

Frekvensmoduleret ATV

AA OZ7TA Jørgen Kragh, Forelvej 25, 3450 Allerød

1. Indledning

Med fremkomsten af mange spændende komponenter til brug i frekvensområdet 1-2 GHz, er det for radioamatører blevet meget simpelt at komme i gang på de højere bånd. Her tænkes især på båndet 1240-1300 MHz. Til dette bånd er det i dag relativt let selv at bygge udstyr, ligesom det er muligt at købe kommercielt fremstillet udstyr.

På grund af den store kanalbåndbredde, der findes tilgængelig på de højere bånd, er det her muligt at anvende modulationsarter, som ikke kan anvendes på de lavere bånd. En af disse modulationsarter er frekvensmoduleret amatør TV, forkortet FM-ATV.

ATV er som sådan ikke noget nyt. Mange radioamatører har eksperimenteret med amplitudemoduleret TV, AM-ATV på 432 MHz, både som DSB signaler med reduceret båndbredde, og som VSB signaler med farver. For begge systemers vedkommende har der været tale om, at lydsiden blev sendt på 144 MHz, da et PAL TV-signal inklusive lyd fylder ca. 6,75 MHz i båndbredde, hvad der, som bekendt, ikke er plads til på 432 MHz båndet. Fjernes lydsignalet, er båndbredden af billedsignalet kun ca. 5,8 MHz. Et sådant signal kan altså netop være inden for båndgrænserne.

En ulempe ved at sende ATV på 432 MHz båndet er derfor, at hele båndet er belagt af en sender. Bor man derfor i nærheden af denne, er båndet derfor i realiteten lukket. Enhver, der har været med på EDR sommerlejre, og har prøvet at tænde en 432 MHz kalderadio, mens OZ7UHF, OZ/SK7MW m.fl. har sendt ATV, kender problemet.

Dette problem opstår ikke ved ATV trafik på 1240-1300 MHz, da der her er så meget plads, at ATV signalerne ikke vil overlappende med de områder af båndet, der er udlagt til smalbåndstrafik.

2. AM-TV kontra FM-ATV

Et TV signal består af 2 dele, nemlig en videodel, hvis båndbredde går fra DC til ca. 5 MHz, og et audiosignal med en båndbredde fra ca. 100 Hz til 15 kHz.

Ved AM-TV, som det kendes fra terristiale TV broadcast stationer, udsendes videoinformationen som et AM signal, medens lydinformationen sendes som et FM signal fra en separat sender, forskudt 5,5 MHz fra videobærebølgen.

For at spare båndbredde, filtreres det amplitudemodulerede signal til et såkaldt VSB signal (VSB Vestigial Side Band, d.v.s. restsidebånd). Kun det øvre sidebånd, bærebølgen og en lille rest af det nedre sidebånd udsendes. I fig. 1 er det udsendte spektrum vist skematisk. Sendes dette signal nu gennem en AM modtager med den korrekte bånd-

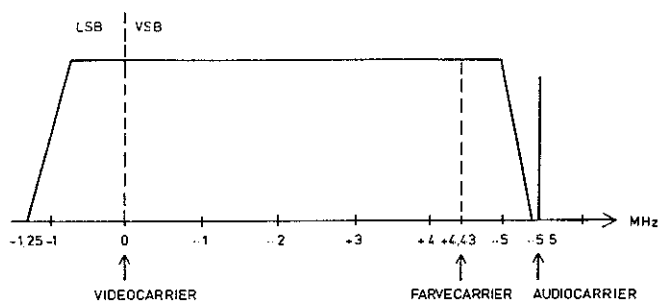


Fig. 1. Spektrum af AM VSB TV-signal.

bredde og gruppeløbetid vil signalet efter detektoren bestå af et signal sammensat af dels det detekterede videosignal og dels af en 5,5 MHz komponent, der indeholder audiodelen som et FM signal, se fig. 2. Dette sammensatte signal kaldes for basebåndssignalet. Et basebåndssignal kan normalt tilføres en TV modtager umiddelbart efter videodetektoren. TV modtageren vil så selv frafiltrere 5,5 MHz komponenten og FM detektorene denne til et normalt audio-signal.

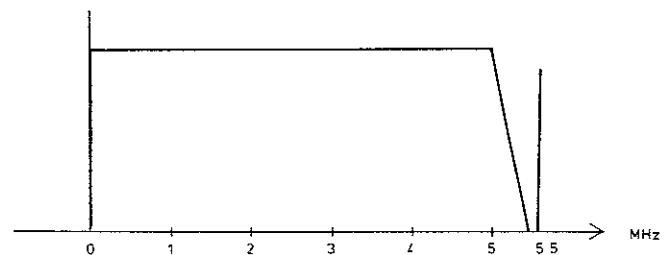


Fig. 2. Spektrum af detekteret TV-signal.

Et basebåndssignal kan fremstilles som vist på fig. 3 ved at audiosignalet frekvensmodulerer en 5,5 MHz bærebølge, der derefter blandes med videosignalet, så der fremkommer et sammensat signal.

Ved FM-ATV frekvensmoduleres senderens bærebølge nu med basebåndssignalet, og det udsendte spektrum vil da se ud som vist i fig. 4. Vi ser, at den nødvendige båndbredde er meget større end ved

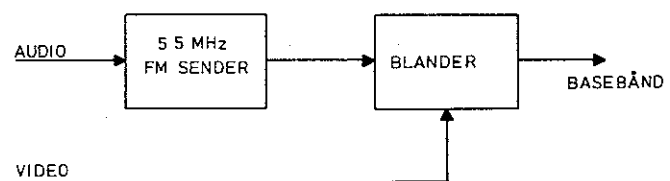


Fig. 3. Frembringelse af basebåndssignal ud fra audio- og videosignal.

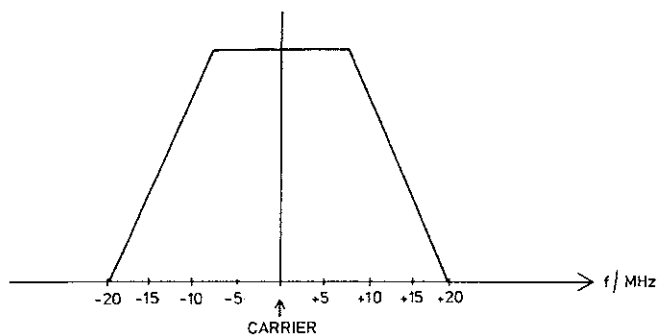


Fig. 4. Spektrum af FM-ATV signal.

AM-ATV, hvad der er en af grundene til, at det kun kan lade sig gøre at sende FM-ATV på frekvenser over 1 GHz.

I modtageren FM detekteres det modtagne signal, der derefter enten kan sendes ind i en TV modtager efter videodetektoren, eller deles i videosignal og 5,5 MHz lydkomponent. Lydkomponenten kan så FM detekteres til et almindeligt audiosignal. De således gendannede video og audiosignaler kan så tilføres til enten en decideret monitor eller en videomaskine.

3. Støjforhold

Det, der begrænser en modtages følsomhed er som bekendt dens egenstøj, og den deraf følgende forringelse af signal-støj forholdet (S/N) på det modtagne signal.

Ved TV modtagelse er det modtagne billede i realiteten støjfrit ved et S/N på 40 dB, selv om man ved professionelle anvendelser først regner med et støjfrit billede ved S/N på 60 dB.

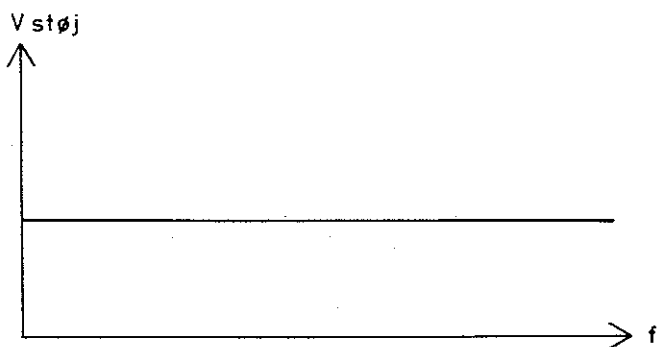


Fig. 5. Støjspektrum fra AM detektor.

Ved AM-TV har videodetektoren en båndbredde på ca. 5,7 MHz, og da det jo drejer sig om en ordinær AM-detektor, er den detekterede egenstøj konstant fra DC og op til grænsefrekvensen, d.v.s. støjen har et spektralt udseende som vist på fig. 5.

Vi ser heraf også, at S/N for det detekterede videosignal er det samme som carrier-noise (C/N) for det modtagne og forstærkede HF-signal.

En modtager med 50 Ω impedans har ved stuetemperatur som bekendt følgende støjefekt:

$$P_n = -174 \text{ dBm} + 10 \cdot B \cdot \text{Hz}^{-1} \text{ dB} + F \text{ dB} \quad (1)$$

Hvor

-174 dBm: Støjefekten fra en 50 Ω modstand i 1 Hz båndbredde.

B: Modtagerens støjbandbredde.

F: Modtagerens støjtal.

For at opnå et C/N på A dB kræves en modtaget effekt på:

$$P_{RX} = P_n + A \quad (2)$$

Sættes nu B til 6 MHz og F til 2 dB, hvilket ikke er helt urealistisk for en god modtager, fås således:

$$P_n = -174 \text{ dBm} + 67,8 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = -104,2 \text{ dBm}$$

Vi ser nu, at for at opnå et C/N på 40 dB kræves en modtaget signaleffekt på:

$$P_{RX} = -104,2 \text{ dBm} + 40 \text{ dB} = -64,2 \text{ dBm}$$

En AM-TV modtager har med andre ord en følsomhed for 40 dB S/N på 138 μV .

For en FM-TV modtager er det lidt mere kompliceret at beregne følsomheden. I praksis anvendes altid PM-detektorer, og en sådan vil vi benytte i det følgende.

Støjspektret fra en PM-detektor stiger med stigende frekvens, som vist på fig. 6, se evt. litt. 1. Dette

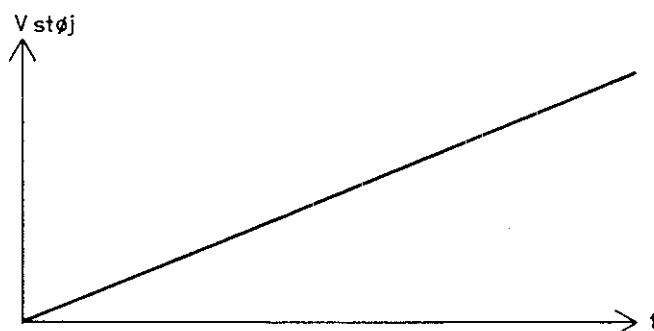


Fig. 6. Støjspektrum fra PM detektor.

medfører, at S/N for de højeste modulationsfrekvenser er ringere end for de laveste frekvenser.

Som en konsekvens heraf er der ved FM-TV indført for- og eftertoning af basisbåndssignalet, præcist som det kendes fra FM telefoni på VHF og UHF. For- og efterbetoning er fastlagt i CCIR Recommendation 405,1 og er vist på fig. 7, og på fig. 8 er vist hvordan de to led skal realiseres.

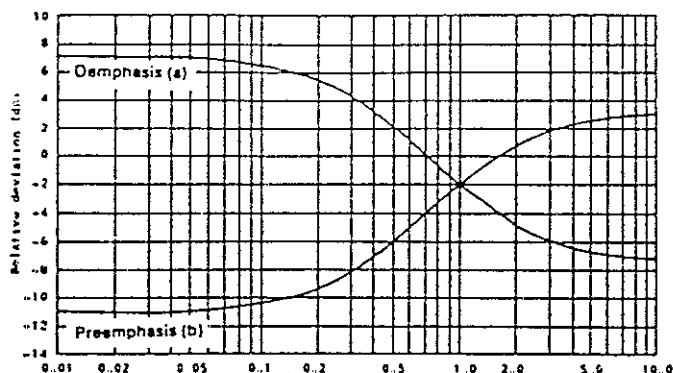


Fig. 7. Karakteristika for for- og efterbetoningsled efter CCIR Rec. 405.1.

Ved at anvende disse for- og efterbetoningsled opnås en amplitudelineær overførsel af basisbåndssignalet, medens støjsignalet sænkes, da dette jo kun passerer efterbetoningsleddet i modtageren. Resultatet af disse anstrengelser er, at S/N for basisbåndssignalet forbedres med ca. 14 dB i forhold til C/N på det modtagne HF signal. For at opnå 40 dB S/N kræves altså nu kun 26 dB C/N.

En yderligere forbedring af følsomheden i forhold til AM opnås gennem den såkaldte FM gevinst S, der kan udtrykkes som:

$$S = 10 \cdot \log \left(3 \left(\frac{M}{m} \right)^2 \right) \text{ dB} \quad (3)$$

Hvor:

M: Modulationsindex for FM-signalet.

m: Modulationsgrad for AM-signalet.

Ved AM-ATV er m ca. 0,7 og ved FM-ATV er M 0,5, så vi finder let S til:

$$S = 10 \log 1,53 = 1,8 \text{ dB}$$

Den sidste, der kan forbedre FM modtagerens følsomhed i forhold til en AM-modtager, er den såkaldte "Threshold extension".

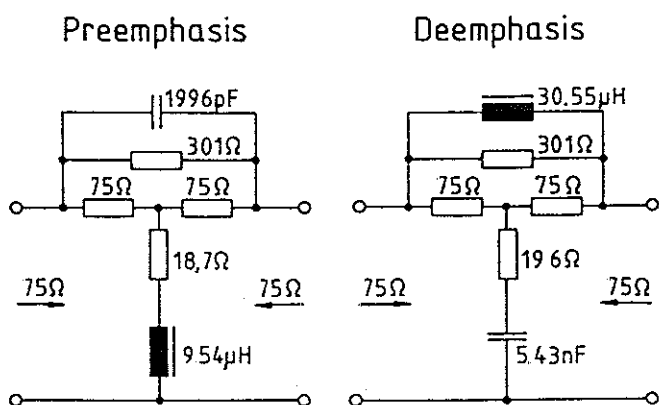


Fig. 8. Realisering af for- og efterbetoningsled.

Det er kendt, at hvis et frekvensmoduleret signal er under FM-detektorens tærskel, stiger S/N hurtigere end C/N, hvorimod der ikke opnås den store forbedring af S/N, hvis C/N er meget større end tærskelværdien. Ved FM-ATV er et billede i realiteten støjfrit når C/N er lige over tærskelværdien, hvad der også skyldes, at ved tærskelværdien er FM-detektoren næsten i fuld begrænsning.

Ved at indføre forskellige snedigheder i detektoren er det muligt at sænke tærskelværdien med ca. 5 dB. Dette kaldes for Threshold Extension, og anvendes f.eks. i Plesseys detektorkreds SL1452.

Medregnes nu disse 5 dB i Threshold Extension, fås det krævende C/N for 40 dB S/N på basisbåndssignalet:

$$C/N \text{ for FM} = 40 \text{ dB} - 14 \text{ dB} - 1,8 \text{ dB} - 5 \text{ dB} = 19,2 \text{ dB}$$

Sættes FM-modtagerens båndbredde til 22 MHz og stadig $F = 2 \text{ dB}$, fås denne støjefekt fra (1) til:

$$P_{n \text{ FM}} = -174 \text{ dBm} + 73,4 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = -98,6 \text{ dBm}$$

Fra (2) fås den minimale modtagne effekt for et S/N på 40 dB:

$$P_{RX \text{ FM}} = -98,6 \text{ dB} + 19,2 \text{ dB} = -79,4 \text{ dBm}$$

Vi ser, at for samme S/N på basisbåndssignalet har FM-modtageren en følsomhed der er 15,2 dB bedre end AM-modtageren, til trods for FM-modtagerens meget større båndbredde. Med andre ord, så vil en 300 W AM-sender på samme frekvens række lige så langt som en 10 W FM-sender

4. Link Power Budget, 1280 MHz FM-ATV vs. 432 MHz AM ATV

Medtages nu det faktum, at strækningsdæmpningen på 1280 MHz er ca. 9 dB større end på 432 MHz, hvor AM-ATV jo normalt anvendes, samt forskelle i antennegain og kabeltab, kan vi opstille følgende sammenligning mellem 432 MHz AM-ATV og 1280 MHz FM-ATV:

	432 MHz AM-ATV	1280 MHz FM-ATV
RX følsomhed	0 dB	+15,2 dB
Strækningsdæmpning:	0 dB	-9,4 dB
Antennegain:	0 dB	+6,4 dB
Kabeltab:	0 dB	-1,1 dB
Resultat:	0 dB	+11,1 dB

Forskelle i antennegain er beregnet ud fra forskel i gain mellem to antenner til 432 MHz på 2 meters længde og to 1280 MHz antenner med samme længde.

Forskellen i kabelltab er forskellen mellem tab i 2 x 15 meter AIRCOM Plus ved hhv. 432 MHz og 1280 MHz.

Resultatet er altså, en forbedring af link power budget på 11,1 dB, til trods for den højere frekvens.

Vi ser altså at en 10 W FM-ATV sender på 1280 MHz rækker lige så langt som en 128 W AM-ATV sender på 432 MHz.

Hertil skal så lægges det faktum, at en AM-ATV sender skal være særdeles lineær, både hvad angår fase- som amplitudekarakteristik, hvorimod en FM-ATV sender ikke behøver at være lineær; men kan køres i hård klasse C. Selv om det måske vil afskrække nogen at skulle arbejde på 1280 MHz, så er det faktisk lettere at lave 10 Watt der end 128 Watt på 432 MHz.

5. Nødvendig udstyr

Det er muligt, hvis man har råd, at købe færdigt kommercielt udstyr, der kan anvendes til FM-ATV, men det er faktisk meget let selv at bygge det nødvendige grej.

Det nemmeste er at bygge senderen, og hvis man kan undvære lyden, behøves blot en oscillator på sendefrekvensen, som så moduleres direkte af et videokamera. I litt. 2-4 er der vist en komplet FM-ATV transceiver, og i litt. 5 er vist et PA-trin med 35-40 W udgangseffekt.

I øvrigt er en udgangseffekt på 5-10 W fuldt tilstrækkeligt til lokal-QSO, d.v.s. inden for 15-20 km.

Som modtager kan anvendes indendørsdelen til en satellit-TV modtager. En sådan indendørsenhed er en FM-TV modtager, der dækker området 950 MHz til 1750 MHz, og dermed altså også 1280 MHz.

Der er imidlertid to ulemper forbundet med at anvende en sådan modtager. For det første er den meget lidt følsom, da al den essentielle forstærkning ligger i LNB'en i modtagerens udendørsenhed.

Det er nødvendigt med mindst 25 dB yderligere forstærkning mellem antennen og modtageren, hvis den skal kunne bruges til noget. I litt. 6 er vist en passende forstærker. Den anden ulempe er, at en satellit-TV modtager er beregnet til et noget større frekvenssving end normalt anvendt ved FM-ATV. Dette resulterer i, at det modtagne signal mangler lidt kontrast. Imidlertid er dette ikke så stor en ulempe, at det ikke kan bruges; til lokalt brug er det fuldt tilstrækkeligt. Til DX brug er en decideret FM-ATV modtager nok mere velegnet.

6. Frekvenser og standarder

For dels ikke at forstyrre andre brugere og dels for at skabe kompatibilitet, er der i IARU regi afsat dels plads i båndplanerne til FM-ATV, og dels fastsat en standard for signalet. I båndet 1240-1300 MHz er der to vinduer til FM-ATV:

1241 MHz til 1257 MHz

1270 MHz til 1286 MHz

På Sjælland benyttes for tiden det øverste vindue, men grundet interferens fra Kastrup Lufthavns radar, som ligger omkring 1280 MHz, kan det tænkes, at trafikken flytter til det nedre vindue.

IARU har udsendt en foreløbig standard for FM-ATV, denne kan findes i litt. 7. Det må kraftigt anbefales alle interesserede at følge denne standard.

7. Trafik på FM-ATV

Det er klart, at trafikken på FM-ATV er meget beskeden sammenlignet med andre former for amatørradiotrafik. Ikke desto meget mindre er der dog så meget trafik, at det normalt ikke er nødvendigt, at ringe til folk først, for at få dem til at starte senderen op.

I Nordsjælland er der for tiden (august 1992) 6 amatører i gang, og i Malmø området er der yderligere omkring 4 amatører i gang, så der er da ikke helt dødt.

I Nordsjælland anvendes 434,100 MHz som en form for talk-back frekvens, således at der køres duplex 1280 MHz FM-ATV den ene vej og 434 MHz FM telefoni den anden vej.

8. Afslutning

Med denne lille artikel er de mest basale forhold omkring FM-ATV blevet omtalt. Det er, som det er fremgået af artiklen, ikke særligt svært at komme igang på 1280 MHz med FM-ATV. At lave FM-ATV er et oplagt emne som projekt i en lokalafdeling, og anvendes så en satellit-TV tuner som modtager, kan det hele faktisk sættes sammen i løbet af en weekend.

I øvrigt må vi som radioamatører huske på, at hvis vi ikke benytter de højere bånd i en meget større udstrækning end det er tilfældet i dag, kan vi let risikere, at de bliver taget fra os, grundet den ringe trafik. I båndet 1240-1300 MHz, er der, som nævnt, allerede andre brugere, og dette bånd er særdeles attraktivt til fremtidig mobil kommunikation. Det gælder

Werner Radio gør det lettere at være radioamatør

Vi har egen (afdeling) i Flensborg.
Du sparer 8% ved at (afhente) varen der.
Ring og hør nærmere

På 64 82 33 33. Vy 73 Werner



der derfor om at komme igang med at trafikere båndene med seriøs og også helst lidt avanceret amatørradiotrafik, så har vi en større chance for at få lov til at beholde frekvenserne.

9. Litteraturliste

1. Vejen til Sendetilladelsen, 6. udgave.
2. Schneider: FM-ATV im GHz-Bereich, Teil 1: FM-ATV Sender für das 23-cm-Band, UKW-Berichte Heft 3, 1988.
3. Schneider: FM-ATV im GHz-Bereich, Teil 2: Tonträger-Baugruppe und Spannungswandler für die Abstimmsspannung, UKW-Berichte, Heft 4, 1988.
4. Schneider: FM-ATV-Empfänger für das 23-cm-Band, UKW-Berichte, Heft 3, 1990.
5. Berns: Linearverstärker für das 24/23-cm-Band mit dem Modul M 57762, UKW-Berichte, Heft 4, 1988.
6. Vidmar: Ein sehr rauscharme Antennenverstärker für das L-Band, UKW-Berichte, Heft 3, 1991.
7. OZ juni 1990, side 326. **OZ**

Rettelse

~~XXX~~
YYY

Dual modulus syntese OZ 6/93

På kanalomsifteren i diagrammet skal der stå SW-DIP S 3.

I komponentlisten skal C2 og C5 være 47 pF.

C10 kan også godt være en taltal, hvis man ikke kan få fat i en polyesterkondensator.

På diagrammet er S 3 vist som en 16 bens DIL switch, det skulle have været en 12 bens.

I printet er der kun plads til en 12 bens DIL switch; det skyldes en fejl fra min side, da det CAD program, jeg har tegnet diagrammet med, ikke havde en 12 bens switch.

Jeg har opdaget en fejl, der gjorde, at syntesen ikke altid gik i lås, nogle gange når den havde været tastet. Men det kan løses med denne her rettelse:

Mellem 9 V og ben 11, 12 og 13 på IC 2 placeres 3 stk. 5,6 kohms modstande. Nu vil indlæsningen af data til syntesekredsen være helt sikker.

Og en periodisk fejl mere som gjorde, at der gik kage i programmet, når senderen blev tastet: Over PTT udgangen placeres en 1 nF kondensator for at forhindre at HF løber ind på printet.

73 de Finn, OZ1GDS

**Husk stof til OZ
senest d. 20.**

TRIADE-projektet

Til afdelingens byggeprojekter og ungdomsarbejde,

men også til den,
der vil igang med at bygge noget selv.

Sirene

Print.....	12,00 kr.
Komponentsæt.....	37,50 kr.

LF-forstærker

Print.....	12,00 kr.
Komponentsæt.....	30,00 kr.

80 meter modtagerdel

VFO-print.....	12,00 kr.
VFO-komponentsæt.....	90,00 kr.
Detektor-print.....	12,00 kr.
Det. komponentsæt.....	112,50 kr.

2 meter modtager

Print.....	15,00 kr.
Komponentsæt.....	333,00 kr.

Kursushefte.....18,00 kr.

Lærervejledning.....9,00 kr.

Kursushefte indeholder bygge- og teknisk beskrivelse af hele projektet.

- Rabat ved køb til ungdomsarbejde -

Nærmere oplysninger og salg:

Radioamatørernes Forlag ApS
tlf. 66 13 77 00