ETH zürich

ETH Library

Ueber Frequenzumsetzung im Mikrowellenbereich

Doctoral Thesis

Author(s):
Furrer, Frank

Publication date:
1959

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000090882

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Prom. Nr. 2864

Über Frequenzumsetzung im Mikrowellenbereich

Von der
Eidgenössischen Technischen
Hochschule in Zürich

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte

PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von

FRANK FURRER
dipl. El.-Ing. E. T. H.
von Lüterkofen (Kt. Solothurn)

Referent: Herr Prof. Dr. F. Tank
Korreferent: Herr Prof. H. Weber

Juris-Verlag Zürich
1959

1. EINLEITUNG

Die Erzeugung neuer Frequenzen aus einer Schwingung gegebener Periodendauer kann bekanntlich immer als Modulationsprozess betrachtet werden. Es entsteht dabei im allgemeinen ein Spektrum, das sich aus Kombinationen von Träger- und Modulationsfrequenz und deren Harmonischen zusammensetzt. Man kann diesen Fall durchaus als Frequenzumsetzung auffassen, weil es immer gelingt, eine im diskreten Spektrum enthaltene Schwingung herauszugreifen. Energetisch gesehen ist aber jedes Modulationsverfahren, welches ein breites Spektrum erzeugt, unwirtschaftlich, und man ist bestrebt, das zur Verfügung stehende Signal mit möglichst geringen Verlusten zu verschieben. Zwei Arbeiten sind in dieser Beziehung bemerkenswert. Die Untersuchung von Diemer et al.[1] beruht erstmals auf dem Gedanken der zeitproportionalen Phasenmodulation, bietet aber keine praktische Lösung des Problems. Cumming[2] benützt eine Wanderfeldröhre, in welcher die Geschwindigkeit des Elektronenstrahls sägezahnförmig moduliert wird. Diese Lösung hat den Vorteil, dass das in der Frequenz verschobene Signal zugleich verstärkt wird.

Phänomenologisch betrachtet ist ein Frequenzumsetzer im allgemeinen ein Sechspol mit einem Klemmenpaar für das Signal der Frequenz ω_1, einem Klemmenpaar für den Hilfsoszillator der Frequenz ω_2 und einem Klemmenpaar für das transformierte Ausgangssignal ω_3. Die Umsetzung des Eingangssignals kann grundsätzlich auf zwei Arten geschehen: entweder enthält das Netzwerk nichtlineare Schaltelemente oder diese sind linear aber zeitabhängig. In beiden Fällen führt die das System beherrschende Differentialgleichung auf Kombinationsfrequenzen. Wenn nun im folgenden nur passive Frequenzumsetzer untersucht werden, deren Ausgangssignal aus einer einzigen, vorher nicht vorhandenen Frequenz bestehen, so bedeutet dies eine Spezialisierung des allgemeinen Problems.

In der vorliegenden Arbeit werden zwei verschiedene Methoden der Frequenzumsetzung im Mikrowellenbereich analysiert, je eine Lösungsweise angegeben und deren Eigenschaften anhand von Messergebnissen diskutiert.

Die erste Art der Umsetzung zeichnet sich aus durch eine zeitproportionale Phasenmodulation des in der Frequenz zu verschiebenden Signals. Es wird gezeigt, dass dieses Verfahren den Idealfall der Umsetzung darstellt. Die erwähnte Phasenmodulation einer elektromagnetischen Welle wird durch die Anwendung eines erstmals durch Fox[3] beschriebenen Phasenschiebers verwirklicht. Die wesentlichsten Bestandteile des Phasenschiebers bestehen aus Wellenleitern mit doppelbrechenden Eigenschaften. Nach einer Darstellung der verschiedenen Möglichkeiten zur Erzeugung von Anisotropie in Wellenleitern folgt die Beschreibung eines kontinuierlichen Phasenschiebers, dessen Hauptbestandteil aus einem, in Analogie zur Optik so ge-

nannten $\lambda/2$-Rohr besteht. Die Anisotropie dieses Elementes wird mittels eines Ferritstabes künstlich hervorgerufen. Eine Diskussion der Messungen am vollständigen Umsetzer weist schliesslich die Grenzen seiner Anwendbarkeit auf.

Die zweite Art der Frequenzumsetzung lässt sich grundsätzlich in jedem Frequenzbereich durchführen, gestaltet sich aber besonders einfach in der Hohlleitertechnik. Ihr Prinzip beruht auf Amplitudenmodulation bei gleichzeitiger Unterdrückung des Trägers und eines Seitenbandes. Da zur Modulation Kristalldioden verwendet werden, gestattet dieses Verfahren hohe Frequenzverschiebungen (einige 100 MHz). Die Messergebnisse werden mit der Theorie verglichen.

Schliesslich wird als Anwendung des Frequenzumsetzers eine Schaltung untersucht, die es gestattet mit einem einzigen Mikrowellengenerator (Reflexklystron geringer Leistung) hohe Dämpfungen präzis zu messen. Weitere Verwendungsmöglichkeiten werden angegeben.