



T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

BES III DETEKTÖRÜ ToF (TIME of FLIGHT)
SİSTEMİ ÇALIŞMALARI

Nurdan GÜLER

Yüksek Lisans Tezi

**BES III DETEKTÖRÜ ToF (TIME of FLIGHT)
SİSTEMİ ÇALIŞMALARI**

Nurdan GÜLER



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BES III DETEKTÖRÜ ToF (TIME of FLIGHT)
SİSTEMİ ÇALIŞMALARI**

Nurdan GÜLER

Prof. Dr. İlhan Tapan

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

BURSA – 2014

TEZ ONAYI

Nurdan GÜLER tarafından hazırlanan “**BES III DETEKTÖRÜ ToF (TIME of FLIGHT) SİSTEMİ ÇALIŞMALARI**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İlhan TAPAN
U. Ü. Fen Edebiyat Fakültesi,
Fizik Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Emin N. ÖZMUTLU
U. Ü. Fen Edebiyat Fakültesi,
Fizik Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Metin ÖZTÜRK
U. Ü. Fen Edebiyat Fakültesi,
Matematik Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitüsü Müdürü

../09/2014

Bilimsel Etik Bildirim Sayfası

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

15/09/2014

İmza

Nurdan GÜLER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BES III DETEKTÖRÜ ToF (TIME of FLIGHT) SİSTEMİ ÇALIŞMALARI

Nurdan GÜLER

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İlhan TAPAN

Bu çalışmada Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM) dâhilinde kurulması düşünülen Parçacık Fabrikası (PF) detektörünün ToF (Time of Flight) sistemi tasarımı amacıyla çalışmalar yapılmıştır. THM PF ile benzer enerji aralığında bulunan BES III detektörünün ToF sistemi incelenmiş ve bu konuda THM PF detektörü ToF sistemi üzerine bir öneri getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: THM Parçacık Fabrikası, ToF, Zaman Çözünürlüğü, MRPC,

2014, 41 sayfa

ABSTRACT

Msc Thesis

**BES III DETECTOR ToF (TIME of FLIGHT)
SYSTEM STUDIES**

Nurdan GULER

Uludag University

Institute Of Science

Department of Physics

Supervisor: Prof. Dr. Ilhan TAPAN)

In this work, Time of Flight system of the Particle Factory (PF) detector has been studied for the Turkish Accelerator Center (TAC). For this aim, BES III detector that has similar energy range with TAC PF has been investigated. As a result of this, a new ToF system for the TAC PF has been proposed.

Key Words: TAC Particle Factory, ToF, Time Resolution, MRPC,

2014, 41 pages

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle beni destekleyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. İlhan Tapan'a saygılarımı sunarım. Çalışmalarım boyunca bana destek olan hocam Arş. Gör. Dr. Adnan Kılıç'a teşekkür ederim.

Araştırmalarım sırasında manevi desteğini eksik etmeyen eşim Cem Güler ve aileme içtenlikle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması DPT2006K-120470 numaralı DPT (Devlet Planlama Teşkilatı) Projesi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2.KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1 Yüksek Enerji Fiziği Detektörleri (YED).....	4
2.1.1 Vertex Detektör.....	5
2.1.2 İz Takip Ediciler.....	5
2.1.3 Uçuş Zamanı Sistemi (Time of Fligth, ToF).....	6
2.1.4 Elektromanyetik Kalorimetre.....	7
2.1.5 Muon kalorimetre.....	8
3.MATERYAL ve YÖNTEM.....	9
3.1 BES III Detektörü ToF Sistemi.....	9
3.2 Zaman Çözünürlüğü Analizi.....	11
3.3 ROOT.....	15
4.BULGULAR.....	16
4.1.Test Ölçüm Sistemi.....	16

4.2 MRPC Yapısı.....	16
4.3 MRPC Puls Genişliğinin Belirlenmesi.....	19
4.4 MRPC Ortalama Zamanının Belirlenmesi.....	21
5.TARTIŞMA ve SONUÇ.....	23
KAYNAKLAR.....	24
EKLER.....	25
EK 1.....	25
ÖZGEÇMİŞ.....	26

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

σ

Zaman Çözünürlüğü

K

Kaon Parçacığı

Π

Pion Parçacığı

Kısaltma

Açıklama

BESIII

Bejing Spectrometer

BEPCII

Bejing electron-positron collider

IHEP

Institute of High Energy Physics

ToF

Time of Flight

MRPC

Multi-gap Resistive Plate Chamber

PF

Parçacık Fabrikası

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. TURKFAB –Ankara.....	2
Şekil 2.1. BES III detektörü yapısı.....	5
Şekil 2.2. Yüklü parçacığın manyetik alan içerisinde hareketi.....	6
Şekil 2.3. Uç kapak kısmındaki EMC'nin kurulumu.....	8
Şekil 3.1. Pekin – IHEP.....	9
Şekil 3.2. BEPCII Hızlandırıcı Sistemi.....	9
Şekil 3.3. BES III İşbirliğindeki Ülkeler.....	10
Şekil 3.4. IHEP kontrol odasında Türk bayrağı.....	10
Şekil 3.5. BES III ToF Yapısı.....	13
Şekil 3.6. EToF'un şematik gösterimi.....	14
Şekil 3.7. Yeni MRPC EToF Kapak(36 adet MRPC).....	14
Şekil 4.1. Test ölçüm sisteminin şematik gösterimi.....	16
Şekil 4.2. ToF için Bir MRPC Yapısı.....	17
Şekil 4.3. MRPC'nin yandan şematik görünümü.....	17
Şekil 4.4. MRPC şematik gösterimi.....	18
Şekil 4.5. BES III veri dosyası.....	18
Şekil 4.6. MRPC1 için ön ve arka uç	19
Şekil 4.7. MRPC2 için ön ve arka uç	20
Şekil 4.8. MRPC3 için ön ve arka uç	20
Şekil 4.9. MRPC1 ve MRPC2 arasındaki ortalama zaman	21

Şekil 4.10. MRPC2 ve MRPC3 arasındaki ortalama zaman	22
Şekil 4.11. MRPC1 ve MRPC3 arasındaki ortalama zaman	22

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1. BES III/ToF'taki zaman çözünürlüğü	11
Çizelge 2. Deneysel veri dosyası okuma çizelgesi.....	19

1.GİRİŞ

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 yazılan bir projenin 1977 de DPT'ye sunulması ile atılmıştır.

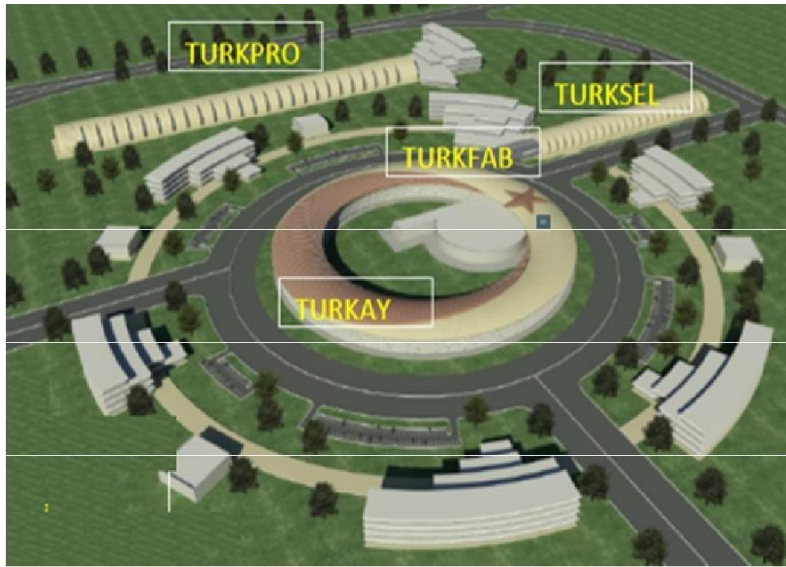
THM projesin amacı, ülkemizin hızlandırıcı teknolojileri ile tanışmasını ve dolayısıyla hızlandırıcılara dayalı Ar-Ge faaliyetlerini yürütebilir hale gelmesini sağlamaktır. Özellikle mikro ve nano dünyayı araştırabilmenin günümüzde neredeyse tek yolu yeterli enerji sahip parçacık ve ışınım demetleri ile detektör teknolojilerini kullanmaktan geçmektedir. Ülkemizi temel ve uygulamalı bilimlerde hızlandırıcıya dayalı araştırma ve geliştirme çalışmalarını yapabilir bir konuma taşıyacak olan Türk Hızlandırıcı Merkezi projesinin ilk tesisi Ankara Üniversitesi Gölbaşı Kampüsünde inşa edilmektedir.

Türk Hızlandırıcı Merkezi'nin Teknik Tasarım Raporunu (TTR) yazmayı, ülkemizin Ar-Ge amaçlı ilk parçacık hızlandırıcı tesisini (TARLA) ve ilk Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü'nü (HTE) kurmayı hedefleyen Yaygınlaştırılmış Ulusal ve Uluslararası Proje (YUUP) DPT desteği ile 2006 yılında yürürlüğe girmiştir. Ankara Üniversitesi koordinatörlüğünde proje ortağı 12 Üniversiteden (Ankara, Gazi, İstanbul, Boğaziçi, Doğuş, Uludağ, Dumlupınar, GYTE, Erciyes, Osmangazi, S. Demirel ve Niğde Üniversiteleri) ve araştırmacı desteği sağlayan 15 üniversiteden (ODTÜ, Bilkent, Hacettepe, Kırıkkale, Gaziosmanpaşa, Adıyaman, Çankırı Karatekin, Celal Bayar, Aksaray, İnönü, Fatih, Ağrı İ. Çeçen, Bitlis ve Muş Alparslan Üniversiteleri) yaklaşık 168 araştırmacının katılımı ile sürdürülen proje çalışmalarının bu aşaması 2015 yılı sonunda tamamlanacaktır.

Türk Hızlandırıcı Merkezi'nin kurulumunun, ortaya konulacak öncelikler doğrultusunda ve Ulusal Araştırma Merkezi yapısı ile 2015-2025 yılları arasında tamamlanması öngörülmektedir (<http://thm.ankara.edu.tr/>).

TURKFAB (Yavaş 2010), doğrusal hızlandırıcıda (linak) elde edilecek 1 GeV enerjili elektron demeti ile halka tipli hızlandırıcıda elde edilecek 3,6 GeV enerjili elektron demetinin 3,8 GeV kütle merkezi enerjisi ve $10^{35} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ışınlık değerinde çarpıştırılacağı doğrusal halka tipli bir çarpıştırıcı ve üzerinde kurulu detektör sisteminden oluşan Parçacık Fabrikasıdır.

Detektörün etkileşme noktasından itibaren çarpışma sonrası açığa çıkacak parçacıkların momentum, enerji ve yük gibi fiziksel özelliklerinin yüksek doğrulukta belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.



Şekil 1.1. TURKFAB -Ankara

TURKFAB detektöründe çarpışmadan sonra oluşacak parçacıkların tanımlanmasında ToF detektörünün kullanılması düşünülmektedir. ToF sistemi çalışmalarımız, çarpışma kütle merkezi enerjisi TURKFAB'a oldukça yakın olan ve Pekin IHEP (Institute of High Energy Physics) de bulunan BES III detektörünün ToF sistemi örnek alınarak yapılmaktadır.

TURKFAB detektöründe çarpışmadan sonra oluşacak parçacıkların tanımlanmasında ToF sisteminin kullanılması düşünülmektedir. ToF (Time of Flight, ToF) sistemi çalışmalarımız, çarpışma kütle merkezi enerjisi TURKFAB'a oldukça yakın olan ve Pekin IHEP (Institute of High Energy Physics) de bulunan BES III detektörünün ToF

sistemi örnek alınarak yapılmaktadır. Bu amaçla Pekin'e yapılan ziyaretlerle BES III detektöründe bulunan ToF sistemi incelenmiş ve MRPC kullanılarak tasarlanmış zaman çözünürlüğü daha iyi olan yeni ToF sistemi üzerine yapılan çalışmalara katılım sağlanmıştır. Bu deneyimler ışığında TURKFAB detektörü ToF sistemi üzerine öneriler getirilmiştir.

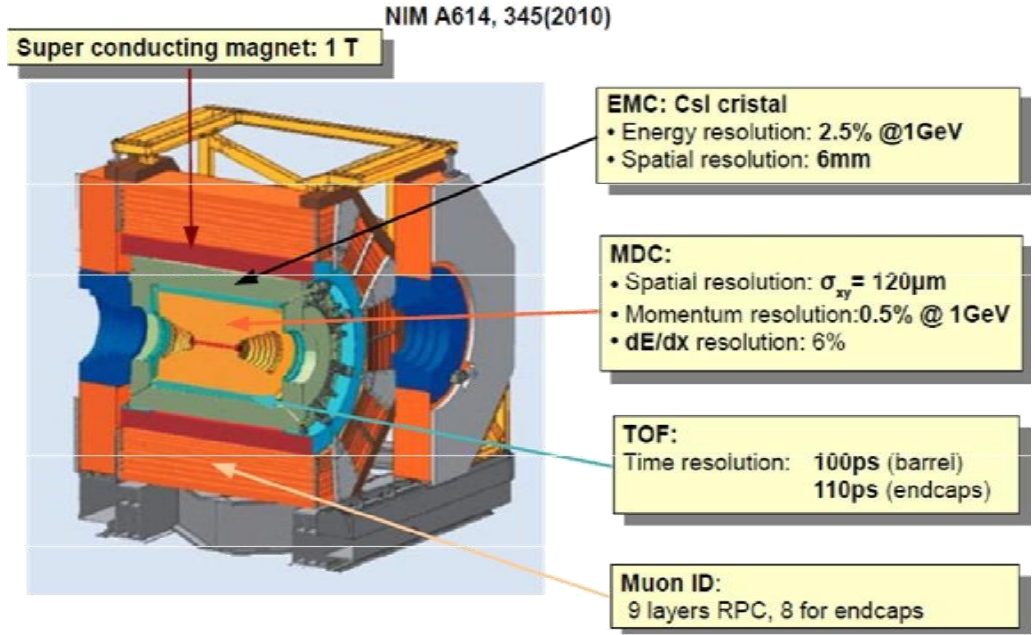
2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Yüksek Enerji Fiziği Detektörleri (YED)

Yüksek enerji detektörleri (YED) parçacık hızlandırıcıları tarafından hızlandırılmış elektron, pozitron, proton ve anti proton gibi kararlı yüklü parçacıklar arasındaki çarpışmalardan oluşan ürün parçacıklarının kaydedilmesi için inşa edilir. Her bir deney kendine ait gereklilikleri için özel olarak tasarlanmış detektör sistemine sahiptir.

Bir YED etkileşme noktasının etrafını tıpkı bir soğan gibi çevreleyen alt detektörlerden oluşur. Böylece oluşan parçacıkların detekte edilmeden kaçması engellenmeye çalışılır. Bir YED'e örnek olarak Beijing Spektrometre (BES III) detektörü verilebilir. BES III, Beijing elektron-pozitron çarpıştırıcısında çalışan çok amaçlı bir detektördür. BES III detektör, Sürüklenme odası (DC), Uçuş Zamanı Sistemi (Time-Of-Flight counters, TOF), Elektromanyetik Kalorimetre (EMC) ve Muon Detektör (MUC) alt katmanlarından oluşur. BES III detektör, çarpışma noktasından itibaren dış katmanlara doğru BES III detektörü verilebilir.

- Vertex Detektör
- İz Takip Edici (Tracking) Detektör
- Uçuş Zamanı Sistemi (ToF)
- Elektromanyetik Kalorimetre (EMC)
- Muon Kalorimetre



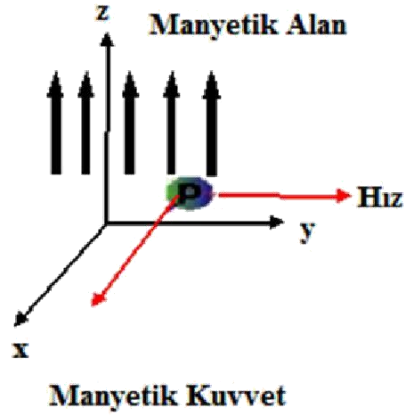
Şekil 2.1. BES III detektörü yapısı

2.1.1 Vertex Detektör

Vertex detektörler çarpışmadan sonra ortaya çıkan kısa ömürlü parçacıkları detekte eder. Çarpışma noktasına en yakın olan alt detektördür. Vertex detektörün amacı etkileşme noktasına çok yakın kısa ömürlü bozunan parçacıkların izlerini ölçmektir. Ağır b ve c kuarklarını içeren ve ömürleri yaklaşık 10^{-13} ve 10^{-12} civarında olan parçacıklar kısa ömürlüdür. Tipik olarak çok ufak yarıçaplı silindirik tabakalardan yapılmıştır. Yaklaşık bir kola kutusu büyüklüğündedir. Birçok vertex detektör yarı iletkenlerdir. Bununla birlikte gazlı detektörler de kullanılmaktadır.

2.1.2. İz Takip Ediciler

Çarpışmada oluşan yüklü parçacıkların enerjilerinin bir kısmını iyonizasyon vasıtasıyla kaybettirerek parçacıkların yükünü, yörüngesini ve momentumunu belirleyen sistemlerdir. Bu detektörler güçlü manyetik alan içerisinde bulunur. Manyetik alan parçacıkların yörüngelerinin dairesel olarak bükülmesine neden olur. Her bir yörüngenin yarıçapı parçacığın momentumunu, bükülme yönü ise parçacığın yükünün işaretinin belirlenmesine yardımcı olur.



Şekil 2.2. Yüklü parçacığın manyetik alan içerisinde hareketi

Genel olarak büyük hacimli gaz sürüklenme odaları (Drift Chambers) iz detektörü olarak kullanılır. Gelen yüklü parçacıklar gaz atomlarını iyonize ederek elektron-iyon çiftleri oluşturur. Elektronlar pozitif yüklü sinyal teline doğru bir elektrik alan etkisinde sürüklenirler. Tele varış zamanları ölçülerek gelen yüklü parçacığın izlediği yol belirlenir.

İz takip ediciler silikon şeritlerden oluşan bir tabaka (Silicon Strip Detector) da olabilir. Silikon şeritler kullanmak çok kısa mesafelerde büyük sinyal oluşturduğu için gaz detektörlere göre daha avantajlıdır. Silikon içerisinde ise sürüklenen elektron ve hollerdir.

2.1.3. Uçuş Zamanı Sistemi (Time of Flight, ToF)

Yüksek enerjili fizik deneylerinde genellikle parçacık tanımlaması için kullanılan tekniklerden biri de parçacık uçuş zamanı belirlenmesi yöntemidir. ToF detektörünün en önemli kullanım amacı tau charm fiziği için önemli bir rol oynayan, parçacık kimlik tespitidir. ToF detektörü, içerisinde geçen parçacıkların uçuş sürelerinin farklarını ölçerek parçacıkların kimlik tespitini yapar. Aynı momentuma sahip farklı kütleli parçacıkların iki sintilatör arasındaki uçuş zamanlarının ölçülmesiyle kütle tespiti

yapılabilir. ToF sistemlerinde zaman ölçümünde sintilatör ve uç kısımlarına yerleştirilmiş foto-çoğaltıcı tüp (PMT) sistemleri de kullanılabilir.

BES III detektörün de bu sintilatör+PMT yerine daha iyi zaman çözünürlüğü ve deteksiyon verimi için MRPC kullanılması amaçlanmaktadır. Bu anlamda deneysel olarak testler devam etmektedir.

Bu çalışmada, ToF detektörü için oluşturulan bir deneysel test düzeneği ve ToF'un zaman çözünürlüğünün belirlenmesine yönelik olarak, buradan alınan deneysel veriler üzerine ROOT (<http://root.cern.ch/drupal/>) programıyla yapılmış olan bazı analizler yer almaktadır.

2.1.4. Elektromanyetik Kalorimetre

BES III elektromanyetik kalorimetre (EMC), pozitron, elektron ve fotonların enerjilerini yüksek deteksiyon verimi ve iyi çözünürlükle ölçmek için tasarlanmıştır. BES III EMC, CsI(Tl) kristallerinden yapılmıştır, bir fıçı (barrel) ve iki uç kapaklarından oluşur. Fıçı, 94 cm'lik bir iç çapa sahiptir ve z-ekseni boyunca her biri 120 kristalli toplam 44 kristal halkasına sahiptir. Tüm kalorimetre toplam 24 ton ağırlıklı 6272 adet CsI(Tl) kristaline sahiptir. Her bir kristal 28 cm uzunluğuna ve ön yüzü 5.2 cm x 5.2 cm, arka yüzü 6.4 cm x 6.4 cm'lik bir yüzey kesitine sahiptir (He 2010).



Şekil 2.3. Uç kapak kısmındaki EMC'nin kurulumu

2.1.5. Muon kalorimetre

Muon kalorimetreler detektörlerin en dış kısmında bulunur ve muonların varlığını detekte eder. Çarpışmadan sonra oluşan yüklü parçacıklardan muonlar, kalorimetrelerden sonra detektörün en dış kısmında bulunan muon detektörlerinde algılanırlar. Muonların kütlesi elektrondan yaklaşık 200 kat fazla olması sebebiyle atomlarla elektriksel bir etkileşmeye girmezler. Bu nedenle elektromanyetik saçanak oluşturmaz. Enerjileri 5 GeV civarında olan muonlar, bakır, çelik gibi metallerin her milimetresinde yaklaşık 1 MeV enerji kaybına uğradıkları için çok fazla enerji kaybetmeden kalorimetreleri geçebilir. YED' lerde değişik şekilde tasarlanmış muon deteksiyon sistemleri kullanılmaktadır.

3.MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 BESIII Detektörü ToF Sistemi

Bölüm 1.2 de belirtildiği gibi, parçacıkların tanımlanmasında ToF detektörünün kullanılması düşünülmektedir. ToF sistemi çalışmalarımızda, BES III ToF sistemi örnek alınmıştır. Pekin IHEP, BEPCII (Bejing electron-positron collider) üzerine kurulmuş olan BES III detektörünü içeren, 202 metre uzunluğunda ve 2-4,6 GeV arasında çarpışma kütle merkezi enerjisine sahip dairesel bir hızlandırıcıdır (<http://english.ihep.cas.cn/>).



Şekil 3.1. Pekin – IHEP



Şekil 3.2. BEPCII Hızlandırıcı Sistemi

Türkiye, Ankara Üniversitesi Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü ile BES III detektörü işbirliğine Haziran 2011’de girmiştir. Halen Uludağ, Ankara ve Doğu Üniversitelerinden araştırma ekipleri bu işbirliği çerçevesinde çalışmalarını sürdürmektedir.



Şekil 3.3. BES III İşbirliğindeki Ülkeler

BES III İşbirliğinde, Türkiye ile birlikte 10 ülke 49 enstitü ile yer almaktadır.



Şekil 3.4. IHEP kontrol odasında Türk Bayrağı

3.2 Zaman Çözünürlüğü Analizi

Bir ToF sistemi için toplam zaman çözünürlüğü aşağıdaki eşitlik ile verilebilir.

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{TOF}^2 + \sigma_{bunch-time}^2 + \sigma_{Z-position}^2 + \sigma_{electronics}^2 + \sigma_{expect}^2 + \sigma_{time-walk}^2} \quad (3.1)$$

- : ToF'a ait zaman çözünürlüğü,
- 1) σ_{ToF} : Demetin zaman belirsizliği,
 - 2) $\sigma_{bunch-time}$: Demetin uzunluğundaki belirsizlik,
 - 3) $\sigma_{bunch-length}$: Gelen parçacığın Z-eksenindeki belirsizliği,
 - 4) $\sigma_{Z-Position}$: Elektronikteki zaman belirsizliği,
 - 5) $\sigma_{electronics}$: MDC'nin içindeki uçuş zamanı için tahmin edilen belirsizlik,
 - 6) σ_{expect} : Eşik sınırlamasından kaynaklanan zaman belirsizliği,
 - 7) $\sigma_{time-walk}$

Denklem 3.1 ifadesinde koşulların tahmini büyüklükleri ve tanımları (bkz. Çizelge1'de) özetlenmiştir (Cheng ve ark. 1986)

Çizelge 1. BES III/ToF'taki zaman çözünürlükleri

Toplam	Varilin kısmının zaman çözünürlüğü	Kapak kısmının zaman çözünürlüğü
ToF'a ait zaman çözünürlüğü	80-90ps	80ps
Demetin zaman belirsizliği	15mm, 35ps	15mm, 35ps
Demetin uzunluğundakibelirsizlik	~20ps	~20ps
Gelen parçacığın Z-eksenindeki belirsizlik	5mm,25ps	10mm,50ps

Elektronikteki zaman belirsizliği	25ps	25ps
ToF sistemi için beklenen çözünürlük	30ps	30ps
Eşik sınırlamasından kaynaklanan zaman belirsizliği	10ps	10ps
ToF 'un birtabakası için toplam zaman çözünürlüğü	100-110ps	110-120ps
ToF un iki tabakası için toplam zaman çözünürlüğü	90ps	

Tof zaman çözünürlüğü ifadesi ;

$$\sigma_{TOF} = \sqrt{\left(\frac{1}{2.35}\right)^2 \left\{ \tau_{scin}^2 + \left[\frac{n(n-1)L}{2c} \right]^2 + \tau_{PMT}^2 \right\}} / \sqrt{N_{pe}}$$

(3.2)

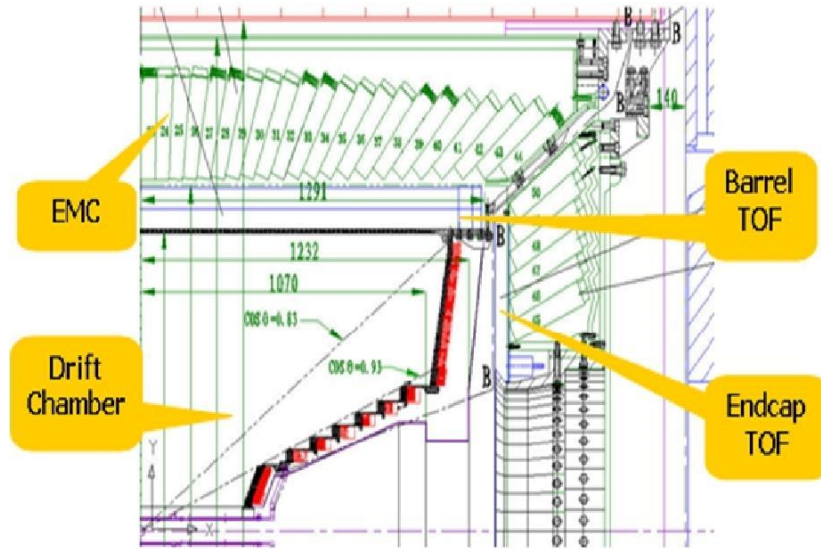
Burada ;

- τ_{scin} : sintilatörün foton yayınlama süresi,
- τ_{PMT} : fotoçoğaltıcıların tepki verme süresindeki belirsizlik,
- L : sintilatörler arasındaki mesafe,
- n : kırılma indeksi,
- c : ışık hızı,
- N_{pe} : detekte edilen foto-elektron sayısı,
- σ_e : elektronik sistemin zaman çözünürlüğüdür.

TOF yapısal tasarımı aşağıdaki gereksinimleri karşılamalı;

- Sintilatörü sızıntıdan korumak için paketlenmeli ve bağlantı güvenliği sağlanmalıdır.
- PMT ve sintilatörün birbirine tam olarak değmesi için (ışığı kaçırmamak) silikon yağı kullanılmalıdır.
- PMT bağımsız olarak desteklenmelidir.
- PMT temel alan sınırı için mümkün olduğunca küçük bir alan kullanılmalıdır.

ToF sistemi, varil ve uçlarda bulunan kapaklardan oluşmaktadır.

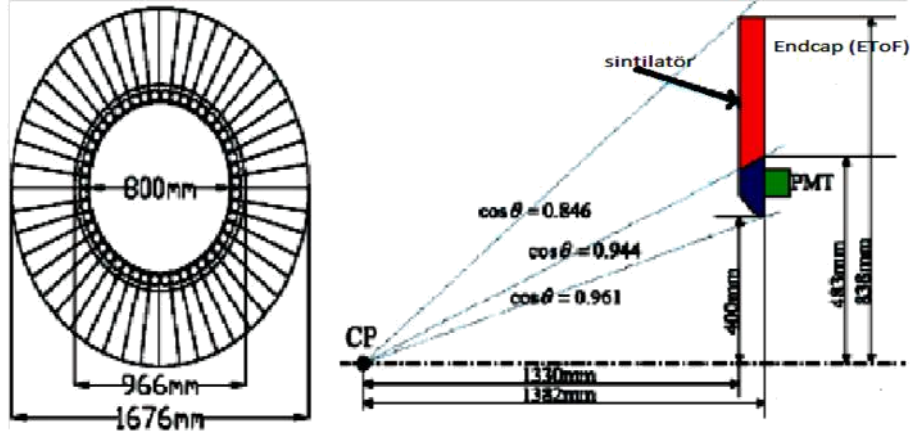


Şekil 3.5. BESIII ToF Yapısı

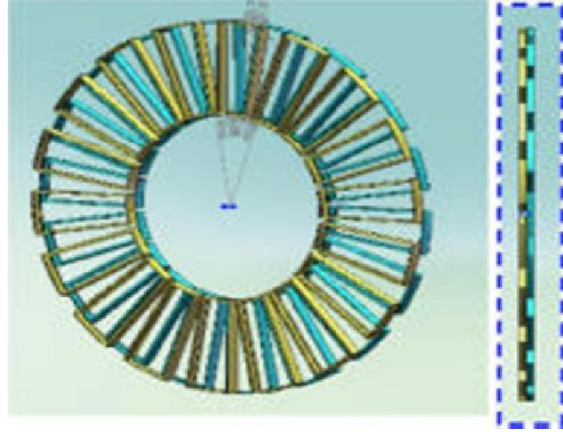
Varil kısmı, demet eksenine paralel yerleştirilen iki tabaka halinde 88 adet plastik sintilatörden oluşur.

Uç Kapak (EToF), tek katmanlı 48 adet sintilatörün vantilatör yaprakları şeklinde (400mm iç yarıçap, 838mm dış yarıçap) yerleştirilmesinden oluşur .

Her sintilatörün ucuna bağlanmış foto-çoğaltıcı tüpler (Photo-Multiplier Tube, PMT) vasıtasıyla kristallerde oluşan fotonlar detekte edilir. Toplamda 352 PMT varil kısmında, 96 PMT kapak kısmında bulunur.



Şekil 3.6. EToF'un şematik gösterimi



Şekil 3.7. Yeni MRPC EToF Kapak(36 adet MRPC)

Şimdiki durumda varil kısmının zaman çözünürlüğü 100 ps 'dir. Kapak kısmının zaman çözünürlükleri muonlar için 110 ps, pionlar için 138 ps, ve elektronlar için 148ps dir. Bu zaman çözünürlüğünde ortalama olarak 1.1 GeV de K/π ayırımı (2σ) yapılabilmektedir. Eğer EToF'un zaman çözünürlüğü yaklaşık 50ps civarında olursa K/π ayırımı (2σ) 1.4 GeV'den büyük enerjilere kadar arttırmak mümkündür. Böylece BES III'ün parçacık tanımlama kapasitesi önemli bir miktarda arttırılmış olacaktır (Sun ve ark. 2012)

3.3 ROOT

ROOT (<http://root.cern.ch/drupal/>), yüksek enerji fiziğine dair araştırmaların kalbi olan CERN’de tasarlanmış, verilerin işlendiği bir sistemdir. ROOT’ un gelişimi, her yıl bin terebaytlık karmaşık veriyi analiz etmesi beklenen, yeni nesil yüksek enerji fiziği deneyleriyle oluşturulan sistemlerin üstesinden gelme ihtiyacıyla harekete geçmiştir. ROOT C++ ile yazılan nesne tabanlı veri analiz programıdır. Bu, istatistiksel veriyi incelemek, uygun hale getirmek ve raporlamak için dizayn edilmiş birkaç araç içermektedir (Acas 2008)

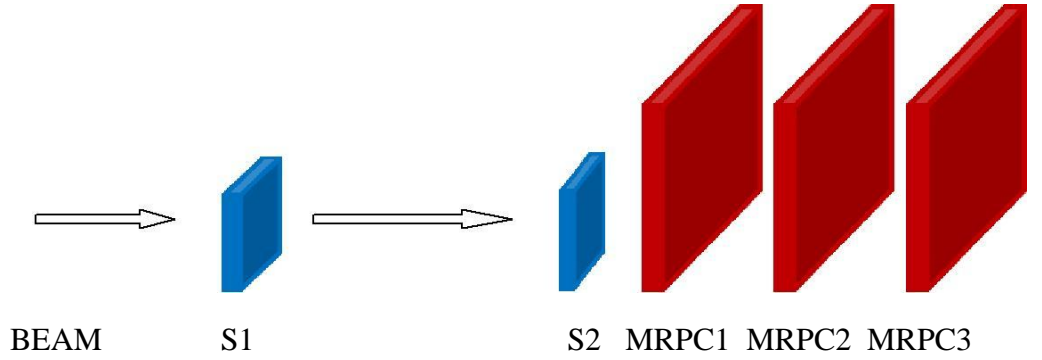
ROOT programına ilişkin bilinmesi gerekenler özetle řu şekilde ifade edilebilir.

- Kullanıcı, verilerini bir ROOT dosyasında sıkıştırılmış bir ikili sayı sistemi (binary) biçiminde saklanabilir. Nesne formatı ayrıca aynı dosya içinde muhafaza edilir. ROOT, çok büyük miktardaki verilere, herhangi bir veritabanı sisteminden çok daha hızlı bir şekilde erişmeyi sağlayan bir veri yapısı sağlar.
- Kullanıcı, bir veya birkaç ROOT dosyasına kaydedilmiş olan verilere, kendi bilgisayarından, internetten ve büyük ölçekli dosya dağıtım sistemlerinden erişebilmektedir. ROOT ağaçları, çok büyük miktardaki verileri sırayla dizebilen ve tek bir nesne olarak erişilebilen birkaç dosyaya paylaştırır.
- Son histogramla, fit fonksiyonlarıyla vb. olarak en iyi şekilde gösterilir. Yüksek kalitedeki grafikler PDF veya diğer başka bir formatta kaydedilebilir (<http://root.cern.ch/drupal/content/discovering-root>).
- ROOT kullanıcılar için ara yüzleri uyarlayıp kolayca geliştiren, kapsamlı GUI gelişim donanımı içeren yüksek kaliteli grafik yeteneği ve ara yüzüne sahiptir.

4. BULGULAR

4.1 Test Ölçüm Sistemi

IHEP'te tasarlanan yeni ToF sisteminin çözünürlüğünü ölçmek amacı ile oluşturulmuş test düzeneği aşağıda görülmektedir. Bu düzenekte parçacıkların uçuş zamanını belirlemek üzere üç adet MRPC kullanılmaktadır. Parçacık demetinin önüne S1 ve S2 adı verilen sintilasyon detektörler konulmuştur. Bunun amacı, MRPC sisteminden alınacak ölçümlerin doğruluğunu test etmektir.

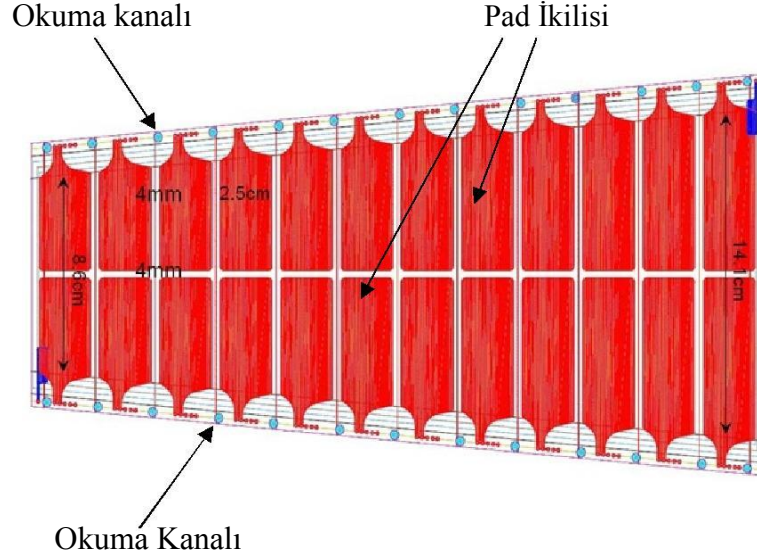


Şekil 4.1. Test ölçüm sisteminin şematik gösterimi

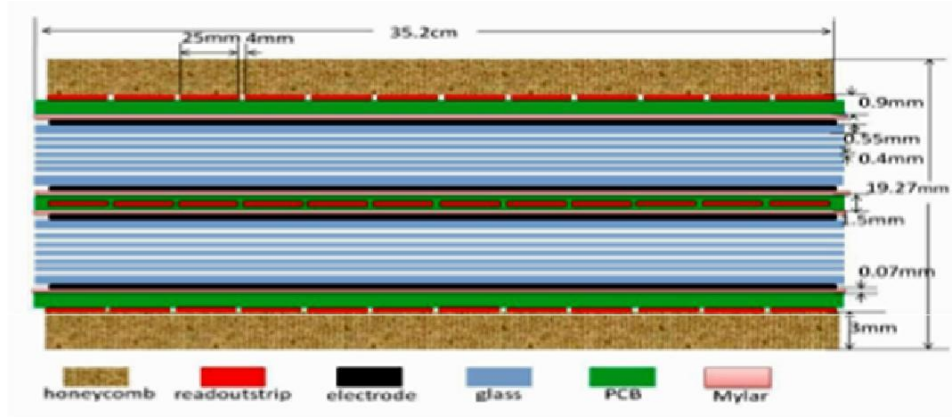
4.2 MRPC Yapısı

MRPC prototipi, Şekil 4.2 'de gösterildiği gibi ikiz kenar yamuk biçiminde tasarlanır, böylece BES III uç kapağı tamamıyla kaplanabilmektedir. Bu MRPC modülü, 2.5 cm genişliğinde, uzunlukları 8,6 cm'den 14,1 cm'ye değişen 2x12 adet okuma kanalına sahiptir. Direnç düzlemler olarak, kaydırılabilir cam yapraklar kullanılır. Cam tabakalar arasındaki boşluklar, 0.22mm çapındaki olta ipliğinden yapılmış 2x6 gaz aralıklarıdır. Elektrotlar ~200 k Ω / yüzey direncine sahip karbon şeritlerden yapılmıştır. Bu elektrotlar dış cam yüzeyine iştirilmişlerdir ve yüksek gerilim kaynağına bağlanmışlardır. Yapısal bozulmalardan kaçınmak amacıyla, 3 mm kalınlığındaki iki bal peteği (kovan pano, honeycomb boards) panosu detektörün yüzeyine sabitlenmiştir (Şekil 2). MRPC, standart atmosfer gaz karışımıyla beslenen bir gaz kaçırmaz alüminyum kutu içerisine yerleştirilir. Test için kullanılan gaz bileşeni, %90 Freon + %5 SF6 + %5 iso-C4H10'dur.

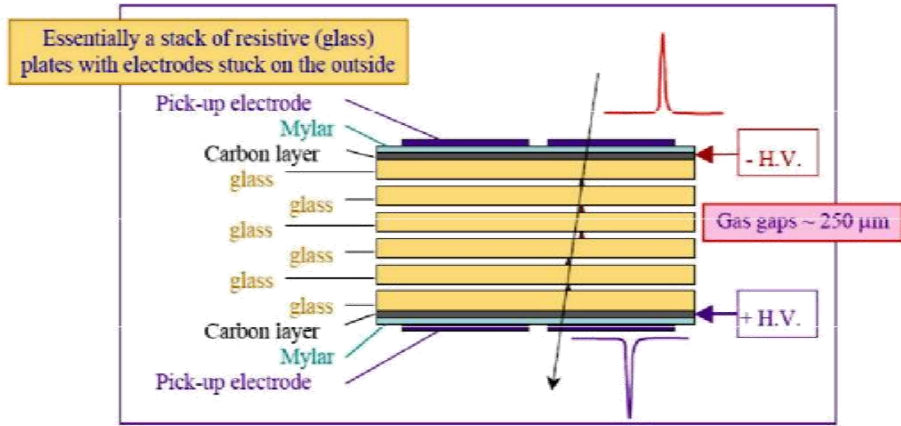
Yapılan test çalışmalarında multi-gap resistive plate chamber (MRPC) için zaman çözünürlüğü 50 ps ve deteksiyon veriminin %98'den daha yüksek olduğu görülmüş bu nedenle EToF'ta MRPC kullanılmasına karar verilmiştir (S. An ve ark. 2008)



Şekil 4.2. ToF için Bir MRPC Yapısı



Şekil 4.3. MRPC'nin yandan şematik görünümü



Şekil 4.4. MRPC şematik gösterimi

199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140672	0	0	0	0	0	0	0	0
200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	420255	0	0	0	0	0	0	0	0
98	484114	0	0	0	0	0	0	0	484081	0	484197	0	484175	0	0	0	0	0	0
197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65150	0	0	0	0	0	0	0	0
197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130183	0	0	0	0	0	0	0	0
194	0	421014	0	0	0	0	0	0	0	0	420801	421785	0	421248	0	0	0	0	0
-99	0	76321	0	0	109771	0	0	0	0	0	0	0	0	76316	0	0	109985	0	0
193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	448947	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	409940	0	0	0	0	0	0	0	0	394069	0	0	409836	0	0	0	0	0
198	0	79971	0	0	0	0	0	0	0	0	79852	0	0	80013	0	0	0	0	0
217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300669	0	0	0	0	0	0	0	0
195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66280	0	0	0	0	0	0	0	0
-99	0	473864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	473891	0	0	0	0	0
194	40341	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40396	0	0	0	0	0	0
201	0	408957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	408933	0	0	0	0	0
192	92189	0	114950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92127	0	115072	0	0	0	0
191	78713	0	63857	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78707	0	64020	0	0	0	0
197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	487120	0	0	0	0	0	0	0	0
78	486794	0	0	0	0	0	0	0	486790	510974	0	0	486630	0	0	0	0	0	0
201	0	105654	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105607	0	0	0	0	0	0
195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	434714	0	0	0	0	0	0	0	0
187	104990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104756	0	105039	0	0	0	0	0	0
201	0	973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1003	0	0	0	0	0	0
3	64506	64400	0	0	0	0	0	0	0	0	64276	0	64570	64490	0	0	0	0	0
201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76333	0	0	0	0	0	0	0	0
202	0	102152	0	0	0	0	0	0	0	144544	102073	0	0	102277	0	0	0	0	0
190	327146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	327331	0	327116	0	0	0	0	0	0
202	0	458042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	458054	0	0	0	0	0
188	75638	76301	0	0	0	0	0	0	0	0	75686	76436	75553	76301	0	0	0	0	0
200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483746	501582	0	0	0	0	0	0	0
199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	366940	0	0	0	0	0	0	0	0
201	37531	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37316	0	37521	0	0	0	0	0	0
201	0	392893	0	0	0	0	0	0	410214	0	0	0	0	392853	0	0	0	0	0
-99	415238	0	0	0	0	0	0	435506	0	0	0	0	415277	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	505752	0	0	0	0	0	0	0	0
199	430476	430454	0	0	0	0	0	0	0	0	430170	430438	430620	430516	0	0	0	0	0
196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35476	0	0	0	0	0	0	0	0
203	0	22597	39668	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22615	39782	0	0	0	0
-99	521156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	521158	0	521184	0	0	0	0	0	0
199	403736	404436	0	0	0	0	0	404029	0	0	403739	0	403746	404509	0	0	0	0	0
199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	365060	0	0	0	0	0	0	0	0
-99	0	8870	0	0	0	0	0	0	0	0	520472	0	0	8952	0	0	0	0	0
200	0	22152	0	0	0	0	0	0	0	0	22045	0	0	22213	0	0	0	0	0
195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
205	0	403341	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	403456	0	0	0	0	0
112	0	72621	0	0	0	0	0	0	0	0	57687	0	0	72638	0	0	0	0	0
198	480803	481170	0	0	498076	0	0	0	0	0	480829	0	480704	481359	0	0	0	498308	0
114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5962	20901	0	0	0	0	0	0	0
-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	466848	0	0	0	0	0	0	0	0
194	478335	0	0	0	0	0	0	0	478367	0	0	0	478334	0	0	0	0	0	0

Şekil 4.5. BES III veri dosyası

Şekilde 4'te Pekin IHEP'te bulunan BES III detektöründen alınan verilerin bir kısmına yer verildi. Var olan veri dosyasındaki sütunların ne anlama geldikleri (bkz. Çizelge 2'de) verilmektedir.

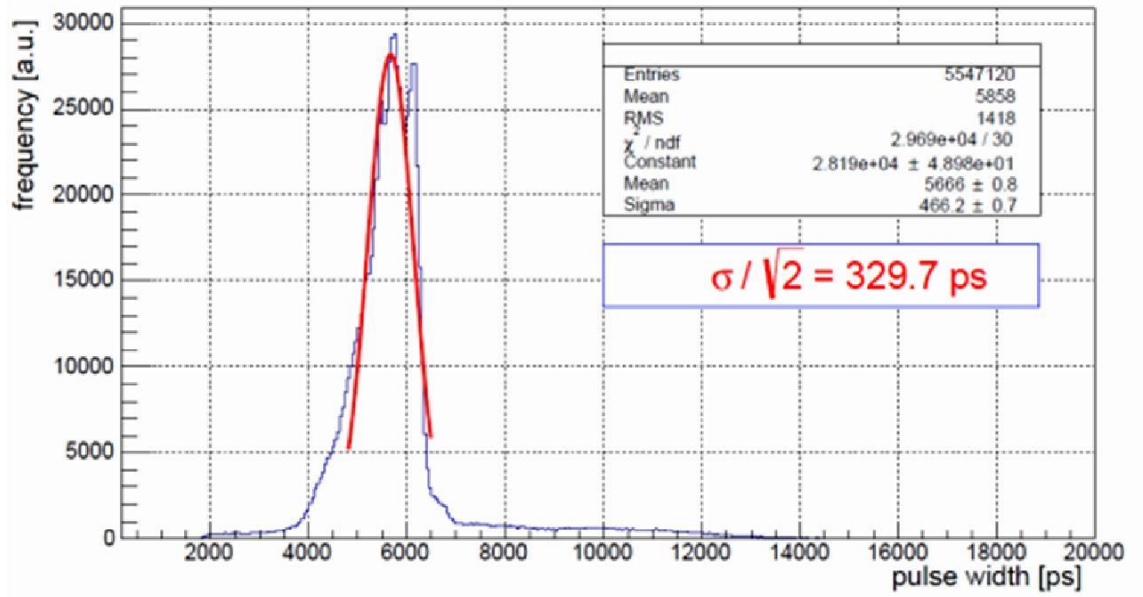
Çizelge 2. Deneysel veri dosyası okuma çizelgesi

Column	0	1~24	25~48	49~72	73~96	97~120	121~144	145&146
	tof	MRPC1 leading	MRPC2 leading	MRPC3 leading	MRPC1 trailing	MRPC2 trailing	MRPC3 trailing	none

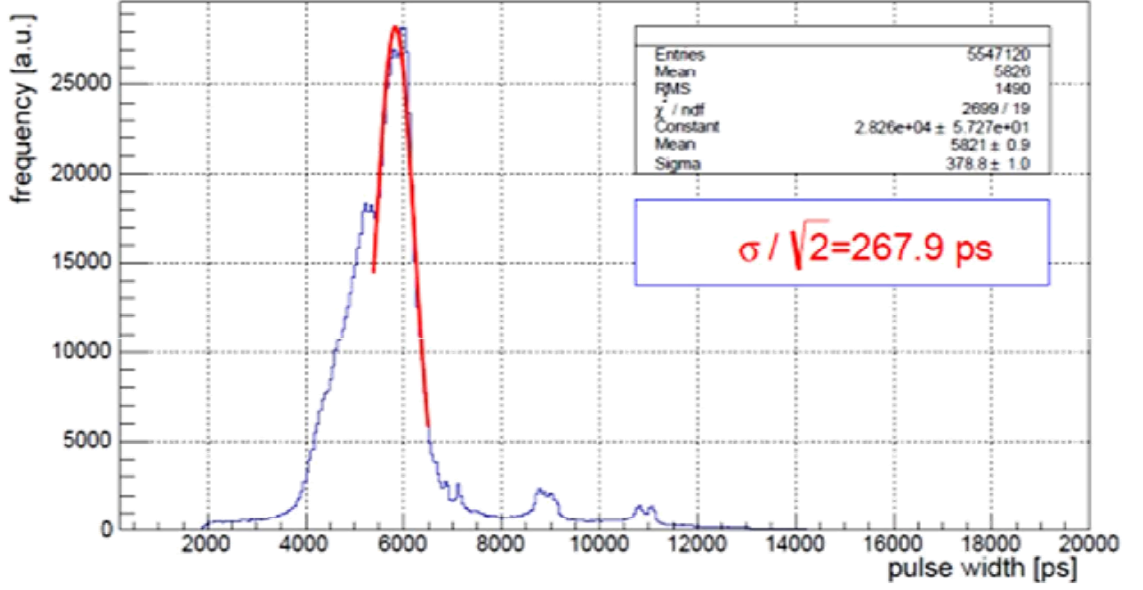
Bu veri dosyasından gerekli analizleri yapabilmek için çeşitli ROOT makroları yazılmış ve ROOT programı ile okunarak ilgili grafikler elde edilmiştir.

4.3 MRPC Puls Genişliğinin Belirlenmesi

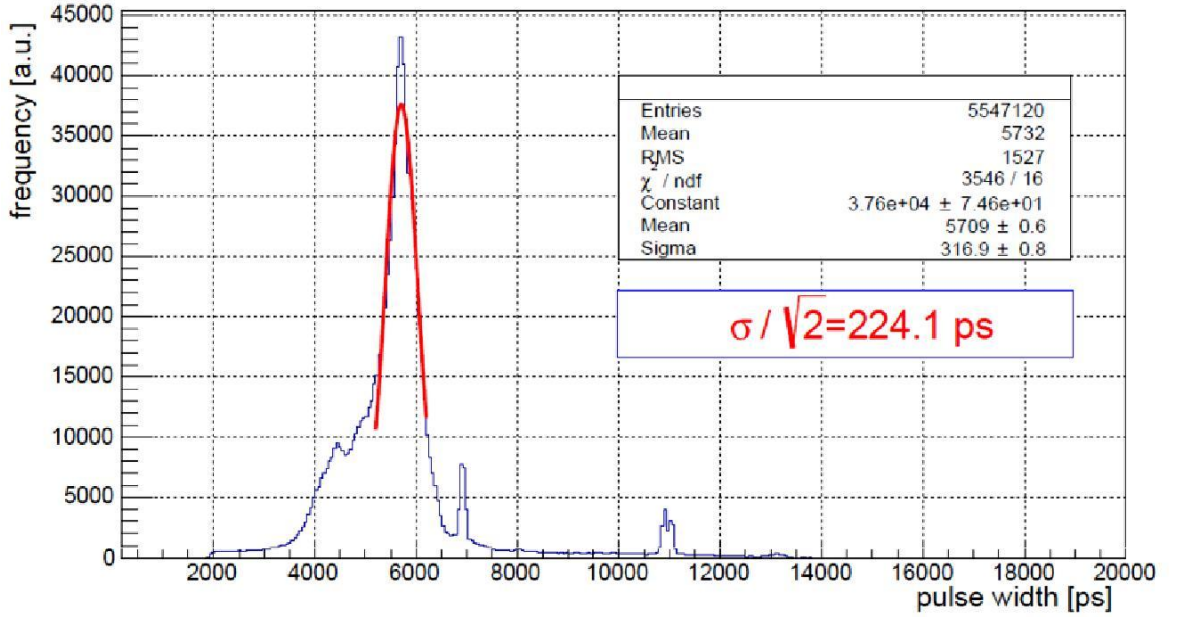
İlk olarak MRPC'nin (arka ve ön uç) işlemiyle sinyal genişlikleri belirlenmiştir ve aşağıdaki grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 4.6. MRPC1 için ön ve arka uç



Şekil 4.7. MRPC2 için ön ve arka uç



Şekil 4.8. MRPC3 için ön ve arka uç

Grafiklere bakılarak puls genişlikleri ile MRPC'nin zaman çözünürlüğü bulunmuştur. Bulunan zaman çözünürlüğü, beklenen 50 ps değerinin çok üzerinde olduğu için her bir MRPC'deki ön ve arka uç farkı istediğimiz sonuca ulaştırmadığı gözlemlenmiştir. Veri dosyasında var olan her bir satırın, parçacığın bir geçişi olduğu anlaşıldı. Bu yüzden iki MRPC arasındaki ortalama zamana bakılmıştır.

Ölçümlerde 2 MRPC kullanıldığı için $\sigma, \sqrt{2}$ aynı zaman çözünürlüğüne sahip olduğu çözünürlüğü olarak tanımlanmıştır.

faktörüne bölünmüştür. Ve her MRPC’de varsayılarak her MRPC’nin zaman

4.4 MRPC Ortalama Zamanının Belirlenmesi

MRPC’nin ortalama zamanı belirlendi. Her bir MRPC için zaman farkı dağılımları ve çözünürlükleri elde edildi. (Buradaki gösterilen dağılımlarda slewing correction dahil edilmemiştir.)

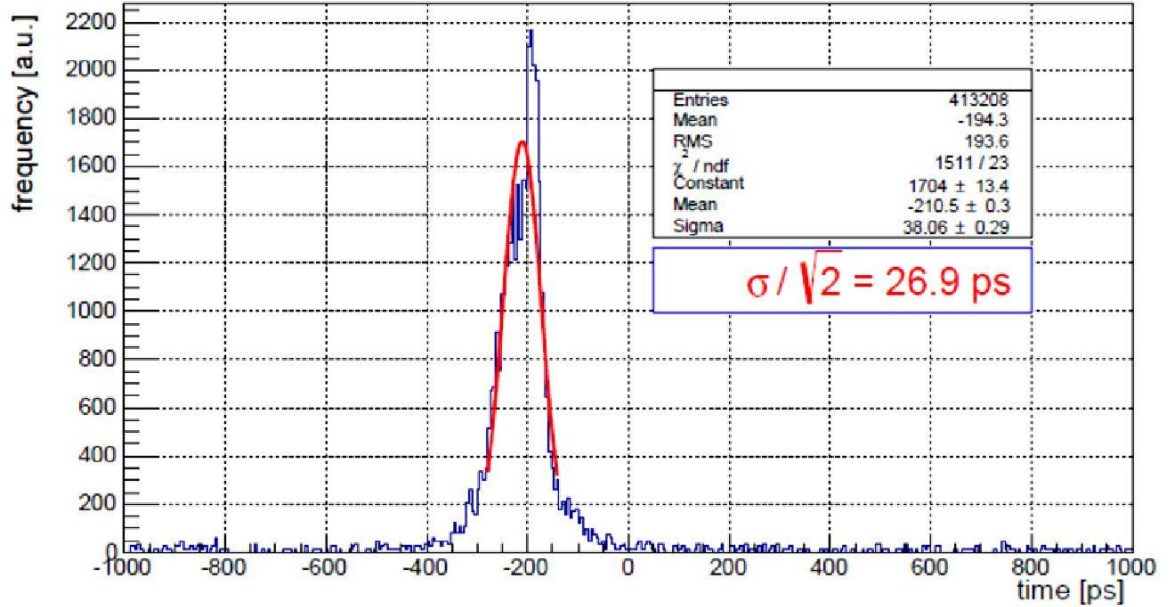
Bir MRPC’nin ölçtüğü ortalama zaman;

$$T_{\text{mean}} = (T_{\text{end1}} + T_{\text{end2}}) / 2 \quad (4.1)$$

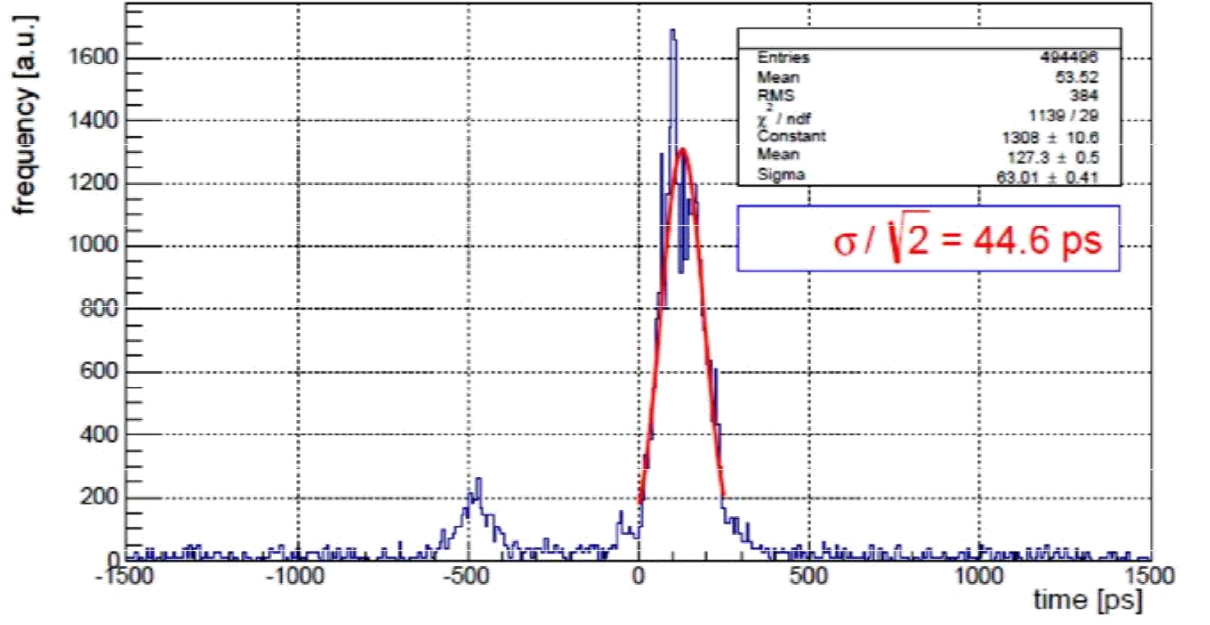
İki MRPC ölçümü arasındaki geçen zaman farkı ise;

$$T_{\text{diff}} = T_{(\text{meanMRPC1})} - T_{(\text{meanMRPC2})} \quad (4.2)$$

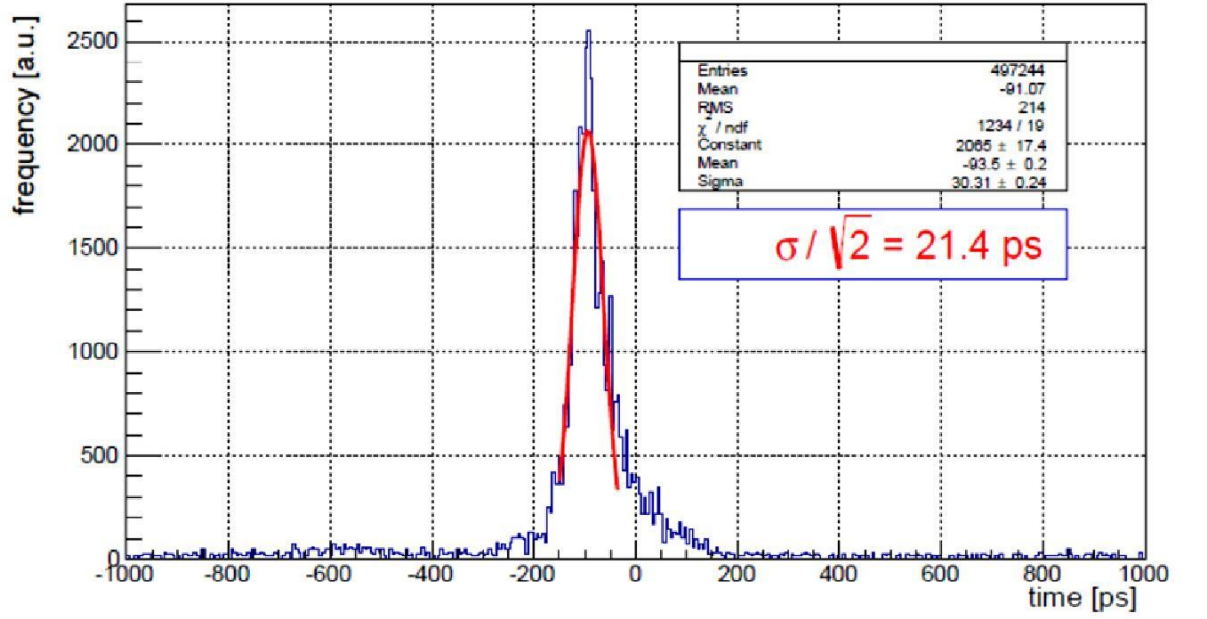
ile hesaplanmıştır.



Şekil 4.9. MRPC1 ve MRPC2 arasındaki ortalama zaman



Şekil 4.10. MRPC2 ve MRPC3 arasındaki ortalama zaman



Şekil 4.11. MRPC1 ve MRPC3 arasındaki ortalama zaman

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

İyi zaman çözünürlüğü, yüksek deteksiyon verimi, düşük maliyet ve basit yapıya sahip olması gibi çok sayıda avantaja sahip olması, son yıllarda yeni geliştirilmiş bir gaz detektörü olan MRPC'yi ToF detektörleri için en iyi seçim haline getirmiştir. Bu üstün özellikler, BES III' teki uç ToF'un (Endcap Time-Of-Flight, E-ToF) iyileştirme çalışmalarında, sintilatör ve PMT'nin yerine MRPC kullanımını sağlamıştır.

Bu çalışmada, ETOF'un iyileştirme çalışmaları kapsamında geliştirilen, yapısı Şekil 4.2'de verilen MRPC'lerin kullanıldığı, Şekil 4.1'deki test düzeneği kullanılarak alınmış bir deneysel veri takımı üzerine, ROOT programı ile yapılan bazı analizler yer almaktadır.

Deneysel veri dosyası, C++ dili kullanılarak yazılmış, arka arkaya sıralanmış komut satırlarından meydana gelen çeşitli ROOT makroları aracılığıyla Çizelge 2' de verilen bilgilerden yararlanılarak okunmuş ve ROOT programı aracılığıyla grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen grafikler üzerine ROOT programı aracılığıyla Gauss fit'leri yapılarak her bir arka uç ve ön uç MRPC'leri için, puls genişlikleri ve çözünürlük değerlerini elde edilmiştir. Bu analizler, puls genişliğiyle orantılı olan giriş sinyal yüküne dair bilgi edinilmesini sağlamıştır.

Ayrıca, yine ROOT makroları ve ROOT programı aracılığıyla, her bir MRPC için zaman farkı dağılımları ve zaman çözünürlükleri elde edilmiştir. EJ204 sintilatör + R5924 PMT sisteminden oluşan mevcut BES III E-ToF'ta, 2σ 'lık bir π/K ayırımı en fazla 1.0 GeV momentumlu π ve K için mümkünken, bu çalışmada yapılan analizler sonucunda, test ölçümlerinde ToF'ta MRPC teknolojisinin kullanılması durumunda, <50 ps'lik bir σ elde edilebileceği, ve bu sayede π/K ayırımının, 1.4 GeV'den daha yüksek momentumlara sahip π ve K'lar için mümkün hale geldiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, BES III detektörü için tasarlanan ToF sisteminin test çalışmaları sonucunda zaman çözünürlüğünün 50 ps nin altında olduğu görülmüştür. Bu tasarım THM PF detektörü ToF sistemi için iyi bir örnek olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Yavaş, Ö. , TAC Collaboration, "Turkish Accelerator Center (TAC) Project: Status and Regional Importance", AIP Conf. Proc. 1203, 29 (2010)

He, M., Simulation and reconstruction of the BES III EMC, XIV International Conference on Calorimetry in High Energy Physics, Calor 2010, Beijing, China

Cheng, C., Zheng, H., BES III Detector, NIM A252(1986), 67-74

Sun Yong-Jie ve ark, "A prototype MRPC beam test for the BES ETOF upgrade", Chinese Physics C, Vol. 36, No. 5, May, 2012

S. An ve ark, "A 20 ps timing device-A Multigap Resistive Plate Chamber with 24 gas gaps", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 594 (2008) 39– 43

Acas, R., Tripathi, A., ROOT: A Data Analysis and Data Mining Tool from CERN. Casualty Actuarial Society *E-Forum*, Winter 2008

EK 1 ROOT veri analizi için bir makro örneği

```
#include "Riostream.h"

void mrpc1_2_leading_diff_20032014_second(const Char_t*
fdata="600MeV_M1_M2_M3_pad6_7250V-2012-7-19-15-57.dat")
{
TCanvas *c1 = new TCanvas("c1","A Simple Graph
Example",200,10,700,500);
c1->SetGrid();
//c1->Divide(1,3);

TH1D *gr1=new TH1D("", " ",380,-300000,300000);
//TH1D *gr2=new TH1D("", " ",380,-300000,300000);
//TH1D *gr3=new TH1D("", " ",380,-300000,300000);

TString dir = gSystem->UnixPathName(gInterpreter->
GetCurrentMacroName());
ifstream in;
in.open(fdata,ios::in);

Int_t mrpc[231130][147];

Double_t mrpc1_leading_mean[231130][12];
Double_t mrpc2_leading_mean[231130][12];
//Double_t mrpc3_leading_mean[231130][12];
Double_t mrpc2_1_diff[231130][12];
//Double_t mrpc3_1_diff[231130][12];
//Double_t mrpc3_2_diff[231130][12];
```


ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nurdan GÜLER
Doğum Yeri ve Tarihi : Aydın 25/06/1987
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl) :

Lise : Bağarası Lisesi
Lisans : Uludağ Üniversitesi
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi

Çalıştığı Kurum ve Yıl : Özel Bursa Kültür Anadolu Lisesi
İletişim(e-posta) : nurdan.glr@gmail.com