



ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

REAKTÖR KİNETİK

İLERİ NÖTRON VE REAKTÖR FİZİĞİ
PROF. DR. HALUK YÜCEL

REAKTÖR KİNETİK

Bir nükleer reaktörün sabit güç seviyesinde çalışabilmesi için, fisyon reaksiyonları yoluyla nötron üretim hızı, absorpsiyon veya sızıntı yoluyla nötron kaybı ile tam olarak dengelenmelidir. Bu denge durumundan herhangi bir sapma, nötron sayısında bir zamana bağlılık olmasına ve dolayısıyla reaktörün güç seviyesinde bir zamana bağlılık olmasına neden olacaktır. Bu, birkaç nedenden dolayı ortaya çıkabilir.

REAKTÖR KİNETİK

Örneğin, reaktör kontrol çubuğu ayarı ile çekirdek çoğaltma katsayısı geçici olarak değiştirilerek reaktör güç seviyesini değiştirmek isteyebilir. Ya da yakıt tükenmesi ve izotopik birikim nedeniyle çekirdek çoğaltma katsayısında daha uzun vadeli değişiklikler olabilir. Çoğaltma katsayısındaki daha dramatik değişiklikler, birincil soğutucu pompasının arızalanması ya da bir soğutucu akış kanalının tıkanması ya da kontrol çubuğunun yanlışlıkla reaktör koru dışına çıkartılması gibi daha önceden görülmemiş kaza durumlarından kaynaklanabilir.

REAKTÖR KİNİTİK

Birinin nötron sayısının reaktör çoğaltma katsayısında meydana gelen değişikliklerin neden olduğu reaktör çekirdeğindeki zaman davranışını tahmin edilebilmesi önemlidir. Bununla birlikte, çekirdek çoğaltma katsayısının hiçbir zaman reaktör operatörünün kontrolü altında olmadığı farkında olmalıyız. Gerçekten de, çoğalma katsayısının çekirdek bileşime bağlı olduğu gibi, reaktöre giren yakıt sıcaklığı veya soğutucu yoğunluğu dağılımı gibi doğrudan kontrol etmesine erişilemeyen diğer değişkenlere de bağlı olacaktır, ancak bu değerler sırasıyla reaktör güç seviyesine ve dolayısıyla nötron akısına bağlıdır.

REAKTÖR KİNETİK

Denklemlerde yapılan en dikkat çekici varsayımlardan bir tanesi de bütün nötronların fisyon anında oluştuğudur. Gerçekte ise nötronların küçük bir kısmı gecikmektedir bunun sebebi ise bazı nötronların fisyon ürünlerinin bozulmasından gelmeleridir. Bu gecikmiş nötronların, zincirleme reaksiyonun davranışı üzerinde derin etkileri vardır. Fisyon nötronlarının, hem hızlı bir şekilde üretilenler hem de gecikmiş olanların etkileri reaktör kinetiği ile ilgilidir.

Gecikmiş Nötronların Kinetiği

Fisyonda açığa çıkan nötronların yaklaşık %99'u fisyon anında oluşmaktadır. Kalan kısmı ile fisyon ürünlerinin bozunmasından oluşmaktadır. β bu gecikmiş nötronlar yarı ömürlerine göre 6 grupta toplanırlar. Bu nötronların yarı ömürleri 1s ile 1 dk aralığındadırlar. β (beta) ile belirtilen bu gecikmiş nötronların toplamıdır.

$$\beta = \sum_{i=1}^6 \beta_i$$

Gecikmiş Nötronların Kinetiği

Oluşan gecikmiş nötronların ortalama yarı ömürleri ise her bir gruptaki nötronlar ile yarı ömürlerini ağırlıklı olarak toplanarak hesaplanır.

$$t_{1/2} = \frac{1}{\beta} \sum_{i=1}^6 \beta_i t_{i1/2}$$

Gecikmiş Nötronların Kinetiği

Bozunma sabiti yarı ömür ile bağıntılı olduğundan her bir grup için gecikmiş nötronların bozunma sabitleri aşağıdaki gibidir.

$$t_{1/2} = 0,693/\lambda_i$$

Ortalama bozunma sabiti ise aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\beta} \sum_{i=1}^6 \beta_i \frac{1}{\lambda_i}$$

Gecikmiş Nötronların Kinetiği

Bölünebilir malzemelere göre gecikmiş nötronlar kesitleri ve özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Yaklaşık Yarı Ömür (s)	Gecikmiş Nötron Kesitleri		
	U ²³³	U ²³⁵	Pu ²³⁹
56	0,00023	0,00021	0,00007
23	0,00078	0,00142	0,00063
6,2	0,00064	0,00128	0,00044
2,3	0,00074	0,00257	0,00069
0,61	0,00014	0,00075	0,00018
0,23	0,00008	0,00027	0,00009
Toplam gecikmiş Nötron	0,00261	0,00650	0,00210
Toplam Nötron/ Fisyon	2,50	2,43	2,90

Nötronların Yaşam Süresi (Neutron Lifetime)

Nötronların ortalama yaşam sürelerini hesaplarırken hem fisyon sırasında oluşan ani nötronları hemde geciken nötronları birlikte düşünmek gerekir. Bunun için ortalama ani nötronların yaşam süresine l denilirse, ve gecikmiş nötronların ortalama yaşam sürelerine l_d denilirse fisyon ile geciken nötronların kaçması ya da yutulması süreleri arası değere

$$l_d = l + \frac{t_{1/2}}{0,693} = l + 1/\lambda$$

Nötronların Yaşam Süresi (Neutron Lifetime)

Son olarak hem ani nötronların hem de gecikmiş nötronların yaşam sürelerini eklenirse nötronların ortalama yaşam süreleri bulunur.

$$\bar{l} = (1 - \beta)l + \beta l_d = 1 + \beta/\lambda$$

Nötronların Yaşam Süresi (Neutron Lifetime)

Gecikmiş nötronlar çok küçük bir kısmı olsa da tüm nötronların ortalama nötron yaşam sürelerinde baskın durumdadırlar. Bunun sebebi $\beta/\lambda \gg 1$ olmasıdır. Gecikmiş nötronların zincir reaksiyonlarının davranışı üzerinde derin etkileri vardır. Ancak etkiler, yukarıdaki denklemlerde, kullanılan l 'nin l_d ile değiştirilmesiyle yeterli şekilde açıklanamamaktadır. Doğru yileştirme, hem hızlı hem de gecikmiş nötronların zamana bağlı davranışını hesaba katmak için bir dizi diferansiyel denklem gerektirir.