

# DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ KULLANILARAK BİR YOLCU OTOBÜSÜ ALTERNATÖRÜNÜN SICAKLIK DEĞİŞİMİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Tahir Çetin AKINCI<sup>1</sup>, Sezai TAŞKIN<sup>2</sup>, Serhat ŞEKER<sup>3</sup>, Habib KAYMAZ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi, Kadıköy / İstanbul.

e-posta: [cetinakinci@marmara.edu.tr](mailto:cetinakinci@marmara.edu.tr)

<sup>2</sup> Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi, Kadıköy / İstanbul.

e-posta: [staskin@marmara.edu.tr](mailto:staskin@marmara.edu.tr)

<sup>3</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi 34469 Maslak/İstanbul.

e-posta: [seker@elk.itu.edu.tr](mailto:seker@elk.itu.edu.tr)

<sup>4</sup> Mercedes-Benz Türk A.Ş. Test Merkezi-Hoşdere-İstanbul.

e-posta: [habib\\_kaymaz@mercedes-benz.com](mailto:habib_kaymaz@mercedes-benz.com)

## ABSTRACT

*In this study, based on power loading temperature of an intercity bus generator has been investigated using the wavelet transformation technique. To obtain real temperature data from the bus generator, vehicle was driven total 456 km. While collecting generator temperature data, interior lighting lights on/off locations, air conditioner operation position and bus headlights situations have considered. All along the road, current and voltage changes of bus generator was saved using the NI DIAdem program. For wavelet analysis MATLAB program was used. While measuring two alternator temperature, battery and environment temperatures have been measured.*

**Anahtar Kelimeler:** Dalgacık dönüşümü, araç generatörü, yol datası, generatör sıcaklık analizi.

## 1. GİRİŞ

Sıcaklık ölçümleri için çok çeşitli yöntemler bulunmakta olup, günümüzde en çok kullanılan yöntemlerden birisi de termokupullarla Sıcaklık Ölçme Tekniği'dir. Bu ölçüm tekniği tek tek ölçüm değeri alma metoduna imkan tanısa da asıl kullanım şeklini 'Veri toplama cihazları' ile kazanmıştır. Endüstrinin her alanında olduğu gibi otomotiv sektöründe de genelde sıcaklık ölçümünden sıkça faydalanılır. Elde edilen veriler birçok matematiksel yöntemler kullanılarak analizi yapılır ve gerekli geliştirmeler bu çerçevede gerçekleştirilir. Yapılan analiz çalışmalarında Fourier ve dalgacık 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 işarette 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 görülememektedir[1].

## 2. DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ ve ÇOK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ ANALİZ

Dalgacık dönüşümü, Fourier dönüşümü gibi durağan ve durağan olmayan işaret analizinde kullanılan ve bir işareti farklı ölçeklerdeki çözünürlük seviyelerinde tek bir fonksiyonu genişleterek ayrıştıran, önemli bir matematiksel yöntemdir. Dalgacık dönüşümünü Fourier dönüşümünden ayıran en önemli özellik, Fourier dönüşümünde bir işaretin global temsili verilirken dalgacık dönüşümü, verilen bir işaretin yerel(hem zaman hem de frekansta) temsiliyi sağlar. Bu yüzden geçici bozucu olaylarda gerekli zaman-frekans çözünürlüğünde işaret analizi için oldukça uygundur[1]. Dalgacık analizi en iyi, kısa süreli yüksek frekanslı ve uzun süreli düşük frekanslı bileşenlerden oluşan sinyallerde başarılı olur. Farklı frekanslarda çözünürlüğü değiştirme yaklaşımı "dalgacık paketleri" olgusunu anlatarak açıklanabilir. Sinyale bağlı olarak, Heisenberg

belirsizlik koşuluna bağlı kalacak şekilde, rastgele zaman-frekans çözümlükleri seçilebilir.

Dalgacık yöntemi, dalgacık dönüşümü ve çok çözümlükli analizle ifade edilebilir. Buna göre,  $L^2$  sonlu enerjili işaretler için bir vektör uzayını göstermek üzere,  $x(t)$ ,  $L^2$  uzayında tanımlanan bir işaret olsun. Burada  $R$  gerçel sayılar kümesidir. Bu durumda sonlu enerjili işaretler,

$$\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt < \infty \quad (1)$$

bağıntısını sağlarlar ve  $x(t)$  nin sürekli dönüşümü de;

$$CWT_{\psi} x(a, b) = W_x(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi_{a,b}^*(t) dt \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Sürekli genişleme ve öteleme parametreleri yerine,

$$a = a_0^m, b = nb_0 a_0^m \quad (3)$$

şeklindeki ayrık parametreleri tanımlamak mümkündür. Bu durumda  $c_1(n)$ , orijinal işaretin yaklaşım versiyonunu ve  $d_1(n)$  de, işaretin

dönüşümü formundaki detay gösterilişini oluşturur. Bunlar sırasıyla;

$$c_1(n) = \sum_k h(k - 2n) c_0(k) \quad (4)$$

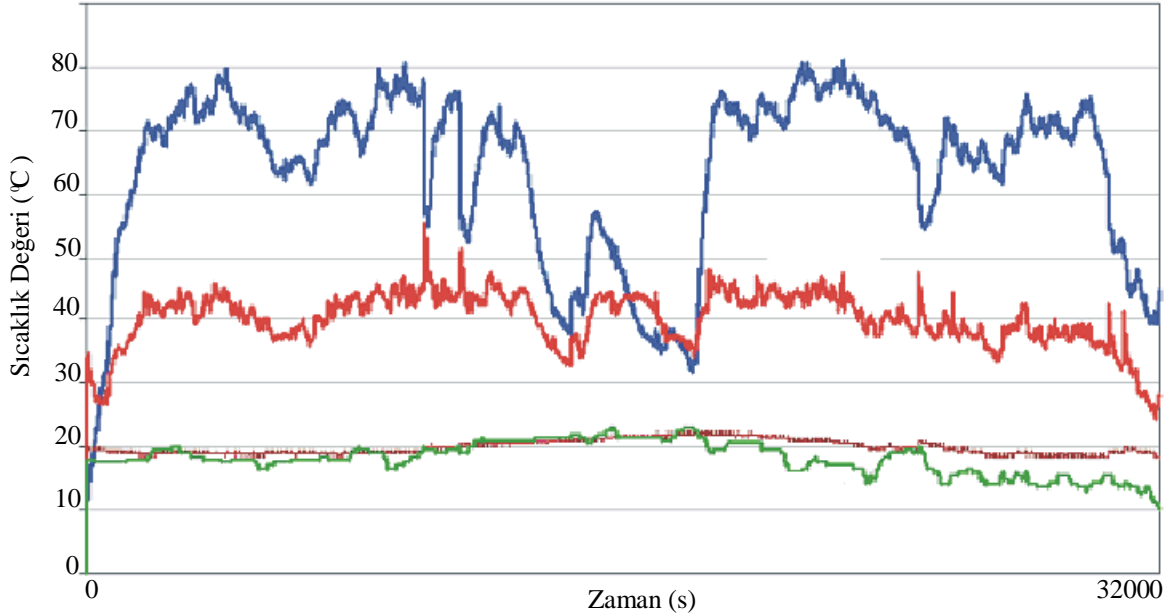
$$d_1(n) = \sum_k g(k - 2n) c_0(k) \quad (5)$$

olarak tanımlanırlar. Burada  $h(n)$  ve  $g(n)$ ,  $c_0(n)$  i,  $c_1(n)$  ve  $d_1(n)$  e ayırıştırır birleşik filtre katsayılarıdır. Bir sonraki ölçek ayırıştırılmasında ise, yine  $c_1(n)$  işareti temel alınır [2-6].

### 3. VERİ TOPLAMA SİSTEMİ VE GENERATÖR SICAKLIĞI VERİSİ

Sıcaklık ölçümleri aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi generatörler üzerine, batarya üzerine ve çevre sıcaklığı için dış ortama termokupl'lar yerleştirilerek alınmıştır. Sıcaklık verilerinin örnekleme zamanı 1 s'dir. Toplam ölçüm verisi 65535 adettir.

Bu çalışmada, Şekil 1'de gösterilen Generatör 1'e ait sıcaklık verilerinin analizi yapılmıştır.



Şekil 1: Sıcaklık ölçümlerine ait genel veri grafiği

Şekil 2, 3, ve 4'de ise ölçümün yapıldığı yere ilişkin genel görünüm çerçevesinde araç ve generatör üzerindeki termokupl'ların yerleri gösterilmektedir.



Şekil 2: Ölçüme ait genel görünüm



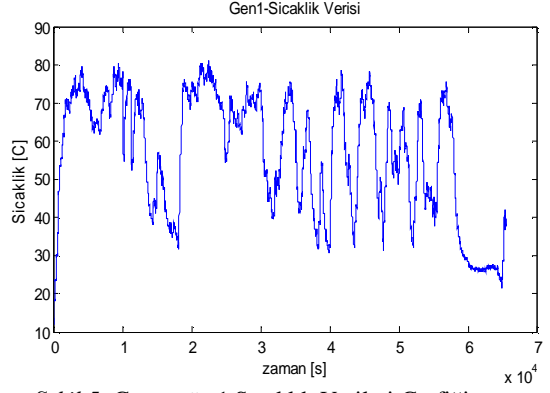
Şekil 3: Araç üzerinden termokupl görünümü



Şekil 4: Generatör üzerindeki termokupl

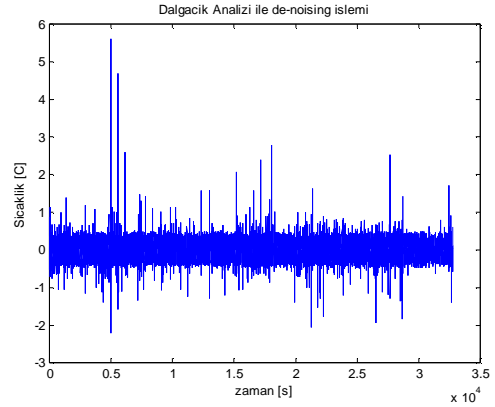
#### 4. UYGULAMA

Bu çalışmada, Generatör-1'e ilişkin sıcaklık değişimi üzerinde ortaya çıkan küçük çalkantıların (fluctuations) değişimi gözlemlenmiş olup buna ilişkin istatistiksel analiz ve frekans spektrumu analizi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Şekil 5, bu çalışmada incelenen Generatör-1'e ilişkin sıcaklık değişimini göstermektedir.



Şekil 5: Generatör-1 Sıcaklık Verileri Grafiği

Bu amaçla önce veri üzerinde “Dalgacık Analizi” yaklaşımı ile 0-0.5 Hz’lik frekans bandı iki alt-banda ayrılarak yüksek frekanslı bileşenlerin bulunduğu ilk detay bandı hesaplanmış ve söz konusu çalkantılı durum belirlenmiştir. Şekil 6 dalgacık analizi sonucunda elde edilen gürültü işaretini göstermektedir.



Şekil 6: Sıcaklık değişimi üzerindeki gürültü sinyali

#### 4.1. Gürültü Sinyallerinin İstatistiksel Özelliklerinin Çıkarılması

İstatistiksel analiz açısından söz konusu gürültü 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 ;

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6)$$

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

$$m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2} \quad (7)$$

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

$$c = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^3}}{S^3} \quad (8)$$

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

$$k = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^4}}{S^4} \quad (9)$$

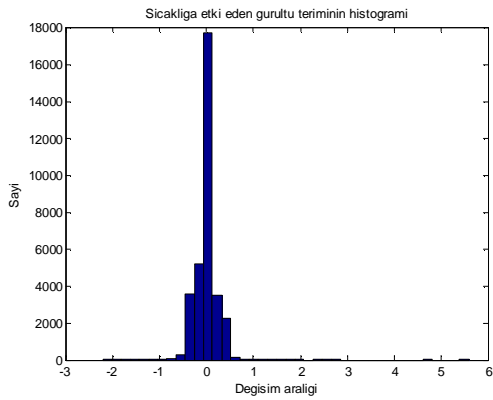
dır[7].

Bu bağlamda yukarıdaki gürültü işaretinin istatistiksel parametreleri aşağıdaki tablo ile verilebilir.

Tablo 1: Hesaplanan İstatistiksel Parametreler

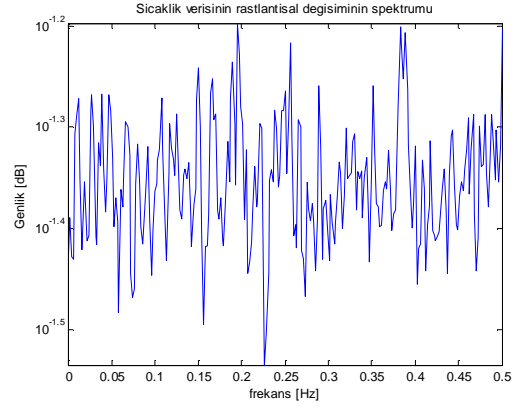
Ortalama Değer	Standard Sapma	Çarpıklık	Basıklık
0.0005	0,2161	1.0933	31,1128

Tablodan görüleceği gibi çarpıklık (skewness) sıfırdan farklı bir sayı olup, dağılımın simetrik bir dağılım olmadığını gösterir. Aynı zamanda basıklık (kurtosis) parametresi de çok büyük bir değere sahip olup bu bakımlardan dağılımın “Normal” dağılıma uymadığı söylenebilir. Bu incelemeye ilişkin histogram ise şekil 7 ile gösterilebilir.



Şekil 7: Gürültü işaretinin histogramı

Ayrıca dalgacık analizi sonucunda elde edilen, sıcaklık değişimi üzerindeki küçük çalkantıların güç spektrumu anlamındaki frekans spektrumu aşağıdaki frekans-genlik değişimi ile düşük çözünürlükte gösterilebilir. Buradan görüleceği gibi 0-0.5 Hz arasında bir çok frekans bileşeni mevcuttur.



Şekil 8: Sıcaklık çalkantısının güç spektrumu değişimi

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, şehirlerarası bir yolcu otobüsünün 140 A, 24 V DC'lik bir alternatörüne ilişkin sıcaklık değişimi ve bunun üzerindeki rastlantısal değişimin istatistiksel ve spektral analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda bu rastlantısal süreç dalgacık analizi ile ayrıştırılmış olup, hesaplanan istatistiksel parametrelere göre değişimin bir Non-Gaussian dağılım karakterinde olduğu ve 0-0.5 Hz arasındaki tüm frekansları içerdiği gösterilmiştir. Şekil 8'de gösterilen spektrum değişimine göre frekans çözünürlüğü, yaklaşık olarak 0.001 Hz civarında gösterilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma, bir otobüs alternatöründeki sıcaklık değişiminin istatistiksel ve spektral incelenmesinin sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlar çerçevesinde çalkantılı olan gürültü bileşeni çok küçük genlikli değişimler olup teknik tasarım ve uygulama açısından önemsiz kabul edilebilir. Ancak gürültüsüz ana bileşen kısmı ise otobüsün farklı yol koşullarında karşılaştığı durumlara ve iç konfor durumlarına göre generatörün verdiği sıcaklık değişimi tepkisini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Bayrak, M., OYSAL, Y., Yılmaz, A.S., “Wavelet Dönüşümü Kullanılarak Elektrik Güç Sistemlerinde Enerji Kalitesinin Ölçülmesi”, Türkiye 7. Enerji Kongresi, 3-8, Ankara Kasım (1997),.
- [2] Akıncı, T.Ç.; “ Dalgacık (Wavelet) Tabanlı Dağıtım Sistemleri Koruma Algoritması”, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, (2005).
- [3] Daubechies, L., , “The Wavelet Transform, Time- Frequency Localization and Singnal Analysis”, IEEE Trans. On Information Theory, 36, (1990).
- [4] Mallat, S.; “A Theory for Multi-resolution Signal Decomposition the Wavelet Representation”, IEEE Trans. Pattern Anal. And Machine Intelligence 31, 679-693, (1989).

- [5] Misiti, M.; Misiti, Y.; Oppenheim, G.: "Wavelet Toolbox For Use With Matlab User's Guide, 2<sup>nd</sup> ed.", The MathWork Inc., 1.1-1.38, (2000).
- [6] J.C. Goswami, A.K. Chan,; "Fundamentals of wavelets, theory, algorithms and applications", John Wiley and Sons, (1999).
- [7] Taylor, J.K. Chan,; "Statistical Techniques for Data Analysis", Lewis Publishers, (1990).