



**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

SEL LABORATUARI KONTROL SİSTEMİ TASARIMI

Emre EROĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI**

BURSA-2010



**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

SEL LABORATUARI KONTROL SİSTEMİ TASARIMI

Emre EROĞLU

**Doç. Dr. İlhan TAPAN
(Danışman)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI**

BURSA-2010

**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

SEL LABORATUARI KONTROL SİSTEMİ TASARIMI

Emre EROĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI**

Bu Tez 05.10.2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr. İlhan TAPAN
(Danışman)**

**Prof. Dr. Emin Nurhan
ÖZMUTLU**

Doç. Dr. Metin ÖZTÜRK

ÖZET

Bu çalışmada, Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM) infrared serbest elektron lazer (IR-SEL) laboratuvarında kullanılması düşünülen EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) kontrol sistemi yazılımı tanıtılmıştır. Bu yazılımın kullanılmasına örnek olarak, THM IR-SEL laboratuvarı için, bir doğrusal elektron hızlandırıcı (e-linak) sisteminde demet akımı ve konumu kaynaktan dump edilene kadar çeşitli noktalarda LINUX işletim sisteminde çalışan EPICS yazılımı kullanılarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Laboratuvar kontrol sistemi, EPICS, e-linak kontrol

ABSTRACT

In this work, EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) program chosen for the control system of the Turkish Accelerator Center (TAC) infrared free electron laser (IR-FEL) laboratory has been introduced. As an example of the use of this software, beam current and position in a linear electron accelerator (e-linac) system for TAC IR-FEL laboratory have been investigated from source to dump by using EPICS program.

Key Words: Laboratory control system, EPICS, e-linac control

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER	2
2.1. HIZLANDIRICILARA GENEL BAKIŞ	2
2.1.1. Doğrusal Hızlandırıcılar	3
2.1.2. Dairesel Hızlandırıcılar	4
2.1.2.1. Betatron	6
2.1.2.2. Mikrotron.....	8
2.1.2.3. Siklotron	8
2.1.2.4. Sinkrotron.....	10
2.1.3. Bazı Hızlandırıcı Merkezleri	11
2.1.3.1. CERN	11
2.1.3.2. ELBE.....	14
2.1.4. Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM).....	15
2.2. HIZLANDIRICI MERKEZLERİNDE KULLANILAN KONTROL SİSTEMLERİ	18
2.2.1. EPICS	19
2.2.2. DOOCS	20
2.2.3. ELBE Kontrol Sistemi	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1. EPICS’İN YAPISI	23
3.1.1. Vertical Structure.....	23
3.1.2. Horizontal Topology	24
3.2. TEMEL BİLEŞENLER	28
3.2.1. Temel Nitelikler.....	28
3.2.2. Donanım-Yazılım Platformları.....	29
3.2.3. IOC Bileşenleri	30
3.2.4. Kanal Erişimi.....	31
3.2.5. OPI Araçları.....	32
3.2.6. EPICS Temel Yazılımı.....	34
3.3. VERİ MODELİ: CİHAZ VE CİHAZ SINIFLARI	34
3.3.1. Bütün Kontrol Sistemi Modeli	34
3.3.2. Başlangıç Noktası: Tutarlı Veri Modeli.....	35
3.3.3. Alt Sistemler	36

3.4. KONTROL SİSTEMİ UYGULAMALARI.....	36
3.4.1. Genel Uygulamalar	36
3.4.2. Demet Yönlendirme ve Şekillendirme.....	36
3.5. YENİ GEREKSİNİMLER.....	37
3.5.1. İşlem Ayarı	37
3.5.2. İşlem Güvenliği	37
4. ARAŞTIRMA VE SONUÇLAR.....	38
4.1. EPICS KONTROL EKРАНLARI.....	38
4.1.1. MEDM (Motif Editor & Display Manager)	38
4.1.2. ALH (Alarm Handler).....	39
4.1.3. Probe	40
4.1.4. Strip Tool.....	41
4.2. BULGULAR.....	41
5. TARTIŞMA.....	45
KAYNAKLAR.....	46
TEŞEKKÜR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Günlük yaşamda kullanılan basit bir hızlandırıcı olan televizyon.....	2
Şekil 2.2 Doğrusal hızlandırıcı	3
Şekil 2.3 Yüklü parçacıkların elektromanyetik alanlar yardımıyla hızlandırılmasını sağlayan süperiletken niobium malzemedan yapılmış RF kaviteler.....	5
Şekil 2.4 Dairesel hızlandırıcıda sabit hedef deneyi.....	5
Şekil 2.5 Dairesel hızlandırıcıda yüklü iki parçacığın çarpışması.....	6
Şekil 2.6 Şematik betatron	7
Şekil 2.7 Betatronda hızlandırmanın temel prensibi.....	7
Şekil 2.8 Race Track Mikrotron	8
Şekil 2.9 Siklotron	9
Şekil 2.10 CERN kampüsünün havadan görüntüsü.....	11
Şekil 2.11 LHC’ deki Detektörlerin Konumu	13
Şekil 2.12 ELBE binasının şematik iç tasarımı	14
Şekil 2.13 ELBE kullanıcı laboratuvarlarının şematik gösterimi.....	14
Şekil 2.14 Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM) şematik görünümü	15
Şekil 2.15 THM IR-SEL Tesisi Şematik Görünümü.....	16
Şekil 2.16 THM IR-SEL Tesisi Bina Planı	18
Şekil 2.17 EPICS kontrol sisteminin fiziksel yapısı	19
Şekil 2.18 DOOCS yapısı	20
Şekil 2.19 ELBE kontrol sistemi yapısı	21
Şekil 3.1 EPICS yapısı	24
Şekil 3.2 İşlemsel gereksinimlere göre cihaz gruplaması	25
Şekil 3.3 ISO/IEC 9126: Yazılımın altı kalite karakteristiği	35
Şekil 4.1 Doğrusal hızlandırıcı için MEDM ekranı.....	39
Şekil 4.2 Alarm Handler ana ekranı.....	39
Şekil 4.3 ALH Linak alarmları.....	40
Şekil 4.4 Probe ekranı	41
Şekil 4.5 Strip Tool ekranı	41
Şekil 4.6 Katot sıcaklığının zamana bağlı değişimi.....	42
Şekil 4.7 Demet akımının (kırmızı) ve konumunun (mavi yatay konum, kahverengi düşey konum) demet hattı boyunca değişimi	43

Şekil 4.8 Demet hattının başlangıcında (mavi çizgi) ve sonunda (kırmızı çizgi FC1, mor çizgi FC2) ölçülen akımların son 150 s içerisindeki değişimi	43
Şekil 4.9 CM1 tarafından ölçülen katot akımının Probe ekranında görünümü	44
Şekil 4.10 Linak boyunca akım değişimi	44

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1 THM Kızılötesi Serbest Elektron Lazeri Ana Parametreleri.....	17
Tablo 3.1 EPICS bütün düzeylerde arayüzleri sağlar	27
Tablo 3.2 EPICS donanım-yazılım platformları	29
Tablo 3.3 IOC yazılım bileşenleri	30
Tablo 3.4 Kanal erişimi ağ yapısı.....	31

1. GİRİŞ

Deneysel Yüksek Enerji Fiziği çalışmaları günümüzde yaygın olarak devam etmektedir. Teknolojinin ilerlemesinde ve insanlığa yarar sağlayacak cihazların üretiminde Yüksek Enerji Fiziği çalışmaları etkin rol oynamaktadır. Bu çalışmaların yapıldığı Yüksek Enerji Fiziği çalışmaları için kurulmuş 50' den fazla hızlandırıcı laboratuvarı bulunmaktadır. Bu sayı Nükleer Fizik, Serbest Elektron Lazeri, Sinkrotron Işınımı, Malzeme Bilimi, Medikal Araştırma ve Uygulamalar, Süper İletken Teknoloji ve Yeni Teknolojiler için kurulan laboratuvarlarla birlikte yaklaşık 250'ye ulaşmaktadır (<http://thm.ankara.edu.tr>). Bu bağlamda, ülkemizde de Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM) Projesi ile bir hızlandırıcı tesisi kurulumu çalışmaları başlatılmıştır. Bu proje başarıyla ilerlemektedir ve tesisin 2023 yılında tamamlanması planlanmaktadır.

Deneysel büyük ve kapsamlı laboratuvarlarda yapılmaktadır. Hızlandırıcıların çalışması sırasında çevreye zarar vermemesi için tesisin kurulumuna dikkat edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Bu laboratuvarlarda bulunan deney aletleri de oldukça değerlidir ve ayrıca aletlerin olası yanlış kullanımından meydana gelecek zararlar büyük boyutlara ulaşabilir. Bu nedenle, aletlerin kullanımında çok dikkatli olunmalıdır.

Deneysel deney sistemlerinin kontrolünü sağlamak için laboratuvar kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Sistem deney alanı dışında bulunan bir kontrol odasından idare edilmektedir. Kontrol sistemi sayesinde deney alanına girmek zorunda kalmadan, deney sırasında aletlere gerekli müdahale yapılmakta ve olası tehlike anında da deney durdurulabilmektedir. Hızlandırıcı laboratuvarları kendi tesisine en uygun olan kontrol sistemini seçmektedirler.

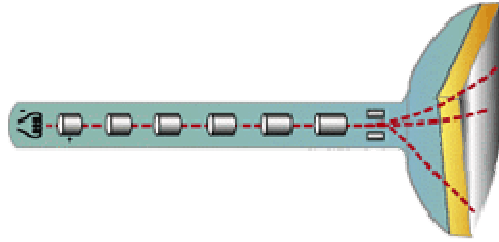
Bu tezde kontrol sistemleri ele alınmış ve özelliklerinden bahsedilmiştir. Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM) için kontrol sistemi olarak EPICS seçilmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER

2.1. Hızlandırıcılara Genel Bakış

Parçacıkların yapısı, onların hızlandırılarak çarpıştırılması vasıtasıyla incelenebilir. Yüklü parçacıklar, hızlandırıcı ünitesi içerisinde oluşturulan elektrik ve manyetik alanlar kullanılarak hızlandırılır, hassas detektörlerin içinde çarpıştırılır ve detektörler aracılığıyla ortaya çıkan yeni parçacıklar incelenir.

Hızlandırıcılarda kullanılan ana aygıtlar, ilke olarak, televizyondaki katot ışını tüpüne oldukça benzemektedir (Şekil 2.1). Bir katot ışını tüpünde filamanın ısıtılmasıyla kopan elektronlar, kendilerini bir elektrik alan içinde bulurlar. Bu elektrik alan, ulamana (katot) uygulanan eksi gerilim ile ekrana yakın bir yerdeki artı elektrot (anot) arasında oluşur. Elektronlar katottan koptuktan sonra elektrik alan nedeni ile anoda doğru yol alırlarken hızlanarak enerji kazanırlar. Eğer proton gibi artı yüklü bir tanecik söz konusuysa, etkileşim tam zıt yönde ortaya çıkar; yani tanecik, artı elektrottan eksi elektroda doğru hızlanır. Manyetik alan ise, yüklü taneciklerin izledikleri yolu eğip onları saptırabilirler.



Şekil 2.1 Günlük yaşamda kullanılan basit bir hızlandırıcı olan televizyon

TV alıcılarında, filamandan her doğrultuda yayılan elektronları bir demet biçimine dönüştürebilmek için mıknatıslar kullanılır. En gelişmiş hızlandırıcı tekniklerinin bile temelinde bu ilke yatmaktadır. Hızlandırıcıda, elektron, proton ya da iyonlardan oluşan yüklü tanecik kaynağı oluşturmak gerekir. Oluşan tanecikler, kendilerine hız kazandıracak bir elektrik alanı içine sokulur. Sistemde gerekli olan özelliklerden biri de, iyi bir vakum ortamıdır. Sistemde hava bulunursa tanecikler, hava molekülleriyle çarpışıp saçılmaya uğrarlar.

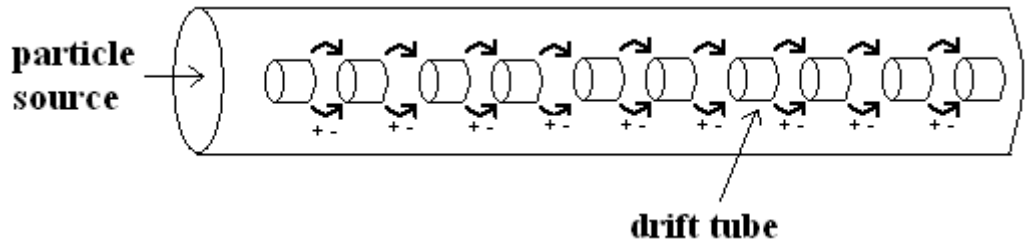
Hızlandırma sürecinde, görelilik kuramının ortaya koyduğu ciddi bir engel vardır. Parçacıklar hızlandıkça kütleleri artar ve daha fazla hızlandırılmaları giderek zorlaşır. O kadar ki; durgun halden ışık hızının %99' una ulaştırılmış bir parçacığın hızını %99,9' a ulaştırmak için, ilk aşamadakinin 3 mislinden fazla enerji harcamak gerekir. Bu nedenle; parçacıkları tek bir demet halinde hızlandırıp sabit bir hedefle çarpıştırmak yerine, ayrı tüplerde ve zıt yönlerde iki demet halinde hızlandırıp kafa kafaya çarpıştırmak, enerji kazanımı açısından gereklidir.

Hızlandırıcı tiplerini temel olarak iki başlıkta toplamak mümkündür. Bunlar:

2.1.1. Doğrusal Hızlandırıcılar

Doğrusal hızlandırıcılar elektron-proton veya ağır iyonlar gibi yüklü parçacıkların, doğrusal bir yol boyunca elektrostatik veya salınımlı rf alanlarla hızlandırıldığı düzeneklerdir.

Doğrusal hızlandırıcıların çalışma prensibini şu şekilde açıklayabiliriz. Şekil 2.2' de görüldüğü gibi, parçacık bir tüp içerisine gönderilir. Elektromanyetik alan altında doğru boyunca sıralanan sürüklenme tüplerinden (drift tube) geçerek hızlandırılır (Özkorucuklu 2007).



Şekil 2.2 Doğrusal hızlandırıcı

Doğrusal hızlandırıcılar kullanılarak diğer lazer türlerinden farklı birçok özelliğe sahip Serbest Elektron Lazeri (SEL) üretilir. SEL ışınımı serbest ya da bağlı olmayan bir elektron demeti tarafından üretilir. Elektronlar, bir manyetik alan içerisinde düzenli biçimde salınma zorlandığında ışınım yaparlar. SEL' in en önemli özelliklerinden biri

ayarlanabilir olmasıdır. Diğer önemli özellikleri ise yüksek güç kapasitesi ve diğerlerine nazaran yüksek verimliliğidir (Yıldız 2007).

SEL üretiminde elektron demeti, sinüsel bir manyetik alan olarak adlandırılan undulatörden geçer. Undulatör, manyetik alan yönünde bir dizi mıknatıstan oluşur. Undulatör tipi, undulatörün kuvvet parametresine (K) bağlıdır.

$$K = \frac{eB\lambda_u}{2\pi m_e c} = 0,934 B\lambda_u \quad (2.1)$$

Buradaki e parçacık yükü, B manyetik alan, λ_u dalga boyu, m_e elektron durgun kütlesi ve c ışık hızıdır. Eğer $K \ll 1$ ise undulatör (salındırıcı), $K \gg 1$ ise wiggler (zigzaglayıcı) olarak adlandırılır (Wiedemann 1993). SEL üretiminde undulatör dışında rezonatörler de kullanılır. Rezonatör belli bir frekansta titreşen ya da rezonans yapan, dolayısıyla belirli frekanslardaki dalgaları iletmeye ya da güçlendirmeye yarayan mekanik veya elektriksel aygıttır.

Doğrusal hızlandırıcılarda çarpıştırma deneyleri de yapılabilmektedir. Hızlandırılan parçacıklar sabit hedefe çarptırılarak oluşan parçacıklar incelenmektedir. Bir doğrusal hızlandırıcıda elde edilebilecek parçacık enerjisi, hızlandırıcının boyuna bağlıdır. Doğrusal hızlandırıcılarda ortaya çıkan bu olumsuz durum, parçacıkları dairesel hızlandırıcı etrafında defalarca döndürmek sureti ile giderilebilir.

2.1.2. Dairesel Hızlandırıcılar

İlk dairesel elektron hızlandırıcısı, yüz yıl önce icat edilmiş ve geliştirilmiş elektrik akımı transformatörü formunda olan bir düzenektir. Burada, ikincil bobindeki elektronlar, bobini çevreleyen ve zamanla değişen manyetik alanın ürettiği bir elektromotor kuvvet ile hızlandırılmaktadır.

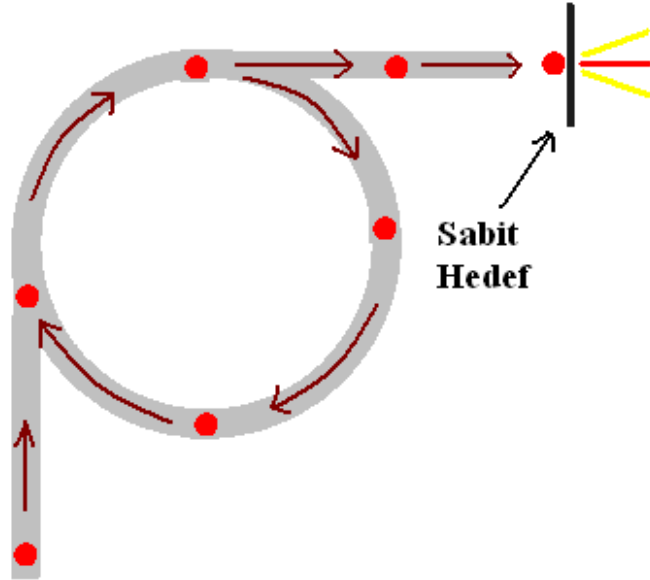
Dairesel parçacık hızlandırıcılarının pek çoğunda RF yükselteç ile uyarılan hızlandırma kavimleri (boşlukları) kullanılmaktadır (Şekil 2.3). Parçacıklar bu kaviteyi periyodik

olarak geçmekte ve her geçişte elektromanyetik alandan enerji almaktadır. Bu tip hızlandırıcılar teknik olarak betatron ilkesinden farklı gibi görünse de temel olarak bir farklılık yoktur. Her iki durumda da elektrik alanlar değişen manyetik alanlardan üretilir. (Wiedemann 1993).

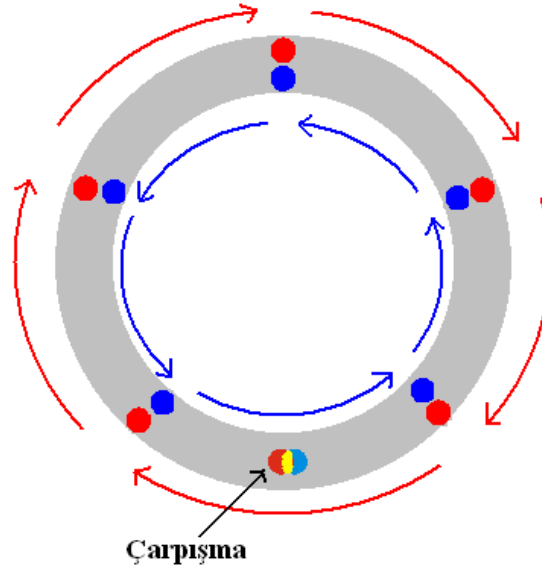


Şekil 2.3 Yüklü parçacıkların elektromanyetik alanlar yardımıyla hızlandırılmasını sağlayan süperiletken niobium malzemedan yapılmış RF kaviteler

Dairesel hızlandırıcılarda parçacıklar dairesel bir yörünge boyunca elektrik ve manyetik alan altında hızlandırılırlar. Parçacıklar istenilen yüksek enerji elde edilene kadar yörüngede tekrar ve tekrar döndürüldükten sonra çarpıştırılır. Dairesel hızlandırıcılarda sabit hedef deneylerinin yanı sıra çarpışma deneyleri de gerçekleştirilebilir (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5).



Şekil 2.4 Dairesel hızlandırıcıda sabit hedef deneyi



Şekil 2.5 Dairesel hızlandırıcıda yüklü iki parçacığın çarpışması

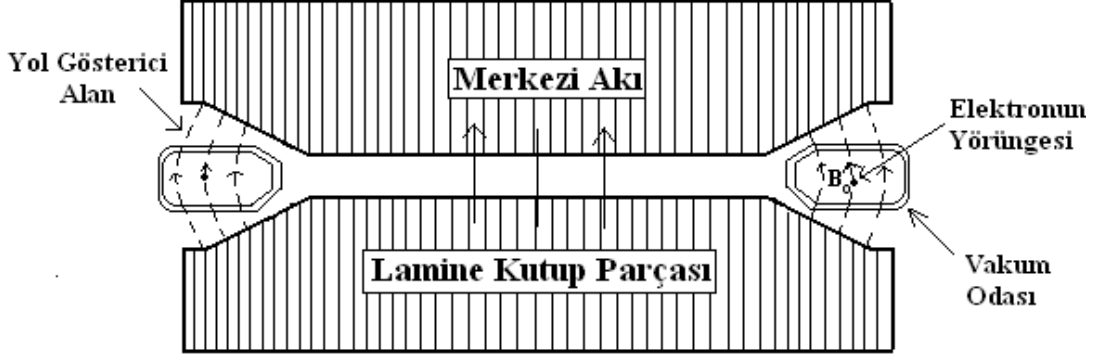
Çarpışma deneyleri, iki parçacığın dairesel bir yörünge boyunca zıt yönde hızlandırılıp yeterli enerjiye getirilerek çarpıtılması deneyleridir. Dairesel hızlandırıcılardaki problem, parçacıkların dairesel yörünge üzerinde hareketleri esnasında enerjilerinin büyük bir kısmını radyasyon yayınlamalarıdır. Enerji kaybının miktarı hızlandırılan parçacığın kütlesine ve halkanın eğrisinin ne kadar keskin olduğuna bağlıdır. Parçacık ne kadar fazla kütleye sahipse o kadar az radyasyon yayınlamalarıyla enerji kaybı gerçekleşir. Bu yüzden dairesel hızlandırıcılar için proton anti-proton çarpışma deneyleri, elektron-pozitron çarpışma deneylerine göre daha uygundur. Ayrıca hızlandırıcının çevresi ne kadar büyükse o kadar az enerji kaybı olacaktır. Bu yüzden de büyük çaplı hızlandırıcılar daha uygundur. (<http://www20.uludag.edu.tr/~epilicer/hizlandirici.html>).

Dairesel hızlandırıcılar betatron, mikrotron, siklotron ve sinkrotron olarak dörde ayrılabilir (Wiedemann 1993).

2.1.2.1. Betatron

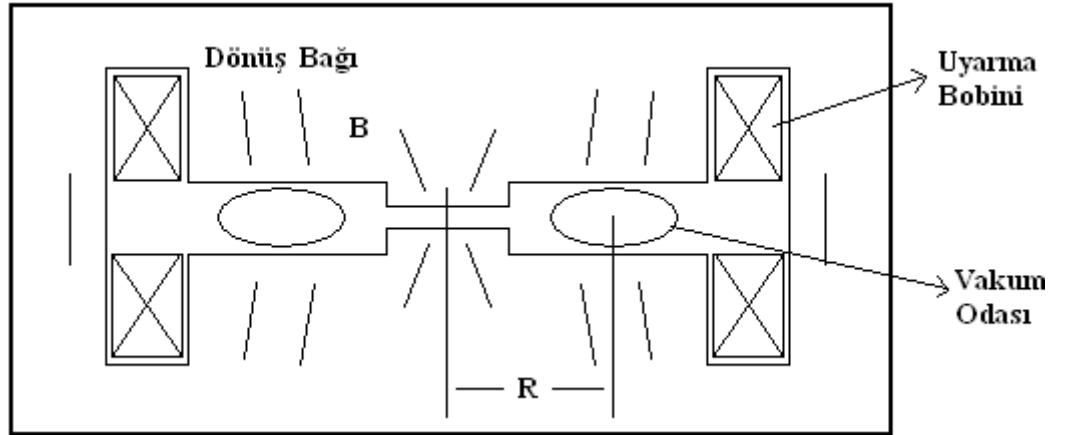
Betatron, Manyetik İndüksiyon yolu ile hızlanma sağlayan, sabit yarıçapı dairesel yörüngeli bir elektron hızlandırıcısıdır. Klasik Betatron'daki yönlendirici gösterici

alanın odaklaması zayıftır. Betatronun yörünge düzlemine dik olan bir kesri Şekil 2.6' da görülmektedir (wu Chao 1998).



Şekil 2.6 Şematik betatron

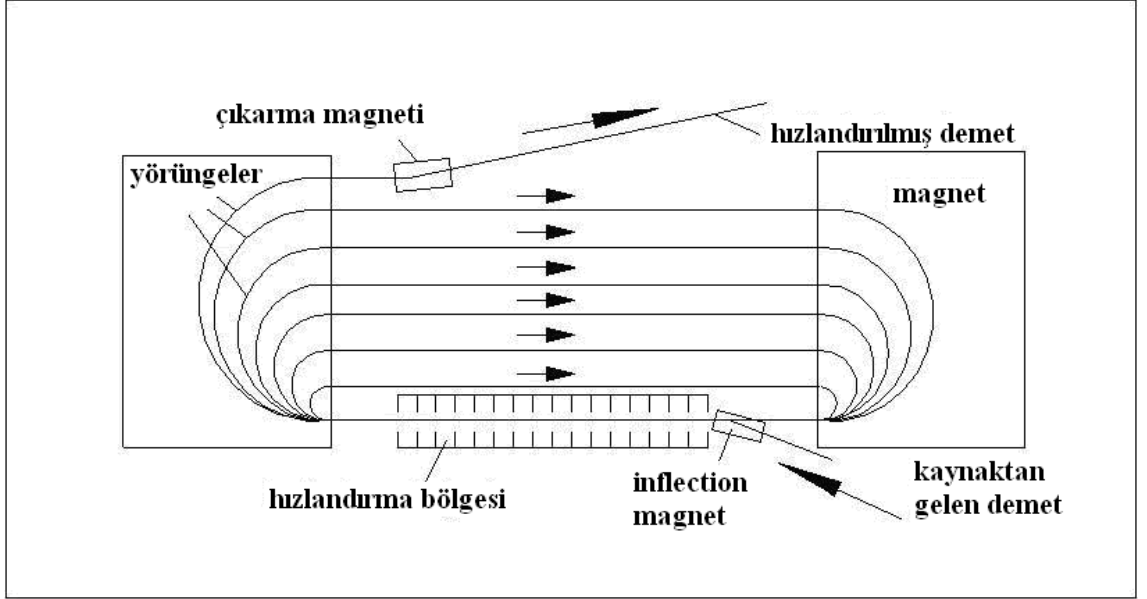
Betatron, transformatör ilkesini kullanmaktadır ancak burada ikincil bobin yerine çember biçimli kapalı vakum içinde dolandırılan elektron demeti kullanılmaktadır. Elektronun yörüngesi üzerinde zamanla değişen bir manyetik alan vardır. Elektronların her bir turda kazandığı enerji, değişken manyetik alan tarafından üretilen elektromotor kuvvete eşittir. Şekil 2.7' de Betatron'un temel bileşenleri görülmektedir.



Şekil 2.7 Betatron'da hızlandırmanın temel prensibi

2.1.2.2. Mikrotron

Parçacıklar bir kaynaktan çıkarak kaviteden geçerler. Daha sonra bir düzgün manyetik alan içinde onları tekrar kaviteye yönlendiren dairesel hareket yaparlar. Hızlandırma işlemi boyunca hareketli parçacığın yarıçapı, magnetin sınırlarına ulaşıncaya kadar artar.

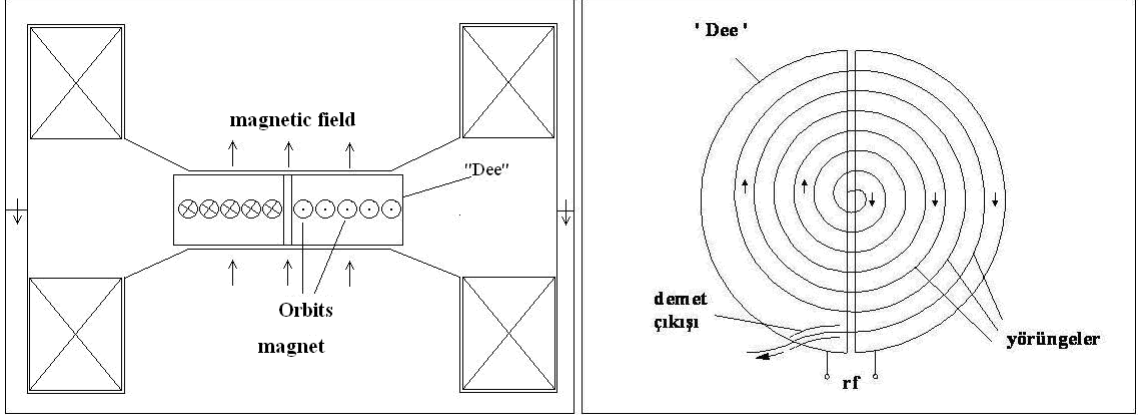


Şekil 2.8 Race Track Mikrotron

Mikrotronu fonksiyonel hale getirmek için bir turdaki enerji artışı elektronlar için $\Delta E = 511 \text{ keV}$ ve protonlar için $\Delta E = 938 \text{ MeV}$ 'dir. Elektronlar için bu şartı sağlamak mümkün olsa da protonlar için bir kavite içinde yaklaşık 1 GeV ' e ulaşmak teknik olarak imkansızdır. Mikrotron prensibi özel olarak elektronların hızlandırılmasında uygundur. Temel olarak tek magnetli mikrotronlarla elektronlar için $25\text{-}30 \text{ MeV}$ ' e ulaşılmıştır. (Wiedemann 1993).

2.1.2.3. Siklotron

Proton gibi ağır yüklü parçacıkların hızlandırılmasında kullanılmaktadır. 1930 yılında Lawrence ve Edlefsen tarafından siklotron prensibini keşif işleminde fark edilmiş ve bu tip bir aygıt ilk olarak Lawrence ve Livingston tarafından 1932 yılında inşa edilmiştir.



Şekil 2.9 Siklotron

Siklotronunda, tüm magnet boşluğuna yayılan RF kavite ve düzgün manyetik alan kullanır. Hızlandırma kaviteyi temel olarak iki adet D şeklinde magnetten oluşur. Hızlandırma alanı bu magnetler arasında üretilir. Bu yarım D şekilli kavitelere şekillerinden dolayı Dee denir.

Parçacık yörüngeleri çoğunlukla alanın olmadığı iç bölgededir ve parçacıklar her turda Dee'leri iki kez geçerler. Enerji kazanımından dolayı parçacıkların spiral hareketlerinin yarıçapları her dolanımda artmaktadır.

Siklotron içindeki dolanım süresi;

$$\tau = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi mc}{e} \frac{\gamma}{ZB} \quad (2.2)$$

Burada $\gamma = 1$ alınır ve iyonlar için Z yük miktarı olmak üzere hızlandırma yapılabilir. Manyetik alan sabit tutulursa, dolanım frekansı sabit olacaktır ve bu nedenle sabit bir RF frekansı uygulanabilir.

$$B=\text{Sabit} \quad \Rightarrow \quad f_{rev} = \frac{ZeB}{2\pi mc\gamma} = \text{sabit} = f_{rf} \quad (2.3)$$

Burada f_{rf} hızlandırma kavitesinin RF frekansdır. Siklotron rölativistik olmayan enerjiler için daha uygundur. (Wiedemann 1993).

2.1.2.4. Sinkrotron

Siklotron prensibinde, magnetler ağır ve maliyetlerinin büyük olduğundan dolayı maksimum parçacık enerjisi birkaç yüz MeV mertebesinde kalmıştır. Daha yüksek enerjilere yörünge yarıçapı R sabit tutularak ulaşılabilir. Bu durumda parçacık yörüngesi boyunca küçük magnetler kullanılmaktadır. Yörünge yarıçapı sabit olduğunda tasarım şartı şu şekilde verilmektedir;

$$\frac{1}{R} = \frac{eB}{cp} = \text{sabit} \quad (2.4)$$

Bu koşul manyetik alan parçacığın momentumuyla orantılı olarak artırıldığı sürece tüm enerjiler için korunabilir. Eğici (bending) magnet alanları, parçacıklar enerji kazanırken onları sabit yörüngede tutmak için artırılmalıdır. Böyle bir sinkrotronda elde edilen parçacık demeti, manyetik alan devri tarafından belirlenen bir tekraralama oranına göre artmalıdır. Burada eşzamanlılık şartı;

$$f_{rf} = \frac{ZeB}{2\pi\gamma mc} \quad (2.5)$$

Bir sinkrotronda ulaşılan maksimum enerji;

$$cp_{\max} = \sqrt{E_{kin}(E_{kin} + 2mc^2)} = C_p B[kG]R[m] \quad (2.6)$$

Burada $C_p = e = 0,02997926 \text{ GeV/kGm}$ dir (Wiedemann 1993).

2.1.3. Bazı Hızlandırıcı Merkezleri

2.1.3.1. CERN

CERN, Nükleer Araştırmalar için Avrupa Organizasyonu (European Organization for Nuclear Research)' dur. Merkezi, İsviçre-Fransa sınırında yer alan ve Cenevre şehri yakınlarındaki CERN, dünyanın en büyük parçacık fiziği araştırma laboratuvarıdır (<http://www.taek.gov.tr>).



Şekil 2.10 CERN kampüsünün havadan görüntüsü

CERN Laboratuvarlarının temeli hızlandırıcılar ve detektörler üzerine kuruludur. CERN' deki ilk hızlandırıcı 1957 yılında kurulan 600 MeV' lik proton hızlandırıcısıdır. 1959' da devreye giren 28 GeV' lik proton hızlandırıcısı (PS) ise bugün bile kullanılmaktadır. 1989–2000 yılları arasında elektron-pozitron çarpıştırıcısı (LEP) 100-200 GeV enerji aralığında çalışmıştır. Günümüzde onun yerine yeni proton-proton çarpıştırıcısı olan LHC (Large Hadron Collider) kurulmuştur (<http://www.taek.gov.tr/>).

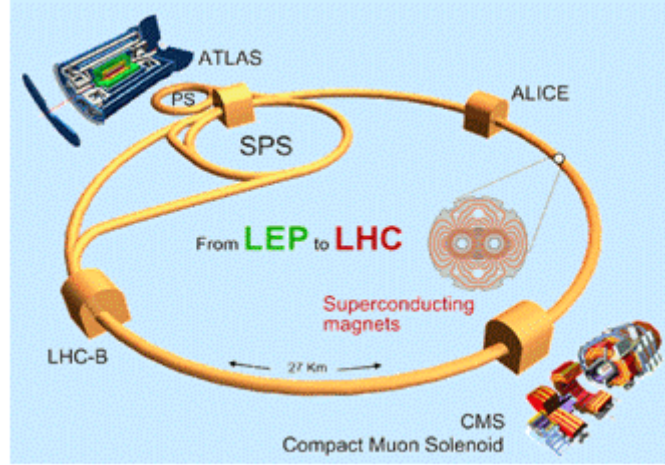
Süper iletken teknolojisinin CERN hızlandırıcıları sayesinde ilerlemesi, yeni temiz enerji kaynaklarının araştırılması, yeni reaktör sistemlerinin geliştirilmesi, bilgisayar teknolojisi, tıpta tedavi ve teşhis uygulamaları, yeni elementlerin bulunuşu en önde

gelen araştırmalardır. Örneğin, bugün dünyadaki bilgisayar iletişiminin kalbi olan World Wide Web, büyük ve dünyaya dağılmış kollaborasyonlar halinde çalışan parçacık fizikçilerinin hızlı ve kolay bir biçimde iletişimlerini kolaylaştırıp hızlandırmak amacıyla, CERN’ de bir bilgisayar programcısı olan Tim Berners-Lee’ nin "HTML" adlı bilgisayar dilini bulup geliştirmesiyle oluşmuştur (<http://www.taek.gov.tr/>). Bu kapsamda CERN araştırma merkezi, temel bilimin en ileri saflarında yeni bilgi üretmeye çalışan bilim adamlarına teknolojinin izin verdiği en ileri deneysel olanakları sunmaktadır.

➤ CERN’ deki Bazı arpıştırıcılar Ve Detektörler

LHC: CERN dünyadaki en büyük arpıştırıcı olan Large Hadron Collider (LHC)-Büyük Hadron arpıştırıcısı, 2000 yılında faaliyeti sona eren Large Electron-Positron (LEP)-Büyük Elektron-Pozitron arpıştırıcısı yerine inşa edilmiştir. evresi 27 km ve yer yüzeyinden 100 metre derinliktedir. LHC’ de çok yoğun iki proton demeti 14 TeV’ lik (14×10^{12} eV) kütle merkezi enerjisinde arpıştırılacaktır. Bu, dünyada erişilmiş en yüksek çarpışma enerjisi olacaktır. Hızlandırıcılar, yeni süper iletken teknolojisini kullanarak mutlak sıfırın hemen üstünde $-271 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de çalışacaktır.

LHC deneylerinden gelen verilerin özömlemesine yardımcı olacak bilgi işleme ortamını hazırlamak LCG (LHC Computing Grid) LHC Hesaplama Gridi geliştirilmiştir. GRID, bilgisayarların hesaplama ve veri depolama kaynaklarını internet üzerinden paylaşmak amacı ile oluşturulan bir servis olarak tanımlanabilir. GRID ile bilgisayarlar arasındaki basit haberleşmenin ötesine geçilerek küresel bilgisayar ağının büyük bir hesaplama kaynağına çevrilmesi hedeflenir. LHC çalışmaya başladığında yılda yaklaşık olarak 15 petabayt veri üretecektir. Dünyada bu konuyla ilgili bilim insanları bu verilere ulaşacak ve analiz edeceklerdir. LCG projesinin misyonu LHC’ yi kullanan bütün yüksek enerji fizikçileri için veri saklama ve analiz imkânı sağlamaktır. LHC arpıştırıcısı ATLAS, CMS, ALICE, LHC-B (Şekil 2.11) olmak üzere dört detektöre sahiptir:



Şekil 2.11 LHC’ deki Detektörlerin Konumu

ATLAS (A large Toroidal LHC ApparatuS): Evrenimizi oluşturan temel kuvvetleri ve maddenin temel yapısını araştıracaktır. Boyut olarak en büyük LHC detektörüdür.

CMS (Compact Muon Solenoid): Genel amaçlı bir detektördür, manyetik alanı solenoid tarafından oluşturulur. Bazı fizik süreçlerinin iyi algılanabilmesi için özel tasarımı vardır.

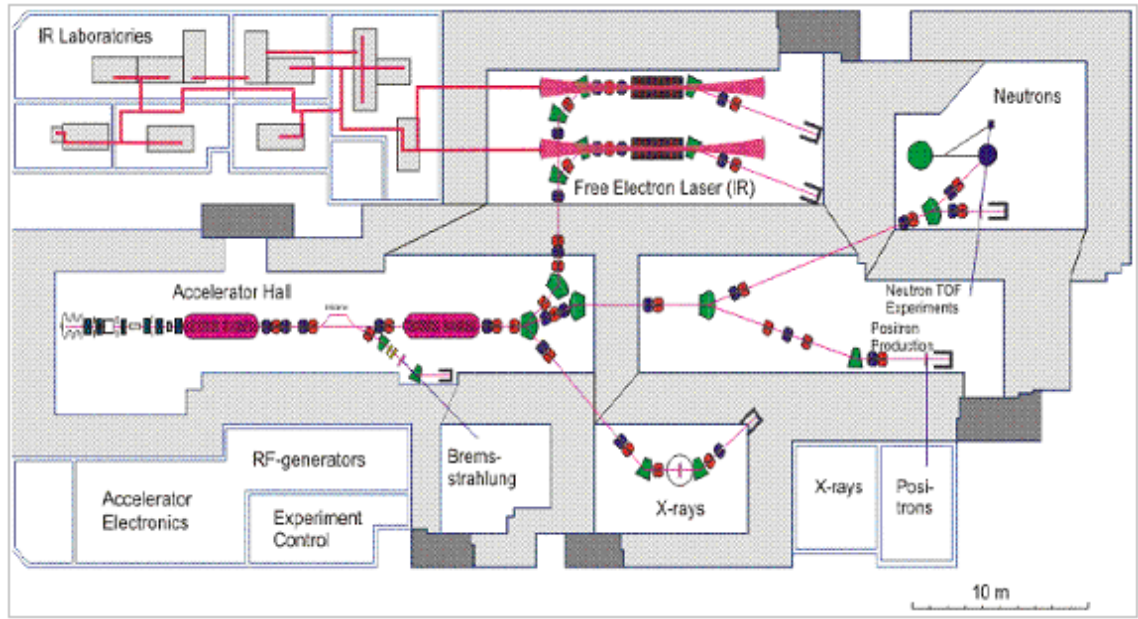
ALICE (A Large Ion Collider Experiment at CERN LHC): Çok küçük boyutlarda maddenin fiziğini araştıracaktır. Çekirdek-çekirdek çarpışmaları ile quark-gluon plazma inceleyecektir.

LHCb (Large Hadron Collider beauty experiment): b-kuark ve b mezonların özelliklerini ve parite bozulmasını araştırmak amacıyla kurulmuştur.

CLIC: CERN’ de kurulması düşünülen bir diğer çarpıştırıcı ise, CLIC (Compact Linear Collider) elektron-pozitron çarpıştırıcısıdır. LHC’ den elde edilen fizik sonuçlarına göre daha duyarlı deneylerin yapılabileceği ortam sağlayacaktır. Çoklu TeV enerjili elektron-pozitron lineer çarpıştırıcısının fizibilite çalışmaları “CLIC Test Facility 3” CTF3’ de yapılmaktadır. Burada, CLIC teknolojisinin teknik özellikleri test edilmektedir.

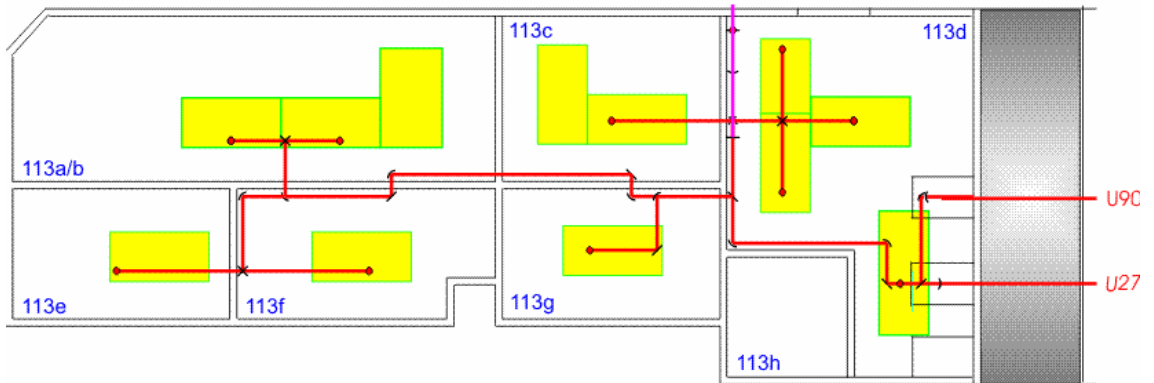
2.1.3.2. ELBE

ELBE (Electron Linac for beams with high Brilliance and low Emittance) Işınım Kaynağı, Almanya' nın Dresden şehrine 18 km uzaklıkta bulunan Avrupa' nın en önemli bilim merkezlerinden biri olan Dresden Bilim Merkezi'nde bulunmaktadır. ELBE 2003' ün ortalarından beri çalışmaktadır ve Mayıs 2004' te SEL (Serbest Elektron Lazeri) ile kırmızı altı ışınımı üretmeyi başarmıştır.



Şekil 2.12 ELBE binasının şematik iç tasarımı

Ayarlanabilir, eş fazlı (koherent) ve yüksek güçte ışınım üretimi sağlayan serbest elektron lazeri optik rezonatörlerden ve undulatörden oluşmaktadır.

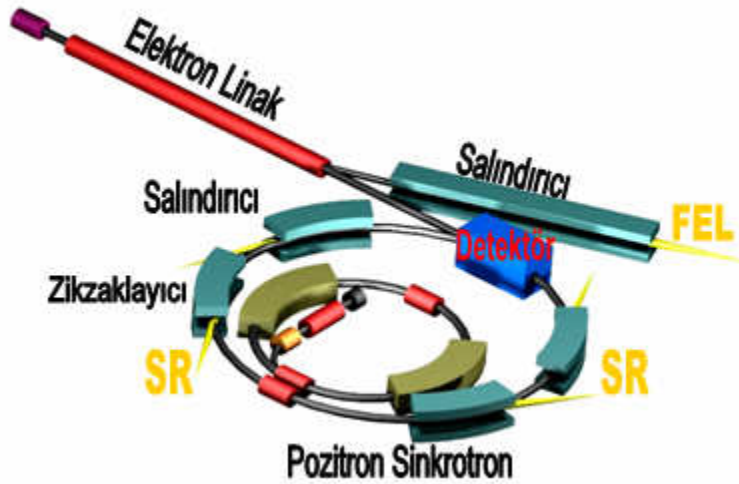


Şekil 2.13 ELBE kullanıcı laboratuvarlarının şematik gösterimi

Şekil 2.13' de üretilen SEL in kullanıcı laboratuvarlarına dağıtım şeması görülmektedir. Bu laboratuvarlar şunlardır (<http://www.fzd.de/db/Cms?pNid=261>). Yarıiletken Spektroskopi Laboratuvarı (113a/b), fs Yükseltici ve Spektroskopi Laboratuvarı (113c), Dış Kullanıcı Laboratuvarları (113e/f), Radyokimya Laboratuvarı (113g)

2.1.4. Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM)

Ülkemizde özellikle Ar-Ge çalışmalarındaki gereksinimden yola çıkarak Ar-Ge alt yapımızı gelişmiş ülkeler düzeyine çıkarmak ve hızlandırıcı teknolojisini ülkemize taşımak amacı ile geliştirilen Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesi için ilk adım, fizibilite amacıyla yazılmış projenin DPT' ye sunulması ile atılmıştır. THM projesinin amacı ülkemizin hızlandırıcı teknolojileri ile tanışmasını ve dolayısıyla hızlandırıcılara dayalı Ar-Ge faaliyetlerini yürütebilir hale gelmesini sağlamaktır. Özellikle mikro ve nano dünyayı anlamının günümüzde neredeyse tek yolu yeterli enerjiye sahip temel parçacık demetleri ile doğrudan veya dolaylı olarak bu detayların değişik yöntemlerle incelenmesidir. Ülkemizi temel ve uygulamalı bilimlerde hızlandırıcıya dayalı araştırma ve geliştirme çalışmalarını yapabilir bir konuma taşıyacak olan Türk Hızlandırıcı Merkezi projesinin ilk tesisi olacak THM Kızılötesi Serbest Elektron Lazeri (IR SEL) Test Laboratuvarı' nın Ankara Üniversitesi Virancık Kampüsünde (Gölbaşı, Ankara) 2012' de hizmete girmesi ve THM projesinin tamamlanmasının ise 2023' ü bulacağı öngörülmektedir.



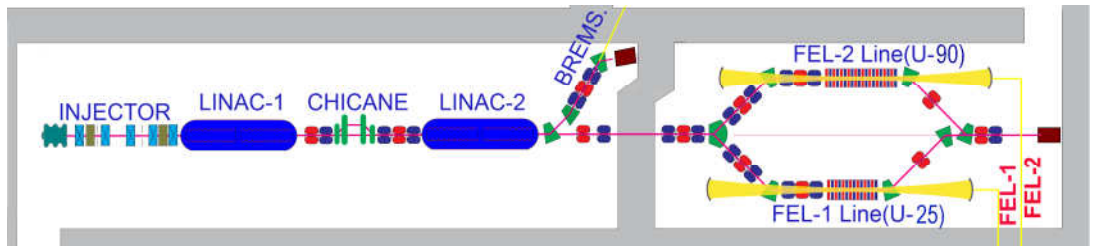
Şekil 2.14 Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM) şematik görünümü

Projenin fizibilite olarak anılan ilk aşaması “*Parçacık Hızlandırıcıları: Türkiye’ de Neler Yapılmalı*” isimli proje kapsamında DPT desteği ile yürütülmüştür ve 2000 yılında tamamlanmıştır (DPT-97K-120420).

Projenin içerik tasarımı olarak anılan ikinci aşaması ise iki proje ile tamamlanmıştır. Birincisi; DPT2002K-120250 No’ lu “*Türk Hızlandırıcı Kompleksinin Genel Tasarımı*”, ikincisi DPT2003K-120190 No’ lu “*Sinkrotron Işınımı ve Serbest Elektron Lazeri Üretimi ve Kullanımı İçin Genel Tasarım*” projeleridir. Bu iki projede de Ankara ve Gazi Üniversitesinden yaklaşık 20 araştırmacı yer almıştır. 2006-2011 arası yürütülen YUUP projesi kapsamında kurulacak ilk tesis bir IR SEL laboratuvarı olacaktır. YUUP projesi kapsamında teknik tasarım çalışmaları yürütülen Türk Hızlandırıcı Merkezinde ise yüksek enerjili elektron, pozitron ve proton demetlerinin temel ve uygulamalı bilimlerde Ar-Ge çalışmalarını mümkün kılacak GeV enerjili parçacık hızlandırıcıları ve bunlara dayalı (SI & SEL) ışınım kaynakları yer alacaktır. THM tamamlandığında dünya ölçeğinde bir araştırma ve uygulama merkezi olacaktır.

➤ THM Kızılötesi Serbest Elektron Lazeri (IR SEL)

Doğrusal bir hızlandırıcıda hızlandırılan elektron demetinin salındırıcı olarak adlandırılan sinüsel bir manyetik alandan geçerken enerjisinin bir kısmını elektromanyetik ışınım olarak kaybeder. Oluşan ışınım “Serbest Elektron Lazeri (SEL)” olarak adlandırılır. Bu ışınım iki ayna arasında hapsedilerek belirli bir doyuma ulaştığı anda aynalardan birisindeki delikten dışarı alınır. Böyle bir mekanizma ile elde edilen SEL’ e Osilatör SEL adı verilir. Elde edilen ışınım eş-fazlı, tek renkli ve dalga boyu ayarlanabilir yapıdadır.



Şekil 2.15 THM IR-SEL Tesisi Şematik Görünümü

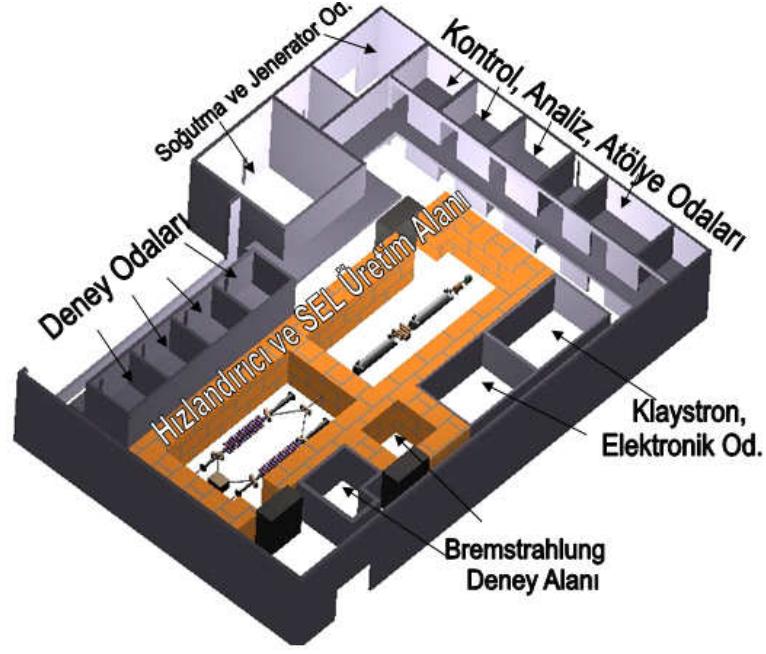
Türk Hızlandırıcı Merkezinin Test Laboratuvarı olarak öngörülen IR SEL tesisi; 10–40 MeV enerjili elektron demeti, iki salındırıcı ve iki optik ayna sisteminden oluşmaktadır. IR-SEL laboratuvarında 2–250 μm dalga boyu aralığında SEL üretimi planlanmaktadır. Bu aralık NIR (Near Infrared), MIR (Middle Infrared) ve FIR (Far Infrared) bölgelerini kapsamaktadır.

Tablo 2.1 THM Kızılötesi Serbest Elektron Lazeri Ana Parametreleri

Linak Parametreleri		
Demet enerjisi (MeV)	15–40	
Paketçik Yüğü (pC)	80	
Paketçik Uzunluğu (ps)	1–10	
Tekrarlanma Frekansı (MHz)	13	
Ortalama Akım (mA)	1	
Salındırıcı Parametreleri		
	Salındırıcı-1	Salındırıcı-2
Periyodu (cm)	3	9
Tepe Manyetik Alan (T)	0,1–0,35	0,1–0,27
Şiddet Parametresi	0,3–1	0,8–2,3
Periyot Sayısı	56	40
SEL Parametreleri		
	SEL-1	SEL-2
SEL Dalgaboyu (μm)	2–27	10–250
Atma Enerjisi (μJ)	0,01–3	0,01–4
Maksimum Tepe Güç (MW)	8	10
Atma Uzunluğu (ps)	1–10	1–10

➤ **IR SEL Tesisi Araştırma Potansiyeli**

THM IR SEL laboratuvarında birisi foton diyagnostiği amacıyla kullanılacak olan 8 adet deney istasyonu yer alacaktır. IR-SEL' in özel spektroskopik ve mikroskopik yöntemler aracılığı ile kullanılacağı bu deney istasyonları modern cihazlar ile donatılacaktır.



Şekil 2.16 THM IR-SEL Tesisi Bina Planı

Laboratuardaki deney istasyonları Malzeme ve Yüzey Fiziği, Nanoteknoloji, Biyoteknoloji, Fotokimya, Atom ve Molekül Fiziği, Sağlık Fiziği ve Optik Fiziği gibi konu başlıklarında, ülkemiz ve bölgemizdeki araştırma ve kullanıcı potansiyeli dikkate alınarak modern Ar-Ge çalışmaları mümkün kılınacak şekilde yapılandırılacaktır.

Dünyada mevcut 70 civarındaki büyük ölçekli üçüncü nesil sinkrotron ışınımı laboratuvarının yanı sıra 20 civarında da dördüncü nesil ışınım kaynağı olarak bilinen SEL laboratuvarları mevcuttur. Bu laboratuvarlarda yukarıda belirtilen alanlarla ilgili yüzlerce araştırma ve geliştirme projesi hayata geçirilmektedir. THM IR-SEL tesisi tamamlandığı zaman ülkemizde ve bölgemizde bir ilk olma özelliği taşıyacak ve ülkemizin bilimsel araştırma potansiyeli açısından bir sıçrama noktası oluşturacaktır (<http://thm.ankara.edu.tr>).

2.2. Hızlandırıcı Merkezlerinde Kullanılan Kontrol Sistemleri

Hızlandırıcı merkezlerinde, deney sırasında çalışan aletlerin kontrolünü sağlamak ve bu aletlerden alınan verileri analiz edip saklamak amacıyla kurulan bir kontrol sistemi bulunmaktadır. Bu kontrol sistemi bilgisayar ağı yardımıyla kontrol odasından idare

edilmektedir. Dünyadaki hızlandırıcı merkezlerinde kullanılan kontrol sistemlerinden bazıları şunlardır:

2.2.1. EPICS

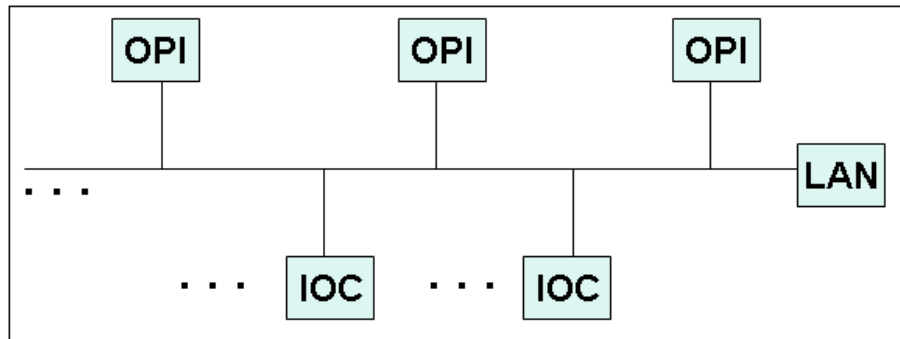
EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System), Los Alamos National Laboratuvarı' ndaki Hızlandırıcı Teknolojisi kontrol grubu ve Argonne National Laboratuvarı' ndaki Alternatif Foton Kaynağı kontrol grubu işbirliği ile geliştirilmiştir. EPICS, istenilen sistem için gerekli olan gelişime ve değişime hızla uygulanabilen, deneysel fiziğin her seviyesindeki gereksinimleri karşılayabilen bir yapıya sahiptir. Her bir fonksiyonel alt sistem için gereken yazılım ve donanımları, bu gereksinimleri karşılayabilmek için seçilmiştir (Dalesio ve ark.).

EPICS, bir kontrol sistemi oluşturmak için kullanılan Uygulama Geliştiricileri gibi araçların ve yazılım bileşenlerinin bir setinden ibarettir (Kraimer 1998). Bu temel bileşenler:

OPI: Operator Ara Yüzü. UNIX tabanlı işletim sistemlerinde çalışabilen çeşitli EPICS araçlarıdır.

IOC: Sistem için gerekli Giriş/Çıkış Kontrolleri (Input/Output Controller).

LAN: Şekil-2.17' de de görüldüğü gibi, IOC ve OPI' lerin iletişimine olanak sağlayan bir Yerel Ağ Bağlantısıdır (Local Area Network).

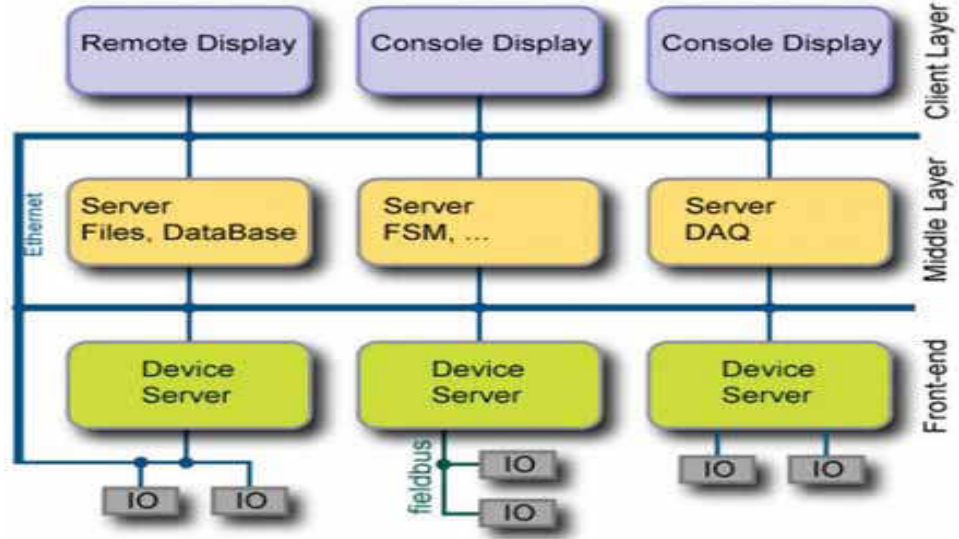


Şekil 2.17 EPICS kontrol sisteminin fiziksel yapısı

2.2.2. DOOCS

DOOCS (Distributed Object-Oriented Control System), HERA ve Tesla Test Facility (TTF) kontrol uygulamaları için dizayn edilmiştir ve C++ programlama dilinde yazılmıştır. DOOCS, SunOS, Solaris ve Linux işletim sistemlerinde çalışır. Haberleşme ağı, dış veri gösterme (XDR) veri formatıyla Uzaktan Prosedür Çağrılmaları (ONC RPC) tarafından aktarılır (Hensler ve Rehlich 2000).

Sistemin yapısı Şekil 2.18’ de görüldüğü gibi üç katmandan oluşmaktadır (The European X-Ray Free-Electron Laser, Technical design report. 2007).



Şekil 2.18 DOOCS yapısı

En üst katmanda görüntüleme ve operatör ara yüzleri gibi kullanıcı programları bulunur. Orta katmanda güçlü veri sunucuları ve en alt katmanda da cihaz sunucuları ve donanıma bağlantı sağlayan I/O' lar bulunur. En üstteki servisler uygulama programlarıyla kontrol odasındaki bir konsoldan idare edilir. Kullanıcılar bu kontrol odasından veya internet bağlantısı yardımıyla ofislerinden ya da evlerinden kontrol edebilirler.

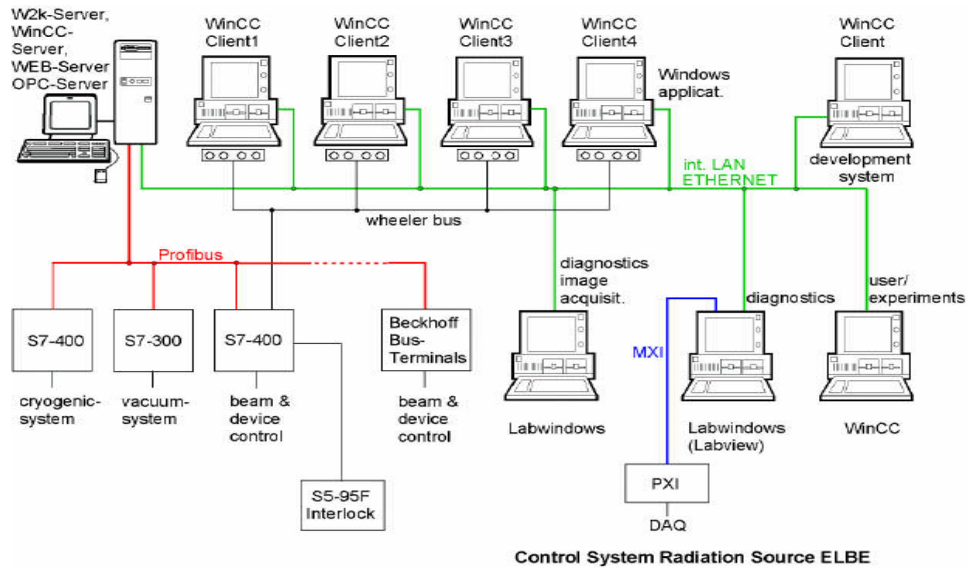
Kullanıcı programları en alt katmandaki bilgiye gerek duyarlar. Orta katman sunucuları bu raporları ve kontrolleri sağlar. Bu sunuculara Finite State Machine-FSM (Sonlu

Durum Makinesi) adı verilir. Bu sunucu, birçok cihazdan alınan veriyi saklar ve bağlı kontrol hareketlerini başlatabilir.

Sunucuları hiyerarşik olarak gruplamak, sistemi düzenlemek için iyi bir yöntemdir. Bunu sağlayan sunucular genellikle orta katmanda bulunur. Veritabanları, dosya sunucuları, makine fiziği simülasyon sunucuları, veri edinme sistemi (Data Acquisition System-DAQ), yavaş geri beslemeler ve Web servisleri gibi diğer otomasyonlar ve doğrudan cihaz bağlantısı olmayan genel servisler orta katmanda bulunur (Altarelli ve ark. 2007).

2.2.3. ELBE Kontrol Sistemi

ELBE kendi kurduğu kontrol sistemini kullanmaktadır. Kontrol sistemi, hızlandırıcı tesisinin kullanıcı-makine ara yüzünü sağlar. Tesisin güvenli çalışmasını ve inceleme kolaylığı, makine parametrelerinin grafiğini açık bir şekilde göstermeyi ve işlem için zamana göre hareketlerini sağlar, teknik ve fiziksel hesaplamalar için uygun makine parametrelerini oluşturur. Buna ilaveten, sistem, farklı makine parametresi ayarlamaları için veri setlerini hazırlar, hafızaya alır ve sonraki değerlendirmeler için ölçülen değerlerin zamana bağlı dosyalarını saklar.



Şekil 2.19 ELBE kontrol sistemi yapısı

Şekil 2.19' da görüldüğü gibi tasarlanan ve ele alınan bu işlemler için, SIEMENS WinCC (Windows Control Center) sistemini geliştirmiştir. WinCC sunucusu işlem katmanıyla beraber PROFIBUS-FMS ile haberleşir ve işlem verisinin yönetimini sağlar. Operatör istasyonları ve hızlandırıcı ekipmanları arasındaki veri değiş tokuşu WinCC sunucusu ile çalışır. Değişiklik, deneysel alanlardaki ve kontrol odasındaki kullanıcılar ile gerçekleşir (<http://www.fzd.de/db/Cms?pNid=975>).

PROFIBUS, kullanım alanına ve tipine göre, haberleşme protokolleri (DP-PA-FMS) sunar (<http://www.pronit.com.tr>). Bunlar:

- *Profibus DP* (DP-Decentralized Periphery/Dağıtılmış Çevre), en çok kullanılan haberleşme tipidir. Hız, etkinlik ve düşük bağlantı maliyeti özellikleri sebebiyle tercih edilir. Merkezi dağıtılmış cihazlarla haberleşme sağladığı gibi akıllı saha cihazları ile de haberleşme sağlayabilir.
- *Profibus-PA* (PA-Process Automation), daha çok proses otomasyonunda kullanılır.
- *Profibus-FMS* (FMS-Fieldbus Message Specification) genel bir haberleşme tipidir. Akıllı kontrol aygıtları arasındaki haberleşme için gelişmiş uygulama fonksiyonlarını sunar.

Ağ kurulumu için profibus, fiber optik kablolarla birlikte uygulanırlar. İşlem katında profibus DP protokolü kullanılır, FBS ise daha yüksek katmanda tercih edilir. Tüm bilgisayarlar arasındaki bağlantı internet ile sağlanır.

THM IR-SEL Laboratuvarı için kontrol sistemi olarak EPICS seçilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. EPICS' in Yapısı

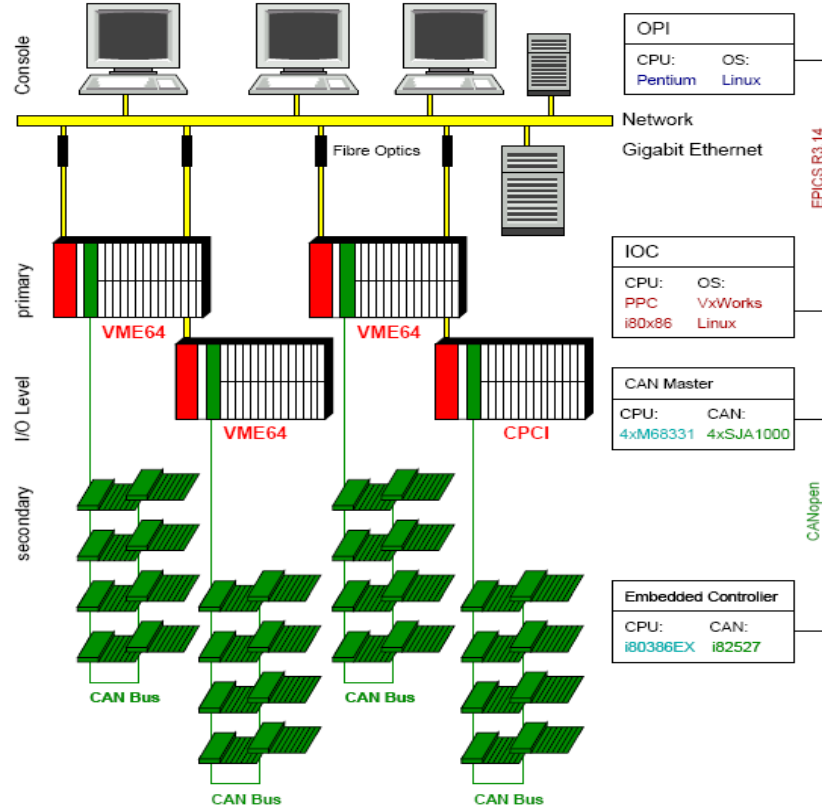
EPICS fiziksel olarak karmaşık bir yapıya sahip olmayan TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ve UDP (User Datagram Protocol) aracılığıyla kontrol yapabilen bir sistemdir. Sistem yeni bilgisayarlara yüklenir ve ayarlanır. Fiziksel hiyerarşi (aşama sırası) köprüler, dağıtıcılar veya bir geçitten geçerek yapılır. Ağ bant genişliği ilk faktörü sınırlayabilir.

EPICS yazılımı yapısını bağımsız veri kayıtlarıyla kuran client/server (kullanıcı/sunucu) herhangi iki nokta arasına giren read/write (okuma/yazma)' yı doğrudan sağlar. Bu iki nokta; yeni bileşenlerin yerel ad servis ortalama otomatik bütünleştirilmesi ve nokta-nokta haberleşme desteği otomasyonudur.

EPICS' in yapısını iki şekilde açıklayabiliriz (BESSY Teknik Dizayn Raporu 2004).

3.1.1. Vertical Structure

FEL için kontrol sistemi yapısının standart modelinde; yeterli sayıda dosya, veritabanı ve LINUX tipindeki işletim sistemlerindeki uygulama sunucuları, kontrol odası servisleri ve konsolları mevcuttur.

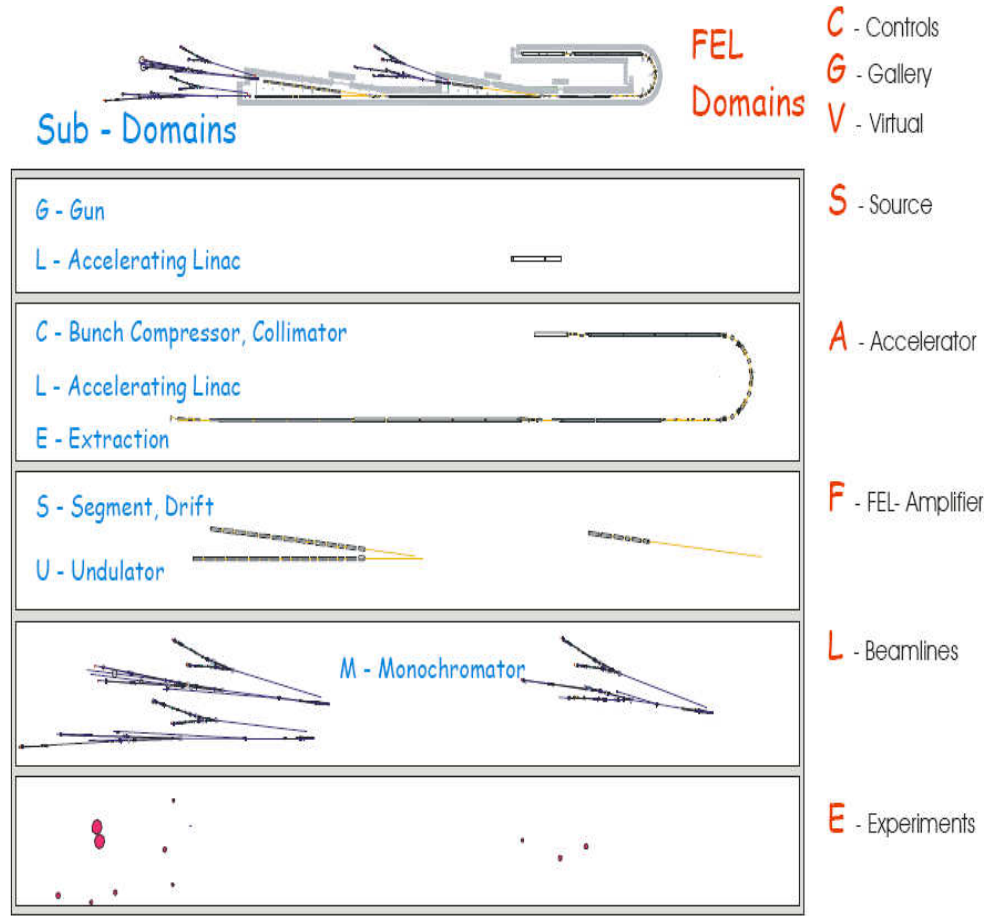


Şekil 3.1 EPICS yapısı

Belirli işletim sistemleri ve verilen yerel kontrollerle gelen donanım platformları, ticari çözümler ve tek bileşenler integrasyon problemlerine neden olmaz. Akıllı alt sistemlere örnek olarak fotokatot için lazer sistemlerinin yerel kontrolleri verilebilir.

3.1.2. Horizontal Topology

Tüm tesis birkaç temel işlevsel birimden oluşur: elektron enjektörü (S- kaynak), linak bölümleri (A), FEL (F), demet hattı (L), deney istasyonları (E) ve yardımcı sistemler (C,G,V). Bu bilgi alanları, nispeten bağımsız temel işlevsel prosedürler, bağlantı gereksinimleri ve kaynak sınırlamalarıdır. Bunlar diyagnostik verisi ve zamanlama ilişkisinin hızlı akışını destekleyen, hızlı ve güvenli bir bağlantı ile bağlanır.



Şekil 3.2 İşlemsel gereksinimlere göre cihaz gruplaması

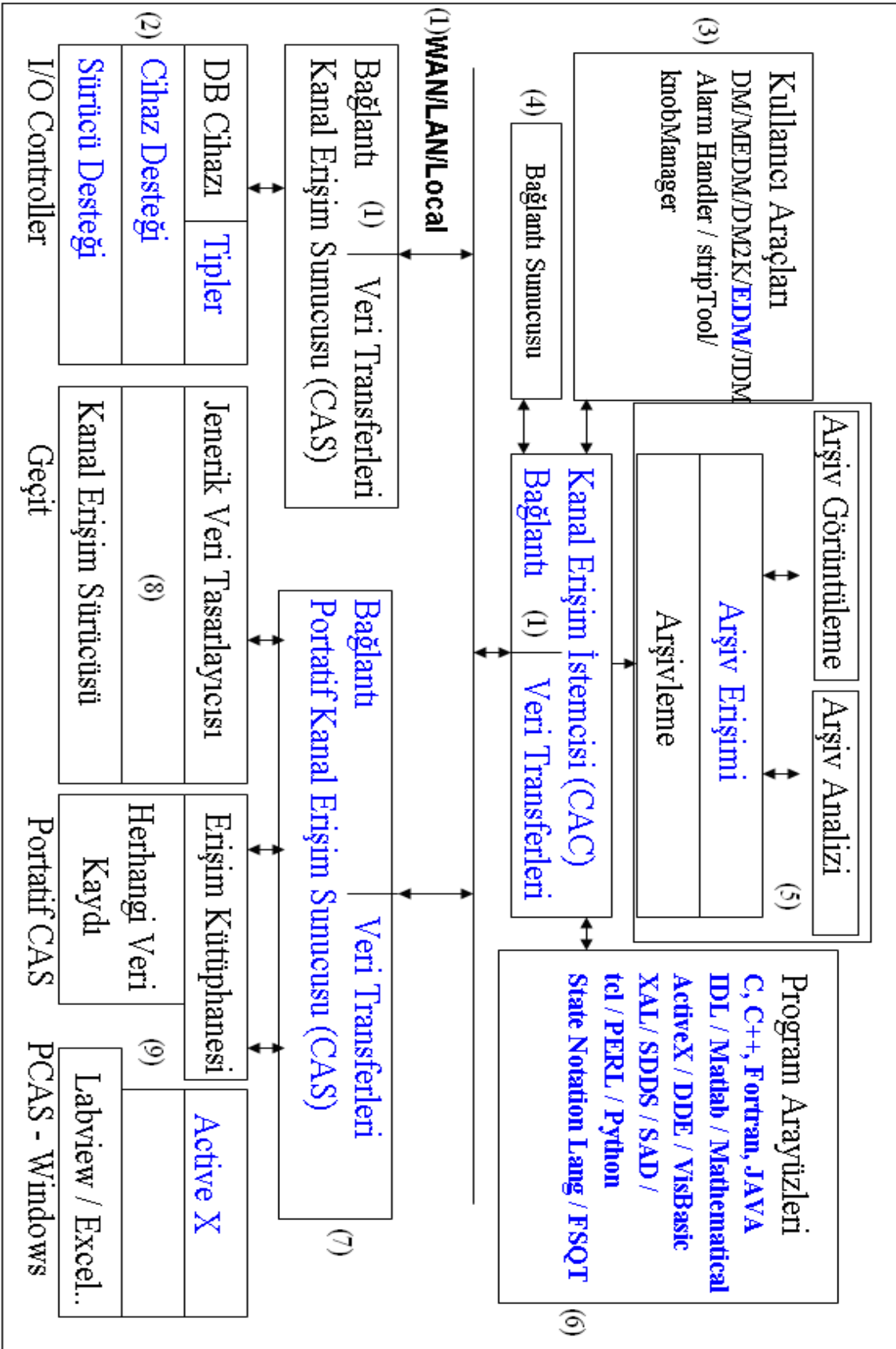
Bütün kontrol sistemi araçlarının hassaslığını sağlamak için EPICS CA (Channel Access) protokolü tüm alt sistemlere yayılmıştır. Bütün sistemler için; uzaktan yapılandırma için hazırlık, yönetim ve bakım bu sistemde birleştirilmiştir. Sorun giderme ve bakım, genelde mobil konsollar, kablosuz ağ ve bütünleştirme tarafından desteklenir.

Tablo 3.1' de EPICS' in yapısı açıklanmıştır (Dalesio 2002).

1. Sürekli bir internet bağlantısı olmalı ve Kanal Erişim Sunucusu ve Kanal Erişim İstemcisinin olduğu bir Kanal Erişim Protokolü'ne dayalıdır.
2. I/O (Input/Output)' a veritabanı (DB) cihazı yöntemi ile arayüzlerle beraber sürücü ve cihaz desteği gereklidir.

3. Görüntüleme ve değiştirme verisi için kanal erişim istemcilerinin bir seti kanal erişim sunucularından elde edilebilir.
4. Bağlantının kararlığı için ek olarak bir bağlantı sunucusu gereklidir.
5. Web'le bir veri arşivleyici, yönetim ve görüntüleme ile analiz için bir arşivleme seti kuruldu.
6. Standart dil arayüzlerinden geçerek yeni kanal erişimi istemcileri yaratmak için programlama arayüzleri, senaryo yazımı dilleri, devlet geçiş yürütmeleri için uzmanlaşmış diller, matematiksel ve biçimlendirilmiş diller ve uzmanlaşmış hızlandırıcı analizi ve kontrol platformları kullanılır.
7. Çok farklı platformların bütünleşmesini kullanan, EPICS ortamında herhangi yeni veri kaynaklarının ilavesini destekleyen bir portatif kanal erişimi sunucusu.
8. Kontrol ağının bölümleri arasında ağ trafiği izole eden bir geçit gereklidir.
9. Sonuç olarak da Portatif Kanal Erişim Sunucusu kullanılarak kaydedilen verilere erişim kütüphanesinden ulaşılabilecektir.

Tablo 3.1 EPICS bütün düzeylerde arayüzleri sağlar



3.2. Temel Bileşenler

Genel olarak EPICS' i oluşturan bileşenler (Kraimer 1998);

Temel Nitelikler: EPICS' in birkaç temel nitelikleri.

Platformlar: Satıcı firma tarafından sağlanan EPICS' in desteklediği donanım ve yazılım platformları.

IOC Yazılımı: EPICS, IOC yazılım bileşenlerini sağlar.

Kanal Erişimi: IOC veritabanına bağımsız ağ erişimini destekleyen EPICS yazılımıdır.

OPI Araçları: EPICS' in sağladığı OPI tabanlı araçlar.

EPICS Temel Yazılımı: EPICS temel yazılım listesi; bu yazılım bileşenleri olmadan EPICS çalışmaz.

Bu temel bileşenleri detayları ile açıklarsak;

3.2.1. Temel Nitelikler

Araç Tabanlı: EPICS bir kontrol sistemi yaratmak için birtakım araçları sağlar. Bu üniform operatör ara yüzlerini temin etmede yardımcıdır ve özel kodlama gerekliliğini azaltır.

Dağılımlı: Dağılımlı bir sistem iyi çalışır. Örneğin; eğer tek bir IOC dolmuş olursa, onun fonksiyonlarını diğer IOC' lerin üzerine yayabilir. Bütün uygulamaların tek bir ana bilgisayarda çalışması yerine uygulamalar birkaç OPI' ye yayılabilir.

Olaya Dayalı: EPICS yazılım bileşenleri mümkün olduğunca gelişime açık bir şekilde dizayn edilmiştir. Bu dizayn kaynakların etkin ve hızlı bir şekilde kullanılmasını sağlar.

Yüksek Performanslı: UNIX tabanlı bir işletim sistemi her bir kanal erişimi sonunda kendisini saniyede binlerce kez güncelleyebilir. Bir 68040 IOC saniyede 6000' den fazla kayıt gerçekleştirebilir.

3.2.2. Donanım-Yazılım Platformları

Tablo 3.2’ de EPICS’ in donanım ve yazılım platformları gösterilmiştir.

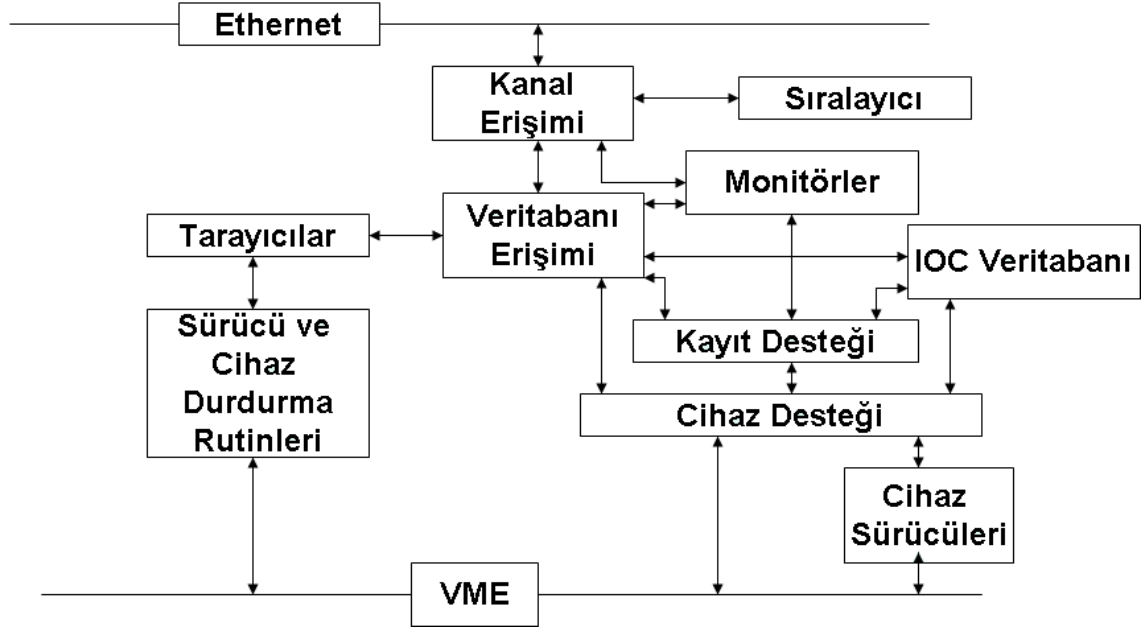
Tablo 3.2 EPICS donanım-yazılım platformları

OPI	Donanım	Unix Tabanlı işletim sistemleri: SUNOS, SOLARIS ve HP-UX içeren platformları iyi destekler.	
		Diğer UNIX platformları: LINUX içerir	
		Windows NT ve VMS Yazılımı için sınırlı derecede sağlar	
		UNIX	
		X Windows	
		Motif Araç Takımı	
LAN	Donanım	Ethernet ve FDDI (Fiber Distributed Data Interface)	
		Gelecekteki yazılımlarda ATM	
		Soketlerle TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol) protokolleri	
IOC	Donanım	VME / VXI taşıyıcı ve sandıkları	
		Motorola 68020, 68030, 68040, 68060	
		Diğer işlemler için bazı destekleyiciler: Intel, Mips, PowerPC, Sparc, vb.	
		IOC Yazılım Bileşenleri	
		EPICS Sürümü: R3.13.0beta12	
		EPICS IOC Uygulama Geliştirici Rehberi 7	
		Çeşitli VME modülleri (ADCs, DAC, Binary I/O, vb.)	
		Allen Bradley Tarayıcı (Birçok AB I/O modülleri)	
		GPIB (General Purpose Interface Bus) Cihazları	
		BITBUS Cihazları	
		CAMAC	
		CANBUS	
		Yazılım	vxWorks işletim sistemi
			Gerçek zaman merkezi
			Geniş “Unix like” kütüphaneleri

3.2.3. IOC Bileşenleri

Bir IOC yazılımı Tablo 3.3' de gösterilen bileşenleri içerir.

Tablo 3.3 IOC yazılım bileşenleri



IOC Veritabanı: Yerleşik hafıza veritabanı ile birleşik veri yapılarıdır.

Veritabanı Erişimi: Veritabanı erişimi rutinleridir. Kayıt ve cihaz desteği dışında, veritabanına bütün erişimler veritabanı erişimi rutinleri ile olur.

Tarayıcılar: Kayıtların işleme alınıp alınmayacağına karar veren mekanizmadır.

Kayıt Desteği: Her kayıt tipi birleşmiş bir kayıt desteği rutinlerinin bir setine sahiptir.

Cihaz Desteği: Her bir kayıt tipi bir veya daha fazla cihaz desteği rutinleri setine sahiptir.

Cihaz Sürücüleri: Cihaz sürücüsü erişimi dış cihazlar. Bir sürücü, rutini yarıda kesen birleşmiş bir sürücüye sahiptir.

Kanal Erişimi: Dış sistem ve IOC arasında ara yüz. Bu, veritabanı erişimine bir bağımsız ağ ara yüzü sağlar.

Monitörler: Veritabanı monitörleri, veritabanı alanı değerlerinin ne zaman değiştirileceğine yardımcı olur.

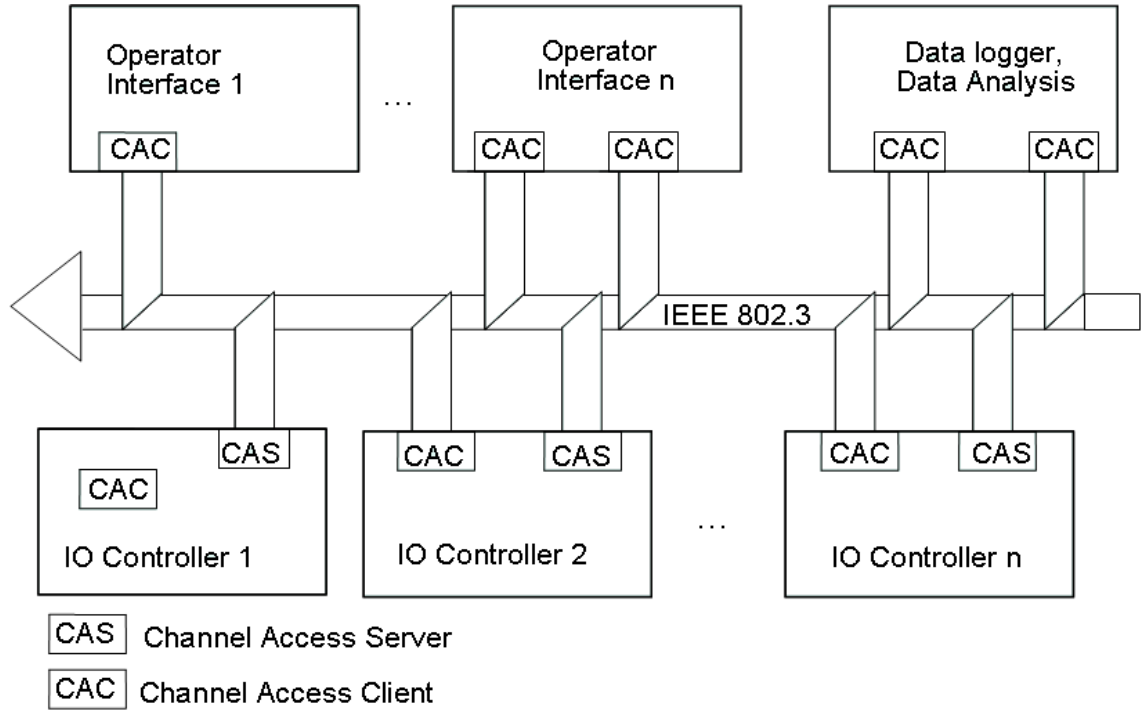
Sıralayıcı: Sonlu bir durum makinesidir. Cihazların hangi sırayla çalışmasını belirler.

3.2.4. Kanal Erişimi

Kanal Erişimi, IOC veritabanları için bağımsız ağ erişimini sağlar. Bir kullanıcı/sunucu modeline dayalıdır. Her bir IOC, kullanıcının belirlediği keyfi bir numara ile iletişim kurmak için bir Kanal Erişimi sunucusu sağlar. Kanal Erişimi kullanıcı servisleri IOC ve OPI' lerle elde edilebilir. Bir kullanıcı, sunucuların belirlediği keyfi bir numara ile iletişim kurabilir. LAN, TCP/IP protokolünü destekler ve Ethernet fiziksel düzeyde kullanılır. SEL kontrol sistemindeki bütün bilgisayarlar, ağ parçasının en az veri alışverişi olan özel bir alt ağa bağlıdır.

Tablo 3.4 Kanal Erişimi Ağ Yapısı' nı göstermektedir.

Tablo 3.4 Kanal erişimi ağ yapısı



Kanal Erişimi kullanılmasının nedenlerini maddelersek;

- Çağrılabilir ara yüz, rastgele uygulamaların kolay kullanımı için tasarlanmıştır.
- Ayrıca çağrılabilir ara yüz, operatör ara yüzü, sıralayıcı ve arşivleyici gibi sistem yazılımı bileşenleri tarafından kullanmak için dizayn edilmiştir.

- İşletim sistemi rahatlığı sağlar.
- Ağ rahatlığı (uzaktan ve yerel kanallar için aynıdır) sağlar.
- CPU yapısı serbestliği (sessiz veri değiştirme) sağlar.
- Sistem, yazılım değişimlerinden etkilenmez.
- Verimliliği (ana bilgisayar ve diğer IO kanalları) yüksektir.

Kanal Erişiminin veritabanı kayıtları gibi kayıtlara erişimi sağlamadığı bilinmelidir. Bu, tasarımda kasıtlı olarak yapılmıştır. Kanal Erişimi ile veritabanına erişen herhangi bir yazılımdan etkilenmeden eklenebilen yeni kayıt tiplerine izin verir ve kayıt tiplerinin farklı setlerine sahip olan çoklu IOC' lerle iletişim kurabilen bir Kanal Erişimi kullanıcısına izin verir.

Kanal Erişimi, Kanal Erişimi arama mesajları için bekleyen bir IOC yerleşim sunucusu sağlar. Bu sunucu bütün arama mesajlarını alır, herhangi bir işlem değişkeninin bu IOC' nin içinde belirlenip belirlenmediğini kontrol eder ve eğer bulursa gönderene 'I have it' mesajını yollar.

Her bir IOC bir bağlantı yönetimi servisi sağlar. Bir Kanal Erişimi sunucusu başarısız olduğunda, kullanıcı bilgilendirilir ve bir kullanıcı başarısız olduğunda sunucu bilgilendirilir. Bir kullanıcı başarısız olduğunda sunucu bağlantıyı keser. Bir sunucu başarısız olduğunda kullanıcı, sunucuyu tekrar başlattığında otomatik olarak bağlantıyı tekrar kurar.

3.2.5. OPI Araçları

EPICS, OPI tabanlı araçların bir setini sağlar. Bunlar Kanal Erişimi kullananlar ve kullanmayanlar olarak iki gruba ayrılırlar. Kanal Erişimi araçları gerçek zamanlı araçlardır; örneğin monitör ve kontrol IOC' leri için kullanılırlar.

➤ Kanal Erişimi Araçları

Çok sayıda kanal erişimi araçları geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları:

MEDM: Görüntü yöneticisiyle görüntü editörünü birleştiren motif versiyonu.

DM: Görüntü yöneticisidir. EDD (görüntü editörü) tarafından yaratılan bir ya da daha fazla görüntüleme listesi dosyalarını okur, bütün gerekli IOC' lerle iletişimi kurar, işlem değişkenlerindeki monitörleri kurar, operatör kontrolü isteklerini ve tüm değişiklikleri yansıtmak için görüntüleme güncellemelerini alır.

ALH: Alarm Handler. Genel amaçlı alarm handler bir yapılandırma dosyası tarafından kullanılır.

AR: Arşivleyici. IOC' den veri almak ve kaydetmek için kullanılan genel amaçlı bir araç.

SIRALAYICI: IOC içinde çalışır.

BURT: Yedekleme ve onarma aracı. Kanal erişim kanallarını onarmak ve kaydetmek için kullanılan genel amaçlı bir araçtır.

PROBE: Çalışma anında belirlenen tek bir işlem değişkenini değiştirmek ve/veya izlemek için kullanıcıya izin verir.

CAMATH: Mathematica için Kanal Erişimi ara yüzü.

CAWINGZ: Wingz için Kanal Erişimi ara yüzü.

IDL/PVWAVE: Bu ürünler için var olan Kanal Erişimi Ara Yüzleri.

TCL/TK: Bu ürünler için var olan Kanal Erişimi Ara Yüzü.

CDEV: Bir veya daha fazla temel paketler için (genellikle kontrol sistemi ara yüzleri) standart bir API sağlamak için dizayn edilmiş bir kütüphane. CDEV bir Kanal Erişimi servisi sağlar.

➤ Diğer OPI Araçları

GDCT: Grafiksel Veritabanı Yapılandırma Aracı. Bir IOC için çalışma zamanı veritabanı oluşturulmasında kullanılır.

EDD: Görüntü editörü. Bu araç, görüntü yöneticisi için bir görüntüleme listesi dosyası yaratmak için kullanılır. Bir görüntüleme listesi dosyası monitör ve kontrol öğeleri içeren statik bir liste içerir. Her bir monitörün ve kontrol öğesinin, birleşmiş bir işlem değişkeni vardır.

SNC: Durum Notasyonu Derleyicisi. IOC sıralama aracı için durumu gösteren bir C programı üretir.

ASCII Araçları: Araçlar, menüden ve kayıt tipi ASCII tanımlı dosyalardan C içerikli dosyaların üretimini sağlar.

Kaynak/Sürüm: EPICS, EPICS' i yönetmek için bir Kaynak/Sürüm mekanizması sağlar.

3.2.6. EPICS Temel Yazılımı

EPICS, esas yazılımın ve isteğe bağlı bileşenlerin birer setinden oluşur. EPICS esas yazılımının bileşenleri şunlardır:

- Kanal Erişimi - Kullanıcı ve Sunucu Yazılımı
- IOC Veritabanı
- Tarayıcılar
- Monitörler
- ASCII Araçları
- Kaynak / Sürüm

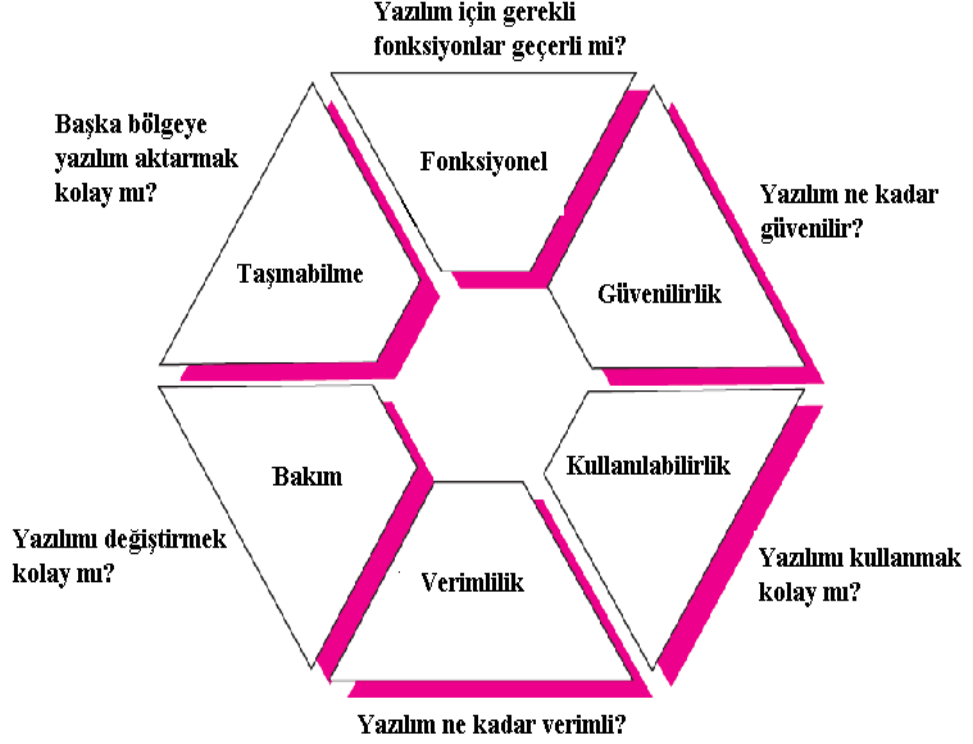
Tüm diğer yazılım bileşenleri isteğe bağlıdır. Yani herhangi bir uygulama için geliştirilen yazılımda MEDM (veya EDD/DM) gibi araçlar ihmal edilebilir. Aynı şekilde verilen herhangi bir kayıt desteği modülü, cihaz desteği modülü veya sürücü belirli bir IOC tarafından silinebilir fakat EPICS çalışmaya devam eder.

3.3. Veri Modeli: Cihaz ve Cihaz Sınıfları

3.3.1. Bütün Kontrol Sistemi Modeli

Karmaşık bir kontrol sistemi yazılımı için en uygun kalite güvencesi, resmi tasarımın uygulanması ve doğrulama yöntemlerinin gerekliliğidir. Proje, başlangıçta genel işlevsellik gerektirir ve özel kontrol sistemi kullanılması için, var olan yazılım birimleri modeli, ara yüzleri, özellikleri ve bağımlılıkları tutarlı bir şekilde belirlenmiş olmalıdır. Bir kontrol sistemi modelinin çok yoğun çalışması durumunda belgelere uygun döngüleri, uygulanmayı ve değişim istekleri belirlenebilir. Karmaşık bir kontrol sistemi

yazılım için ISO/IEC 9126 kalite standardı resmi güvenlik tasarımı olarak kabul edilir (BESSY Teknik Dizayn Raporu 2004).



Şekil 3.3 ISO/IEC 9126: Yazılımın altı kalite karakteristiği

3.3.2. Başlangıç Noktası: Tutarlı Veri Modeli

Hızlandırıcı kontrol sistemleri için böyle üstün bir prosedür her zaman mümkün değildir. Ortak bir kontrol sistemi modeli olmamasına rağmen en azından ortak bir veri modeli, hızlandırıcı kontrolü topluluğu içinde kurulmuştur. Belirli bir cihaz, kesin bir bilgi alanı, alt bilgi alanı, konum ve son olarak bir sayaç ile tanımlanır.

Ortak veri modeli, uygun jenerik uygulamalarına ve ilişkisel veri tabanı sisteminde (RDBMS) temel bir yapılandırma yönetimine izin verir. Bu veri modeli uygulandığında, farklı kontrol sistemlerindeki belirli parçaların bütünleştirilmesi bile oldukça kolay hale gelir.

3.3.3. Alt Sistemler

Bağımsız genel kontrol sistemi tasarımı, daha fazla sınırlı kesin kontrol yapılarını ve bağımsız alt sistemleri destekler. Bunun nedeni olarak, hız veya hassaslıktaki talepler, içyapısı, satıcı sınırlamaları, çalışma eforundaki tasarruflar ve yedek parçalar bölmesi gibi özellikler sayılabilir. Şeffaf ve sağlam bir yolda bulunan bu karmaşık alt sistemleri tamamlamak için global kontrol sistemi yetenekleri gerekir.

3.4. Kontrol Sistemi Uygulamaları

3.4.1. Genel Uygulamalar

EPICS araç takımındaki geçerli genel uygulamalar, tesis kurulumu ve cihaz testi boyunca gereken tüm gereksinimleri sağlar. Görüntüleme yöneticilerinin birinin seçimi (dm2k, edm, jdm), düşük seviyeli cihaz kontrolü, navigasyon için synoptic izleme, durumlar, alarm ve kısa süreli denetim görevindeki yönelimler için kontrol ekranları sağlar.

Yavaş yönelimler ve korelasyon (karşılıklı ilişki) için (<1 Hz) çok yönlü bir geri plan arşivlemesi ve yeniden düzenleme gereklidir. Birkaç bin kaynaktan veri toplanabilir ve birkaç saniyede elde edilen verinin ortalama değeriyle uzun zamandaki değer hesaplanabilir.

Güçlü SDDS (Self-Describing Data Sets) araç takımında ölçüm prosedürleri, kontrol ve düzeltme görevleri, veri kazancı, analiz ve görüntüleme için birçok seçeneğin ve yöntemin olduğu yaklaşık 100 program bulunur. Görevlendirmeler için, hızlı örnekleme için gereken ölçüm görevleri ve kontrol mekanizmasının test edilmesi için etkili bir temel sistem sağlar.

3.4.2. Demet Yönlendirme ve Şekillendirme

Yüksek seviyeli yazılım için gereken, serbest dağılımlı yön gibi karmaşık online model tanımı için bir dizi uygulama vardır. Bazı laboratuvarlar ticari araçları kullanırlar

(Matlaba dayalı hızlandırıcı araç takımı, SLAC vb.), bazıları da (BESSY, KEK, SLS) belirli bölgelere gereken favori modelleri kullanırlar. Jenerik bir uygulamanın daha gelişmiş bir kavramda yoğun çalışması umut vericidir. İlk uygulamalar SNS (Spallation Neutron Source)' deki XAL (Xenon Architectural Lighting) ve CosyLab (Control System Laboratory)' daki Abeans' dır. Ortak bir sistemin avantajı, diğer laboratuvarlarda yürütülen değiştirme ve birleştirme gelişmelerine olanak sağlar.

3.5. Yeni Gereksinimler

SEL, istenen kontrol görevleri için bazı belirli çözümler gerektirir. Bunlar:

3.5.1. İşlem Ayarı

FEL ayarı ve düzgün işlem için, çok farklı faaliyet alanlarının geri besleme devreleri gerekir. Bu bağlamda düşük seviyeli ileri ve geri besleme sistemleri, linak boşluğu ve kontrol zamanlaması için gereklidir. Bunlar çok karmaşık programlardır ve SEL performansı için önemli sistemlerdir.

3.5.2. İşlem Güvenliği

Çok yüksek elektron ve foton ışığı güçlerinin görüntülenmesinde, 1.8 °K civarında termal hassasiyet, kompleks ve ultra duyarlı mekanik ve manyetik ayarlar, güvenli kontrol sistemleri SEL için önemlidir. Personel ve donanım koruması sistemleri; hızlı iyonizasyon radyasyonu nedeniyle, oksijen eksiklikleri, lazer radyasyonu ve donanım hasarından uzak olmalıdır.

Güvenli sistemlerin dizaynı, büyük tehlikelerin değerlendirilmesi, olasılıklar, etki ve maruz kalmaya uygunluk sağlayan ve Avrupa için resmi standart kabul edilen IEC-61508 standardına uygun olmalıdır. Bu standart için uygun bir Güvenlik Bütünlüğü Seviyesi (Safety Integrity Level-SIL) belirlenmiştir. Tam donanım ve yazılım ayarı, tamamen sağlanan SIL için uygun seviyede test edilmelidir.

4. ARAŞTIRMA VE SONUÇLAR

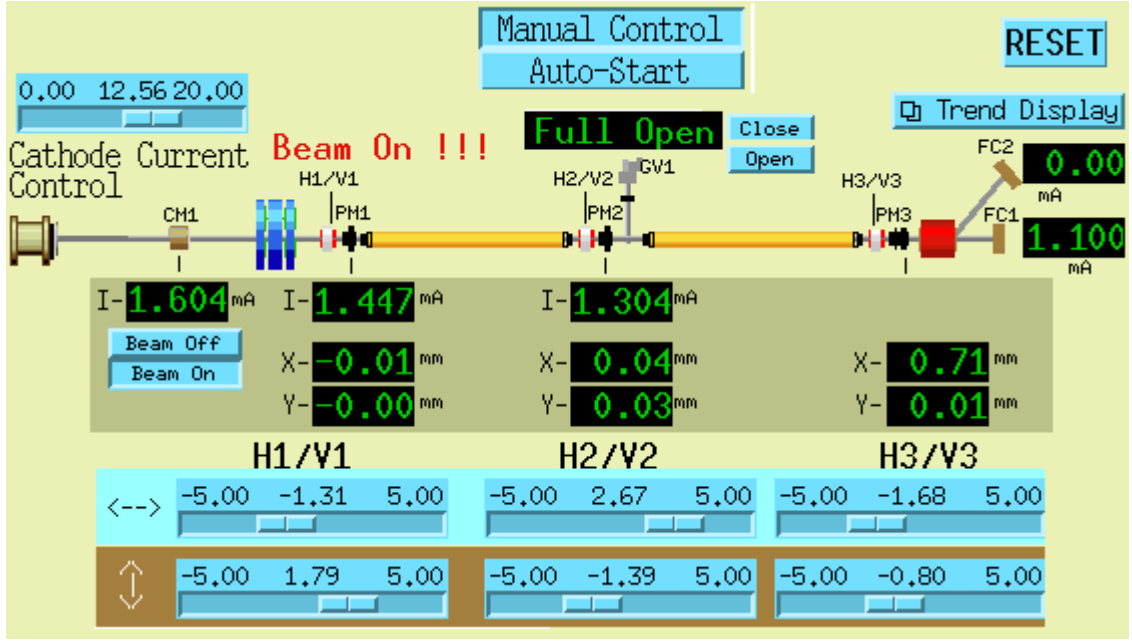
4.1. EPICS Kontrol Ekranları

Bir SEL laboratuvarı kontrol sistemi modelinde; yeterli sayıda dosya, veritabanı ve LINUX işletim sistemlerindeki uygulama sunucuları, kontrol odası servisleri ve konsolları bulunur (BESSY Teknik Dizayn Raporu 2004). Tüm tesis elektron kaynağı, hızlandırıcı hattı, SEL üretimi, SEL demet hattı, diyagnostik ve deney istasyonları birimlerden oluşur. Elektron kaynağı ve hızlandırıcı hattı kısmı ele alındığında, sistem 4 farklı ekrandan kontrol edilmektedir. Bunlar;

4.1.1. MEDM (Motif Editor & Display Manager)

Şekil 4.1' de görülen bu ekrandan katot akımı kontrol edilerek katot sıcaklığı ayarlanır. Daha sonra demet hattı açılır (Beam On) ve elektronların linak boyunca hareket etmelerine izin verilir. Demet hattı üzerinde elektron akımı ve konumu çeşitli noktalara yerleştirilmiş akım (CM) ve konum (PM) monitörleri tarafından okunur.

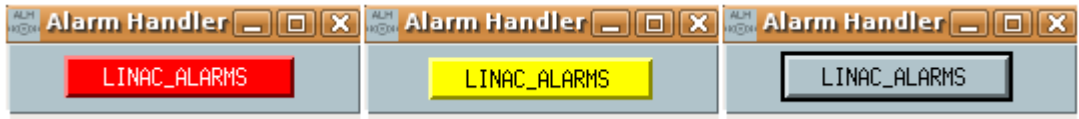
Elektronların, demet hattı üzerindeki yatay (X) ve düşey (Y) konumları hassas bir şekilde ayarlanabilir. Bu ayarlar demet hattı üzerine yerleştirilen odaklayıcı mıknatıslar tarafından yapılır. Bir mıknatıs ayarından sonra elektronların linak boyunca yoluna devam edebilmesi için diğer mıknatıslar arasındaki valfler açılır. Elektronlar linakın sonuna ulaştığında akım Faraday Cup (FC)' lar tarafından ölçülür.



Şekil 4.1 Doğrusal hızlandırıcı için MEDM ekranı

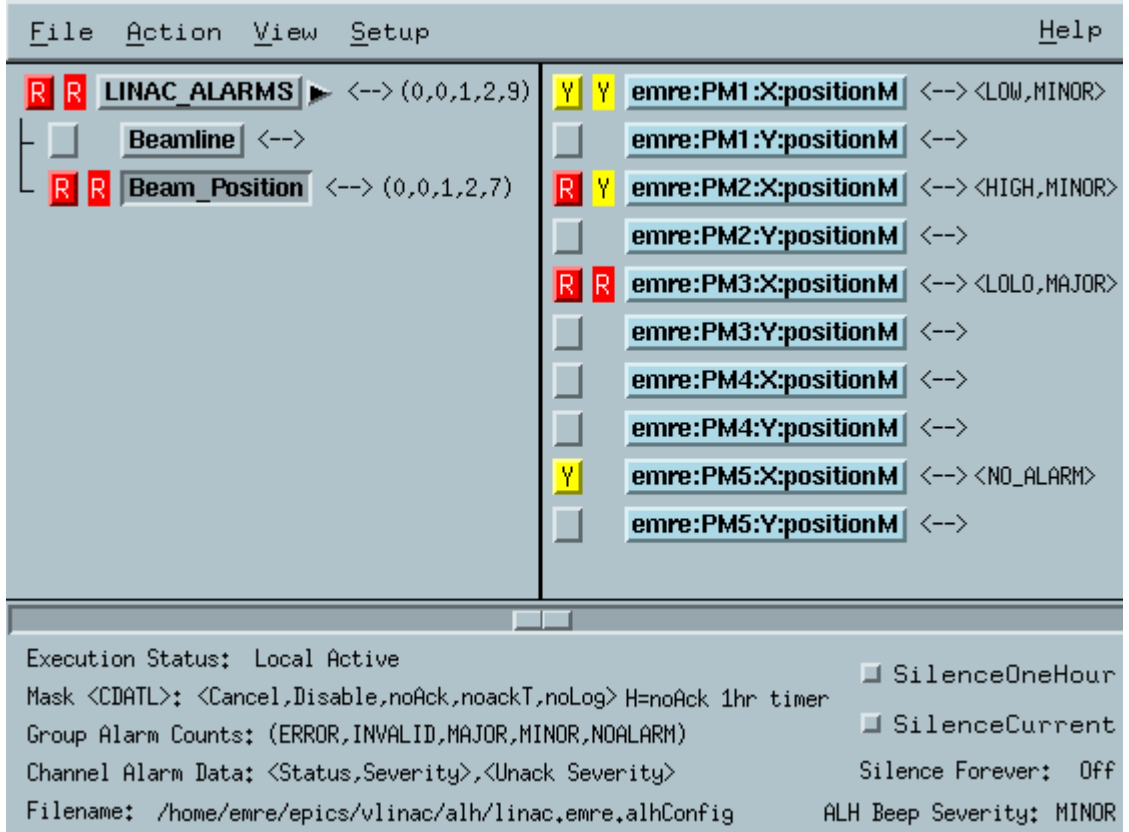
4.1.2. ALH (Alarm Handler)

EPICS Alarm Handler (ALH), EPICS işlem değişkeni veritabanı dosya bilgisine dayalı olarak, tüm güncel alarmların görsel olarak görüntülenmelerini sağlayan bir sistem izleme yazılımıdır. Sistemin sıcaklık veya akım değerlerinde tehlikeli bir değişim olduğunda ALH ana ekranı kullanıcıyı uyarır. Bu uyarı, alarm seviyesine göre kırmızı veya sarı olarak değişir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Alarm Handler ana ekranı

Yüksek seviyeli bir alarm olduğunda kırmızı, daha düşük seviyede bir alarm olduğunda ise sarı renkte alarm verir. Eğer herhangi bir tehlike yoksa ALH ana ekranındaki renkte bir değişiklik olmaz. Kullanıcı, bu uyarımın üzerine tıkladığında linaktaki alarmların detaylarını ve şiddetini gösteren başka bir ekran açılır ve bu ekrandaki R (kırmızı) ve Y (sarı) yazılı kutulara tıklayarak alarmı sonlandırır (Şekil 4.3).

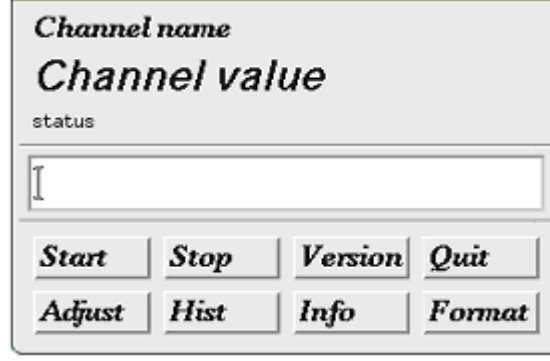


Şekil 4.3 ALH Linak alarmları

Alarm seviyeleri HIHI (çok yüksek), HIGH (yüksek), LOLO (çok düşük) ve LOW (düşük)'dur. HIGH için MAJOR ve LOW için MINOR de kullanılır. Alarm seviyesi çok yüksek olduğunda sistemin zarar görmemesi için ALH, demet hattındaki valfleri kapatır (Beam Off) ve elektronların geçişini engeller.

4.1.3. Probe

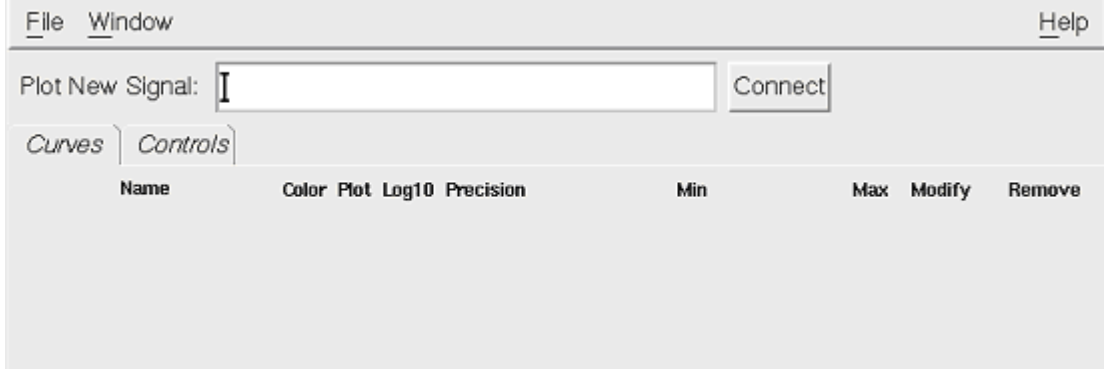
Açılan 'probe' ekranına istenilen herhangi bir fiziksel değişkenin adı girilerek o andaki değeri görülebilir ve izin verilen değerler üzerinde değişiklik yapılabilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Probe ekranı

4.1.4. Strip Tool

MEDM ekranında görülen herhangi bir fiziksel değişkenin zamana bağlı değişim grafiği bu ekrandan çizdirilebilir. Grafiğin sınırları ve birimleri ayarlanabilir. Bunun için, Şekil 4.5’ te görülen Strip Tool ekranındaki “Plot New Signal” yazılı yere grafiği çizdirilmek istenen değişkenin adı yazılır veya daha önceden hazırlanan ‘.stp’ uzantılı dosya menüden sırasıyla ‘File’ ve ‘Load’ komutları kullanılarak çağırılır ve çizdirilir.

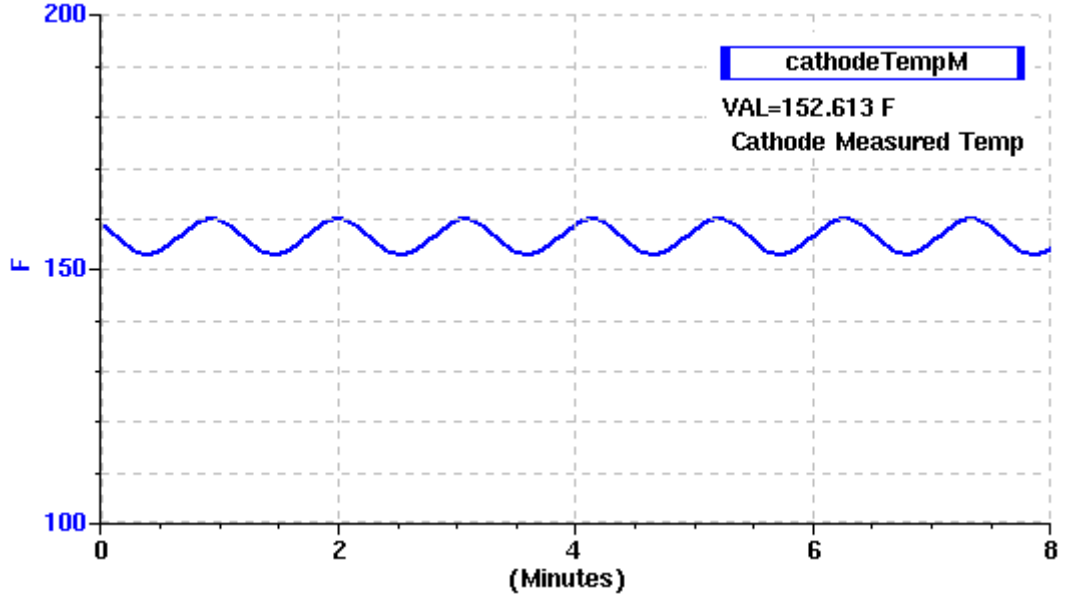


Şekil 4.5 Strip Tool ekranı

4.2. Bulgular

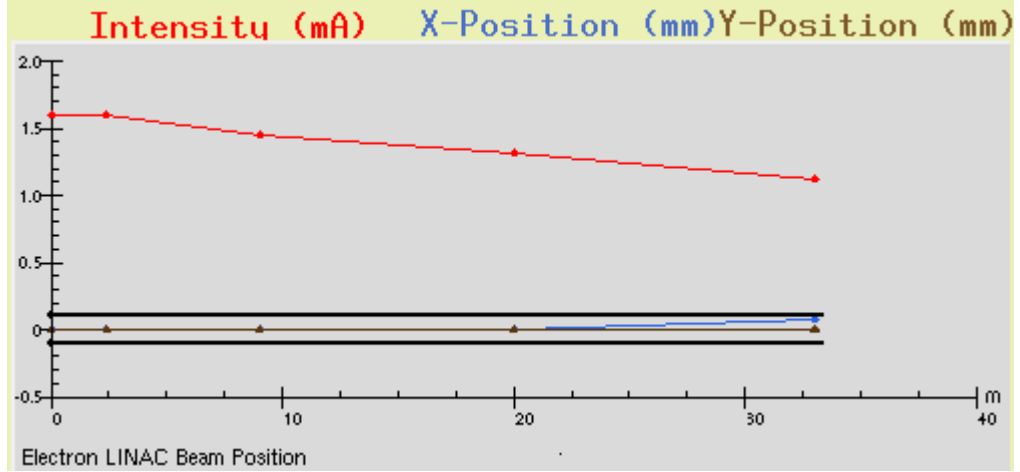
LINUX işletim sisteminde çalıştırılan EPICS yazılımı ile sanal olarak oluşturulan THM IR SEL laboratuvarı doğrusal elektron hızlandırıcı sisteminde elektron demet akımının kontrolü, termoiyonik kaynaktan dump edilene kadar yapılmıştır. Önce sanal olarak oluşturulan sistemle giriş/çıkış kontrolleri (IOC) aracılığı ile bağlantı kurulur. MEDM ekranında (Şekil 4.1) katot akımı 1.6 mA olarak ayarlanarak gerekli katot sıcaklığına

ulaşılır. Bu sıcaklık 150 °F' dan büyük olacak şekilde gerçekleşir. Bu esnada ALH çalıştırılarak sistemde tehlike olup olmadığı kontrol edilebilmektedir. Strip Tool ekranı kullanılarak elde edilen, 1.6 mA akım için katot sıcaklığının 8 dakika boyunca değişimi Şekil 4.6' da verilmiştir.



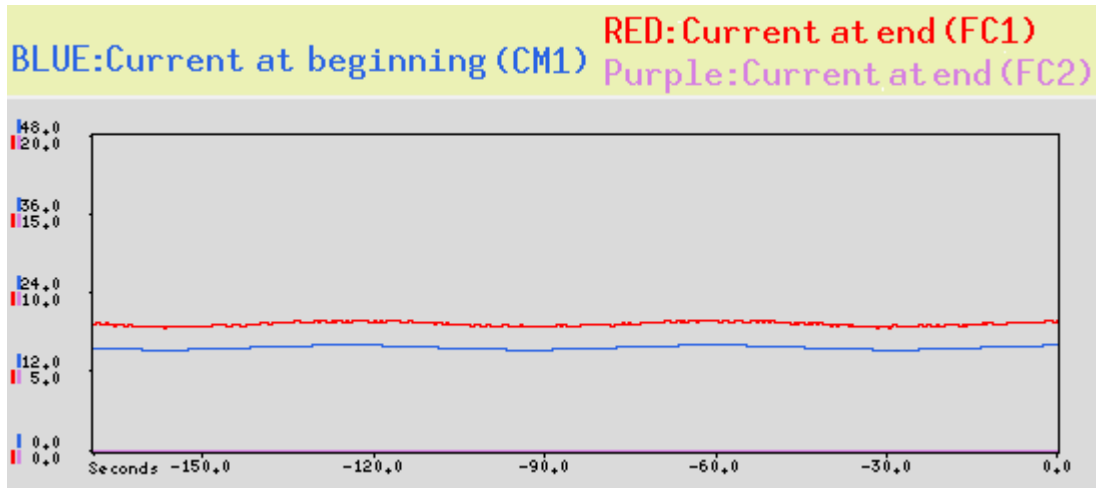
Şekil 4.6 Katot sıcaklığının zamana bağlı değişimi

Daha sonra MEDM ekranından demet hattı açılarak (Beam On) elektronların linak içerisinde hareketine izin verilir. Mıknatıslar yardımı ile, demetin yatay (X) ve düşey (Y) pozisyonunu 1 mm' lik sınırlar içerisinde kalacak şekilde ayarlanır. MEDM ekranında bulunan göstergelerdeki tüm değerler yeşil renkte görünüyorsa sistemin çalışabilmesi için uygun değerler sağlanmış demektir. Demet hattı üzerinde, demetin akım değerinin ve konumunun değişimi MEDM ekranında bulunan grafikten görülebilmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Demet akımının (kırmızı) ve konumunun (mavi yatay konum, kahverengi düşey konum) demet hattı boyunca değişimi

Yine MEDM ekranında bulunan “Trend Display” tuşuna tıklandığında ise açılan ekran, demet hattının başlangıcında akım monitörü (CM1) tarafından ve hattın sonundaki Faraday Cuplar (FC1 ve FC2) tarafından ölçülen akım değerlerinin o ana kadarki değişimini gösterir (Şekil 4.8). Demet FC2 nin bulunduğu hatta yönlendirilmediği için, okunan akım değeri sıfırı göstermektedir (Bakınız Şekil 4.1, MEDM ekranı).



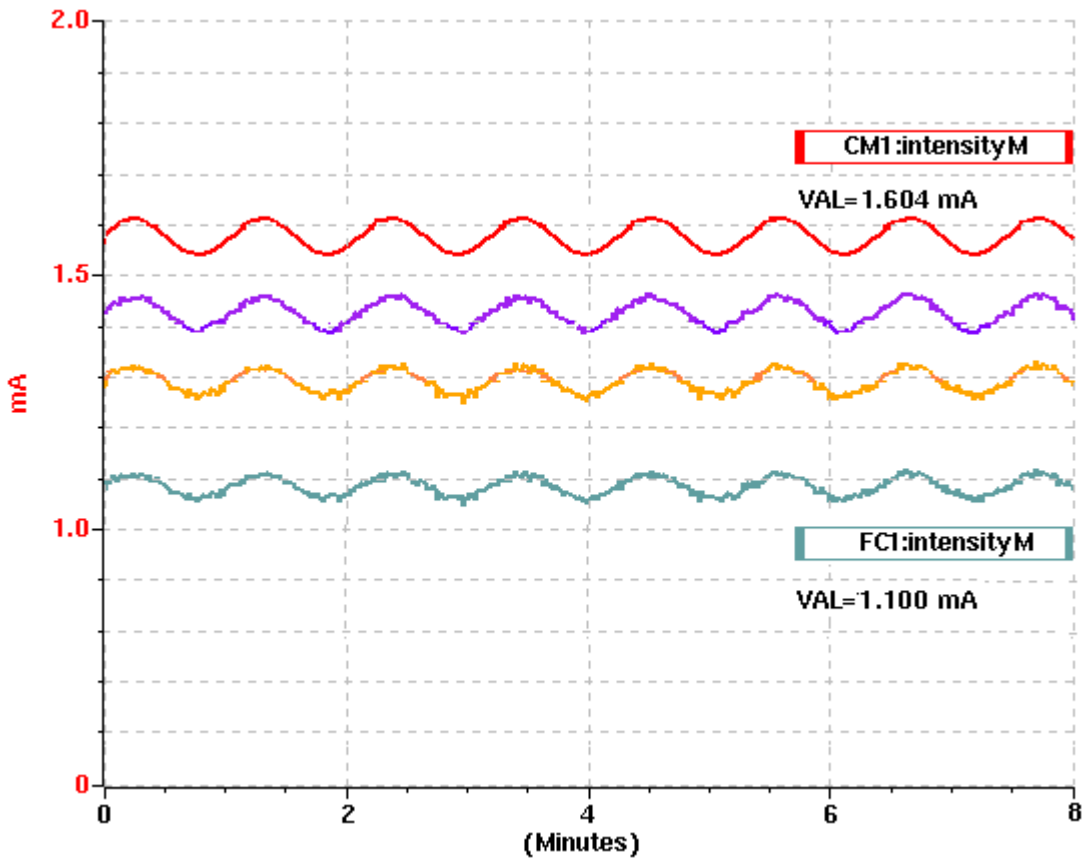
Şekil 4.8 Demet hattının başlangıcında (mavi çizgi) ve sonunda (kırmızı çizgi FC1, mor çizgi FC2) ölçülen akımların son 150 s içerisindeki değişimi

Şekil 4.9, Probe ekranı kullanılarak CM1 tarafından o anda ölçülen akım değeri göstermektedir. Bu değer, MEDM ekranında görünen değerle aynıdır ve eşzamanlı olarak değişir.



Şekil 4.9 CM1 tarafından ölçülen katot akımının Probe ekranında görünümü

Strip Tool ekranı kullanılarak 8 dakika demet hattı üzerinde ölçülen akımların değişimi Şekil 4.10' da verilmiştir. Başlangıçta ortalama değeri 1.604 mA olan akım hattın sonunda 1.100 mA değerine kadar azalmıştır. Şekil 4.1' deki MEDM ekranında görülen PM1 ve PM2 yardımı ile demet hattının belirli noktalarındaki demet akımının zamanla değişimi izlenebilmektedir.



Şekil 4.10 Linak boyunca akım değişimi

5. TARTIŞMA

Yüksek enerji fiziği laboratuvarlarında kontrol sistemi yazılımı olarak yaygın bir şekilde kullanılan EPICS, Türk Hızlandırıcı Merkezi IR-SEL Laboratuvarı elektron kaynağı ve hızlandırıcı hattı kısmının kontrolünde başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Yazılımın kullanım kolaylığı ve kullanıcıya sistemdeki değerleri kontrol ve değiştirme olanağı sunması önemli özelliklerindedir. EPICS ile sadece kaynak ve linak birimleri değil, diğer tüm birimlerin kontrolü de mümkündür. Yapılan bu çalışmalar, EPICS' in Türk Hızlandırıcı Merkezi IR-SEL Laboratuvarı kontrol sistemi için uygun olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

BESSY Technical Design Report, 2004, p. 427-435.

CHAO A. WU, September 1998, Handbook of Accelerator Physics and Engineering, p10.

DALESIO B., 1999, "Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS) Overview".

DALESIO, L. R., M.R. KRAIMER, A. J. KOZUBAL, 1991, "EPICS Architecture," in Proceedings of International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, C. O. Pac, S. Kurokawa and T. Katoh, Eds. (ICALEPCS, KEK, Tsukuba, Japan), pp. 278-282.

HENSLER, O. and K. REHLICH, DOOCS: A distributed object oriented control system. In: Proceedings of XV Workshop on Charged Particle Accelerators, Protvino.

KRAIMER M.R., 1998, Argonne National Laboratory Advanced Photon Source June EPICS Release 3.13.0 beta12.

ÖZKORUCUKLU S., Eylül 2007, Lineer Hızlandırıcılar, Türk Fizik Derneği 3. Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları ve Detektörleri Yaz Okulu.

The European X-Ray FEL, July 2007, Technical Design Report, p. 566-571.

WIEDEMANN H., April 1993, Particle Accelerator Physics, Basic Principles and Linear Beam Dynamics. p. 50-77.

YILDIZ H. D., Eylül 2007, Sinkrotron Işınımı ve Serbest Elektron Lazeri, Türk Fizik Derneği 3. Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları ve Detektörleri Yaz Okulu.

<http://thm.ankara.edu.tr>, Erişim Tarihi: 20.04.2010 Konu: THM IR-SEL.

<http://www.fzd.de/db/Cms?pNid=261>, Erişim Tarihi: 28.04.2010 Konu: The user laboratories of FELBE.

<http://www.fzd.de/db/Cms?pNid=975>, Erişim Tarihi: 28.04.2010 Konu: Control System

<http://www.pronit.com.tr>, Erişim Tarihi: 25.03.2010 Konu: Profibus Teknolojisi

<http://www.taek.gov.tr>, Erişim Tarihi: 25.04.2010 Konu: CERN, LHC, ATLAS, CMS, CLIC, ALICE Nedir?

<http://www20.uludag.edu.tr/~epilicer/hizlandirici.html>, Erişim Tarihi: 22.03.2010 Konu: Hızlandırıcılar.

TEŞEKKÜR

Bu tezin planlanmasından sonuçlanmasına kadar her sürecinde değerli yorum ve katkılarından dolayı danıőmanım Doç. Dr. İlhan TAPAN' a sonsuz teőekkürlerimi sunarım. Bu alıőmada, EPICS Virtual Linac programının kurulumu ve çalıőtırılması ile ilgili yardımları için Dr. Ercan PİLİER'e teşekkür ederim. Çalıőmalarım süresince de bana maddi ve manevi açıdan her türlü yardımlarını esirgemeyen aileme teőekkürü bir borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

25.03.1985 yılında Eskişehir’de doğdu. Babasının işi gereği Bursa’nın Mustafakemalpaşa ilçesine yerleşti ve ilköğrenimini buradaki Mehmet Akif Ersoy İlkokulu’nda, ortaokulu Mustafakemalpaşa İlköğretim Okulu’nda ve liseyi Mustafakemalpaşa Lisesi (Y.D.A.)’nde tamamladı. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Kırşehir Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü’nü kazandı. Burada 4 yıllık lisans öğretimini tamamladıktan sonra 2007 yılında Uludağ Üniversitesi’nde aynı bölümde yüksek lisans yapmaya hak kazandı.