

Zum Bestimmen von Nutz- und Störfeldstärken liefert Rohde & Schwarz eine Reihe von Meß- und Prüfgeräten für stationären und mobilen Betrieb, die lückenlos einen Frequenzbereich von 10 kHz bis 2,7 GHz (5,1 GHz) erfassen. Rahmen- oder Stabantennen, Dipole, logarithmisch-periodische Breitbandantennen und Meßparabole empfangen die Signale; daran angeschlossene Überlagerungsempfänger liefern Ausgangsspannungen, die zum Teil unmittelbar als Feldstärkewerte angezeigt werden. Der Aufsatz gibt einen Überblick über das Programm der Feldstärkemesser.

Feldstärkemesser für alle Wellenbereiche

Für Fernmeldeverwaltungen und Rundfunkanstalten sind Feldstärkemesser seit langem unentbehrlich. Mit ihnen werden innerhalb der Versorgungsgebiete von Rundfunk- und Fernsehsendern die günstigsten Antennen-Standorte ermittelt, Ausbreitungsbedingungen und Störeinflüsse untersucht, Antennen-Diagramme für die weitere Planung aufgenommen und regelmäßig Kontrollen des Sendebetriebs durchgeführt. Darüber hinaus gewinnen Feldstärkemesser an Bedeutung beim Nachweis von Störspannungen, insbesondere von Oszillator-Störstrahlungen im Labor und von Zündstörungen bei der Entstörung von Kraftfahrzeugen, sowie beim Installieren von Empfangsantennen, vor allem für das Fernsehen. Auch hier führt eine Messung schneller zum Ziel als umständliches Probieren.

Meßverfahren

Bei Feldstärkemessern handelt es sich um selektive Spannungsmesser, die mit einer Antenne als Signalwandler betrieben werden und für die der Zusammenhang zwischen Feldstärke und Ausgangsspannung eichbar oder berechenbar ist [1].

Bis zu einer Frequenz von 30 MHz lassen sich Rahmenantennen vorteilhaft als Meßantenne verwenden. Es wird dabei die **magnetische** Feldstärke gemessen. Die induzierte EMK ist dem Produkt aus Feldstärke, Rahmenfläche, Windungszahl des Rahmens und Frequenz sowie einem Korrekturfaktor proportional. Je nach Frequenz werden eine oder mehrere Rahmenantennen unterschiedlicher Größe benötigt. Zum Messen der **elektrischen** Feldstärke dient eine Stabantenne, die durch geeignete Schaltmaßnahmen breitbandig an den Meßempfänger angepaßt wird. Im Gegensatz zur Rahmenantenne hat die Stabantenne ein Runddiagramm.

Von etwa 25 MHz aufwärts ist ein kompensierter Breitbanddipol zweckmäßig und oberhalb 100 MHz

logarithmisch-periodische Breitbandantennen, die neben ihrer Breitbandigkeit (bis 1:10) auch noch einen Leistungsgewinn ergeben. Ab 1 GHz etwa benutzt man neben logarithmisch-periodischen Antennen Parabolantennen wegen ihres größeren Leistungsgewinnes.

Die Empfangsantenne wird möglichst frei aufgestellt, da sonst Umgebungseinflüsse die Messung verfälschen können. So führen Sekundärstrahler mit Abmessungen in der Größenordnung der Wellenlänge zu Feldverzerrungen, und auch das Fahrzeug mit den Meßanordnungen liefert ein störendes Feld.

Im Fernfeld eines Senders und besonders im Kurzwellenbereich können starke zeitliche Schwankungen der Feldstärke auftreten, die am besten mit einem am Meßempfänger angeschlossenen Schreibgerät registriert werden. Für große Spannungsbereiche empfiehlt sich eine Aufzeichnung im logarithmischen Maßstab.

Programm-Überblick

Rohde & Schwarz bietet mit fünf Feldstärkemessern und einem Vorsatzgerät ein Meßgeräteprogramm, das Messungen im gesamten interessierenden Frequenzbereich – von den Längstwellen bis zu den Dezimeterwellen – ermöglicht (Tabelle). Darüber hinaus steht für den Zentimeterwellenbereich der SHF-Meßempfänger USVC zur Verfügung.

Die Meßgeräte sind stationär und mobil einzusetzen (Netz- und Batteriebetrieb); sie lassen sich außer als Feldstärkemesser auch als selektive Röhrenvoltmeter sowie als Meß- und Betriebsempfänger verwenden.

Während **Feldstärkemeßgeräte** und **Meßanlagen** höchsten Ansprüchen hinsichtlich Meßbereich und Fehlergrenzen der Anzeige entsprechen, handelt es

Gerätebezeichnung	Frequenzbereich	Frequenzbelegung
Längstwellenvorsatz HFHL zu HFH Feldstärkemeßgerät HFH VHF-UHF-Feldstärkemeßgerät HFU UHF-Feldstärkemeßanlage HFA	10 bis 100 kHz 0,1 bis 30 MHz 25 bis 900 MHz 0,9 bis 2,7 GHz	Längstwellen (VLF/LF) Lang/Mittel/Kurzwellen (MF/HF) Kurzwellen bis Fernsehen V (VHF/UHF) Dezimeterwellen/Richtfunk (UHF)
VHF-Feldstärkezeiger HUZ UHF-Feldstärkezeiger HUZE	47 bis 225 MHz 470 bis 850 MHz	UKW/Fernsehen I/III (VHF) Fernsehen IV/V (UHF)

sich bei den Feldstärkezeigern mehr um handliche, robuste Prüfgeräte. Zugunsten großer Beweglichkeit und einer bequemen Bedienung auch in schwierigem Gelände und auf Gebäuden wurde ein Kompromiß zwischen Größe, Gewicht und Genauigkeit geschlossen. Bei den Feldstärkezeigern ist ein absoluter Anzeigefehler von maximal 6 dB vertretbar, da Umgebungseinflüsse oft größere Schwankungen verursachen und zum anderen eines der Haupteinsatzgebiete dieser Feldstärkezeiger **Relativmessungen** sind, wobei sich naturgemäß eine höhere Genauigkeit ergibt (besser 3 dB).

Feldstärkemeßgeräte und Meßanlagen

Das **Feldstärkemeßgerät HFH** wird mit einer Stabantenne (0,1 bis 30 MHz) und drei drehbaren Rahmenantenne (0,1 bis 0,4 / 0,4 bis 1,6 / 1,6 bis 30 MHz) geliefert (Bild 1). Ein eingebauter Eichgenerator gestattet die Eichung des Geräts einschließlich der Rahmenantenne auf jeder Frequenz und ermöglicht dadurch ein unmittelbares Ablesen der Feldstärkewerte ohne Verwendung von Eichkurven. Meßbereich 0 bis 120 dB über $1 \mu\text{V/m}$; Anzeigebereich des Instruments linear 20 dB, logarithmisch 40 dB bzw. 60 dB; absoluter Anzeigefehler unter $\pm 1,5$ dB.

Neben einer Mittelwertanzeige besteht die Möglichkeit, Impuls- und Störspannungen durch eine Spit-

zenwertmessung nach dem Kompensationsverfahren zu bestimmen. Die einstellbare ZF-Bandbreite (± 100 Hz / ± 500 Hz / ± 4 kHz) und A1-Überlagerung, der Eingang für einen hochkonstanten Frequenzgenerator sowie ZF- und Registerausgänge bieten viele zusätzliche Möglichkeiten.

In Verbindung mit dem **Längstwellenvorsatz HFHL** erweitert sich der Frequenzbereich des HFH bis 10 kHz. Ein quarzstabilisierter Oszillator steuert einen Ringmodulator, der das Frequenzband von 10 bis 100 kHz auf 210 bis 300 kHz umsetzt. Gemessen wird mit Stab- oder Rahmenantenne; beide Antennen haben durch schaltungstechnische Kompensation über den gesamten Frequenzbereich eine konstante effektive Höhe, so daß keine Korrekturen erforderlich sind. Meßbereich 20 bis 120 dB über $1 \mu\text{V/m}$; Anzeigefehler kleiner ± 2 dB.

Das **VHF-UHF-Feldstärkemeßgerät HFU** wird mit Breitbandantennen betrieben und ermöglicht dadurch auf einfache Weise ein Bestimmen der Feldstärke (Bild 2). Für den Frequenzbereich zwischen 25 und 80 MHz dient ein nichtabgestimmter Dipol konstanter Länge; für Messungen bei 80 bis 900 MHz steht eine logarithmisch-periodische Antenne mit konstantem Gewinn zur Verfügung. Schließlich kann eine logarithmisch-periodische Antenne für 450 bis 2500 MHz wegen ihrer kleinen Abmessungen vorteilhaft sein.

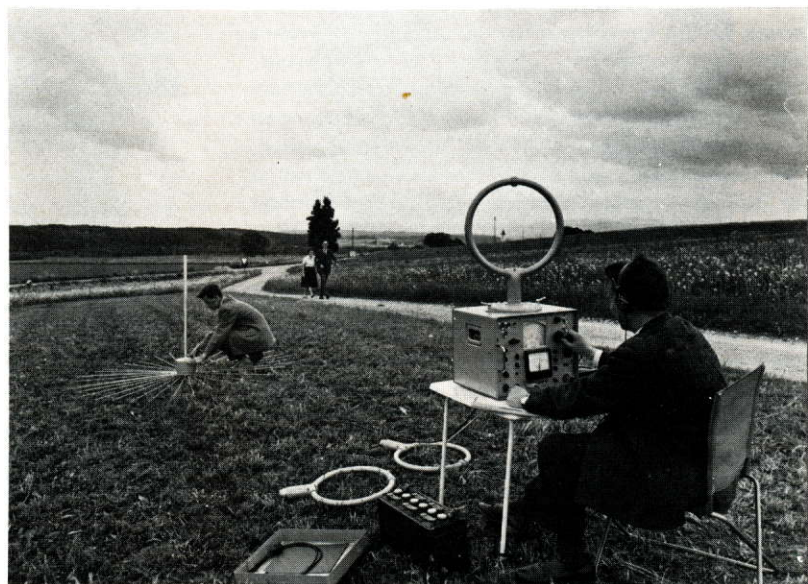


Bild 1 Messung mit dem Feldstärkemeßgerät HFH (Rahmen- und Stabantenne für 0,1 bis 30 MHz).
Foto 8761



Bild 2 VHF-UHF-Feldstärkemeßgerät HFU mit logarithmisch-periodischer Breitbandantenne für Messungen bei 80 bis 900 MHz. Foto 11298

Mit Hilfe von drei auswechselbaren HF-Einschüben läßt sich am Meßempfänger ESU der Frequenzbereich wählen: 25 bis 230 / 160 bis 470 / 460 bis 900 MHz. Ein Eichgenerator befindet sich im Gleichlauf mit der Eingangsfrequenz. Das Instrument hat einen Anzeigebereich von linear 20 dB und logarithmisch 40 bzw. 60 dB. Der Feldstärkemeßbereich umfaßt insgesamt 0 bis 120 dB über $1 \mu\text{V/m}$, der absolute Anzeigefehler beträgt weniger als ± 3 dB.

Sehr vorteilhaft ist die universelle Verwendbarkeit des HFU für Nutz- und Störfeldstärkemessungen sowie für die Funküberwachung. Besonders erwähnt seien die verschiedenen ZF-, NF- und Registrierausgänge. Mit Hilfe des Gleichspannungsschreibers ZSG (Enograph-G) können Feldstärkeschwankungen – auch während der Fahrt – aufgezeichnet werden. Bei Fernsehsendungen ist es möglich, die Feldstärke in der Synchronspitze unabhängig vom Bildinhalt zu messen; für Impulssignale dient eine besondere Spitzenwertmessung (Kompensationsverfahren).

Als Standardmeßplatz für Funkstörmessungen nach VDE und C.I.S.P.R. kann das VHF-UHF-Feldstärkemeßgerät Dauerstrichstörungen ermitteln und in Verbindung mit dem Störmeßzusatz EZS auch Impulsstörungen mit Bewertung [2,3].

Für die Funküberwachung schließlich gestattet das Meßgerät außer Feldstärkemessungen die Demodulation von amplituden- und frequenzmodulierten Sendern bei zwei Bandbreiten: $\pm 12,5$ kHz vor allem für sprachmodulierte Sendungen, ± 60 kHz

für UKW-Rundfunk- und Fernseh-Tonsender. Vorteilhaft ist dabei – und auch für die Langzeitregistrierung von Sendern mit schwankender Feldstärke – der erweiterte Anzeigebereich von 60 dB. Die Frequenzbandbelegung läßt sich zusammen mit dem Frequenzbandschreiber FBS (Techn. Entwicklungsbüro Ing. W. Huber) aufzeichnen. Der Panoramazusatz ESUP macht die spektrale Signalverteilung in einem Frequenzband von etwa 1 MHz Breite mit einer Auflösung von 10 kHz sichtbar.

An den Frequenzbereich des HFU schließt sich lückenlos die **UHF-Feldstärkemeßanlage HFA** für 0,9 bis 2,7 GHz an (Bild 3). Sie wird in erster Linie beim Aufbau von Richtfunkstrecken, aber auch zum Bestimmen von Gewinn und Richtcharakteristik von Sendeantennen eingesetzt sowie zum Messen der Störstrahlung von Überlagerungsempfängern und Meßsendern.

Als Antenne dient ein UHF-Meßparabol mit einem für den Transport teilbaren Parabolspiegel von 900 mm Durchmesser und zwei einsteckbaren Erregern für beliebige Polarisationsebenen. Zum Erzielen der erforderlichen Spiegelselektion von mindestens 30 dB wird zwischen Meßantenne und Meßempfänger der Umschaltbare UHF-Bandpaß PBA (neun Bereiche) geschaltet. Der verwendete Meßempfänger USVU ist ein Überlagerungsempfänger mit Breitbandeingang und einer Empfindlichkeit von $50 \mu\text{V/m}$ bei etwa 7 dB Rauschabstand. Der Feldstärkemeßbereich umfaßt $60 \mu\text{V/m}$ bis 400 mV/m je nach Antennenfaktor bei einem mittleren Anzeigefehler von ± 4 dB (Absolutfeldstärkemessung).



Bild 3 UHF-Feldstärkemeßanlage HFA mit Gleichspannungsschreiber Enograph-G und UHF-Meßparabol für 0,9 bis 2,7 GHz. Foto 9277

Zur Absoluteichung wird der von Frequenz und Alterung nahezu unabhängige Rauschfaktor des Empfängers als Leistungsnormal verwendet. Geringe Abweichungen im Frequenzgang lassen sich mit Hilfe von Korrekturkurven ausgleichen. Als Relativmeßnormal dient ein vor dem ZF-Verstärker liegender Eichteiler.



Bild 4 VHF-Feldstärkezeiger HUZ – ein besonders handliches Prüfgerät für den Frequenzbereich von 47 bis 225 MHz. Foto 6443

Für Feldstärkemessungen über größere Zeiträume ist die Anschlußmöglichkeit eines Gleichspannungsschreibers (Enograph-G) vorteilhaft und die Tatsache, daß ein Nachstimm-Motor stets die Empfänger-Einstellung automatisch auf der Sendefrequenz hält. Außerdem können Frequenzhubmesser (ZF-Ausgang 25 MHz) und Oszillografen für das demodulierte Signal angeschlossen werden.

Feldstärkemessungen im Frequenzbereich von 2 bis 5,1 GHz lassen sich mit dem **SHF-Meß- und Überwachungsempfänger USVC** und entsprechenden Meßparabolen durchführen, sofern eine geeichte HF-Spannung zur Verfügung steht. Als Eichgenerator kommt u. a. der SHF-Meßsender SAR in Betracht.

Feldstärkezeiger

Zwei Feldstärkezeiger für die Hauptanwendungsgebiete UKW-Rundfunk und Fernsehen runden das Programm der Feldstärkemesser von Rohde & Schwarz ab. Wie bereits erwähnt, handelt es sich hierbei um handliche Betriebsgeräte, die leicht überallhin zu transportieren sind. Transistorgesteuerte Ladeeinheiten dienen zum Aufladen der in den Feldstärkezeigern eingebauten gasdichten Sammler oder auch als Netzanschlußgeräte.

Der Frequenzbereich (47 bis 225 MHz) des **VHF-Feldstärkezeigers HUZ** (Bild 4) umfaßt nicht nur UKW-Rundfunk und Fernsehband I/III, sondern auch

das Gebiet des Flugfunks, Polizeifunks und Sprechfunks für feste und bewegliche Dienste. Die Meßantenne – ein Dipol veränderlicher Länge – findet zusammengeschoben im Gerät Platz: Gesamtgewicht des HUZ nur 4 kg.

Der Überlagerungsempfänger für AM und FM (mit NF-Verstärker, Lautsprecher und Kopfhöreranschluß) erfaßt einen Feldstärkemeßbereich von $5 \mu\text{V/m}$ bis 100 mV/m . Zur Feldstärkeanzeige wird die Regelspannung in einer Röhrenbrückenschaltung gemessen und mit einem eingebauten Eichgenerator geeicht. Der absolute Anzeigefehler liegt bei $\pm 6 \text{ dB}$.

Beim Untersuchen von Störspannungen, vor allem Auto-Zündstörungen, wird eine Tastantenne angeschlossen. Für Spannungsmessungen – ohne Antenne – sind ein unsymmetrischer $60\text{-}\Omega$ -Eingang und ein symmetrischer $240\text{-}\Omega$ -Eingang vorgesehen.

Ein dem HUZ entsprechendes Gerät für den Fernsehbereich IV/V ist der **UHF-Feldstärkezeiger HUZ E** für Frequenzen von 470 bis 850 MHz (Bild 5).

Die von einer schwenkbaren logarithmisch-periodischen Breitbandantenne aufgenommene Feldstärke wird in einem volltransistorisierten Empfänger in eine erste und dann zweite Zwischenfrequenz umgesetzt, deren verstärkte, gleichgerichtete Spannung zum Anzeigeelement gelangt: Feldstärkemeßbereich 27 bis 110 dB über $1 \mu\text{V/m}$, Anzeigebereich des Instruments etwa 16 dB, absoluter Anzeigefehler höchstens $\pm 6 \text{ dB}$. Ein Lautsprecher ist eingebaut; Kopfhörer und Schreiber können angeschlossen werden.

R. U. Stoewer



Bild 5 UHF-Feldstärkezeiger HUZ E mit logarithmisch-periodischer Antenne in geätzter Schaltung (470 bis 850 MHz). Foto 13413

LITERATUR

- [1] Meinke/Gundlach: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. 2. Auflage Berlin/Göttingen/Heidelberg 1962, Abschnitt Y. 32. Feldstärkemessung.
- [2] VDE-Vorschriften 0871 bis 0879 für die Messung von Störfeldstärken.
- [3] C.I.S.P.R. Publication 2, First Edition 1961: Specification for C.I.S.P.R. radio interference measuring apparatus for the frequency range 25 Mc/s to 300 Mc/s.