



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 215 870 A1

3(51) G 01 S 13/34

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 S / 250 753 3

(22) 02.09.83

(44) 21.11.84

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, 1199 Berlin-Adlershof, Rudower Chaussee 5, DD

(72) Keiser, Jörn, Dipl.-Ing., DD

(54) **Radaranlage starker Signalkompression mit verbessertem Auflösungsvermögen**

(57) Die Erfindung betrifft Radarsysteme hohen Kompressionsgewinns nach dem FM-Radar-Spektralanalysator-Prinzip. Ziel der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung unter Verwendung dieses Prinzips anzugeben, mit der bei geringer Sendeleistung eine Trennung sehr schwacher Reflexionen von starken Reflexionen möglich ist. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß sowohl im Sendezweig als auch im Empfangszweig Bandfilter eines im Sweepbereich approximativ Gaußschen Übertragungsverhaltens zur Wichtung angeordnet sind, wodurch die Mischerausgangssignale nahezu Gaußsche Spektren haben. Durch diese begrenzte spektrale Breite der Signale kann zwischen Mischerausgang und Spektralanalysator ein Filter zur Absenkung der Amplitude starker Reflexionen eingefügt werden, wonach eine Spektralanalyse mit einem der bekannten Verfahren möglich wird (Fig.). Die Schaltungsanordnung kann z. B. bei der Messung der sehr schwachen Reflexionen aus der ionosphärischen D-Schicht bei Anwesenheit einer starken E-Schicht-Reflexion verwendet werden. Figur

Radaranlage starker Signalkompression mit verbessertem Auflösungsvermögen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft Radarsysteme hohen Kompressionsgewinns nach dem FM-Radar-Spektralanalysator-Prinzip, die durch eine starke Nebenzipfel-Dämpfung in der Laufzeit-Auflösungsfunktion eine Messung schwacher reflektierter Signale in der Nähe starker reflektierter Signale ermöglichen. Beispielsweise kann ein solches Radarsystem verwendet werden, um bei Anwesenheit einer starken ionosphärischen E-Schicht-Reflexion sehr schwache Reflexionen aus der ionosphärischen D-Schicht auch dann zu messen, wenn hohe Sendeleistungen vermieden werden sollen oder nicht verwendet werden können.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

In der modernen Radartechnik werden mittels Signalkompressionsverfahren kurze Hochfrequenzimpulse hoher Leistung durch langandauernde Impulse kleiner Leistung ersetzt. Schwierigkeiten bestehen bei allen Signalkompressionsverfahren darin, daß schwach reflektierte Signale von stark reflektierten Signalen auch dann überdeckt werden können, wenn diese unterschiedliche Laufzeiten besitzen.

Kompressionsgewinne von 1000 und mehr sind nur nach dem FM-Radar-Spektralanalysator-Prinzip realisierbar.

(Siehe COOK, BERNFELD: Radar Signals. New York: Academic Press 1967). Es wird bei diesem Verfahren ein Sweep-Signal der Zeitabhängigkeit

$$\begin{cases} \cos(\omega_0 t + k^2 t^2) & \text{für } |t| \leq \frac{1}{2}T \\ 0 & \text{für } |t| > \frac{1}{2}T \end{cases}$$

ausgesendet und nach Reflexion mit der Laufzeit τ empfangen. In einem Mischer wird das empfangene Signal mit dem Sweep-Signal multipliziert; Reflexionen mit konstanter Laufzeit ergeben eine konstante Differenzfrequenz

$$\omega = 2k\tau .$$

Durch Spektralanalyse kann nun die Amplitude verschiedener Reflexionen bestimmt werden. Das Spektrum des Mischerausgangssignals einer Reflexion klingt jedoch außerhalb seines Schwerpunktes bei $\omega = 2k\tau$ nur sehr langsam entsprechend der Spaltfunktion ab. Die Nebenmaxima des Spektrums einer starken Reflexion können ersichtlich schwache Reflexionen überdecken; abgesenkt werden können sie durch eine Wichtung. TEMES u.a. (IEEE Intern.Conv.Record, Pt.8 (1963) S. 71-81) realisieren die Wichtung durch zeitliche Steuerung der Verstärkung des Empfängerzweiges und RINNERT u.a. (Radio Science 11(1976), S. 1009-1018) wichten während der digitalen Fouriertransformation, jedoch werden bei weitem nicht die Resultate wie durch Einsatz der erfindungsgemäßen Anordnung erreicht.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung unter Verwendung des FM-Radar-Spektralanalysator-Prinzips hohen Kompressionsgewinns anzugeben, mit der bei geringer Sendeleistung eine Trennung sehr schwacher Reflexionen von starken Reflexionen möglich ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung anzugeben, mit deren Hilfe unter Verwendung des FM-Radar-Spektralanalysator-Prinzips hohen Kompressionsgewinns sehr schwach reflektierende Objekte auch bei Anwesenheit stark reflektierender Objekte gemessen werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß sowohl zwischen Sweepgenerator und Sendeantenne als auch zwischen Empfangsantenne und Mischer jeweils ein Bandpaß eines im Sweepbereich approximativ Gaußschen Übertragungsverhaltens sowie zwischen Mischer und Spektralanalysator ein auf die im Mischer entstehenden Differenzfrequenzen abgestimmtes Filter angeordnet ist.

Die genannte Anordnung der Bandfilter ist für weitgehende Unterdrückung der Nebenmaxima des Mischerausgangsspektrums einer starken Reflexion durch Wichtung von entscheidender Bedeutung, da die erreichte Unterdrückung davon abhängt, wie genau das gewünschte Übertragungsverhalten der Bandpässe in der realisierten Anlage erreicht wird. Erfahrungsgemäß wird das Übertragungsverhalten von Filtern vor allem bei hohen Dämpfungswerten stets durch solche Störeffekte wie nichtideale Abschirmung und nichtideale Erdung beeinflusst, die sich auch durch Kettenschaltung von Filtern nicht wesentlich verringern lassen. Es kann also bei einer Anordnung von Bandpässen nur im Sende- oder nur im Empfangszweig eine gewisse Grenze für die Unterdrückung der Nebenmaxima nicht überschritten werden.

Bei erfindungsgemäßer Anordnung der Bandpässe wird erreicht, daß einerseits der geringe Signalanteil, der die Wichtung im senderseitigen Bandpaß auf Grund der genannten Störeffekte umgeht, wenigstens im

Empfangszweig gewichtet wird, wie andererseits der geringe Signalanteil, der die Wichtung im empfängerseitigen Bandpaß umgeht, wenigstens zuvor im Sendezweig gewichtet worden ist.

Erfindungsgemäß wird von den Bandfiltern Gaußsches Übertragungsverhalten approximiert. Dadurch wird erreicht, daß das Spektrum des Mischerausgangssignals jeder Reflexion ebenfalls nahezu Gaußsches Verhalten hat; der Hauptteil des Spektrums eines schwach reflektierenden Objektes wird also nicht von dem eines stark reflektierenden Objektes überdeckt, sofern die Objekte hinreichend entfernt voneinander sind. Es ist nun möglich, die Amplituden in den Frequenzbereichen, in denen die Spektren stark reflektierender Objekte liegen, mit Hilfe eines Filters, das als L-C-Filter ausgebildet sein kann, soweit herabzusenken, daß eine Spektralanalyse mittels eines der bekannten Verfahren durchgeführt werden kann.

Ausführungsbeispiel

Nachstehend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und einer Figur erläutert.

Um eine Laufzeit-Auflösungskonstante von $\Delta\tau$ (nach der in der Radartechnik üblichen Definition) bei einem Kompressionsgewinn von $N \gg 1$ zu erreichen, sollte das Sweep-Signal am Ausgang des Sweepgenerators 1 die Zeitabhängigkeit

$$\begin{cases} \cos(\omega_0 t + \frac{1}{N\Delta\tau^2} t^2) & \text{für } |t| \leq \frac{1}{2} n N \Delta\tau \\ 0 & \text{für } |t| > \frac{1}{2} n N \Delta\tau \end{cases}$$

und sollte jedes der beiden Bandfilter 2 und 6 eine Gaußsche Übertragungsfunktion

$$\exp\left\{-\frac{1}{4\pi} [(\omega + \omega_0) \cdot \Delta\tau]^2\right\} + \exp\left\{-\frac{1}{4\pi} [(\omega - \omega_0) \cdot \Delta\tau]^2\right\}$$

approximieren. Der Faktor n kennzeichnet den Frequenz-

hub des Sweep-Signals im Vergleich zur Bandbreite der Bandfilter, d.h. n bestimmt, bis zu welchem Dämpfungswert die Bandfilter die Gaußsche Übertragungsfunktion approximieren müssen.

Das Sweep-Signal wird über das Bandfilter 2 geleitet und mit der Zeitabhängigkeit

$$\begin{cases} \exp\left\{-\pi\left(\frac{t}{N\Delta\tau}\right)^2\right\} \cdot \cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{N\Delta\tau^2} t^2\right) & \text{für } |t| \leq \frac{1}{2} n N \Delta\tau \\ 0 & \text{für } |t| > \frac{1}{2} n N \Delta\tau \end{cases}$$

mittels linearem Leistungsverstärker 3 und Sendean-
tenne 4 ausgesendet; dieses Sendesignal besitzt also
die Augenblicksfrequenz

$$\omega_L(t) = \omega_0 + 2\pi \frac{1}{N\Delta\tau^2} \cdot t .$$

Eine von der Empfangsantenne 5 aufgenommene Reflexion
der Laufzeit τ erzeugt dann nach Wichtung im Bandpaß 6
und Multiplikation mit dem Sweep-Signal im Mischer 7
ein Mischerausgangssignal, dessen Spektrum eine weit-
gehend Gaußsche Form besitzt, deren Schwerpunkt bei
der Frequenz

$$f(\tau) = \frac{1}{N\Delta\tau} \cdot \frac{\tau}{\Delta\tau}$$

liegt und deren 3,4-dB-Breite

$$\Delta f = \frac{1}{N\Delta\tau}$$

beträgt. Das Spektrum selbst einer starken Reflexion
hat bereits wenige Δf von $f(\tau)$ entfernt einen sehr
geringen Betrag, so daß schwache Reflexionen nicht
überdeckt werden.

Bei der Realisierung einer Radaranlage äußerst schwa-
cher Reflexionen aus der ionosphärischen D-Schicht
bei Anwesenheit starker Reflexionen aus der E-Schicht
wurde bei einem Kompressionsgewinn von $N = 18500$ und

einem relativen Sweephub $n = 3,25$ unter Verwendung zweier Bandfilter vierzehnten Grades erreicht, daß die Nebenmaxima des Spektrums einer Reflexion um mehr als 100 dB unter dem Hauptmaximum liegen. Da der Laufzeitbereich bekannt ist, aus dem starke Reflexionen zu erwarten sind, wird das Mischerausgangssignal einem L-C-Filter 8 zugeführt, das in jenem Bereich eine starke Dämpfung aufweist. Am Ausgang dieses Filters besitzt das Spektrum eine solch geringe Dynamik, daß im Spektralanalysator 9 die weitere Signalverarbeitung mittels Quadraturdemodulation unter Verwendung aktiver Filter bzw. mittels digitaler Fouriertransformation durchgeführt wird.

Erfindungsanspruch

1. Radaranlage starker Signalkompression mit verbessertem Auflösungsvermögen nach dem FM-Radar-Spektralanalysator-Prinzip, gekennzeichnet dadurch, daß sowohl zwischen Sweepgenerator und Sendeantenne als auch zwischen Empfangsantenne und Mischer jeweils ein Bandpaß eines im Sweepbereich approximativ Gaußschen Übertragungsverhaltens sowie zwischen Mischer und Spektralanalysator ein auf die im Mischer entstehenden Differenzfrequenzen abgestimmtes Filter angeordnet ist.
2. Radaranlage starker Signalkompression mit verbessertem Auflösungsvermögen nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das abgestimmte Filter als L-C-Filter ausgebildet ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

