TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

ÇNAEM-TR 335

# SAMES J-15 HIZLANDIRICISININ YENİDEN KAZANILMASI

G.TARCAN M.SUBAŞI Y.ÖZBİR A.BAYKAL

FİZİK BÖLÜMÜ

MAYIS 1998

P.K.1 Atatürk Havalimanı, 34831 İstanbul.
Basım Tarihi: Mayıs 1998

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

ÇNAEM-TR 335

# SAMES J-15 HIZLANDIRICISININ YENİDEN KAZANILMASI

G.TARCAN M.SUBAŞI Y.ÖZBİR A.BAYKAL

FİZİK BÖLÜMÜ

MAYIS 1998

P.K.1 Atatürk Havalimanı, 34831 İstanbul.
Basım Tarihi: Mayıs 1998

## SAMES J-15 HIZLANDIRICISININ YENİDEN KAZANILMASI


### ÖZET

Bu rapor, yakın zamanda Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Fizik Bölümünde kurulan ve çalıştırılmaya başlanılan SAMES J-15 alçak enerjili iyon hızlandırıcısını(nötron üreteci) tanımlamaktadır. Cihaz, son kez Milli Savunma Bakanlığı AR-GE Laboratuarında(Ankara) kullanılmış ve o zamandan bu yana yaklaşık 15 yıldır hizmet dışı kalmıştır.

Hızlandırıcının radyo-frekans iyon kaynağı, huzme hattı, yüksek vakum sistemi ve kontrol birimi tek-tek elden geçirilmiş, büyük bir titizlikle yapılan temizlik, tamir ve gerekli değiştirmelerden sonra montajları yapılmıştır. Ayrıca, basınçlı hava ile çalışan örnek transfer sistemi ve huzmeyi darbeli çalıştırma birimleri de kurtarılarak hizmete sokulmuştur. Halen, hızlandırıcı çalışır durumda olup Fizik Bölümü projelerinde kullanılmaktadır.


## INSTALLATION AND OPERATION OF THE SAMES J-15 LOW ENERGY ION ACCELERATOR AT ÇEKMECE NUCLEAR RESEARCH AND TRAINING CENTRE


### ABSTRACT

This report describes the low energy ion accelerator (Neutron Generator), SAMES J-15, which has been recently installed and taken into operation at the Physics Department of Çekmece Nuclear Research and Training Center (CNAEM), İstanbul. The device had been out of service for more than 15 years after the last use in the AR-GE laboratory, Ankara.

The radio frequency ion source, beam-line, high vacuum system and control unit of the accelerator were overhauled and re-assembled with the utmost care in cleaning, repair and replacement when necessary. Additionally, the pneumatically operating sample transfer system and the beam-pulsing units were also rescued and put into service. The machine is presently in working condition and even used in the projects of the Physics Department

## İÇİNDEKİLER


I. **GİRİŞ** ..... 4

II. **HIZLANDIRICININ TANITIMI** ..... 4

**II.1 Ana Hızlandırma Birimi** ..... 4-6

**II.2 Yüksek Gerilim Birimi** ..... 6

**II.3 Kontrol Birimi** ..... 6

III. **SAMES T-400 HIZLANDIRICISINDA BULUNMAYAN ÖZELLİKLERİ** ..... 7

**III.1 Darbeli Çalıştırma Sistemleri** ..... 7

a. **İyon Kaynağından darbeleme** ..... 7

b. **Saptırma ile darbeleme** ..... 7

c. **İyon kaynağı ile senkronizasyonlu darbeleme** ..... 8

**III.2 Çift yollu Örnek Transfer Birimi** ..... 8

**III.3 Döner sondalı huzme analizörü** ..... 8

**III.4 Döner hedef** ..... 8

**IV. HIZLANDIRICININ YENİDEN ÇALIŞIR HALE GETİRİLMESİ** ..... 9

**V. SONUÇ** ..... 9

**TEŞEKKÜR** ..... 9

**ŞEKİLLER** ..... 10-13

# SAMES J-15 HIZLANDIRICISI

## I. GİRİŞ

Sames J-15 Alçak Enerjili İyon Hızlandırıcısı 1972 yılının başlarında Milli Savunma Bakanlığına bağlı AR-GE Laboratuarında çalıştırılmaya başlanmıştır. Cihaz burada 1978 yılına kadar çalıştırılmış, 1980 yılından sonra tamamen hizmet dışı kalmıştır. Daha sonra B.Ü. Nükleer Mühendislik Bölümüne devredilen cihaz, orada 5 yıl gibi uzunca bir süre monte edilmeden bekletilmiştir. 1993 yılı başlarında B.Ü. ile yapılan yazışmalar sonucu cihaz ÇNAEM-Fizik Bölümüne getirilmiştir. Burada cihazın yeniden kazanılması amacıyla bu proje başlatılmıştır.

## II. HIZLANDIRICININ TANITIMI

Sames J-15 iyon hızlandırıcısı en yüksek 150 kV DC hızlandırma gerilimi ile 1.5 mA hedef akımında çalışmaya izin vermekte ve şu kısımlardan oluşmaktadır:

**1. Ana hızlandırma birimi**

**2. Yüksek gerilim üreteci**

**3. Kontrol birimi.**

### II.1 Ana hızlandırma birimi

Hızlandırıcının bu bölümü, iyon kaynağı, hızlandırma kolonu, elektrostatik quadropole mercek, huzme kesici, huzme saptırma yoluyla darbeleme sistemi ve penceresi, diyafram, elektron tuzağı, hedef ve vakum sisteminden oluşmaktadır.

İyon kaynağı (Şekil 1) pyrex bir ampul görünümünde olup osmoregülatör, yüksek frekans (RF) kaynağı ve bir büzme (konsantrasyon) bobininden meydana gelmektedir. Osmoregülatörün içinde bulunan paladyum çubuğun(tüp şeklinde) ısıtılmasıyla orantılı olarak geçişine izin verilen döteryum gazı, RF osilatörünün sağladığı 100 MHz 'lik titreşimlerle iyonize edilerek bir döteryum plazması elde edilmektedir. Konsantrasyon bobininin etkisiyle çıkış (ekstraksiyon) kanalına büzülen plazma içindeki pozitif iyonlar ekstraksiyon elektrotuna uygulanan pozitif bir DC gerilimle ($V_{max}$ = 6 kV) hızlandırma kolonuna itilirler ve dötoron huzmesini oluştururlar. İyon kaynağının konumu 3 ayar vidası yardımıyla değiştirilebilmekte, dolayısıyla, huzmenin hedef üzerindeki yeri (beam spot) tam olarak merkezlenebilmektedir.

Hızlandırma kolonu, 11 elektrotun porselen halkalarla birbirlerine yapıştırılmasıyla elde edilmiş "sabit alanlı" tipindedir. Yüksek gerilim, her biri 150 MΩ olan bölücü dirençlerle elektrotlar üzerine dağıtılmıştır. Dirençler hızlandırma kolonuna paralel yerleştirilmiş bir kutu içindedir. Birinci elektrot odaklama için kullanılmakta olup max. 14 kV altında çalışmaktadır.

Yüklü tanecik huzmesi, çeşitli etkenlerle (yüklü tanecikleri birbirlerini itmesi ve artık gaz molekülleriyle çarpışmaları başta olmak üzere) genişlemekte ve saçılmaktadır. Bunu önlemek için elektrostatik merceğin kullanılması gereklidir. Bu mercek kutuplanmış 4 ayrı metal plakadan oluşturulmuştur.

Huzme kesici, hedefin önünde huzmenin hedefe ulaşmasını önlemek için kullanılan ve dışarıdan zayıf bir su akışıyla soğutulan tantal' dan yapılmış hareket edebilir bir kapaktır. Hareketi dışarıdan basınçlı hava gönderilerek (pnömatik) sağlanmaktadır. Çalışma durumunda, döteron biriktirmesini, dolayısıyla, sahte döteryum hedefi haline gelmesini önlemek için fazla soğutulmamaktadır.

Huzmenin saptırılması yöntemiyle hızlandırıcının darbeli çalışmasını sağlamak için kullanılan sistem, huzme hattına yerleştirilmiş iki saptırma elektrotundan oluşmuştur. Ancak orta hızlarda darbeli çalışma imkanı veren bu sistemde elektrotlara darbe şeklinde 1500 volt DC gerilim uygulanmaktadır. Saptırılan huzme bir tantal pencere üzerine düşürülmekte, böylece, hedef darbe (puls) şeklinde bir huzme ile belirli aralıklarla dövülmektedir.

Diyafram, ortasında 30 mm çaplı dairesel bir delik bulunan bir plakadan ibarettir. İyon huzmesinin çapı hakkında bilgi edinmekte kullanılmaktadır. Elektriksel olarak izole edilmiş olduğu için üzerine düşen huzme akımı okunabilmektedir. Hızlandırıcının yüksek akım altında çalıştırılması halinde soğutmak amacıyla diyaframın içinde bulunduğu hızlandırma kolonu parçasının dışına bir su ceketi geçirilmiştir.

Elektron tuzağı, hedefi döven iyon huzmesinin sebep olduğu sekonder elektronları yansıtmak üzere hedefin tam önüne yerleştirilmiştir. Kutuplama gerilimi (-)200 volt DC olup, ortasında yine 30 mm' lik bir delik bulunan metalik bir plakadan yapılmıştır. Elektronların hedef akımına katkısını önlemeyi amaçlamaktadır.

Hedef, 49 mm çapında, 1 mm kalınlığında bakır bir plakadır. Bu plaka üzerine merkezi 30 mm çapında bir dairesel alanı kapsayacak şekilde 500 $\mu g/cm^2$ kalınlığında titanyum kaplanmış, daha sonra ise izotopik oranı yaklaşık 2 civarında olan trityum emdirilmiştir. Aktivitesi yaklaşık 0.8 $Ci/cm^2$ dir. Hedef, arka tarafından 2 mm kalınlığında bir su ceketi ile soğutulmaktadır. Üretici firmanın verilerine göre, yeni bir hedef kullanılması halinde elde

edilebilecek nötron çıkışı döteron - triton(d-t) reaksiyonu için en fazla $5.10^{11}$ nötron/s, döteron-döteron(d-d) reaksiyonu için ise en fazla $8.10^{9}$ nötron/s dir.

Vakum sistemi, $10^3$ $m^3$/saat' lik çift kademeli mekanik bir pompa ile 600 litre/s kapasiteli yağ difüzyon pompasından meydana gelmiştir. Sisteme daha sonra sıvı azot kullanan bir tuzak eklenmiştir. Ayrıca, çalışma şartlarında olabilecek bir aksaklık halinde(elektrik şebekesinde bir kesinti, termik rölenin çalışmaması vs., gibi) difüzyon pompa ile hızlandırıcı kolonunu ayıran kelebek vana(buffle vane) yı otomatik olarak kapatan pnömatik bir güvenlik mekanizması da sisteme dahil edilmiştir.

### II.2. Yüksek Gerilim Birimi

Bu birim, hermetik yapıda oluşturulmuş yüksek gerilim üreteci ile bir yüksek gerilim besleme kaynağından meydana gelmiştir.

Hermetik ünite, bir stator ve bir rotordan oluşmuştur. Stator, esas dielektrik ortamı teşkil eden camdan yapılmış bir silindir ve indüktörlerden ibarettir. Rotor ise, yük taşıyıcı olarak kullanılan ve yalıtkan olan "araldite" isimli plastik türü bir maddeden imal edilmiştir. Çalışma sırasında rotor 2800 devir/dak.' lık bir hızla döndürülmektedir. Burada, yük toplama amacıyla, özellikle, sivri uçlu fırçalar yerine çok az eğimli çelik lamalar kullanılmıştır. Üretecin içi, kolay iyonize olması ve yapısal maddelerle kimyasal reaksiyona girmemesi nedeniyle yüksek basınçta (yaklaşık 15 Atm.) hidrojen ile doldurulmuştur. Bir vantilatörle soğutulan yüksek gerilim biriminin stabilizasyonu ±%1 civarındadır.

Yüksek gerilim birimi besleme kaynağı, üretecin 30 kV uyarma (eksitasyon) gerilimini ve diğer alçak besleme gerilimlerini, çeşitli regülasyon ve koruma devrelerini içermektedir.

### II.3 Kontrol Birimi

Hızlandırıcının çalıştırılmasında uzaktan her türlü kontrol imkanını veren, sistemin çeşitli yerlerinden bilgi aktarmak üzere birçok göstergeyi içeren bir birimdir. Yüksek gerilim katı ve iyon kaynağının çalıştırılmasını, yüksek gerilim değerini, iyon kaynağına gaz giriş miktarını, uygulanan yüksek frekans şiddetini, uyarma ve odaklama gerilimlerinin uzaktan belirlenmesini sağlar. Ayrıca, yüksek gerilim ve akımın miktarını, yüksek vakum seviyesini, hedef ve diyafram akım şiddetlerini veren göstergeleri taşır. Darbeli kullanımlarda yararlanılan darbe üreteçleri ile otomatik çalışan örnek transfer sisteminin kumanda katları yine kontrol ünitesi üzerindedir.

## III. SAMES T-400 HIZLANDIRICISINDA BULUNMAYAN ÖZELLİKLER

Sames J-15 hızlandırıcısı bölümümüzdeki diğer hızlandırıcı olan Sames T-400 'e göre daha eski ve küçük bir model olmasına karşın ek bazı üstünlüklere sahiptir. Bunlar, darbeli çalışabilir olması, otomatik çift yollu bir örnek taşıma sistemine sahip olması, döteron huzme analizörü ile döner hedef gibi parçalarının bulunmasıdır.

### III.1 Darbeli çalıştırma sistemleri

Hızlandırıcı, 3 şekilde darbeli çalıştırılabilmektedir. Bunlar; iyon kaynağından darbeleme, huzme saptırma ile darbeleme ve iyon kaynağı ile senkronizasyonlu darbeleme şekilleridir.

**a) İyon kaynağından darbeleme:** Plazmanın oluşumunu sağlayan RF titreşimlerinin modülasyonu ile iyon huzmesi darbe şeklinde elde edilebilir(Şekil 2). Darbelerin iyon kaynağına iletilmesinde kızıl ötesi ışınlar kullanılmıştır. Bu sistemi meydana getiren elemanlar şunlardır: darbe üreteci, kızıl ötesi ışın kaynağı(foto-diyod), ışık kılavuzu, foton dedektörü(fotomultiplikatör), yükseltici ve gerilim besleme kaynakları.

Darbe üreteci kumanda kabinine monte edilmiştir, dolayısıyla, çalışma sırasında darbelerin özellikleri(genişlik, tekrarlama süreleri gibi) değiştirilebilir.

Kızıl ötesi ışın kaynağı tam iyon kaynağının altına yerleştirilmiş olup bir foto-diyottan (Ga-As) ibarettir. Dalga boyu 9000 $A^{\circ}$, ışık darbelerinin yükselme zamanı 1 ns dir. Kaynağın yayınladığı fotonlar alıcıya, yüksek gerilim elektrotunu taşıyan yalıtkan kolonun içine yerleştirilmiş bir kılavuz ile iletilmektedir. Kılavuzun diğer ucundaki foton çoğaltıcının(fotomultiplikatörün) en yüksek duyarlığı 7000 $A^{\circ}$ ile 9000 $A^{\circ}$ arasındadır. Bu yöntemle elde edilebilecek karakteristik özellikler şöyledir: darbe genişliği 10 μs - 8 ms, darbe tekrarlama mertebesi 10.000 - 10 pps, darbe yükselme ve düşme zamanı 2 - 5 μs, çalışma yüzdesi (darbe süresi/tekrarlama süresi) %50 dir.

**b) Huzme saptırma yöntemi ile darbeleme:** Burada sürekli bir huzme üretilmekte, ancak iki saptırma elektrotuna uygulanan darbeli kutuplama gerilimleriyle huzme darbeli hale getirilmektedir(Şekil 3). Eksene paralel yerleştirilen saptırma elektrotlarına darbe şeklinde 1500 volt DC uygulanarak elde edilen elektrik alan huzmenin saptırılmasını sağlamaktadır. Saptırılan huzme bir tantal pencere üzerine düşmektedir. Bu yöntemle hızlandırıcının orta hızda darbeli olarak çalışması sağlanmaktadır. Bu uygulamadaki darbe karakteristik özellikleri; darbe

genişliği 0.5 - 10 μs, tekrarlama mertebesi 10.000 - 10 pps, darbe yükselme ve düşme zamanı 0.1 - 0.2 μs ve çalışma yüzdesi < %1 dir.

**c) İyon kaynağı ile senkronizasyonlu darbeleme :** Saptırma ile darbeleme yönteminde sistem sürekli, kesintisiz bir huzme ile çalıştırılabildiği gibi, iyon kaynağından darbelenmiş bir huzme ile de çalıştırılabilir(Şekil 4). Bu durumda kaynağı ve plakaları aynı darbe üreteci beslemektedir. Sağladığı şartlar, saptırma ile darbeleme yönteminkiyle hemen hemen aynıdır. Yalnız bu durumda hedef akımının değeri 1.5 misli artabilmektedir.

### III.2 Çift yollu otomatik örnek transfer sistemi

İki yollu olan bu transfer sisteminin benzerlerinden farkı ışınlama istasyonunun yapısındadır. Örnek ve standart aynı anda yan yana ve hedef düzlemine paralel bir düzlemde ışınlanmaktadırlar(Şekil 5). Bu suretle birbirlerini gölgeleme etkisi (shadow effect) ortadan kalkmaktadır. Öte yandan, nötron akısının anizotropisinden kaynaklanacak hataları da ortadan kaldırmak için örnek ve standart hedefin ekseni etrafında döndürülmektedir. Sahip olduğu programlama birimi sayesinde ışınlamalar ve sayımlar ard arda yapılabilmektedir. Işınlama, bekleme ve sayım süreleri 1 saniyeden başlamak üzere 99.999 saniyeye kadar ayarlanabilmektedir. Kullanılan örnek taşıyıcılar (rabbit) 17 mm çapında ve 7 mm yüksekliğindedir.

### III.3 Döner sondalı huzme analizörü

İyon huzmesinin homojenliğini kontrol eden bir cihazdır. Bu cihaz, eksenleri birbirine dik, kıvrık iki tungsten çubuktan ($\phi$ = 1mm) yapılmış, rotorları vakumda statorları normal atmosferde bulunan, 50 c/s lik senkron motorlarla 3000 devir/dak. hızla döndürülebilen sondalardan meydana gelmiştir. Dönüşleri sırasında yüklü tanecik huzmesiyle karşılaşan sondaların verdiği elektriksel işaretler çift huzmeli bir osiloskopta izlenerek hızlandırma kolonunun eksenine göre huzme ekseninin durumu ve huzmenin çapı hakkında bilgi edinilmektedir.

### III.4 Döner hedef

Döner hedef, iç çapı 70 mm, dış çapı 130 mm olan bakırdan yapılmış bir halka biçimindedir. Aktif yüzeyi 94 $cm^2$ dir. Döteron huzmesi önünde, özel bir motor-dişli sistemi ile döndürülmektedir. Çok uzun ışınlamalar için tasarlanmış uzun ömürlü bir hedeftir.

## IV. HIZLANDIRICININ YENİDEN KULLANILIR HALE GETİRİLMESİ

Bu işlemler iki grupta ele alınabilir; bakım ve onarımlar, iyileştirmeler.

Hızlandırıcının gerek montajı esnasında, gerekse daha sonraki çalışma aşamalarında arızalar ve aksaklıklarla karşılaşılması, uzun yıllar çalışmamış ve titizlikle de-montajı yapılmamış bir cihaz için kuşkusuz yadırganamaz. Bunların hepsinin üstesinden gelinerek cihaz hizmete alındığında bile tam bir performansa ulaşılamamıştır. İlk denemelerde erişilen hedef akımı 80 μA üzerine çıkartılamıyor, zorlandığında vakum yükselerek huzmenin kaybolmasına neden oluyordu. Bu duruma sebep olabilecek tüm etkenler incelenerek, sorunun hızlandırıcı üzerindeki iyon-sputter pompasından(emme hızı 250 litre/s) kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu pompanın önceki çalışmalarda, uygunsuz koşullarda çalıştırma nedeniyle veriminin azalmış olduğu belirlendi. Diğer bir deyişle, iyon pompası, hızlandırıcıyı yüksek akımlarda sürecek gaz yükünü karşılayamaz duruma gelmişti . Çözüm olarak, iyon pompası hızlandırıcıdan söküldü ve yerine hızı 600 litre/s olan Edwards-E04 yağ difüzyon pompası monte edildi. Böylece, hızlandırıcı sisteminde de gerekli değişikler yapılarak cihazın performansı artırıldı.

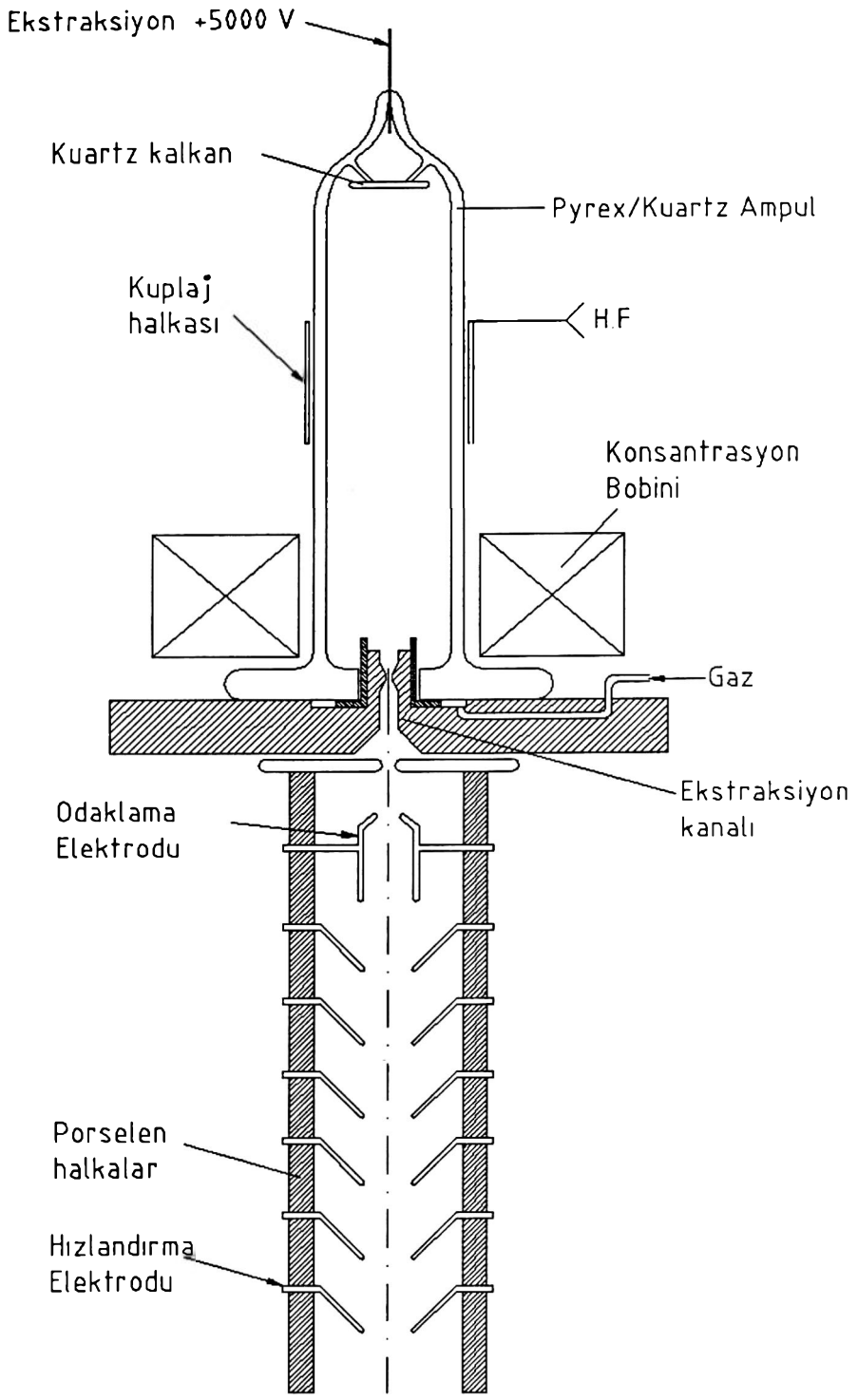
## V. SONUÇ

Hemen belirtmek gerekir ki bu proje tam olarak hedefine ulaşmıştır. 1970' li yılların teknolojisiyle üretilmiş olan ve uzun süre atıl kalmış bu cihaz yapılan titiz ve özverili çalışmalar sonucu yeniden çalışır duruma getirilmiştir. Ancak, yine de, sürekli bakım ve ilgiye muhtaçtır. Cihaz, şimdiye kadar, temel ön çalışmalar dışında, "Alçak enerjilerde Li-d etkileşmeleri" ile ilgili bir doktora çalışmasında kullanılmış, halen de "Hızlı nötron kullanan tekniklerle kargolarda uyuşturucu ve patlayıcı madde araştırılması" isimli bir DPT-projesinde kullanılmak üzere hazırlanmaktadır.

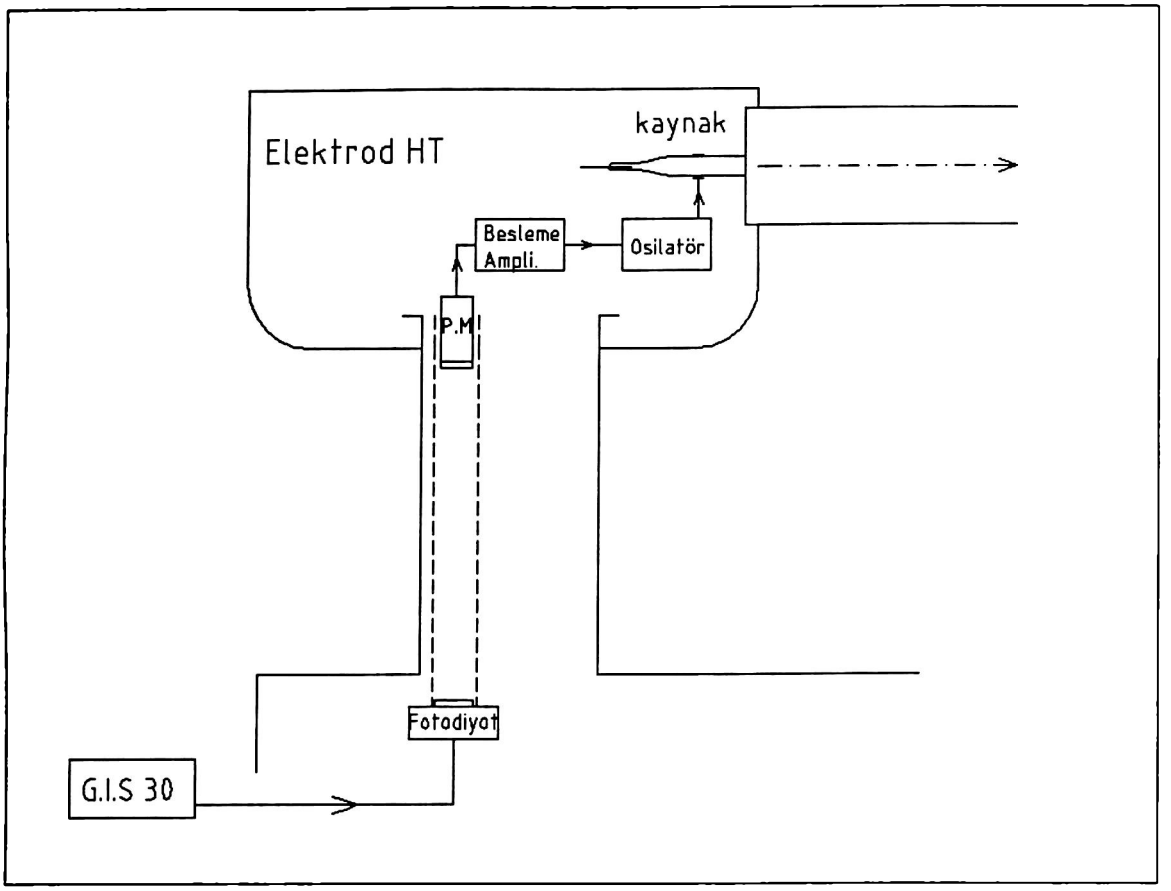
## TEŞEKKÜR

Hızlandırıcının Boğaziçi Üniversitesi, Nükleer Mühendislik Bölümünden getirilmesinde büyük payı olan Prof.Dr. Fahir BORAK' a teşekkürü borç biliriz. Ayrıca, raporun hazırlanması sırasında şekillerin yeniden çizimini üstlenen Fizik Müh. İskender A. Reyhancan'a da teşekkür ederiz.

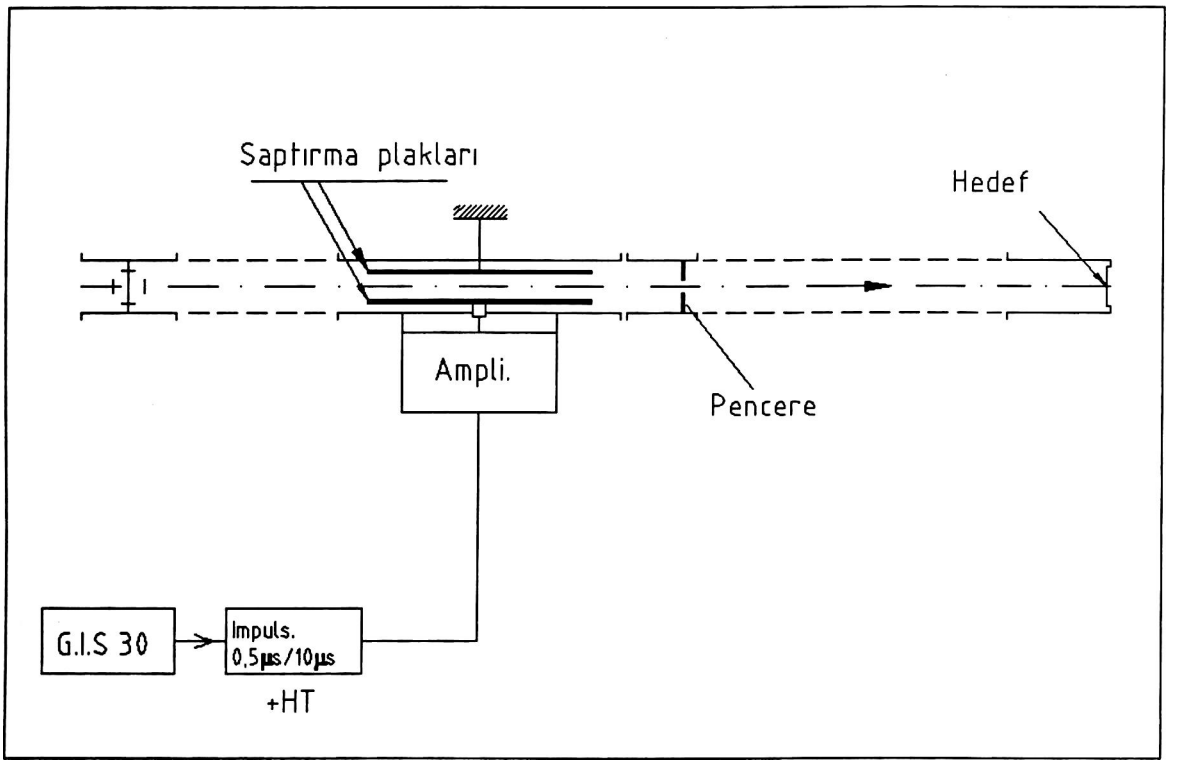
# ŞEKİLLER



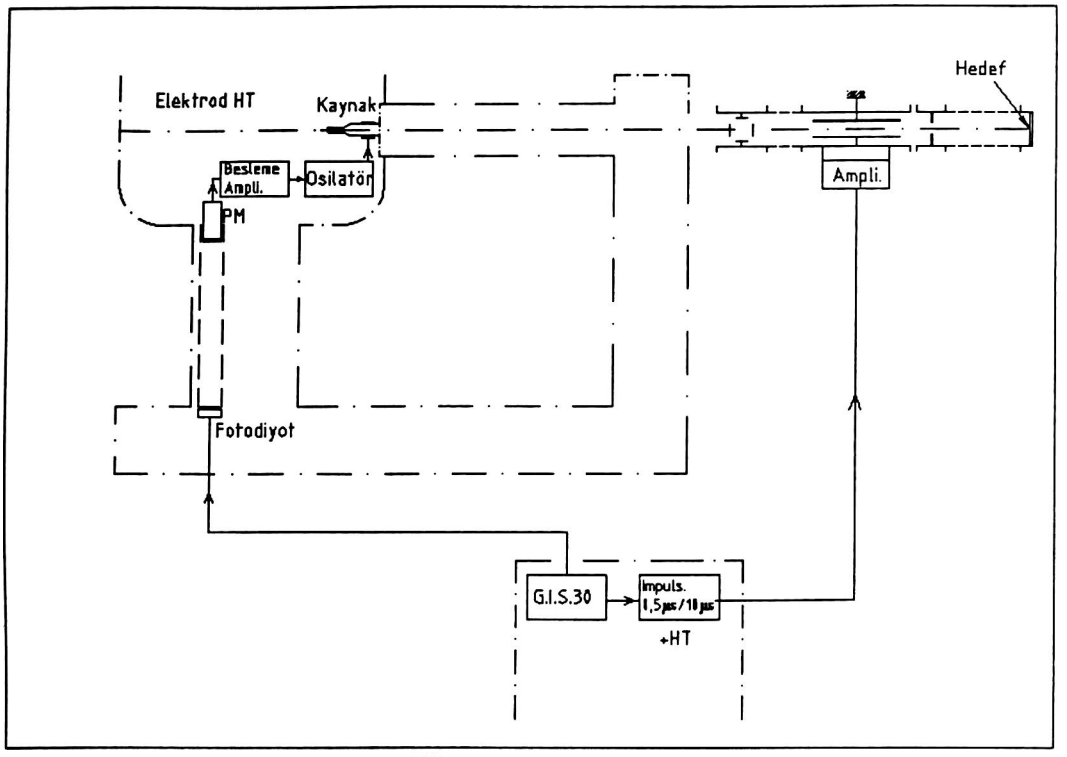

Şekil 1 : İyon kaynağının hızlandırma kolonu ile birlikte şematik görünümü



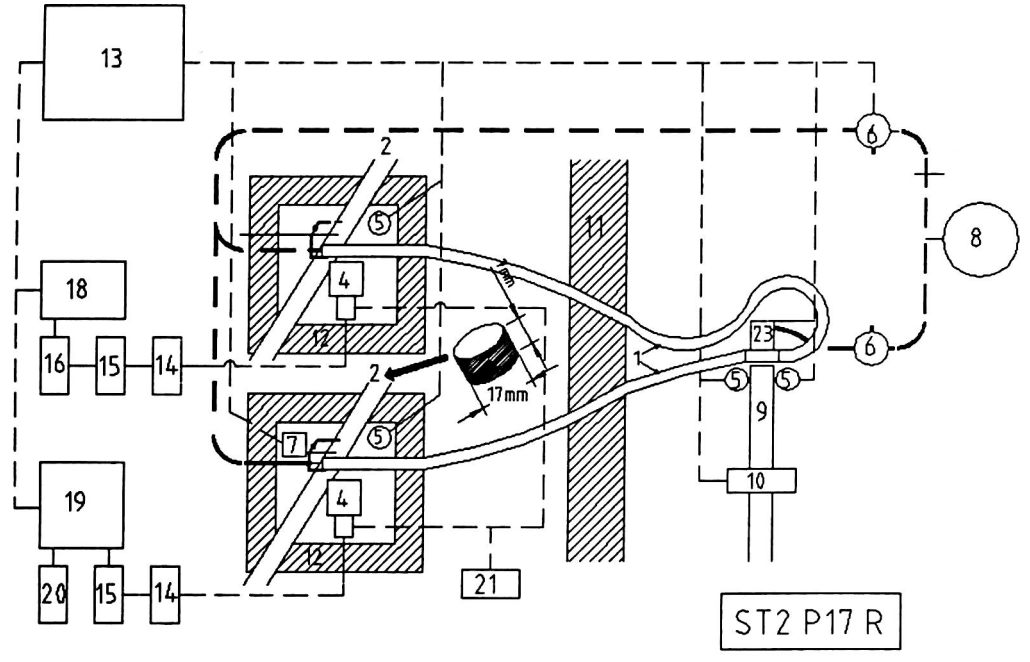

Şekil 2 : Huzmenin iyon kaynağından darbeli hale getirilmesi




Şekil 3 : Huzmenin saptırma yöntemi ile darbeli hale getirilmesi




Şekil 4 : Huzmenin, iyon kaynağı ile senkronizasyonlu darbeli hale getirilmesi




Elektrik Bağlantıları — — — — — Basınçlı Hava Bağlantıları

| | | |
|---|---|---|
| 1 - Transfer borusu | 9 - Akseleratör tüpü | 17 - Integratör |
| 2 - Yükleme mekanizması | 10 - Hedef kapakçığı | 18 - Ölçek |
| 3 - Nötron detektörü | 11 - Koruma duvarı | 19 - Çok kanalli seçici |
| 4 -Gama detektörü | 12 - Kursun zırh | 20 - Yazıcı |
| 5 - Fotosel | 13 - Programlayıcı | 21 - Stabil besleme |
| 6 - Vana | 14 - Preamplifikatör | 22 - Hesaplayıcı |
| 7 - Elektro - miknatıs | 15 - Amplifikatör | 23 - Çift dönüşlü ısınlama merkezi |
| 8 - Basınclı hava deposu | 16 - Diskriminatör | |

Şekil 5 : Çift yollu otomatik örnek transfer sistemi