

BÖLÜM 4

Güç Reaktörü Kori

4.1. Giriş

Bir güç reaktörünün kor yapısı belirlenirken iki ana kriter baskın rol oynamaktadır: Yakıt kor içinde tükenirken gerekli güç seviyeleri aralıklarında ve kor ömrü boyunca kritiklik sürdürülmelidir. Ayrıca tasarım fisyonndan elde edilen termal enerjinin kor bileşenleri üzerinde herhangi bir aşırı ısınmaya sebep olmadan kor dışına transferine müsaade etmelidir. Kor yapısının mekanik destekleri, geniş çaplı değişken durumlar altında zincir reaksiyonun kontrolü, kararlılığı ve buna benzer diğer birçok etmen de bu yapının belirlenmesinde etkili olmaktadır. Önceki bölümlerde değinilen nötron fiziğı ve ısı transferi güç reaktör korlarının yapısının belirlenmesinde birbirlerini fazlasıyla etkilemektedir. Bu bölümde ilk olarak daha yaygın olan güç reaktörleri sınıflarının ısı taşınımı ve nötronik davranışı ile ilgili kor düzenleri incelenecektir. Sonrasında ise reaktör kafes yapısının nötronik davranışı ve özellikle çoğalma faktörünün saptanmasındaki etkisi daha detaylı bir şekilde sunulacaktır.

4.2. Kor Bileşenleri

Reaktörler çok çeşitli şekillerde tasarlanmaktadır. Bunlar, ısının uzaklaştırıldığı dolaşım döngüleri boyunca sıvı yakıtın borular yardımıyla kendiliğinden taşındığı yer olan bir kapta erimiş malzemeleri içeren *eriyik tuz reaktörü korları* ve ısıyı uzaklaştırmak için katı kürelerden oluşmuş bir yatak içeren ve arasında soğutucu dolaşan yakıtın olduğu *çakıl yataklı reaktörler* gibi tasarımları kapsamaktadır. Hâlbuki çoğu güç reaktörleri, korun eksenel hattınca uzanan kanallar boyunca akan soğutucuyla silindirik şekle sahiptir. Bu kanallar; silindirik yakıt elemanlarını, soğutucu kanallarını ve bazı termal reaktörlerde ise ayrı bir yavaşlatıcı bölgesi içeren periyodik bir kafesin unsurlarıdır.

Şekil 4.1, dört farklı güç reaktörü tipi için yakıt-soğutucu-yavaşlatıcı kafes yapısını göstermektedir. Her durumda fisyon sonucu açığa çıkan ısı, yakıt içinde üretilerek soğutucu kanal yüzeyine iletilir. Sonrasında ısı, soğutucu kanalına aktarılır ve

şekilde, yakıt çubuğu yarıçapının artması çoğalma faktörünü artırmaktadır fakat bu miktar daha küçüktür. Bu durum, yakalama rezonanslarının konumsal öz-zırhlama-sındaki artışından kaynaklanmaktadır. Öz-zırhlamadaki artış, Çizelge 4.3'te verilen rezonans integrallerini düşürürken peşi sıra Eşitlik (4.40)'da görünen rezonanstan kaçma olasılığını artırır. Son olarak diğer değişkenlerin sabit tutulmasıyla %2,5 (kesikli) ve %3,0 (sürekli) zenginlik değerleri için çizilmiş eğrilerin gözlemlenmesinden açıkça anlaşılabacağı üzere zenginleştirme, k_{∞} değerinde belirgin bir artış etkisine sahiptir.

Sıvı yavaşlatıcılı sistemlerin işletme koşullarında kor her durumda daha az yavaşlatılmış yani yavaşlatıcı miktarı optimum değerinden daha az olacak şekilde tasarlanır. Bu durum sistemde kararlılığı sağlayacaktır. Bir sıvı, kor sıcaklığı artarken katı yakıttan daha hızlı genleşebildiği için yavaşlatıcının yakıt atomlarına olan oranı da sıcaklıkla azalacaktır. Bu durum ise Şekil 4.7'deki eğrilerin üzerindeki çalışma noktalarını sola doğru hareket ettirecektir. Böylece k_{∞} 'un değeri daha az yavaşlatılmış bir korda, kararlı bir sistem için negatif geri besleme yaratarak artan sıcaklıkla beraber azalacaktır. Diğer taraftan, daha fazla yavaşlatılmış bir kor, pozitif sıcaklık geri beslemesi yaratacak ve Bölüm 3'te değinilen Doppler genişlemesi gibi bir negatif geri besleme mekanizması, bu pozitif etkinin üstesinden gelmezse kararsız bir sisteme sebep olacaktır. Bunula birlikte Bölüm 9'da ayrıntılı olarak üzerinde durduğumuz gibi çok fazla negatif geri besleme başka zorluklar da yaratabilir. Reaktör tasarımcıları, tüm çalışma koşullarında sistem kararlılığını sağlamak için yavaşlatıcı yoğunluğu, yakıt sıcaklığı ve diğer olguların iç içe geçmiş karmaşık etkilerini dengelemelidir.

Bu durum, grafit kullananlarda olduğu gibi katı-yavaşlatıcılı reaktörlerde de daha karmaşık olabilmektedir. Çünkü bu karmaşıklık, iki katı maddenin (yani yakıt ve yavaşlatıcının) sonradan etkili olan farklı genleşme katsayılarına sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Dahası gaz soğutucunun atom yoğunluğu oldukça küçük ölçülebilir bir etkiye sahip olabildiği için soğutucu kanal çapının göreceli genişlemesi önemli bir faktör hâline gelebilir. RBMK reaktörlerinde olduğu gibi grafit ile birlikte sıvı bir soğutucu kullanılıyorsa yakıt, soğutucu ve yavaşlatıcı üzerindeki birbirini etkileyen sıcaklık etkileri ayrı ayrı ve beraberce düşünülmesi gerektiği için bu durumda etkileşimler olduğundan daha da karmaşıktır.

Kaynaklar

- Bell, George I., and Samuel Glasstone, *Nuclear Reactor Theory*, Van Nostrand Reinhold, NY, 1970.
- Bonalumi, R. A., "In-Core Fuel Management in CANDU-PHR Reactors," *Handbook of Nuclear Reactors Calculations, II*, Yigán Ronen, ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 1986.
- Duderstadt, James J., and Louis J. Hamilton, *Nuclear Reactor Analysis*, Wiley, NY, 1976.

- Emendorfer, D., and K. H. Hocker, *Theorie der Kernreaktoren*, Bibliographisches Institut AG, Zurich, 1982 .
- Glasstone, Samuel, and Alexander Sesonske, *Nuclear Reactor Engineering*, 3rd ed., Van Nostrand Reinhold, NY, 1981.
- Lamarsh, John, and Anthony J. Baratta, *Introduction to Nuclear Engineering*, 3rd ed., Prentice-Hall, 2001.
- Nordheim, L. W., "The Doppler Coefficient," *The Technology of Nuclear Reactor Safety*, T. J. Thompson and J. G. Beckerley, eds., Vol. 1, MIT Press, Cambridge, MA, 1966.
- Salvatores, Max, "Fast Reactor Calculations," *Handbook of Nuclear Reactors Calculations*, III, Yigal Ronen, ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 1986.
- Steward, H. B., and M. H. Merrill, "Kinetics of Solid-Moderators Reactor", *Technology of Nuclear Reactor Safety*, T. J. Thompson and J. G. Beckerley, eds., Vol. 1, MIT Press, Cambridge, MA, 1966.
- Turinsky, Paul J., "Thermal Reactor Calculations," *Handbook of Nuclear Reactors Calculations*, III, Yigal Ronen, ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 1986.

Problemler

- 4.1 Yakıt çapı 1,2 cm ve yavaşlatıcının yakıtı olan hacim oranı 2:1 olan sıvı yavaşlatıcılı bir reaktör geliştirilecektir. Yakıtların merkezleri arasındaki mesafe
- Kare kafes yapısı kullanıldığında
 - Altıgen kafes yapısı kullanıldığında ne olacaktır?
- 4.2 Hızlı bir reaktörde tasarımcılar, genelde nötron yavaşlatma miktarını en aza indirmek için soğutucunun yakıtı olan hacim oranını mümkün mertebede azaltmak istemektedirler. Geometrik bakış açısından soğutucunun yakıtı olan hacim oranının elde edilebilecek en küçük teorik limiti
- Kare kafes yapısı kullanıldığında
 - Altıgen kafes yapısı kullanıldığında nedir?
- 4.3 Sodyum-soğutmalı hızlı bir reaktör, tükenmiş UO_2 ile karıştırılmış PuO_2 yakıtla yüklenmiştir. Yapısal malzeme olarak da demir kullanılmıştır. Hızlı nötron spektrumu üzerinden ortalanan mikroskobik kesitleri ve yoğunluklar aşağıda verilmektedir:

	$\sigma_f b$	$\sigma_a b$	$\sigma_t b$	$\rho \text{ g/cm}^3$
PuO_2	1,95	2,40	8,6	11,0
UO_2	0,05	0,404	8,2	11,0
Na	-	0,0018	3,7	0,97
Fe	-	0,0087	3,6	7,87