

YÜKSEK FREKANSLI İNDÜKTÖRSÜZ WIEN KÖPRÜ-TABANLI KAOTİK OSİLATÖR DEVRESİNİN DENEYSEL GERÇEKLEŞTİRİMİ

Fatma YILDIRIM¹

Mustafa ALÇI²

¹Erciyes Üniversitesi, Sivil Havacılık Y.O., 38039, Kayseri

²Erciyes Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri

¹e-posta: fatmay@erciyes.edu.tr

²e-posta: malci@erciyes.edu.tr

Anahtar sözcükler: Wien Köprü Osilatörü, Yüksek Frekanslı Kotik Osilasyon, CFOA

ÖZET

Bu çalışmada, kaotik osilatör devrelerinden biri olan yüksek frekanslı Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresinin akım geri beslemeli işlemsel kuvvetlendirici (CFOA-Current Feedback Operational Amplifier) tabanlı indüktör simülatorü kullanılarak gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. CFOA-tabanlı indüktör simülatorüyle gerçekleştirilen devrenin, deneysel çalışmalar neticesinde yüksek frekanslarda çok iyi performans sergilediği görülmüştür.

1. GİRİŞ

Son yıllarda kaotik davranış sergileyen çeşitli elektronik devreler literatürde yer almaktadır [1-5]. Bu çalışmalar arasında Colpitts osilatörün kaotik davranışı ele alındıktan sonra klasik sinüzoidal osilatörlerin kaotik davranışlarının incelenmesine başlanılmıştır. Literatürde özellikle de Wien köprü tabanlı kaotik osilatörlerin tasarımı ve gerçekleştirimi ile ilgili çok sayıda çalışma yer almaktadır [6-11]. Bu çalışmada yüksek frekanslı Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresi incelenmiştir.

Bahsedilen Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresi, basit bir devre yapısına sahip olup, yüksek frekanslarda performans sergilemesi için CFOA ile gerçekleştirilmiştir. CFOA elemanı, kapalı döngü kazancından bağımsız olup, sabit band genişliğine (60MHz'e kadar) ve tipik olarak 2000V/μs civarında değişim hızına (slew rate) sahiptir.

Literatürde yer alan yüksek frekanslı Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresinde indüktör elemanı kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda fiziksel büyüklük problemlerine neden olması, parazitik etkiler oluşturması gibi olumsuzluklara sahip indüktör elemanının yerine literatürde indüktör simülatorleri kullanılmıştır [12-15].

Bu çalışmada, yüksek frekanslı Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresinin incelenmesi, CFOA-tabanlı indüktör simülatorüyle gerçekleştirimi ve devrenin frekans performansının iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır: 2. bölümde yüksek frekanslı Wien köprü-tabanlı kaotik osilatörün devre yapısı tanımlanmaktadır. 3. bölümde indüktörsüz Wien köprü tabanlı kaotik osilatör devresinin tasarımı ve devrenin yüksek frekans performansı, deneysel sonuçlarla verilmektedir. 4. bölümde, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. YÜKSEK FREKANSLI WIEN KÖPRÜ TABANLI KAOTİK OSİLATÖR

Diyot-indüktör yapısı kullanılan yüksek frekanslı kaotik Wien köprü osilatör devresi, Şekil 1' de gösterilmiştir [11]. Devrede, kazanç-band genişliği çarpımının sınırlı olmamasından ve yüksek frekans performansının çok iyi olmasından dolayı aktif yapı bloğu olarak AD844 tipi CFOA tercih edilmiştir. Bu tasarımda, paralel bağlı diyot-indüktör yapısı R_1 direncine seri bağlanarak kaotik osilasyona uygunlaştırılmıştır.

Diyot-indüktör yapısı kullanılan bu osilatör, aşağıda verilen durum denklemleri ile tanımlanmaktadır:

$$R_2 C_1 \frac{dV_{C1}}{dt} = \left(K - 1 - \frac{R_2}{R_1} \right) V_{C1} - V_{C2} + \frac{R_2}{R_1} V_{CD} \quad (1)$$

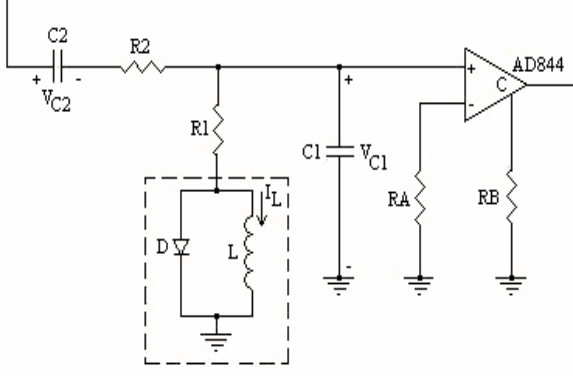
$$R_2 C_2 \frac{dV_{C2}}{dt} = (K - 1) V_{C1} - V_{C2} \quad (2)$$

$$R_1 C_D \frac{dV_{CD}}{dt} = V_{C1} - V_{CD} - R_1 (I_L + I_D) \quad (3)$$

$$L \frac{dI_L}{dt} = V_{CD} \quad (4)$$

burada I_D , diyot akımıdır ve bu akımın matematiksel ifadesi Denklem (5)' de verilmiştir:

$$I_D = \frac{1}{R_D} \begin{cases} V_{CD} - V_D & V_{CD} \geq V_D \\ 0 & V_{CD} < V_D \end{cases} \quad (5)$$



Şekil 1. Yüksek frekanslı Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresi.

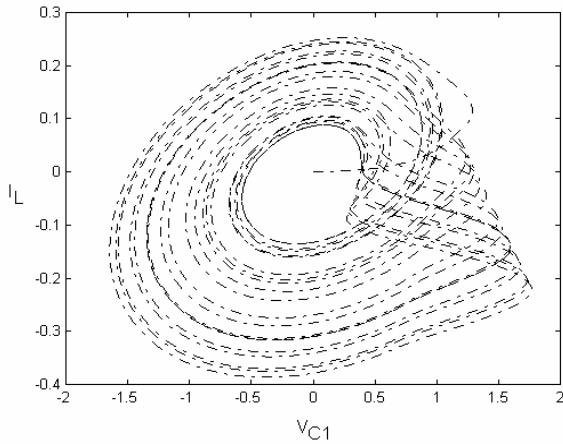
Şekil 1' deki devrenin nümerik çözümünün gerçekleştirilebilmesi için durum denklemleri aşağıdaki boyutsuz forma dönüştürülmüştür.

$$\begin{aligned}
 \dot{X} &= (K - 2)X - Y + W \\
 \dot{Y} &= (K - 1)X - Y \\
 \dot{Z} &= \beta W \\
 \varepsilon \dot{W} &= X - Z - (1 + a)W + a \\
 a &= \begin{cases} a = \alpha, & W \geq 1 \\ a = 0, & W < 1 \end{cases}
 \end{aligned} \quad (6)$$

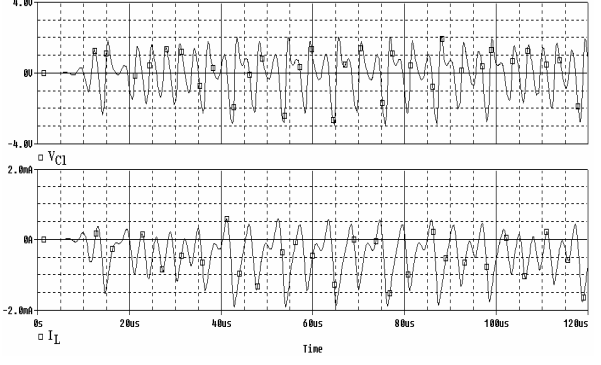
burada α , ε , β ve K birer sabittir.

$\alpha=15$, $\beta=0.21$, $\varepsilon=0.004$ ve $K=2.15$ alınarak Denklem (6)'nın çözülmesiyle V_{C1} - I_L düzleminde elde edilen grafik, Şekil 2' de gösterilmektedir.

Şekil 1' deki devrenin PSpice benzetimi, $C_1=C_3=330$ pF, $R_1=R_2=500 \Omega$, $L=1$ mH, $R_3=1$ k Ω , $R_4=2070 \Omega$ alınarak, $\pm 9V$ ile kutuplanan AD844 tipi CFOA ve 1N914 diyodu kullanılarak yapılmıştır [16]. Bilgisayar benzetimlerinden elde edilen $V_{C1}(t)$, $I_L(t)$ kaotik davranışları Şekil 3' de, $(V_{C1}$ - $I_L)$ düzlemindeki kaotik çeker, Şekil 4(a)' da ve $V_{C1}(t)$ 'nin frekans



Şekil 2. Yüksek frekanslı Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresinin nümerik çözümü.

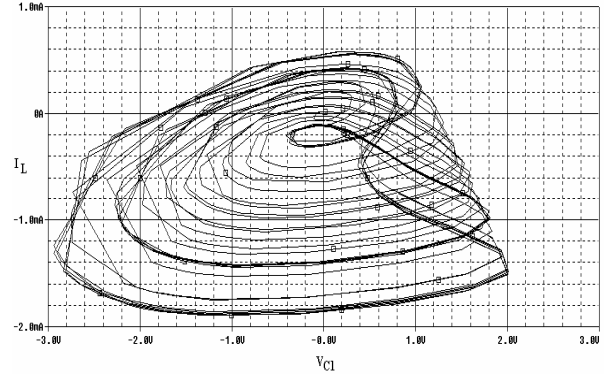


Şekil 3. Yüksek frekanslı Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresinin, kaotik $V_{C1}(t)$, $I_L(t)$ devre dinamikleri.

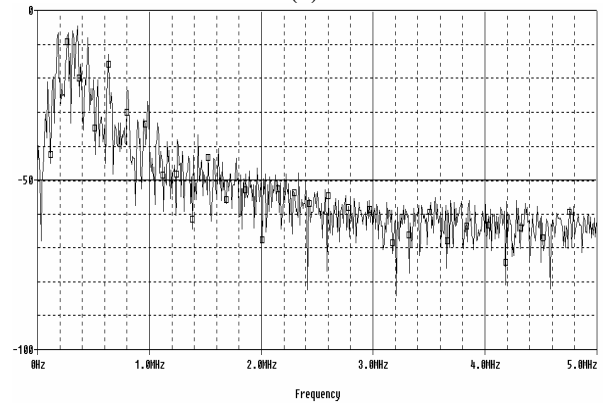
spektrumu ise Şekil 4(b)'de verilmiştir. Şekil 4(b)'de gösterildiği gibi devrenin kaotik spektrumunun temel frekansı 360 kHz civarındadır.

3. İNDÜKTÖRSÜZ WIEN KÖPRÜ-TABANLI KAOTİK OSİLATÖR TASARIMI

İndüktör elemanı, hacimlerinin büyük olmasından dolayı tümdevre içerisinde gerçekleştirmeleri zor



(a)



(b)

Şekil 4. Yüksek frekanslı Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresinin, (a) $(V_{C1}$ - $I_L)$ düzlemindeki çeker yapısı, (b) $V_{C1}(t)$ 'nin kaotik frekans spektrumu.

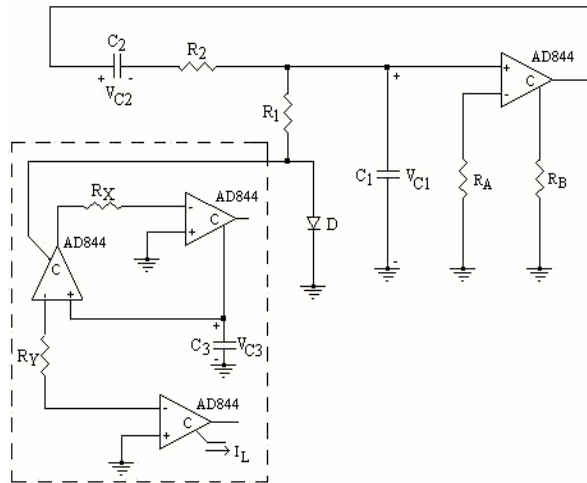
olduğu için ve devre üzerinde parazitik etkiler oluşturmalarından dolayı uygulamalı çalışmalarda tercih edilmemektedir. Bu bölümde devrenin yüksek frekanstaki çalışmasını etkilemeksizin indüktörsüz olarak gerçekleştirimi deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla devre, CFOA-tabanlı indüktör simülatörü ile gerçekleştirilmiştir [17]. Sunulan indüktörsüz Wien köprü-tabanlı kaotik devre, Şekil 5' de gösterilmiştir. İndüktör simülatörünün eşdeğer indüktansını bulmak için Denklem (7) kullanılmıştır.

$$L_{eq}=R_X R_Y C_3 \quad (7)$$

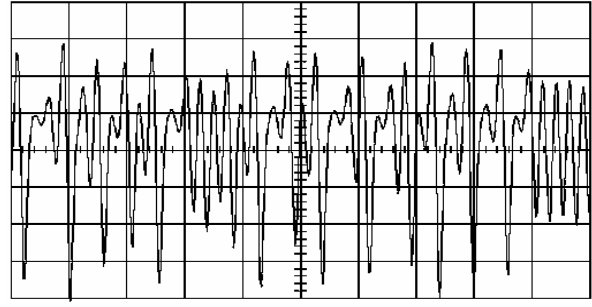
Deneysel çalışmada, zaman ve frekans domenindeki deneysel ölçümleri kaydetmek için bilgisayar ara bağlaşımlı GOODWILL-GDS 840C dijital hafızalı osiloskop ve SPERRY-RF Field Analyzer 3200 cihazı kullanılmıştır.

Deneysel çalışmada $L=1$ mH' yi elde etmek için CFOA-tabanlı indüktör simülatörünün parametreleri, Denklem (7)' ye göre $R_X=R_Y=1$ k Ω , $C_3=1$ nF olarak belirlenmiştir. Devrenin diğer parametre değerleri aşağıdaki gibi sabit alınmıştır: $C_1=C_2=330$ pF, $R_1=400$ Ω , $R_2=100$ Ω , $R_A=1$ k Ω , $R_B=5$ k Ω pot. Devrede 1N4148 diyodu ve dört adet ± 9 V kutuplamalı AD844 tipi CFOA kullanılmıştır. Deneysel çalışmada R_B pot. değeri değiştirilerek farklı periyodik ve kaotik davranışlar gözlemlenmiştir. Periyot-1 ve Periyot-2, sırasıyla $R_B=2450$ Ω ve $R_B=2525$ Ω değerlerinde gözlemlenirken kaotik davranışlar, $R_B=2600$ Ω değerinde gözlemlenmiştir.

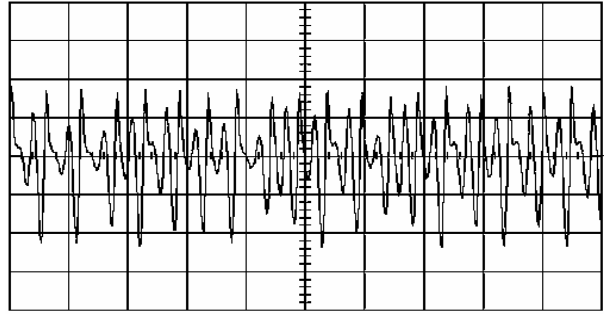
Devre dinamikleri, Şekil 6(a) ve (b)' de gösterilirken, (V_{C1} - I_L) düzlemindeki çeker yapısı Şekil 7(a)' da, $V_{C1}(t)$ ' nin kaotik frekans spektrumu ise Şekil 7(b)' de verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi kaotik spektrumun temel frekans bileşeninin yaklaşık 450 kHz civarındadır.



Şekil 5. İndüktörsüz Wien köprü osilatör devresi.



(a)



(b)

Şekil 6. İndüktörsüz Wien köprü osilatör devresinin devre dinamikleri, (a) I_L (1 k Ω ' luk direnç ile) (50 mV/div), (b) V_{C1} (500 mV/div), time/div: 10 μ s/div.

4. SONUÇ

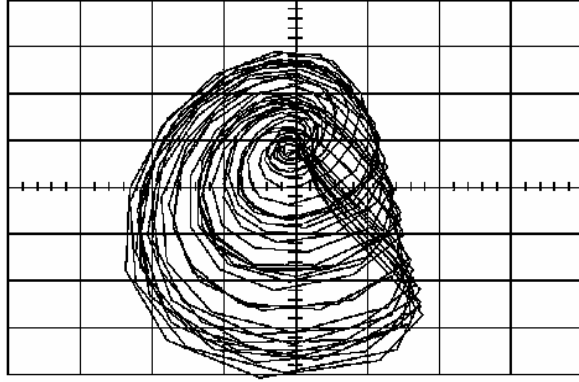
Bu çalışmada indüktörsüz Wien köprü-tabanlı kaotik osilatör devresinin yüksek frekans performansı sunulmuştur. CFOA-tabanlı indüktör simülatörü kullanılarak sunulan bu çalışmanın, yüksek frekanslı kaotik devre uygulamalarında kullanılabilecek alternatif bir yapı oluşturduğu görülmüştür.

5. TEŞEKKÜR

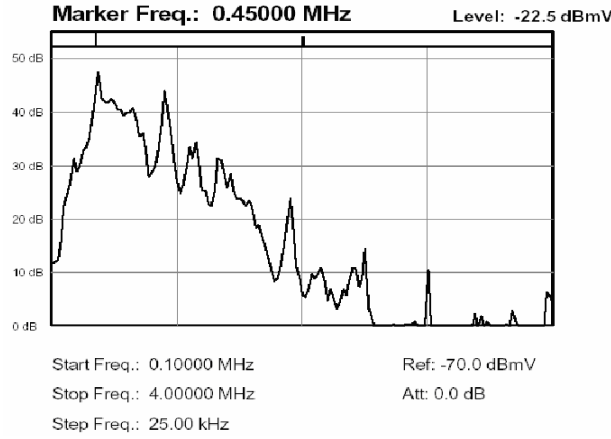
Bu çalışmayı, FBT-04-39 proje kodu altında destekleyen, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- [1] Abuel'matti M.T. and Aiyad M.K., Chaos in An Autonomous Active-R Circuit, IEEE Trans. Circuits&Syst-I, 42, pp. 1-5, 1995.
- [2] Elwakil A.S. and Kennedy M.P., Construction of Classes of Circuit-Independent Chaotic Oscillators Using Passive-Only Nonlinear Devices, IEEE Trans. Circuits&Syst-I, 48, pp. 289-306, 2001.
- [3] Kılıç R., Alçı M. and Tokmakçı M., Mixed-Mode Chaotic Circuit, Electronic Lett., 36, pp. 103-104, 2000.
- [4] Kennedy, M.P., Chaos in the Colpitts Oscillator, IEEE Trans. Circuits Systems-I, 41, 771-774, 1994.



(a)



(b)

Şekil 7. İndüktörsüz Wien köprü osilatör devresinin (a) (V_{C1-L}) düzlemindeki çeker yapısı, x-ekseni: 500 mV, y-ekseni: 50 mV, (b) $V_{C1}(t)$ 'nin kaotik frekans spektrumu.

- [5] Kennedy, M.P., On the Relationship between the Chaotic Colpitts Oscillator and Chua's Oscillator, IEEE Trans. Circuits and Systems-I, 42, (6), 376-379, 1995.
- [6] Elwakil, A.S. and Soliman A.M., A Family of Wien Type Oscillators Modified for Chaos, Int. J. Circuit Theory Appl., 25, pp. 561-579, 1997.
- [7] Elwakil, A.S. and Soliman A.M., Current Mode Chaos Generator, Electronics Letters, 33, pp. 1661-1662, 1997.
- [8] Morgül, Ö., Wien Bridge-Based RC Chaos Generator, Electronics Letters, 31, pp. 2058-2059, 1995.
- [9] Morgül, Ö., An RC Realization of Chua's Circuit Family, IEEE Trans. Circuits and Syst-I, 47, (9), pp. 1424-1430, 2000.
- [10] Namajunas, A. and Tamasevicius, A., Modified Wien Bridge Oscillator for Chaos, Electronics Letters, 31, pp. 335-336, 1995.
- [11] Elwakil, A.S. and Kennedy, M.P., High Frequency Wien Type Chaotic Oscillator, Electronics Letters, 34, pp. 1161-1162, 1998.
- [12] Elwakil, A. S. and Kennedy, M. P., Inductorless Hyperchaos Generator, Microelectronics Journal, 30, pp. 739-743, 1999.

- [13] Senani, R. and Gupta, S.S., Implementation of Chua's Chaotic Circuit Using Current Feedback Op-Amps, Electronic Lett., 34, pp. 829-830, 1998.
- [14] Cruz, J. M. and Chua, L. O., A CMOS IC Chip of Chua's Circuit, IEEE Trans. Circuits&Syst-I, CAS-40, pp. 614-625, 1993.
- [15] Senani, R., Realisation of A Class Analog Signal Processing / Signal Generation Circuits: Novel Configurations Using Current Feedback Op-amps, Frequenz, 52, pp. 196-206, 1998.
- [16] Elwakil, A.S. and Kennedy, M.P., A Semi-Systematic Procedure for Producing Chaos from Sinusoidal Oscillators Using Diode-Inductor and FET-Capacitor Composites, IEEE Trans. Circuits and Systems-I, 47, pp. 582-590, 2000.
- [17] Senani, R. and Gupta, S.S., Implementation of Chua's Chaotic Circuit Using Current Feedback Op-Amps, Electronic Lett., 34, (9), pp. 829-830, 1998.