

## 6

### Comentários Finais

Para os osciladores desenvolvidos no CETUC, a caracterização através de um analisador de espectro de microondas realizada foi suficiente.

Para a verificação das técnicas de projeto utilizadas, selecionou-se dois osciladores em 10,2 GHz e realizou-se então a caracterização precisa do ruído de fase através do método do detector de fase. Os resultados obtidos, em torno de 100 dBc, situaram-se significativamente diferentes dos resultados esperados. Os projetos desenvolvidos, utilizando cavidades dielétricas com fator de qualidade carregado ( $Q_L$ ) da ordem de 3000/4000, indicaram um ruído de fase de -130 dBc/Hz@3,25 kHz através da Equação (2.12). Entretanto, esta avaliação não havia considerado o ruído de cintilação.

A expressão (2.14), de ruído de fase considerando a componente de cintilação, pode ser igualada ao valor obtido no processo de medição produzindo a seguinte equação:

$$L(f_m) = 10 \log \left\{ \frac{FkT}{2P_{avs}} \left[ 1 + \frac{f_{cint}}{f_m} + \left( \frac{f_0}{2f_m Q_L} \right)^2 \left( 1 + \frac{f_{cint}}{f_m} \right) \right] \right\} \cong -95,6$$

*Sendo :*

$$P_{av} = 10dBm = 0,01W$$

$$f_m = 3,25KHz$$

$$f_0 = 10GHz$$

$$Q_L = 3000$$

A partir destes valores, a frequência de cintilação obtida foi  $f_{cint} = 10$  MHz.

Verifica-se então a influência da frequência de cintilação situada em 10 MHz sobre o ruído de fase total do dispositivo em 3,25 kHz.

A influência do ruído de cintilação pode ser detalhada através das expressões:

$$\mathcal{L}(f_m) = 10 \log \left\{ \frac{FkT}{2P_{sig}} \left[ 1 + \frac{f_{cint}}{f_m} + \left( \frac{f_0}{2f_m Q_L} \right)^2 \left( 1 + \frac{f_{cint}}{f_m} \right) \right] \right\} \quad (2.14)$$

$$\mathcal{L} \left( \frac{dBc}{J} \right) = 10 \log \left[ b f_m^{-1} + \frac{FkT}{P_{avs}} \right] + 10 \log \left[ 1 + \left( \frac{f_0}{2Q_L f_m} \right)^2 \right] - 3dB \quad (6.1)$$

Onde o parâmetro  $b$  é uma componente do ruído de cintilação.

Esta componente de ruído “*flicker*” pode ser obtida diretamente a partir da curva de ruído de fase residual do amplificador, fornecida pelo fabricante. A Figura 6.1 mostra a curva de ruído residual dos amplificadores utilizados nos osciladores em função da frequência de “*offset*” [17].

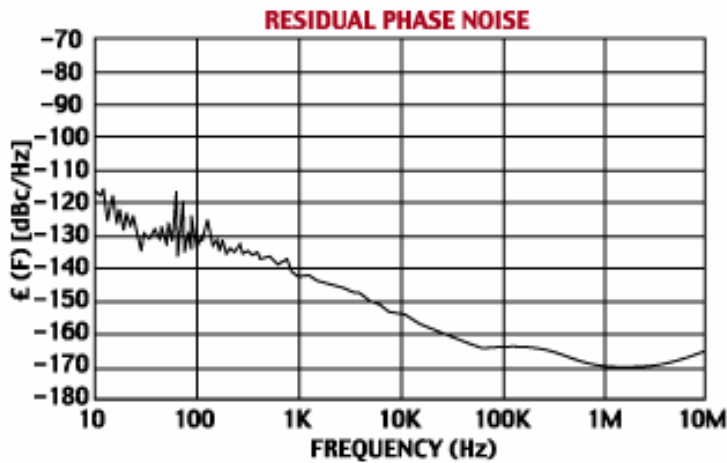


Figura 6.1. Curva de ruído de fase residual dos amplificadores – Fonte: Miteq.

Igualando-se as expressões, como demonstrado no Apêndice A, obtém-se:

$$b = f_{cint} \frac{FkT}{P_{avs}} \quad (6.2)$$

Lembrando que  $f_{cint} = 10$  MHz,  $F = 3$  dB e  $P_{avs} = 10$  mW, obtém-se  $b = 8 \times 10^{-12}$ , resultando para o ruído de cintilação a seguinte expressão:

$$L_{cint} = \frac{8 \times 10^{-12}}{f} \quad (6.3)$$

Sendo  $f = 3,25 \text{ KHz}$  :

$$L_{c_{\text{int}}} = \frac{8 \times 10^{-12}}{3,25 \times 10^3} = 2,46 \times 10^{-15} \text{ mW / Hz}$$

$$L_{c_{\text{int}}} = -146 \text{ dBm / Hz}$$

A frequência máxima de cintilação de um GaAs FET situa-se em geral em torno de 6 MHz [8]. O resultado obtido através das expressões analisadas produz um valor de ruído muito próximo do indicado para os amplificadores GaAs utilizados. Os valores da componente de ruído de cintilação (b) e da frequência máxima de cintilação ( $f_{c_{\text{int}}}$ ) reproduzem os resultados obtidos nas medições.

**Podem então ser destacados nesta dissertação os seguintes resultados:**

1. Um conjunto de osciladores, com desempenho de ruído capaz de atender as especificações dos sistemas de telecomunicações, foram desenvolvidos.
2. Os osciladores desenvolvidos utilizam um método teórico baseado no fator de qualidade carregado da ordem de 3000/4000, em realimentação, capaz de produzir resultados significativamente superiores às especificações dos sistemas de telecomunicações.
3. Utilizando-se um método de medição de ruído de fase mais preciso, o método do detector de fase, foi possível medir valores de ruído de fase de até -108 dBc/Hz@3,25 kHz, significativamente superiores as características de medição dos analisadores de espectro de microondas.
4. A utilização de componentes baseados em GaAs FET limitou os resultados obtidos devido ao ruído de cintilação produzindo resultados 25 dB piores que os indicados pela Equação (2.3).

5. A contribuição do ruído de cintilação foi determinada e descrita.
6. Os níveis de potência de saída medidos apresentaram-se de acordo com as avaliações teóricas previstas, isto é, próximas aos níveis de potencia de saturação dos amplificadores utilizados.
7. Todos os modelos desenvolvidos apresentaram uma elevada estabilidade de frequência. Modelos de oscilador com frequência de oscilação próxima de 2 GHz apresentaram ao longo de 01 dia na temperatura ambiente variações inferiores a 5 kHz..
8. Os osciladores desenvolvidos apresentaram grande estabilidade em função de impedância externa ao circuito. Esta característica está associada ao projeto, uma malha fechada na qual o sinal de saída era extraído através de um acoplador direcional com fator de acoplamento elevado.