

BORSSELE NÜKLEER GÜÇ SANTRALI'NDA BİRİNCİ DEVRE POMPALARININ TİTREŞİM ANALİZİ VE NÖTRON AKISINA TESİRİ

B. BARUTÇU¹, S. ŞEKER², E. AYAZ², E. TÜRKCAN²

¹Enerji Enstitüsü, "İstanbul Teknik Üniversitesi, İTÜ",

²Elektrik Mühendisliği Bölümü, "İstanbul Teknik Üniversitesi, İTÜ",
80626, Maslak, İstanbul, Türkiye

¹e-posta: barutcu@nukleer.itu.edu.tr

²e-posta: ayaz, seker, eturkcan@elk.itu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Borssele Nükleer Güç Santrali (PWR), gürültü analizi, soğutma pompası titreşimi

ÖZET

Bu çalışmada Hollanda-Borssele Reaktörü'nde 2001 yılı Eylül ayında kullanılmaya başlanan iki yeni işaret işleme ve analiz sistemine ilişkin verilerin kullanılmasıyla, reaktör soğutma pompalarının titreşimi ve bunun nötron akısıyla ilişkisi incelenmiştir.

1. GİRİŞ

Borssele Nükleer Güç Santrali'nde (Basınçlı Sulu Reaktör, 480 MWe, Siemens/KWU) 2001 yılı içinde tamamlanan ve 28. kalbin işletime alındığı Eylül 2001 tarihinden itibaren kullanılmaya başlanan yeni işaret işleme sistemiyle, reaktörün birinci devre soğutma suyu pompalarındaki titreşimler ve bunun nötron akısı üzerindeki tesirleri incelenmiştir. Bu amaçla reaktör kalbinin etrafında bulunan nötron detektörleri ve soğutma suyu pompaları üzerinde bulunan titreşim sensörlerinin işaretleri analiz edilmiştir.

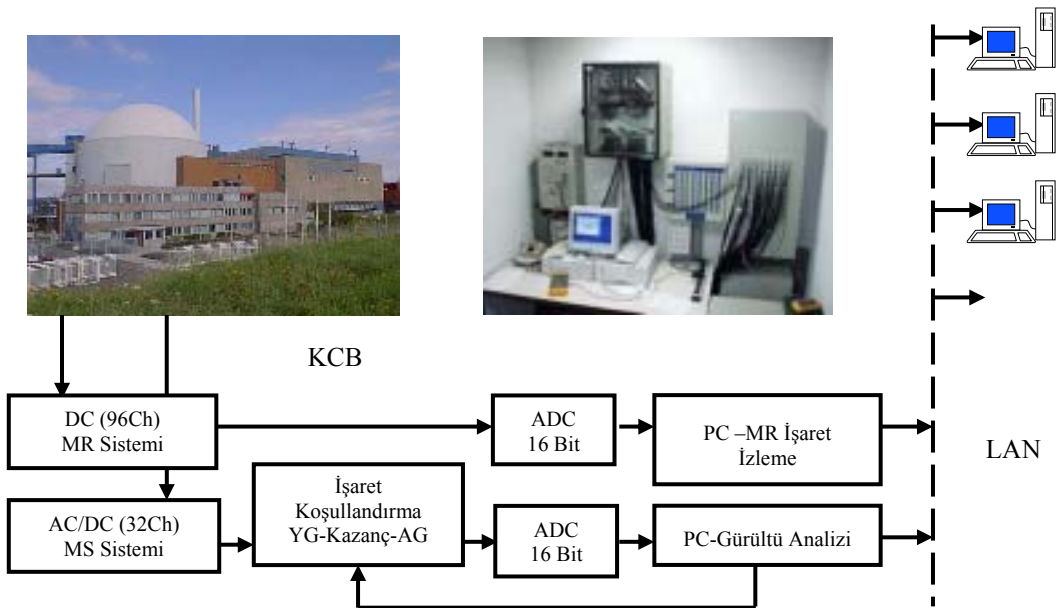
2. GÜÇ SANTRALI, İŞARET İŞLEME VE ANALİZ SİSTEMİ

Hollanda'nın Zeeland eyaletinde Westerschelde yakınlarında kurulmuş olan 480 MWe gücündeki Basınçlı Sulu Borssele Reaktörü (KCB) NV Electriciteits-Productiemaatschappij Zuid-Nederland (EPZ) firması tarafından işletilmektedir. Siemens/KWU tarafından 1968 – 1973 yılları arasında yapımı tamamlanan Borssele reaktörü 24 yıl boyunca 80% güçte işletilmiştir. 1997 yılının ilk yarısında dünyanın en iddialı nükleer yeniden yapılanma projesi başarıyla sonuçlandırılarak güç santrali 98 - 99'da ortalama 91% güçte çalışmaya başlamıştır [1]. Yeni santralin işaret işleme sistemi iki alt sistemden oluşmaktadır [2]:

a) Santralin DC işaretlerini (maksimum 96 işaret) 10 örnek/s hızla işleyen MR sistemi, santralde meydana gelen geçici durumların analizi ve kaydının tutulması için kullanılır.

b) 32 AC/DC işareti 64 örnek/s hızla işleyen MS Sistemi, gürültü analizi için kullanılır.

Her iki sistem de National Instruments donanım ve LABVIEW yazılımı kullanılıp, işaretler bir bölgesel ağ üzerinde sürekli gözlenebilmektedir. Bu çalışmada MS sistemi tarafından santralin sürekli çalışması sırasında kaydedilen 32 sensörün işaretleri kullanılmıştır. İşaret işleme sistemi Şekil-1'de görülmektedir.



ŞEKİL 1 - EPZ Borssele Nükleer Güç Santrali'nin işaret işleme sistemi

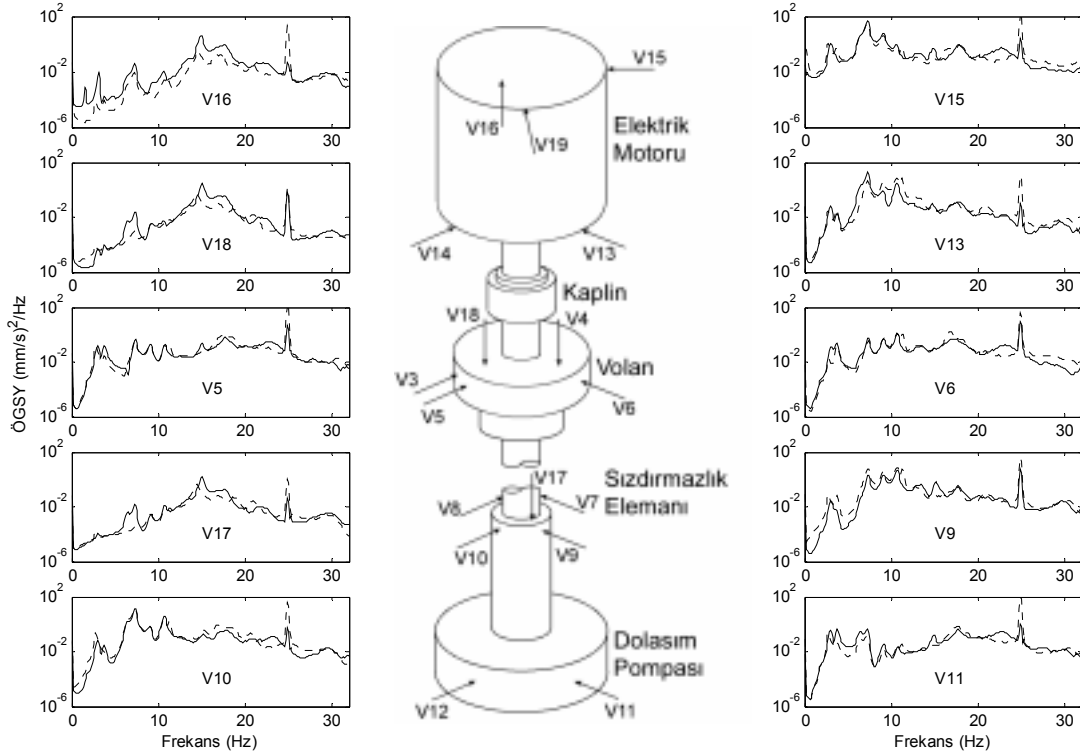
TABLO 1 – MS Sistemi işaret listesi

Ch	İşaret Kodu	İşaret	Birim	Ch	İşaret Kodu	İşaret	Birim
0	YQ032T006	Soğutucu Kalp Çıkış Sıcaklığı	°C	16	YD001V010	Titreşim Radyal (90°cw) sız. el.	mm/s
1	YA001T095	Soğutucu Kalp Giriş Sıcaklığı	°C	17	YD001V015	Titreşim Yatay Elektrik Motoru	mm/s
2	SP010E001	Reaktör Gücü	MW	18	YD001V013	Titreşim Radyal Elektrik Motoru	mm/s
3	YX003X082	Kalp Dışı Nötron Detektörü (50°cw)	V	19	YD001V006	Titreşim Radyal Volan	mm/s
4	YX003X062	Kalp Dışı Nötron Detektörü (140°cw)	V	20	YD001V009	Titreşim Radyal sız. el.	mm/s
5	YX003X072	Kalp Dışı Nötron Detektörü (230°cw)	V	21	YD001V011	Titreşim Radyal Dolaşım Pompası	mm/s
6	YX003X052	Kalp Dışı Nötron Detektörü (320°cw)	V	22	YD002V016	Titreşim Düşey Elektrik Motoru	mm/s
7	YQ023X011	Kalp İçi Nötron Detektörü	V	23	YD002V018	Titreşim Aksiyel Volan	mm/s
8	YQ023X015	Kalp İçi Nötron Detektörü	V	24	YD002V005	Titreşim Radyal Volan (90°cw)	mm/s
9	YQ023X016	Kalp İçi Nötron Detektörü	V	25	YD002V017	Titreşim Aksiyel sız. el.	mm/s
10	YA001P001	Birincil Pompa Basıncı (Çevrim-1)	bar	26	YD002V010	Titreşim Radyal (90°cw) sız. el.	mm/s
11	YA002P001	Birincil Pompa Basıncı (Çevrim-2)	bar	27	YD002V015	Titreşim Yatay Elektrik Motoru	mm/s
12	YD001V016	Titreşim Düşey Elektrik Motoru	mm/s	28	YD002V013	Titreşim Radyal Elektrik Motoru	mm/s
13	YD001V018	Titreşim Aksiyel Volan	mm/s	29	YD002V006	Titreşim Radyal Volan	mm/s
14	YD001V005	Titreşim Radyal Volan (90°cw)	mm/s	30	YD002V009	Titreşim Radyal sız. el.	mm/s
15	YD001V017	Titreşim Aksiyel sızdırmazlık elemanı	mm/s	31	YD002V011	Titreşim Radyal Dolaşım Pompası	mm/s

3. BİRİNCİL DEVRE SOĞUTMA SUYU POMPALARININ TİTREŞİMİ VE REAKTÖR KALBİNDEKİ TİTREŞİMLERE ETKİLERİ

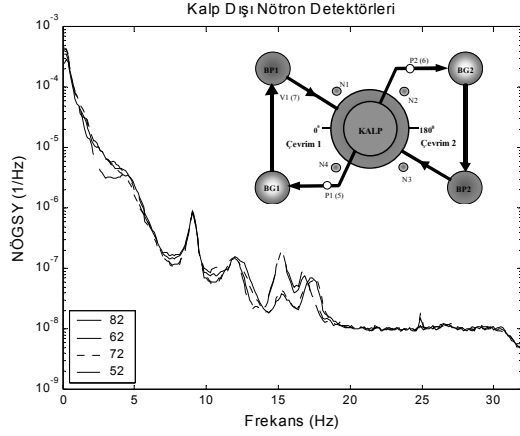
Reaktör güçte iken gürültü ölçümünde ilgilenilen temel büyüklükler kalp dışı ve kalp içi nötron detektörleri, ısılıçiftler, birincil devre basınç sensörleri ve soğutma suyu pompalarının titreşimleridir. En önemli hedef, reaktörün işletilmesi sırasında kalbin

davranışlarını anlayabilmek için ölçme teknikleri ve analiz metotlarını geliştirmektir [3]. Son IAEA İstanbul Toplantısı'nda [4] birincil devre soğutma suyu pompalarının titreşimlerinin incelenmesi için periyodik ölçümler yapılması şiddetle tavsiye edilmiştir. Borssele Reaktörü'nün bakım onarım grubu tarafından da aynı talepte bulunulmuştur. Bunun için Tablo-1'de gösterilen 20 işaret, bakım onarım grubu tarafından seçilmiş ve MS Sistemi tarafından sürekli olarak kaydedilip analiz edilmiştir.



ŞEKİL 2 – Birincil devre soğutma pompası titreşim sensörleri.

Düz çizgi: Birincil devre soğutma pompası 1, Kesikli çizgi: Birincil devre soğutma pompası 2

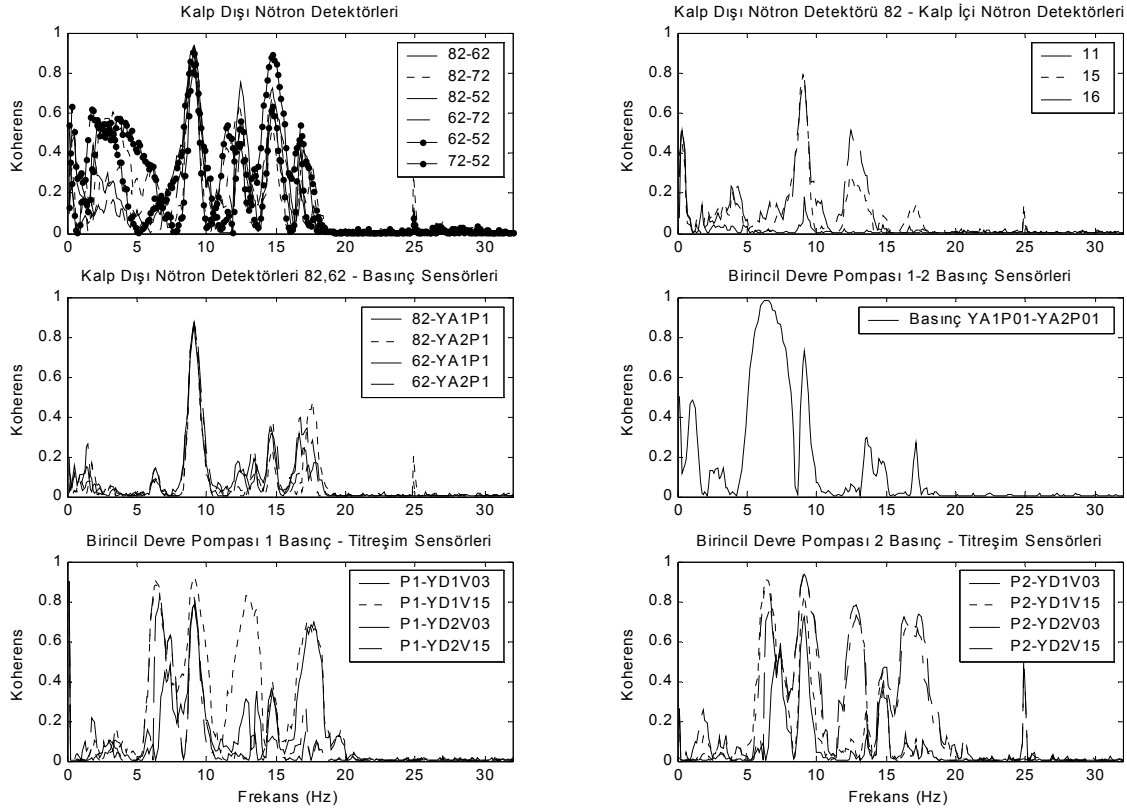


ŞEKİL 3 – Kalp dışı nötron detektörlerinin normalize öz güç spektral yoğunlukları

İki birincil devre pompasının titreşim işaretlerinden çok ilginç sonuçlar elde edilmiştir: Her iki pompanın titreşim karakteristikleri hemen hemen aynıdır ve verilen titreşim kriterlerine göre titreşimlerin mutlak değerleri “müsaade edilebilir” olarak tanımlanan bölgeye düşmektedir. Koherenslerden de çeşitli bilgiler elde edilmektedir. Örneğin kalp içi ve kalp dışı nötron detektörü işaretlerinin koherenslerinden 11 numaralı kalp içi nötron detektörünün çalışmadığı

görülmektedir. İzleme sistemin doğruluğu açısından kalp içi ve kalp dışı nötron detektörleriyle birlikte basınç ve titreşim işaretlerinin koherensleri de izlenmelidir. Şekil 4’te bütün bu işaretler arasındaki ana koherensler görülmektedir. Gerçek zamanda yapılan analiz esnasında bütün koherens ve faz fonksiyonları hesaplanmıştır. Şekil 4’ten aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- Kalp dışı nötron detektörleri arasında 9.2 Hz’de görülen yüksek koherens reaktivite etkisinden kaynaklanmaktadır (yine bu frekansta aralarındaki faz da sıfır olmaktadır).
- Kalp içi nötron detektörlerinin koherenslerinden 11 numaralı kalp içi detektörün bozulmuş olduğu görülmektedir.
- Kalp dışı nötron detektörleriyle birincil devre basınç sensörleri arasındaki koherenslerde, birincil devrenin girişiyle çıkışı arasındaki basınç farkından kaynaklanan 9.2 Hz’deki reaktivite etkisi baskındır.
- İki birincil devre pompasının işaretleri 6.5 Hz’de yüksek korelasyon gösterir.
- (e), (f) ise her bir pompanın basınç işaretleriyle aynı pompanın titreşim işaretleri arasındaki koherensleri göstermektedir. Bu etkiler Borsssele Reaktörü’nün fiziksel benchmark testinde verilmiştir [5-7].



ŞEKİL 4 – Çeşitli sensörler arasındaki koherens ilişkileri

5. SONUÇLAR

Reaktör tanısı için kurulan yeni sistem, tatmin edici bir şekilde çalışmaktadır. Birincil devre soğutma suyu pompaları üzerindeki titreşim sensörlerinin işaretleri belirli güvenlik değerlerinin altında kaldığından bu anlamda, soğutma suyu pompaları güvenli çalışma bölgesinde çalışmaktadırlar. Reaktörün genelinde birincil devre suyunun giriş-çıkış basınçları arasındaki farktan doğan 9.2 Hz'deki global frekans bileşeni hem nötron detektörlerinde, hem de titreşim ve basınç sensörlerinde kendini göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar NV-EPZ Borssele Nükleer Güç Santrali yöneticilerinin ilgisine ve özellikle verdikleri destek için bakım-onarım grubundan Ing. P. Stok, J. Brevoord ve P. Tange'a teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

- [1] Gruhl H.H., Kalverboer C. (1997), Backfitting Borssele. NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL.
- [2] Türkcan E., Winkelman A., Brevoord J., Stok P.

(2001), Trend Monitoring and Noise Signal Processing System for Borssele NPP, ANNUAL MEETING ON NUCLEAR TECHNOLOGY, Dresden, May, paper 606.

- [3] Türkcan E. (1982), Review of Borssele PWR Noise Experiments, Analysis and Instrumentation, PROGRESS IN NUCLEAR ENERGY 9, 437.
- [4] IAEA-IWG-NPPCI-98/2, (1998), Working Material: Diagnostic Systems in Nuclear Power Plants, Proceedings of a Technical Committee' Meeting Organized by the International Atomic Energy Agency (IAEA) in Co-operation with Turkish Atomic Energy Authority (TAEK), June, Istanbul/Turkey.
- [5] Türkcan E. (1984), Borssele Reactor Data Physical Benchmark Test "Comparision of Results", NEACRP-L-282.
- [6] Türkcan E. (1985), On-line Monitoring of a PWR for Plant Surveillance by Noise Analysis, PROGRESS IN NUCLEAR ENERGY 15, 365.
- [7] Türkcan E. (1986), ECN Petten's On-line Monitoring of NPP via Noise Analysis, NUCLEAR EUROPE, 6/86', 39.