

# Kunsten å oppnå frekvensstabilitet på 10GHz.

LA3EQ  
Jan Henning Holmedal Lustrup  
Stavanger 2007



Når en skal kjøre radio på 3cm båndet, er det svært viktig å ha en stabil lokaloscillator. Det finnes ikke noe mer frustrerende enn å lete i blinde etter en ssb/cw stasjon på 10GHz når LO'en den driver opp/ned 20kHz/min. Eller kanskje transverteren har fått seg en liten "dunk" og oscillatoren svinger nå kanskje 100kHz til en av sidene! Har du ikke med deg en stabil signal marker, så kan du risikere å ikke vite hvor du er på båndet. Alt dette snakker jeg av erfaring. En del sked's er gått tapt pga at jeg har kallet på feil frekvens. En er nødt å vite sann noenlunde rett frekvens, spesielt hvis du skal kjøre cw med filter inne, eller ser på et svakt signal begravet 20dB ned i støyen med et FFT program uten at søylen smøres utover. For å måle frekvensstabiliteten min tok utgangspunkt i test oppsettet som sees i fig 1.

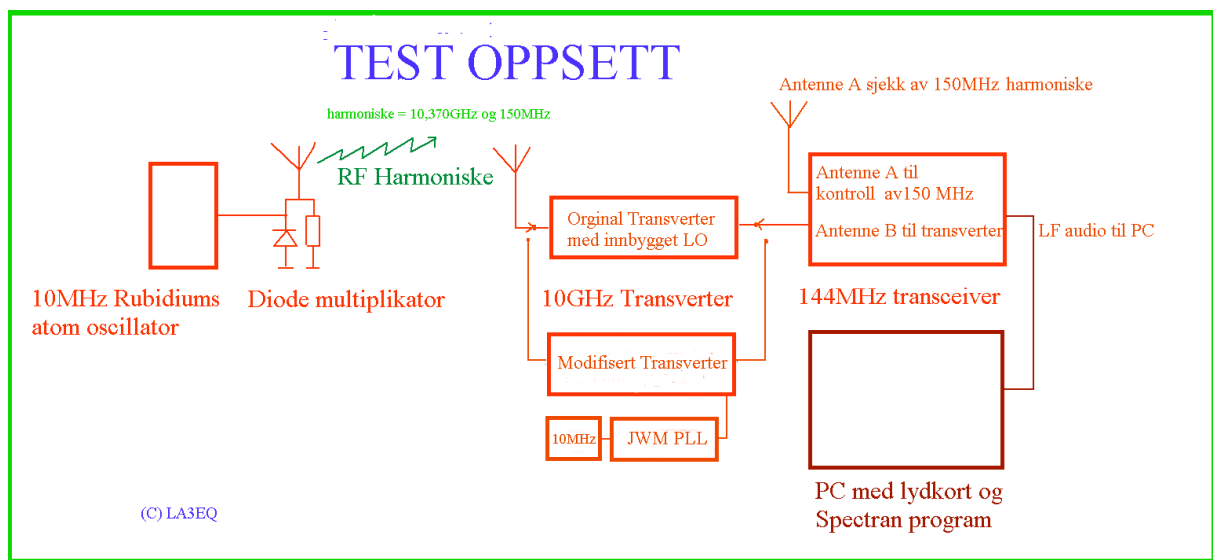


Fig 1 test oppsett..

## Jeg satte meg fire mål for modifisering av 10GHz transverterene mine:

- 1) Først å klare å få til nok stabilitet til SSB QSO'er uten å fin justere VFO'en hele tiden.
- 2) Deretter å prøve å få nok stabilitet til å kunne kjøre telegrafi med 400Hz CW filter.
- 3) Og hvis mulig, få LO'en stabil nok til å kunne kjøre en smal bånd mode som RTTY, PSK31, JT6M og JT44
- 4) Til slutt å minske "Zooming" til akseptabelt nivå.

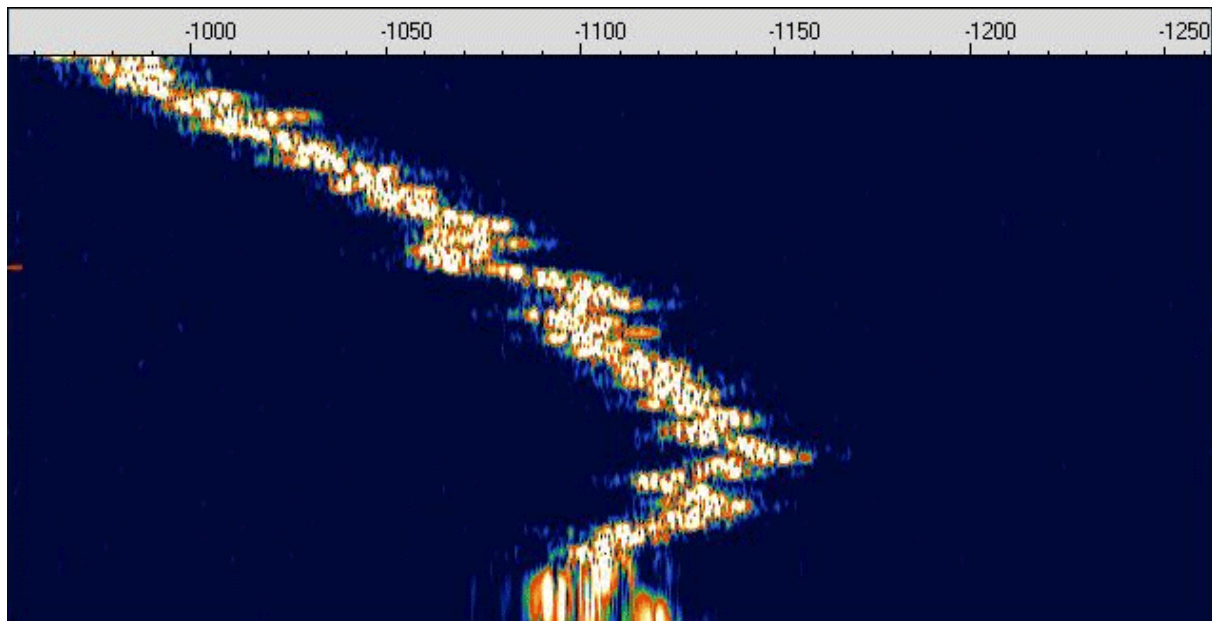


Fig 2. Ustabil LO forårsaker frekvens hopp og vandring i frekvens.

Transvertere med innebygget LO er egentlige greit for å komme rask i gang på mikrobølgen på en rimelig og kjapp måte, en må bare være klar over ulempene med enkle systemer og ikke miste motet med stadig frekvens drifting som krever fin innstilling av VFO 'en, antenne innstillinger på rett retninger, Zooming og stadige minkende batterispenning underveis med portabel kjøring. Det å kjøre portabelt blir nesten en selvfølge, da de fleste av oss bor slik til at det ikke er fri sikt til horisonten, eller har mye trær i "skuddlinjen". En kan likevel kjøre med store hindring ved hjelp av "vestlands forhold" (les *regnscluster*). Da gjelder det å stille antennen noe oppover mot regnskyene og kjøre i vei. Det hjelper å bruke et fotostativ med fin justerings handtak og "Pan" funksjon. Enkelte fotostativer fåes også med innebygget vater slik at en er sikret at antennen er vannrett ved 90 grader om vertikal akse, så når du paner horisontalt vil alltid antennen peke mot horisonten.

Stabilitet over 1 GHz er ikke lett å oppnå sann uten videre. Det kan være problematisk nok å få en 432Mhz konverter til å bli stabil nok og den har en LO på bare 288MHz. Når man i tillegg kjører /p utendørs vil vinden på virke frekvensstabiliteten. En liten sur vestlands vindkast vil sende transverteren din 20kHz ut av frekvens på et blunk. Her vil det hjelpe med å gjøre utstyret vindtett. Lag en romslig kasse til utstyret slik at ikke vinden får tak, husk varmgangen fra utstyret. Er det for tett blir det fort for varmt. Varmen vil få frekvensen din til å drive! Når du står i TX stilling og sender vil utstyret også bli fort varmt, frekvensen driver en vei, du går over til lytting, utstyret kjøles ned og frekvensen driver nå andre veien. Dette kalles for *Zooming*. En kan til en viss grad bøte på dette med KORTE sende perioder.

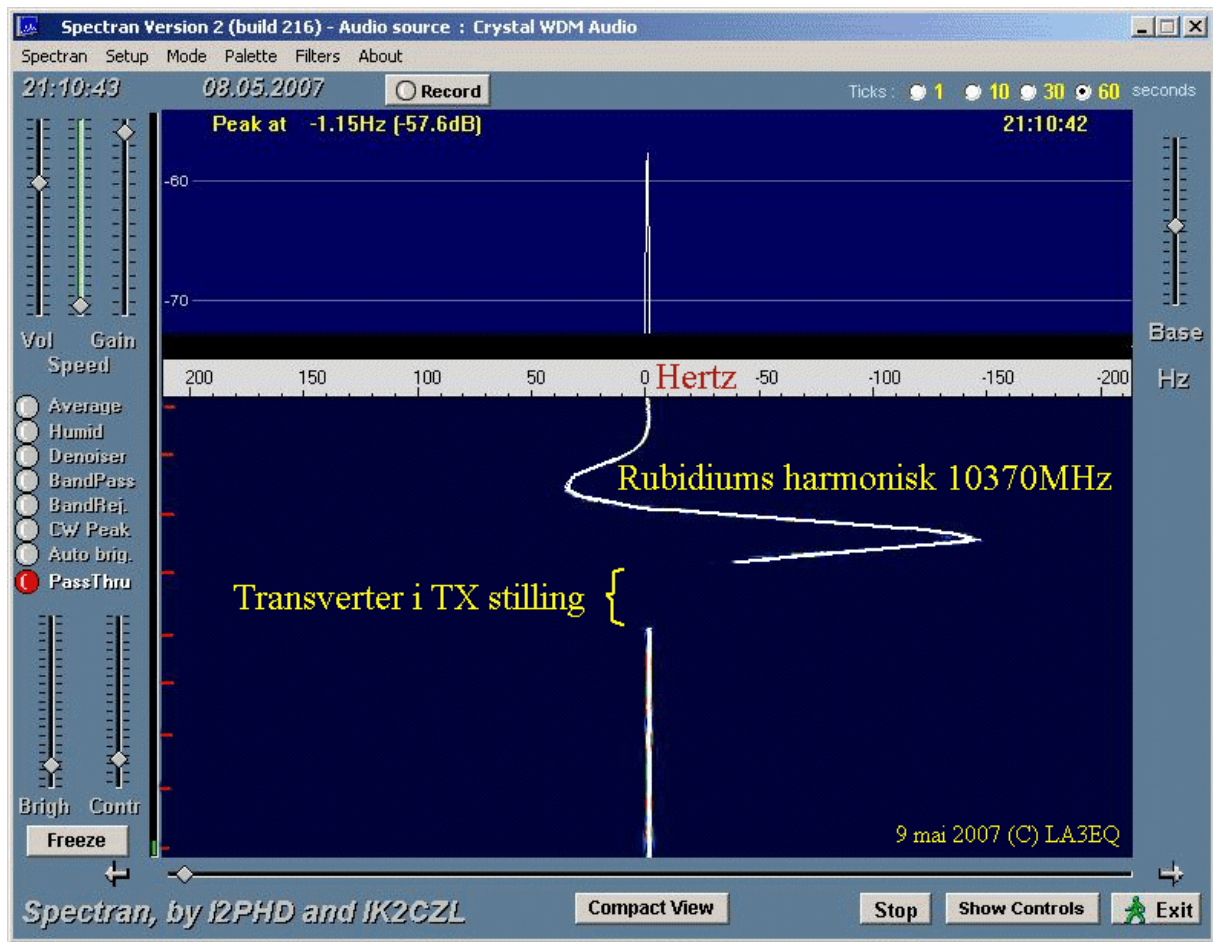


Fig 3 Zooming etter transceiver har stått i TX stilling i et minutt.( Modifisert transverter.).

Jeg har en DEMI (Down East Micro Wave, Inc.) 10GHz transverter som gir ut >2Watt RF. Står den i tx stilling (selv uten drive) blir den fort for varm å ta på. LO krystallet på MICROLO kortet blir oppvarmet av en 60 graders NTC som var loddet direkte på krystall huset. Under vindstille forhold var LO'en ganske stabil, men den minste vindpust sendte frekvensen avgåre. NTC'en reagere ikke fort nok. Dette resulterte i uholdbar frekvens vandring....Når jeg gikk over i TX mode zoomet frekvensen nedover, selv uten drive, og sakte med sikkert zoomet den tilbake når jeg var i RX mode. Den kunne gå fem minutter med avkjøling før LO'en hadde drevet tilbake til der den skulle være. Dette henger sammen med at LO er innbygget i transverteren. Den ligger like under lokket, der all varmen stiger opp! De som har 20mW transverter utgaven slipper dette varmeproblemet. Når jeg i tillegg har en 10Watts PA med 30% virkningsgrad (meget stor varmgang) montert på toppen av transverteren, kan du tror det blir fort varmt. En løsning er å ha LO'en i en egen boks ved siden av transverteren. Men LO'en vil drive noe likevel i vinden, og usikkerheten av ikke å vite nøyaktig hvor en var på båndet var uholdbart, spesielt når en står på en fjelltopp med naglebit i hendene og skal ha en DX sked på over 800km, der signalene er veldig svake og en må sveipe antennen frem og tilbake samt ønsket om å bruke CW filter. Da er det lite kjekt å måtte tune vfo'en frem og tilbake i tillegg!

Jeg har også en "DB6NT-Kuhne" transverter for 10GHz. Den hadde også dårlig stabilitet pga varme problemer, men ikke så ekstremt som DEMI. I tillegg hadde trimme kjerne en tendens til å bevege seg under transport, og da kunne frekvensen flytte ti tals av kHz. Kuhne utgaven bruker en elektronisk temperatur regulator påmontert selve LO krystallet. Den sikrer at temperaturen holder 40 grader Celcius. Men så snart en sender noen minutter blir det gjerne

over 40 grader, regulatoren slår seg av og da driver den. Her burde "DB6NT-Kuhne" bruke krystaller på er stabile på for eks 60 grader og bruke regulatorer som holder denne temperaturen konstant. Men denne transverteren bruker trimme spole i krystalloscillator delen, og den beveger seg aldri så lite, under rystelser(les. under transport), noe som kan resultere i 20 til 50kHz hopp i frekvens. Da hjelper det lite at en har trimmet LO'en inn nøyaktig hjemme før en reiste portabelt!

Vel vel, en ender opp med frekvens drift uansett ser det ut til! Så når en skal få en 3cm transverter LO på 10,224GHz til å svinge stabilt må en trylle litt granne! Jeg sømfarte Internett etter informasjon om frekvens stabilitet på mikrobølge utstyr. Det var mange som klaget over samme problemet, men det var lite løsninger å finne. Noen hadde montert en stor kjøleplate opp på transverteren like over der LO'en lå, noen andre hadde en eller to vifter innebygget med store luftehull for innsug og utblåsningen, dette for å lede vekk varmen. Men avkjølingen pga vinden var fremdeles et problem.

**Trylle formelen:**

Løsningen ble bruk av en "Phase Locked Loop" med stabil 10 MHz referanse oscillator. Det er flere firma som selger mer eller mindre "ferdige" løsninger til dette.

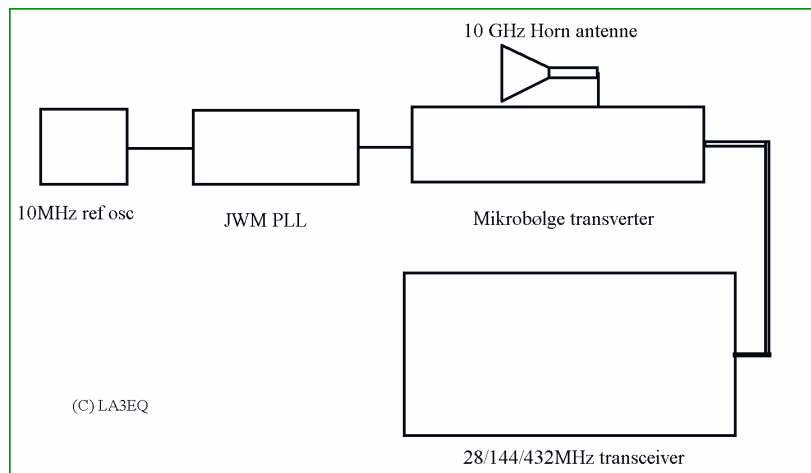


Fig 4. Skjema

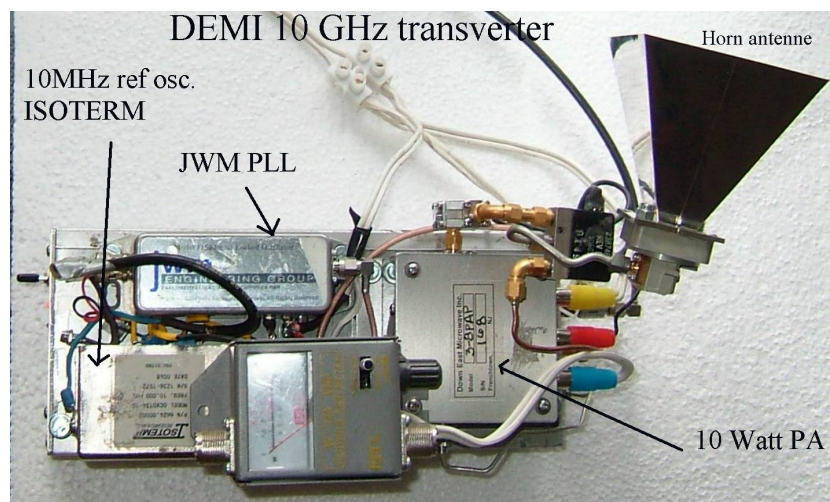


Fig 5 DEMI transverteren



Jeg valgte en "JWM" Modell 1152 PLL og en 10Mhz Referanse oscillator fra ISOTEMP.



Fig 6 ISOTEMP 10MHz TXCO ref oscillator (den blå 10K trimmeren er 10MHz fin justering.)

JWM enheten er en "Phase Locked Loop" oscillator som kan programmeres til flere mellomfrekvenser etter ønske ved hjelp av små DIP brytere inne i den. Den krever en stabil 10 MHz ref oscillator med minimum 0,5volt peak to peak sinus signal. Dersom du har en firkant signal vil den ikke virke. JWM har forslag til 10MHz bandpass filter som gjør firkant signal om til fin sinus kurve.

JWM PLL'en fåes i to versjoner, en til "DEMI" og en til "Kuhne DB6NT" transvertere. Grunnen er at DEMI trenger "1152 modellen" med 1136MHz ut, mens Kuhne DB6NT trenger "5112 modellen" som da gir ut 5170MHz. Begge modeller gir ut et signalnivå på +12dBm, og en sidebåndsstøy på rundt -70dBc @ 3kHz BW.

"JWM" PLL modell 1152 sammen med "DEMI" transvertere:

Den kan programmeres til 432MHz eller 144MHz mellomfrekvens.

Jeg demonterte hele LO'kortet (MICROLO) i DEMI transverteren (ta vare på den, for den kan nå brukes som en svak signal generator med rett krystall), og jeg monterte JWM PLL utenpå lokket istedenfor. I enden på koaksialkabelen som gikk til den gamle LO'en loddet jeg på en SMA hun-plugg til baksiden av transverter kassen. På lokket monterte jeg også en ISOTEMP 10MHz referanse oscillator. Hele transverteren er nå meget kompakt noe som er en fordel for portabelt bruk. Jeg bruker en 6dB dempeledd for å senke PLL utgangssignalet til ca. 4mW nivå (+6 dBm). Gir du mer enn dette vil du få fasestøy og forvrengning.

Sjekk <http://jwmeng.com/AppNote/AppNote001.html>



Fig 7 JWM PLL

”JWM” PLL modell 5112 sammen med ”Kuhne DB6NT” transvertere:

Den kan programmeres til mellomfrekvenser på 28MHz, 29MHz, 144MHz, 145MHz, 432MHz og 433MHz. Den kan også brukes som signal kilde på 10,368GHz.

Denne krever av vi bruker transverterens siste dobblen, så vi monter en SMA koaksial hunplugg like ved inngangen til dobblen. Krystall oscillatorens pluss spenning blir brutt med et lite kniv snitt ved oscillatoren transistoren. Nå skal 5,112GHz signalet fra PLL'en bli tilkoblet dobblen ved hjelp av en liten 5,1 pF chip kondensator, som loddes mellom SMA pluggen og printkortet. Dette vil gi 2 til 5mW (+3dBm til +7dBm,) signal inn til dobblen, noe som er mer enn nok.

Veiledning og skjema finner du her:

[http://jwmeng.com/DB6NT\\_Mod.html](http://jwmeng.com/DB6NT_Mod.html)

Denne PLL kan også brukes med Kuhne DB6NT sine 2,3Ghz og 3,4GHz transvertere!

<http://jwmeng.com/AppNote/AppNote004.html>

## Måle resultater

### **Måle utstyr:**

10MHz oscillator fra EFRATOM LPRO-101 (Rubidiums atom standard),  
Kenwood TS2000-X( som 2-meter MF mottaker),  
Spectran V2 FFT software,  
DEMI 10GHz transverter  
Kuhne DB6NT 10GHz transverter  
Hewlett&Packard 8640B Signal generator  
Magnum Microwave MC54-PL Mixer + 10GHz brick oscillator,  
JWM PLL model 5112 og model 1152,  
ISOTEMP 10MHz ref oscillator,  
EIP 545 Microwave counter  
Hewlett&Packard 3586C selective meter

Først viser vi nedenfor hvordan en umodifisert 10GHz Kuhne DB6NT transverter driver i frekvens innendørs. Nedenfor ser du hvordan frekvensdriften var før.

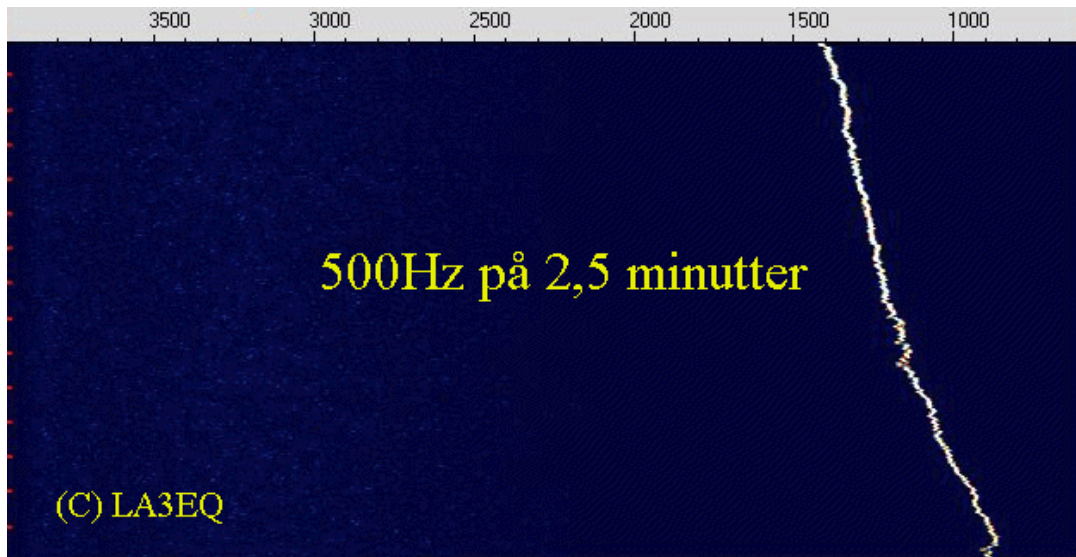


Fig 8 Frekvensdrift innendørs umodifisert transverter

Så etter modifikasjonen..(se nedenfor): Legg merke til at nå er skalaen oppdelt i Hz (fig 9) i motsetning til forige som var pr. hundre Hertz i fig 8.

På to timer har transverteren vandret totalt bare 4,5Hz! En må ta med i betraktning at 2meter RX'en drev 2,5Hz på samme tid og dette må trekkes ifra. Vi ender opp med en netto drift på  $10,370\text{GHz} = 0,75\text{ Hz}$  i timen! Meget Bra. Zig zig bevegelsen er atom oscillatoren som pendler av en eller annen grunn med en frekvens på ca. 0,002 Hertz og sees som 2 Hertz etter en frekvens multiplikasjonen på 1037 ganger!. Zooming ble redusert fra >10 kHz til bare 150 Hz etter en 60 sekunders sending (se fig 3).

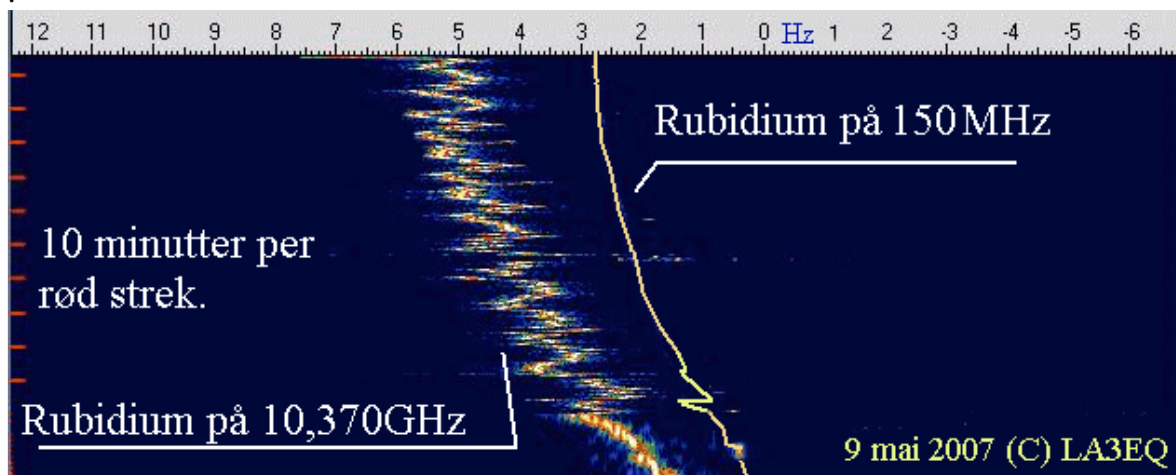


Fig 9 Her sees svak driving opp i frekvens som hovedsakelig er 2 meter riggen som driver + 2 Hz zig zag fra atom oscillatoren.

### Så en utendørs kontra innendørs test!

På fig 10 ser vi at utendørs temperatur endringer og vind på virker LO'en slik at den driver pluss/minus fem Hertz, mens innendørs har den gjennomsnittlig vandring på maks 2 Hertz.

OBS: Kenwood TS-2000X kunne finne på å plutselig drive i frekvens, opp til 50Hz i løpet av noen timer. Etter jeg oppdaget dette brukte jeg en meget stabil "Hewlett & Packard 3586C selective meter" som test mottaker istedenfor Kenwood'en. Den er en presisjons SSB mottaker som går fra 10Hz (ja... ti Hertz) til 32MHz og har S-meter på 0,1 dB trinn. Den har innebygget 10 MHz ref oscillator som er meget stabil. Jeg valgte å koblet til min 10MHz Rubidiums atom oscillatoren isteden for , slik at all drift kom kun via transverter oppsettet!

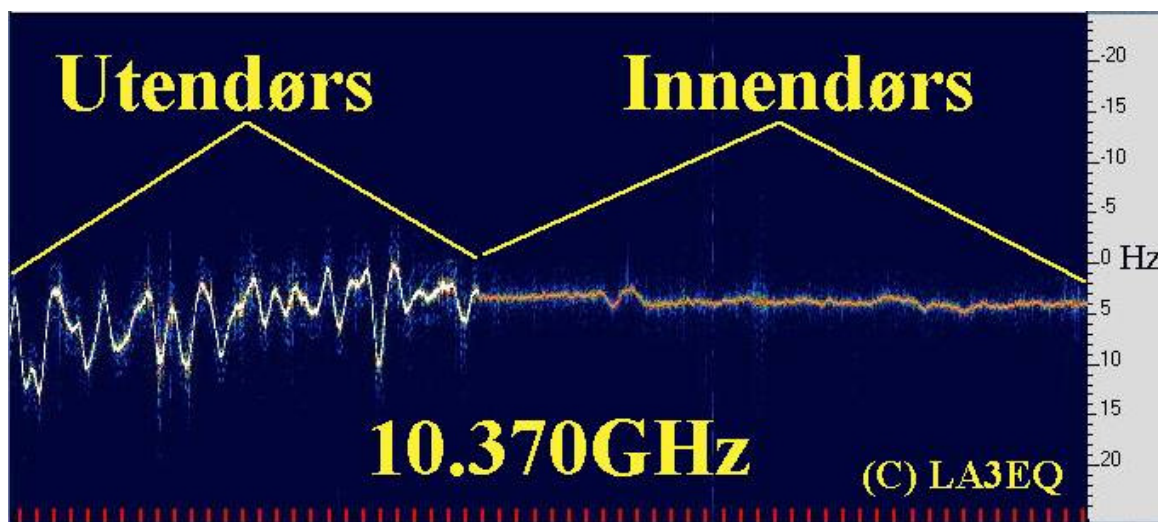


Fig 10 En times frekvens avik pga temperatur svingninger på modifisert LO

Testing av temperatur svinger er med gjort med en Rubidium atom oscillator som genererte ett svakt (1037'de harmonisk) signal på 10,370.000 GHz. Radioen som var brukt som mellomfrekvens var en godt oppvarmet Kenwood TS-2000X, som er innstilt på 146,000MHz. Hele transverteren og LO'en ble utsatt for vestlandsvær på altanen (under halvtak) uten noen form for vær beskyttelse i 11°C under skiftene vind forhold med tidvis regnbyger. En kan tydelig se i fig 10 hvordan JWM PLL/ref oscillatoren jobber hardt for å holde frekvensen stabilt. Variasjonene er på ca pluss/minus 6 Hz, mens innendørs med stabile 24°C roer det seg ned til pluss/minus 1 Hz. Bildet under (fig 11) ser vi oppvarmings tiden Isoterm oscillatoren trenger. Fra den blir slått på går det seks minutter til den er klar innen 100 Hz og etter ti minutter har den en nøyaktighet på mer enn pluss/minus 5 Hz på 3cm båndet!. Nøyaktighet på plus/minus 1 Hz for den først etter 30 minutter oppvarming, men denne nøyaktigheten gjelder kun innendørs og pluss/minus 6Hz utendørs.

Denne løsningen burde være godt nok til både 24GHz som 48GHz båndet. Nå er der mulighet utnytte FFT programmer for EME og troposcatter kjøring uten å måtte lete etter motparten i et hav av sus.

Atom oscillatorenes zig zag kan jeg leve med. Det kommer kanskje av at jeg ikke har tilkoblet noen ting på "fin justerings" inngangen., og at inngangspinnen "flyter" spenningsmessig. Bruks anvisning sier at en ikke er nødt å bruke denne pinnen! Dette skal jeg se nærmere på.



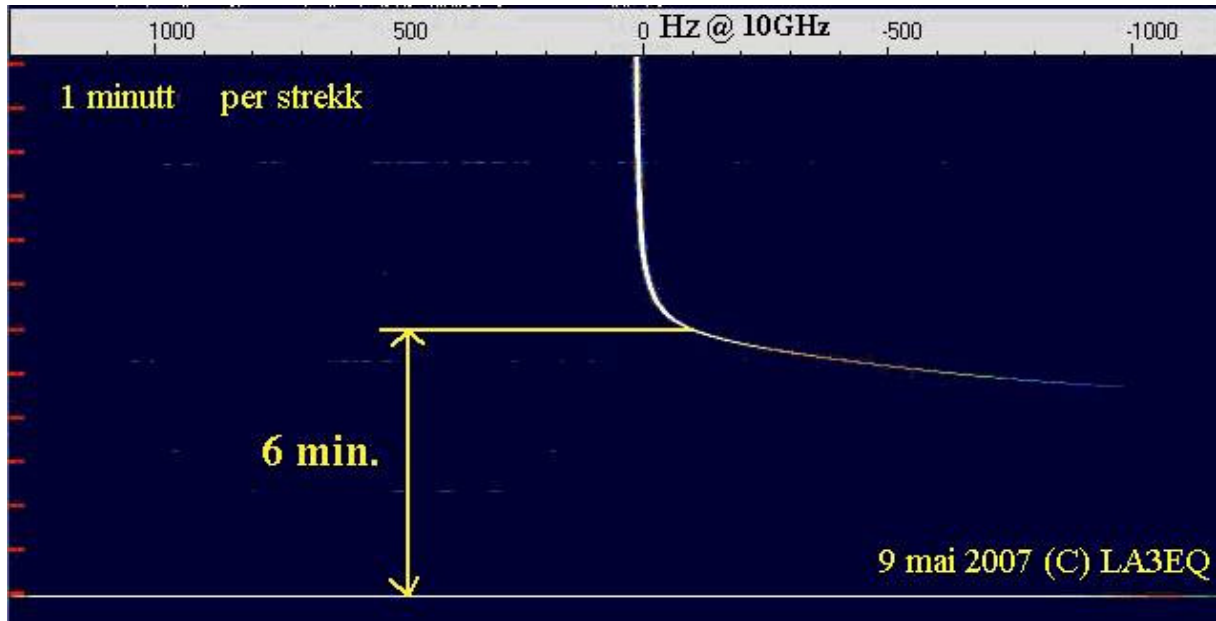


Fig11 10.370GHz oppvarming med oppløsning på 12hz

Til slutt et bilde som vise FØR og ETTER modifikasjon av LO kjeden.

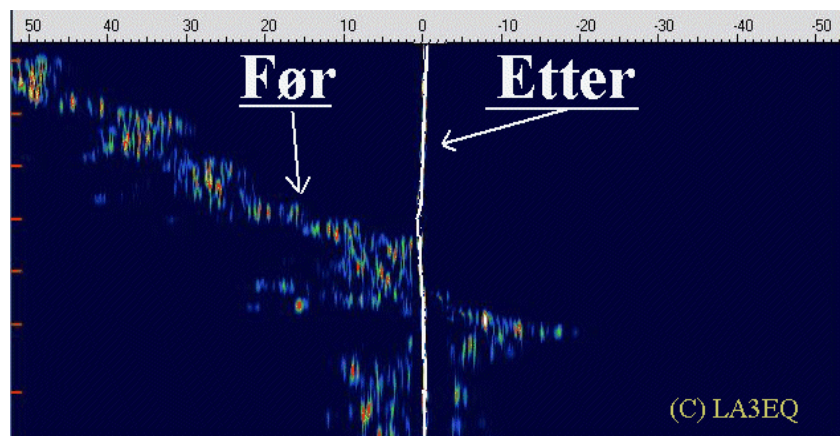


Fig 12 før/etter test.

Og frekvensdriften etter et par timer ute? Bare 13 Hz!



Fig 13 Lav frekvens drift.

*Har du spørsmål så skriv til meg på "LUSTRUP@START.NO"*