

ÝTÜ TRIGA MARK-II REAKTÖRÜNDE İBEKE FREKANSI ETKÝSÝNÝN DALGACIK ANALÝZÝYLE FÝLTRELENMESÝ

FILTERING THE FUNDAMENTAL FREQUENCY EFFECT RELATED TO ELECTRIC POWER NETWORK FOR ITU-TRIGA MARK-II NUCLEAR REACTOR BY WAVELET ANALYSIS APPROACH

Burak BARUTÇU¹

Serhat ^a EKER²

¹ÝTÜ Nükleer Enerji Enstitüsü, 80626, Maslak, Ýstanbul

²ÝTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi

Elektrik Mühendisliđi Bölümü, 80626, Maslak, Ýstanbul

¹e-posta: barutcu@nukleer.itu.edu.tr ²seker@elk.itu.edu.tr

ABSTRACT

In this research, data acquisition studies for signals from the neutron detectors and fuel thermo-couples of ITU TRIGA MARK-II nuclear reactor was implemented. Also, spectral properties related to the data were examined using frequency and time-frequency domain techniques. Fundamental frequency component at 50 Hz of electric power network and its harmonics were removed from the original signals by wavelet analysis approach.

Key Words : TRIGA MARK II Nuclear Reactor, frequency domain analysis, Wavelet Analysis

ÖZET

Bu çalışmada ÝTÜ kampüsünde bulunan TRIGA MARK-II tipi nükleer reaktörde, güvenlik kanalı nötron detektörleri ve yakıt sıcaklığı termo-çiftine ilişkin veriler toplanarak frekans ve zaman-frekans tanım bölgesi analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 50 Hz'lik İbeke frekansý etkisi dalgacık analizi tekniği ile filtrelenmiştir.

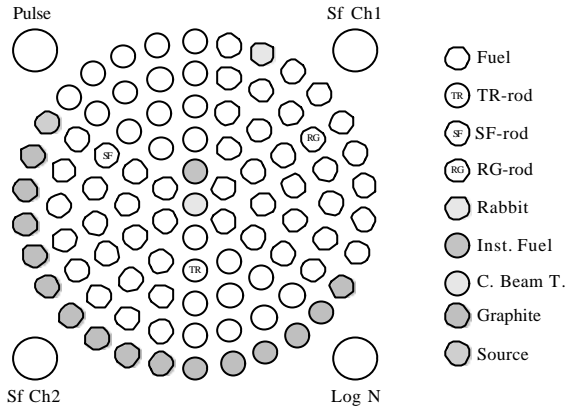
Anahtar sözcükler: TRIGA MARK-II Nükleer reaktör, frekans tanım bölgesi analizi, Dalgacık Analizi

1. GÝRÝř

Alýřlagelmiş nükleer reaktör kontrol ve kumanda sistemlerinde detektör ve duyarlık elemanlarından alınan elekt-riksel İşaretler klasik ölçme kanalları ile değerlendirilmekte ve buralardan kontrol İşaretleri üretilmektedir. Bu arada gerekli görülen değişkenlerin bilgisayara aktarılarak denetim ama-cıyla kullanılması geçmiş senelerde kullanılan yöntemlerdendir. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesine paralel ola-rak, İşaretlerin doğrudan mikroİşlem-cilerde İlenerek bilgisayara aktarıma-sý ve esas kontrol ve kumanda İlevinin merkezi bilgisayar sisteminde yapılma-sý yeni yöntem ve tasarým olanakları getirmektedir [1]. Klasik ölçme siste-minde yapılan ölçmeler ve bilgisayar sisteminde yapılan ölçmeler her an karşılaştırılıp birbirlerine göre denetimi yapılarak

istenilen yolda reaktör kont-rolu yapılabilecektir [2]. Bu anlamdaki bir bilgisayar sistemi ile verilerin depo-lanması ve istenmeyen bir İşletme durumunda gerekli para-metrelerin kendiliğinden izlenmesini de sağlaya-bilecektir [3,4].

Bu çalışmada bilgisayar destekli bir ölçme düzeni kurularak, ÝTÜ-TRIGA MARK-II Reaktöründe bulunan sen-sörlerin cevap ve karakteristiklerini incelemek, kontrol çubuklarının değer-lerini belirlemek ve reaktivite hesabı yapmak amacıyla bir dizi İşaret İleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar sırasında alınan İşaretlerde, İbeke frekansý etkisinin çok büyük olduğu görülmüştür. Toplanan veriler üzerin-deki İbeke frekansý etkisini filtre-lemek için ise dalgacık analizi yak-laşımyı kullanılmıştır.



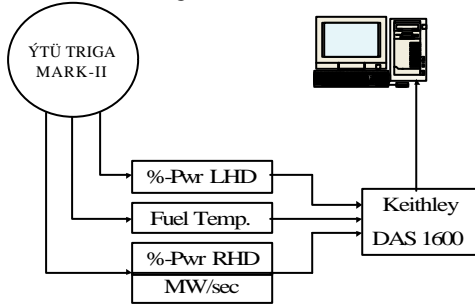
^a ekil-1: ÝTÜ TRIGA MARK-II Reaktörünün Kalbi

2. ÝTÜ TRIGA MARK-II REAKTÖRÜ VE KONTROL MEKANÝZMASI

ÝTÜ TRIGA (Training Research Isotope Production General Atomics) MARK-II Reaktörü %20 zenginle^o-tirilmi^o UZr-H_{1,6} yakýtlý açýk havuz tipi bir deney reaktörüdür. UZr-H_{1,6} yakýt-larý sayesinde TRIGA, darbe yapýlabilen deney reaktörlerindedir. Sürekli çalyýmada 250 kW, darbeleri çalyýmada 1200 MW güce çýkar. Üç kontrol çubuðu ile kontrol edilir. Bunlar darbe çubuðu (transient rod), güvenlik çubuðu (safety rod) ve ayar çubuðudur (regulating rod). Reaktörün içinde, 2 güvenlik kanalýndaki kompanze olma-yan nötron detektörleri ile geni^o bant kanalýndaki kompanze nötron detektö-rü olmak üzere 3 nötron detektörü ayrýca B-halkasýndaki bir yakýtta bir termo-çift ve suyun sýcaklýðýný ölçen üç termo-çift olmak üzere toplam 7 sensör bulunmaktadır. ÝTÜ TRIGA MARK-II Reaktörünün kalbi ^oematik olarak ^a ekil-1'de görülmektedir.

3. VERÝ TOPLAMA SÝSTEMÝ

Deneyde, veriler Keithley DAS-1600 ADC kartýyla, kartýn yazýlýmý kullanýlarak bilgisayara aktarýlmýþýr. DAS 1600, 12 bit, 16 kanal, -5,5 V; -10,10 V; 05 V ve 0-10 V gerilim aralýðýnda data alabilen 100 kHz'lik bir analog digital çeviricidir. Kullanýlan bilgisayar ise Pentium 200 MMX, 64 MB ram'e sahip bir PC'dir. Sistemin ^oematik görünümü ^a ekil-2'de verilmi^o-tir.



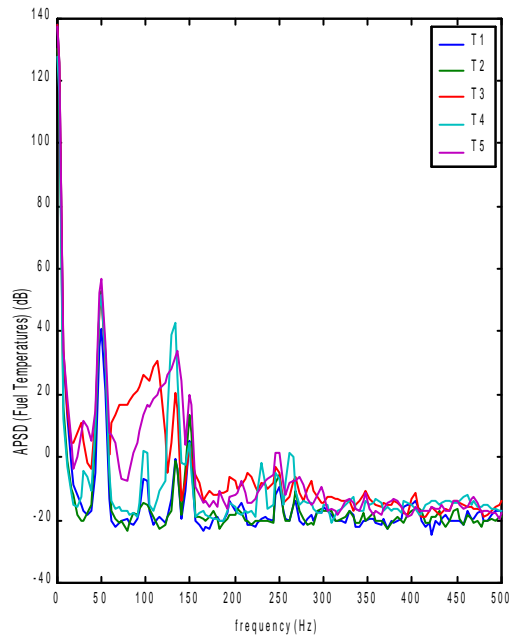
^a ekil-2: Ýþaret Ýþleme Sisteminin ^aematik Görünümü

4. VERÝLERÝN ALINIÞI

ÝTÜ TRIGA MARK-II reaktörün-de yapýlan iþaret iþleme çalyýmlarýnda, reaktör güce çýkarken, sabit güce çalyýrken ve sýfýr güce düþerken güvenlik kanalý nötron detektörlerin-den okunan %-Güç deðerleri ve B-halkasýndaki yakýtýn termo-çiftinden alýnan yakýt sýcaklýðý deðerleri 10 örnek/s örnekleme hýzýyla 1000'er saniyelik gruplar halinde kaydedil-mi^o-tir. Darbeleri çalyýma durumunda ise yakýt sýcaklýðý ve darbe güc deðerleri 1000 örnek/s örnekleme hýzýyla 10'ar saniyelik gruplar halinde kaydedilmi^o-tir. Bu iþaret iþleme çalyýmasýnda iþaretler Keithley DAS-1600 ADC kartý ile bilgisayara aktarýlmýþýr.

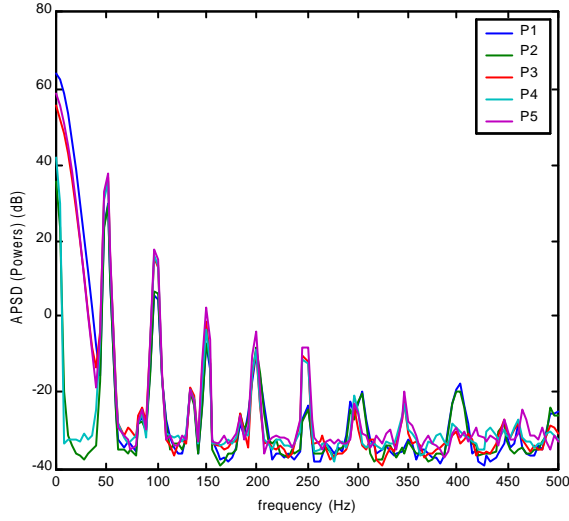
5. ÝÞARET ANALÝZÝ

Ýþaretlerde görülen gürültünün kaynaðýný ve etkisini görebilmek için iþaretlere frekans taným bölgesinde bakýlmalýdır. 1 kHz örnekleme frekan-sýyla örnekleme olan darbeleri çalyýma iþaretlerinin ÖGSY'larý (Öz-Güç Spektral Yoðunluðu), Þekil-3'te yakýt sýcaklýklarý ve Þekil-4'te darbe güc deðerleri olmak üzere verilmiþtir (Þekilde "T" sýcaklýk (°C), "P" güc (MW), indisler ise 1-5. darbe datalarýný göstermektedir). Her iki ÖGSY gru-bunda da 50 Hz þebeke frekansýnýn ve harmoniklerinin çok baskýn olduðu görülmektedir. Bu nedenle 10 Hz'le örnekleme sürekli çalyýma iþaretleri üzerindeki þebeke ferekansý etkisini filtrelemek için de dalgacýk analizi kullanýlmýþýr.



^a ekil-3: Yakýt sýcaklýklarýnýn ÖGSY'larý

tam sayılar kümesinin elemanlarını oluşturur. Bu durumda ayrıklaştırılmıya dalgacık



^a ekil-4: Darbe güç değerlerinin ÖGSY'ları

6. DALGACIK ANALİZİ

$L^2(R)$ sonlu enerjili işaretler için bir vektör uzayını göstermek üzere, $x(t)$, $L^2(R)$ uzayında tanımlanan bir işaret olsun. Burada R gerçel sayılar kümesidir. Bu durumda sonlu enerjili işaretler

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

bağıntısının sağlanması ve $x(t)$ nin sürekli dalgacık dönüşümü de

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

olarak tanımlanır. İntegral içindeki $\phi_{a,b}(t)$ fonksiyonu ise, normalize edilmiş olarak

$$\phi_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} \phi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (3)$$

şeklinde verilebilir. Burada $\phi(t)$ baz fonksiyonu ya da ana dalgacık, * sembolü kompleks eksenli ve a, b parametreleri ise $a, b \in R, a \neq 0$ olmak üzere sırasıyla genişleme ve öteleme parametrelerini gösterir. Sürekli genişleme ve öteleme parametreleri yerine, $a = a_0^m$, $b = nb_0 a_0^m$ şeklindeki ayrık parametreleri tanımlamak mümkündür. Burada a_0, b_0 sabit sayılar olup, $a_0 > 1, b_0 > 0$ koşullarını sağlarlar. Ayrıca m, n sayıları da, Z

$$y_{m,n}(t) = a_0^{-m/2} y\left(\frac{t - nb_0 a_0^m}{a_0^m}\right) \quad (4)$$

haline gelir ve ayrık dalgacık dönüşümü

$$DWT_y x(m, n) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) y_{m,n}^*(t) dt \quad (5)$$

ile verilir. a_0, b_0 'ün uygun seçimiyle ana dalgacık ailesi $L^2(R)$ nin ortonormal bazını oluşturur. a_0 ve b_0 'ün uygun seçimleri $a_0 = 2$ ve $b_0 = 1$ değerleri için dalgacık dönüşümü, diadik-ortonormal dalgacık dönüşümü adını alır. Bu durumdaki ortonormal bazın önemli özelliklerinden birisi ise a_0 ve b_0 'ün yukarıdaki gibi seçimiyle, işareti farklı zaman ve frekans çözünürlüklü ölçeklere ayrıklaştırmayı sağlayan ve çok çözünürlüklü işaret ayrıklaştırma denilen algoritmanın kullanılabilmesidir. Bu çalışmadaki uygulanmanın ana konusunu oluşturan çok çözünürlüklü işaret ayrıklaştırması ise aşağıdaki gibi şu şekilde verilir: $c_0(n)$, fiziksel bir ölçme cihazından kaydedilen bir ayrık zaman işareti olsun. Bu işaret, yaklaşım ve detay gösterimi denilen iki ayrı frekans aralığına ayrıklaştırılabilir. Bu anlamda çok çözünürlüklü işaret ayrıklaştırma tekniği kullanılarak ölçek-1 de ayrıklaştırılmış işaretler $c_1(n)$ ve $d_1(n)$ olur. Bu durumda $c_1(n)$, orijinal işaretin yaklaşım versiyonunu ve $d_1(n)$ de, işaretin dalgacık dönüşümü formundaki detay gösterimini oluşturur. Bunlar sırasıyla

$$c_1(n) = \sum_k h(k - 2n) c_0(k) \quad (6)$$

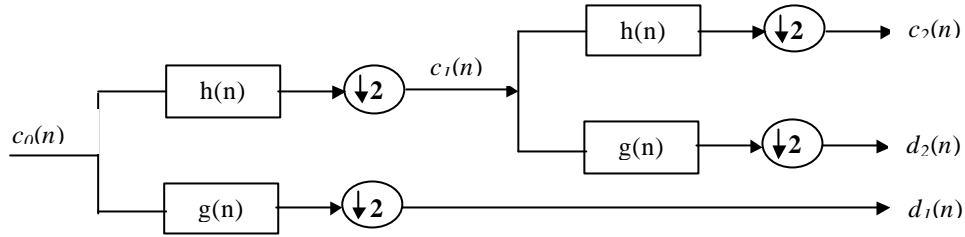
$$d_1(n) = \sum_k g(k - 2n) c_0(k) \quad (7)$$

olarak tanımlanırlar. Burada $h(n)$ ve $g(n)$, $c_0(n)$ 'i, $c_1(n)$ ve $d_1(n)$ 'e ayrıklaştıran birleşik filtre katsayılarıdır. Bir sonraki ölçek ayrıklaştırılmasında ise, yine $c_1(n)$ işareti temel alınır. Bu durumda ölçek-2'deki ayrıklaştırılmış işarete ilişkin yaklaşım ve detay katsayıları ise

$$c_2(n) = \sum_k h(k - 2n) c_1(k) \quad (8)$$

$$d_2(n) = \sum_k g(k - 2n) c_1(k) \quad (9)$$

ile verilebilir. Böylece daha yüksek seviyelerdeki ölçek ayrıklaştırmaları da benzer yolla sürdürülebilir. Çok çözünürlüklü işaret ayrıklaştırma tekniğinin iki ölçekte göre gerçekleştirilmesi ^a ekil-5'teki gibi gösterilebilir [5].

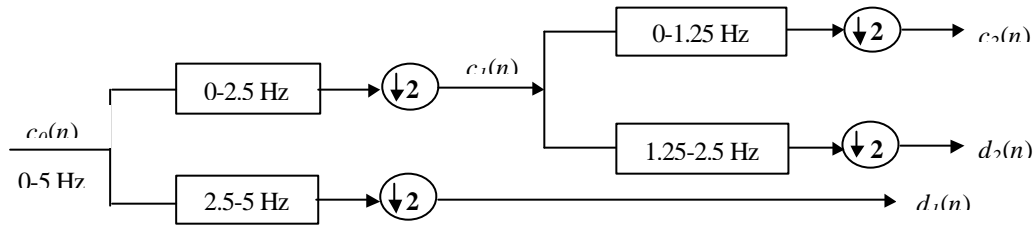
^a ekil-5: $c_0(n)$ 'nin 2 ölçüde ayrıştırılması

7. UYGULAMA

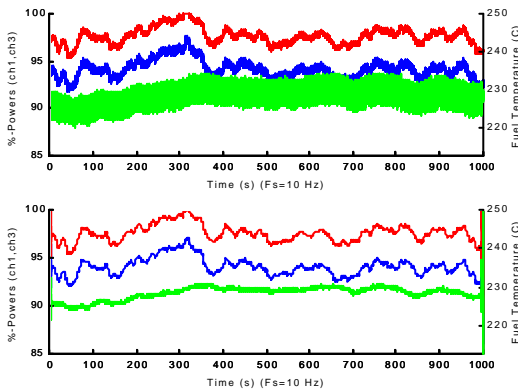
ÝTÜ TRIGA MARK-II Reaktörü İşaret İşleme Çalışması sırasında alınan:

- 1) 1000s boyunca, 245 kW'ta sürekli çalışma,
- 2) 1000s boyunca, 0–250 kW arasında değişik güçlerde alternatif çalışma işaretlerinde ebeke

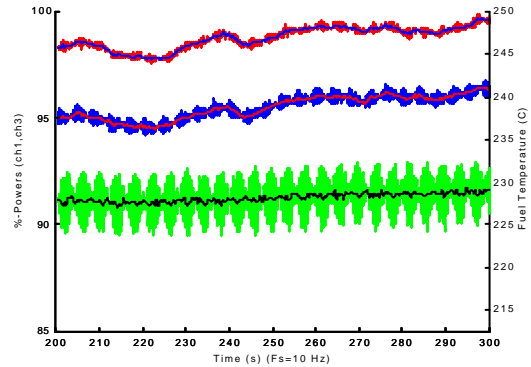
frekans etkisini filtrelemek için dalgacık analizi yapılmıştır. Bunun için 10 Hz'le örneklendiği olan işaret -yukarıda anlatıldığı gibi- önce yarıya ve sonra bu yarıyardan ilki tekrar yarıya bölünmüştür. ^a ekil-6'da, yapılan dalgacık analizinin prensip şeması görülmektedir:

^a ekil-6: Reaktör işaretlerinin iki ölçüde ayrıştırılması

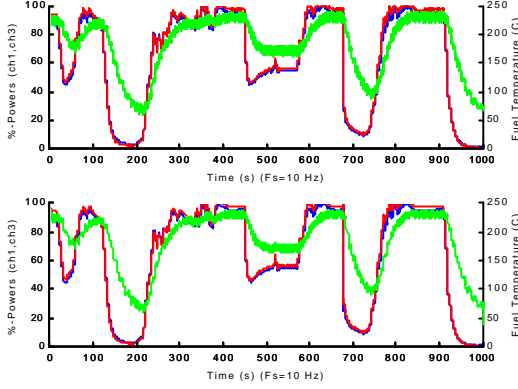
^a ekil-7'de 245 kW'ta 10 Hz'le örneklendiği 1000 s'lik çalışma işaretinin dalgacık analiziyle filtrenmiş ve filtrenmemiş hali görülmektedir

^a ekil-7: 245 kW'ta sürekli çalışma işaretinin dalgacık analiziyle filtrenmiş ve filtrenmemiş hali

Açıkça görülebildiği gibi, dalgacık analizi işaretle görülen ebeke frekans etkisini süzmekte oldukça başarılıdır. Pekil-8'de yukarıdaki işaretin 200. ila 300. s'ler arası büyütülerek, filtrenmiş işaretle filtrenmemiş işaret birlikte gösterilmiştir. Burada görülen filtrenmiş işaret asıl işaretin 0-1.25 Hz arasındaki frekansları taşıyan bileşendir.

^a ekil-8: 245 kW'ta sürekli çalışma işaretinin dalgacık analiziyle filtrenmiş ve filtrenmemiş hallerinin 200. ila 300. s'ler arasında birlikte gösterimi

^a ekil-9’da reaktörün 3 kontrol çubuđu-nun ayrı ayrı sokulup çýkarýlmasýyla 0-250 kW arasynda güçlerde çalytýrýl-masý suretiyle alýnan (1000 s, 10 Hz) iřaretin kendisi ve filtrelenmi° hali görölmektedir:



^a ekil-9: 0-250 kW arasynda güçlerde işaret ve filtrelenmi° hali

8. SONUÇLAR

Filtrelenmiř ve filtrelenmemiř iřaretler incelendiđinde dalgacýk analizinin, řebeke frekansý etkisini filtrelemede bařlýly olduđu görölmektedir. Dalga-cýk analiziyle filtrelemenin normal filtrelemeye üstünlüđü filtreleme sonucunda gerçek i°aretin kaybolma-masý °eklinde yorumlanabilir. Bu anlamda orijinal i°aretlerin alt bant-larýndan ayný iřaretlerin yeniden kazanýmý kolaylykla sađlanabilir. Dolayýsýyla orijinal bilgi korunmuř olur. Bu çalyřmada ÝTÜ TRIGA MARK-II nükleer reaktörünün güven-lik kanaly nötron detektörleri ve yakýt sýcaklyđý termo-çiftine ili°kin frekans taným bölgesi analizleri gerçekteřtirilmi°tir. Konsoldaki tüm elektronik devrelerin besleme kaynaklarýnýn řebeke üzerinden olmasý ve topraklanýn ortak olmasýndan dolayý nötron detektörleri ve termo-çiftten gelen veriler üzerinde 50 Hz’lik kuvvetli bir gürültü gözlenmi°tir. Bu istenmeyen etkinin ortadan kaldýrýlmasý için iřaret-ler zaman-frekans taným bölgesinde dalgacýk analizi yaklařýmýyla filtrele-nerek daha düzgün sonuçlar elde edilmi°tir. Bu anlamda, yapýlan bu çalyřma, reaktör konsolundaki bilgisa-yar destekli ölçme sistemi için de yeni olanaklar yaratacaktýr.

TE^a EKKÜR

Yazarlar, deneysel verinin sađlandýđý ÝTÜ Nükleer Enerji Enstitüsü’ne, ÝTÜ TRIGA MARK-II Reaktörü Müdürü Prof. Dr. Hasbi YAVUZ’a ve ÝTÜ TRIGA MARK-II reaktöründe yapýlan veri toplama i°lemi sýrasýndaki deđerli yardımlarýndan dolayý Sn. Erdinç TÜRKCAN’a te°ekkür ederler.

REFERANSLAR

- [1] Erk, Đ., Alsan, S., “ Arařtırma Reaktörlerinde Bilgisayar Te-melli Kontrol ve Kumanda Sistemleri”, Nükleer Enerji ve Sanayi Ýřbirliđi Sempozyumu Bildiri Kitabý, ÝTÜ NEE, 15-17 Ekim 1986.
- [2] “Nuclear Power Plant Control and Instrumentation”, IAEA, 1972.
- [3] “Application of on-line computers to nuclear reactors”, European Nuclear Energy Agency, 1968.
- [4] “Nuclear Power Plant Control and Instrumentation”, IAEA, 1983.
- [5] Santoso, S., Powers, E. J., ve diğerleri, “Power Quality Assessment via Wavelet Transform Analysis”, IEEE Transactions on Power Delivery, Cilt 11, No. 2, s. 924-930, Nisan 1996