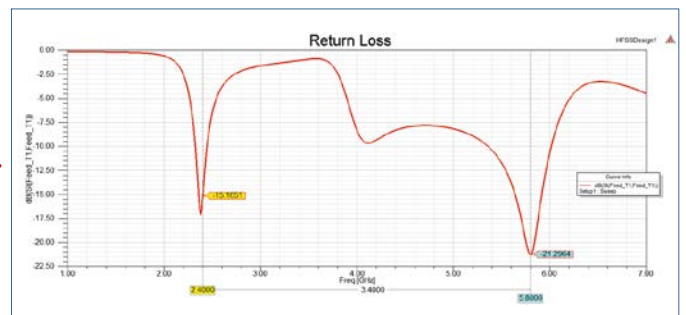
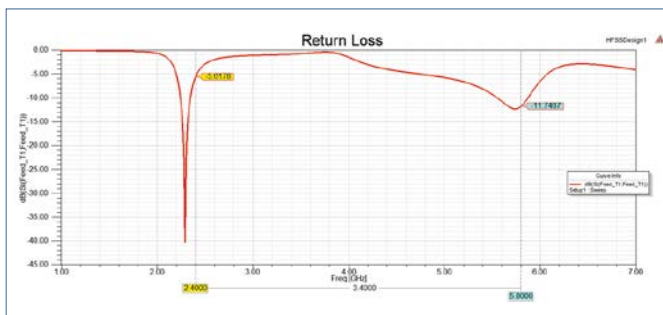


Bild 1: Feldbild (oben) und Abstrahlcharakteristik einer gedruckten Dipolantenne mit Speisetzwerk (unten).

aus Transmittern und Empfängern, die ebenfalls bei der Auslegung zu berücksichtigen sind. Zunächst können die Bausteine eines Speisungsnetzwerks einzeln in ANSYS HFSS simuliert und ausgelegt werden. Speziell bei auf Leiterplatten integrierten Antennen besteht teilweise eine große Wechselwirkung zwischen den einzelnen Komponenten, so dass das Antennensystem zur Feinabstimmung der Antenne mit dem Speisetzwerk noch einmal in Feldsimulationen des Gesamtsystems optimiert werden muss. Die in den ANSYS Electronics Desktop integrierte Funktionalität erlaubt es, das gesamte Antennensystem auf der Grundlage eines Baukastenprinzips auf sehr effiziente Weise zu entwickeln und dieses sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich auf alle Anforderungen hin zu untersuchen.

Der hier aufgezeigte durchgängige parametrische Workflow – von Berechnung der einzelnen Komponente bis zur Untersuchung des Gesamtsystems – verdeutlicht, dass sich komplette Antennensysteme als virtuelle Prototypen systematisch analysieren und optimieren lassen. Auf diese Weise können schon in einer sehr frühen Entwicklungsphase wichtige Entscheidungen – mit einem umfassenden Verständnis des physikalischen Verhaltens des Antennendesigns – fundiert getroffen werden.



Quelle: CADFEM

Bild 2: Anpassung der Reflexionsdämpfung einer Dualband-Antenne auf zwei gegebene Frequenzbänder bei 2,4GHz und 5,8GHz.

können auch bei komplexen Antennen Ergebnisse in hoher Qualität erzielt werden. Zusätzlich können auch die Wechselwirkungen sich möglicherweise widersprechender Zielgrößen wie Bauraum, Frequenzband und Abstrahlcharakteristik untersucht werden.

Einsatz von leistungsstarken Gleichungslösern

In den meisten Fällen ist es jedoch mit der Auslegung der Antenne noch lange nicht getan, denn beispielsweise hängt die Funktion einer Antenne sehr stark von ihrer Positionierung ab. Wenn etwa eine gut ange-

passte Antenne in die Rückleuchte eines Autos integriert wird, können Reflexionen an der Karosserie den Wirkungsgrad einschränken. ANSYS HFSS arbeitet mit leistungsstarken Gleichungslösern, beispielsweise mit dem sogenannten „Domain Decomposition“ oder einem Finite-Elemente-Rand-Integral-Hybridlöser. Damit können auch sehr komplexe Aufgaben gelöst werden, zum Beispiel die Platzierung eines GPS-Empfängers in einem Fahrzeug.

Zusätzlich ist zu beachten, dass ein Antennensystem nicht nur aus der Antenne besteht, sondern auch aus einem Speisungsnetzwerk – das je nach Anwendung Kopp-ler, Filter und Zirkulatoren enthält – sowie

InfoAutor

Christian Römelsberger, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Marc Vidal
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-18
mvidal@cadfem.de

InfoVerwendete Software

ANSYS Electronics Desktop, ANSYS HFSS

InfoVeranstaltung

ANSYS Electronics Simulation Conference (AESC)
www.aesc-germany.com

InfoWebinar

HF-Simulation von Antennen
www.cadfem.de/antennen-webinar