

Synchron- / Homodyn-Empfang (2)

AUTOR

PROF. DR. BERTHOLD BOSCH
Bochum
Tel. 0234 791481

Empfänger mit diskreten Transistoren

Eigene Homodyn-Experimente

Als Basis benutzte ich einen Experimentier-Bausatz mit Steckplatine [20], der u. a. den Aufbau eines Eco-rückgekoppelten Audions mit der Niedervolt-Pentode EF 98 und einem NF-IC LM 386 ermöglicht. Die mitgelieferten Festinduktivitäten und den Folien-Abstimm-drehko ersetzte ich durch Ferritkern- beziehungsweise Topfkern- und Luftspulen sowie einen Luft-Drehko (zusätzlich ein Fein-Drehko). Mit geeigneten Spulen lässt sich der Bereich von 0,5–22 MHz überstreichen. Ergänzt habe ich den Empfänger um eine Vorstufe mit einer zweiten EF 98 (Bild 14).

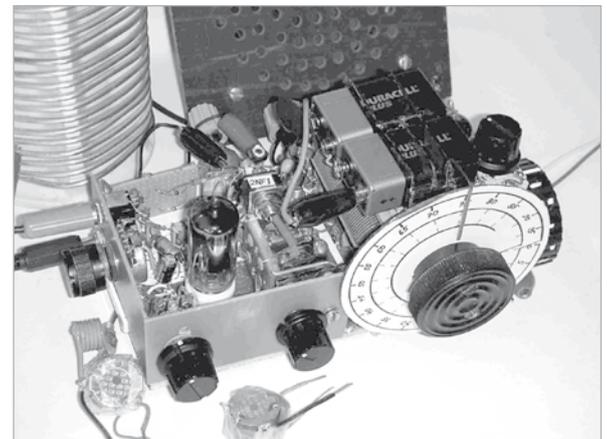


Bild 14: Eigenes, für Homodyn-Empfang erweitertes Audion mit Vorstufe (rechts) und Steckspulen.

Additive Demodulation

Zum Homodyn-Empfang, vorwiegend auf Mittelwelle, diente zunächst eine Schwingaudion-Schaltung (Bild 15). Sie entsprach damit wohl derjenigen von Reimann [10]. Das Ergebnis war zunächst enttäuschend.

Bild 16a zeigt das bekannte Verhalten bei Audion-Gittergleichrichtung. HF-Spannungen bis 1–1,5 V lassen sich einigermaßen verzerrungsfrei verarbeiten. Wenn die Audionröhre zum Schwingen kommt, füllt die Schwingamplitude den Bereich bis zum Fußpunkt der $I_a(U_g)$ -Kennlinie aus, Bild 16b. Ein für Homodyn-Empfang überlagertes Empfangssignal darf dann zirka 0,2 V nicht überschreiten und die Rückkopplung nicht weiter erhöht werden,

Von der GFGF zur Veröffentlichung im Radiomuseum zur Verfügung gestellt.

Als Kontrast sei ein Homodyn-MW-Empfänger mit minimaler Komponentenzahl erwähnt, Bild 13 [18]. Das Empfangssignal gelangt über einen Verstärker an eine Detektordiode. Daneben erregt die verstärkte Empfangsspannung über einen Rückkopplungspfad den Verstärker zu Schwingungen, auf die das Empfangssignal einrastet. Nicht unbedingt nötig sind die beiden Begrenzer-Dioden. Die erzeugte Schwingung gelangt ebenfalls an die Detektordiode, wo eine additive Demodulation stattfindet. Über das Potentiometer R 7 wird die Amplitude der Rückkopplungsspannung und damit die Trennschärfe eingestellt.

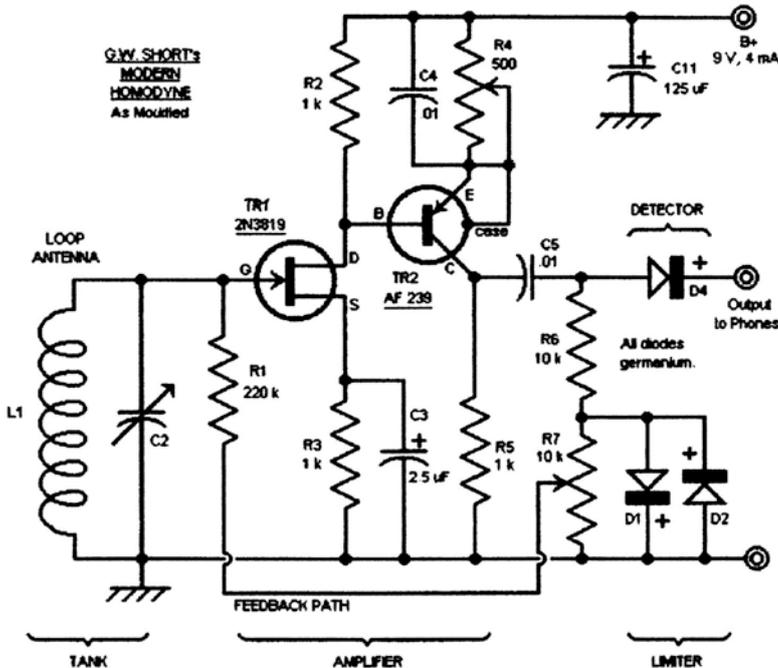


Bild 13: Einfacher Homodyn-Empfänger mit Transistoren [18].

Nur wenig aufwändiger ist – mit drei Transistoren und zwei Dioden (ohne NF-Teil) – ein in [19] beschriebener spulenloser Synchron-Empfänger für LW/MW. Ein selektives, durchstimmbares RC-Filter mit Rückkopplungszweig bildet den zu synchronisierenden Oszillator.

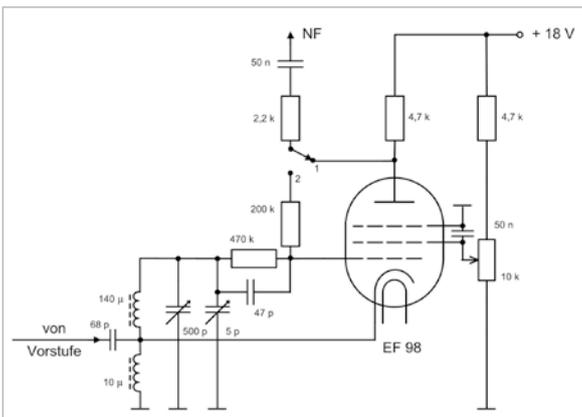


Bild 15: Schaltung meines Homodyn-Schwingaudions.

um Verzerrungen zu vermeiden. Eine Homodyn-Trennschärfesteigerung war im Schwingzustand nicht feststellbar. Die Breite des Mitnahmebereichs entsprach Gl. (1). Mit einem HF-Voltmeter ließ sich beobachten, wie Oszillator- und Empfangsspannung in der Mitte des Bereichs ein Maximum erreichten. Zu den Rändern hin traten Verzerrungen auf, wie es nach Gl. (2) und Bild 6 a zu erwarten war. Nachteilig ist, dass die zu demodulierende Nutzspannung U_e immer mit der Injektionsspannung U_i für den Oszillator identisch bleibt.

Das erwartete Homodyn-Verhalten stellte sich ein, wenn U_e und damit U_i reduziert wurden, z.B. auf 0,05 V. Die Abschwächung eines 9 kHz entfernten Störsenders stieg nun auf zirka 25 dB. Die Gesamttrennschärfe (einschließlich Vorkreis) betrug damit etwa 35 dB. Zur Messung der Trennschärfe dienten zwei um 9 kHz verstimmte Mess-Sender, von denen nur der als Störsender dienende moduliert war. Besseres Verhalten ergab sich, wenn man einem Vorschlag von Müllbauer [21] folgend die NF-Spannung am Steuergitter der Audion-Röhre abnahm (Schalterstellung 2 in Bild 15) und damit auf die NF-Verstärkung in der Röhre verzichtete. Jetzt konnte U_o durch stärkere Rückkopplung erhöht werden, was eine kontinuierliche Trennschärfe-Steigerung erbrachte. Bei $U_e = U_i = 0,15$ V und einem U_o von 3 V erhielt ich eine Trennschärfe gegenüber dem Störsender von 45 dB, die insgesamt also zirka 55 dB erreichte – fast einen Superhet-Wert! Eine Beschneidung der Seitenbänder war „nicht hörbar“. Auch erfolgte eine Erhöhung der Empfindlichkeit um 6 dB, und zwar schon bei einem U_o von zirka 2 V. Die Demodulation war in den linearen Bereich angehoben.

Eine Schaltungsänderung vermeidet den NF-Lautstärkeverlust durch die NF-Auskopplung an G_1 weitgehend. Dazu wird das Empfangssignal zunächst in der schwingenden Röhre HF-verstärkt. Erst bei höheren Oszillator-Amplituden setzten dabei Verzerrungen ein. Die an der Anode abgegriffene Empfangs- und Oszillator-

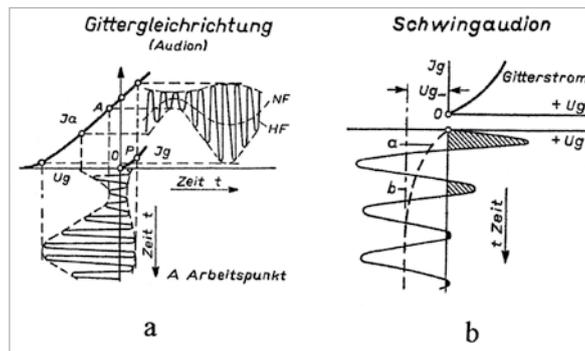


Bild 16: a) Audion-Gittergleichrichtung und b) Schwingungsaufbau bei Selbsterregung [Stejskal].

spannung werden dann einer separaten Demodulatordiode zugeführt, analog zu Bild 13. Diese Schaltung funktioniert auch gut im „normalen“, nicht-schwingenden Zustand (HF-Verstärker mit Rückkopplung). Nur wenn größere Trennschärfe nötig wird, gehe ich mit ihr durch entsprechend erhöhte Rückkopplung in den Homodyn-Modus über. Das ist zum Beispiel auf Kurzwelle im abendlichen 49-m-Band angebracht, um eng benachbarte Stationen trennen zu können. Einem konventionellen Zweikreis-Gerät ist das oft nicht möglich.

Multiplikative Demodulation

Bild 17 zeigt die von mir verwendete Schaltung, die sich an TUCKER orientiert. Sie enthält einen Ringmischer-Typ, den man im Englischen als Cowan-Modulator bezeichnet (ähnlich dem Graetz-Ringmischer). Er benötigt keine mitten-angezapften Ein- und Ausgangsübertrager. Dagegen muss die Oszillator-Schaltspannung doppelt so hoch sein, da hier jeweils zwei in Reihe liegende Dioden geschaltet werden. Die Wirkungsweise zeigt Bild 18. Es scheint sich um eine einfache Gleichrichtung zu handeln. Hier liegt jedoch ein Vierpol (zwei Klemmenpaare) vor. Das Eingangssignal wird durch die Schaltspannung abwechselnd mit +1 und 0 multipliziert, was das NF-Signal liefert. Für lineares Verhalten

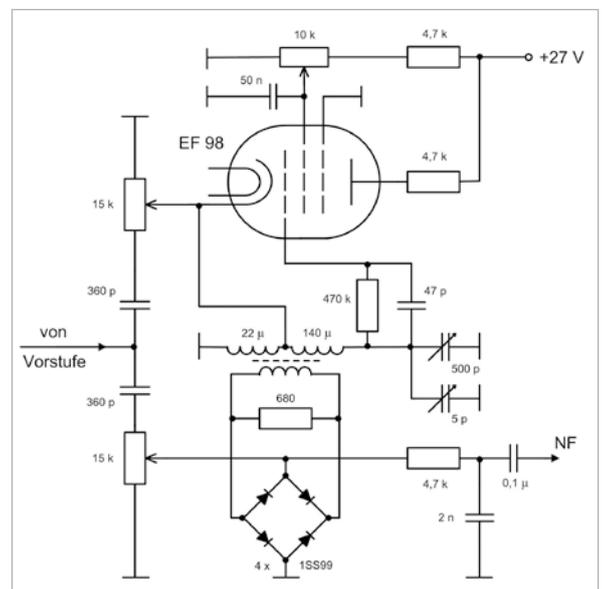


Bild 17: Meine Ringmischer-Homodynschaltung.

ten muss die Schaltspannung die Dioden voll durchsteuern und andererseits das Eingangssignal ihr gegenüber klein sein. Bei den verwendeten Schottky-Dioden 1 SS 99 ist dies bei einer Schaltspannung von 1,5 V und einer Eingangsspannung von maximal 0,15 V gewährleistet. Der Ringmischer in Bild 10 arbeitet übri-

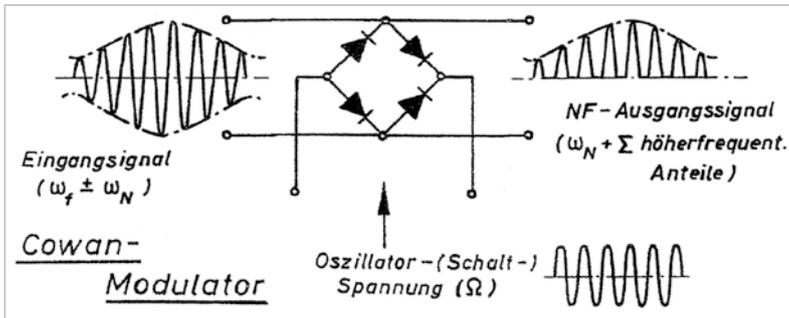


Bild 18: Cowan-Ringmischer als Demodulator [Hartl].

gens nicht multiplikativ. Dazu müssten die beiden Dioden im oberen oder im unteren Zweig umgekehrte Polarität aufweisen.

Der saubere und klare Empfang beeindruckt. Verzerrungen sind innerhalb des Mitnahmebereichs nicht hörbar. Dagegen fällt die Lautstärke an dessen Rändern ab, wie es nach Gl. (3) das Bild 6b darstellt. Die Trennschärfe steigt mit abnehmender, über das Potentiometer einstellbarer Injektionsspannung U_i . Die sich ergebenden Werte entsprechen praktisch den oben bei „Additive Demodulation“ genannten. Die Messung höherer Trennschärfewerte übersteigt meine Möglichkeiten. Beim weiteren Senken von U_i scheint die Trennschärfe nochmals zuzunehmen.

Der abendliche Empfang im MW-Band war aufschlussreich. Ein Philetta-Superhet BD 254 U diente als Vergleichsgerät. Die Trennschärfe des Homodyn-Gerätes ist bei niedrigen U_i nicht schlechter als die der Philetta und die Tonqualität ausgezeichnet. Gespannt war ich auf das Verhalten in den unmittelbaren Nachbarkanälen zu meinem Ortssender WDR 2/Langenberg auf 720 kHz (63 kW, 15 km entfernt), der bei mäßiger Ankopplung bis zu 1 V am ersten Schwingkreis erzeugt. Im Nebkanal 711 kHz erscheint bei Dunkelheit der Sender France-Info/Rennes (300 kW, 725 km). Tagsüber war mit der Philetta auf 711 kHz das Programm von Langenberg schwach hörbar. Für Homodyn-Versuche koppelte ich zunächst den Ortssender schwach in den nicht-schwingenden Homodyn-Empfänger ein. Auf 711 kHz

abgestimmt, war Langenberg, um die Vorkreisdämpfung von 10 dB reduziert, dort noch stark zu hören. Wenn ich dann ein unmoduliertes Mess-Sender-Signal auf 711 kHz ein-koppelte und der Oszillator bei einem $U_i = 0,2$ V schwang, ergab sich eine zusätzliche Dämpfung um 25 dB für den Ortssenders nebenan.

Dann ging es darum, wie stark der Ortssender noch durchkommt, wenn Rennes auf 711 kHz erscheint. Zunächst habe ich ihn tagsüber mit dem Messender simuliert. Als hiesige mittlere Raumwellen-Feldstärke für Rennes liefern entsprechende Kurven (z. B. bei Vilbig) einen Wert von ca. 5 mV/m, was bei mir 10 mV am Eingang bringt. Wenn ich dieses „Rennes-Signal“ in die Philetta ein-koppelte, war nur der Modulationston des Mess-Senders hörbar. Nach dessen Abschalten erschien Langenberg jedoch ganz schwach. Mit dem Homodyn-Gerät war bei Abstimmung auf die Frequenz 711 kHz das „Rennes-Signal“ natürlich laut zu hören. Mit einem $U_i = 0,2$ V trat eine zusätzliche Dämpfung von 25 dB für Langenberg/720 kHz ein. Diese war nur bei abgeschalteter „Rennes-Modulation“ messbar. Bei Senkung von U_i stieg die Nachbardämpfung mit geringerem Durchschlagen des Ortssenders an. Das abendliche echte Rennes-Signal ist bei kleinem U_i tatsächlich problemlos zu empfangen. Fazit: Das einfache Homodyn-Gerät ist dem Superhet bezüglich der Trennschärfe ebenbürtig.

Die Empfindlichkeit des Homodyn-Empfängers mit einer abgestimmten Vorstufe betrug zunächst etwa 100 μ V. Um Superhet-Empfindlichkeit näherzukommen, ist eine zweite Vorstufe nötig. Platzmäßig beschränkt, habe ich die Verstärkung der vorhandenen Vorstufe gesteigert, und zwar durch Erhöhen der Betriebsspannung, eine schwache Katodenrückkopplung und festere Antennen-Ankopplung. Dadurch stieg die Empfindlichkeit auf rund 20 μ V. Die beim Schwingaudion zu beobachtende Empfindlichkeitssteigerung um 6 dB ist bei multiplikativer Demodulation bereits „eingebaut“.

Schlussbemerkung

Vom Homodyn-Empfang hatte ich bisher nur eine vage Vorstellung. Inzwischen bin ich beeindruckt von seinen Möglichkeiten, vor allem der mit einfachen Mitteln erzielbaren Superhet-Trennschärfe. Um dies voll ausnutzen zu können, ist ein Phasenregelkreis für die Synchronisation des Lokal-Oszillators zu empfehlen.

Unbefriedigend blieb für mich das nur teilweise Verständnis der nach Tucker zusätzlich auftretenden Frequenz-Diskriminierung im synchronisierten Oszillator. Vielleicht bringt die geplante Abhandlung von A. STOLL, mit entsprechenden Analysen und Schaltungssimulationen, eine Antwort. 📧

QUELLEN TEIL 2

- [18] M. Tuggle: Modern Homodyne. www.crystalradio.us/1ad-2007-2.htm.
- [19] Empfindlicher Synchrondyne-Empfänger für MW und LW ohne Induktivitäten. Elektor, Juli/Aug., 1973, S. 7-46.
- [20] Bausatz RT 25. AK Modul-Bus Computer GmbH.
- [21] N. J. Müllbauer: Grundlegende Verbesserungen an Ein- und Zweikreisempfängern. Funkschau, Heft 1, 1950, S. 2.