

Nükleer Elektronığe Genel Bir Bakış

Dr. ERTUĞRUL YAZGAN
Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi

ÖZET

Nükleer elektronik cihazlar parçacık veya elektromagnetik radyasyon akısının şiddetini ölçer ve radyoaktif kaynakların bileşenlerini tipine, enerjisine ve birbirlerine nazaran meydana geliş zamanlarına göre analiz eder.

Bu yazıda Nükleer Elektronik cihaz ve metodların kısa bu özeti verilmektedir.

SUMMARY

Nuclear Electronic devices measure the intensity of a particle or an electromagnetic radiation, and analyze the components of the radioactive sources according to types, energies and relative times in occurrence.

In this article a brief summary of the nuclear electronic instruments and methods are given.

1. GİRİŞİ :

Nükleer sahadaki problemleri incelemekte kullanılan elektronığe kısaca nükleer Elektronik ismi verilir. Nükleer Elektronik cihazlar genellikle, elektron proton, nötron ve fisyon ürünleri gibi parçacıkların veya gama ve x ışınları gibi elektromagnetik radyasyonların meydana getirdiği akıların (Flux) şiddetini ölçmekte veya bunların birbirlerine nazaran meydana geliş zamanlarını, enerjilerine ve tiplerine göre radyoaktif maddenin bileşenlerini analiz etmekte kullanılırlar. İncelenen, parçacık veya elektromagnetik radyasyonların (Bundan sonra kısaca «Radyasyon» diye belirtilecektir) enerjileri bir elektron - voltun küçük bir kesrinden başlayarak GeV mertebesine kadar uzanabilir. Bir radyasyon akısı içine yerleştirilen bir veya birkaç dedektörün çıkışlarında elde edilen elektrikli darbelerin genlik analizi yapılarak radyasyonun enerji distribüsyonu elde edilebilir. Koincidens ölçüleri yardımıyla da radyasyonun karakteri hakkında bilgi edilebilir.

Yukarıda bahsedilen ölçülerin yapılabilmesi için radyasyonun varlığını elektronik olarak ölçebilmeğe imkân veren akım veya gerilim değişimi haline çevirmeğe ihtiyaç vardır. Bu gayeyi gerçekleştiren cihazlara «Detektör» İsmi verilir. Böylece elektrikli darbeler elde edildikten sonra bunların genliklerinin, aralarındaki sürenin ölçülmesi, belirli bir zaman aralığındaki adedinin sayılması v.s., elektronik bakımından mümkün olur,

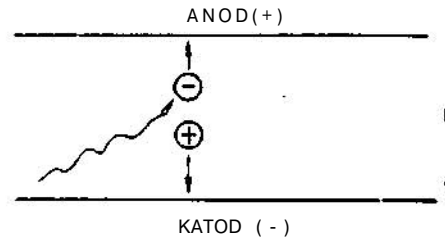
2. DETEKTÖRLER :

Detektörler kısaca içersinden geçen bir radyasyonun enerjisinin hepsini veya bir kısmını elektrikli işaret haline geveren cihazdır diye ta-

rif edilebilir. Eğer detektör çıkışından elde edilen elektrikli işaretlerin genliği, içersinden geçen radyasyonun detektörde kaybettiği enerjiyle orantılı ise bu tip detektöre lineer detektör ismi verilir. Bu gruba iyon odaları, orantılı, sintilasyon ve katı hal detektörleri girerler. İçersinden geçen radyasyonun kaybettiği enerjiyle orantılı çıkış işareti vermeyen detektörlere ise lineer olmayan detektörler ismi verilir. Bu tip detektörlere en tipik misal Geiger - Müller tipi detektördür.

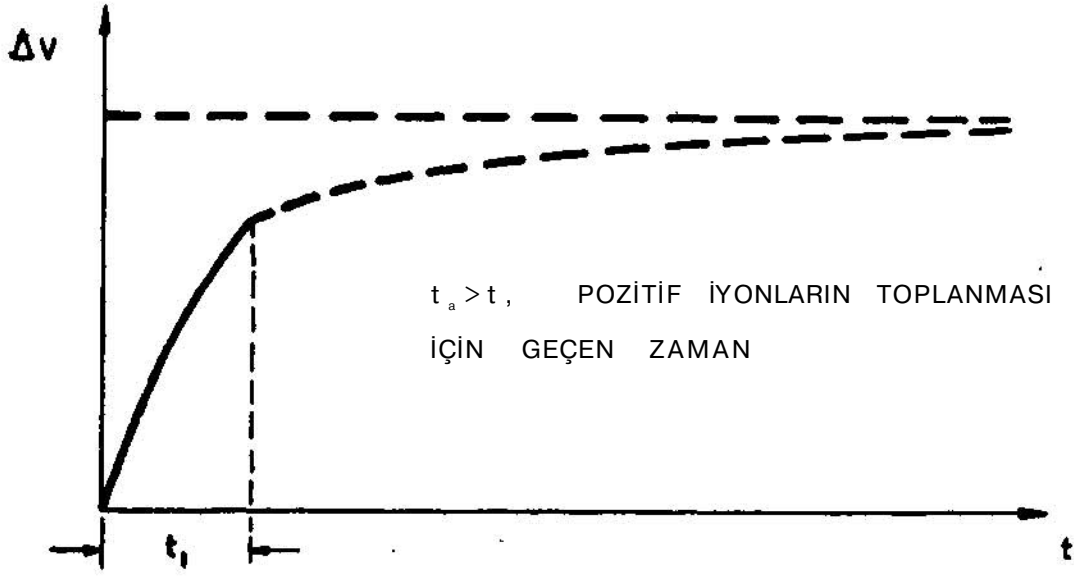
İyonizasyon Odalı Detektörler :

Bu tip detektörler radyasyon detekte edilmek için kullanılan en eski tip detektörlerden biridir. Prensipte olarak uçlarına bir E gerilimi tatbik edilmiş bir çift elektrot ihtiva ederler. (Şekil 1).



SEKİL (1) İYONİZASYON ODASINDA, BİR YÜKLÜ PARÇACIĞIN GEÇMESİ İLE ELEKTROTLARDA YÜK BİRİKMESİ

Bu elektrotların bulunduğu ortam bir gaz ile doldurulmuştur. Yüklü ve kâfi enerjisi olan bir parçacık bu ortamdan geçerse gaz moleküllerinden bazılarının elektronlarını koparır ve pozitif, negatif iyon çiftleri meydana getirebilir. Bu

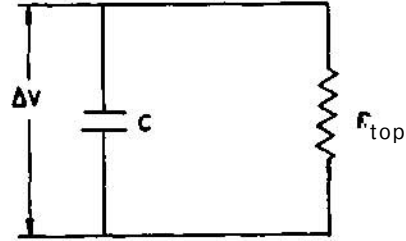


ŞEKİL (2) ELEKTROTLAR ARASINDAKİ
GERİLİMİN ZAMANA GÖRE
DEĞİŞMESİ

İyonların negatif yüklü olanı anoda pozitif yüklü olanı ise katoda gidecektir. Elektrotlar arası kapasite C ile ve İyonların anod ve katod üzerinde meydana getirecekleri yük Q ile gösterilirse elektrotlara uçlarındaki gerilimde $AV = Q/C$ ile ifade edilebilen bir gerilim değişmesi elde edilir. Bu değişimi elektronların pozitif İyonlara nazaran çok daha hızlı hareket edebilmeleri nedeniyle zamana göre önce oldukça ani bir yükselme (elektronlar toplanıyor, t_x) sonra tedrici bir yükselme şeklinde (pozitif iyonlar toplanıyor, $t_j > t_x$) görülecektir. (Şekil 2) Genellikle t_j süresinde AV gerilimindeki değişme t_j süresindeki değişmeye nazaran ihmal edilebilecek mertebededir. O halde t_{11} darbenin meydana gelmesi için geçen süre olarak isimlendirilebilir.

Elde edilen AV gerilimi detektörün çıkış uçları arasındaki efektif kapasite (C), kaçak direnci, ve bağlanacağı devrenin giriş direnci

(Her iki direncin eşdeğerini R_{top} olarak gösterelim) gibi tesirlerden dolayı sabit kalmayıp $R_{top} \cdot C$ nin değerlerine bağlı olarak azalacaktır. (Şekil 3). $R_{top} \cdot C$ zaman sabitini darbenin teşekkül etmesi için gerekli zamana göre büyük seçerek, bir parçacığın detektörün içinden geçmesi ile elde edilen gerilim değişmesi detektör çıkışında bir gerilim darbesine tekabül ettirilebilir.



ŞEKİL (3) İYONİZASYON ODASININ
ÇIKIŞINDAN GÖRÜLEN
DEVRENİN EŞDEĞER
SEMASI

İntegre edici tipteki iyonizasyon odalarında ise, R_{top} direncinin değeri çok büyük yapılır, böylece çıkışta darbe değil işaretlerin toplamı elde edilir.

Nükleer Elektronikte bazen yüksüz bir parçacık olan nötronların da detekte edilmesi istenir. Meselâ reaktörlerde nötron sayısı güvenlik maksadıyla devamlı takip edilir. Nötronları gazlarda iyonizasyon meydana getirmedikleri için

klasik iyon odaları kullanarak detekte etmek mümkün değildir. Nötronlar yüksüz olmaları sebebiyle çekirdek ve elektronların alanından müteessir olmadan çekirdekte reaksiyona girebilirler. Bu reaksiyon sonunda elde edilen radyasyondan istifade edilerek nötronların deteksiyonu mümkün olur. Nötronların deteksiyonu için geliştirilmiş olan iyonizasyon odalarında nötronların yüklü parçacıklar meydana getirmesini sağlamak maksadı ile odanın içi meselâ B^{10} ile kaplanmıştır. Nötronların B^{10} ile reaksiyonları sonucu olarak alfa parçacıkları meydana gelir ve bunlar da gaz ortamda iyonizasyon meydana getirirler.

Orantılı Sayıcılar :

Bu tip sayıcılar iyonizasyon odası tipindeki sayıcılara benzerler. Fakat gaz çoğaltması olayından istifade ettikleri için çıkışta elde edilen işaretin genliği iyonizasyon odası çıkışından elde edilen genliğe nazaran çok daha büyüktür. Elektrotlara tatbik edilen gerilimin değeri bir yüklü parçacığın ortamda iyonizasyon esnasında hasıl ettiği elektronun enerjisi, bu elektron diğer gaz molekülleri ile çarpıdığı esnada onlardan elektron kopartabilmeyi mümkün kılacak değerde olmalıdır. İyonizasyon odalarında olduğu gibi elde edilen darbeler radyasyon enerjisi ile orantılıdır.

Geiger Sayıcılar :

Bunların çalışma tarzı da prensip olarak iyonizasyon odalarına benzer, fakat elektrotlara tatbik edilen gerilim o değerdedir ki meydana gelecek bir İyon çifti ortamda tam bir deşarj başlatabilir. O halde çıkışta elde edilen darbenin genliği ortamdaki geçen parçacığın ortamda bıraktığı enerji ile ilgili olmayıp daima belirli bir değerdedir. Genellikle Argon - Metflane, Helium - ethane ile doldurulur. Halojeni! olanlarda vardır. Bunlar daha küçük gerilimlerde çalışırlar.

Sintilasyon Sayıcıları :

Günümüzde geniş bir şekilde kullanılmakta olan detektör tipidir. Çalışma prensibi NaI, ZnS, Antrasen v.s. gibi sintilasyon fosforu İsmi verilen bazı maddelerin üzerine bir radyasyonun düşmesi esnasında bir ışık kıvılcımı yaratmaları hadisesine dayanır. Bu ışıldamalar bir fotomultiplier tübünün katoduna düşürülür ve elde edilen elektronlar çıkıştan çoğaltılmış olarak alınır.

Fotomultiplier tüplerinin kazançlarının yüksek ve hızlarının fazla olması ve fosforda elde edilen ışığın yok olma süresinin çok küçük olması nedenleriyle, saniyede 10⁸ mertebesinde sayını yapılması istendiğinde bu tip detektörler rahatça kullanılabilir.

İstenilen şekilde İşlenilmesi mümkün olan plastik kristalin yapılması ile sintilasyon detektörlerinin kullanıma sahaları genişletilmiştir. Tütium (H3) ve (Karbon 14) radyasyonundan çıkan alçak enerjili beta parçacıklarının eayıranda, sıvı tipli sintilasyon detektörleri geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

Yan İletken Detektörler :

Prensip olarak, yan İletken bir detektörü, kristal bir ortamın İyonizasyon odası olarak kullanıldığı detektördür diye tarif edebiliriz. Meselâ N ve P tipi silikon parça bir jonksiyon teşkil etmek üzere birleşmiş; ye ters yönde bir gerilim ile polarize edilmiş olsunlar. Bu durumda geçen akım sadece azınlık taşıyıcılarına aittir ve çok küçüktür. Herhangi bir noktada radyasyon tesiriyle bir İyon çifti meydana getirilince, şayet bu nokta jonksiyona, dlfüzyon mesafesinden daha yakınsa bu yükler akımda bir değişiklik meydana getirir ve bu değer ölçülerek radyasyon şiddeti hakkında bir fikir elde edilir. Bu konuda araştırmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir.

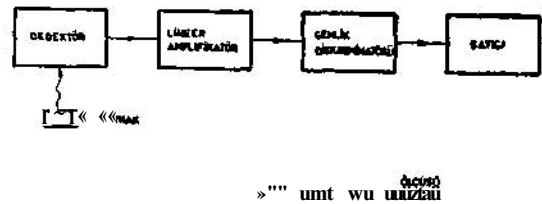
3. İŞARET GENLİĞİNİN KUVVETLENDİRİLMESİ :

Detektör çıkışında elde edilen İşaretin mertebesi kullanılan detektörün tipine, fiziki büyüklüğüne ve elektrotlara tatbik edilen gerilimin değerine göre mikrovoltlar mertebesinde başlayıp, voltlar mertebesine kadar uzanır. İşaretin analiz edilebilmesi için tüplü sistemlerde bir kaç 10 Voltlar ve transistorlu sistemlerde ise bir kaç voltlar mertebesine yükseltilmesi gerekmektedir. Bu maksat için kullanılan darbe amplifikatörlerinin en mühim özellikleri yapılan ölçünün tipine de bağlı olarak lineerlik ve stabillitedir.

4. ANALİZÖRLER :

Darbe Genliğinin AmUğ :

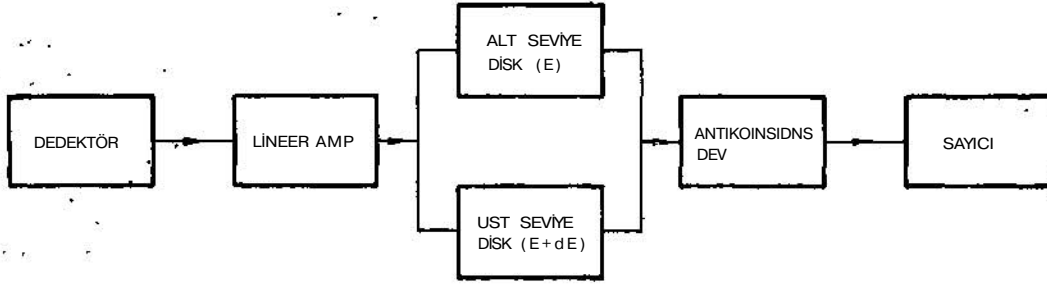
Darbe genliğinin analizini yapabilen sistemlere Darbe Genlik Analizörleri adı verilir. Böyle bir sistem yardımıyla bir radyoaktif kaynağın enerji spektrumu elde edilebilir. Genel olarak bu tip ölçüler integral ve farksal (differansiyel) olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Şekil - (4) de toplam radyoaktivite ölçüsü yapılabilen bir sistem görülmektedir.



Burada detektörden çıkan darbeler lineer amplifikatör yardımıyla kuvvetlendirilip genlik diskriminatörüne tatbik edilir. Genlik diskriminatörü belirli bir seviyenin üzerindeki darbelerin, sayıcı yardımıyla sayılmalarını temin etmiş olur. Böylece istenmeyen işaretler de elimine edilebilir. Genlik diskriminatörünün seviyesini muhtelif seviyelere ayarlayarak toplam enerji dağılımı $N = f(E)$ elde edilir. Burada N darbe sayısını E ise enerjiyi göstermektedir. Farklı enerji spektrumu ise $N = f(E)$ ifadesinin E ye nazaran türevi alınarak bulunabilir:

$$\frac{dN}{dE} = r(E)$$

Bu işlemi grafiksel metodlar yardımıyla da yapmak mümkündür. Elektronik olarak gerçekleştirilen sistem Şekil - (5) de gösterilmiştir.



ŞEKİL (5) - FARKLI RAYOAKTİVİTE ÖLÇÜSÜ YAPAN DARBE GENLİK ANALİZÖRÜ

Aralarında dE enerji seviye farkı bulunan iki genlik diskriminatörüne lineer amp. yardımıyla kâfi derecede kuvvetlendirilmiş olan detektör çıkışındaki işaretler tatbik edilir. Her iki diskriminatörün çıkışı bir antikoinsidens devresine tatbik edilmiştir. Eğer darbenin genliği E den küçük veya $E + dE$ den büyük ise antikoinsidens çıkışından bir işaret elde edilemez. Eğer E den büyük fakat $E + dE$ den küçük ise antikoinsidens'in çıkışında bir darbe elde edilir ve bu işaret sayıcı tarafından kaydedilir. Enerji spektrumunu elde etmek için bu ölçmenin E 'nin muhtelif değerleri için tekrarlanması gerekir.

Tek kanallı analizörlerin en mahzurlu tarafı ölçü yapmak için gerekli zamanın uzun olmasıdır. Radyoaktif kaynağın radyoaktivitesinin zamanla eksponansiyel bir şekilde azaldığı düşünülürse yan ömrü az olan numunelerde elde edilen neticeler hakikatten uzak olabilir. Bu sayılan mahzurlar çok kanallı darbe genlik analizörlerinin kullanılması ile ortadan kaldırılmıştır.

Çok Kanallı Darbe Genlik Analizörleri :

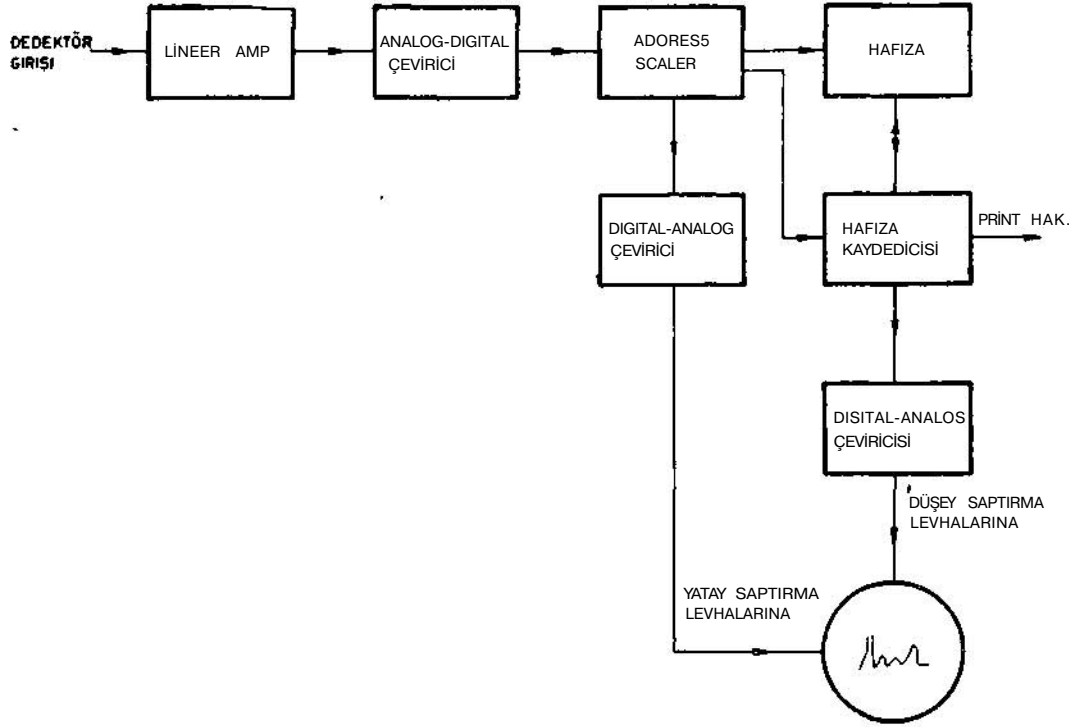
Bu tip analizörlerde detektör çıkışında elde edilen her darbe genliğiyle ilgili olarak uygun bir şekilde depolanır ve istenirse aynı anda spektrumunu osiloskopta görülebilir veya kâğıda kaydedilebilir. Böyle bir sistemin blok şeması (Şekil 6) da gösterilmiştir.

Detektör çıkışından elde edilen darbe lineer amplifikatör yardımıyla kâfi miktarda yükseldikten sonra Analog-dijital çeviricinin girişine tatbik edilir. Bu çevirici çalışma prensibi bakımından muhtelif tipler arzeder, en çok kullanılanlardan biri girişine tatbik edilen darbenin genliğiyle orantılı olacak şekilde darbeler zinciri veren bir sistemdir. Bu darbeler ardarda ballanmış olan flip-flop devrelerle teşkil edilmiş olan Adress Scaler devresine verilir. Bu devre işaretin hangi kanala gitmesi gerektiğini tesbit

eder, ve böylece kanalı tesbit edilen işaret hafızada alt olan yere kaydolunur. Hafıza Registri yardımıyla hafıza devamlı okunur ve işaretin gelmiş olduğu kanalda daha evvelden kaydedilmiş değere bir ilâve, bu devre yardımıyla yapılır. Digital-Analog devreler ise dijital formda olan işareti analog forma çevirirler ve böylece skop ekranında spektrumun görülmesi mümkün olur.

Zaman Analizörleri ;

Nükleer Fizikte, detektörler yardımıyla elde edilmiş olan darbelerin meydana geliş zamanları arasındaki münasebeti inceliyerek meselâ bir parçacığın hızının ölçülmesi, birbiri ardısıra vuku bulan hadiseler arasındaki münasebetlerin aranması v.s. gibi problemlerin incelenmesi zaman analizörleri ile yapılabilir. Bu tip devreler detektör çıkışlarının bağlanacağı girişler ve bir de çıkıştan ibarettir. Bütün girişlerde eğer darbe mevcut ise çıkıştan bir darbe elde edilir. Aksi durumlarda çıkışta işaret mevcut değildir. Girişlere gecikmesi ayarlanabilir, geciktirici dev-



ŞEKİL (6) ÇOK KANALLI DARBE ANALİZÖRÜNÜN ŞEMASI

reler konularak kolnsidens ölçmeleri yapılır ve bu yolla zaman farkı ölçmeleri mümkün olur.

5. REAKTÖR KONTROLÜ :

Bu kısımda bir araştırma reaktöründe kontrol ve deteksiyon maksadıyla kullanılan elektronik sistemler çok kısa olarak incelenecektir. Güç reaktörlerindeki elektronik sistemler esas itibariyle araştırma reaktörlerinde kullanılan sistemlerin benzeridir. Bir reaktördeki nötron sayısı emniyet sebebiyle devamlı takip edilmek zorundadır. Bu maksat ile kullanılan sisteme nötron akışını ölçen sistem adı verilir.

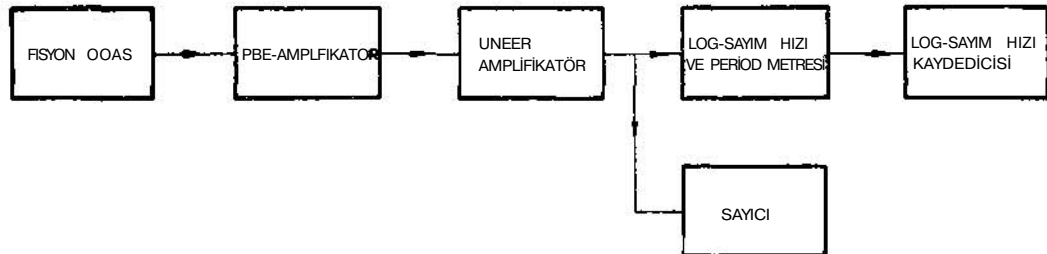
Nötron Akışını Gösteren Sistem :

Bu sistemde dört kanal vardır :

- Sayım hızı veya başlatma kanalı.
- Log-N ve Period kanalı
- Lineer güç seviyesi ve otomatik kontrol kanalı.
- Güvenlik kanalı.

- Sayım hızı veya başlatma kanalı.

Bir kaç wat'ın altındaki nötron miktarını ölçen bir kanaldır. Şekil (7) de bu kanal gösterilmiştir. Bir fisyon odası yardımıyla elde edilen

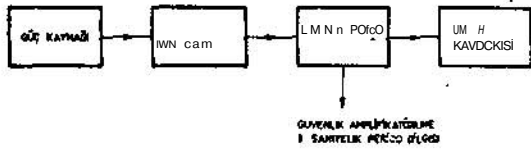


SEKİL (7) BAŞLATMA KANALI

elektrik işaretler ön amplifikatör ve lineer amplifikatör üzerinden Log-sayım hızı ve period metreye ve sayıcıya tatbik edilir. Log-Sayım hızı ve periodmetrenin çıkışı, log-Sayım hızı period kaydedicisi ve sayıcısına tatbik edilir. Bu kanaldaki elektronik cihazlar 4 dekadlık bir sahayı kaplarlar. Filyon odasının yeri değiştirilerek bu saha 9 dekadlık da yapılabilir.

b) Log-N ve period kanalı :

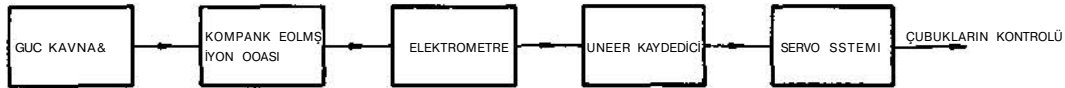
Bu kanal yardımıyla reaktörün gücü tam gücün 10^{-2} %ü ile üç misline kadar ölçülebilir ve güç artma hızı fazla olursa (period üç saniyeden küçük) reaktörün durmasını sağlar. Şekil (8). Bu durdurma işlemi güvenlik kanalı yoluyla olur.



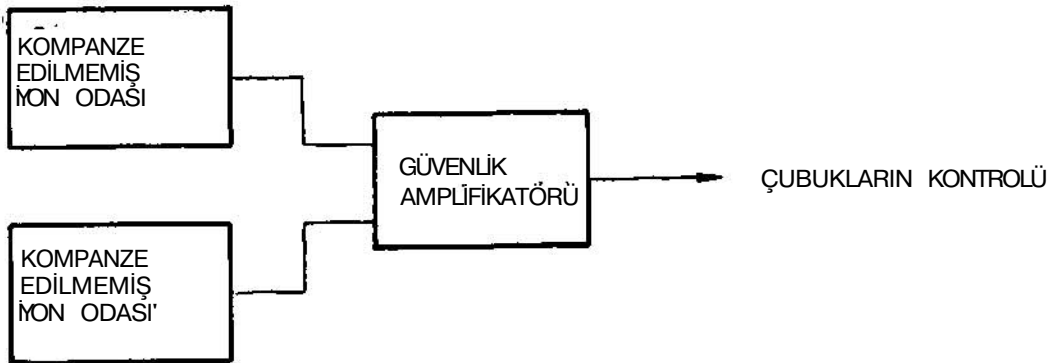
>EKH. (*) LOG'N VC PERİOD KANALI

c) Lineer Güç Seviyesi ve Otomatik Kontrol Kanalı :

Bu kanal Şekil (9) da gösterilmiştir. Kanalın esas görevi gücü hassas olarak ölçmektir. Konpanze edilmiş iyon odası yardımıyla elde edilen nötron akışı bir elektrometre ile ölçülür. Esas itibarıyla Log-N kanalına benzer. Farkı



SEKİL (9) LINEER GÜÇ KANALI



SEKİL (10) GÜVENLİK KANALI

bu kanalın lineer olmasıdır ve bu kanaldan period malumatı alınmaz. Reaktör gücünün daha hassas ölçülebilmesi mümkün olduğu için bu kanal reaktörün gücünü sabit tutan sistem ile irtibatlandırılmıştır.

d) Güvenlik kanalı :

Bu kanalın blok şeması Şekil (10) da gösterilmiştir. Bu kanalın görevi reaktörün azami gücünü sınırlamaktır. İki tane konpanze edilmiş iyon odasından elde edilen akım, çubukları bırakan mekanizmanın magri etik kontrollarını kontrol etmek maksadıyla güvenlik amplifikatörüne tatbik edilir. Bu kanal reaktörün gücünü güvenilir şekilde takip eder ve tam gücün 120 % ne ulaşıncaya reaktörün durmasını sağlar.

REFERANSLAR :

- 1) Chase R. L., Nuclear Pulse Spectrometry Mc. Graw Hill, 1961.
- 2) Gillespie A. B., Signal Noise and Resolution in Nuclear Counter Amplifiers. Pergamon Press. 1953.
- 3) Lewis I. A. D., and Wells F. H., Millimicrosecond Pulse Techniques, Pergamon Press. 1959.
- 4) Jervis M. W., Nuclear Reactor Instrumentation, Temple Press, 1961.
- 5) Rossi B. B., and Stanb H., Ionization Chambers and Counters Mc. Graw-Hill 1949.
- 6) Price, Nuclear Radiation Detection, Mc. Graw-Hill 1958.