

# Reaktörler ve Tipleri

**Yazan :**

Gürcan YÜLEK  
Flz. Y. Mühendisi  
AEK

## Giriş :

Reaktör, esas olarak nükleer yakıt atomlarının bölünmesinin kontrol altında tutulduğu ve bu bölünmenin faydalı iş şekline konulduğu otomatik bir fırındır.

İlk atom reaktörü 6 Aralık 1942 de Chicago Üniversitesinde (ABD) İtalyan bilgini Enrico Fermi'nin başkanlığında kurulmuştur. Bu ilk reaktörde yakıt olarak tabii uranyum, moderatör olarak da grafit kullanılmış ve çok az enerji hasil olduğundan soğutucuya lüzum görülmemiştir. Chicago Pile No 1 (CP = 1) adı verilen bu reaktör, asken himaye ve üniversite futbol sahası altında yasak bir bölgeye inşa edilmiş ve çalışması gizli tutulmuştur, ilk çalışmalarda başarı elde edilince Fermi «İtalyan gemicileri yeni dünyaya ulaşmış ve buranın yerlilerini çok samimi bulmuştur» diye şifreli bir telgrafla durumu İtalya'daki Üniversitesine bildirmiştir. Bu ilk reaktörü diğer reaktör inşaatları takip etmiştir ve sayıları gün geçtikçe artmaktadır.

İlk reaktörlerde atom bombası imalinde kullanılacak plütonyum istihsal ediliyordu. Harpten sonra bazı memleketler sınaî maksatlar için, fisyon olayında hasil olan ısı enerjisinden faydalanmaya başladılar. Bu memleketlerin başında Birleşik Amerika, Rusya, İngiltere, Fransa ve Kanada gelmektedir.

Bütün reaktörlerde ısı, radyasyon ve fisyon-mahsullerinin her zaman kullanılış yeri olmadığından genellikle yok edilmesi istenir. Şu halde reaktörlerde bizim için faydalı iki şey mevcuttur: Isı ve radyasyon Güç reaktörlerinde ısıdan, üretici ve araştırma reaktörlerinde radyasyondan faydalanılır.

## Reaktörlerin Tipleri :

Reaktörler kendilerine has özellikleri ile tiplere (sınıflara) ayrılırlar. Meselâ reaktörün büyüklüğü; nötron akışı veya gücü cinsinden ifade edilir. Herhangi bir reaktörün hasil ettiği güç 1 MV'dan daha küçük ise «Alçak Güç» 1 ilâ 5 MW arası (Orta Güç» 10 MW veya daha fazla ise «Yüksek Güç» reaktörleri olarak sınıflandırılırlar.

Reaktörün belki en mühim özelliği nötron şiddetinin ölçüsü olan akıdır. Nötron akısı, yalnız neşredilmiş olan nötronların sayısına bağlı

olmayıp onların hızına da bağlıdır ve 1 cm<sup>2</sup> fisyon maddesi içindeki nötron sayısı ile ortalama hareket hızlarının çarpımı neticesinde tesbit edilir. Çoğu zaman cm<sup>2</sup> başına nötron sayısı olarak verilmiş olan nötron akısı «nv» şeklinde kısaltılmıştır. Reaktörün içinde her saniyede 1 cm<sup>2</sup> lik alandan milyon defa milyon nötron geçer, yani akı 10<sup>12</sup> nv. dır. Hemen hemen bütün araştırma reaktörleri bu yüksek akıya sahiptirler. Şayet akı ÖKIO<sup>11</sup> nv'nin üstünde ise bu reaktörler yüksek akı reaktörleri adını alırlar.

Reaktörler «kor»u (nüveyi) tutan kabın şekline, yakıt ve moderatör olarak kullanılan maddeye göre de isimlendirilirler: Havuz tipi, tank tipi reaktörler; grafit veya ağır su reaktörleri v.s. gibi.

Reaktörleri kullanılışlarına göre de 4 gruba ayırabiliriz. Bunlar :

### 1. Tecrübe Reaktörleri :

Bu reaktörlerin bizzat kendileri bir araştırma konusu olup yeni tip reaktörlerin modelleri üzerinde deneyler yapmakta kullanılırlar.

### 2. Araştırma reaktörleri :

Yakıt olarak uranyum çubukları kullanılan, moderatörü, reflektörü, soğutucusu ve korunma zırhı sadece adi su ve kabından ibaret olan, ilmi tecrübelerin yapıldığı reaktörlerdir. Bunda suyun kaynama noktasına kadar ısınmaya asla müsaade edilmediğinden koru tutan kabın yüksek ısı ve basınca dayanıklı olması gerekmez. Araştırma reaktörlerinde koru tutmak için 2,5 cm den daha ince aliminyum kap kâfi gelmektedir.

### 3. Üretici Reaktörler :

Bu reaktörlerde de ekseriya tabiatla bulunmayan element ve izotoplar istihsal edilirler. En fazla istihsal edilen element plütonyumdur. Plütonyum diğer reaktörlerde yakıt olarak veya nükleer silahlarda kullanılır.

### 4. Güç Reaktörleri :

Fisyon olayından çıkan büyük ısı enerjisinden faydalanarak, mekanik veya elektrik enerjisi istihsaline yarayan reaktörlere bu isim verilir.

Güç reaktörlerinde kora sevk edilen buhar ya sıcak su 260 C° veya daha yüksek sıcaklığa kadar ısıtılır. Bu ısı ya merkezî ısıtma sistemlerinde veya elektrik enerjisine çevrilerek elektrik istihsalinde kullanılır. Güç reaktörlerinde koru tutan kap en az 10 cm. kalınlığında çeliktir.

1961 yılında memleketimizde İstanbul'da Küçük Çekmece Gölü civarında 1 MW gücünde, havuz tipi, araştırma reaktörü, faaliyete geçmiştir.

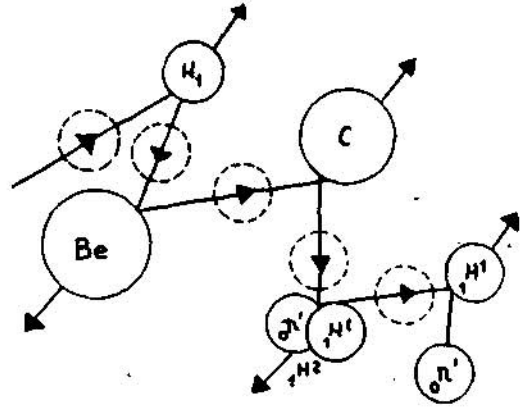
#### ARAŞTIRMA REAKTÖRLERİNDE NÖTRONLARIN ELDE EDİLMESİ - ÖZELLİKLERİ VE KULLANILDIKLARI YERLER

Berilyum atomunun çekirdeğine ya bir alfa partikülü yahut çok enerjili gama ışını çarptırılırsa nükleer reaksiyon neticesi bir nötron salınır. Bu reaksiyonlara «alfa, nötron» ( $\alpha, n$ ) veya «gama, nötron» ( $\gamma, n$ ) reaksiyonları denir. Bundan başka kafi derecede enerjiye sahip ağır hidrojen atomları birbirleri ile çarpıştırlarsa yine nötronlar hasil olur. Fakat bu yollarla çok az nötron elde edilir. Nötron kaynakları yani nötronların bol miktarda istihsal edildiği yer araştırma reaktörleridir.

Araştırma reaktörleri; temel veya tatbiki fizik, kimya ve biyoloji araştırmalarında kullanılmak üzere, nötron kaynağı ve gama radyasyonu temin etmek için tesis edilmiştir.

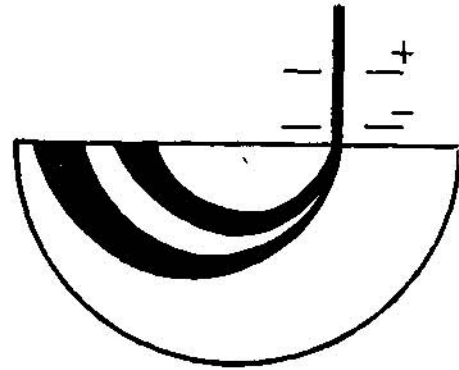
Ağır çekirdekli bir atomun (atom numarası  $Z > 92$ ) orta ağırlıkta iki atom ayrılmasına fisyon olayı denir. Fisyonun nötron hasil edilmesini ve enerji açığa çıkmasını yakıt temin eder. Yakıt için elverişli malzeme: U-235, U-233, Pu-239 dur. Pu-239 transuran bir element olup tabiiatta mevcut değildir. U-233 tabii uranyum içinde % 0,006 oranında bulunur. Pu-239, U-238'in, U-233 de Th-232 nin nötronlarla bombardımanı ile bol miktarda sun'i olarak elde edilir. Araştırma reaktörlerinde yakıt olarak en çok U-235 kullanılır. U-235 tabii uranyum içinde % 0,72 oranında mevcuttur.

Tabii uranyum içinde çok fazla bulunan U-238 yakıt olarak elverişli değildir. U-238, nötronları fisyonla uğramaksızın absorbe eder. Böylece zincir reaksiyonunu devam ettirecek nötronlar yok edilir. Yalnız yüksek hızlı nötronlar U-238 tarafından yakalanabileceğinden, nötronlar U-238 atomları ile çarpışmaya vakit bulmadan yavaşlatılır ise nötronların yok edilmesi önlenir. Bu yavaşlatma işlemi moderatör tarafından yapılır. Moderatör nötronlara karşı pasif olan fakat onlarla çarpışarak hareket enerjilerini azaltabilen bir maddedir. Bu çarpışmalar sonunda yavaşlayan nötronlar U-235 atomlarının çekirdekleri tarafından daha kolay yakalandıklarından fisyon sayısı da çoğalır. Moderatör olarak, hidrojen, döteryum, karbon ve berilyum gibi hafif atomlar kullanılır.



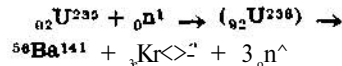
Şekil 1 Moderatörde nötronların yavaşlatılması

Eğer faydasız nötron absorpsiyonu tehlikesi çok büyük ise, yakıtın U-238 miktarını azaltacak şekilde U-235 bakımından zenginleştirilmesi icap eder. Zenginleştirme işlemi için mümkün metodlardan birisi, magnetik kütle ayırmasıdır. Bu methodda elektrik alanı içinden aynı hızla geçirilen uranyum iyonları magnetik alan tarafından, sapma yarıçapı iyon kütlesi ile orantılı olacak şekilde saptırılırlar. Böylece tabii uranyum içindeki U-235, U-238, U-233 birbirinden ayrılmış olur. Bütün izotop ayırma metodları son derece pahalıdır.

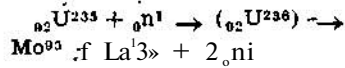


Şekil 2. Magnetik kütle ayırma

Araştırma, reaktörlerinde; U-235 üzerine yavaşlatılmış bir nötron gönderildiğinde kararsız bir element olan U-236 elde edilir ve U-236 derhal orta ağırlıkta kararlı iki elemente ayrılır. Ayrıca iki veya üç nötron ve büyük bir enerji açığa çıkar.



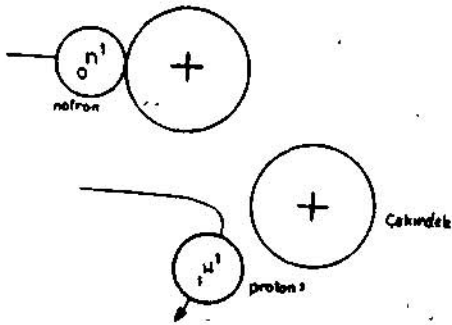
Orta ağırlıkta kararlı iki element yukarıdaki denklemde olduğu gibi kripton ve baryum, veya başka iki element meselâ molibden ve lantan da olabilir.



Fisyon olayı çok az olarak hafif nötronlarla, yüklü parçacıklarla ( $\text{H}^1$ , alfa taneciği v.s.) fotonlarla da olabilir. Bundan başka spontane fisyon denilen ağır çekirdekli atomların kendi kendine fisyonu da mümkündür.

Her uranyum atomunun fisyonundan ortalama 2,54 nötron açığa çıkmaktadır. Moderatör tarafından yavaşlatılan 2,54 nötrondan bir tanesinin eğer reaktör çalışmaya devam ediyorsa yakıtta diğer bir U—235 atomunun çekirdeğine girmesine müsaade edilir ve böylece yukarıdaki fisyon olayı devam eder. İşte bu hâdiseler serisine — Bir yavaşlatılmış nötronun U—235 atomunun parçalanması neticesi birkaç nötronun açığa çıkması ve çıkan nötronlardan bir veya birkaçının diğer uranyum atomlarına çarparak tekrar fisyon olayı meydana getirmesi ve olayın böylece devam etmesine — ZİNCİR REAKSİYONU diyoruz... Buna göre 100 fisyon uğramış uranyum atomu için 154 tane kullanılmamış nötron kalır. Bu 154 nötrondan bir kısmı reaktörün bazı kısımlarında veya uranyum tarafından fisyonla sebebiyet vermeksizin absorbe edilir. Fakat herşeye rağmen reaktörün nötron demet tüplerinde çok fazla nötron toplanır.

Nötronlar diğer temel partüküllerle mukayese edildiğinde nispeten ağırdır, bu ağırlığından dolayı çok yavaş hareket etse bile oldukça büyük bir kinetik enerjiye sahiptirler. Eğer nötronlar bir maddeyi delip geçmede mermi olarak kullanılıyorsa yavaş olarak hareketi, hedef madenin atomları ile interaksyonunu çok fazla artırır.



Şekil 3 Nötronların, çekirdeğin pozitif yükünün tesiri altında kalmaması

Nötronlar hiçbir elektrik yüküne sahip olmadıklarından atomun elektron kılıfının ve çekirdeğin pozitif yükünün tesiri altında kalmaksızın çekirdeğin içine veya yakınına kadar gelebilir.

Bu karakteristik özellikleri sayesinde nötronların diğer maddelerle çeşitli interaksyonu var-

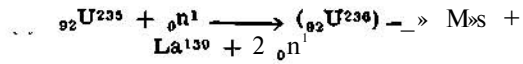
dır. Bunlardan biri «NÖTRON ABSORBSİYONU» dur. Burada nötron, hedef atomun çekirdeğine girer ve onun bir parçası olur. Böylece meydana gelen yeni izotopların radyoaktif olması sayesinde maddenin temel yapısı üzerinde daha teferruatlı çalışmalar yapılabilir. İzotoplar diğer maddelere ilâve edilerek o maddenin aktiflik ve hareketinin gözetlenmesini mümkün kılmak için radyoaktif izleyici olarak da kullanılır.

Nötronların ilimde alaka uyandıran diğer bir interaksyonunda «NÖTRON SAÇILMASI» dır. Diğer maddelerden, bilhassa kristal olanlardan nötron sıçratılabilir. Bu yolla hedef maddelerin bünyesi hakkında yeni hakikatler bulunmuştur.

### ATOM ENERJİSİNDEN FAYDALANARAK ELEKTRİK İSTİHSALI

Şimdiye kadar enerji ihtiyacımızı kömür ve petrol gibi fosil yakıt maddeleri ile karşılıyorduk. Halihazırda yeryüzünde mevcut fosil yakıt maddeleri yüz yıllık bir istikbal vadetmektedir. Buna göre atom enerjisinden faydalanarak elektrik enerjisi elde etmek bir zaruret haline gelmiştir. Bu tip elektrik istihsalı için başta Amerika Birleşik Devletleri, Rusya ve İngiltere olmak üzere birçok memleketlerde büyük güç reaktörleri kurulmuştur.

Yakıtta bulunan U—235 atomları üzerinde yavaşlatılmış bir nötron gönderildiği zaman meydana gelen bölünme :



olsun; olaydan evvel mevcut atomların kütlesi ile olaydan sonra meydana gelen atomların kütleleri mukayese edilirse görülürki; olaydan evvel mevcut kütleler toplamı, olaydan sonra meydana gelen kütleler toplamından daha büyüktür. İşte bu iki kütle arasındaki fark kadarlık kütle yok olmuştur. Yok olduğunu söylediğimiz bu kütle Albert Einstein'ın meşhur  $E = m \cdot c^2$  formülüne göre enerjiye dönüşmüştür. Bu formüle göre kütle ile enerji eşdeğerdir, yani kütle enerjiye, enerji kütleye dönüşebilir.

Yukarıdaki denkleme göre; fisyon olayında hasil olan enerjiyi hesaplayalım :

U—235	=	235,124	M <sub>C</sub> <sup>85</sup>	=	94,945
<sub>0</sub> n>	=	1,009	L <sub>139</sub>	=	138,955
	+		2 <sub>0</sub> ni	=	2,018
		236,133	+		235,918

(kütle farkı)  $m = 0,215$  akb (—atomik kütle birimi)

$E = m \cdot c^2$  den,  $E = 202,2$  MeV. dur.

Demek ki her uranyum atomunun fisyonundan ortalama olarak 202 MeV. luk enerji hasil olmak-

tadır. Halbuki bir molekülün yanmasından 3 veya 4 eV.'luk bir enerji meydana gelir. Yani fisyon olayı, yanma olayından 50.000.000 defa daha büyük bir enerji hasil etmektedir.

-Fisyon enerjisi çok çeşitli-hallerde bulunur:

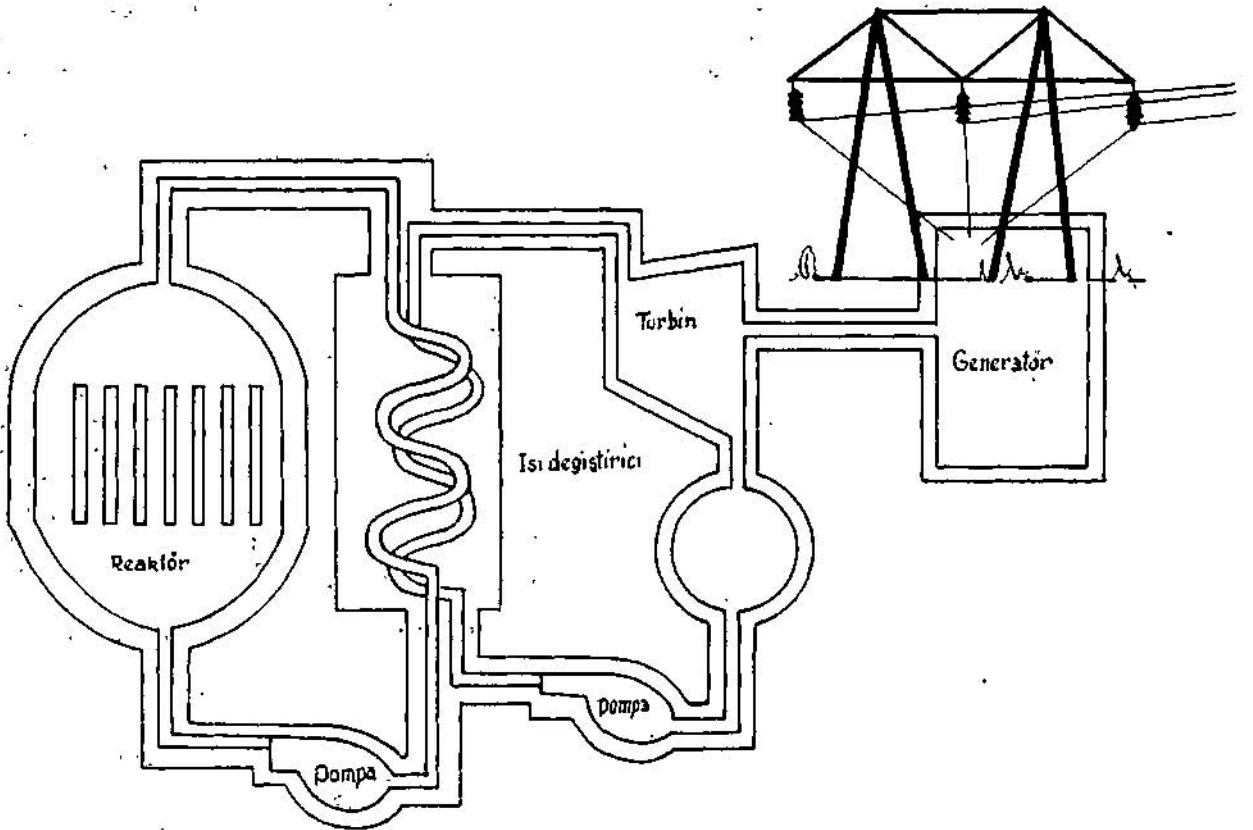
- 1 - Fisyon mahsullerinin kinetik enerjisi halinde; (168q: 5) Mev.
- 2 - Nötronların kinetik enerjisi halinde; 5 = 0,5) Mev.
- 3 - Fisyon sırasında çıkan gamaların enerjisi halinde; 4,6 = 1 Mev.
- 4 - Fisyon mahsullerinin kararlı hale geçerken - çıkardıkları beta'nın kinetik enerjisi 7 MeV., gamaların 6 MeV.-dir.
- 5 - Nötronların kinetik enerjisi halinde 11 MeV.

Nötrinolann enerjisi madde ile reaksiyon vermeyen durdurulup yavaşlatılmayan bir enerjidir yani -nötrinolann enerjisinden hiçbir şekilde faydalanamaz. Geriye kalan 190 -191 MeV. luk

ısıya dönüştürülebilir. Bu -herbir fisyon başına çıkan büyük enerji reaktörün moderatörünü ısıtır. Yani kinetik enerji (hareket enerjisi), ısı enerjisine dönüşür. Enerji üreten reaktörlerde moderatör, fisyon olayın aldığı ısı ile su banyosunda su banyosundan geçerken bu ısıyı su banyosundaki suya devreder. Yani moderatör, ısıyı elektrik enerjisi haline getirecek jeneratör grubu ile reaktör arasında aracılık eder. Böylece su banyosundaki su buhar olur ve türbinleri çevirir.

Yakıt içerisinde depolanmış enerji fisyon olayı sayesinde ısıya, enerji dönüştürücüler sayesinde de elektrik enerjisine çevrilir.

Memleketimizde atom enerjisinin en büyük ekonomik fayda temin edecek cephesi kısa bir gelecekte atom santrallerinin kurulmasıdır. Yapılan etüdlere göre memleketimizin 1970-1975 yılları arasında elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamakta atom enerjisinden faydalanılması uygun görülmüştür.



Sekil 4 -Atom enerjisinden faydalanılarak elektrik istihsalı