

VVS Inventarisiert
8.9. 1989 Re

VVS Inventarisiert
4.8. 1988 Re

VVS Inventarisiert
16.7. 1986 Re. 00167

Berlin, 20. Februar 1986
33- hk-ki

BSTU

Vertrauliche Verschlusssache 0160

VVS-o203

MIS-Nr. B 87186

1. Ausf. Bl./S. 1 bis 6

Diese VVS/GVS darf nur
vom Herausgeber
vernichtet werden

B e r i c h t zur Erprobung der A3-Muster von TSS-2, TSE-2

1. Allgemeines

VVS Inventarisiert
29.6. 1987 Re.

Für die Erprobung standen zur Verfügung je 1 Muster von TSS-2 (5 W) und TSE-2. Zu TSE-2 stand kein A4-Bericht zur Verfügung.

2. Zielstellung

Die Erprobung hatte zum Ziel, die Realisierung der gestellten taktisch-technischen Forderungen zu überprüfen sowie den Nachweis der Realisierbarkeit einer schnellen Datenübertragung zu erbringen.

3. Erprobungsdurchführung

3.1 Steuerung

Die Steuerung erfolgte mit Hilfe eines Prozessors und gestattete drei Betriebsarten:

1. Senden/Empfang auf einer wählbaren Festfrequenz mit und ohne Modulation
2. Senden/Empfang auf zwei wählbaren Frequenzen im Sprungmodus mit wählbaren Zeiten t_v (Kanalverweilzeit) und t_u (Kanalschaltzeit) sowie mit und ohne Modulation (Datenrate ≤ 40 Kbaud)
3. Senden/Empfang im Sprungmodus mit einer 16stelligen Frequenztabelle und wählbaren t_v und t_u , mit und ohne Modulation.

In den Betriebsarten 1 und 2 wurde als Modulationssignal eine Folge von 55_H verwendet, während in der Betriebsart 3 von 00_H mit dem Inkrement 1 gezählt wurde. Die Datenrate betrug ca. 39 Kbaud. Zwischen Senderauftastung und Modulationsbeginn lagen ca. 180 μs .

3.2 Meßaufbau

Der Meßaufbau enthielt neben den Geräten selbst, die Steuereinheit (kombiniert für Sender und Empfänger), eine Stromversorgungseinheit ebenfalls für beide Geräte gemeinsam, ein 2-Kanal-Breitbandoszilloskop, ein 30 dB-Dämpfungsglied, eine Eichleitung und einen Spektralanalysator. Die Kontrolle der übertragenen Daten erfolgte byteweise durch die Steuereinheit. Eine optische Kontrolle mit Hilfe des Oszilloskops wurde ebenfalls vorgenommen.

4. Ergebnisse

4.1 Betriebsart 1

4.1.1 Ansprechbarkeit der Kanäle

Beim Sender waren Kanäle unterhalb 445 MHz nicht ansprechbar. Von 448 MHz abwärts trat ein starker Leistungsabfall auf, so daß prinzipiell nur ein Arbeitsbereich von 448 ... 470 MHz zur Verfügung stand.

4.1.2 Frequenzstabilität

Im statischen Betrieb wurde eine annähernd konstante Frequenzabweichung von $-4,7$ KHz gemessen, das entspricht einer Abweichung von 10^{-5} , was für den eingesetzten TCXO ($\leq 10^{-6}$) bei dem verwendeten Syntheseverfahren unzulässig ist.

4.1.3 Sendeleistung

Die Ausgangsleistung des Senders war auf allen Frequenzen kleiner als die für die Leistungsvariante 2 geforderten 5 W. Die maximale Ausgangsleistung bei Nennspannung betrug 4 W und wurde bei $f = 450$ MHz gemessen. (Siehe Bild 1) Von dieser Frequenz bis zum oberen Bandende (Bild 1a) wurde ein kontinuierlicher Leistungsabfall registriert. Dieser Leistungsabfall betrug $-5,7$ dB, was einer Ausgangsleistung von ca. 1 W bei 470 MHz entspricht, was unter der Mindestleistung der Variante 3 (1,5 W) liegt. (Siehe Bild 2)

4.1.4 Störspektrum

Das Störspektrum für eine Sendefrequenz belegt ein Band von ca. 80 MHz Breite. (Siehe Bild 3) Der maximale Störabstand wurde mit ca. -30 dB ermittelt, was einer Leistung von ca. 4 mW für eine diskrete Störfrequenz entspricht. Das liegt um mehr als zwei Größenordnungen über den geforderten Werten. Aus den Bildern 3, 3a, 3b ist weiterhin ersichtlich, daß es sich um ein symmetrisches Störspektrum handelt, was auf eine ungünstige Betriebsweise des Mischers schließen läßt (z. B. ungenügende spektrale Reinheit der zu mischenden Signale). Die zweitstärkste Störfrequenz hat einen Abstand zum Träger von 12,8 MHz, was obige Feststellung unterstreicht. Im Frequenzbereich 448 bis 470 MHz (Bild 2) ist das Störspektrum bereits breiter als 100 MHz. Zieht man davon die 22 MHz Bereichsbreite ab, erhält man wieder 80 MHz Störbandbreite für eine Frequenz. Dieser Fakt wurde auf einigen ausgewählten Frequenzen bestätigt. (A)

4.1.5 Modulation/Demodulation

Den zentralen Ausschnitt aus dem Modulationsspektrum zeigt Bild 4. Bild 5 zeigt den gleichen Träger unmoduliert. Aus beiden Bildern läßt sich ermitteln, daß es sich um ein PSK-Signal handelt mit einer Phasendifferenz von nahe 180° . Der Phasenfehler ist kleiner 6° ($\approx 5^\circ$).

(1)

4.2 Betriebsart 2

4.2.1 Ansprechbarkeit der Kanäle

In dieser Betriebsart waren beim Sender ebenfalls Kanäle unterhalb 445 MHz nicht ansprechbar. Bild 6 zeigt das Spektrum sich wiederholender Sprünge zwischen 441 und 448 MHz mit $t_u = t_v = 100$ ms. Eine Veränderung von t_v und t_u blieb ohne Einfluß.

4.2.2 Frequenzstabilität

Bild 7 zeigt das Spektrum bei wiederholten Sprüngen zwischen 450 und 450,1 MHz mit $t_u = t_v = 100$ ms. Trotz Maximalwertspeicherung ist kaum eine Verbreiterung der beiden Träger erkennbar. Bild 8 zeigt die gleichen Träger bei $t_v = 7,5$ ms und $t_u = 3,5$ ms. Die Frequenzabweichungen zwischen den einzelnen Emissionen betragen bis zu +30 KHz und etwa -10 KHz. Die größeren Abweichungen liegen außerhalb der beiden Sprungfrequenzen, was auf ein Überspringen des Regelkreises hinweist. Bild 9 und Bild 10 zeigen das Spektrum bei Sprüngen zwischen 450 und 451 MHz mit $t_u = t_v = 100$ ms und $t_u = 3,5$ ms, $t_v = 7,5$ ms. Im zweiten Falle (Bild 10) ist neben dem verstärkten Störspektrum wieder eine Verbreiterung der Trägerlinien festzustellen. Analoge Aussagen liefern die Bilder 11 und 12. Die Sprungweite liegt hier allerdings bei 10 MHz, die Frequenzen sind 450 und 460 MHz. t_u und t_v sind identisch mit den vorangegangenen Werten der Bilder 7, 8 und 9, 10.

Bild 13 zeigt den Träger 460 MHz unter den Bedingungen von Bild 12 ($t_u = 3,5$ ms, $t_v = 7,5$ ms) mit größerer Auflösung. Die Aussage ist analog der aus Bild 8.

(B)

4.2.3 Sendeleistung

Die Sendeleistung in dieser Betriebsart entsprach der der Betriebsart 1.

4.2.4 Modulation/Demodulation

Die Modulation ist von den Sprungparametern unabhängig. Charakteristisch ist aber die Modulation des Störspektrums. Am Empfänger war feststellbar, daß der übertragene Mäander erst nach ca. 1 ms (0,7 ... 1,3 ms) jitterfrei wiedergegeben wurde, unabhängig vom Sprungregime, was auf ein zu langsames Einschwingen des Demodulators hindeutet. Wurde ohne Modulation gearbeitet, lieferte der Empfänger ein stochastisches Ausgangssignal, welches keinen Zusammenhang mit den Sprungparametern erkennen ließ. Eine Kontrolle in der Betriebsart 1 belegte das. Bei anliegendem Träger ohne Phasensprünge müßte konstant H-Pegel am Ausgang erscheinen.

4.3 Betriebsart 3

In dieser Betriebsart sollte unter Laborbedingungen die Eignung des Systems zur Datenübertragung im Sprungregime getestet werden. Allerdings stellten die unter 4.2.4 genannten Eigenschaften des Empfängers den Test von vornherein in Frage. Dennoch wurde eine Datenübertragung unter verschiedenen Sprungbedingungen versucht. Die Auswertung der empfangenen Daten erfolgte byteweise. Bei Empfang eines fehlerhaften Bytes wurde die weitere Datenübertragung gestoppt und die Abarbeitung der Sprungtabelle ebenfalls. Im Test wurde die Abarbeitung ausschließlich auf der Startfrequenz gestoppt. Wesentlichen Anteil an diesem Mißerfolg hat das undefinierte Verhalten des Empfängerausganges. Hier ist notwendig, daß er in der Zeit, während der unmodulierte Träger anliegt, auf H-Pegel gesetzt wird. Während der Kanalumschaltung muß ein Halten der Demodulatorschleife gesichert werden. Das kann entweder durch Beeinflussung des Schleifenfilters oder zusätzlich durch eine Stummschaltung erreicht werden.

5. Schlußfolgerungen

5.1 TTS-2

Die vorgelegten Spektren weisen aus, daß es der Synthesator nicht gestattet, unter den geforderten Bedingungen eine stör-sichere Signalübertragung vorzunehmen.

In der weiteren Bearbeitung kommt es darauf an:

1. bei der geforderten Umschaltzeit den geforderten maximalen Störhub nicht zu überschreiten,
2. das emittierte Störspektrum in Amplitude und Breite auf die geforderten Werte zu verringern. (Dazu gehört auch die Überprüfung der dem Sendermischer zugeführten Spektren.)
3. Im Sendeteil ist zu gewährleisten, daß die geforderte Sendeleistung erreicht wird und im Band die Leistungsunterschiede nicht größer als 1,5 dB sind.

5.2 TSE-2

Im Empfänger stellt der Demodulator den Entwicklungsschwerpunkt dar. Seine Einschwing- und Halteparameter bestimmen wesentlich den Einsatzwert des Empfängers. Deswegen sind Maßnahmen zu treffen, die bei hoher Betriebszuverlässigkeit eine Mini- bzw. Maximierung dieser Parameter gewährleisten. Zum Erreichen der geforderten Empfindlichkeit sind die Rausch- und Verstärkerwerte der relevanten Baugruppen zu analysieren und optimieren.

Die ZF-Verstärker und der Demodulator sind auf ihr Verhalten bei sprunghaften Amplitudenänderungen des Eingangssignals (der Eingangssignale) zu untersuchen. Dabei ist vom Rast- (Träger anliegend) bzw. Haltezustand des Demodulators auszugehen. Die Beruhigungszeit der ZF- Verstärker, komplett, muß kleiner 100 µs sein. Ein Ausrasten des Demodulators darf nicht auftreten.

i.V. Muhl

Dr. Henkelmann
Bearbeiter

- (1) Ein Empfang, d. h. eine sichere Demodulation dieser Signale war nur unter absolut statischen Bedingungen möglich. Die minimale Empfängereingangsspannung lag bei $5 \mu\text{V}$ über den gesamten Frequenzbereich. Bei sprunghaftigen Amplitudenänderungen des Eingangssignals traten Verschiebungen des Tastverhältnisses am Ausgang auf, die stellenweise ein Ausrasten des Demodulators zur Folge hatten. Aufgrund dieser Unsicherheit war es nicht möglich, den Dynamikumfang des Empfängers zu messen.
- (A) Bild 3c zeigt das Spektrum in Trägernähe in einem Bereich von $\pm 0,5 \text{ MHz}$. Eine Störfrequenz mit einem Abstand von $-0,4 \text{ MHz}$ vom Träger (4-fache der Referenzfrequenz) ist -33 dBc unzulässig stark.
- (B) Die Bilder A bis K zeigen das emittierte Spektrum bei den angegebenen Sprungdaten. Aus diesem, wie aus den Bildern L und M ist ersichtlich, daß jeweils die obere der angesprochenen Frequenzen instabil ist. Diese Instabilitäten treten bei Umschaltzeiten $t_v < 20 \text{ ms}$ auf.

Vertrauliche Verschlusssache 00172

VVS-c203

MIS-Nr. 381186

1. Aufl. Bl./S. 1 bis 6/6

A N H A N G

BSTU
0165

(Bilder 1 bis 13 - ohne Erläuterungen - VVS 203 B 376/85)

Bild	f_1 /MHz	f_2 /MHz	t_u /ms	t_v /ms
A	469,9	470,0	40	40
B	469,0	470,0	40	40
C	469,0	470,0	40	40
D	469,0	470,0	20	20
E	469,0	470,0	20	6
F	469,0	470,0	10	6
G	469,0	470,0	10	10
H	469,0	470,0	5	6
I	469,0	470,0	5	5
J	469,0	470,0	2,5	6
K	469,0	470,0	2,5	6
L	451,0	461,0	10	7
M	461,0	469,0	2,5	6