

Perancangan Collpits Oscillator Frekuensi 1 MHz dengan Resistansi Negatif pada Peralatan NDB Tipe ND 200

Iga Ayu Mas Oka¹, Esti Handarbeni²

Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI) Curug. Tangerang

² estimangunwidjojo@yahoo.co.id

Abstrak – Osilator merupakan system dengan satu terminal/port yang menghasilkan output gelombang sinyal electromagnetic sebagai sumber energi untuk sistem komunikasi microwave. Pada perancangan berikut akan membahas tentang collpits osilator dengan metode negative resistance pada frekuensi kerja 1 MHz di salah satu peralatan navigasi yaitu NDB (Non Directional Beacon). Term negative resistance telah banyak digunakan pada industri osilator untuk memenuhi kebutuhan gain dari rangkaian aktif untuk mendesain osilator yang stabil. Rangkaian ini menggunakan transistor NPN switching jenis 2N2222A low phase noise dengan bias sebesar $V_{cc} = 20 V$, $V_{ce} = 10 V$, $I_c = 10 mA$. Osilator tersebut disimulasikan dengan menggunakan software ADS (Advance Design System). Grounded-Base osilator ini juga menggunakan feedback approach. Dengan penambahan induktor pada kaki emitter transistor, menghasilkan gelombang output dengan phase noise dan power harmonik yang rendah.

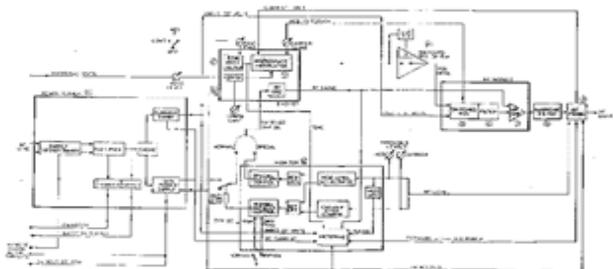
Kata kunci : Gain, induktor, collpits, negative-resistance, phase noise, ADS

Abstract – The oscillator is a system with a terminal / port that generates an electromagnetic wave output signal as a source of energy for microwave communication systems. In designing the following will discuss a method collpits oscillator with negative resistance at the working frequency of 1 MHz in one navigation devices which NDB (Non Directional Beacon). Term negative resistance has been widely used in industry gain oscillator to meet the needs of active circuits to design a stable oscillator. This circuit uses an NPN switching transistor 2N2222A type of low phase noise with the bias of $V_{cc} = 20 V$, $V_{ce} = 10 V$, $I_c = 10 mA$. The oscillator is simulated using the software ADS (Advanced Design System). Grounded-Base oscillator also uses feedback approach. With the addition of the inductor at the foot of the transistor emitter, generating an output wave with a phase noise and low harmonic power.

Keywords : Gain, induktor, collpits, negative-resistance, phase noise, ADS

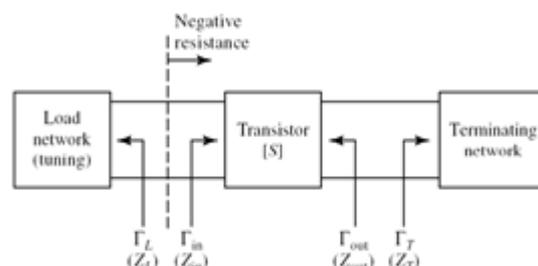
I. PENDAHULUAN

Non Directional Beacon (NDB) adalah fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja dengan menggunakan frekuensi rendah (low frequency) berfungsi sebagai pemandu pilot untuk menentukan lokasi, melakukan kegiatan homing, en-route, maupun holding. Osilator berguna sebagai pembangkit sinyal untuk dimodulasi dengan sinyal voice dan tone kemudian dipancarkan melalui antenna pemancar. Perhatikan gambar pada blok diagram NDB tipe ND 200 berikut :



Gambar 1. Blok Diagram NDB ND 200

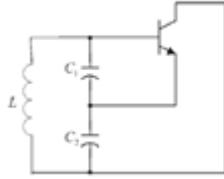
Output dari RF Osilator dikuatkan pada modul Power Amplifier untuk kemudian dipancarkan dalam bentuk kode morse dan diterima oleh ADF (Automatic Direction Finder) di pesawat. Frekuensi kerja, atau frekuensi carrier, merupakan keluaran dari RF osilator seperti terlihat pada gambar diatas. Frekuensi carrier yang baik harus memiliki power harmonik dan phase noise yang rendah. Untuk mendapatkan frekuensi carrier tersebut maka digunakan teknologi Collpits oscillator dengan metode resistansi negatif.



Gambar 2. Osilator Resistansi Negatif

Osilator Colpitts mirip dengan osilator Shunt-fed Hartley. Perbedaannya adalah pada bagian rangkaian

tangkinya. Pada osilator Colpitts, digunakan dua kapasitor sebagai pengganti kumparan yang terbagi.



Gambar 3. Rangkaian Osilator Collpitts

Negative-resistance adalah sebuah rangkaian pembangkitan sinyal yang dapat dipasang secara seri ataupun parallel dengan rangkaian collpitts. Pada perancangan ini diusulkan topologi voltage-divider dengan penambahan induktor menghasilkan power yang lebih besar. Nilai noise juga dapat dikurangi. Selain itu, penggunaan BJT juga menjadi keunggulan tersendiri, karena BJT memiliki phase noise yang lebih rendah jika dibandingkan dengan transistor jenis yang lain, walaupun BJT hanya dapat bekerja optimal dibawah 6 GHz , untuk aplikasi pada frekuensi diatas 6 GHz sebaiknya digunakan GaAs transistor.

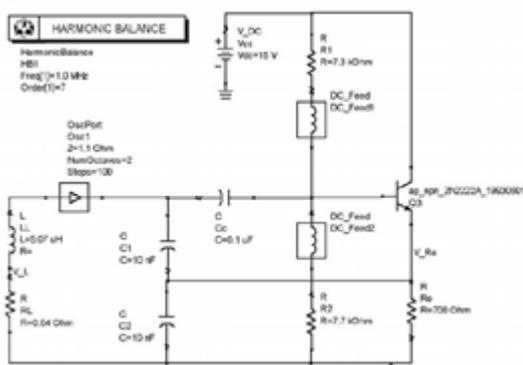
Perancangan circuit yang diusulkan memiliki perbedaan diantaranya penambahan induktor pada kaki emitter transistor, dan kapasitor yang dipasang seri dengan rangkaian collpitts, sehingga dapat meningkatkan power fundamental. Untuk mendapatkan phase noise yang rendah digunakan transistor NPN switching tipe 2N2222A dengan bias sebesar $V_{cc} = 20\text{ V}$, $V_{ce} = 10\text{ V}$ dan $I_c = 10\text{ mA}$.

Tujuan utama dari perancangan Osilator Negative-Resistance adalah untuk mendapatkan frekuensi output 1 MHz dengan phase noise maksimal -200 dBc/Hz. Dan power fundamental minimal 20 dBm.

Untuk memverifikasi performansi Osilator yang di desain, hasil simulasi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil referensi yang ada dengan tetap mempertahankan dimensi dari referensi. Perancangan osilator disimulasikan dalam Advance Design System (ADS).

II. PERANCANGAN RANGKAIAN RESISTANSI NEGATIF

Beberapa feedback osilator klasik didesain menggunakan metode negative-resistance.



Gambar 4. Rangkaian referensi osilator menggunakan metode negative-resistance

Metode resistansi negative digunakan secara luas pada desain RF dan frekuensi microwave osilator. Bila

komponen aktif digunakan untuk men-supply sejumlah energi sama dengan energi disipasi, circuit dapat menopang osilasi. Karakteristik dari aktif device dapat ditunjukkan dengan negative resistance series dengan reactance. Negative-resistance device ditunjukkan dengan amplitude dan frekuensi yang bergantung pada impedance.

$$Z_{IN}(A, \omega) = R_{IN}(A, \omega) + jX_{IN}(A, \omega) \quad (...1)$$

Dimana A adalah amplitude dari arus (t),

Osilator dibentuk dengan menghubungkan device ke passive impedance ditunjukkan dengan

$$Z_L(\omega) = R_L(\omega) + jX_L(\omega) \quad (...2)$$

Circuit akan berosilasi pada frekuensi dan amplitude saat

$$Z_{IN}(A_o, \omega_o) + Z_L(\omega_o) = 0 \quad (...3)$$

Substitusikan persamaan 1 dan 2 ke 3. Maka dapat ditulis sebagai

$$R_{IN}(A_o, \omega_o) + R_L(\omega_o) = 0 \quad (...4)$$

dan

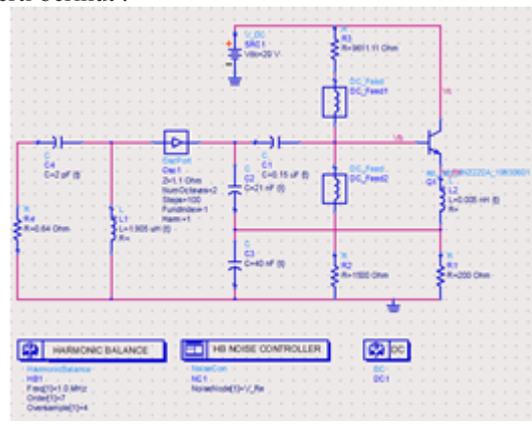
$$X_{IN}(A_o, \omega_o) + X_L(\omega_o) = 0 \quad (...5)$$

jika

$$R_L(\omega) + R_{IN}(A, \omega) < 0 \quad (...6)$$

osilasi menjadi tidak stabil dan amplitudanya naik.

Perancangan collpitts osilator dengan metode negative-resistance yang diusulkan memiliki perbedaan dengan adanya tambahan komponen induktor pada kaki emitter transistor dan kapasitor yang dipasang seri dengan collpitts. Untuk mendapatkan output dengan frekuensi kerja 1 MHz penggunaan transistor NPN switching tipe 2N2222A dibias pada tegangan 10 V, dan arus 10 mA. Gambar rangkaian osilator ditunjukkan seperti berikut :



Gambar 5. Simulasi rancangan rangkaian collpitts osilator menggunakan metode resistansi-negative pada ADS.

Pada rancangan ini untuk mencari dimensi resonatornya digunakan metode resistansi negatif dengan grounded pada base, sedangkan seluruh rangkaian ini disimulasikan dengan perangkat lunak Advanced Design System (ADS).

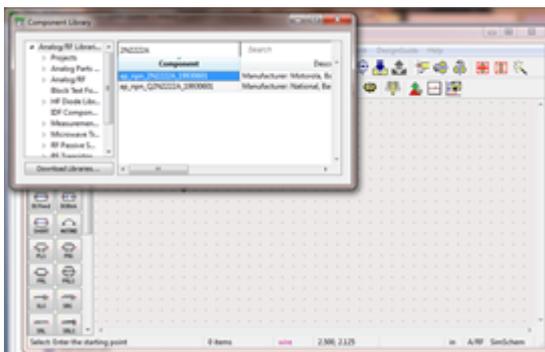
Spesifikasi : Rancangan collpitts osilator yang diusulkan memiliki spesifikasi kerja sebagai berikut :

1. Frekuensi kerja 1 MHz

2. Phase noise maksimal -100 dBc/Hz pada 100 kHz
3. Power pada fundamental minimal 20 dBm
4. Power pada harmonik maksimal -5 dBm

Pemilihan transistor : Untuk aplikasi osilator pada frekuensi microwave, pada umumnya digunakan transistor tipe silicon bipolar (BJT) atau GaAs field effect transistor (FET). Untuk desain osilator, penggunaan BJT menjadi keunggulan tersendiri, karena BJT memiliki phase noise yang lebih rendah dibandingkan dengan transistor jenis yang lain, walaupun BJT hanya dapat bekerja optimal dibawah 6 GHz, untuk aplikasi pada frekuensi diatas 6 GHz sebaiknya digunakan GaAs transistor [10].

Transistor yang digunakan yaitu transistor NPN switching tipe 2N2222A.



Gambar 6. Pemilihan transistor 2N2222A pada library ADS

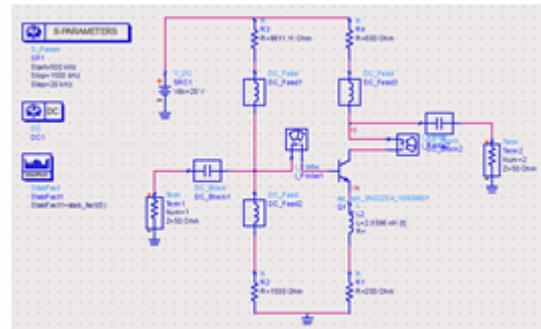
DC bias sebesar $V_{cc} = 20V$, $V_{ce} = 10V$, dan $I_c = 10$ mA. Penggunaan transistor NPN switching tipe 2N2222A diharapkan membuat rancangan dapat bekerja stabil dengan phase noise yang rendah.

NPN switching transistors		2N2222: 2N2222A			
FEATURES					
• High current (max. 800 mA)					
• Low voltage (max. 40 V)					
APPLICATIONS					
• Linear amplification and switching.					
DESCRIPTION					
NPN switching transistor in a TO-18 metal package. PNP complement: 2N2907A.					
QUICK REFERENCE DATA					
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{cb0}	collector-base voltage	open emitter	–	60	V
	2N2222		–	75	V
V_{ce0}	collector-emitter voltage	open base	–	30	V
	2N2222A		–	40	V
I_c	collector current (DC)		–	800	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} < 25^\circ C$	–	500	mW
β_{DC}	DC current gain	$I_c = 10$ mA, $V_{CE} = 10$ V	75	–	–
f_t	transition frequency	$I_c = 20$ mA, $V_{CE} = 20$ V, $f = 100$ MHz	250	–	MHz
	2N2222		300	–	MHz
t_{off}	turn-off time	$V_{CE} = 150$ V, $I_{EM} = 15$ mA, $I_{EM} = -15$ mA	–	250	ns

Gambar 7. Datasheet transistor NPN switching tipe 2N2222A.

Perbedaan utama dengan rangkaian yang sebelumnya terletak pada tambahan komponen induktor di kaki emitter dan kapasitor yang dipasang seri dengan collpits. Penambahan komponen ini diharapkan dapat memperbesar nilai power fundamental dan memperkecil phase noise.

DC Bias Transistor : perancangan bias transistor ini menggunakan voltage-divider DC bias transistor.



Gambar 8. Biasing Transistor

Perancangan ini memiliki spesifikasi sebesar $V_{cc} = 20V$, $V_{ce} = 10V$, $\beta = 75$, dan $I_c = 10$ mA sehingga didapat,

$$V_E = \frac{1}{10} V_{CC}$$

$$= 1/10 (20V) = 2V$$

$$V_B = V_{BE} + V_E :$$

$$= 0.7V + 2V = 2.7V$$

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} \cong \frac{V_E}{I_C}$$

$$= 2V / 10 \text{ mA} = 200 \Omega$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} - V_E}{I_C}$$

$$= \frac{20V - 10V - 2V}{10 \text{ mA}} = 800 \Omega$$

$$R_2 = \frac{1}{10} \beta R_E$$

$$= 1/10 (75) (200\Omega) = 1500 \Omega$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} R_2 - V_B R_2}{V_B}$$

$$= \frac{(20V) (1500\Omega) - (2.7) (1500\Omega)}{2.7V}$$

$$= 9611.11 \Omega$$

Salah satu syarat rangkaian osilator ialah stabfaktor (K) memiliki nilai kurang dari 1, berikut ini tabel hasil biasing transistor :

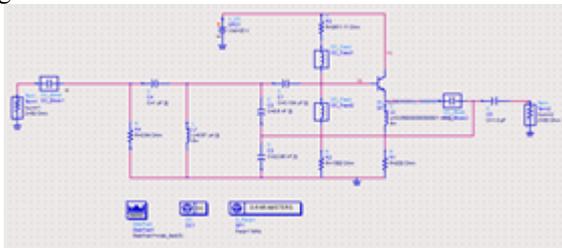
I Probe1.i	I Probe2.i	Vb	Vc
37.09 uA	9.792 mA	2.652 V	12.17 V
Ve	Vce	freq	StabFact1
1.966 V	10.201	1.000 MHz	0.020

Gambar 10. Tabel hasil biasing transistor

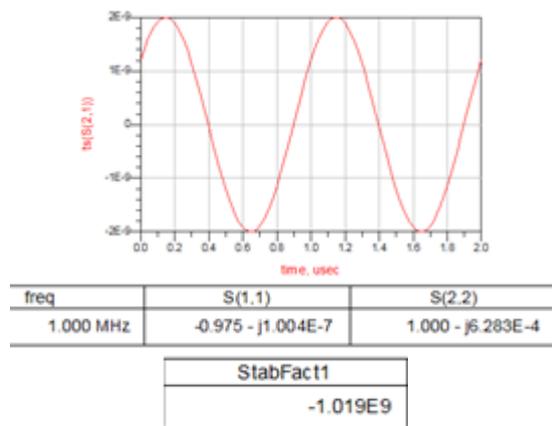
Kestabilan transistor : Setelah membuat DC bias transistor, untuk aplikasi osilator, kondisi yang dipilih yaitu common-base agar nilai stability faktor (K) kurang dari satu, atau potentially unstable sebagai salah satu syarat agar suatu rangkaian dapat beresilasi.

III. HASIL SIMULASI DAN ANALISA

Pada bab ini akan dibahas kinerja dari collpits osilator yang didesain menggunakan ADS. Rangkaian lengkap tanpa tambahan komponen tampak seperti gambar.



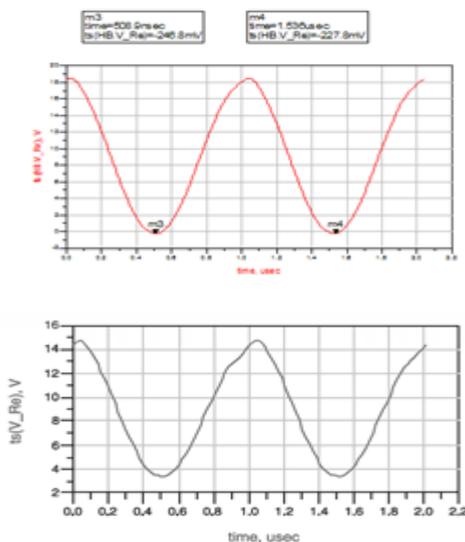
Gambar 11. Perancangan rangkaian collpits osilator



Gambar 12. Hasil simulasi S-Parameter perancangan collpits osilator

Pada simulasi S-Parameter diatas dapat dilihat pada frekuensi 1 MHz nilai stabfactor sebesar -1.019E9, dengan kata lain sudah memenuhi syarat osilasi yaitu kurang dari 1.

Berikut hasil perbandingan output rancangan dengan output referensi :

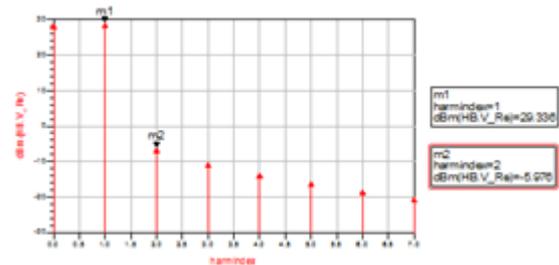


Gambar 13. Perbandingan gelombang output dari perancangan dan referensi

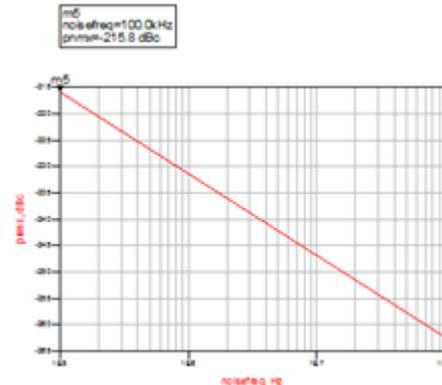
Dari gambar diatas terlihat bahwa rangkaian collpits osilator dengan penambahan komponen induktor di kaki

emitter dan kapasitor yang dipasang seri dengan collpits memberikan hasil lebih baik.

Power fundamental, Power Harmonik dan Noise: Berikut hasil simulasi power fundamental, power harmonik, dan noise dari rangkaian collpits osilator yang diusulkan.



Gambar 14. Hasil simulasi Power fundamental dan Power Harmonik



Gambar 15. Hasil simulasi phase noise

Dari data pada gambar diatas, dapat dilihat Power fundamental yang dihasilkan sebesar 29.336 dBm, power harmonik sebesar -6.976 dBm, dan phase noise sebesar -215.8 dBc. Penggunaan rangkaian seri untuk ZL sesuai dengan jalannya negative-resistance. Gambar diatas menunjukkan simulasi menggunakan OscPort dan hasil datanya. Frekuensi osilasi fundamental adalah pada 973.615,0326 Hz atau 0.973 MHz mendekati 1 MHz.

Feedback dikembangkan dengan menggunakan “medan elektrostatis” melalui jaringan pembagi kapasitor. Frekuensi ditentukan oleh dua kapasitor terhubung seri. Transistor dihubungkan dengan konfigurasi voltage divider.

Tegangan basis diberikan oleh R1 dan R2 sedangkan untuk emiter diberikan oleh R4. Kolektor diberi R3 dan dihubungkan ke bagian positif dari VCC. Namun dengan adanya beban pada collector ini, gain output menjadi lebih kecil. Maka R3 dihilangkan untuk memperbesar gain.

Ketika daya DC diberikan pada rangkaian, arus mengalir dari bagian negatif VCC melalui R4 dan Q1. Arus IC yang mengalir melalui R3 menyebabkan penurunan tegangan VC dengan harga positif. Tegangan yang berubah ke arah negatif ini dikenakan ke bagian atas C1 melalui C3. Bagian bawah C2 bermuatan positif dan Rangkaian Osilator tertambahkan ke tegangan basis dan menaikkan harga IB. Transistor Q1 akan semakin berkonduksi sampai pada titik jenuh.

Saat Q1 sampai pada titik jenuh maka tidak ada lagi kenaikan IC dan perubahan VC juga akan terhenti. Tidak terdapat balikan ke bagian atas C2. C1 dan C2 akan dilucuti lewat L1 dan selanjutnya medan magnet di sekitarnya akan menghilang. Arus pengosongan tetap berlangsung untuk sesaat. Keping C2 bagian bawah menjadi bermuatan negatif dan keping C1 bagian atas bermuatan positif. Ini akan mengurangi tegangan maju Q1 dan IC akan menurun. Harga VC akan mulai naik. Kenaikan ini akan diumpungkan kembali ke bagian atas keping C1 melalui C3. C1 akan bermuatan lebih positif dan bagian bawah C2 menjadi lebih negatif. Proses ini terus berlanjut sampai Q1 sampai pada titik cutoff. Saat Q1 sampai pada titik cutoff, tidak ada arus IC. Tidak ada tegangan feedback ke C1. Gabungan muatan yang terkumpul pada C1 dan C2 dilucuti melalui L1. Arus pelucutan mengalir dari bagian bawah C2 ke bagian atas C1. Muatan negatif pada C2 secepatnya akan habis dan medan magnet di sekitar L1 akan menghilang. Arus yang mengalir masih terus berlanjut. Keping C2 bagian bawah menjadi bermuatan positif dan keping C1 bagian atas bermuatan negatif. Tegangan positif pada C2 menarik Q1 dari daerah daerah cutoff. Selanjutnya C1 akan mulai mengalir lagi dan proses dimulai lagi dari titik ini. Energi balikan ditambahkan ke rangkaian tangki sesaat pada setiap adanya perubahan.

Besarnya feedback pada rangkaian osilator Colpitts ditentukan oleh nilai kapasitansi C1 dan C2. nilai C1 pada rangkaian ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan C2 atau $C1 \ll C2$. Tegangan pada C1 lebih besar dibandingkan pada C2. Dengan membuat C2 lebih kecil akan diperoleh tegangan feedback yang lebih besar. Namun dengan menaikkan balikan terlalu tinggi akan mengakibatkan terjadinya distorsi. Biasanya sekitar 10-50% tegangan kolektor dikembalikan ke rangkaian tangki sebagai feedback.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perancangan osilator collpits metode resitansi negative dengan penambahan komponen menghasilkan frekuensi sebesar 0.973 MHz, dengan phase noise sebesar -215.8 dBc/Hz. Power fundamental sebesar 29.336 dBm dan Power harmoniknya -5.976 dBm.

Osilator collpits dengan metode resistansi negative dengan tambahan komponen induktor di kaki emitter dan kapasitor yang dirangkai seri dengan collpits menghasilkan output lebih baik

REFERENCES

- [1] Firmansyah, Teguh, "Perancangan dielectric resonator oscillator untuk mobile wimax pada frekuensi 2.3 GHz dengan penambahan coupling", Universitas Indonesia, Juni 2010.
- [2] Gonzales, Guillermo, "Foundations of Oscillator Circuit Design", Norwood, 2007.
- [3] Hang Tony, Cheng Sin. The Design of 2.4 GHz Bipolar Oscillator by Using the Method of Negative Resistance. The Chinese University of Hong Kong, September 2001.
- [4] D.M. Pozar, "Microwave engineering", 2nd Edition, 1998 John-Wiley & Sons.
- [5] J. Millman, C. C. Halkias, "Integrated electronics", 1972, McGraw-Hill.
- [6] R. Ludwig, P. Bretchko, "RF circuit design - theory and applications", 2000 Prentice-Hall.
- [7] B. Razavi, "RF microelectronics", 1998 Prentice-Hall, TK6560.
- [8] J. R. Smith, "Modern communication circuits", 1998 McGraw-Hill.
- [9] P. H. Young, "Electronics communication techniques", 5th edition, 2004 Prentice-Hall.
- [10] Gilmore R., Besser L., "Practical RF circuit design for modern wireless systems", Vol. 1 & 2, 2003, Artech House.
- [11] Ogata K., "Modern control engineering", 4th edition, 2005, Prentice-Hall.