



ISSN:1306-3111  
e-Journal of New World Sciences Academy  
2008, Volume: 3, Number: 2  
Article Number: A0075

**NATURAL AND APPLIED SCIENCES**  
**ELECTRIC AND ELECTRONIC ENGINEERING**

Received: September 2007

Accepted: March 2008

© 2008 www.newwsa.com

**Gökhan Gökmen**  
**Koray Tunçalp**  
**Tahir Çetin Akıncı**  
University of Marmara  
gokhang@marmara.edu.tr  
Istanbul-Turkiye

---

---

**HALL ETKİLİ AKIM TRANSFORMATÖRÜNÜN  
SPEKTRAL VE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ**

**ÖZET**

Hall etkisi 130 yılı aşkın süredir bilinmesine rağmen uygulamada son 45 yılda önemli bir kullanım alanına sahip olmuşlardır. Hem AC hem de DC akım ölçme yeteneğine sahip olması, manyetik akıyı gerilime çevirebilmesi nedeniyle birçok uygulama alanlarına sahip olmuştur. Bu alanlardan en önemlileri akım ve güç algılama, manyetik alan algılama ve mesafe ölçümüdür. Bu çalışmada Hall etkili akım transformatörün AC geriliminin istatistiksel ve güç spektrumu incelenmiştir. Hesaplanan istatistiksel parametrelere göre değişimin bir Gaussian olmayan dağılım gösterdiği 0-1 kHz arasında tüm frekansları içerdiği görülmektedir. Spektrum değişimi 0,1 Hz civarında incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hall Etkili Transformatör,  
İstatistiksel Analiz.

**SPECTRAL AND STATISTICAL ANALYZING OF HALL  
EFFECT CURRENT TRANSFORMERS**

**ABSTRACT**

Although the Hall Effect has been known for over one hundred thirty years, it has only been put to noticeable use in the last four and half decades. It has ability both AC and DC current measurement, converting magnetic flux to voltage so that it has many application fields. The Most importing fields of them are current and power sensing, magnetic field sensing and distance measurement. In this study, statistical and power spectrum of AC voltage of the Hall Effect current transformer were analyzed. According to calculated statistical parameters, it is seen that variation is Non-Gaussian distribution and includes all frequencies in 0-1 kHz range. Spectrum variation was analyzed about 0,1 Hz.

**Keywords:** Hall Effect Transformers, Statistical Analysis

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Hall etkili sensörlerin en yaygın uygulama alanlarından biri de akım algılamasıdır. Bu algılama işlemi sayısal olabileceği gibi uygulama alanına bağlı olarak analog da olabilir. Akım algılaması analog olarak yapılacaksa doğrusal Hall etkili sensörler tercih edilir. Akım sensörü ferit veya çelik nüve kullanılarak yapılır. Yalıtımı sağlamak amacı ile nüvenin etrafı plastik bir tabaka ile kaplanır. Nüve içerisine yerleştirilen iletken akım geçtiği zaman etrafında oluşan manyetik alan nüve tarafından yakalanır ve Hall sensör içerisinde bir akı halkalanır. Algılanan akımın doğrusal cevabı motor denetim geri besleme devreleri için oldukça uygundur [1].

Akım algılama sistemlerinde doğrusal Hall sensörleri tercih edilmektedir. Geniş ölçüde pozitif ve negatif manyetik alana cevap verebilecek şekilde üretilirler. Ayrıca nem, aydınlık, kir, yağ tabakası ve titreşim gibi çevresel etkilere karşı yalıtılmışlardır. Bir ferromanyetik malzemenin veya sabit mıknatısın alan kuvveti içerisindeki değişimi, hareketi, konumu algılayabilirler. Harcadıkları enerji düşük, çıkışları doğrusal ve sıcaklık kararlılıkları yüksektir. Geniş çalışma frekansı aralığına sahiptirler. Frekans cevabı 25 kHz'e kadar uzanır. Boyutları ve maliyetleri oldukça küçük olup hem analog hem de dijital devrelerde kullanılabilirler [2].

Ferit toroid nüveler, geniş frekans aralığında yüksek elektrikli dirence ve düşük girdap (eddy) akım kayıplarına sahip olması, yüksek geçirgenlik ve zaman/sıcaklık kararlılığının olması, maliyetinin düşük, hacimlerinin küçük ve 10 kHz'den 50 MHz'e kadar uzanan geniş bir çalışma frekans aralığına sahip olmaları sebebi ile doğrusal Hall sensörlü akım ölçümü için uygundur [3].

Yapılan analiz çalışmalarında Fourier ve istatistik dönüşümlerinden de sıklıkla yararlanılmaktadır. Fourier analizi herhangi bir sürekli işaretin sinüs ve kosinüs bileşenlerine ayrılması temeline dayanmaktadır. Fourier dönüşümü sonucu hesaplanan frekans bilgisi belirli bir zaman süresi boyunca ortalama değere eşittir. Eğer bir işaretle çok kısa süreyle geçici bileşenler oluşursa, Fourier dönüşümü sonucunda bu işaretin yeri kaybolur. Kısa pencere Fourier dönüşümünün kullanılmasıyla belirli frekanstaki geçici olayların olduğu an belirli bir hata ile bulunabilir. Fakat bu durum çoklu çözünürlüğe uygun olmayıp, diğer frekans bileşenleri bu yöntemde görülemez. Güç Spektrumu ise bir zaman serisinin frekans ile dağılımını göstermektedir. Bu bağlamda bir zaman serisinin güç Spektrumu Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) ile hesaplanabilir. Güç Spektrumu frekans domeninde bir fonksiyondur ve sinyal üzerindeki uzun dönemli osilasyonları tanımlamak için elverişlidir [4].

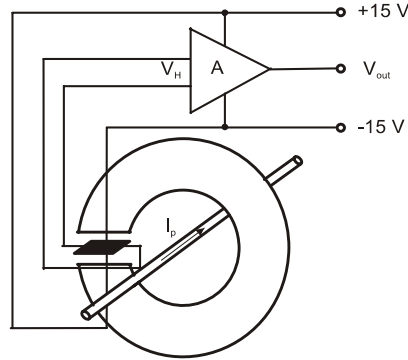
## 2. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışma; Hall etkili akım transformatörlerinin istatistiksel olarak incelenmesi açısından yapılan ilk uygulamalardan biridir. Hall etkili transformatörler AC ve DC akım ölçme yeteneğine sahiptir. Bu transformatörler manyetik akıyı gerilime çevirirler. Bu nedenle birçok uygulama alanlarına sahiptir. Akım, güç, mesafe ve manyetik alan algılama ölçümü gibi uygulama alanları olan Hall etkili transformatörlerin istatistiksel olarak ve spektrum analizi yapılarak incelenmesi sayısal işaret işleme ve istatistik analizi açısından büyük önem teşkil etmektedir.

## 3. HALL ETKİLİ AKIM ÖLÇÜMÜ (HALL EFFECT CURRENT MEASUREMENT)

Açık çevrimli akım transformatörleri, DC, AC ve karmaşık dalga şekilli akımları ölçebilirler. Güç tüketimleri, boyutları ve

ağırlıkları küçüktür. Kayıpları az olup aşırı akımlar zarar oluşturmazlar. Çok iyi bir yalıtım sağlarlar. Üzerinde hava aralığı oluşturulan bir nüveye Hall sensörün yerleştirilmesi ile elde edilir. Primer sargısı 1 sipir (akım taşıyan iletkenin doğrudan nüvenin içerisinden geçmesi durumu) olabileceği gibi çoklu sarım yapılarak ta kullanılabilir. Toroid içerisinde primer akımının oluşturduğu manyetik akı, Hall etkisi sebebi ile sensör uçlarında bu akı yoğunluğuyla orantılı bir gerilim oluşturulur. Bu gerilimin yükseltilip ölçülmesi ile primer akımının ölçümü sağlanır [4].

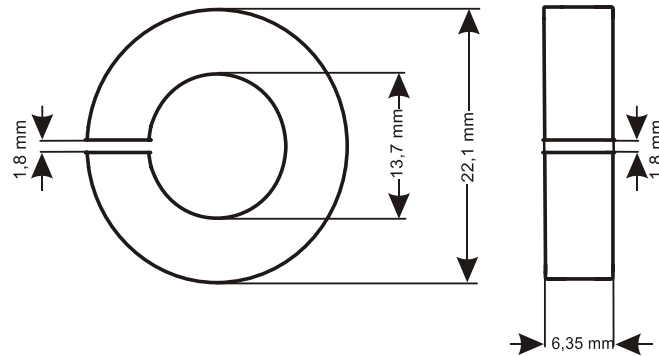


Şekil 1. Hall etkili sensörle akım ölçümünün prensip bağlantı şeması

(Figure 1. Principles connection scheme of hall effect current measurement)

Bu çalışmada, Allegro firmasının A 3515 doğrusal Hall sensörleri tercih edilmiştir. Bu sensörün duyarlılığı  $5 \times 10^4$  mV/T (5 mV/G) olup çalışma gerilim aralığı 4,5 V ile 5,5 V arasında, nominal çalışma gerilimi 5 V'dur. Manyetik akı yoğunluğu çalışma aralığı  $\pm 40$  mT ile  $\pm 80$  mT ( $\pm 400$  G ile  $\pm 800$  G) olup,  $-40$  °C ile  $+150$  °C sıcaklık aralığında çalışabilir [6].

Hall sensörün yerleştirileceği nüvenin seçilmesinde iki önemli ölçüt vardır. Bunlar sırası ile malzemenin geçirgenliği ve nüvenin uzunluğudur. Nüveye oluşturulacak hava aralığının büyüklüğü de hem etkin geçirgenliğin belirlenmesinde hem de hava aralığından geçen akının homojenliğinin bozulmamasında önemli bir etkindir. Hava aralığında oluşacak maksimum manyetik akı yoğunluğunun, sensörün algılayabileceği maksimum akı yoğunluğundan daha büyük olmamasına dikkat edilmelidir. [2]. Uygulama için Magnetics firmasının OF-42206-TC Ferit nüvesi tercih edilmiştir.



Şekil 2. Toroid ferit nüvenin fiziksel parametreleri  
(Figure 2. Physical parameters of toroid ferrite core)

Toroid nüve de primer akımının oluşturduğu manyetik akı yoğunluğu;

$$B = \frac{4 \times \pi \times 10^{-7} \times \mu_i \times N_p \times I_p}{l_m + l_g \times \mu_i} \quad (1)$$

İfadesi ile hesaplanır. Bu eşitlikte  $B$  manyetik akı yoğunluğunu (T),  $\mu_i$  nüvenin üretici firma tarafından belirlenen başlangıç geçirgenliğini,  $N_p \times I_p$  nüveye uygulanan MMK değerini,  $l_m$  nüvenin ortalama uzunluğunu,  $l_g$  hava aralığının uzunluğunu göstermektedir.

Nüvenin etkin geçirgenliği ise;

$$\mu_e = \frac{B \times l_m}{N_p \times I_p} \quad (2)$$

$$\mu_e = 3,738 \times 10^{-5} \text{ H/m}$$

olarak hesaplanacaktır [7], [8].

MMK değeri 30 As olarak seçilirse,  $l_m = 54,2$  mm ve  $\mu_i = 3000$  değerleri için, manyetik akı yoğunluğu 0,0207 T olarak hesaplanacaktır.  $S$  sensörün hassasiyetini göstermek üzere sensörün çıkış gerilimi  $V_H$ ,

$$V_H = B \times S \quad (3)$$

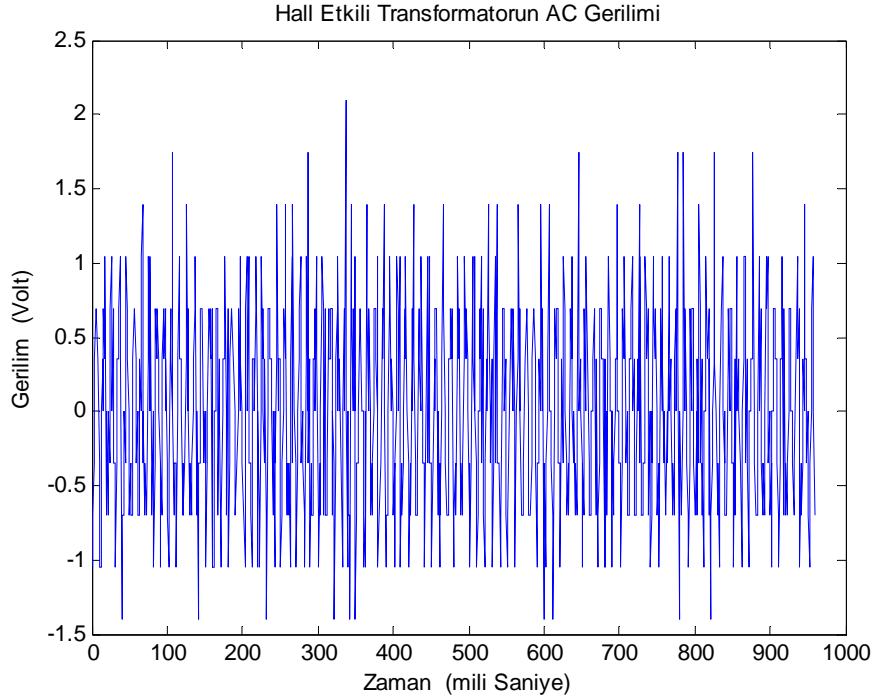
İfadesi ile hesaplanmaktadır. Yukarıda belirtilen akı yoğunluğu değerinde, hassasiyeti  $5 \times 10^4$  mV/T (5 mV/G) olan, A 3515 Hall sensörün çıkış gerilimi, 1,035 V olmaktadır [9].

Tablo 1. Hall etkili akım transformatörün parametreleri  
(Table 1. Parameters of hall effect current transformer)

Parametre	Sembol	Değer
Hall Sensör Hassasiyeti	H	$5 \times 10^4$ mV/T
Nüvenin Ortalama Uzunluğu	$l_m$	52,4mm
Hava Aralığı	$l_g$	1,8mm
Başlangıç Geçirgenliği	$\mu_i$	3000
Etkin Geçirgenlik	$\mu_e$	$3,738 \times 10^{-5}$ H/m
Primer Spir Sayısı	$N_p$	10

#### 4. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu çalışmada; Hall etkili transformatördeki AC sinyaline ilişkin değişimler incelenmiş olup buna ilişkin istatistiksel analiz ve frekans spektrumu analizi gerçekleştirilmiştir. Simülasyon örnekleme hızı 0,001 sn, Primer Akımı 2 A'dir. Şekil 3'de bu çalışmada incelenen Hall etkili transformatörün gerilim grafiği gösterilmektedir.



Şekil 3. Hall etkili transformatörün AC gerilim-zaman grafiği  
(Figure 3. AC Voltage vs. time chart of hall effect transformer)

#### 4. İSTATİSTİKSEL ÖZELLİKLERİN ELDE EDİLMESİ (OBTAINING STATISTICAL SPECIFICATION)

İstatistiksel analiz açısından söz konusu sinyalinin, sırasıyla ortalama değer ( $\mu$ ); standart sapma ( $\sigma$ ); çarpıklık ( $c$ ); basıklık ( $k$ ) katsayıları hesaplanmış olup, bu gürültü sinyalinin her bir  $x_i$  elemanı ve toplam veri sayısı ( $n$ ) göz önüne alındığında hesaplanacak terimlere ilişkin formülasyonları aşağıdaki eşitliklerle verilebilir. Burada ortalama değer;

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

olup, aritmetik ortalamadır. Benzer şekilde standart-sapma değeri de;

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \quad (5)$$

şeklinde verilip, dağılımın simetri bozukluğunu gösteren çarpıklık (skewness) katsayısı ise;

$$c = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3}}{\sigma^3} \quad (6)$$

şeklinde tanımlanır. Son olarak dağılımın "peak" değerinin keskinliğini tanımlayan basıklık terimi ise

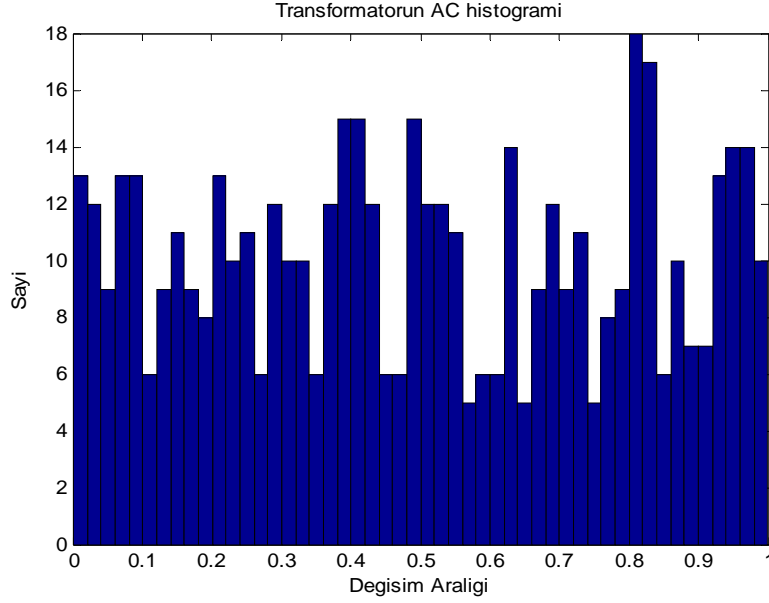
$$k = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4}}{\sigma^4} \text{ dir [9].} \quad (7)$$

Bu bağlamda yukarıdaki işaretin istatistiksel parametreleri aşağıdaki tablo ile verilebilir.

Tablo 2. Hesaplanan istatistiksel parametreler  
(Table 2. Calculating statistical parameters)

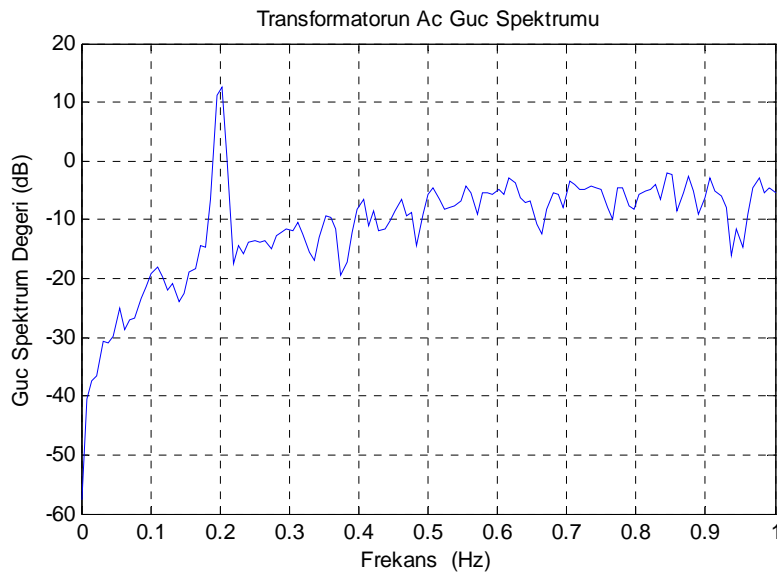
Ortalama Değer	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
0,5234	0,2949	1,7919	0,1147

Tablo 2'den görüleceği gibi çarpıklık sıfırdan farklı bir sayı olduğundan dağılımın simetrik bir dağılım olmadığını gösterir. Aynı zamanda basıklık değeri de küçük bir değere sahip olup bu bakımdan dağılımın "Normal" dağılıma uyduğu söylenebilir. Bu incelemeye ilişkin histogram ise Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Transformatörün AC histogramı  
(Figure 4. AC histogram of transformer)

Hall etkili transformatörün güç spektrumundaki frekans-genlik değişimi şekil 5'de gösterilmiştir. Buradan görüleceği gibi tüm frekanslarda değişim aralığı mevcuttur.



Şekil 5. Hall etkili transformatörün güç spektrumu  
(Figure 5. Power spectrum of hall effect transformers)



## 5. SONUÇ (RESULTS)

Bu çalışmada; büyük uygulama alanına sahip hem AC hem de DC akım ölçme kapasitesine sahip olan ayrıca manyetik akı bilgisini gerilim bilgisine çevirebilen Hall etkili akım transformatörünün istatistik olarak AC gerilim analizleri yapılmıştır. Çalışmada Hall etkili transformatörün AC geriliminin istatistiksel ve güç spektrumu da incelenmiştir. Hesaplanan istatistiksel parametrelere göre değişimin bir gaussian olmayan dağılım gösterdiği 0-1 kHz arasında tüm frekansları içerdiği görülmektedir. Spektrum değişimi 0,1 Hz civarında incelenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma Hall etkili bir akım transformatörünün AC istatistik analizlerini göstermektedir.

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma T.C. Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Başkanlığı, 2003 FEN-106/020603 numaralı projeye desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Azzoni, D., Rüdiger B., Michael F., Harmut G., Hans-Dieter, H., Jürgen K., Andreas, N., and Alfred, V., (1999). Isolated Current and Voltage Transducer Characteristic-Applications-Calculations, S. 20-22, LEM Coporate Communications, Genova.
2. Gilbert, J. and Dewey, R., Application Information, Application Note 27702A, pp:1-12, Allegro Microsystem Inc.
3. Magnetics Division of Spang & Company, *Meterial Information*, Design Application Notes, (2001). pp:1-13.
4. Akıncı, T.Ç., (2005). Dalgacık (Wavelet) Tabanlı Dağıtım Sistemleri Koruma Algoritması, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye.
5. Amploc Current Sensors, (2002). Engineering Reference Book, pp:1-8.
6. Allegro Microsystem Inc., (2001). Data Sheet 27501.10B, 3515 and 3516 Ratiometric Linear Hall-Effect Sensors, pp:1-10
7. Magnetics Division of Spang&Company, Design Application Notes, Power Design Section 4. pp:12-13.
8. Magnetics Division of Spang & Company, Magnetics Cores for Hall Effect Sensors, (2001). Technical Bulletin Hed-01, pp:2-6.
9. Gökhan, G., (2006). Elektronik Akım Transformatörü Tasarımı ve Kalibrasyonu, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, ss:1-35.
10. Taylor, J.K. Chan, (1990). Statistical Techniques for Data Analysis, Lewis Publishers.