

Zeitschrift:	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri
Herausgeber:	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
Band:	62 (1984)
Heft:	7
Artikel:	Einrichtung zur Erzeugung von 16 FM-UKW-Hörfunksignalen
Autor:	Nold, Bruno
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-875789

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Einrichtung zur Erzeugung von 16 FM-UKW-Hörfunksignalen

Bruno NOLD, Bern

Zusammenfassung. Die Zunahme der Senderdichte im FM-UKW-Hörfunk und der Signaldichte im Breitbandkommunikationsnetz stellen immer höhere Anforderungen an die aktiven Bauelemente der Übertragungsglieder. An ihren Kennlinien können wegen der steigenden Signaldichte und der Signalleistung Intermodulationsstörungen auftreten. Um bei Belastung eines Übertragungsgliedes mit einer grösseren Anzahl Hörfunksignale die Störwirkung der entstehenden Intermodulation bei verschiedenen Frequenzbandbelegungen und Pegeln zu untersuchen, wurde ein dafür geeigneter Generator gebaut. Der Multi-FM-Signalgenerator erzeugt 16 FM-UKW-Hörfunksignale, die in bezug auf Frequenz und Pegel unabhängig voneinander eingestellt werden können. Ein 19-kHz-Generator und 16 AF-Rauschgeneratoren gestatten, die RF-Signale zu modulieren. Jedes der 16 Hörfunksignale kann entweder als Mess- oder als Nutz- bzw. Störsignal aufbereitet werden.

Dispositif générant 16 signaux de radiodiffusion sonore OUC FM

Résumé. La densité croissante des émetteurs OUC FM et des signaux diffusés dans le réseau de communication à large bande posent des exigences toujours plus sévères aux composants actifs et aux éléments de transmission. Vu l'accroissement du nombre et de la puissance des signaux, ces éléments peuvent subir des perturbations d'intermodulation. En construisant un générateur approprié, on a obtenu le moyen d'examiner l'effet perturbateur de l'intermodulation affectant un élément de transmission soumis à la charge d'un nombre élevé de signaux de radiodiffusion sonore, compte tenu d'une occupation du spectre et de niveaux différents. Le multigénérateur de signaux FM produit 16 signaux OUC FM, dont la fréquence et le niveau peuvent être réglés indépendamment. Pour obtenir les signaux radiofréquence, on module un générateur à 19 kHz au moyen de 16 générateurs de bruit audiofréquence. Chacun des 16 signaux de radiodiffusion sonore peut être utilisé en tant que signal de mesure, signal utile ou signal perturbateur.

Dispositivo per la generazione di 16 segnali radio OUC-FM

Riassunto. Con l'aumento, nella radiotelefonia OUC-FM, della densità dei trasmettitori e, nella rete di comunicazione a larga banda, della densità dei segnali, ai componenti attivi degli elementi di trasmissione sono richieste esigenze sempre maggiori. Disturbi di intermodulazione possono manifestarsi alle loro caratteristiche per il continuo aumento della densità e della potenza dei segnali. Per poter studiare, con diverse occupazioni della banda di frequenza e diversi livelli, l'effetto perturbatore dell'intermodulazione provocato se si carica un componente con una quantità maggiore di segnali radio, si è costruito un generatore adeguato. Il multigeneratore di segnali FM genera 16 segnali radio OUC-FM regolabili, indipendenti l'uno dall'altro in quanto a frequenza e livello. Un generatore di 19 kHz e 16 generatori di rumore AF permettono di modulare i segnali radio. Ognuno dei 16 segnali radio può essere modulato in profondità quale segnale di misura, segnale utile o segnale di disturbo.

1 Einleitung

Das Interesse am UKW-Hörfunk zeigen die jüngsten Entwicklungen. Immer mehr Hörfunksignale sind im UKW-Band (87,5...108 MHz) unterzubringen. Ihre Dichte steigt und damit auch die mögliche gegenseitige Störung auf dem Übertragungsweg zwischen Quelle und Senke. Dafür gibt es zwei Gründe:

- An der nichtlinearen Kennlinie eines Übertragungsgliedes entstehen Signale mit den Summen- und Differenzfrequenzen der Hörfunksignale. Diese werden als Intermodulation bezeichnet. Störend können sich besonders Intermodulationssignale 3. Ordnung der Form $2f_1 \pm f_2$, $2f_2 \pm f_1$ und $f_1 \pm f_2 \pm f_3$ auswirken, denn diese fallen wiederum ins UKW-Band.
- Mit zunehmender Zahl der Hörfunksignale steigt die Summenleistung. Das Summensignal kann den Arbeitspunkt eines realen, linearen Übertragungsgliedes in seinen nichtlinearen Teil verschieben, so dass Intermodulation entsteht.

Stellt man sich die Aufgabe, bei gegebenem Übertragungskanal das UKW-Band mit möglichst vielen Hörfunksignalen so zu belegen, dass die Qualitätsverminde rung möglichst klein bleibt, dann sind die Frequenz bandbelegung und der Signalpegel zu optimieren.

Zur Untersuchung des aufgeführten Sachverhaltes wurde ein Multi-FM-Signalgenerator gebaut, der 16 FM-UKW-Hörfunksignale erzeugt.

2 Der Multi-FM-Signalgenerator

Die Anforderung, die an den Multi-FM-Signalgenerator gestellt wird, ist die Erzeugung von 16 FM-UKW-Hörfunksignalen, mit denen die Qualitätsverminderung einer Übertragung beurteilt werden kann. Als objektive Messgrösse soll dabei der stereofone AF-Störspannungsabstand dienen.

Aus der erwähnten Anforderung und der in der Einleitung gestellten Aufgabe lassen sich die notwendigen Eigenschaften des Multi-FM-Signalgenerators herleiten:

- Bildung eines Frequenzmultiplexsignals mit 16 Hörfunksignalen
- variable Hörfunk-Signalpegel
- frei wählbare Signalfrequenzen
- Modulierbarkeit der 16 RF-Signale
 - mit Rauschen
 - mit 19-kHz-Signal (Stereo-Pilotton)

Daraus ergeben sich die erforderlichen Funktionseinheiten, die aus *Figur 1* ersichtlich sind.

2.1 Funktionsbeschreibung

Um ein Frequenzmultiplexsignal mit 16 FM-UKW-Hörfunksignalen zu erzeugen, enthält der Multi-FM-Signalgenerator folgende Funktionseinheiten:

- 16 modulierbare Synthesizer (modulation selector)
- 1 Referenzoszillator (reference oscillator)
- 1 Kombiner (outputs of generators / combiner)

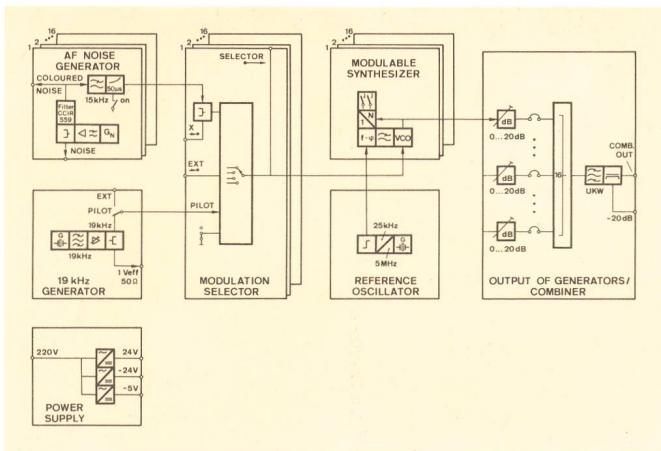


Fig. 1
Blockschaltung des Multi-FM-Signalgenerators

G Oszillator
G_N Rauschquelle
VCO Spannungsgesteuerter Oszillator
f-φ Frequenz- und Phasendetektor
N Teiler
Erläuterung der englischen Ausdrücke im Text

- 1 19-kHz-Generator (19 kHz generator)
- 16 AF-Rauschgeneratoren (AF noise generator)
- 16 Modulationsselektoren (modulation selector)
- 1 Netzgerät (power supply)

Die *modulierbaren Synthesizer* erzeugen die UKW-Trägersignale. Die angewendete phase-lock-Technik ermöglicht, durch Einstellung der Teilung des programmierbaren Zählers die Ausgangsfrequenz des Synthesizers zu ändern.

Der *Referenzoszillator* erzeugt ein quarzstables Signal von 25 kHz, das von den Synthesizern zur Bildung eines Fehlersignals benötigt wird, um den spannungsgesteuerten Oszillator zu regeln. Infolge der Speisung aller Synthesizer mit dem gleichen Referenzsignal von 25 kHz sind die Trägersignale genau um ein ganzes Vielfaches der Referenzfrequenz zueinander versetzt.

Im *Kombiner* werden die Trägersignale zu einem Frequenzmultiplexsignal zusammengefasst. Der RF-Signalpegel jedes Kanals ist individuell an den Dämpfungsgliedern einstellbar, so dass die Pegelverhältnisse simuliert werden können, wie sie bei der Freiraumübertragung als auch in einem Breitbandkommunikationsnetz anzutreffen sind.

Zur Modulation der UKW-Trägersignale dienen der 19-kHz-Generator und die AF-Rauschgeneratoren.

Der *19-kHz-Generator* erzeugt ein 19-kHz-Pilotenignal, das die Messung des stereofonen Störspannungsabstandes ermöglicht. Es entspricht dem internationalen Standard zur stereofonen FM-Tonübertragung im UKW-Band nach dem Pilottonverfahren [1].

Der *Rauschgenerator* enthält u. a. eine Rauschquelle und verschiedene Filter. Die Rauschquelle liefert das Rauschsignal mit konstanter Energiedichte von 40 Hz bis etwa 50 kHz und annähernd Gaussscher Amplitudenverteilung. Die nachgeschalteten Rauschbewertungs-, Tiefpass- und Hochpassfilter (Preemphase) sorgen dafür, dass das Rauschsignal die Empfehlungen des CCIR, betreffend die Übertragung von AF-Signalen im FM-UKW-Hörfunk sowie die Bereitstellung von standardisiertem Rauschen für die Modulation von Störsignalen, erfüllen

(Rauschbewertungsfilter nach CCIR-Rec. 559, Frequenzbereich des Rauschens 40 Hz...15 kHz, Preemphase 50/μs) [1, 2]. Als Störsignale gelten in diesem Sinne alle nicht als Messsignal verwendeten UKW-Signale.

Die 16 Rauschgeneratoren simulieren zusammen mit den Synthesizern 16 unkorrelierte, monofone FM-UKW-Hörfunksignale, wie sie auch in der Praxis anzutreffen sind. Die unkorrelierte Beziehung der mit Rauschen modulierten FM-UKW-Hörfunksignale gewährleistet, dass die Spektren der damit erzeugten Intermodulationssignale im Mittel jenen entsprechen, die von tonmodulierten Hörfunksignalen (moderne Tanzmusik) erzeugt werden. Die Intermodulationssignale reduzieren deshalb in beiden Fällen gleichermaßen den Störspannungsabstand.

Die Wahl des gewünschten Modulationssignals wird mit dem *Modulationsselektor* getroffen. Mit Hilfe eines Drehschalters wird das gewünschte Modulationssignal von der Modulationsquelle zum Synthesizer durchgeschaltet.

22 Aufbau

Der Multi-FM-Signalgenerator ist modular aufgebaut. Mit Ausnahme des Kombinators sind alle Funktionseinheiten in steckbaren Kassetten untergebracht, die von 19"-Kassettenträgern aufgenommen werden.

Der Kombinator ist in einem 19"-Einschub eingebaut.

Figur 2 zeigt den Multi-FM-Signalgenerator im 19"-Schrank. Zu erkennen sind von oben nach unten die vier Kassettenträger mit den Kassetten, der Kombinator und, im unteren Teil über der Netzverteilung und den Sicherungsautomaten, das Netzgerät.

23 Technische Daten

Synthesizer

Ausgangspegel 8 dBm
Ausgangsimpedanz 50 Ω

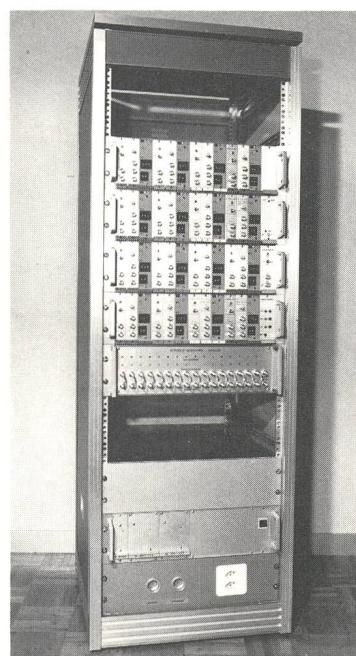


Fig. 2
Der Multi-FM-Signalgenerator

Frequenzbereich	82...112 MHz
RF-Amplitudenfrequenzgang (Bezug: 0 dB = 98 MHz)	± 0,5 dB ¹
AF-Pegel für ± 40-kHz-Hub	6 dB (0,775 V)
Max. AF-Pegel für $k \leq 0,5\%$	14,8 dB (0,775 V)
Variation der Modulationssteilheit (Bezug: 0 dB = ± 40-kHz-Hub)	± 0,5 dB ¹
Stereo-Geräuschabstand (CCIR-Rec. 468-3, (± 40-kHz-Hub, 1-kHz-Modulation)	60 dB
Stereo-Fremdspannungsabstand (± 40-kHz-Hub, 1-kHz-Modulation)	59 dB
Oberwellenabstand	18 dB ¹
<i>Referenzoszillator</i>	
Ausgangspegel	TTL mit – 5 V Offset
Belastbarkeit (in TTL-Lasteinheiten)	25
Ausgangsfrequenz	25 kHz
Variation der Ausgangsfrequenz	3 ppm
<i>Kombiner</i>	
Anzahl Eingänge	16
Entkopplung der Eingänge	49 dB ¹
Eingangsimpedanz	50 Ω
Ausgangsimpedanz	50 Ω
Reflexionsdämpfung am Eingang	17 dB ¹
Reflexionsdämpfung am Ausgang	13 dB ¹
Einfügungsdämpfung	23...43 dB ¹
RF-Amplitudenfrequenzgang	± 0,2 dB ¹
Bandbreite (± 0,5 dB)	86...112 MHz
<i>19-kHz-Generator</i>	
Ausgangspegel	–16...–9 dB (0,775 V)
Frequenz	19 000 ± 1 Hz
Oberwellenabstand	40 dB
Verstärkung externer Eingang	0 dB
<i>Rauschgenerator</i>	
Ausgangspegel	–2...10 dBq
Bandbreite (± 0,5 dB)	0,04...15 kHz
Rauschbewertungsfilter	CCIR Rec. 559
Preemphase	50 ± 5 μs
<i>Modulationsselektor</i>	
Verstärkung	0 ± 0,25 dB
Bandbreite (± 0,5 dB):	
Externer Eingang, X-Eingang	0,03...75 kHz
Pilot-Eingang	2,5...75 kHz
Eingangsimpedanz	22 kΩ

<i>Allgemeine Daten</i>	
Anzahl RF-Träger	16
RF-Ausgangspegel	– 33,3...– 15,3 dBm ¹
RF-Impedanz (Eingang, Ausgang)	50 Ω
RF-Frequenzbereich	82...112 MHz
RF-Amplitudenfrequenzgang	0,7 dB ¹
Oberwellenabstand	50 dB ¹
Pegel für ± 40-kHz-Hub	6 dB (0,775 V)
Bandbreite (0,5 dB): AF	0,03...75 kHz
Pilot	2,5...75 kHz
AF-Eingangsimpedanz	22 kΩ
Stromversorgung (50...400 Hz)	220 V ± 20 %
Leistungsaufnahme	120 VA
Umgebungstemperaturbereich	0...40 °C
Abmessungen (B × H × T)	550 × 1650 × 550 mm
Gewicht	90 kg

3 Schlussbemerkungen

Der Multi-FM-Signalgenerator wurde bereits eingesetzt, um die Grosssignalfestigkeit von FM-UKW-Empfängern und ihr Verhalten bei verschiedenen UKW-Frequenzbandbelegungen mit mehreren FM-UKW-Hörfunksignalen gleichen Pegels zu untersuchen.

Die gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, dass der Generator vielen Messaufgaben angepasst werden kann. Dazu verhelfen die Eingangsbuchsen zur Einspeisung externer Signale am 19-kHz-Generator und am Modulationsselektor sowie die am Kombiner befindlichen Bügelstecker.

Bibliographie

- [1] CCIR-Rec. 450-1. Transmission standards for FM sound broadcasting at VHF. Recommendations and Reports of the CCIR, Geneva 1982, Vol. X.
- [2] CCIR-Rep. 796. Determination of radio-frequency protection ratio for frequency-modulation broadcasting receivers. Recommendations and Reports of the CCIR, Geneva 1982, Vol. X.

¹ Betrieb des Multi-FM-Signalgenerators im Frequenzbereich 87,5...108 MHz