

ENDÜSTRİ ÖLÇMELERİNDE RADYOİZOTOP TEKNİĞİ

Serhat ŞEKER

İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi

Elektrikte Nükleer Güç Birimi

Nükleer teknolojinin hızla gelişmesi nükleer güç santralleri üzerine yapılan yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları yeni bir endüstri dalının kurulmasına neden olmuştur. Bu yeni endüstri radyoizotopların endüstride kullanılması diye tanımlamak mümkündür.

özellikle 20. yüzyılın ortalarından itibaren nükleer reaktörlerde fisyon ve nötron bombardımanı ile oluşturulan radyoizotopların, tehlikeli ve zararlı olarak bilinmelerine karşı, araştırmacı ve mühendislerin bu konuda yaptıkları çalışmalar sonucu radyoizotoplar, endüstrinin vazgeçilmez aracı olarak kabul edilmiştir. Geliştirilen teknoloji ile radyoizotopların endüstride kalite ve proses kontrolünde kullanılması, bazı durumlarda tek çözüm bazı durumlarda da en ekonomik ve duyarlı çözüm olması bakımından endüstrinin vazgeçilmez unsuru haline gelmiştir. Radyoizotop tekniği uygulamalarını iyi bir şekilde anlayabilmek için ise radyoaktivite ve radyasyonun madde ile etkileşimini tanımak gerekir. Bu nedenle yukarıda sözü geçen konular, bu yazıda çok kısa olarak tanıtılacaktır.

Kararsız çekirdek yapılarının birtakım ışınlar yayımlayarak niteliklerini değiştirmeleri olayına radyoaktivite, bu tür çekirdeklere (Atom Çekirdeği) ise radyoaktif çekirdekler denir.

Ancak bu kararsız yapılar doğal veya yapay türde olabilirler. İşte bu nedenle ışın yayımlayan radyoizotop doğada bulunuyorsa ya da doğada bulunan radyoizotopların bozunmasından oluşuyorsa buna "doğal radyoaktiflik" denir. Eğer radyoizotop yapay olarak nükleer reaktörlerde ışınlanarak üretiliyorsa buna da "yapay radyoak-

tiflik" denir. Yayımlanan ışınlar ise α , β ve γ diye isimlendirilir ve sırasıyla helyum çekirdeği, elektron ve foton karakterine sahiptirler. Yukarıdaki tanıma uygun olarak, radyoaktif çekirdeklerin zamana göre değişimi ise üstel bir azalma ile

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

şeklinde verilebilir. Burada;

N_0 : başlangıçtaki çekirdek sayısı

λ : bozunma sabiti

t : bozunuma uğrama zaman aralığı

Buna göre, ortalama ömür bozunma sabitinin tersi olup,

$$T = \frac{1}{\lambda}$$

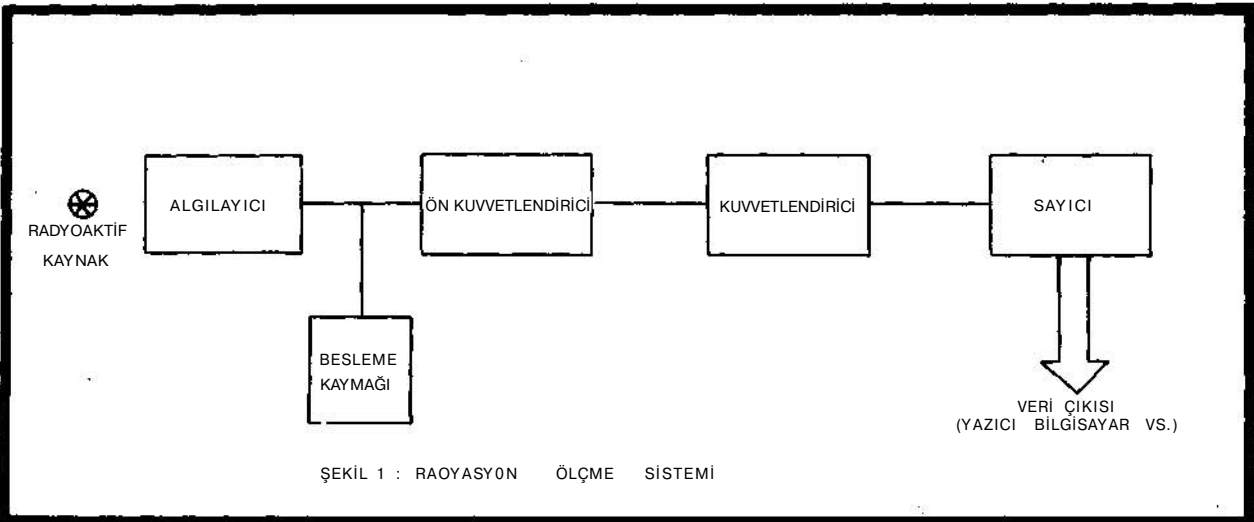
şeklinde dir. Yan ömür ise,

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$$

olarak verilebilir.

Radyoaktivite birimi ise Cruie olup, 1 Curie - $3,7 \cdot 10^{10}$ bozunum olarak tanımlanır. Ancak son zamanlarda kabul edilen radyoaktivite birimi ise Becquerel'dir. (Bq) ve 1 Bq - bozunum/sn, olarak tanımlanmıştır.

Radyoaktiflik ve radyoaktivite biriminin bu şekildeki kısa tanımından sonra endüstriyel uygulamaların temelini oluşturan radyasyonun madde ile etkileşiminden artık, söz edilebilir. Çünkü nükleer tekniklerin uygulamalarında



ŞEKİL 1 : RADYOASYON ÖLÇME SİSTEMİ

kullanılan algılayıcı sistemler bu temel ilkeler üzerine işlev görmektedirler. Fakat burada da bilinmesi gereken konu, algılayıcı sistemlerin radyasyonu ne şekilde algılayıp değerlendireceğidir. Bu durum radyoaktifliğin bir özelliği olup, ortaya çıkan radyoaktif ışın türlerine bağlıdır. Çünkü; et, p ve y gibi ışınlar elektriksel yük bakımından farklı özelliklere sahip olduğu için bunların ortam ile olan etkileşimleri de farklı türlerde olacaktır, örneğin, ot ve p parçacıkları elektriksel olarak sırasıyla (+) ve (-) yük karakterinde olduğundan, algılayıcı (dedektör) içindeki ortamda iyonizasyona neden olabilirken 7 ve X ışınları elektrik yükü taşımadıkları için iyonlaştırıcı radyasyon olarak tanımlanamazlar. Ancak, bu ışınlar maddeden geçerken fotoelektrik olay, compton saçılması ve çift oluşumu ile meydana getirdikleri elektronlarla dolaylı yoldan iyonizasyona neden olurlar.

Radyasyon algılayıcıları, ilke olarak bu iyonlaşma etkisine göre tasarlanmış olup; iyon odaları, sintilasyon sayaçları (parıldamalı algılayıcılar) ve yarı iletken algılayıcılar şeklinde isimlendirilirler. İyon odaları; iki elektroda sahip gaz ile doldurulmuş doğru akım kaynağı ile beslenen bir kapsülden meydana gelmiştir. Gazın içinde radyoaktiviteden doğan parçacıkların iyonizasyon etkisiyle pozitif iyonlar katoda elektronlar ise anoda doğru hareket ederek elektrik akımını oluştururlar. Sintilasyon sayaçları ise iki kısımdan meydana gelir. Sintilatör denilen birinci kısmında luminans etkisi oluşturulur. Fotoçoğaltıcı adı verilen kısımda da ışık sinyalleri, çoğaltılarak elektriksel işaretlere dönüştürülür. Yarı iletken algılayıcılar; katı hal iyonizasyon odaları olarak da düşünülebilir. Katı hal algılayıcılarında da, sintilasyon algılayıcılarında olduğu gibi, gelen radyasyon kristal ile etkileşerek enerjisini kaybeder. Bu etkileşmeler sonucunda kristal atomlarından kopartılan yüksek enerjili elektronlar diğer elektronlarla etkileşerek elektron-boşluk yani iyon çiftleri meydana getirirler ve yaklaşık olarak 10^{-12} sn. gibi çok kısa bir süre içinde olay kararlı hale gelir. Biriken bu yük dışardan uygulanan bir elektrik alanı ile kristal boyunca sürüklenir ve elektriksel bir işaret elde edilir.

Buraya kadar radyoaktivite ve radyasyon algılayıcıları hakkında yapılan bu kısa tanıtım aracılığı ile elektromagnetik radyasyon (y ve X ışınları) veya yüklü parçacıklarla (a, P) yapılan çalışmalarda kullanılan ölçme sistemlerinin genel blok şeması Şekil 1 'deki gibi verilebilir.

Prensip şeması yukarıda verilen radyon ölçme sistemleri, endüstride kalınlık, yoğunluk, seviye ve nem ölçümleri gibi problemlerin radyoaktif ışınlar yardımı ile duyarlı bir şekilde çözümlenmesine yarayan cihazlardır. Böyle bir sistemin kurulması, birçok bilgi alanının birarada bulunmasını gerektirmesine rağmen burada okuyucuya kolaylık sağlaması açısından genel özellikler çerçevesindeki bir tanıtım söz konusudur.

Çoğu zaman herhangi bir özelliğin ölçümü için kullanılacak sistemin seçimi gerekli olur. Bu durumda ideal seçim, ölçme sisteminin duyarlı ve güvenilirliği ile birlikte kullanılacak radyoizotopun ne olacağı, sistemin maliyeti, ölçüm kolaylığı ve radyasyon güvenliği konuları da göz

önüne alınarak yapılmalıdır. İşte bu faktörler içinde önemli bir yere sahip olan radyoizotop seçimi ya da diğer bir deyişle radyoizotopun ışın türüne göre belirlenmesi, radyoaktif ışınların madde ile etkileşimine sıkı sıkıya bağlıdır. Çünkü kullanılacak yöntem radyoaktif ışın demetinin malzeme içinden geçmesi şeklinde tanımlanan geçirgenlik prensibine göre olacaksa, burada ot, (5 ve y ışınlarının madde içindeki ulaşım uzaklıkları önem kazanacaktır. Böylece, herbir ışın türü ayrı bir ölçme özelliğine sahip olacaktır, örneğin, alfa parçacıklarının malzeme içindeki ulaşım uzaklığı (Menzil) çok küçük olduğundan ancak birkaç santimetre kalınlığındaki gazların özelliklerinin ölçülmesinde kullanılırlar.

Beta parçacıkları ve elektronların uygulama alanı ise birkaç mm. kalınlığında sıvı ve katı malzemelerdir. Gama ışınları ve nötronlar ise birkaç cm. kalınlığına sahip sıvı ve katı malzemeler için kullanılır. Ancak radyasyon ile ölçüm sisteminde, p, y veya X ışınlarının maddeden geçmesi prensibi aynıdır. Dolayısıyla, burada en doğru sonucu verecek ideal soğurma katsayısının bulunmasında fayda vardır. Maddeden geçen radyasyon şiddetinin, üstel olarak azalmasından yararlanarak, tek enerjili y ve X ışınları için,

$$R = R_0 e^{-\mu x}$$

bağlantısı geçerli olur. (P'lar için deneysel bir formül vardır) burada,

R: Kaynak ve algılayıcı arasındaki X yoğunluk kalınlığındaki malzemeden elde edilen sayım

RQ: Arada malzeme olmadan elde edilen sayım

μ : Soğurma katsayısıdır (cm^2/gr)

Bu ifadenin geçerli olduğu sistem, Şekil 1 'deki sistemi gibi bir düzenekle gerçekleştirilebilir. Radyoizotop seçimi ise μ . veya % λ birinin bilinmesi durumunda

$$\mu - X = 2$$

bağlantısına göre yapılır.

Radyoizotop seçiminde kullanılacak, radyoizotop tablolarında elemanın yarı ömrü, yayımladığı enerji türü (a, (5, y gibi) ve enerjinin büyüklüğü verilirken aynı zamanda yarı kalınlık ($x_{1/2}$) da verilir. İşte bu yarı kalınlık ölçüsüne göre radyoizotop seçimi kolaylıkla yapılabilir. Daha önce verilen,

$$\mu - X = 2$$

temel bağıntısında, yoğunluk kalınlığı olarak tanımlanan

X, p yoğunluğundaki ve d kalınlığındaki bir malzeme için

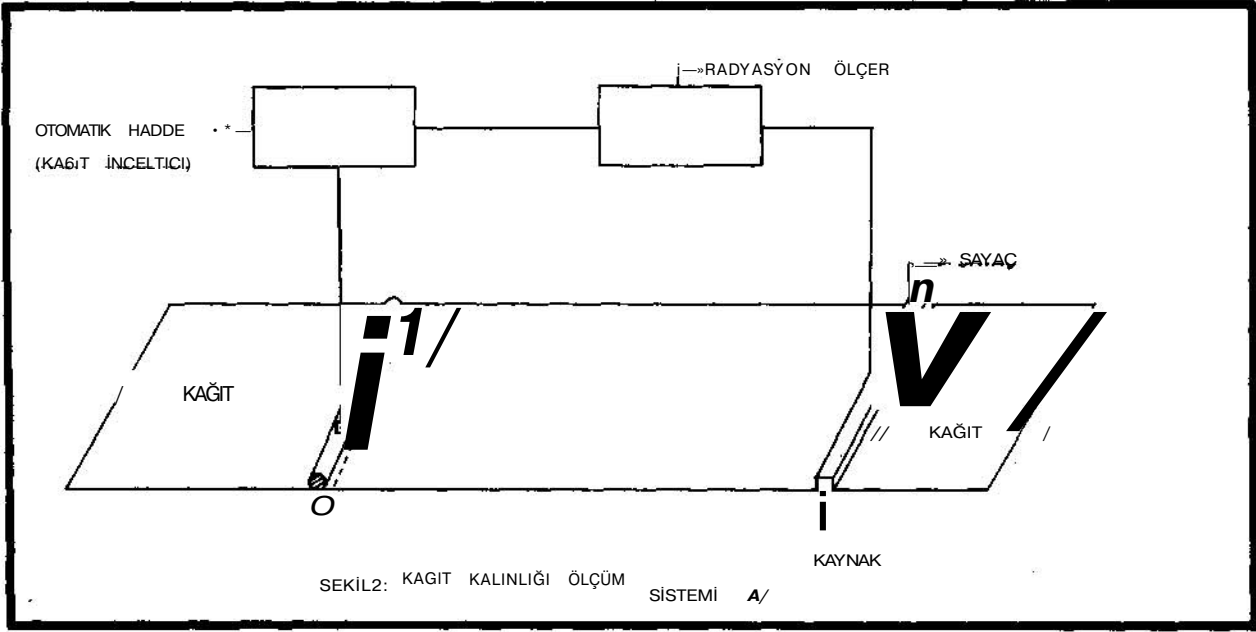
$\mu = p \cdot d$ şeklinde verilirse, soğurma katsayısı

$$2$$

hesaplanabilir. Buradan,

$$\mu - x_{1/2} = 0.693$$

formülüne göre de $x_{1/2}$ bulunarak radyoizotop seçimi



kullanılan tablodan, yarı kalınlık sonucuna göre yapılabilir.

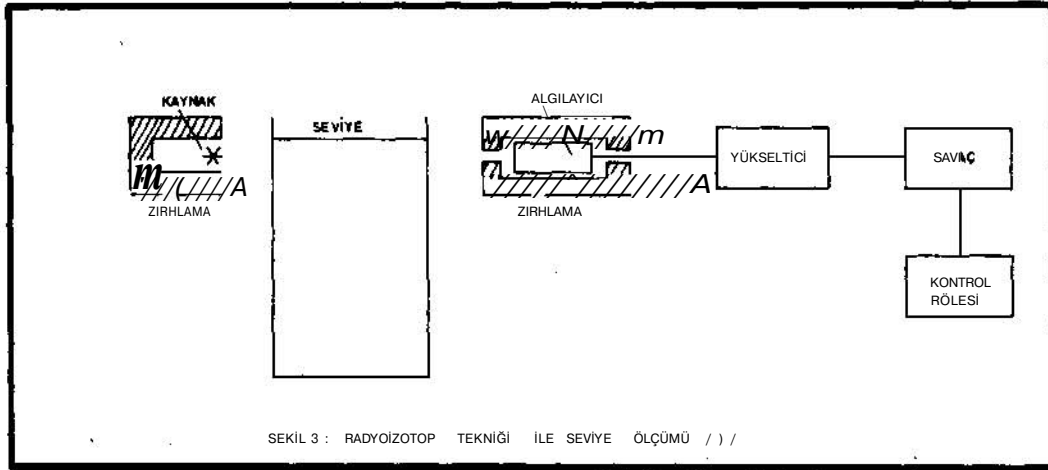
Şimdiye kadar radyoizotop seçimi ve ölçme sisteminin tasarımı hakkında verilen temel bilgileri kullanarak, (J radyasyon kaynağı ile levha malzeme kalınlığının ölçülmesi gerçekleştirilebilir. Böyle bir uygulamada malzeme genellikle kaynak ile iyon odası arasına yerleştirilir.

X yoğunluk kalınlığındaki, p yoğunluk terimi ölçüm sırasında sabit kalacağından değişim doğrudan kalınlıktan dolayı gelecektir. Bu tür kalınlık ölçme sistemlerinde,

yasyon sayımında artış gözlenecek dolayısıyla seviye kontrolü için gerekli uyarı yapılabilecektir. Bu yöntem daha önce bahsedilen geçirgenlik prensibinin değişik bir uygulamasıdır. Çünkü, kaynaktan çıkan ışımaya belirli bir sıvı kalınlığı geçtikten sonra algılayıcıya ulaşmaktadır.

Bu şekilde seviye ölçümleri kaynak ve algılayıcı sistemin değişik durumları ile çok farklı şekillerde kurulabilir.

Bu yazıda çok kısa olarak tanıtılan radyoizotop tekniği yoğunluk ölçümlerinde, nem ölçümlerinde, aşınma ölçümlerinde (makina elemanlarının aşınmasında) kaçak tayini ve akışkan hızı gibi ölçmelerde de kullanılabilir-



levha malzeme yoğunluğu, levha malzeme yapısı, Kaynak ve algılayıcı arasındaki hava yoğunluğu, kaynak ve algılayıcıya göre levhanın konumu, kaynak algılayıcı uzaklığı ve kaynak şiddeti gibi ölçümleri etkileyecek faktörlerin çok iyi kontrol edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekir. Şekil 2'de böyle bir sistemin kağıt kalınlık ölçümündeki uygulaması görülmektedir.

Diğer bir uygulama olarak seviye ölçümü ise Şekil 3'de gösterilmektedir. Burada seviyenin değişmesiyle rad-

te olup klasik yöntemlerle beraber endüstride kolaylıkla uygulanabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ali Nazmi BİLGE, "Nükleer Tekniklerin Endüstride Uygulanması", Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Bilimsel Yayın No: 1, 1985.
2. A. KLIMOV, "Nuclear Physics and Nuclear Reactors", Mir Publishers, 1975.