

Akım Taşıyıcı Tabanlı Distorsiyonmetre Gerçeklenmesi

Çağrı Temizyürek, Sadri Özcan, Hakan Kuntman, Indrit Myderrizi
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
Maslak, İstanbul

cagri@ygm.itu.edu.tr, sozcan@ehb.itu.edu.tr, kuntman@ehb.itu.edu.tr, myderrizi@itu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, akım taşıyıcı tabanlı distorsiyonmetre önerilmiştir. Akım taşıyıcılar akım modlu çalıştıkları için, gerilim modlu devrelere göre daha büyük band genişliği, daha yüksek dinamik değer, daha iyi lineerlik, daha basit devre düzeni ve daha düşük güç tüketimi gibi özellikleri ile dikkat çekmektedirler. Önerilen distorsiyonmetrenin en önemli önyararları şu şekilde özetlenir: yüksek frekanslarda çalışabilme, distorsiyon ölçümünde yüksek seçicilik, distorsiyonmetre devresinin oldukça lineer olması ve devre tasarımında basitlik. Bu önyararları(üstünlükleri) doğrulamak için ayrıntılı teorik bir analizin yanısıra, önerilen distorsiyonmetre ile simülasyonlar da gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar başka bir distorsiyonmetreninki (HP331A) ile karşılaştırılmıştır.

1. Giriş

Distorsiyon, teknolojinin hızlı gelişimiyle birlikte haberleşme sistemlerinde ve analog tasarımlarda başlıca sorunlardan biri olmuştur. Elektronik devrelerde tam lineer karakteristiğe sahip elemanlar bulmak çok zordur. Elektronik devreye bir işaret uygulandığında, devrenin çıkışında istenmeyen işaretler görülür. Devrenin lineer olmamasından kaynaklanan farklı distorsiyon nedenleri mevcuttur. Bazıları; giriş katının lineer olmaması, lineer olmayan devreler arasındaki elektrostatik kuplaj, uyumsuz çıkış katları, lineer olmayan grup gecikmesi olarak sıralanabilir [1-5].

2. Teorik Altyapı

Distorsiyon, bir işaretin dalga formunu veya o işaretin diğer frekans bileşenleri ile olan ilişkisini değiştiren herhangi bir değişimdir. Lineer olmayan distorsiyon, giriş-çıkış karakteristiği lineer olmayan bir sisteme uygulandığında oluşur.

Devre elemanlarının lineer olmayan davranışı çıkış dalga formunda temel işaretin harmoniklerini doğurur, ve oluşan distorsiyon da harmonik distorsiyon olarak adlandırılır. Herhangi bir harmonik distorsiyonun ölçümü o harmoniğin temel frekans harmoniğine oranlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre, harmonik distorsiyon aşağıdaki gibi gösterilir [6]:

$$D_2 = \frac{B_2}{B_1}, D_3 = \frac{B_3}{B_1}, D_4 = \frac{B_4}{B_1}, \dots, D_n = \frac{B_n}{B_1} \quad (1)$$

(1) bağıntılarında, D_n n. dereceden harmonik distorsiyonu, B_n n. harmoniğin genliğini (B_1 temel işaretin genliğidir) göstermektedir. Yüksek dereceli harmoniklerin hepsi birden istenmeyen distorsiyon işaretini oluşturur [7]. Bu istenmeyen distorsiyon, çıkış işaretinin saf bir sinüs işaretine benzerliğinin ölçüsünü veren Toplam Harmonik Distorsiyon (THD) ile ölçülür.

THD'nin matematiksel ifadesi tüm harmoniklerin rms değerinin temel işaretin rms değerine oranı olarak tanımlanır [8].

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots}}{V_1} \quad (2)$$

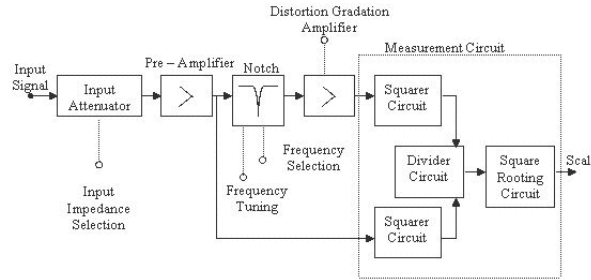
Bu ifadede, V_1 birinci harmoniğin, V_2 ikinci harmoniğin, V_3 de üçüncü harmoniğin rms değeridir.

Birçok farklı distorsiyon ölçme teknikleri vardır, ama bu çalışmada lineer olmamadan kaynaklanan distorsiyonun ölçümünde dünyada en yaygın kullanılan teknik olan harmonik distorsiyon ölçüm tekniği ele alınmıştır. Bu teknikte, test edilecek devreye basitliğinden dolayı saf bir sinüs işareti gönderilir ve THD (2) eşitliğinde tanımlanan bağıntıya uygun şekilde ölçülür.

Herbir distorsiyonu ölçmek yerine THD'yi ölçmek istendiğinde temel işareti bastırma yöntemi kullanılır. Giriş işareti, tüm yüksek dereceli harmonikleri geçiren fakat temel işaret bileşenini bastıran bir sisteme uygulanır [6].

3. Önerilen Devre

Bu çalışmada amaçlanan THD'yi ölçmek olduğu için, temel işareti bastırma yöntemine benzer bir yöntem kullanılmıştır. Gerçekleştirilen devrenin blok diyagramı Şekil 1'de görülmektedir. Devre beş temel kısımdan oluşur: Giriş zayıflatıcısı, ön kuvvetlendirici, çentik filtre, distorsiyon kademe ayarı kuvvetlendiricisi ve ölçme devresi.



Şekil 1. Gerçekleştirilen devrenin blok diyagramı

Giriş zayıflatıcısı devresi gerilim bölücü devresinden ibarettir ve ön kuvvetlendiricinin girişine uygulanmıştır. Ön kuvvetlendiricinin giriş empedansı işareti ölçülecek devreyi yüklememesi için yeterince büyük olmalıdır. Bunun yanında, kuvvetlendiricinin kendisinden gelen distorsiyonu çok az olmalıdır. Çentik filtre temel frekansı bastırır ve diğer tüm harmonikleri geçirir, bu yüzden bastırma frekansındaki karakteristiği çok dik olmalıdır. Distorsiyon kademe ayarı kuvvetlendiricisi okunabilir bir çıkış alınabilmesi için harmonikleri farklı kazanç değerleri ile kuvvetlendirir. Ölçme devresi; kare alma devresi, bölme devresi ve karekök alma devresinden oluşmuştur ve böylelikle (2) eşitliğindeki tanıma göre ölçme yapılmaktadır.

3.1 Giriş Zayıflatıcısı

Zayıflatıcının yedi kademesi vardır: Girişin en büyük değeri 16V olduğundan zayıflatıcının çıkışları sırasıyla 16V, 8V, 4V, 2V, 1V, 0.5V ve 0.2V olur. Ön kuvvetlendirici 800mV'a kadar lineer olarak çalışmaktadır, ama kare alma devresi doyma bölgesindeki sınırlamadan dolayı 2V'a kadar kare alacak şekilde tasarlandığı için, giriş zayıflatıcısının maksimum değeri 200mV olacaktır. 200mV'tan büyük giriş değerleri için, zayıflatıcının minimum çıkışı 100mV'tur. 200mV'tan küçük olan giriş işaretleri için zayıflatıcıya gerek yoktur. Zayıflatıcının toplam empedansı büyük oranda distorsiyonmetrenin de giriş empedansını oluşturan 800kΩ'dur.

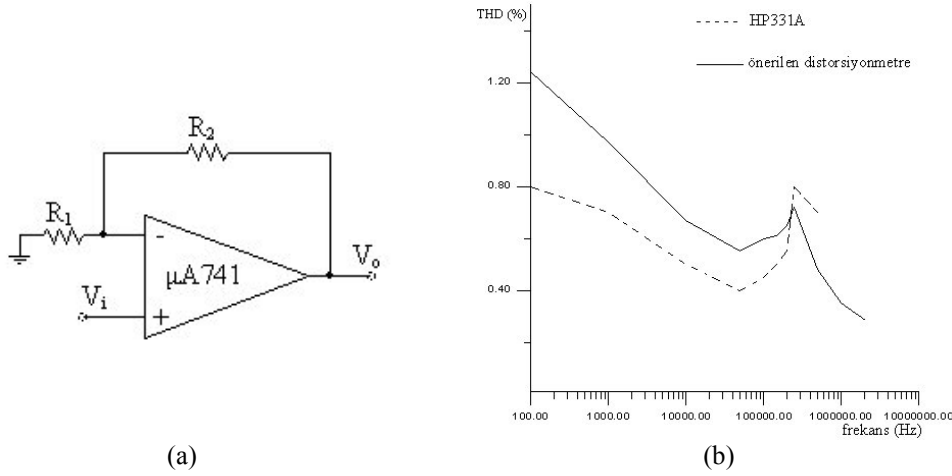
3.2 Ön Kuvvetlendirici

Ön kuvvetlendirici ikinci kuşak pozitif bir akım taşıyıcıdan (CCII+) ve iki dirençten oluşmuştur. CCII+'nın en önemli üstünlükleri geniş bantlı ve oldukça lineer olmasıdır. Ön kuvvetlendiricinin çok düşük distorsiyonu olması istendiğinden, bu şart CCII+'nın lineer bölgesinde sağlanır. R_1 ve R_2 için direnç değerleri sırasıyla 9kΩ ve 1kΩ'dur. Kuvvetlendiricinin kazancı 10'dur ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$K_v = 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad (3)$$

Kuvvetlendirme işlemi 5mV ve 200mV arasında doğru bir şekilde yapılır, böylece ön kuvvetlendiricinin minimum ve maximum değerleri sırasıyla 50mV ve 2V olur.

Yapılan DC analizi, ön kuvvetlendiricinin $\pm 8.4V$ 'ta doyduğunu ve 800mV'a kadar lineer olarak çalıştığını göstermiştir. Yapılan AC analizi sonucunda ise kuvvetlendiricinin band genişliği 3.2MHz olduğu görülmüştür ki bu değer klasik devrelerle (opamp) kurulan benzeri devrelere kıyasla oldukça yüksektir. Kuvvetlendiricinin THD'si, 0.1V genlikli 1kHz frekansında saf bir sinüs işaretinin girişe uygulanmasıyla bulunur. PSpice tarafından



Şekil 3. Opamp test devresi (a), Bu devre için THD değişimi (b)

5. Sonuç

Bu çalışmada akım taşıyıcılarla gerçekleştirilen bir distorsiyonmetre sunulmuştur. Şimdiye kadar yayınlanan çalışmalar belli bir band genişliğine sahip klasik opamp'lı devrelerden oluşmaktadır.

Önerilen distorsiyonmetrenin başlıca üstünlükleri şu şekilde özetlenebilir: Yüksek frekanslarda çalışabilme (2 MHz'e kadar), distorsiyon ölçümünde yüksek seçicilik (ölçülecek en düşük distorsiyon seviyesi %0.01), distorsiyonmetre devresinin oldukça lineer olması (ölçülen distorsiyona eklenen distorsiyon çok azdır), devre tasarımında basitlik (bu özellik distorsiyonmetreyi enstrümantasyon elektronikğinde tümleştirmeye uygun kıldığından çekici kılar). Önerilen distorsiyonmetre akım taşıyıcılardan oluştuğu için, endüstriyel uygulamalarda düşük maliyet beklenir.

6. Kaynaklar

- [1] Roberts, G. W. ve Sedra, A., All current mode frequency selective circuits, *Electron. Lett.*, vol. 25, sf.759-761, 1989.
- [2] Hofer, B., The fine art of audio power amplifier design presented at the Portland chapter of the AES, 1980.
- [3] Richard, A., Greiner, Amplifier loudspeaker interfacing, *AES Preprint*, sf.1462, 1979.
- [4] Stanley, G., McLaughlin, D., Transient intermodulation distortion and measurement, *AES Pre Print*, sf. 1308, 1977.
- [5] Edwards, D. F. A., *Electronic measurement techniques*, London Butterworths, sf.315, 1971.
- [6] Cooper, W. D., *Electronic instrumentation and measurement techniques*, Prentice-Hall, sf.337, 1970.
- [7] Wambacq, P., Sansen, W., 1998. *Distortion analysis of analog integrated circuits*, Kluwer Academic, sf.14.
- [8] Malvino, A. P., *Electronic instrumentation fundamentals*, McGraw-Hill, sf.346, 1967.
- [9] Kozluca, İ., *Toplam Harmonik Distorsiyon Ölçme Devresi Gerçekleşmesi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1982.
- [10] Soliman, A. M., New all-pass and notch filters using current conveyors, *Frequenz*, 53, 3-4, sf. 84-86, 1999.
- [11] Çiçekoğlu, O., Kuntman, H. Tarakçı, T., "Effective value measurement device implemented with current conveyors", *ELMEKSEM' 97, Bursa IV. Elektromekanik Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 100-103, 17-21 Aralık, Bursa, Türkiye, 1997.