

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

83918

NÜKLEER SANTRAL VE ÇEVRESİNDE OTOMATİK OLARAK
ÇALIŞAN RADYASYON KONTROL SİSTEMİ

ÇETİN GENÇER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

1999

TC. YÜKSEKÖĞRETİM
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NÜKLEER SANTRAL ÇEVRESİNDE OTOMATİK OLARAK
ÇALIŞAN RADYASYON KONTROL SİSTEMİ**

Çetin GENÇER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez, Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Juri Tarafından
Oy birliği / Oy Çokluğu İle Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

Danışman

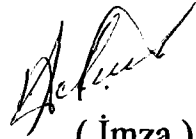
Yrd. Doç. Dr. Muktim ERDOĞMUŞ



(İmza)

Üye

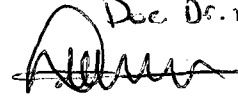
Prof. Dr. Ali SELÇUK



(İmza)

Üye

Doç. Dr. Mustafa PERAZ



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun/...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****NÜKLEER SANTRAL VE ÇEVRESİNDE OTOMATİK OLARAK ÇALIŞAN
RADYASYON KONTROL SİSTEMİ****Çetin GENÇER**

**Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı
1999, Sayfa : 53**

Bu çalışmada, nükleer güç santralleri çevresinde, belirli bir merkezden radyasyon dozunu kontrol altına alabilecek bir sistem tasarlanmıştır. Santral çevresindeki radyasyon, radyasyon dedektörleri tarafından ölçülür. Radyasyon dedektörleri, ortamdaki radyasyonun miktarını, elektriksel analog sinyallere dönüştürerek ölçme yapar. Bu analog çıkış değerleri, tasarlanan devrede direnç kullanılarak yapılmıştır. Ortamdaki radyasyon dozu belirli bir seviyenin üstüne çıktığında, otomatik olarak tasarlanan cihazın alarm devresi çalışır. Böylece ortamdaki radyasyon dozu tayin edilebilir. Tasarlanan devrede dedektör sayısı ve doz seviyesi istenilen değere ayarlanabilir.

Sonuç olarak, nükleer güç santralleri çevresinde, belirli bir merkezden radyasyon dozunu kontrol altına alabilecek bir sistem tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Nükleer güç santralleri, Radyasyon, Dedektör.

SUMMARY

MASTER THESIS

**AUTOMATICALLY WORKING RADIATION CONTROL SYSTEM AROUND
THE NUCLEAR POWER PLANTS**

Çetin GENÇER

Fırat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical Training

1999, Page : 53

In this work, a system was set up for controlling radiation which is around the nuclear power plants from a specific center. The radiation capacity which is around of nuclear power plants, estimates by radiation detectors. The radiation detectors changes the radiation amount to the electrical analogue signals makes It's measurement. In the system these exit volues were formed using resistance. The alarm circuit works automatically in the system when the radiation dose increased in the site. Thus radiation dose can be estimated in the site. In the system, the number of detectors and dose level can be adjusted.

As a conclusion, with this system, radiation dose which is around the nuclear power plants can be controlled and adjusted.

Key Words : Nuclear power plants, Radiation, Detector.

ÖNSÖZ

Doğal enerji kaynaklarının azalması, artan enerji ihtiyacı ve fosil yakıtların yakılması neticesinde atmosfere neşredilen karbondioksit etkisiyle çevre problemlerinin çoğalması nükleer enerji, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi temiz enerjilerin kullanılmasını gündeme getirmiştir. Hali hazırda yapılan hesaplamalar göstermektedir ki kalkınmışlık göstergesi olarak kabul edilen 2000 kwh / kişi – yıl elektrik enerjisi tüketim limitini aşabilmek için ülkemizde halen mevcut tüm hidrolik ve termik elektrik enerji potansiyelinin kullanılabilir hale getirilmesi durumunda bile amaçlanan seviyeye ulaşmak mümkün değildir. Önümüzdeki dönemde yılda ortalama 3-4 milyar dolarlık enerji yatırımı yapılmadığı takdirde, Türkiye' nin büyük bir enerji dar boğazıyla karşı karşıya kalması kaçınılmazdır.

Enerji açığı tehdidiyle karşı karşıya bulunan Türkiye'de nükleer santral kurulup kurulmaması tartışılırken, Dünya ilk nükleer santralının kuruluşunun 40. Yılı'nı geride bırakmıştır. Fransa önümüzdeki yıllarda elektrik enerjisinin neredeyse tümünü nükleer enerjiden karşılamayı planlamaktadır. Japonya, Çin, Hindistan, Pakistan, İran, Irak, Mısır, Rusya, Bulgaristan ve Ermenistan gibi ülkelerin nükleer enerjiden faydalanmaları Türkiye'nin bu alandaki eksikliğini göz önüne sermektedir. Avrupa' da ve Dünya' da 442 nükleer santral faaliyette iken ve ayrıca yenilerinin yapılması projelendirilirken, Türkiye' de bu iş konu olduğunda, çevre teşkilatlarının ayağa kalkması manidardır.

Nükleer enerji ve nükleer santral günümüzde bir ülkenin siyasi bağımsızlığını elinde tutan etkenlerden biridir. Böylesine büyük bir enerjiden faydalanmamamız gerçekten acı vericidir. Bu yöndeki çalışmaların bir an önce hızlandırılması gerekmektedir. Bir nükleer santralin kurulması yaklaşık 20-30 yılı almaktadır. Bu konuyu devlet politikası yapıp, santral temellerinin bir an önce atılması ve gerekli projelerin hayata geçirilmesi ,ayrıca halkın bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'de nükleer santral kurulması kaçınılmazdır. Bu noktalar göz önünde bulundurularak bu alanda akademik bir çalışmaya gidilmiştir. Nükleer güç santrallerinde mevcut olan radyasyonun sızma riski toplumun karşı karşıya olduğu dozların çok altına indirilmiş olup bununla ilgili güvenli bir emniyet teknolojisi geliştirilmiştir. Nükleer güç santralleri çevresinde yaşayan insanlar yılda yaklaşık 0.01 mSv' lik bir radyasyon

dozuna maruz kalırlar. Kurulmuş olan nükleer tesislerde radyasyon dozunun kontrol altına alınması büyük önem taşımaktadır. Çalışmam bu maksatla otomatik olarak belirli bir merkezden reaktör etrafındaki radyasyonun takip edilmesi amacıyla yapılmıştır. Sayaç sayısı istenildiği kadar artırılabilir. Burada yalnız dört tanesi için çalışma yapılmıştır. Örnek olarak dört adet radyasyon dedektörü beşer saniyelik aralıklarla devreye alınıp elde edilen elektriksel sinyaller dijital olarak ölçülebilmekte ve radyasyon dozu belirli bir seviyenin üzerinde olduğu takdirde otomatik olarak hem kontrol merkezinden hem de istenilen yerden alarm verilebilmektedir. Bilgisayar programı vasıtasıyla 5' er saniyelik aralıklarla devreye alınan radyasyon dedektörlerinden okunan değerler bilgisayar ekranından görülebilir.

Böyle bir sistemle, herhangi bir ülkenin nükleer savaş durumunda, radyasyon bulutlarının kontrolü, belirli bir merkezden otomatik olarak yapılabilir. Çalışmanın bu alanla ilgilenen kimselere yararlı olmasını umarım.

Tez çalışmasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Muktim ERDOĞMUŞ' a ve bölüm başkanım Prof. Dr. Ata SELÇUK' a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca sayın Öğr.Gör. Mehmet GEDİKPINAR , Öğr.Gör. İbrahim Türk'e ve teknik öğretmen Eyyüp ÖKSÜZTEPE' ye göstermiş oldukları ilgi ve yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. TARİHÇE.....	2
3. RADYASYON NEDİR ?.....	5
3.1 Radyasyon Birimleri.....	7
3.1.1 Spesifik aktivite (özellik aktivite).....	7
3.1.2 Rad (D) Radyasyon absorpsiyon dozu.....	8
3.1.3 Sievert (Sv) veya REM (H) Biyolojik doz birimi.....	9
3.1.4 Röntgen (R) ışınlama birimi.....	10
4. RADYASYONLARIN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ.....	11
4.1 İnsan Sağlığı Bakımından Tehlikeli Radyasyonlar.....	11
4.1.1 Alfa parçacıkları.....	11
4.1.2 Beta parçacıkları.....	12
4.1.3 X ve gamma ışınları	13
4.1.4 Nötronlar.....	13
4.2 Radyasyonların Madde İle Etkileşimleri.....	14
4.2.1 Parçacıklı radyasyonlar.....	14
4.2.2 Alfa parçacıklarının absorplanmaları.....	15
4.2.3 Beta Parçacıklarının absorplanmaları.....	16
4.2.4 Nötronların absorplanması.....	17
5. RADYASYON DEDEKTÖRLERİ.....	19
5.1 Radyasyonların Deteksiyonu	19
5.2 Gaz Doldurulmuş Tüp Dedektörler.....	19
5.3 Havadan Tecrit Edilmiş İyonizasyon Odası	23

6. KONUNUN TEORİSİ.....	26
6.1. Radyasyon Dedektör Sistemi.....	26
6.2. Ön Amplifikatör Devresi.....	27
6.2.1 İşlemsel kuvvetlendiriciler.....	27
6.2.2 Op-Amp' ın evirmeyen yükselteç olarak kullanılması.....	29
6.3 Karşılaştırma ve Alarm Devresi.....	31
6.3.1 Op-Amp' ın komparatör olarak kullanılması.....	31
6.3.2 Basit komparatörler.....	32
6.3.3 Pozitif geri besleme.....	33
6.3.4 741 ve 301 Op-Amp' lı komparatör.....	36
6.4 Zamanlama Devresi.....	39
6.5 Dedektör Verilerinin Bilgisayar Ekranına Aktarılması.....	41
6.5.1 ADC0804 Analog/Dijital dönüştürücü.....	41
6.5.2 Program listesi.....	44
6.7 Baskı Devre.....	48
6.7.1 Baskı devrenin yararları.....	49
6.7.2 Baskı devrenin sakıncaları.....	49
6.7.3 Tasarlanan devrenin baskı devresinin hazırlanması.....	49
6.7.4 Pozitif-20 metodu.....	50
7. YAPILAN DENEYLER VE SONUÇLARI.....	52
7.1 Dedektörün Çıkış Değerlerinin Belirlenmesi.....	52
7.2 Tehlikeli Radyasyon Dozunun Belirlenmesi.....	52
8. SONUÇ VE İRDELEME.....	53

KAYNAKLAR

EK- 1 NÜKLEER SANTRAL ÇEVRESİNDE OTOMATİK OLARAK ÇALIŞAN
RADYASYON KONTROL SİSTEMİ ŞEMALARI

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Radyoaktiviteden yayınlanan ışınların elektriksel alanda ayrışmaları	3
Şekil 4.1 Beta ışını spektromu.....	12
Şekil 5.1 Gaz doldurulmuş tüp dedektörün yapısı.....	20
Şekil 5.2 İki farklı parçacık enerjisi için, uygulanan voltajın bir fonksiyonu olarak toplanan iyonların nisbi sayısı.....	21
Şekil 5.3 Bir G-M tüpü içinde oluşan orjinal iyonlaşma ve daha sonra UV fotonlarının neden olduğu ikincil iyonlaşmalar.....	23
Şekil 5.4 İyonlaşma akımının enerjiye bağlı değişimi.....	24
Şekil 5.5 Çeşitli radyasyonlara göre iyonlaşma akımının değişimi.....	25
Şekil 6.1 Radyasyon dedektör sistemi.....	27
Şekil 6.2 Op-Amp'ın sembolü ve çeşitli gövdelere göre ayak bağlantıları.....	28
Şekil 6.3 Evirmeyen yükselteç devresi.....	29
Şekil 6.4 Ön amplifikatör devresi.....	30
Şekil 6.5 Ön amplifikatör devresi malzeme yerleşim planı.....	30
Şekil 6.6 Ön amplifikatör devresi baskı devre şeması.....	31
Şekil 6.7 Basit komparatör devresi.....	32
Şekil 6.8 Komparatör çıkışındaki osilasyon.....	33
Şekil 6.9 Pozitif geri besleme devresi.....	33
Şekil 6.10 Pozitif geri beslemenin grafikleri.....	35
Şekil 6.11 Komparatör çıkışının zener diyotla sınırlandırılması.....	37
Şekil 6.12 Karşılaştırma ve alarm devresi.....	37
Şekil 6.13 Karşılaştırma ve alarm devresinin malzeme yerleşim planı.....	38
Şekil 6.14 Karşılaştırma ve alarm devresinin baskı devre şeması.....	38
Şekil 6.15 Zamanlama devresi.....	39
Şekil 6.16 Zamanlama devresi malzeme yerleşim planı.....	40
Şekil 6.17 Zamanlama devresi malzeme yerleşim planı.....	40
Şekil 6.18 ADC0804 entegresinin ayak bağlantısı.....	42
Şekil 6.19 ADC0804 ile dedektör verilerinin bilgisayar ekranına aktarılması.....	42

Şekil 6.20 Dedektör çıkış değerlerinin bilgisayar ekranına aktarılması devresinin malzeme yerleşim planı.....	43
Şekil 6.21 Dedektör çıkış değerlerinin bilgisayar ekranına aktarılması devresinin Baskı devre şeması.....	44
Tablo 3.1 Radyasyon birimleri.....	10



SİMGELER LİSTESİ

A : Atom ağırlığı

α : Alfa

β : Beta

Bq : Bequerel

BF₃ : Baryum florür

C/kg : Coulomb/kg

Ci/gr : Spesifik aktivite birimi.

eV : Elektron volt

δ : Gamma

Gy : Gray

H : Rem.(Röntgenin insan eşdeğeri.)

KeV : Kilo elektron volt.

M : Nötronun çarptığı çekirdeğin kütlesi.

MeV : Mega elektron volt.

mSv : Milisievert.

Sv : Sievert

T_{1/2} : Radyonüklidin gün olarak yarı ömrü.

KISALTMALAR

A.B.D : Amerika Birleşik Devletleri

A.D.C : Analog dijital dönüştürücü

Ç.N.A.M. : Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi

İ.T.Ü. : İstanbul Teknik Üniversitesi

R.B.E. : Relatif Biyolojik Etkinlik

T.A.E.K. : Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

T.E.A.Ş. : Türkiye Elektrik Anonim Şirketi

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bu çalışmanın konusu, radyasyon ölçen dedektörlerin kumandasıdır. Radyasyon dedektörleri , ortamdaki radyasyonun şiddetine bağlı olarak elektriksel analog bir çıkış verirler. Bu çıkış değerlerinden faydalanılarak, dedektör yerine, elektrik devreleri kullanılarak radyasyon dozu ölçülebilir.

Radyasyon çıkış değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerde, radyasyon dedektörünün 0-5 mili volt civarında analog bir sinyal verdiği gözlenmiştir. Deneyler Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır. Dedektör çıkış değerlerinin tespiti yaklaşık 4 haftalık bir süre almıştır.

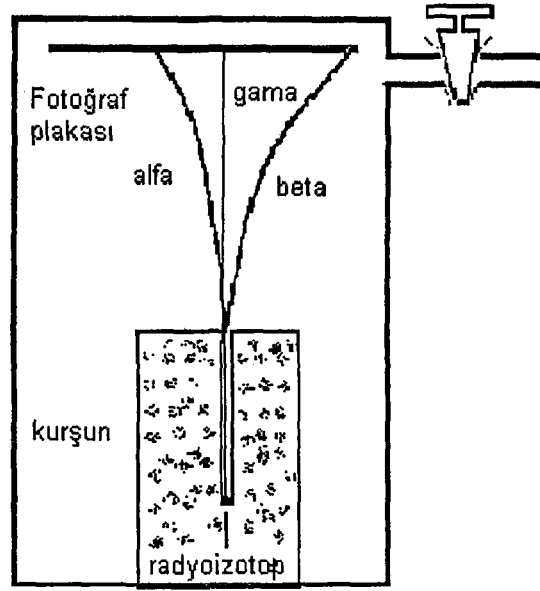
Yapılan devrede, radyasyon dedektörleri belirli sürelerle devreye alınıp çalıştırılmaktadır. Ayrıca, radyasyon dozu belirli bir seviyenin üzerine çıktığında radyasyon alarm devresi çalışmaktadır. Bu çalışma toplam bir yıl sürmüştür.

Bu çalışmada radyasyon dedektörleri hakkında geniş bir araştırma yapılmış ve havadan tecrit edilmiş radyasyon dedektörünün amacımıza uygun dedektör olduğu anlaşılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, dedektör çıkış değerleri belirlenmiş ve elektronik devre çalışmalarına geçilmiştir. Elektronik devre tasarımı tamamlandıktan sonra baskı devre şemaları çizilmiştir.

2. TARİHÇE

Radyasyonun tarihi gelişimi 8 Kasım 1895 günü Würzburg Üniversitesi Profesörü Röntgen'in x-ışınlarını keşfiyle başlar. Röntgen o günlerin modası olan Crooks tüpü ile katot ışınları hakkında çalışıyordu. Kullandığı tüp çok zayıf ışın verdiğinden odayı karartmıştı. Bu arada, civarda bulunan baryum tozu ile kaplanmış camın pırıldadığını fark etti. Halbuki katot ışını tüpü ile pırıldayan baryum tozu arasında siyah kağıt vardı. Araya getirip bir kitap koydu; pırıldama devam ediyordu. Araya tahta koydu, alüminyum levha koydu, elini tuttu pırıldama kesilmiyordu. Hayret! Demek ki katot ışını tüpünden görünür katot ışınlarına ilaveten, gözle görülmeyen fakat baryum tozunda ışıma yapan ve araya konan her şeyden geçebilen bir başka ışın yayılmakta idi. Devam eden günlerde bir fotoğraf plakası üzerine elini koyup bu ışınlarla resmini çekti. Elin iskeleti pek aşikar şekilde görülüyordu. Tabancasını resmini çekti; bütün iç yapısı, namludaki mermi, kovanın kullanılmaktan aşınmış iç yüzü ortadaydı. İnsanın ve her türlü eşyanın içini gösteren bir ışın bulmuştu. 28 Aralık 1895 günü buluşunu yayınladı. Bilim tarihinin büyük yankı uyandıran haberlerinden biri oldu. İki ay sonra imparator Guillamue deneyin kendi huzurunda tekrarını istedi. Sadece iki yıl içinde x-ışınları hakkında binden fazla bilimsel makale yayınlandı. Bilime yeni bir devir açılmıştı.

Uranyum tuzlarının görünür ışık ile verdikleri ışıma (flüoresans) biliniyordu. Becquerel bu ışımanın x-ışınlarına benzer özelliği olup olmadığını merak etti. Acaba bu ışımanın yaydığı pırıltı da siyah kağıdı geçip fotoğraf filmini etkileyecek midir? Asistanı Marya Sklodowska ile birlikte bir miktar uranyum tuzunu siyah kağıda sarılmış fotoğraf plakası üzerine koyup güneşe tuttular. Sonuç olumluydu; plaka banyo edildiğinde uranyum tuzunun bıraktığı siyah lekeyi sevinerek gördüler. Deneyin devam ettiği günlerden birinde hava bulutlu olduğu için çalışmadılar ve hazırladıkları fotoğraf plakasını uranyum tozu ile beraber bir çekmeceye bırakıp başka işlere daldılar. Birkaç gün güneş görünmedi. Bunun üzerine hazır fotoğraf plakasını alıp bir başka deneyde kullandılar. Plaka banyo edildiğinde uranyum tuzunun lekesi yine oradaydı! Demek uranyum tuzunun siyah



Şekil 2.1 Radyoaktiviteden yayınlanan ışınların elektriksel alanda ayrışmaları

kağıda sarılı fotoğraf plakasını etkilemesi için güneşe tutulmasına gerek yoktu. Bu etkiyi yaratan ışını uranyum tuzu kendiliğinden veriyordu. Böylece Şubat 1896'da maddenin yepyeni bir özelliği keşfedilmiş oldu. Buna **radyoaktivite** ismi verildi. (Rutherford, 1951). Aynı bilginler hemen kısa süre içinde toryum bileşiklerinin de benzer özelliğe sahip olduğunu saptadılar. Uranyum ve toryum o güne kadar bilinen elementlerdi. 1898 yılında Marie ve Pierre Curie çifti bu kez önceden bilinmeyen iki radyoaktif element daha keşfettiler ve bunlara polonyum ve radyum adlarını verdiler. Radyum uranyuma oranla milyon kere fazla özgül aktivitesi ile doğal radyoaktif elementler arasında en önemli radyasyon kaynağı olmuş ve bu önemini nükleer reaktörlerden kütle halinde yapay radyo izotop üretilmeye başlandığı tarihe kadar korumuştur.

Radyoaktivitenin hiçbir dış zorlamadan etkilenmediği; hızlandırılmadığı, yavaşlatılmadığı veya durdurulmadığı kısa sürede anlaşıldı. Radyo elementinin geçirdiği fiziksel ve kimyasal işlemler ve oluşturduğu bileşikler her ne olursa olsun, aktivitesinin hiçbir değişikliğe uğramadan devam ettiği görüldü. Kısacası insanoğlu radyoaktiviteyi kontrol edememektedir. Bugün de durum aynıdır.

Radyoaktivite hakkında ilk öğrenilen, bu olay sırasında maddenin radyasyon salmakta olduğudur. Esasen olayın Becquerel tarafından keşfi bu sayede olmuştur. Olaya verilen

radioaktivite ismi de bunu anımsatan bir sözcüktür. Bilginler radyoaktivitenin yaydığı radyasyonun gerçekte tek cinsten ibaret olmadığını çok kısa zamanda fark ettiler. Radyasyon demetini elektrik ve manyetik alanlardan geçirerek ayırtırmak kendileri için zor olmadı. O güne kadar bulunabilen sınırlı sayıda radyoaktif elementin yalnızca üç cins radyasyon neşretmekte olduğunu saptadılar.

Şekil 2.1 de görüldüğü gibi elektriksel alanda katod yönüne sapan bileşene Yunanca'nın ilk harfinden esinlenerek α -ışını dendi. Bu bileşeni ağır kütleli ve pozitif elektrik yüklü maddesel parçacıklar oluşturmalıydı. Zira demetten gecikme ile ayrılıyorlar, az sapıyorlar ve ışık hızının takriben onda biri hızla, yani oldukça hızlı gidiyorlar. Anod yönüne sapan bileşene aynı alfabenin ikinci harfine istinaden β -ışını adı verildi. Bunlar kütleleri daha hafif ve elektriksel yükü negatif maddesel parçacıklar olmalıydı. Çünkü demeti ilk terk ediyorlar ve büyük açıyla sapıyorlardı. Işık hızına çok yakın hıza sahiptiler. Elektriksel veya manyetik alanlardan hiç etkilenmeden aynı doğrultuda yoluna devam eden bölüme de Yunan alfabesinin üçüncü harfi olan γ -ışını adı verildi. Bunun kütlesi ve elektriksel yükü olmamalıydı. Bütün davranışları x-ışınına ve görünür ışığa uymakta idi. Nitekim hızı tam olarak ışık hızına eşitti. Öyleyse gamma ışını onlar gibi elektromanyetik radyasyondur. Asrın dönümünde veya hemen ilk yıllarında bunlar kazanılmış bilgilerdi. (Whitehouse, 1958)

Reaktörlerin çalışması ile radyoizotop çeşidi artmıştır, bollaşmıştır ve ucuzlamıştır. Daha önce ancak dünyanın belli laboratuvarlarının sahip olabileceği kadar nadir olan bu malzeme, isteyen herkesin elde edebileceği kolay bulunur bir madde haline gelmiştir. Bu sayede radyoizotoplar bilimin her kolunda sayısız uygulamaları ile günlük hayata katılmışlardır.

Ülkemizde nükleer elektronik alanında çalışmalar daha yeni yeni başlamıştır. Radyasyon kontrolü konusunda İ.T.Ü., T.A.E.K ve Ç.N.A.M' de bazı çalışmalar yapılmıştır. İ.T.Ü. 'ndeki çalışma mikro işlemciler kullanılarak yapılmıştır.

3.RADYASYON NEDİR ?

Bütün katıların, sıvıların ve gazların en küçük yapı birimi atomlardır. Atomlar ise, çekirdekte proton ve nötron olmak üzere, çekirdeğin etrafında dolanan elektronlardan oluşur. Çekirdeğindeki proton sayıları aynı nötron sayıları farklı atomlara bu atomun izotopları denir.

Maddeyi oluşturan atomların çoğu kararlı yapıdadır ve milyonlarca yıl boyunca hiç değişmeden kalabilir. Örneğin karbon- 12 izotopu daima karbon-12 olarak kalır. Diğer taraftan karbon atomu doğada hem kararlı hem de kararsız formda bulunabilir. Nitekim karbon-14 bu atomun kararsız yapıdaki bir izotopudur. Kararsız izotoplara ilave örnek olarak doğada bulunan potasyum-40, toryum-232 ve radon-222 gösterebiliriz.

Kararsız yapıdaki bu atomlar kararlı bir forma dönüşmek için sahip oldukları fazla enerjiyi ışıma yoluyla atarlar. Böyle atomlara radyoaktif atomlar, salınan bu ışımaya da **radyasyon** denir. Radyoaktif atomların yaydığı bu ışınlar temelde üç çeşittir; alfa, beta ve gamma. Alfa iki proton ve iki nötrondan oluşan helyum çekirdeğidir. Beta elektron veya pozitrondan ibaret olup gamma ise çekirdeğin uyarılma enerjisidir.

Alfa parçacıkları ortamda fazla yol alamazlar ve bir kağıt parçası yada bir kaç milimetrelik hava tabakası tarafından durdurulabilirler. Beta parçacıklarının yol alma yeteneği daha fazladır, ancak bir kaç cm kalınlığındaki ahşap bunları durdurmak için yeterlidir. Gammalar ise oldukça uzun yol kat edebilirler ve ancak bir metre kadar kalınlıktaki beton veya kurşun blok veya su tabakası tarafından durdurulabilir.

Bir elementin radyoaktivitesi, üç değişkene bağlı olarak ifade edilir;

- Işınım türü (Alfa, Beta, Gamma),
- Aktivitesi, yani bir saniyede bozunan çekirdek sayısı,
- Yarı ömrü, yani ortamdaki radyoaktif çekirdeklerin yarısının bozulması için gerekli süre.

Radyasyon hayatımızın bir parçasıdır. Doğada bol miktarda bulunmaktadır. Güneşten, uzaydan ve doğadaki radyoaktif maddelerden gelmektedir. Nefes aldığımız havada, yediğimiz yiyeceklerde hep doğal radyoaktif maddeler bulunmaktadır. Doğal radyasyona en bilinen örnek olarak dünyamızı aydınlatan ve ısıtan güneş ışınlarını söyleyebiliriz. Bu

radasyon bitkilerin, hayvanların ve insanların büyümesi ve yaşamın devamı açısından büyük önem taşır.

İnsanlar ortalama olarak 2.4 mSv doğal çevre radyasyonu altında yaşarlar. Bunun büyük bir kısmı doğadaki radon gazından kaynaklanmaktadır. İnsan vücudunda bulunan potasyum – 40’ ta yaklaşık 0.3 mSv’ lik bir radyasyon verir.

Doğal radyasyona ilave olarak, mikro dalgalar, nükleer malzeme ve tesislerden kaynaklanan yapay radyasyon kaynakları da vardır. Ortalama olarak her insan tıpta kullanılan radyasyon aletlerinden kaynaklı yıllık 0.4–1.0 mSv’ lik, nükleer silah denemeleri serpintilerinden 0.04 mSv’ lik ilave doz alırlar. Nükleer santraller ise yakınında yaşayanlara 0.01 mSv’ lik bir ilave doza sebebiyet verirler.

Tuğla, beton ve sıva topraktan inşa edilen binalarımızın her yanından yılda 0.1 mSv radyasyon dozu alırız. Çektirdiğimiz her bir diş veya göğüs filmi sonucunda 0.1 mSv ve akciğer filminden ise 2 mSv kadar radyasyon alırız. Bunun yanında her gün bir saat televizyon seyrettiğimizde yılda 0.01 mSv’ lik radyasyona maruz kalırız.

Nükleer reaktörler kullandığımız elektriği, güvenli ve ekonomik bir şekilde üretmenin yanında, “radyoizotop” adını verdiğimiz radyoaktif maddeleri de üretirler. Bu radyoizotoplar araştırma, test ve tedavi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Tıpta yapılan testlerde vücuda enjekte edilen belli orandaki radyoizotoplarla, vücudumuzun içerisi görülebilmekte ve organlarımız kolayca incelenebilmektedir. Böylelikle iç organlarımızdaki hastalıklar teşhis edilebilmektedir.

1950’ nin başlarından beri radyoizotoplar kanser tedavisi için kullanılmaktadır. Radyasyon kanserli hücreleri öldürerek çoğalmalarını önler. “Radyoterapi “ olarak adlandırılan bu yöntem kanseri durdurma tedavilerinin % 50’ sinde kullanılmaktadır. Her yıl 80’ den fazla sayıdaki ülkede toplam yarım milyon insan, radyoterapi yöntemiyle kanser tedavisi görmektedir.

Radyasyon sanayide malzeme yapılarının incelenmesinde kullanılmaktadır. Işınlama, gıda işleme endüstrisinin gıdaları korumak için kullandığı en etkili yöntemdir. Bu yöntem, kimyasal ürünlerin kullanımına oranla daha faydalıdır. Işınlama işlemi gıdalarımızın sağlam ve besleyici kalmalarını temin eder. Radyasyon, gıdalarımızın bozulmasına ve zehirleyici olmasına sebep olan parazitlerin, böceklerin, bakterilerin ve mikroorganizmaların öldürülmesinde kullanılır. Bugün gıda ışınlama yöntemi Hollanda, Fransa,

Japonya, Rusya, İngiltere, Kanada, Macaristan, Belçika ve Çekoslavya' da kullanılmaktadır.

Radyasyon ayrıca tıbbi aletlerin sterilize edilmesi işleminde de kullanılmaktadır. Işınlama, soğuk işlem olduğundan plastik gibi sıcaklığa hassas malzemelerin dahi sterilize edilebilmesine olanak sağlar. Işınlama ürünlere zarar vermeksizin bakteri, virüs ve diğer mikropları öldürür. Ürüne kalıcı bir şey aktarılmadığı için ışınlamadan çıkan gıdalar ve diğer sterilize edilen malzemeler radyoaktif değildirler. Işınlama işlemi ürüne radyoaktif bir madde aktarmaz. (Teaş Genel Müdürlüğü, yazılı görüşme, 1998)

3.1 Radyasyon Birimleri

Bir madde içerisinde geçen iyonlaştırıcı radyasyonlar maddenin atom ve moleküllerinin uyartılmasına ve iyonlaştırılmasına neden olurlar. İyonlaştırıcı radyasyonların madde içerisinde geçişleri ile madde tarafından absorplanan enerji, içerisinde geçtikleri ortama bağlı olarak gözle görülebilir bir tesir hasıl edebilir; iyonizasyon, fotoğrafik tesir, biyolojik tesir ve ısı gibi. Gram başına erg olarak ifade edilen absorplanmış enerji radyasyon dozu fikrine öncülük etmiştir.

Son yıllarda radyasyon birimleri tarifinin sadeleştirilmesi ve daha kolay anlaşılır hale getirilmesi alanında büyük çalışmalar yapılmıştır. Sağlık fiziği alanında radyasyon ölçüsünde başlıca üç birim kullanılmaktadır. Işınlama birimi olan röntgen, absorplanmış doz birimi olan rad ve biyolojik doz birimi olan rem' dir.

Bir madde içerisinde absorplanmış enerji miktarı, o madde üzerine gönderilen radyasyonun kalite ve miktarına bağlıdır. Canlı dokularda, çeşitli radyasyonların hasıl ettiği aynı miktar absorplanmış enerjinin, farklı biyolojik tesirlere yol açtığı bilinmektedir. Bu husus göz önüne alındığında " Relatif Biyolojik Etkinlik" RBE terimini canlı dokuların aldığı radyasyon doz birimi olarak kullanılmaktadır.

3.1.1 Spesifik aktivite (özellik aktivite)

Spesifik aktivite, radyoaktif maddenin gramı başına düşen Curie cinsinden ölçülen aktivite konsantrasyonudur. Bu, kaynağın kütle birimi başına düşen parçalanma hızı olarak tanımlanır. (Ci / gr) Bir kaynak içerisinde radyonüklid taşıyıcılı veya taşıyıcısız

olabilir. Taşıyıcısız durumda, elementin bütün atomları, sadece radyonüklidin atomlarıdır. Taşıyıcılı halde ise, elementin bütün atomlarının sayısının sadece bir kısmı radyonüklidin atomları, geri kalanı ise aynı nüklidin diğer izotoplarının bir çeşit veya birkaç çeşidinin atomlarıdır. Bu diğer nüklidler normal olarak aktif değildir. Fakat bazı hallerde radyoaktif de olabilirler. Taşıyıcılı veya taşıyıcısız kaynakların spesifik aktiviteleri kaynağın birim kütlesinin aktivitesi olup $Ci \setminus gr$ olarak ifade edilir.

Taşıyıcısız radyonüklidlerde spesifik aktivite sadece radyonüklidin atom ağırlığına ve yarı ömrüne bağlıdır ve aşağıdaki şekilde verilir;

$$\text{Spesifik Aktivite (Ci \setminus gr)} = 1,038 \times 10^8 \setminus A \times T_{1/2}$$

Burada;

A; atom ağırlığı

$T_{1/2}$; radyonüklidin gün olarak yarı ömrüdür.

Özgül aktivitenin yeni birimi bequereldir. Bequerel (Bq), radyoaktif maddede meydana gelen bir saniyedeki bozunma sayısıdır. (Ankara Nükleer Araştırma Merkezi, 1973)

3.1.2 Rad (D) Radyasyon absorpsiyon dozu

Röntgen terimi sadece enerjileri 3 MeV' a kadar olan x- ve gamma ışınları için kullanılabilir. Halbuki dokuda iyonizasyon fotonlardan başka alfa, beta, nötron ve protonlar tarafından da hasıl edilmektedir. Bu nedenle absorplayıcı maddenin sadece ışınlanan maddenin birim kütlesinde absorplanan enerji olarak tanımlanan yeni bir birim tarifi gerekmektedir. Bundan dolayı 1953' de Milletlerarası Radyolojik Birimler ve Ölçüler Komisyonu, son günlerde é doz olarak kullanılan "Radyasyon Dozu" birimini aşağıda iki şekilde tarif etti.

" Işınlanan maddenin 1 gramına 100 erg' lik enerji veren radyasyon miktarı 1 rad' dır. "

Radyasyon dozu terimi sadece absorplanmış enerji miktarını gösteren bir büyüklüktür. Yumuşak doku için, 1 rad' lık absorplanmış doz, 1 röntgenlik orta enerjili x- ışını ile ışınlamayla hasıl olacak absorplanmış doza eşittir.

Rad'ın yeni birimi Gray' dır. Radyasyon madde içerisinden geçerken, içinde yol aldığı ortamdaki molekül ve atomlar ile etkileşerek enerjisini kaybeder. Işınlanan maddenin bir

kilogramına bir joule enerji veren radyasyon dozuna bir Gray (GY) denir. (Teaş. Nükleer Santraller Dairesi, broşür, 1998)

3.1.3 Sievert (Sv) veya REM (H) Biyolojik doz birimi

Biyolojik bakımdan farklı iyonlayıcı radyasyonların meydana getirdiği tesirler farklı faklıdır. Biyolojik etki radyasyonun kalitesine ve miktarına bağlıdır. Eşit değerde enerji absorplanmasını veren farklı tiplerdeki radyasyonlar aynı biyolojik etkiyi hasıl etmeyebilir. Genel olarak radyasyonun hücre yapısı üzerine tesirleri, radyasyonun yolu boyunca birim uzunlukta meydana gelen enerji kaybına bağlıdır.

Radyasyonun canlı dokular üzerindeki etkisi tamamen radyasyonun cinsine ve enerjisine bağlıdır. Farklı iki radyasyon çeşidinin enerjileri eşit olsa dahi bunların canlı üzerinde oluşturacakları biyolojik etkiler farklı olabilir. Örneğin aynı enerjiye sahip alfa parçacıklarının biyolojik etkisi, gammalara nazaran 10 kat daha fazla olacaktır. Dolayısıyla radyasyon çeşidine bağlı olarak biyolojik etkiyi de göz önüne alan eşdeğer doz birimi olarak kabul edilen Sievert kullanılır.

Sievert (Sv) = Gray (Gy) x Biyolojik etki katsayısı

1 Sv = 100 rem = 1000 mSv

Belirli radyasyon çeşitlerinin biyolojik etkinlikleri sadece absorplanmış doz miktarına değil aynı zamanda radyasyonun RBE' sine de bağlıdır. Bu faktör göz önüne alınarak tarif edilen yeni birime "REM" (röntgenin insan eşdeğeri) adı verilmiş ve aşağıdaki şekilde tarif edilmiştir;

"Bir röntgenlik x- veya gamma ışınının meydana getirdiği aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır." (Ankara Nükleer Araştırma Merkezi, 1973)

3.1.4 Röntgen (R) ışınlama birimi

İlk defa 1928 yılında tanımlanan röntgen sadece x-ışınlarına uyarlanıyordu. 1937’ de tekrar aşağıdaki şekilde tanımlanan röntgen hem x- ışınları hem de gamma ışınlarına uygulanmaktadır.

“Bir röntgen, normal hava şartlarında 1 cm³ havada (0, 001293 gram) 1 esb’ lik elektrik miktarı değerinde her iki işaretli iyonlar meydana getiren x- ve gamma radyasyonu miktarıdır.”

Röntgen, ne demetteki foton sayısını ne de bunların enerjilerini ifade eder, sadece adı geçen radyasyonun 1 cm³ havadaki tesirini belirtir ve ışınlama birimidir. Bir röntgenlik x- ve gamma radyasyonunun havanın 1 gramında 87, 7 erg’ lik enerji soğurulmasına yol açar.

Aşağıda radyasyon birimleri ve dönüşüm değerleri verilmiştir.

Tablo 3.1 Radyasyon birimleri

Fiziksel Anlamı	SI Birimi	Eski Birimi	Dönüşüm Değerleri
Aktivite	bequerel (Bq) 1 Bq = 1 s ⁻¹	Curie (Ci)	1 Bq = 2.70x10 ⁻¹¹ = 27 p Ci 1 Ci 0 3.7x10 ¹⁰ Bq = 37 G Bq
Absorplanmış Doz	gray (Gy) 1 Gy = 1 J / kg	rad (rad)	1 Gy = 100 rad 1 rad = 0.01 Gy = 10 m Gy
Doz Eşdeğeri	sievert (Sv) 1 Sv = 1 J / kg	rem (rem)	1 Sv = 100 rem 1 rem = 0.01 Sv = 10 m Sv
İşınlama	Coulomb / kg (C / kg)	röntgen (R)	1 C / kg = 3876 R = 3.876 kR 8 µ C / kg

4. RADYASYONLARIN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ

4.1 İnsan Sağlığı Bakımından Tehlikeli Radyasyonlar

İnsan sağlığı bakımından tehlikeli sayılabilecek başlıca dört çeşit radyasyon vardır:

1. Alfa parçacıkları
2. Beta parçacıkları
3. X – ve Gamma ışınları
4. Nötronlar

4.1.1 Alfa parçacıkları

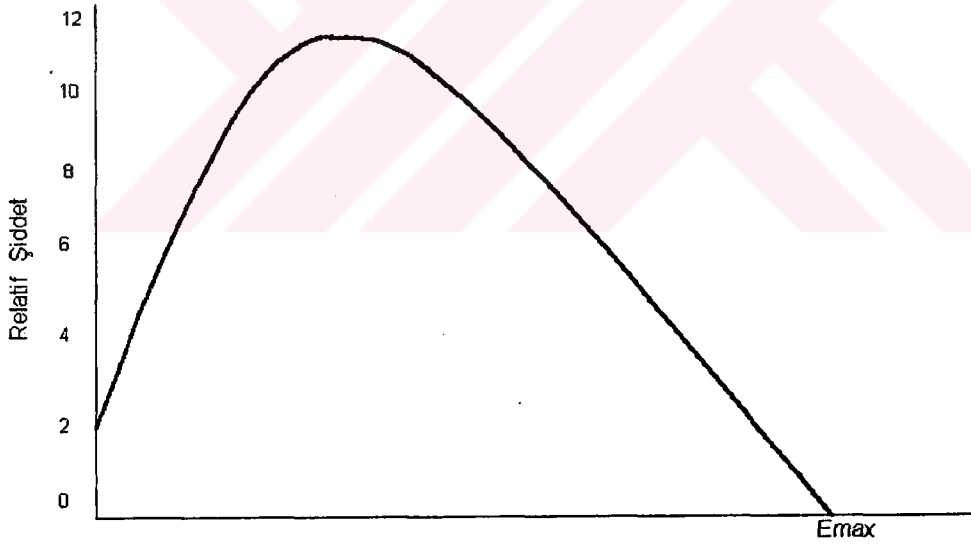
Alfa parçacıkları yüksek hızlı helyum çekirdekleridir. Radyo aktif nüklidler ve parçacık hızlandırıcıları tarafından yayınlanırlar. Her alfa parçacığı iki proton ve iki nötrondan yapılmış olup iki pozitif elemanter yük taşır. Erişme uzaklıkları genel olarak mg /cm² cinsinden ifade olunur ve söz konusu ortamı teşkil eden maddenin kalınlığı ile yoğunluğunun çarpımına eşittir

Alfa parçacıkları maddeden geçerken enerjilerini çabucak kaybederler. Doğal olarak bulunan radyoaktif maddelerin yayınladıkları alfa parçacıklarının enerjileri 9 MeV' un altında olup bunları çok küçük bir madde kalınlığı ile durdurmak mümkündür. İnce lastik, perspeks, kaba kağıt veya karton bütün alfa taneciklerini soğurur. Alfa parçacıkları, erişme uzaklıklarının kısa oluşundan, normal olarak, bir dış radyasyon tehlikesi yaratmazlarsa da alfa parçacıkları yayınlanan radyoaktif maddeler mide, solunum veya yaralar yolu ile vücuda girdikleri takdirde çok tehlikeli olabilirler. Bu nedenle radyasyon korunması bakımından solunum havası, içme suları ve kullandığımız alet ve eşyalarda alfa kotaminasyonunun deteksiyonuna özel bir önem verilir. Alfa parçacıkları madde tarafından kolaylıkla durdurulduğunda, alfa deteksiyonunda kullanılan dedektörlerin <ince pencere veya tamamen <penceresiz > olmaları gereklidir

4.1.2 Beta Parçacıkları

Radyoaktif izotopların çoğunluğu tarafından yayınlanan parçacıklardır. Genellikle gamma ışınları ile birlikte yayınlanırlar. Negatif veya pozitif yüklü olabilirlerse de beta parçacıkları, normal olarak negatif parçacıklara verilen isimdir. Bu negatif beta parçacıkları elektronlar ile özdeş olup yayındandıktan sonra enerjilerini kaybederek serbest elektron haline geçerler. Pozitif beta parçacıkları da pozitronların aynı olup β^+ olarak gösterilirler. Pozitronların serbest bir elektronla buluşmalarından önceki ömürleri çok kısa (mikrosaniye mertebesinde) olup her ikisi 0.51 MeV'lik iki gamma fotonu yayınlanması ile yok olurlar.

Radyoaktif nüklidler tarafından yayınlanan alfa parçacıkları ve gamma ışınları çekirdekdeki enerji seviyeleri arasındaki farklara tekamül eden tek bir enerjide yayındandıkları halde, beta parçacıkları hemen hemen sıfırdan başlayıp izotopa göre değişen maximum bir değere kadar uzanan sürekli bir enerji dağılımı gösterirler. Şekil 4.1'de tipik bir beta ışınları spektrumu görülmektedir.



Şekil 4.1 Beta ışını spektrumu

4.1.3 X ve Gamma Işınları

İki ışıında elektromanyetik radyasyonlar olmakla beraber orijinleri bakımından farklıdır. X ışınları ya hızlandırılmış elektronların ani durdurulması suretiyle veya bir atomun yörünge elektronları arasında seviye değişikliğinden meydana gelirler. Bu ikinci tip X ışınları, atomun yapısındaki seviyeler arasındaki enerji farklarına tekabül eden bir çizgi spektromu verirler. Bu ışınların enerjileri meydana geldikleri atomun bir karakteristiği olduğundan “karakteristik X ışınları” adını alırlar. Hızlandırılmış elektronların bir X ışını tüpünün anodunda ani olarak durdurulması ile geniş spektrumlu X ışınlarının maksimum enerjisi kendisini meydana getiren elektronların maksimum enerjisine eşittir. Fakat çok az sayıda elektron bir tek çarpışmada bütün enerjisini kaybettiğinden maksimum enerjideki X ışını şiddeti çok alçaktır. Şiddet, elektron enerjisinin yaklaşık olarak üçte ikisindeki bir maksimuma doğru bir hızla yükselir ve sonra daha yavaş bir şekilde sıfıra doğru azalır.

Gamma ışınları sadece orijinleri bakımından X ışınlarından ayrılırlar. Gamma ışınları bir atom çekirdeğinin yeniden düzenlenmesi sırasında yayınlanır ve karakteristik X ışınlarında olduğu gibi spektrumları bir çizgi serisinden ibarettir. Gamma ışınları çizgilerinin enerjileri, atom çekirdeğinin enerji seviyesindeki farklara bağlıdır. Bir çok gamma yayıcısı çekirdeklerin bir tek gamma çizgisi olduğu halde diğerleri iki veya daha fazla gamma çizgisine ve az bir kısmı da kompleks bir spektroma sahiptir. Gamma enerjilerinin çoğunluğu 0.1 MeV ile 3MeV arasında bulunur. Bunun altında ve üstündeki enerjilerde nispeten az sayıda gamma ışını yayınlanır.

4.1.4 Nötronlar

Nötronlar yüksüz parçacıklar olduğundan madde içerisine girmeleri çok kolaydır. Kütleleri yaklaşık olarak protonunkine eşit elektrik yükleri olmayan parçacıklardır. Nötronlar normal radyoaktif bozulma olayı sonucu meydana gelmezler. Buna karşılık çekirdek fisyonu, bazı hafif elemanların alfa taneciklerle bombardımanı ile döteryum veya trityum yüklü hedeflerin bir akselaretörde proton veya döteronlarla bombardımanı en

önemli nötron kaynaklarını teşkil ederler. Nötronlar nispeten büyük olan kütlelerine rağmen yüksüz olduklarından madde içine kolayca nüfus eder ve bir atomun elektron yapısından geçebilirler. Ancak bir çekirdeğe çarpmakla durdurulur veya yollarından saptırıldıklarından her türlü madde içindeki erişme uzaklıkları büyüktür.

Nötronlar kinetik enerjilerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

Temel nötronlar	0.025eV
Yavaş nötronlar	100 eV'ye kadar
Ara nötronları	100 eV – 100 KeV arası
Hızlı nötronlar	100 KeV – MeV
Çok hızlı veya rölativistik nötronlar.....	10 MeV'in üstünde

4.2 Radyasyonların Madde İle Etkileşimleri

Güneş ışınlarının yeryüzünü ısıtması, sıcrayan bir topun kinetik enerjisini çarptığı yüzeye vermesi gibi yüksek enerjili radyasyonlar da enerjilerini içinden geçtikleri ortama vermek suretiyle zayıflar yani absorplanırlar. Radyasyonların şiddetlerinin azalması olayı kısmen gerçek bir absorplanma olup radyasyon enerjisi ortam atomları arasında ısı şeklinde dağılır. Şiddet azalması kısmen de radyasyon demetinden dışarıya difüzlenen yani saçılan ışınlarla meydana gelmektedir.

Radyasyonların madde içinden geçişleri sırasında absorplamalarında rol oynayan temel olayları aşağıda dalga ve parçacıklı radyasyonlar için ayrı ayrı inceleyeceğiz.

4.2.1 Parçacıklı Radyasyonlar

Parçacıklı radyasyonlar elektrik yükleri, kütleleri, parçacığın enerjisi ve içinden geçtikleri ortamın cinsine bağlı olarak absorplanır. Bu faktörlerin her biri bütün parçacıklar için önemli olmadığından her parçacık için durumu ayrıca inceleyeceğiz.

Bir parçacığın madde içindeki “erişme uzaklığı” ile “yol uzunluğu” nun birbirinden ayırt edilmesi önemlidir. Erişme uzaklığı bir parçacığı durdurmak için gerekli madde kalınlığı olup saçılmadan dolayı genellikle “yol uzunluğundan” kısadır. İkisi arasındaki farkın büyüklüğü parçacığın cinsi ve enerjisi ile maddenin atom numarasına bağlıdır.

Parçacığın madde içindeki saçılması fazla ise madde kalınlığının artması ile absorplanmadan geçebilen parçacıkların sayısı gitgide azalacak ve madde kalınlığı yol uzunluğuna eşit olduğu zaman bütün parçacıklar tamamen absorplanmış olacaktır. Buna karşıt saçılma az olduğu zaman erişme uzaklığı ve yol uzunluğu hemen hemen aynı olacak ve kalınlığın erişme uzaklığına eşit oluncaya kadar artması halinde maddeden absorplanmadan geçen parçacıkların sayısı sabit kalacaktır.

4.2.2 Alfa Parçacıklarının Absorplanmaları

Alfa parçacıkları, çekirdek kuvvetleri ile birbirine sıkıca bağı pozitif yüklü iki proton ve iki nötrondan meydana geldiklerinden bir elektrona yaklaştıkları zaman kuvvetli bir elektrostatik çekim kuvvetine maruz kalacaklardır. Buna karşıt pozitif yüklü bir atom çekirdeğine yaklaşma halinde de kuvvetle itileceklerdir.

Alfa parçacıklarının kütlesi elektronunkinin yaklaşık olarak 8000 katı olup radyoaktif atom çekirdeklerinden ışık hızının 20 de biri mertebesinde hızlarla fırlatılırlar. Bütün bu özellikler (kütlesinin büyüklüğü, elektrik yükü ve hızı) nedeniyle alfa parçacıklarının absorplatıcı bir ortam atomlarının yörünge elektronları ve çekirdekleri ile çarpışma meydana getirme olasılıkları fazladır.

Atomun yapı taşlarını teşkil eden parçacıklar arasında “çarpışma” dan maksat elektrik kuvvetlerinin etkileşmesi için birbirine yeteri kadar yaklaşmaları olup böyle bir etkileşmeye “çarpışma” adı verilir. Bir alfa parçacığı elastik ve elâstik olmayan çarpışmalara maruz kalır. Elastik çarpışmalarda enerji transferi olmadığından alfa parçacığı enerji kaybetmeyecektir. Buna karşıt alfa parçacığı elastik olmayan çarpışmalarla enerji kaybederek absorplanır.

Elâstik olmayan çarpışmalar iyonizasyon ve eksitasyon veya her ikisi ile sonuçlanır. Bir atomun iyonlaştırılması için belirli miktar enerji gerektiğinden alfa parçacığının kinetik enerjisi bu çeşit enteraksiyonlarla gitgide azalacak ve sonunda iki elektron yakalayarak bir helyum atomu halinde sükunete kavuşacaktır.

Bir alfa parçacığının absorplayıcı bir ortamın yörünge elektronları ile enteraksiyon yapma olasılığı fazla olduğundan birim yol uzunluğunda meydana gelen iyon çiftlerinin sayısı fazladır. Her iyon çiftinin meydana gelmesi için kinetik enerjinin belirli bir kısmı absorplandığından bu tip radyasyonlar enerjilerini kısa bir mesafeye kaybederler. Bu neden-

lerle alfa ışınlarının madde içindeki erişme uzaklıkları diğer radyasyon çeşitlerinden çok daha azdır.

Bir alfa parçacığının hava içinde bir iyon çifti meydana getirmesi için ortalama olarak 35 eV' a ihtiyaç vardır. Bu enerji sadece $2/3$ ' ü yörünge elektronunun koparılmasına geri kalanı ise eksitasyon olaylarına sarf olunur. Böylece alfa parçacığının enerjisine göre havadaki her (cm) yol başına 50000 ile 80000 iyon çifti meydana gelecektir.

4.2.3 Beta Parçacıklarının Absorplanmaları

Bir beta parçacığının sükunetteki kütlesi bir yörünge elektronunkine eşit olduğundan absorplayıcı ortamı meydana getiren atomların çekirdek kütlelerinden çok daha küçüktür. Beta parçacıkları ve yörünge elektronları aynı cins elektrik yükü taşıdıklarından biri diğerine yaklaştığı zaman elektrostatik bir kuvvetle itileceklerdir. Buna karşıt bir beta parçacığı, atom çekirdeği ile zıt işaretli elektrik yükü taşıdığından, çekirdeğe yaklaşması halinde elektrostatik çekim kuvvetine maruz kalacaktır.

Bir beta parçacığı ile absorplayıcı bir ortam atomları arasındaki Etkileşimlerin anlaşılabilmesi için bütün bu faktörlerin göz önünde tutulması lazımdır. Örnek olarak beta parçacıkları ve yörünge elektronları arasında sadece kütle bağıntısını göz önüne alırsak bu iki elektron arasındaki çarpışmanın iki bilyardo topunun çarpışmasına benzeyeceği bilinebilir. Gerçekten bir beta parçacığı bütün enerjisini bir tek çarpışmada kaybedebilir. Böyle bir çarpışmada yörünge elektronu bir iyonlaştırıcı parçacık haline geçer.

Normal olarak bir beta parçacığı enerjisini alfa parçacığına benzer şekilde, çok sayıda iyonizasyon ve eksitasyon olayları ile kaybeder. Bununla birlikte, elektronun kütlesi ve yükünün küçük olması nedenleriyle beta radyasyonunun bir ortamla etkileşim olasılığı az olduğundan erişme uzaklığı aynı enerjideki bir alfa parçacığına göre önemli derecede büyük olacaktır.

Diğer yandan elektronun kütlesi çekirdeğe göre küçük olduğundan tek çarpışmalarda özellikle alçak enerjili elektronlar yüksek atom numaralı elemanlar tarafından saçıldığı zaman büyük sapmalar meydana gelebilir. Bu nedenle bir beta parçacığı absorplayıcı bir ortam içinde genellikle zikzaklı bir yol izleyecektir.

İyonizasyon ve uyarmaya ilave olarak beta parçacıkları atomla x ışınları yayınlanmasıyla sonuçlanan bir etkileşim meydana getirebilirler. Yüksek enerjili beta parçaları

atom çekirdeğini saran elektron bulutuna nüfus ederek, yörünge elektronlarının çeşitli enerji seviyeleri arasından geçerken kuvvetli elektrostatik kuvvetlere maruz kalarak hızları değişir ve sürekli bir spektrum teşkil eden x ışınları yayınlanır. Bu (z) ışınlarına Almanca'da "frenleme ışınları" anlamına gelen "bremsstrahlung" adı verilmektedir. Beta ışınlarının enerjilerinin artması ve absorplayıcı ortamın atom numarasının büyümesiyle bu olay beta ışınları için önemi gitgide artan bir enerji kaybı mekanizması olmaktadır. Gerçekten bremsstrahlung ile enerji kaybı atom numarası ve beta enerjisinin kareleri ile orantılıdır.

X ışınları tüplerinde hızlandırılmış elektronların hedefe çarpmasıyla meydana gelen x ışınları aslında bremsstrahlung olayı sonucu yayınlandığından X ışını tüpü-nün veriminin artması hedef materyalinin atom numarasının büyük olmasına bağlı olacağından tungsten gibi yüksek Z' li ve erime sıcaklığı yüksek metaller hedef materyali olarak kullanılır.

Aynı nedenle beta ışınlarının zırhlanmasında atom numarası yüksek materyalin kullanılması sakıncalı olacaktır. Zira yüksek atom numaralı materyal daha yüksek bir verimle X ışınları meydana getirecek ve bu X ışınlarının zırhlanması beta zırhlanmasından daha güç olacaktır. Alçak atom numaralı materyalin beta zırhı olarak kullanılmasında ise böyle bir sakınca ortaya çıkmayacaktır.

Özet olarak alçak enerjili beta ışınları için absorplayıcı ortam atomları üzerinde saçılmanın önemli olduğu, orta enerjili beta ışınları için iyonizasyon ve eksitasyon ile enerji kaybının en önemli olay olduğunu söyleyebiliriz. Yüksek enerjiler için ise "bremsstrahlung" gitgide önde gelen bir enerji kaybı mekanizması olacaktır.

Elektronların havada bir iyon çifti meydana getirmek için ortak enerji kaybı alfa parçacıklarınıninkine çok yakın olup 34 eV'a eşittir.

4.2.4 Nötronların Absorplanması

Hızlı yani enerjileri 10 KeV ile 10 MeV arasında olan nötronlarla rölativistik ($E > 10$ MeV) nötronların radyasyon korunması bakımından madde ile en önemli reaksiyonları "elastik çarpışmalar" dır. Elastik çarpışmalarda toplam kinetik enerji değişmediği halde nötronun ortalama parçalanma enerji kaybı; $2M / (M+1)^2$ olacaktır. Burada ;

M: Nötronun çarptığı çekirdeğin kütlesi

Formülden kolayca görüleceği gibi hidrojen gibi hafif çekirdekler hızlı ve rölativistik nötronların enerji kaybında en etkin atomlardır.

Orta enerjili (0.5 KeV – 10 KeV arası) ve termal (0.5 eV’ dan az enerjili) nötronlar için radyasyon koruması bakımından en önemli reaksiyon ise nötron absorplanmasıdır. Bu reaksiyonlardan bazıları gamma ışınları meydana getirdiğinden ayrıca gamma zırhlanmasına ihtiyaç duyulacaktır.

Geniş bir enerji dağılımı gösteren nötronlar halinde yüksek enerjili olanlar en az yavaşlatılacaktır. Böylece belirli bir absorplayıcı kalınlığı içinden geçen bir nötron demetinden en yüksek enerjili olanların absorplayıcının diğer yüzeyinden çıkması ihtimali en fazla olacaktır. Bu nedenle, bir çok maksatlar için nötron zırh kalınlığının hesabında sadece en yüksek enerjili olanlar için gerekli zırh kalınlığının göz önüne alınması lüzumludur.



5. RADYASYON DEDEKTÖRLERİ

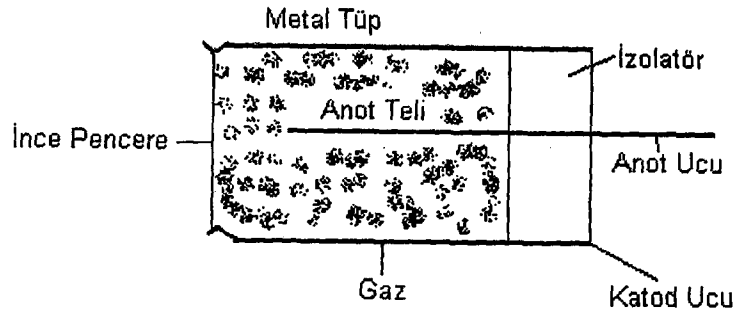
5.1 Radyasyonların Deteksiyonu

Radyasyon deteksiyonunda birçok yöntem kullanılmaktadır. Ancak radyasyon enerjisinin deteksiyon ortamında soğurulması ve elektrik pulslarına dönüştürülmesi bir kaç farklı şekilde gerçekleşir. Dedektörler de buna göre tasarlanmış yapılara sahiptir ve bu nedenle temel çalışma prensibi bakımından birkaç sınıfta incelenebilir. Bu çalışma metodları genel olarak; radyasyon enerjisinin iyon çiftlerine dönüştürülmesi, ışık fotonlarına dönüştürülmesi ve elektron deşik çiftlerine dönüştürülmesi şeklinde sıralanabilir. Bu dönüşüm ürünlerinden yararlanarak da, radyasyonu temsil eden elektrik pulsları elde edilir.

Radyasyonlar maddeye çarpınca kimyasal, iyonizasyon, fosforesans ve flüoresans gibi çeşitli olaylara neden olurlar ve enerjilerini kaybederler. Bu özelliklerinden yararlanarak radyasyonların deteksiyonları için cihazlar yapılmıştır. Deteksiyon cihazlarının bir grubu parçacıkların kişisel yüklerinden faydalanır. Fotoğraf metodu, Wilson sis odası metodu sintilasyon sayaçları, İyonizasyon odaları, orantılı sayaçlar ve Geiger-Müller sayaçları bu gruba girerler.

5.2 Gaz Doldurulmuş Tüp Dedektörler

Radyasyon enerjisinin önce iyon çiftlerine ve sonrada elektrik pulslarına dönüştürülmesi gaz doldurulmuş tüp dedektörler tarafından sağlanır. Bu dedektörler, genellikle katod olarak kullanılan ayrıca içi gaz olarak doldurulmuş metal bir tüpün merkez eksenine boyunca uzanan bir anod telinden oluşur. Merkezde bulunan anod teli ile katodu oluşturan metal tüp birbirlerinden izolator yardımıyla yalıtılmıştır ve bu iki elektrodun uçlarına elektriksel potansiyel farkı uygulanır. Bu tip bir dedektörün yapısı şekil 5.1' den incelenebilir. Bu dedektörlerin alfa ve beta parçacıklarına duyarlı hale getirilmesi, metal tüpün ön veya yan yüzü üzerine çok ince malzemeden yapılmış bir pencere açılarak sağlanır. Ölçülecek radyasyon bu pencereden tüp içine alınır. Tüp içindeki gazla etkileşen radyasyon iyon çiftleri meydana getirir. Oluşan iyon çiftleri anod ve katod elemanları yardımıyla toplanır. Toplanan iyonlar elektriksel bir puls oluşturur ve böylece



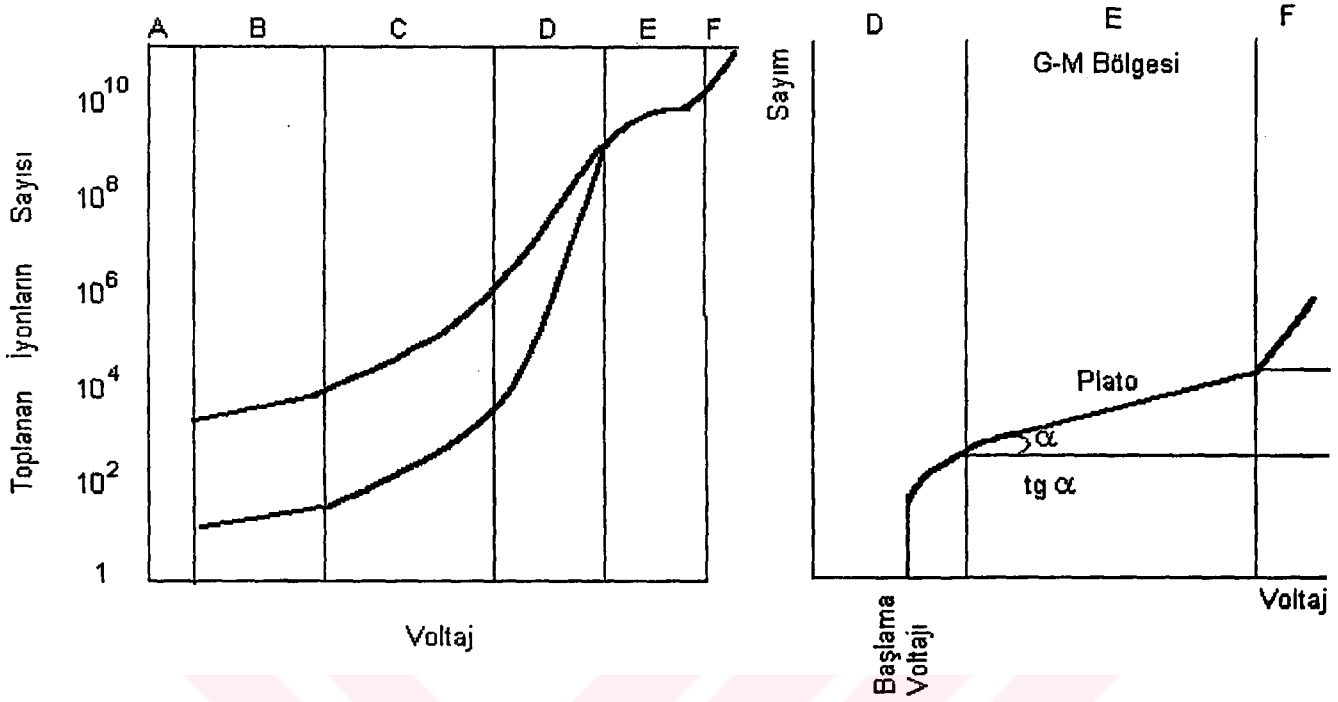
Şekil 5.1 Gaz doldurulmuş tüp dedektörün yapısı.

deteksiyon gerçekleşir. İyonları toplamak amacıyla elektrotlar üzerine uygulanan potansiyel farkının değiştirilmesi sonucu elektriksel çıkış pulsunun bazı değişikliklere uğradığı gözlenir. Potansiyel farkına karşı puls değişimi şekil 5.2' de verilmiştir. [Nicholson, 1973]

Şekil 5.2' de B ile gösterilen voltaj aralığı, iyonizasyon odası adı ile bilinen dedektörlerin çalışma bölgesidir. Bu dedektörlerde tüp içine giren iyonlaştırıcı bir parçacık, elektron pozitif iyon çiftleri meydana getirir. Oluşan iyon çiftlerinin yeniden birleşme olasılığı göz önüne alınmazsa, odanın iki elektrodu arasındaki elektrik alanının etkisi altında zıt yönlerde hareket ederler. İyon çiftlerinin elektrotlar tarafından toplanması sonucunda oluşan elektrik pulsunun genliği, soğurulan radyasyon enerjisine eşit değerdedir.

Orantılı sayaç bölgesi olarak bilinen ve şekil 5.2' de C ile gösterilen aralıkta ise soğurulan radyasyon enerjisi ile orantılı fakat daha büyük genlikli pulslar elde edilir. Çünkü bu bölgede, elektrotlara doğru hareket eden ilk iyon çiftleri daha fazla enerjiye sahip olur ve bu iyonlar da yolları üzerindeki atomları iyonlaştırarak, tüp içindeki toplam iyon sayısını yükseltir. Bu yükseltmeye Gaz Yükseltme Faktörü denir ve ilk iyonlaşmanın 10^4 katı olabilir. [Knoll, 1989]

Orantılı sayaçlardaki elektrik alanının iyonizasyon odasındaki alandan büyük olması nedeniyle pulsun yükselme zamanı nispeten kısadır. (Yaklaşık $50\mu s$) Tüp içine konacak gaz için genellikle argon tercih edilir. Krypton ve Xenon yüksek enerjili x-ışınlarının deteksiyonunda yada yüksek verim gerektiren uygulamalarda seçilir. Düşük enerjili x-ışını



Şekil 5.2 İki farklı parçacık enerjisi için, uygulanan voltajın bir fonksiyonu olarak toplanan iyonların nisbi sayısı. A ; yeniden birleşme bölgesi, B ; ionizasyon odası bölgesi, C ; orantılı sayaç bölgesi, D ; orantısız bölge, E ; Geiger tüpü bölgesi, F ; sürekli boşalma bölgesi [Nicholson, 1973]

deteksiyonunda ise neon ve bazen de P-10 olarak bilinen %90 argon- %10 metan karışımı da kullanılır.[Taoullandis, 1983: Knoll, 1989: Nicholson, 1973] Gaz basıncının tipik değeri birkaç atmosfer olabilir. Gaz yükselmesi nedeniyle çıkış pulsu, ionizasyon odasından ve hatta yarı iletken dedektörlerden çok yüksektir. Orantılı sayaç özellikle 250 eV kadar düşük enerjili radyasyon deteksiyonunda kullanışlıdır. Yarı iletken dedektörler bu performansı gösterebilirse de çok düşük gürültülü preamplifikatör tasarımı gerektirir.

Genel olarak, uygulamada bulunan orantılı sayaçlar yüklü parçacık deteksiyonunda da yeterli verime sahiptir. Bununla birlikte nötron deteksiyonunda BF_3 gazı kullanılabilir yada dedektör hidrojen içeren bir madde ile kaplanabilir. Bu şekilde yüksek sıcaklık ve nötron akımının bulunduğu reaktör bölgelerinde kullanım alanı bulur. Keza bu tür ortamlarda diğer dedektörlerin kullanımı mümkün değildir.

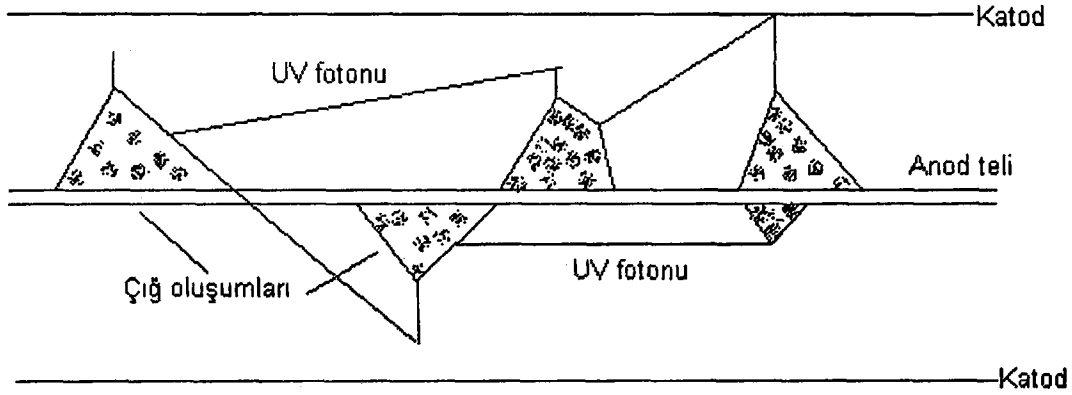
Orantılı sayacın elektrotları arasındaki potansiyel farkı arttırılmaya devam edilir ve şekil 5.2' deki E bölgesi içine girilirse, toplanan yük miktarı orijinal iyonlaşmadan bağımsız

sız hale gelir. Bu durumda, birkaç yüz voltluk değişim boyunca önemsiz bir eğim farkı gözlenir. Eğimin %2-%5 arasında artış gösterdiği bu bölge G-M (Geiger-Müller) tüpünün çalışma bölgesidir ve “Plato Bölgesi” adını alır. Plato bölgesinde çalıştırılan bir G-M tüpü içine yüklü bir parçacık girdiği zaman iyon çiftleri meydana gelir. Bu iyon çiftleri tüp içindeki yüksek alan etkisiyle çok fazla hızlandırıldığı için beklenenden daha fazla iyonlaşma ve hatta sürekli iyonlaşma meydana gelebilir. Sürekli iyonlaşma Boşalma olarak da bilinir. Kısaca tüp içine giren ve bir tek iyon çifti oluşturabilen bir radyasyon yukarıda anlatıldığı gibi bir tetik mekanizmasını çalıştırır. Bu durumda tüpten elde edilen elektriksel çıkış pulslarının genliği orijinal iyonlaşmadan bağımsızdır. Bu nedenle G-M tüpleri spektroskopik uygulamalarda kullanılamazlar.

Tetik mekanizması şu şekilde özetlenebilir. Anod yakınında çok fazla hızlandırılan elektronlar aşırı sayıda atomu uyarırlar. Uyarılmış atom veya moleküllerin temel duruma dönmesi sırasında ultraviyole ve görünür bölge ışınları yayınlanır. Bazen bu fotonlar gazdan veya tüp duvarlarından foto elektron sökerler. Böylece tüpün küçük bir kısmında başlayan çığ, kısa zamanda tüpün her tarafına yayılır. Bu olay şekil 5.3’ de sembolik olarak gösterilmiştir. [Knoll, 1989] Boşalmayı önlemek için, bütün G-M tüplerinde Söndürme adı verilen bazı metotlar kullanılır. Söndürme işi genellikle tüp içindeki asal gazla, bu işi yapacak nitelikte farklı gazlar eklenerek gerçekleştirilir.

Bir G-M tüpü için tipik gaz doldurma oranı asal gaz olarak %90 argon ve söndürücü gaz için de %10 alkol şeklindedir. Böyle bir karışımda tüp, yaklaşık 10^8 ile 10^9 sayım yapabilmektedir.[Tennelec, 1991] Çünkü bundan sonra alkol gazı parçalanmalar nedeniyle tüp içindeki varlığını kaybeder ve tüp kullanılamaz hale gelir.

Diğer bir gaz ilavesi, halojen türü gazların yaklaşık %0.1 oranında kullanılmasıyla yapılır. Bu tür ilavede çift atomlu halojen gaz molekülü söndürme işleminde parçalanır. Fakat molekülün yeniden oluşması, gazın tamamen yok olmasını önler. Söndürmenin halojen ile yapıldığı tüplerin ömrü, organik söndürmeli tüplerinkinden çok daha uzundur. Fakat bununla beraber, halojen gazlarının yüksek paslandırıcı etkisinin önüne geçmede özel yapım teknikleri gereklidir [Canberra, 1981 ; Duggan, 1988].



Şekil 5.3 Bir G-M tüpü içinde oluşan orjinal iyonlaşma ve daha sonra UV fotonlarının neden olduğu ikincil iyonlaşmalar. [Knoll, 1989]

Boşalmayı takip eden kısa zaman aralığında G-M tüpü, içeri giren başka bir parçacığın oluşturacağı ikinci bir tetiklemeye duyarsızdır. Tüp ancak 100-200 μ s sonra yeniden tetiklenebilir. Fakat yine de ikinci tetikleme tam değerine ulaşamaz. Kısmi olarak gerçekleşen bu boşalma, tüp arkasına bağlanmış elektronik devrelerin hassasiyetine bağlı olarak sayım devresine iletilir. Kullanılmayan bu zaman aralığı Ölü Zaman olarak tanımlanır ve bu zamana karşılık sayımda azalma gözlenir.

Bir G-M tüpünden elde edilen çıkış pulslarının genliği birkaç volt civarında olabilir. Bu nedenle karmaşık elektronik devrelere ihtiyaç duyulmaz ve son derece basit elektronik devre elemanları ile bir G-M sayacı tasarlanabilir. Her şeye rağmen tüpün mekanik dayanıklılığının az olması ve nispeten yüksek voltaj gerektirmesi olumsuz yanları olarak sıralanabilir.

Tezde örnek olarak aldığımız radyasyon dedektörü havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odasıdır. Şimdi bu iyonizasyon odasını inceleyelim.

5.3 Havadan Tecrit Edilmiş İyonizasyon Odası

İyonizasyon odası, esaslı canlı dokunun yapısını teşkil eden elementlere benzeyen iletken plastik maddesinden meydana gelmiştir. Böylece gamma (γ) radyasyonundan meydana gelen iyonlaşma, aynı radyasyonun canlı dokuda meydana getireceği iyonlaşmaya hemen hemen eşit olacaktır.

meydana gelen iyonlaşma, aynı radyasyonun canlı dokuda meydana getireceği iyonlaşmaya hemen hemen eşit olacaktır.

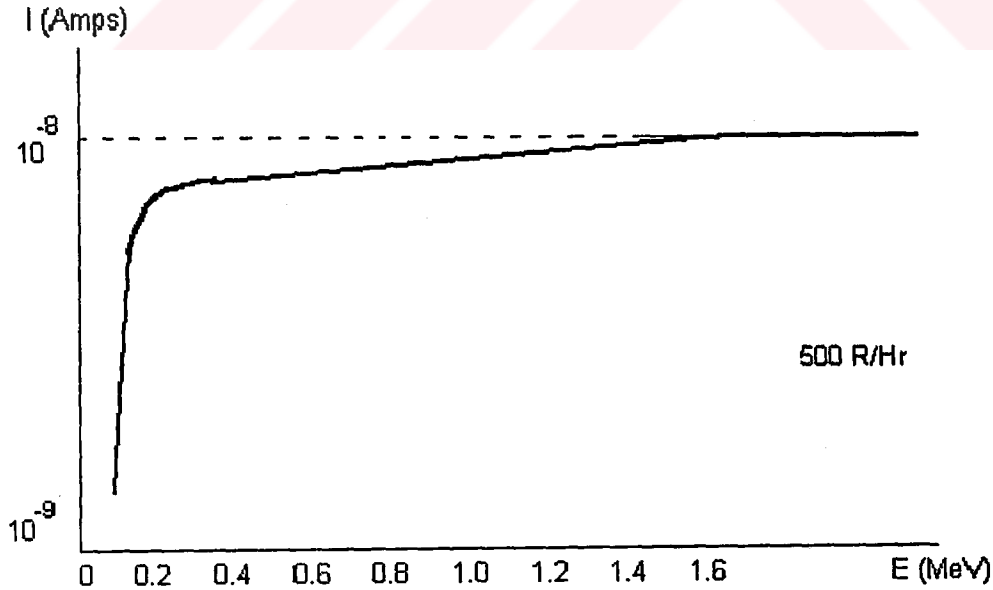
Gelen radyasyonun enerjisine göre meydana getireceği iyonlaşma akımının enerjiye bağlı değişimi şekil 5.4' de verilmiştir.

Eğri 200 keV ile 1,33 MeV arasında düz bir karakteristik göstermektedir. İyonizasyon odasının aktif hacmi 225 cm^3 ve saatte 500 röntgenlik bir gamma akısı ile 10^{-8} amperlik bir akım vermektedir. İyonizasyon odası 25 V doğru akım ile çalışmaktadır.

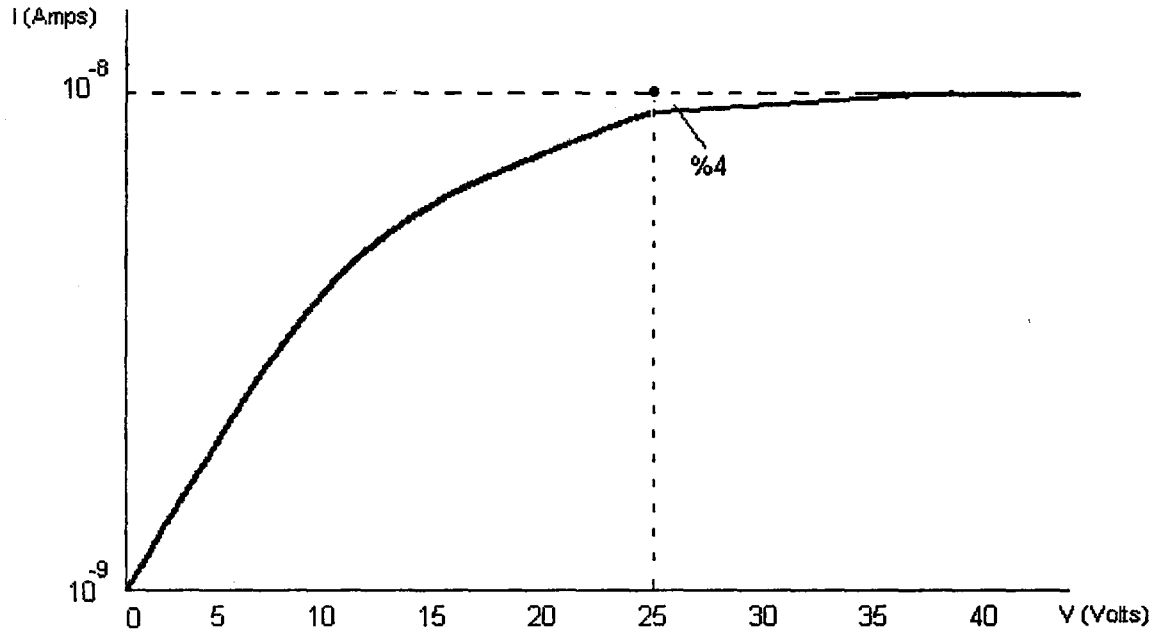
İyonizasyon odası ağırlığı %20 ile %60 arasında değişebilen grafit tozu karıştırılmış poliester reçinesinden meydana gelmiştir. Grafit poliesteri iletken yapar ve doku eşdeğeri için karbon miktarını ayarlar.

Şekil 5.5' de iyonizasyon odasında, çeşitli radyasyonlara göre iyonlaşma akımının değişimi gösterilmektedir.

Gamma radyasyonlarının meydana getireceği değişiklikleri önlemek için metal az kullanılmıştır. İyonizasyon odasının tecriti yani dış atmosferle odanın irtibatının kesilmesi, iletken olmayan poliesterle odanın dış yüzeyinin kaplanmasıyla sağlanır. Bu kaplama odanın sağlamlılığını artırır. Çeşitli atmosferik olayların meydana gelmesi odadaki yoğunlaşmaya tesir etmez. Odanın tecridi sebebiyle iyonlaşma akımı, hava değişmelerinden, nemden, havayı meydana getiren gazların oranlarındaki değişmelerden bağımsızdır.



Şekil 5.4 İyonlaşma akımının enerjiye bağlı değişimi. (Erdoğan, A.E.K.)



Şekil 5.5 Çeşitli radyasyonlara göre iyonlaşma akımının değişimi. (Erdoğan, A.E.K.)

6. KONUNUN TEORİSİ

Tez genel olarak aşağıdaki aşamalardan oluşmuştur.

1. Radyasyon dedektör sistemi,
2. Ön amplifikatör devresi,
3. Karşılaştırma ve alarm devresi,
4. Zamanlama devresi,
5. Dedektör verilerinin bilgisayar ekranına aktarılması.

Yapılan çalışmanın şeması Ek-1' de verilmiştir.

6.1 Radyasyon Dedektör Sistemi

Tezin ana konusunu oluşturan radyasyon dedektör sistemi, havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odasıdır. Havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odası 5. Bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir. İmkan kısıtlılığından dolayı dedektör çıkışlarının mili volt civarındaki gerilim değerleri deney sonuçları göz önünde bulundurularak direnç ve potlar yardımıyla pratik devreye aktarılmıştır.

Havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odası, ortamdaki radyasyonun şiddetine bağlı olarak elektriksel bir puls üretir. Bu pulsun değeri, radyasyon şiddetini verir. İyonizasyon odası puls değerlerinin artıp azalması, ortamdaki radyasyonun şiddetiyle doğru orantılıdır.

Yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

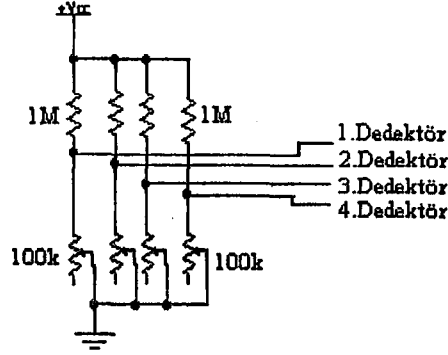
1- Havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odası 25 volt doğru akımda çalışır.

2- Laboratuvar şartlarında iyonizasyon odasına radyasyon kaynağı konulduğunda, havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odası 0 – 5 mili volt civarında doğru akım verir. Bir sınıflandırma yapıldığında, radyasyon kaynağının şiddetine göre aşağıdaki gibi bir tablo oluşur.

0 – 2 mili volt	Düşük radyasyon dozu
2 – 4 mili volt.....	Normal radyasyon dozu
4 – 5 mili volt	Tehlikeli radyasyon dozu

Tezde bu değerler potlar sayesinde ayarlanabilir. Dört adet radyasyon dedektörünün, nükleer güç santralının farklı bölgelerinde olduğu farz edilirse her dedektör değerinin ve radyasyon şiddetinin farklı olacağı aşınadır.

Tasarlanan devre şekil 6.1' de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Radyasyon dedektör sistemi

6.2. Ön Amplifikatör Devresi

Devreyi daha iyi anlamak için, aşağıda Op-Amp'lar hakkında kısa bir bilgi verilmiştir.

6.2.1. İşlemsel kuvvetlendiriciler

Op-Amp' lar, çok sayıda devre elemanını tek gövde altında toplayan direk kuplajlı, yüksek kazançlı devre elemanlarıdır. Bu elemanlar ile düzenlenen entegreler analog devrelerde çok yaygın olarak kullanılırlar. Dışarıdan ilave edilecek bazı yardımcı elemanlar ile çalışma şekilleri kolayca değiştirilerek, kuvvetlendirici, kontrol elemanı, ve geniş frekans bandında çeşitli dalga şekilleri üretebilen, çok yetenekli tümleş devreler haline getirilerek, yaygın kullanım alanı bulurlar.

Op-Amp' ların çalışma alanları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

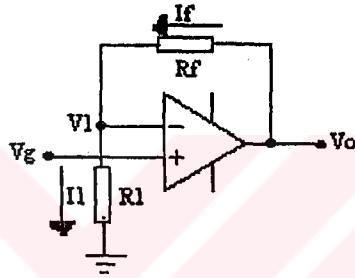
- 1- Eviren ve evirmeyen amplifikatör,
- 2- Türev ve integral alıcılar,
- 3- Alçak ve yüksek bant geçiren filtreler,
- 4- Bant durduran filtreler,
- 5- Çeşitli sinyal üreteç devreleri,
- 6- Dijital-Analog ve Analog –Dijital çevirici devreler,

Bu elemanlara, giriş empedanslarının çok yüksek olması bağlı oldukları devreyi yüklememe, çıkış empedanslarının düşük olması da yüksek akım çekebilme özelliği kazandırır.

6.2.2 Op-Amp'ın evirmeyen yükselteç olarak kullanılması

Evirmeyen yükselteç devresinde – giriş R_1 ile topraklanmış, V_g girişi de Op-Amp'ın + girişine uygulanmıştır. Böylece giriş ile çıkışın aynı fazda olması sağlanmıştır. Eviren yükselteçlere göre kazanç 1 fazla ve sürekli olarak 1' den büyük olur. R_1 ve R_f geri besleme dirençlerinin – girişte oluşturduğu gerilime, V_1 denilirse; bağıntı (6.1) yazılır.

$$I_1 = -V_1 / R_1, I_f = (V_0 - V_1) / R_f \quad (6.1)$$



Şekil 6.3 Evirmeyen yükselteç devresi

Giriş empedansı yüksek olduğu için $I_1=0$ kabul edilirse; $I_1=I_f$ olur. Buradan bağıntı (6.2) yazılır.

$$-V_1 / R_1 = (V_0 - V_1) / R_f \quad (6.2)$$

Girişten akım akmadığı için giriş gerilimleri eşittir. V_1 yerine V_g yazılırsa ; Bağıntı (6.3) elde edilir.

$$-V_g / R_1 = (V_0 - V_g) / R_f \quad (6.4)$$

$$-V_g \cdot R_f = R_1 \cdot (V_0 - V_g) \Rightarrow R_1 \cdot (V_0 - V_g) + V_g \cdot R_f = 0 \quad (6.5)$$

$$R_1 \cdot V_0 / R_1 \cdot V_g = V_g \cdot (R_1 + R_f) / R_1 \cdot V_g \Rightarrow V_0 / V_g = (R_1 + R_f) / R_1 \Rightarrow \Rightarrow V_0 / V_g = 1 + (R_f / R_1) \quad (6.6)$$

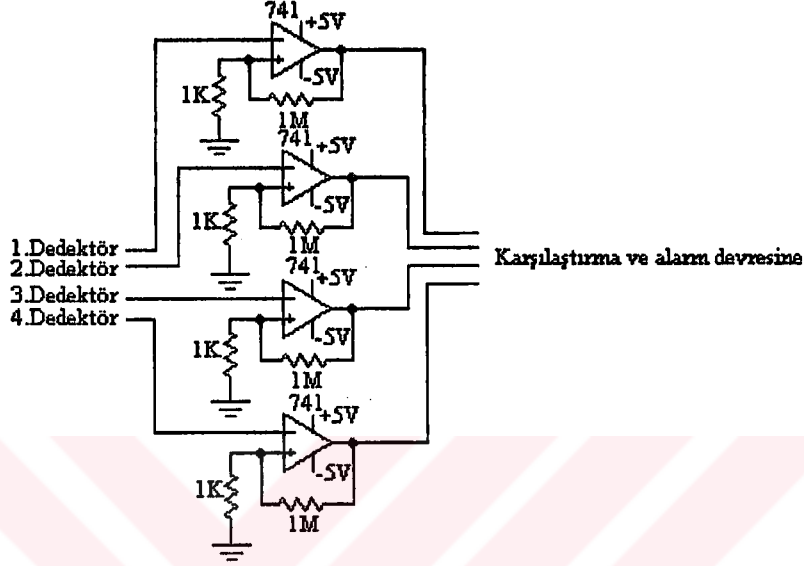
$$A_v = V_0 / V_g = 1 + (R_f / R_1) \quad (6.7)$$

Sonuç olarak (6.7) elde edilir. Giriş değerleri 0-5 mV değerleri için;

$$A_v = 1 + (1 \text{ M}\Omega / 1 \text{ K}\Omega) = 1 + 1000 = 1001$$

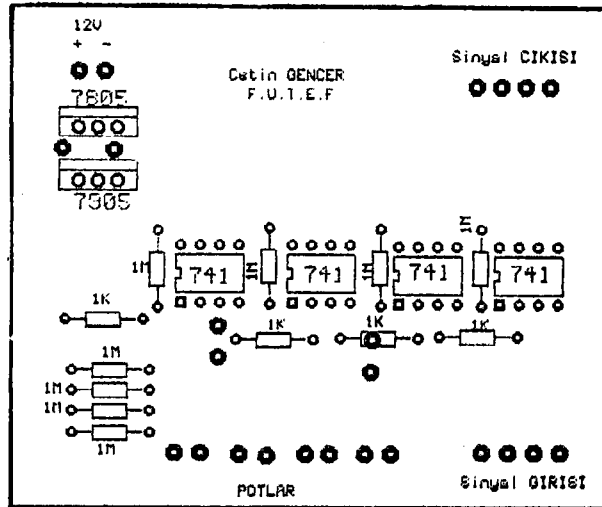
0-5 mV=0-5V olarak yükseltilmiştir.

Şekil 6.4’de ön amplifikatör devresi bağlantı şeması verilmiştir. Dedektörlerden gelen mili volt mertebesindeki sinyaller volt seviyesine yükseltilmiştir.



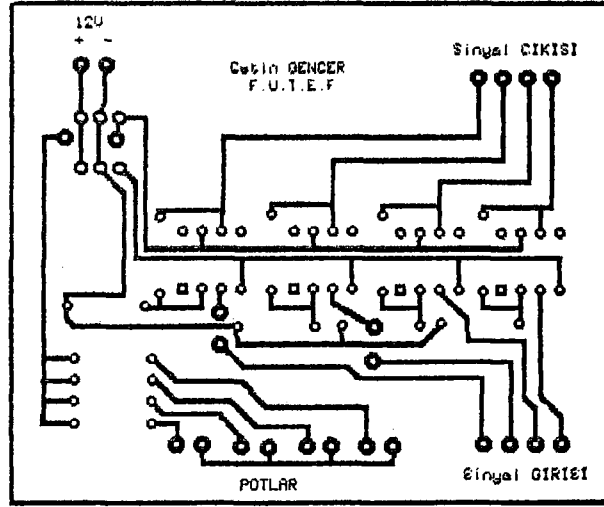
Şekil 6.4 Ön amplifikatör devresi

Şekil 6.5’de ön amplifikatör devresi malzeme yerleşim planı verilmiştir.



Şekil 6.5 Ön amplifikatör devresi malzeme yerleşim planı

Şekil 6.6'da ön amplifikatör devresi baskı devre şeması verilmiştir.



Şekil 6.6 Ön amplifikatör devresi baskı devre şeması

6.3 Karşılaştırma ve Alarm Devresi

Karşılaştırma ve alarm devresinde kullandığımız komparatörler hakkında teorik bilgi aşağıda verilmiştir.

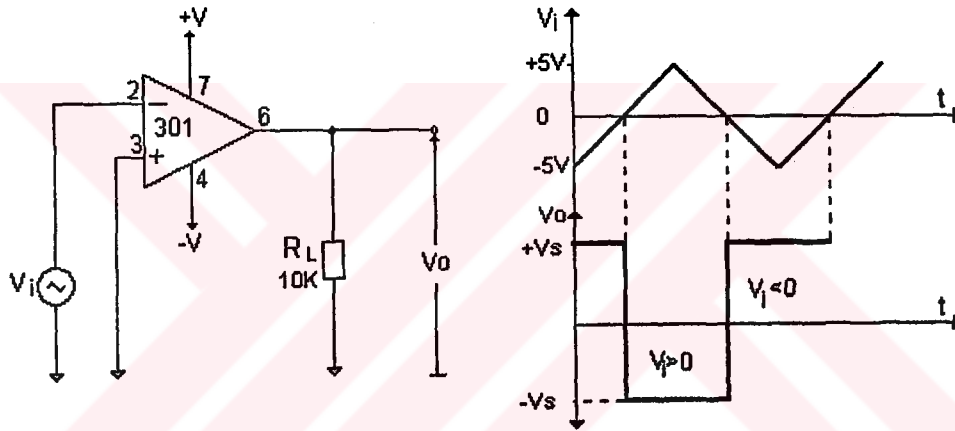
6.3.1 Op – Amp’ ın komparatör olarak kullanılması

Komparatörün iki girişi olup, birine referans bir gerilim, diğerine de bir işaret gerilimi uygulanır. Referans gerilimi pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Eğer komparatör olarak herhangi bir Op-Amp kullanılırsa çıkış ya pozitif ya da negatif işaretli olur. Komparatörlerin genel açıklamalarına geçmeden önce kullanıldığı yerler:

1. Düzensiz şekildeki işaretleri kare dalga veya darbeli işaretlere dönüştüren Schmitttrigger devresi.
2. Herhangi bir giriş işaretinin 0V seviyesinden ne zaman ve hangi yönde geçtiğini belirten sıfır seviye dedektörü.
3. Herhangi bir giriş işaretinin referans gerilimine ne zaman ulaştığını gösteren voltaj seviye dedektörü.
4. Kare veya üçgen dalga üreten osilatör devresidir.

6.3.2 Basit komparatörler

En basit komparatörde genel amaçlı bir Op-Amp'ın iki girişi direk kullanıldığı gibi, güvenilir bir devre için dışardan bazı elemanların bağlanması gerekir. Daha iyi sonuç için komparatör olarak imal edilmiş devreleri kullanmakta fayda vardır. Şekil (6.7)'de basit bir komparatör devresi gösterilmiştir. Op-Amp'ın girişine üçgen dalga işaret uygulanmıştır. Artı ucu ise toprağa bağlanmıştır. $V_i < 0$ olduğunda çıkış $+V_s$ ve $V_i > 0$ olduğunda çıkış $-V_s$ seviyesindedir. V_i negatiften pozitifte giderken sıfır seviyesini kesiyorsa, çıkış $+V_s$ 'dan $-V_s$ 'a gider. Eğer çıkış, $-V_s$ 'tan $+V_s$ 'ya doğru gidiyorsa, giriş negatife giderken sıfırdan geçtiği anlaşılır.

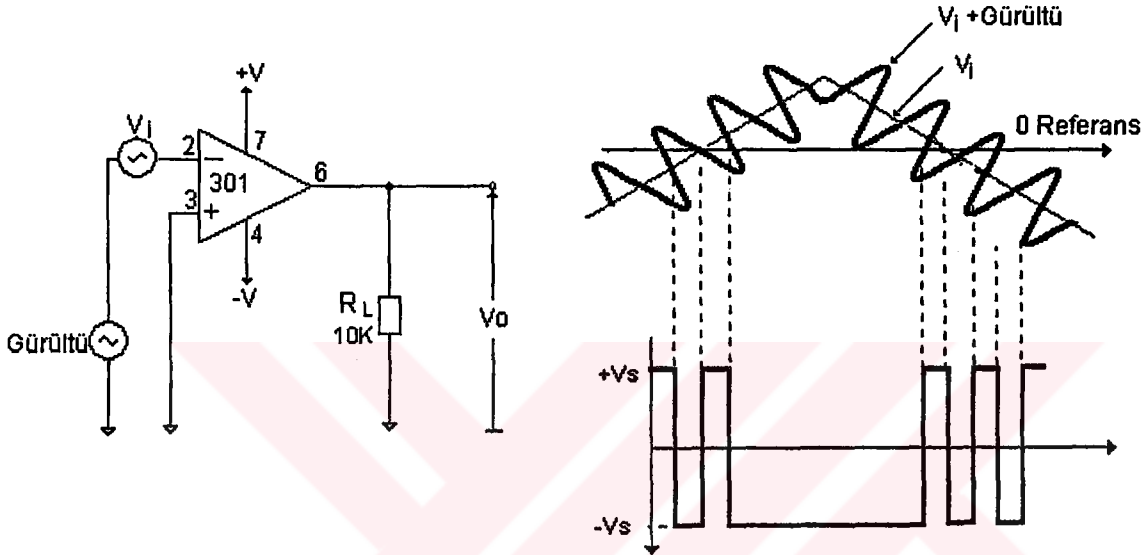


Şekil 6.7 Basit komparatör devresi

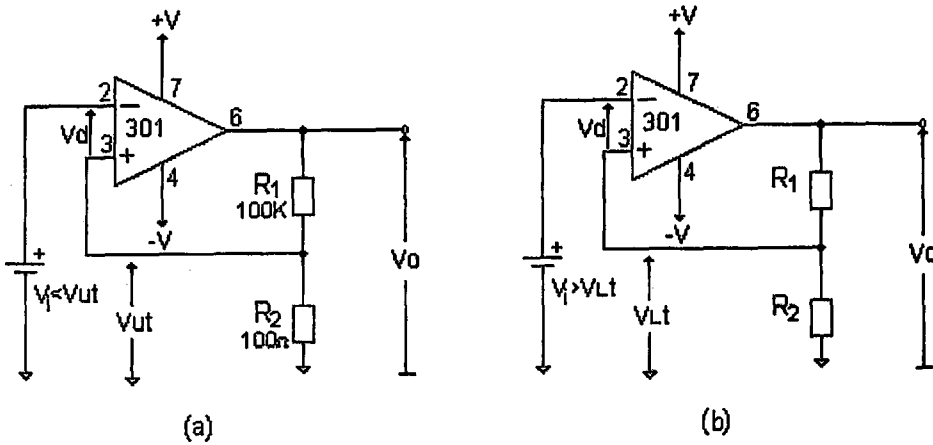
Pratikte sıfır seviyesinden geçiş, Şekil (6.8)'de gösterildiği gibi çok süratli olmaz. Ayrıca giriş uçlarındaki gürültü gerilimlerinden dolayı osilasyon da olabilir. Gürültü gerilimini üçgen dalga kaynağına seri bir kaynak gibi gösterirsek, negatif girişe uygulanan işaret, ikisinin toplamı kadar olur. Şekilden anlaşılacağı gibi sıfır seviye civarında gürültüden dolayı sıfır eksenini birkaç defa kesiliyor. Bundan dolayı çıkışta osilasyon oluşur. Bunu önlemek yani gürültünün etkisini yok etmek ve daha kararlı bir çalışma sağlamak için pozitif geri besleme uygulamak gerekir.

6.3.3 Pozitif geribesleme

Op-Amp çıkış geriliminin bir kısmını + girişe uygulamaya pozitif geribesleme denir. Şekil (6.9)' de çıkış gerilimi R_1 ve R_2 dirençleri ile bölünerek + girişe uygulanmıştır. Bu geri besleme gerilimi çıkış gerilimine bağlı olup, değişkendir. Burada pozitif geribesleme ile gürültünün oluşturduğu hatalı çıkışların nasıl yok edileceği açıklanacaktır.



Şekil 6.8 Komparator çıkışındaki osilasyon



Şekil 6.9 Pozitif geri besleme devresi

Şekil (6.9)'da $V_i < V_{ut}$ olduğundan çıkış $+V_s$ 'dadır. Geri besleme geriliminin değeri,

$$V_{ut} = R_2 (+V_{sat}) / (R_1 + R_2) \quad (6.8)$$

Bu gerilime üst eşik gerilimi denir. Bu durumda çıkış V_s 'de sabit kalır. Eğer V_i 'nin değerini artırırsak V_d 'nin polaritesi değişecek ve çıkış azalmaya başlayacaktır. Geri besleme gerilimi V_{ut} 'de azalacağından V_d gerilimi daha büyük bir hızla değişecektir. Zincirleme olarak çıkış $-V_s$ 'da ulaşıp kilitlenecektir. Bu durum Şekil (6.9)'de gösterilmiştir. $V_o = -V_s$ için geribesleme gerilimine alt eşik gerilimi denir ve değeri,

$$V_{lt} = R_2 (-V_{sat}) / (R_1 + R_2) \quad (6.9)$$

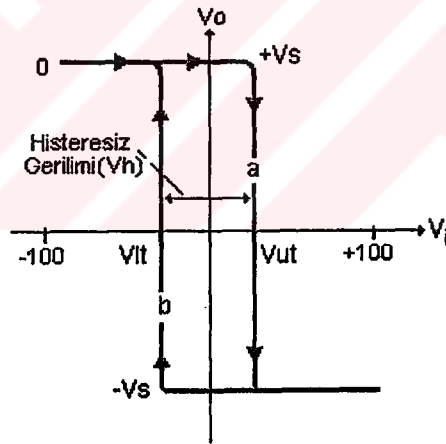
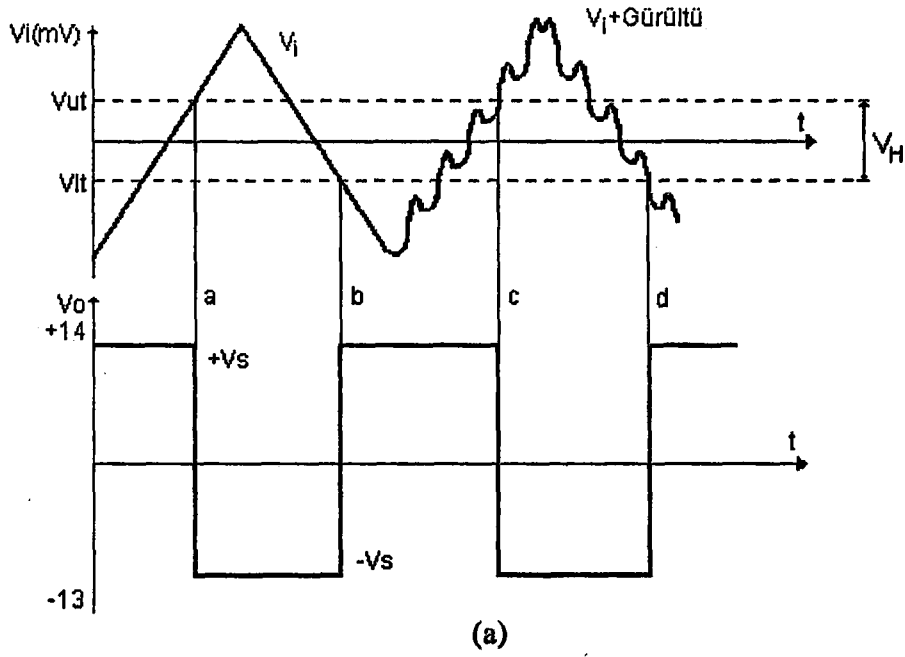
V_i gerilimi V_{lt} 'den büyük olduğu sürece durum değişmez. Küçük olur olmaz Çıkış tekrar eski konumuna gelir. Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz ki; pozitif geri besleme sayesinde çıkış gerilimi daha hızlı değişmektedir. Eğer alt ve üst eşik gerilimleri gürültü geriliminin tepe değerinden büyük ise pozitif geri besleme sayesinde gürültü etkisi kalkmış olur.

$$V_{ut} = 100\Omega (14V) / 100100\Omega \cong 14 \text{ mV}$$

$$V_{lt} = 100\Omega (-13 V) / 100100\Omega \cong -13 \text{ mV}$$

elde edilir. Buradaki sınır değerler için girişe üçgen dalga uygulandığında çıkış işareti aşağıdaki gibi olur.

$T=0$ anında $V_i < V_{lt}$ olduğundan $V_o = +V_s$ 'dır. V_i , V_{lt} ile V_{ut} arasında iken herhangi bir değişiklik olmaz. $V_i > V_{ut}$ olduğunda (a ve c noktaları) çıkış gerilimi $-V_s$ ' ulaşır. $V_i < V_{lt}$ olduğunda çıkış tekrar $+V_s$ ' ye ulaşır. Şekilden görüldüğü gibi yaklaşık ($V_{ut} - V_{lt}$) kadar ve daha küçük genlikli gürültüler yok edilmiş olup çıkışta görünmeyecektir.



Şekil 6.10 Pozitif geri beslemenin grafikleri

(a) Komparatörün çıkış grafiği

(b) Komparatörün transfer eğrisi

Böyle bir komparatörün etki alanını daha iyi gösterebilmek için giriş ile çıkış arasındaki transfer eğrisini çizmek gerekir. Şekil (6.10)' de gösterilmiş olan transfer

eğrisinden $V_i < V_{lt}$ olduğunda $V_o = +V_s$ ve $V_i > V_{ut}$ için $V_o = -V_s$ olmaktadır. Çıkış $+V_s$ 'den $-V_s$ 'ye V_{ut} sınırından geçerken, $-V_s$ 'den $+V_s$ 'ye V_{lt} sınırından geçmektedir V_{ut} ile V_{lt} arasındaki farka histerezis gerilimi (V_h) denir.

$$V_h = V_{ut} - V_{lt} = 14\text{mV} - (-13\text{mV}) = 27\text{mV}$$

Bu devreye schmitttrigger devresi de denir.

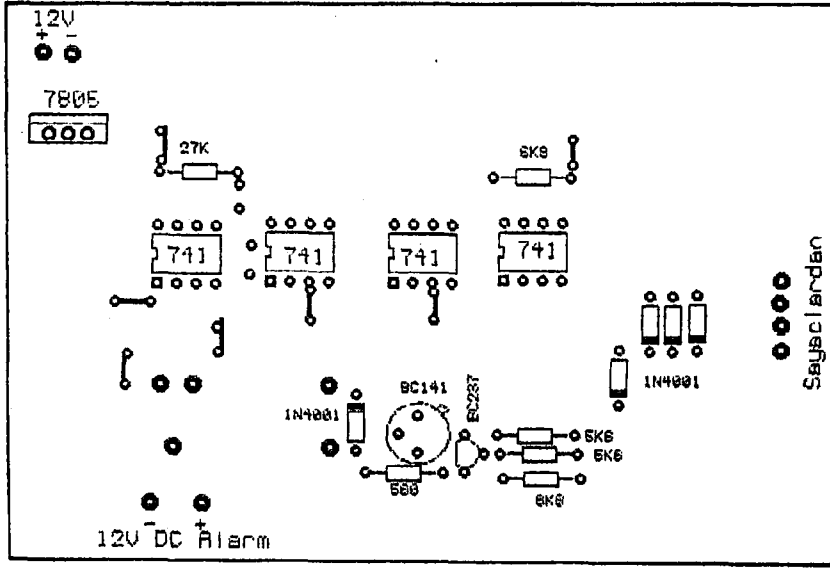
6.3.4 741 ve 301 Op-Amp' lı komparatör

Pozitif geri besleme, Op-Amp çıkışındaki konum değiştirme hızını arttırmasına rağmen $+V_s$ 'dan $-V_s$ 'ya veya ters geçiş zamanı küçük değildir. Geçiş zamanı saturasyon gerilim seviyelerinin yüksek olmasından dolayı artmaktadır. Bunun yanında komparatör çıkışının özellikle TTL entegrelerine bağlanması gerektiği hallerde 5V seviyesinde olması istenir. Çıkış gerilimi bu şekilde sınırlandırılarak geçiş zamanı küçültülmüş olur ve hızlı komparatör elde edilir.

Çıkış gerilimi bir zener diyottan yararlanarak Şekil (6.11)' de gösterildiği gibi pozitif veya negatif yönde sınırlandırılabilir. Girişteki V_i gerilimi ile çıkış $+V_s$ veya $-V_s$ 'ye ulaşmak isteyecektir. Çıkış gerilimi zener uçlarındaki gerilim olduğundan, zener geriliminde sabit kalacaktır. Zenerden akacak olan akım V_i/R_i kadar olup zener gerilimden bağımsızdır. $V_o = -5V$ için V_i ile zenerin ters yönde bağlanması gerekir.

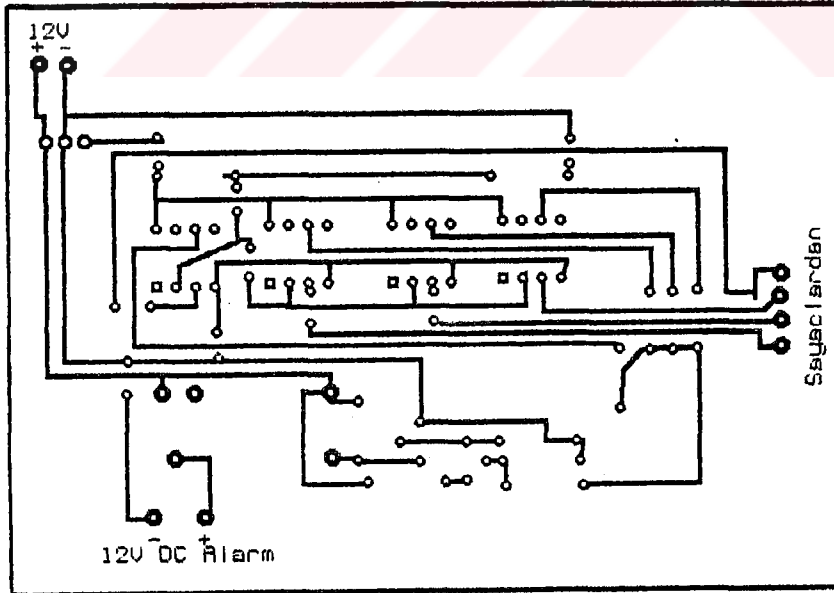
Zener Şekil (6.11.b)' deki gibi iletim yönünde kutuplanırsa uçlarında yaklaşık 0.6V gerilim düşümü olur. Eğer aynı özelliğe sahip iki diyot ters yönde ve seri olarak Şekil (6.11.c)' de gösterildiği gibi çıkış ile - giriş arasına bağlanırsa çıkış gerilimi simetrik olarak sınırlandırılır. Diyot gerilimleri iletim yönünde 0.6V ve tıkama yönünde 4.7V ise çıkış $\pm 5.3V$ 'ta sınırlandırılmış olur.

Şekil 6.13'de karşılaştırma ve alarm devresinin malzeme yerleşim planı verilmiştir.



Şekil 6.13 Karşılaştırma ve alarm devresinin malzeme yerleşim planı

Şekil 6.14'de karşılaştırma ve alarm devresinin baskı devre şeması verilmiştir.

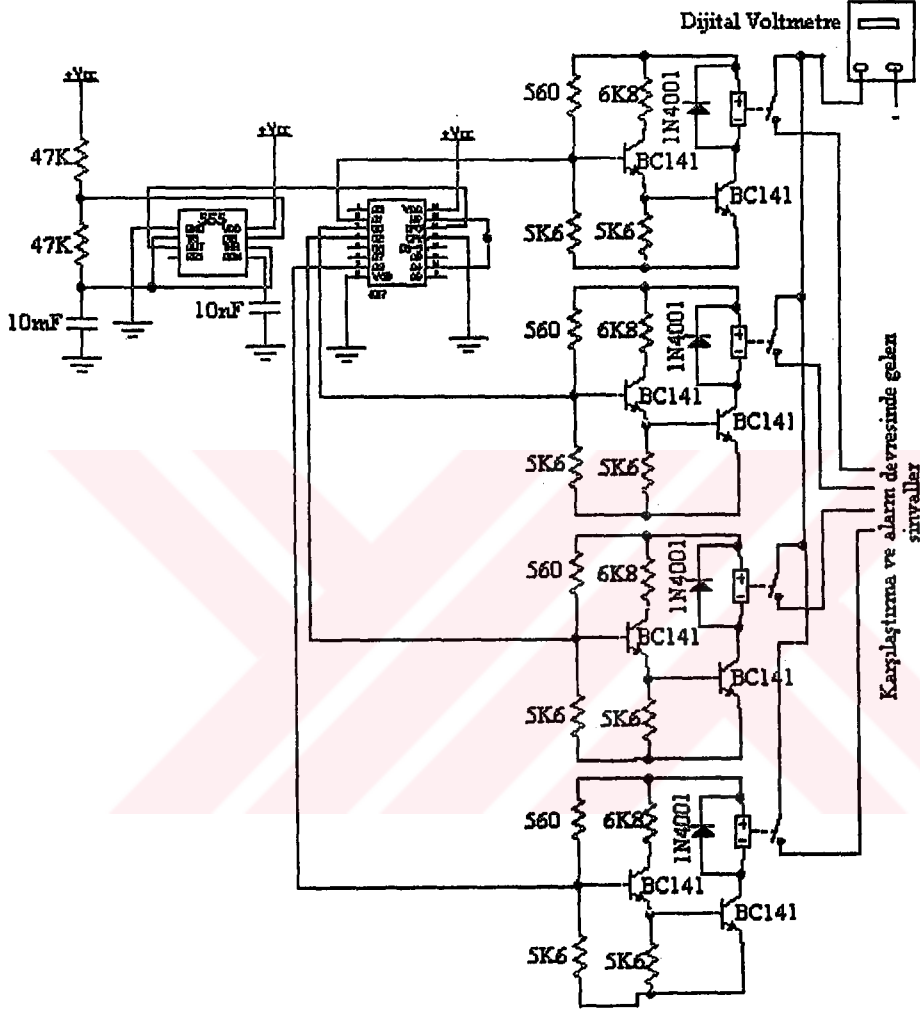


Şekil 6.14 Karşılaştırma ve alarm devresinin baskı devre şeması

6.4 Zamanlama Devresi

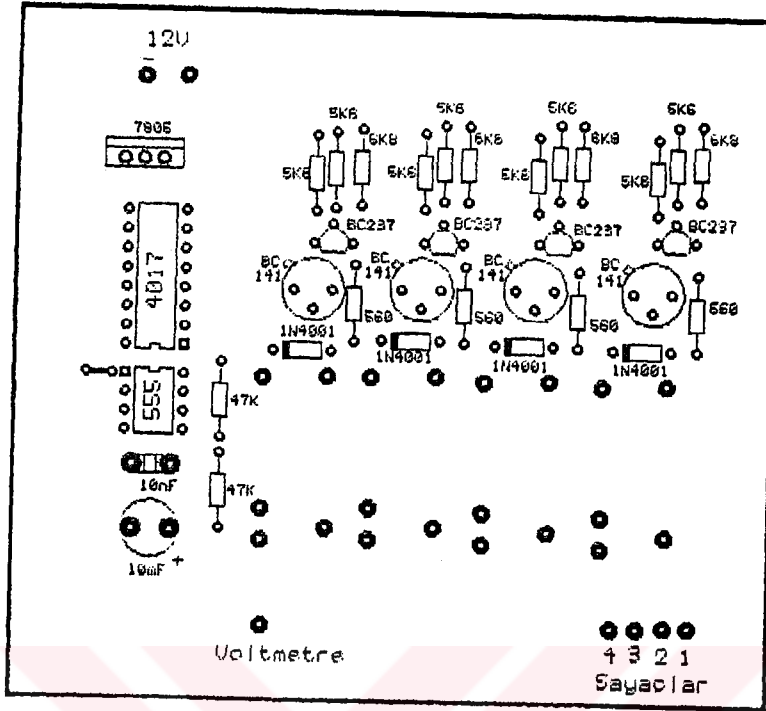
Zamanlama devresi, radyasyon dedektörlerinin istenilen süreye göre otomatik olarak devamlı çalışmasını sağlar. Zamanlama süresi, Şekil 6.15' deki devrede $47K\Omega$ 'luk direncin değeri değiştirilerek ayarlanabilir.

Şekil 6.15'de zamanlama devresinin bağlantı şeması verilmiştir.



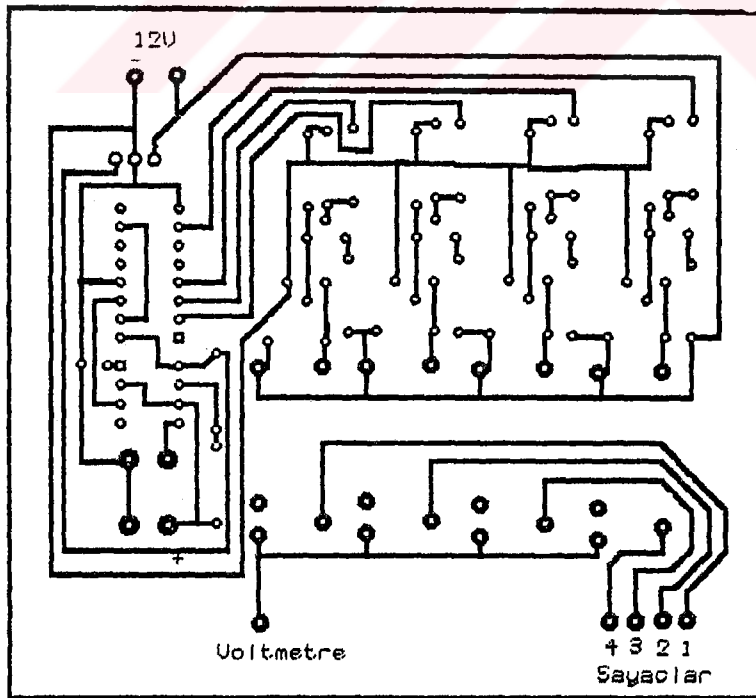
Şekil 6.15 Zamanlama devresinin bağlantı şeması

Şekil 6.16'da zamanlama devresinin malzeme yerleşim planı görülmektedir.



Şekil 6.16 Zamanlama devresinin malzeme yerleşim planı

Şekil 6.17'de zamanlama devresinin baskı devre şeması görülmektedir.



Şekil 6.17 Zamanlama devresinin baskı devre şeması

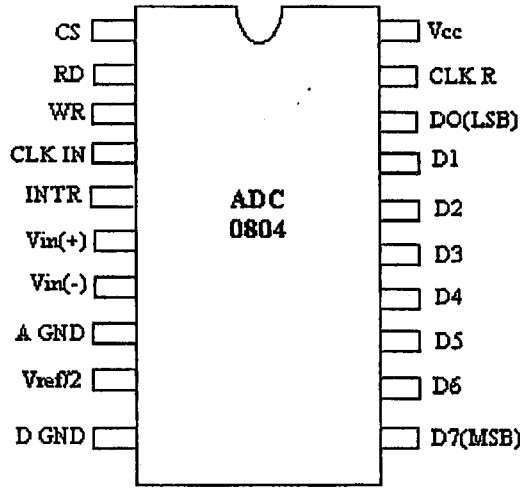
6.5 Dedektör Verilerinin Bilgisayar Ekranına Aktarılması

Bir gerilim olarak var olan hemen hemen bütün ölçülebilir miktarlar, bir A/D çevirici ile sayılaştırılabilir ve bir sayısal gösterge ile görüntülenebilir. Tez çalışmasında kullanılan radyasyon dedektör çıkışları da ADC0804 dönüştürücü yardımıyla dijital bilgiye dönüştürülür.

6.5.1 ADC0804 Analog/Dijital dönüştürücü

ADC0804 entegresinin ayak bağlantısı ve anlamları aşağıdaki gibidir;

1. CS : Chip seçme kontrol hattı,
2. RD : Okuma kontrol hattı,
3. WR : Yazma kontrol hattı,
4. CLK IN : Saat,
5. INTR : Kesme gönderme hattı,
6. $V_{in}(+)$: Analog gerilim girişi (+),
7. $V_{in}(-)$: Analog gerilim girişi (-),
8. A GND : Analog bilgi toprak ucu,
9. $V_{ref/2}$: Giriş referans gerilimi,
10. D GND : Dijital bilgi toprak ucu,
11. DB7 : Veri çıkışı,
12. DB6 : Veri çıkışı,
13. DB5 : Veri çıkışı,
14. DB4 : Veri çıkışı,
15. DB3 : Veri çıkışı,
16. DB2 : Veri çıkışı,
17. DB1 : Veri çıkışı,
18. DB0 : Veri çıkışı,
19. CLK R : Saat için harici giriş,
20. V_{cc} : 5V. Pozitif besleme gerilimi.



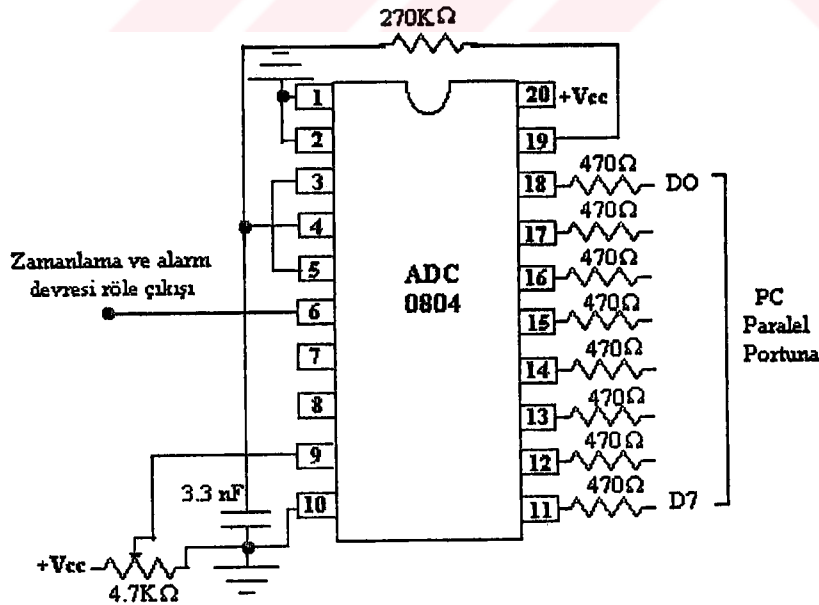
Şekil 6.18 ADC804 entegresinin ayak bağlantısı

ADC0804 için hassasiyet tayininin yapılması için kullanılan uç (9.ayak) $V_{ref/2}$ ' dir. İstenilen hassasiyet besleme gerilimi ile aynı olması isteniyorsa; yani 0-5V. luk giriş için $V_{ref/2}$ değeri ;

$$V_{ref} = V_{max} - (V_{max} - V_{min}) / 2 \Rightarrow V_{ref} = 5 - (5 - 0) / 2 = 2,5 \text{ Volt.}$$

ADC0804' ün hassasiyeti istenilen değere ayarlandıktan sonra analog giriş $V_{in} (+)$ ile $V_{in} (-)$ arasına uygulanır ve 3. nolu bacağa gönderilen bir düşen kenar tetiklemesi ile çevirme işlemi başlar ve işlem sonunda ise; 5. nolu ayaktan bir düşen kenarlı sinyal alınır. İstenirse bu iki uç birbirine bağlanarak sürekli bir çevrim sağlanmış olur.

Şekil 6.19, tez çalışmasında anlatılan ADC0804 analog sinyallerin dijitale çevrilmesi işlemini gerçekleştirir.



Şekil 6.19 ADC0804 ile dedektör verilerinin bilgisayar ekranına aktarılması

Şekil 6.19' da analog girişteki 10k' lık trimpot ile giriş sinyali normalize edilir. Çünkü transistör girişine belirli bir oranda sinyal uygulanır. Daha sonra bu değer bir oran ile çarpılarak gerçek değeri bulunur.

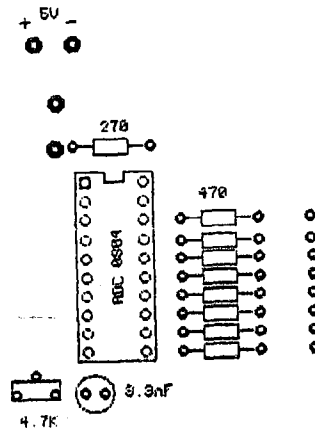
Transistörlü yükseltici kısmı analog sinyali DC bir gerilim üzerine bindirerek elde etmek için kullanılmıştır. Çünkü, ADC0804 entegresi sadece pozitif yöndeki gerilimleri analogdan dijitale çevirebilmektedir. Bu yüzden transistörün çalışma noktası orta noktada olacak şekilde 5K ve 10K' lık dirençlerle ayarlanır. Bunun sonucunda ADC' nin analog girişi $V_{cc}/2$ olacağı için çıkışı da 128 değerine eşit olur. Bunun sonucunda ise; girişe uygulanan herhangi bir sinyal transistör çıkışında DC $V_{cc}/2$ üzerine biner. Bu da ADC çıkışına 128 değeri üzerine binen bir sinyal olarak görülür. Elde edilen bu sayısal değerler PC' de porttan okunan 128 değeri, referans alınarak grafik olarak çizdirilir. Sonuçta girişe uygulanan analog sinyal ADC yardımıyla PC ortamına alınmış ve şekli çizilmiş olur. Bu şekil Turbo C++ dilinde yazılmış bir programla sağlanmaktadır.

C dilinde paralel porttan değer okumak için;

Değer = inportb (0 x 378)

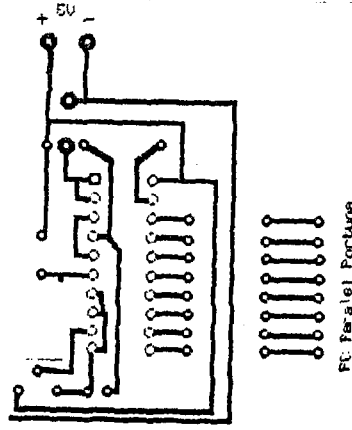
komut satırı yeterlidir. Bu satırda 0 x 378 paralel portun hexadecimal olarak adresini ifade eder. Bu satırın icrası sonucunda paralel porttan okunan değer (değer) değişkeni içerisine alınmış olur. Daha sonra bu değişkenin içeriği grafik ekranında devamlı çizdirilerek giriş sinyalinin kendisi elde edilmiş olur.

Şekil 6.20' de Dedektör çıkış değerlerinin bilgisayar ekranına aktarılması devresinin malzeme yerleşim planı aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.20 Dedektör çıkış değerlerinin bilgisayar ekranına aktarılması devresinin malzeme yerleşim planı

Şekil 6.21' de Dedektör çıkış değerlerinin bilgisayar ekranına aktarılması devresinin baskı devre şeması aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.21 Dedektör çıkış değerlerinin bilgisayar ekranına aktarılması devresinin baskı devre şeması

6.5.2 Program listesi

Aşağıda verilen program listesi şekil 6.19' daki şeması verilen devrenin çalışması sonucunda elde edilen değerleri okuyup ekranda çizer.

```
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
#include <time.h>
#include <bios.h>
#include <ctype.h>
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>

#define ek_0 setviewport(0,0,639,479,1);
#define ek_1 setviewport(19,19,421,421,1);
#define ek_2 setviewport(441,20,619,421,1);
#define ek_3 setviewport(19,441,619,470,1);
#define ek_sil clearviewport();

int ply[8],maxx,maxy,key;
char genlik[20],zaman[20];
```

```
double gen=3.5,z=0.01,a=0,tm2,tma;
```

```
//Ekran parçalara ayrılarak boyanır...
```

```
int os_ek(int b,int c){
    int i;
    if(b==0)ek_0; if(b==1)ek_1;
    if(b==2)ek_2; if(b==3)ek_3;
    a=0;
    maxx=getmaxx();    maxy=getmaxy();
    setcolor(15);
    ply[0]=0;    ply[1]=0;    ply[2]=maxx; ply[3]=0;
    ply[4]=maxx; ply[5]=maxy; ply[6]=0;    ply[7]=maxy;
    setfillstyle(1,c);    fillpoly(4,ply);
    if(b==1){
        line(1,200,401,200); line(200,1,200,401);
        setcolor(6);
        for(i=1;i<402;i=i+40){
            line(i,0,i,400); line(0,i,400,i);}
            setcolor(15);
            line(1,201,401,204); line(201,1,201,401);
        }
    }
    return(0);
}
```

```
//Genlik veya zaman ayarı yapılır...
```

```
void tus1(){
    if(z<0.01)z=0.01;
    else z=0.1;
}
```

```
void tus2(){
    if(z>0.01){z=0.01;}
    else{z=0.001;}
}
```

```
void tus3(){
```



```

    if(gen>8.75)gen=8.75;
    else gen=3.5;
}
void tus4(){
    if(gen<8.75)gen=8.75;
    else gen=17.5;
}
//Ana fonksiyon....
void main(){
    int gdriver=DETECT,gmode,errorcode,i,p=0x378,r=0;
    clock_t start,end;
    initgraph(&gdriver,&gmode,"c:\\tc\\bgi\\");
    errorcode=graphresult();
    if(errorcode !=grOk){
        printf("Grafik hatası...%s\n",grapherrormsg(errorcode));
        printf("Devam için bir tuş...");
        getch();
    }
    setcolor(0);
    setbkcolor(0);
//Bir okuma süresinin hesabı
    start=clock();
    for(i=0;i<1000;i++){
        r=inportb(p);
        lineto(a,(gen*(r-128)+200));
        a=a++;
        if(a>=400)a=0;    }
    end=clock();
    tm2=((end-start)/CLK_TCK)/1000;
    os_ek(0,8);
    basla:
    tma=40/(z/tm2);

```

```

os_ek(2,7);
setcolor(4);outtextxy(17,35,"*\AYARLAR/*");
    outtextxy(17,55,"-----O-----");
    outtextxy(67,100,"Zaman");
    outtextxy(67,175,"Genlik");
setcolor(0);rectangle(43,113,137,128);
    outtextxy(12,133,"A(+)<-- -->(-)S");
    rectangle(43,188,137,203);
    outtextxy(12,208,"Q(+)<-- -->(-)W");
setcolor(1); sprintf(zaman,"%0.3f%s",z,"sn");
    outtextxy(50,118,zaman);
if(gen==3.5) sprintf(genlik,"%s","5 volt...");
if(gen==8.75) sprintf(genlik,"%s","2 volt...");
if(gen==17.5) sprintf(genlik,"%s","1 volt...");
    outtextxy(50,193,genlik);
setcolor(6); outtextxy(10,250," Seçimlerinizde");
outtextxy(10,270,"(+) 'lar artmayı");
outtextxy(10,290,"(-) 'leb azalmayı");
    outtextxy(10,310,"ifade etmektedir...");
setcolor(16);outtextxy(10,350," □IKI□ ---> H");
os_ek(3,7);
    setcolor(4); outtextxy(3,4,"Su an kullanılan yazılım ve donanım Çetin Gençer
tarafından hazırlanmıştır.");
    outtextxy(3,14,"copyright.(c).1998");
//Sürekli çizim işlemi...
çiz:
os_ek(1,3);
while(bioskey(1)==0){
    r=inport(p);
    lineto(a,(gen*(r-128)+200));
    a=a+tma;
    if(a>=400)os_ek(1,3);

```

```

    }
    key=bioskey(0);
    if(key==7745 || key==7777){tus1();goto basla;}
    if(key==8019 || key==8051){tus2();goto basla;}
    if(key==4177 || key==4209){tus3();goto basla;}
    if(key==4439 || key==4471){tus4();goto basla;}
    if(key==9032 || key==9064) goto son;

goto çiz;
son:
    ek_0;
    ek_sil;
    setbkcolor(1); setcolor(28);
    setttextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,4);
    setusercharsize(2,0,2,0);
    outtextxy(75,175,"PROGRAM SONU");
    getch();
closegraph();
}

```

6.7 Baskı Devre

Elektronikte kullanılan devre elemanlarının fiziki boyutları gün geçtikçe küçülmekte, daha küçük elemanlarla büyük iş yapabilmenin sağlanması amacı ile, sürekli yenilikler ortaya çıkarılmaktadır. Transistor ve entegre devrelerin gelişmesine bağlı olarak, uygun montaj şekli olarak, baskı devre yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tasarlanan devrelerin, yüzeyi ince bakır kaplı pertinakslar üzerine çeşitli metotlarla baskı devre şemaları hazırlanır. Hazırlanan pertinaks üzerine elemanların montajı gerçekleştirilerek ayakları lehimlenir. Bakır pertinakslar, fiber yada epoksi denen yalıtkan plaklar üzerine ince bir bakır tabakası kaplanarak oluşturulur. Üzeri film tabakası ile kaplanmış bakırlı veya sadece bakır tabakalı pertinakslar mevcut olduğu gibi, tek veya çift taraflı olarak da üretilmektedirler.

6.7.1 Baskı devrelerin yararları

Montajda baskı devre kullanma, montaj kolaylığı, elemanların kontrol ve düzenlerinin sağlanması, ağırlığın azaltılması, standart hale getirmeye müsait oluşu, karışık devre montajları için güvenilirliği artırması, otomasyona uygunluğu ile ekonomi sağlanması, arıza gidermede kolaylık sağlama ve elemanların kolay tanınabilmesi şeklinde avantajlar sağlar.

6.7.2 Baskı devrelerin sakıncaları

Bakırlı pertinaksalar üzerindeki bakır tabakası çok incedir. Bu sebeple dikkatli lehimleme ile montaj gerektirir. Devre tamirinde, sökme-takma işlerinde dikkatli davranılmazsa, bakır tabaka kabırır ve kullanılmaz hale gelebilir. İletken yolların açıkta olması sonucu, kısa devre ihtimali ile karşılaşılabilir. Pertinaksın birim yüzey direnci eleman direncinden fazla olabilir.

6.7.3 Tasarlanan devrenin baskı devresinin hazırlanması

Tasarım devre dizaynında, çalışana büyük kolaylık sağlayan baskı devre hazırlama olayı, devre montajında hataları azaltıp seri iş şansı sağlar. Hazırlık için öncelikle, tasarımının açık devre şeması düzgün şekilde kağıt üzerine alınır. Daha sonra şemada, mevcut olan malzemelerin listesi çıkartılır ve malzemeler temin edilir. Malzemeler, şema-dan yararlanarak delikli bir pertinaks veya sünger üzerine takılarak, yerleştirme planı hazırlanır. Bu planın hazırlanmasında, devrenin kaplayacağı fiziki alan, yüksek gerilim, yüksek empedans ve kritik sinyal bölgeleri tespit edilir. Tespitler sayesinde, uygun mesafelerin bırakılması, elektriksel bağlantıların doğruluğu, arıza bulma kolaylığı, dayanıklılık ve estetik görünüm gibi önemli şartlar gerçekleştirilir.

Ayrıntılı imalat resimleri genellikle kareli kağıt üzerine çizilir. Baskı devre kareli kağıtları, çizgiler arası mesafeye göre 0.635 mm veya 2.54 mm (4*0.635) olarak standartlaştırılmıştır. İmalat resmi, gerçek boyutlara göre daha büyük çizilerek, esas baskı devredeki (master-şema) çizim hataları azaltılmaya çalışılır. Çizilen resmin sol alt köşesine, delik çapları, hat genişliklerin ve terminalerin uzaklıkları gibi ayrıntılı bilgi yazılır. Normal baskı devre uygulamalarında hatlar arası en yakın mesafenin 1.25 mm olması hatlar arası güvenli izolasyon direncinin sağlanması açısından önemlidir.

Baskı devre kağıdına çizilen tasarım şema,iletken hatlarını gösteren resim şekline çevrilir. Bu işlem, aydinger kağıdına yada düz beyaz bir kağıda genellikle rapido kalem kullanılarak yapılır (Pratik bazı devre denemeleri için çizim işlemi,özel baskı devre kalem kullanılarak,doğrudan pertinaksın bakır yüzeyine 1/1 ölçeğinde yapıla bilinir.) Normal kağıt üzerine çizilen devre şemaları,karbon kağıt yardımıyla bakıra veya aydinger kağıdına geçirilir ve gerekli yerler boyanır. İletken hatlarının belirtilmesinde,keskin köşelerden mümkün olduğu kadar kaçınılır ve hatlar arasında mesafeye dikkat edilir. Or-CAT, Board Marker, Eagle gibi bazı bilgisayar paket programları yardımı ile baskı devre tasarımı veya iletken hatlarının belirlendiği master-şema hatasız olarak kolayca hazırlanarak, aydinger veya normal kağıda yazıcı veya çiziciler yardımıyla alınabilir. Aydıneger kağıdına alınan master şema genellikle foto baskı metodu kullanılarak bakır pertinaksa aktarılır. Bakır pertinaksa aktarılan şemada, iletken hatları arası bir kimyasal çözücü kullanılarak eritilir.(Bu işlem, özel bilgisayar destekli freze makinaları yardımıyla çözücü kullanılmadan eritilecek yerlerin kazınması şeklinde yapılabilir.)

Çıkarılmak istenilen devrenin, master şemasının bakırlı pertinaks üzerine aktarılması metotları, aşağıdaki gibi sıralanır;

1. Baskı kalem metodu,
2. Pozitif-20 metodu,
3. Serigrafi baskı metodu,
4. Offset baskı metodu,
5. Foto baskı metodu,
6. Freze metodu.

6.7.4 Pozitif-20 metodu

Board-Marker paket programı yardımıyla kağıda aktarılan şemanın aydinger veya asetat fotokopisi alınır. Şemanın büyüklüğüne bağlı olarak bakır pertinaks alınır ve bakır pertinaksın yüzeyi temizlenir. Temizlenen bakır pertinaks fanla kurutulduktan sonra, taze pozitif-20, bakır pertinaksın üzerine karanlık bir odada püskürtülerek, bakır yüzeyi pozitif -20 ile kaplanır. Pozitif-20 ile kaplanan bakır pertinaks fan yardımıyla kurutulur. Pozitif-20' nin bakır pertinaks üzerinde yığılmamasına özen gösterilir. Bu yüzden bakır pertinaksın yatay olarak tutulup, pozitif-20' nin bakır pertinaksın üst

kısımından eşit şekilde püskürtülmesi gerekir. Aydınır veya asetat kağıdına aktarılan devre şeması pozitif-20 ile kaplanmış bakır pertinaksın üzerine özenle yerleştirilip pozlandırılması yapılır. Özel pozlandırma kutusunda yaklaşık 1,5 dakika kalan pertinaks önceden hazırlanmış kostak sodaya atılarak ışıık gören kısımların pozitif-20' den arındırılması sağlanır. Bakır pertinaks üzerindeki hat çizgilerinin kopuk olup olmadığı kontrol edilir. Bu işlemden sonra bakır pertinaks su ile temizlenir ve asit hazırlanır. Asit bir kap içerisinde perhidrol ve tuz ruhu karıştırılarak hazırlanır. Perhidrol oranı kimyasal çözünmeye bağılı olarak ayarlanır. Bakır pertinaks asit içerisine atılıp bakır kısımların erimesi sağlanır. Bu işlemden sonra bakır pertinaks temizlenir ve delik delme işlemine başlanır.



1. YAPILAN DENEYLER VE SONUÇLARI

Radyasyon dedektörleri ile ilgili çalışmalar F.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü laboratuvarlarında yürütülmüştür. Havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odası çıkış değerleri referans olarak alınmış ve fizik bölümünde bu değerlerin 0-5mV civarında olduğu gözlenmiştir. Tezde iyonizasyon odası için verilmiş olan deneysel veriler, Ankara Atom Enerjisi Kurumunda, Yrd. Doç. Dr. Muktim Erdoğan ve elektronik mühendisi D.R. Cookbain' nin birlikte yapmış oldukları havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odası bilgilerine dayanır.

7.1 Dedektörün Çıkış Değerlerinin Belirlenmesi

Radyasyon dedektörlerinin bir çoğu 0 ile 10 mili volt mertebesinde bir elektriksel puls meydana getirir. Havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odası 0-5 mili volt civarında çıkış vermektedir. Deney sonuçlarına göre, dedektör çıkış değerleri 0-5 mili volt olarak tespit edilmiştir.

7.2 Tehlikeli Radyasyon Dozunun Belirlenmesi

Radyasyon dedektörlerinin çıkış pulsarı ile enerjileri arasında doğru bir orantı vardır. Bu orantıdan yararlanılarak ,tehlikeli radyasyon dozunun 3,5 – 4 mili volt civarı olacağı kanısına varılmıştır. Bu değer her radyasyon dedektörü için farklıdır. Havadan tecrit edilmiş iyonizasyon odası için, tehlikeli radyasyon dozu ,deney verilerine dayanılarak 4 mili volt alınmıştır.

8.SONUÇ VE İRDELEME

Yapılan çalışma sonucunda, nükleer güç santralleri çevresinde radyasyon dozunu kontrol altına alabilecek bir devre tasarlanmış ve pratik bir çalışma yapılmıştır. Tasarlanmış olan devrede dedektör sayısı istenildiği kadar artırılacağı halde bu çalışmada, dört adet radyasyon dedektörünün kontrolü yapılmıştır. Yapılan devrede dedektör sayısı istenildiği kadar arttırılabilir. Kullanılan bilgisayar programı yardımıyla, dedektör çıkış değerlerinin genlik-zaman grafiği bilgisayar ekranında görülebilir.

Dedektörler arasındaki mesafelerin uzak olması, gerilim düşümüne neden olmaktadır. Bu problem dedektörlerin kablosuz kumandası ile çözümlenebilir. Bu sayede tek bir merkezden istenilen bölgenin radyasyon kontrolü yapılabilir.



KAYNAKLAR

Akbay, S., 1978, Endüstriyel Elektronik. İstanbul.

Altınbaşak, O. ve Taşbaşı, O., 1997, Electronics Workbench. Melissa matbaacılık, 1. basım, İstanbul.

Aoyama, T. and Watanabe, T., 1982, Nuclear Instrument Methods.

Aybers, N., 1981, Nükleer Mühendisliğin Esasları. İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü genel yayınlar no : 16, İstanbul.

Aybers, N. ve Bayulken, A., 1988, Nükleer Güç Reaktörlerinin Termo Dinamik Analizi. İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü genel yayınlar no : 19, İstanbul.

Delaney, C.F.G. ve Finch, E.C., 1992, Radiation Detectors. Physical principles and applications, Oxford Science Publications. Clarendon press, Oxford.

Göksel, A. Selahattin., 1973, Radyasyonların Biyolojik Etkileri ve Radyasyon Korunması. İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü genel yayınlar no : 9. İ.T.Ü. mat baası, Gümüşsuyu.

Kaplan, I., 1965, Nükleer Fizik. İ.T.Ü. Kütüphanesi sayı : 630, berksoy matbaası, İstanbul.

Nicholson, P.W., 1974, Nükleer Electronics. Lecturer in physics, Middlesex hospital school, University of London.

Rutherford, E., and Chadwick., 1951, Radiations from Radioactive Substances. Cambridge University Press.

Sülün, S.E., ve Arslan, M., 1997, Elektronik Devre Elemanları 1. 1. basım, İstanbul.

Whitehouse, W.J. and Putman, J.L., 1958, Radioactive Isotopes. Oxford press.

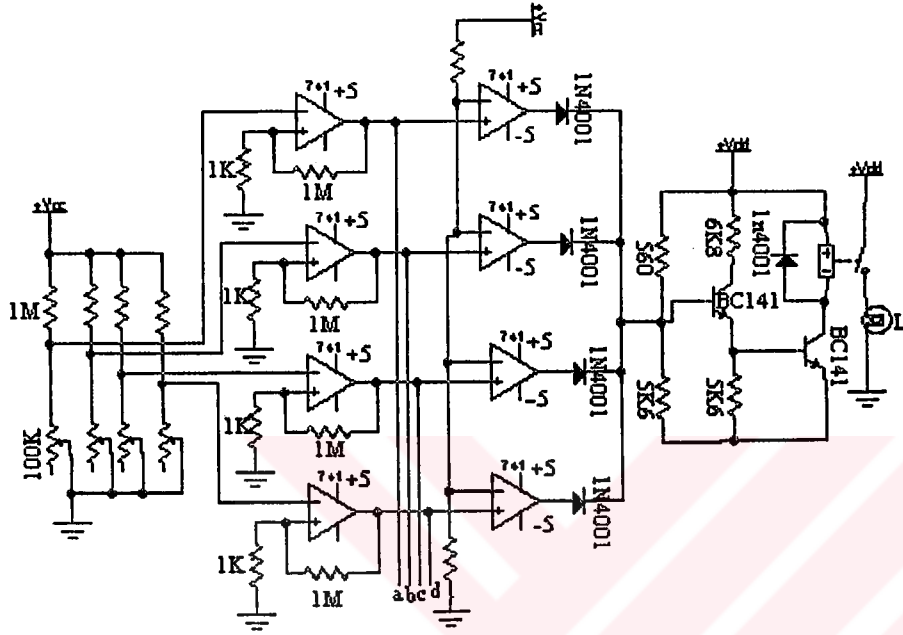
Yeniçay, F., 1963. Nükleer İlim ve Teknoloji Terimleri Sözlüğü. Amerikan Makine Mühendisleri Derneği, Berksoy matbaası, İstanbul.

Yaramış, B., 1985. Nükleer Fizik. İ.T.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi yayın no : 7, İstanbul.

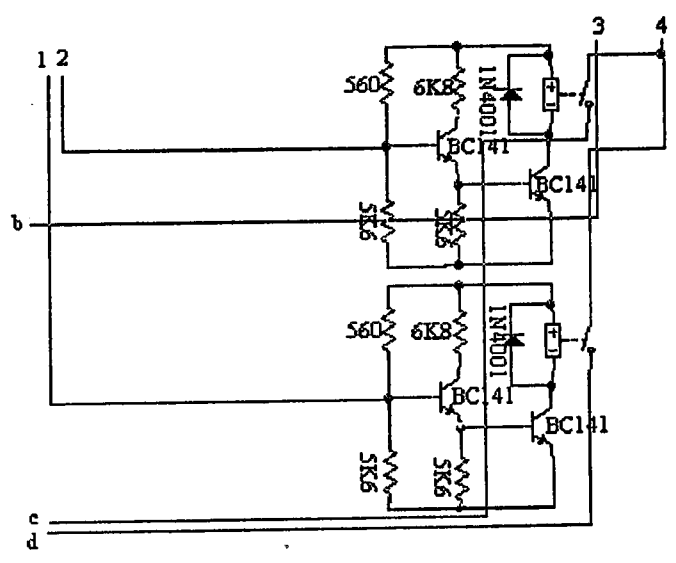
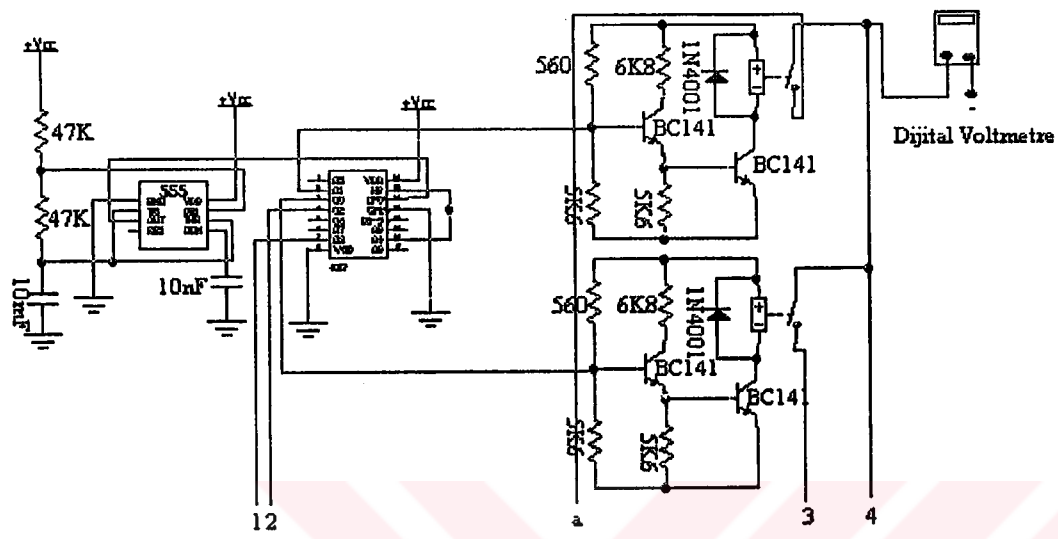


EK – 1 (a)

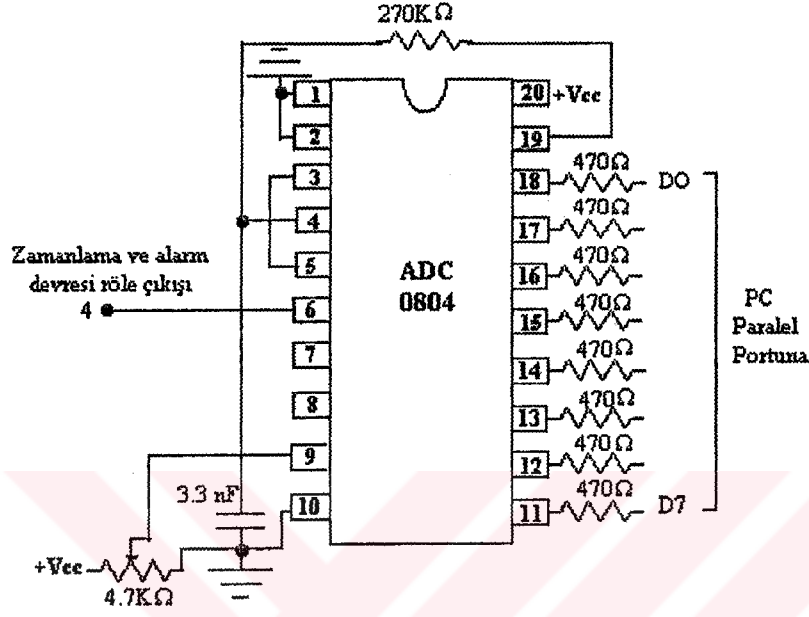
NÜKLEER SANTRAL ÇEVRESİNDE OTOMATİK OLARAK ÇALIŞABİLEN RADYASYON KONTROL SİSTEMİ



EK – 1 (b)



EK - 1(c)



T.C. YÜKSEKÖĞRETİM
DOKÜMANTASYON MERKEZİ